

UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
Escuela Profesional de Ingeniería de Industrias Alimentarias



Una Institución Adventista

Desarrollo de una mezcla instantánea proteica a partir de maíz amarillo (*Zea mays indurata St.*), quinua roja (*Chenopodium quinoa Willd*), kiwicha (*Amaranthus caudatus*) y lenteja (*Lens culinaris*)

Por:

Jackeline Condori Huamaní

Asesor:

Ing. Joel Jerson Coaquira Quispe

Lima, agosto del 2019

**DECLARACIÓN JURADA
DE AUTORÍA DEL INFORME DE TESIS**

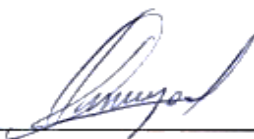
Yo Joel Jerson Coaquira Quispe, de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura, de la Universidad Peruana Unión.

DECLARO:

Que el presente informe de investigación titulado: “Desarrollo de una mezcla instantánea proteica a partir de maíz amarillo (*Zea mays indurata* St.), quinua roja (*Chenopodium quinoa* Willd), kiwicha (*Amaranthus caudatus*) y lenteja (*Lens culinaris*)” constituye la memoria que presenta la Bachiller Jackeline Condori Huamaní para aspirar al título de Profesional de Ingeniero de Alimentos, la cual ha sido realizada en la Universidad Peruana Unión bajo mi dirección.

Las opiniones y declaraciones de este informe son de entera responsabilidad del autor, sin comprometer a la institución.

Y estando de acuerdo, firmo la presente declaración en Lima, a los 03 de setiembre de 2019.



Ing. Joel Jerson Coaquira Quispe

Desarrollo de una mezcla instantánea proteica a partir de maíz amarillo (*Zea mays indurata* St.), quinua roja (*Chenopodium quinoa willd*), kiwicha (*Amaranthus caudatus*) y lenteja (*Lens culinaris*)

TESIS

Presentada para optar el Título Profesional de Ingeniero de Alimentos

JURADO CALIFICADOR

Dr. Rodrigo Alfredo-Matós Chamorro
Presidente

Ing. Guido Fulgencio Anglas Hurtado
Secretario

Ph.D. Leonor Segunda Bustinza Cabala
Vocal

Dr. Noé Benjamín Pampa Quispe
Vocal

Ing. Joel Jerson Coaquira Quispe
Asesor

Lima, 13 de agosto de 2019

Dios señaló: “Miren, a ustedes les doy todas las plantas de la tierra que producen semilla, y todos los árboles que dan fruto. Todo eso les servirá de alimento”

(Génesis. 1:29)

Y recomienda: “Que cada uno haga el trabajo que Dios mandó de combinar los productos naturales como frutas, semillas, granos y raíces o tubérculos transformándolos en alimentos saludables”

(El Ministerio de la Alimentación Saludable; MS 79, 1900)

Pues Él mismo dice: “Amado, yo deseo que tú seas prosperado en todas las cosas, y que tengas salud, así como prospera tu alma”

(3 Juan: 2)

Dedicatoria

Con amor y gratitud inmensurables:

A Dios, porque Él se merece todo; puesto que es el creador del universo y dueño de todo lo que en él hay.

A mi madre: Rosaura Huamaní Bautista, por darme la vida y brindarme todo lo mejor de sí; por su apoyo incondicional e inmenso amor, por sus enseñanzas, buenos valores y principios inculcados.

A mi padre: Fidel Condori Chumbe, por su apoyo incondicional, por todo el amor que siempre me ha ofrecido.

A mi hermana: Karen Condori Huamaní, por el apoyo y motivación brindados.

A mis queridos sobrinos: Mía, Thiago y Briana Quinto Condori, que a su corta edad me han enseñado muchas cosas y me inspiran para seguir adelante.

Agradecimientos

Mi más sincero agradecimiento y aprecio:

A Dios, mi padre celestial, por acompañarme en todo momento y ser mi cómplice en cada objetivo y meta trazada, por darme fortaleza para seguir adelante ante cada dificultad encontrada en el camino, y principalmente por permitir mi existencia.

A mi madre, por todo el esfuerzo y sacrificio realizado para brindarme todo lo mejor que pude merecer a fin de desarrollarme profesionalmente, por enseñarme con su ejemplo a ser perseverante y tener coraje para luchar por mis sueños; por no dejarme sola en el camino emprendido.

A mi padre, por su cariño y apoyo incondicional en los diversos ámbitos de mi vida, por sus consejos y enseñanzas.

A mi hermana, por sus consejos y ánimos para seguir adelante, por ser junto a mis padres y sobrinos parte muy importante en mi vida.

A mi asesor, el Ing. Joel Coaquira Quispe, por guiarme en el desarrollo de la tesis desde que solo era un proyecto; por sus relevantes aportes, sugerencias y comentarios, por todo el tiempo brindado de manera generosa desde el inicio hasta la culminación de ésta.

Al Ing. Percy Coaquira Turpo de la empresa Innova Alimentos EIRL, por haber contribuido con el equipo de extrusión

A mis apreciados docentes: Mg. Silvia Pilco Quesada, por la orientación, apoyo y amistad brindada, Dr. Noe Pampa y Dr. Julio Paredes Guzmán, por toda la atención prestada, por sus consejos y recomendaciones para el desarrollo de la tesis.

A la Facultad de Ingeniería y Arquitectura presidida por la Dra. Leonor Bustinza Cabala, por brindarme el espacio y la infraestructura para la ejecución de la investigación.

A mis amigos, Alicia Pareja, Scarlet Valdéz, Miguel Luna, Andrés Corimayhua, Diego Cayra, Ing. Marita Díaz., por su ayuda en la parte experimental.

Índice general

Capítulo I. Introducción	1
Capítulo II. Revisión de literatura	3
2.1 Quinoa (<i>Chenopodium quinoa</i> Willd).....	3
2.1.1 Quinoa roja	3
2.1.2 Generalidades	4
2.1.3 Clasificación taxonómica	5
2.1.4 Composición de la quinoa	6
2.1.5 Uso común y aplicación industrial.....	8
2.2 Kiwicha o Amaranto (<i>Amaranthus caudatus</i> L).....	9
2.2.1 Generalidades	10
2.2.2 Clasificación taxonómica	11
2.2.3 Composición de la kiwicha	12
2.2.4 Uso común y aplicación industrial.....	14
2.3 Maíz (<i>Zea mays</i>).....	15
2.3.1 Maíz amarillo duro.....	15
2.3.2 Generalidades	16
2.3.3 Clasificación taxonómica	18
2.3.4 Composición del maíz.....	18
2.3.5 Uso común y aplicación industrial.....	21
2.4 Lenteja (<i>Lens culinaris</i>).....	22
2.4.1 Generalidades	23
2.4.2 Clasificación taxonómica	24
2.4.3 Composición de la lenteja	24
2.4.4 Uso común y aplicación industrial.....	27

2.5	Tecnología de extrusión en la producción de alimentos.....	27
2.5.1	Clases de extrusión	28
2.5.2	Tipos de extrusores	29
2.6	Polvos o mezclas instantáneas.....	31
2.7	Etapas del procesamiento de las mezclas instantáneas.....	32
2.7.1	Recepción y análisis de calidad	32
2.7.2	Acondicionado.....	32
2.7.3	Extrusión	32
2.7.4	Molienda.....	33
2.7.5	Formulación y mezclado	33
2.7.6	Envasado y etiquetado.....	33
2.7.7	Almacenamiento	33
2.8	Propiedades físicas de las mezclas instantáneas (producto final).....	34
2.8.1	Índice de expansión.....	34
2.8.2	Tamaño de partícula.....	35
2.8.3	Solubilidad en agua.....	35
2.8.4	Humectabilidad.....	36
2.8.5	Capacidad de hidratación	36
2.8.6	Densidad aparente.....	36
2.8.7	Actividad de agua	37
2.8.8	Color	37
2.8.9	Proteínas	39
2.8.10	Dispersabilidad de proteínas	40
2.9	Evaluación sensorial.....	40
2.9.1	Métodos afectivos o hedónicos	42

Capítulo III. Materiales y métodos	1
3.1 Lugar de ejecución.....	1
3.2 Materia prima.....	1
3.3 Equipos, materiales y reactivos.....	2
3.3.1 Equipos.....	2
3.3.2 Materiales	2
3.3.3 Reactivos	3
3.4 Metodología para la evaluación de las materias primas y mezclas instantáneas.....	4
3.4.1 Determinación de la calidad de las materias primas.....	4
3.4.2 Análisis fisicoquímico de las materias primas	4
3.4.3 Análisis proximal de las materias primas y mezclas instantáneas final).....	4
3.4.4 Análisis físico de las mezclas instantáneas	5
3.5 Metodología experimental.....	10
3.6 Diseño estadístico.....	12
3.6.1 Análisis físicos.....	12
3.6.2 Análisis sensorial.....	13
Capítulo IV. Resultados y discusiones.....	15
4.1 Determinación de la calidad de las materias primas.....	15
4.2 Determinación de saponina en el grano de quinua.....	17
4.3 Análisis proximal de las materias primas.....	18
4.4 Análisis del producto final.....	19
4.4.1 Índice de expansión de las materias primas.....	19
4.4.2 Tamaño medio de partícula de las mezclas instantáneas.....	20

4.5	Efecto de los componentes en las propiedades físicas de las mezclas instantáneas.....	23
4.5.1	Efecto de los componentes en la densidad aparente de las mezclas instantáneas.....	23
4.5.2	Análisis estadístico para el efecto de los componentes en la densidad aparente en las mezclas instantáneas.....	24
4.6	Efecto de los componentes en la solubilidad de las mezclas instantáneas en agua.....	29
4.6.1	Análisis estadístico para el efecto de los componentes en la solubilidad en agua de las mezclas instantáneas	30
4.7	Efecto de los componentes en la humectabilidad en agua de las mezclas instantáneas.....	35
4.7.1	Análisis estadístico para el efecto de los componentes en la humectabilidad en agua de las mezclas instantáneas	36
4.8	Efecto de los componentes en la capacidad de hidratación en agua de las mezclas instantáneas.....	41
4.8.1	Análisis estadístico para el efecto de los componentes en la capacidad de hidratación en agua de las mezclas instantáneas	42
4.9	Efecto de los componentes en la actividad de agua (A_w) de las mezclas instantáneas.....	47
4.9.1	Análisis estadístico para el efecto de los componentes en la A_w de las mezclas instantáneas.....	48
4.10	Efecto de los componentes en el índice de pardeamiento de las mezclas instantáneas.....	53
4.10.1	Análisis estadístico para el efecto de los componentes en el índice de pardeamiento de las mezclas instantáneas	54

4.11	Efecto de los componentes en la reconstitución de las mezclas instantáneas en agua a 25°C y 100°C.....	61
4.11.1	Análisis estadístico para el efecto de los componentes en la reconstitución en agua a 25°C y 100°C, de las mezclas instantáneas.....	63
4.12	Efecto de los componentes en el contenido de proteína de las mezclas instantáneas.....	71
4.12.1	Análisis estadístico para el efecto de los componentes en el contenido de proteínas de las mezclas instantáneas	72
4.13	Efecto de los componentes en el índice de dispersabilidad de proteínas de las mezclas instantáneas.....	76
4.13.1	Análisis estadístico para el efecto de los componentes en el índice de dispersabilidad de proteínas de las mezclas instantáneas	77
4.14	Evaluación sensorial de las mezclas instantáneas por el método Just About Right.....	82
4.15	Análisis proximal de las mezclas con mejores características físicas y sensoriales.....	91
CAPÍTULO V. Conclusiones y Recomendaciones.....		94
5.1	Conclusiones.....	94
5.2	Recomendaciones.....	94
Referencias.....		95
Anexos.....		117

Índice de tablas

Tabla 1. Contenido de proteína, minerales y vitaminas en la quinua	7
Tabla 2. Contenido de aminoácidos esenciales en la quinua	8
Tabla 3. Variedades más conocidas de amaranto y algunas de sus características	10
Tabla 4. Contenido de proteína, minerales y vitaminas en el amaranto	13
Tabla 5. Contenido de aminoácidos esenciales en el amaranto.....	14
Tabla 6. Contenido de proteína, minerales y vitaminas en el grano de maíz	20
Tabla 7. Contenido de aminoácidos esenciales en el maíz	21
Tabla 8. Contenido de proteína y minerales distintas variedades de lenteja.....	25
Tabla 9. Contenido de aminoácidos esenciales en distintas variedades de lenteja.....	26
Tabla 10. Métodos principales de evaluación sensorial.....	41
Tabla 11. Esquema experimental para la obtención de la mezcla instantánea.....	11
Tabla 12. Restricciones de las variables independientes para el diseño de mezclas D-Optimal.....	12
Tabla 13. Matriz experimental para el diseño de mezclas D-óptimal.....	13
Tabla 14. Comparación del análisis de la calidad en base al grado 1 (extra) de la materia prima	16
Tabla 15. Análisis proximal cada materia prima	18
Tabla 16. Índice de expansión de los granos extruidos.....	19
Tabla 17. Distribución de tamaño de partícula de las materias primas	21
Tabla 18. Distribución de tamaño de partícula de las mezclas instantáneas.....	21
Tabla 19. Resultado del tamaño medio de partícula de la materia prima	22
Tabla 20. Tamaño medio de partícula de cada tratamiento.....	23
Tabla 21. Resultado de la densidad aparente de las mezclas instantáneas.....	24
Tabla 22. Análisis de varianza para el efecto de los componentes en la densidad aparente de las mezclas instantáneas	25
Tabla 23. Resultado de la solubilidad en agua de las mezclas instantáneas	29
Tabla 24. Análisis de varianza para el efecto de los componentes en la solubilidad en agua de las mezclas instantáneas.....	30

Tabla 25. Resultado de la humectabilidad en agua de las mezclas instantáneas.....	36
Tabla 26. Análisis de varianza para el efecto de los componentes en la humectabilidad en agua de las mezclas instantáneas	37
Tabla 27. Resultado de la capacidad de hidratación en agua de las mezclas instantáneas ..	41
Tabla 28. Análisis de varianza para el efecto de los componentes en la capacidad de hidratación en agua de las mezclas instantáneas	42
Tabla 29. Resultado de la Aw de las mezclas instantáneas.....	47
Tabla 30. Análisis de varianza para el efecto de los componentes en la actividad de agua de las mezclas instantáneas	48
Tabla 31. Resultado del índice de pardeamiento de las mezclas instantáneas	54
Tabla 32. Análisis de varianza para el efecto de los componentes en el índice de pardeamiento de las mezclas instantáneas	55
Tabla 33. Resultado de la reconstitución en agua a 25 °C, de las mezclas instantáneas	62
Tabla 34. Resultado de la reconstitución en agua a 100 °C, de las mezclas instantáneas ...	63
Tabla 35. Análisis de varianza para el efecto de los componentes en la reconstitución en agua a 25 y 100 °C, de las mezclas instantáneas	64
Tabla 36. Resultado del contenido de proteínas en las mezclas instantáneas	71
Tabla 37. Análisis de varianza para el efecto de los componentes en el contenido de proteínas de las mezclas instantáneas	72
Tabla 38. Resultado del índice de dispersabilidad de proteínas en las mezclas.....	76
Tabla 39. Análisis de varianza para el efecto de los componentes en el índice de dispersabilidad de proteínas de las mezclas instantáneas	77
Tabla 40. Matriz de correlaciones para los tratamientos (mezclas instantáneas).....	83
Tabla 41. Penalidades para los tratamientos (mezclas instantáneas).....	88
Tabla 42. Análisis proximal de las mezclas extruidas	91

Índice de figuras

<i>Figura 1.</i> Partes que componen el grano de quinua	4
<i>Figura 2.</i> Variedades comerciales de quinua en el Perú.....	5
<i>Figura 3.</i> Componentes de las semillas de amaranto: (a) corte transversal, (b) corte longitudinal.....	11
<i>Figura 4.</i> Razas de maíz distribuido en todo el Perú.....	17
<i>Figura 5.</i> Partes que componen el grano de maíz	18
<i>Figura 6.</i> Corte transversal de la semilla de lenteja	23
<i>Figura 7.</i> Extrusor monotornillo.....	30
<i>Figura 8.</i> Características del tornillo o husillo	30
<i>Figura 9.</i> Esquema del espacio de color CIE L*, a*, y b*	38
<i>Figura 10.</i> Números de puntos de escalas JAR.....	44
<i>Figura 11.</i> Escala hedónica de 9 puntos para las pruebas de aceptabilidad de alimentos ...	46
<i>Figura 12.</i> Evaluación de saponinas en la quinua roja - fase final de la evaluación, a, b, c (repeticiones)	17
<i>Figura 13.</i> Gráficas de superficie de respuesta y curvas de contorno para la densidad aparente de las mezclas instantáneas en términos de AC	26
<i>Figura 14.</i> Gráfico de trazas (Trazos de Cox) para la densidad aparente de las mezclas instantáneas.....	27
<i>Figura 15.</i> Gráficas de superficie de respuesta y curvas de contorno para la solubilidad en agua de las mezclas instantáneas en términos cuadráticos de AB (a), AC (b) y BC (c).....	32
<i>Figura 16.</i> Gráfica de trazas (Trazos de Cox) para la solubilidad en agua de las mezclas instantáneas.....	33
<i>Figura 17.</i> Gráficas de superficie de respuesta y curvas de contorno para la humectabilidad en agua de las mezclas instantáneas en términos de AB (a) y BC (b).....	38
<i>Figura 18.</i> Gráfico de trazas (Trazos de Cox) para la humectabilidad en agua de las mezclas instantáneas	39
<i>Figura 19.</i> Gráficas de superficie de respuesta y curvas contorno para la capacidad de hidratación en agua de las mezclas instantáneas en términos de AC (a) y BC (b).....	44

Figura 20. Gráfico de trazas (Trazos de Cox) para la capacidad de hidratación en agua de las mezclas instantáneas	45
Figura 21. Gráficas de superficie de respuesta y curvas de contorno para la A_w de las mezclas instantáneas en términos AB (a) y ABC (b)	49
Figura 22. Gráfico de trazas (Trazos Cox) para la actividad de agua de las mezclas instantáneas.....	51
Figura 23. Cambios en los alimentos respecto a su actividad de agua (A_w). a: oxidación de lípidos, b: reacciones hidrolíticas, c: oscurecimiento no enzimático, d: isoterma del contenido de humedad o adsorción, e: actividad enzimática, f: crecimiento de hongos, g: crecimiento de levaduras, h: crecimiento de bacterias (Badui, 1990).....	53
Figura 24. Gráfica de contorno de la superficie de respuesta para el índice de pardeamiento de la mezcla instantánea en términos lineales de A (a), B (b) y C (c); (d): términos generales.....	56
Figura 25. Gráfico de trazas (Trazos de Cox) para el índice de pardeamiento de las mezclas instantáneas	57
Figura 26. Imágenes fotográficas y colorimétricas con valores en el espacio CIELAB “ L^* , a^* y b^* ”, para los tratamientos T1, T2, T3	60
Figura 27. Imágenes fotográficas y colorimétricas con valores en el espacio CIELAB “ L^* , a^* y b^* ”, para los tratamientos T4, T5, T6, T7, T8, T9, T10, T11.....	61
Figura 28. Gráfica de contorno de la superficie de respuesta para la reconstitución en agua a 25°C de la mezcla instantánea en términos AB (a), BC (b)	66
Figura 29. Gráfico de trazas (Trazos de Cox) para la reconstitución en agua de las mezclas instantáneas.....	67
Figura 30. Gráfica de contorno de la superficie de respuesta para la reconstitución en agua a 100 °C de la mezcla instantánea en términos AB (a), AC (b) y BC (c).....	68
Figura 31. Gráfico de trazas (Trazos de Cox) para la reconstitución en agua a 100 °C de las mezclas instantáneas	69
Figura 32. Gráfica de superficie de respuesta y curvas de contorno para el contenido de proteínas de las mezclas instantáneas en términos lineales de A (a), B (b) y C (c); (d): términos generales	73

<i>Figura 33.</i> Gráfico de trazas (Trazos de Cox) para el contenido de proteína de las mezclas instantáneas.....	74
<i>Figura 34.</i> Gráfica de superficie de respuesta y curvas de contorno para el índice de dispersabilidad de proteínas de la mezcla instantánea en términos A (a), B (b) y C (c); (d): términos generales	78
<i>Figura 35.</i> Gráfico de trazas (Trazos de Cox) para el índice de dispersabilidad de proteínas de las mezclas instantáneas	79
<i>Figura 36.</i> Porcentaje de jueces que eligieron los diferentes niveles para cada atributo de T2, T4 y T6 en la escala JAR de 5 puntos.....	86
<i>Figura 37.</i> Porcentaje de jueces que eligieron los diferentes niveles para cada atributo de T2, T4 y T6 en la escala JAR de 3 puntos.....	86
<i>Figura 38.</i> Gráficas de penalizaciones (medias vs % de jueces). El color azul corresponde al nivel “demasiado poco” y el color rojo a “muy ó excesivo”	90

Índice de ecuaciones

Análisis físicos

Ecuación 1. Determinación del índice de expansión	5
Ecuación 2. Determinación tamaño de partícula	6
Ecuación 3. Determinación de la densidad aparente	6
Ecuación 4. Determinación de la solubilidad en agua	7
Ecuación 5. Determinación de la capacidad de hidratación en agua	8
Ecuación 6. Determinación del índice de pardeamiento	9
Ecuación 7. Determinación de la solubilidad de proteínas	9
Ecuación 8. Determinación del índice de dispersabilidad de proteínas	9

Resumen

La falta de tiempo para la elaboración de los alimentos y sobre todo saludables, ha llevado a requerir de productos alimenticios de fácil preparación que cumplan con estas necesidades. El objetivo del estudio fue desarrollar una mezcla instantánea proteica a partir de maíz amarillo (*Zea mays indurata St.*), quinua roja (*Chenopodium quinoa Willd*), kiwicha (*Amaranthus caudatus*) y lenteja (*Lens culinaris*), y evaluar sensorialmente los 3 tratamientos con mejores propiedades físicas; se evaluaron los atributos: deliciosa, marrón, olorosa, espesa, y la aceptabilidad general por el método Just About Right (JAR). El diseño de mezclas D-Optimal con restricciones sugirió 11 mezclas, la incorporación de las variables de estudio fue: maíz amarillo ($X_1 = 0.4 - 0.6$ %), quinua roja ($X_2 = 0.2 - 0.3$ %) y kiwicha ($X_3 = 0.2 - 0.3$ %). El ANOVA mostró diferencias significativas ($p < 0.05$) para las variables respuesta. La densidad aparente se elevó (0.625 a 0.670 g/mL) al incorporar mayores proporciones de kiwicha y menores de maíz amarillo. La quinua roja y kiwicha en sus mayores proporciones incrementaron la solubilidad en agua (27.7 a 29.2 %), la capacidad de hidratación en agua (423.71 a 448.60 %), la A_w (0.468 a 0.499), y la proteína (19.02 a 19.76 g/100 g); por otro lado, disminuyeron el tiempo de humectación en agua (4.47 a 4.40 seg) y la reconstitución en agua a 100°C (6.5 a 5.1 seg). La mayor proporción de quinua roja incrementó el índice de pardeamiento (39.88 a 45.38), y disminuyó el tiempo de reconstitución en agua a 25°C (7.86 a 6.6 seg). Por otro lado, el índice de dispersabilidad de proteínas estuvo en rangos de 10.98 a 11.43 %, debido a la mayor proporción de maíz amarillo en la mezcla. Los tratamientos con mejores propiedades físicas y sensoriales fueron T4 y T6, estos presentaron 7.88 y 7.86 % de humedad, ceniza 2.81 y 2.76 %, proteína 19.76 y 19.60 %, grasa 5.35 y 5.22 %, fibra 4.21 y 4.09 %, carbohidratos 98.30 y 98.77 %, energía 518.95 y 519.04 Kcal. La mezcla de los componentes mejoró las propiedades físicas y sensoriales de las mezclas instantáneas.

Palabras clave: Mezcla instantánea, cereales, leguminosas, características físicas, solubilidad en agua, densidad aparente, dispersabilidad de proteínas.

Abstract

The lack of time for preparation of food and above all healthy, has led to require easily prepared food products that meet these needs. The objective of the study was to develop an instantaneous protein mixture from yellow maize (*Zea mays indurata* St.), red quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd), kiwicha (*Amaranthus caudatus*) and lentil (*Lens culinaris*), and evaluate the sensory attributes of three treatments with better physical properties which were: delicious, brownish, fragrant, thick, and the general acceptability by the Just About Right (JAR) method. The Mixture Design D-Optimal with restrictions suggested 11 mixtures. The variables of study were: yellow corn ($X_1 = 0.4 - 0.6$ %), red quinoa ($X_2 = 0.2 - 0.3$ %) and kiwicha ($X_3 = 0.2 - 0.3$ %). The ANOVA showed significant differences ($p < 0.05$) for the response variables. The bulk density increased (0.625 to 0.670 g/mL) by incorporating greater proportions of kiwicha and smaller amounts of yellow corn. Higher proportions of red quinoa and kiwicha increased the solubility in water (27.7 to 29.2 %), the capacity of hydration in water (423.71 to 448.60 %), water activity A_w (0.468 to 0.499), and the protein content (19.02 to 19.76 g/100 g); on the other hand, these proportions reduced the wetting time in water (4.47 to 4.40 sec) and the reconstitution in water at 100 °C (6.5 to 5.1 sec). The highest proportion of red quinoa increased the browning index (39.88 to 45.38), and decreased the reconstitution time in water at 25 °C (7.86 to 6.6 sec). Regarding to yellow corn, higher proportions in the mixture showed that protein dispersability index ranged from 10.98 to 11.43 %. The treatments with the best physical and sensory properties were T4 and T6, these presented moisture content of 7.88 and 7.86 %, ash content of 2.81 and 2.76 %, protein content of 19.76 and 19.60 %, fat content of 5.35 and 5.22 %, fiber content of 4.21 and 4.09 %, carbohydrate content of 98.30 and 98.77 %, and energy of 518.95 and 519.04 Kcal, respectively. The mixing of the components improved the physical and sensory properties of the instant mixtures.

Keywords: instant mix, cereals, legumes, physical characteristics, water solubility, bulk density, protein dispersibility.

Capítulo I. Introducción

La demanda del público consumidor de contar con productos alimenticios de fácil preparación ha aumentado, además hay una exigencia de que éstos sean nutritivos pues el vínculo existente entre la alimentación y la salud ha causado un efecto positivo en aquellos consumidores interesados en mantener una dieta equilibrada, como para los niños con desnutrición proteica (causante de serios problemas de salud, además de deficiencia en el aprendizaje y retraso en el crecimiento), por lo que consideran importante tener en la dieta alimentos enriquecidos nutricionalmente. Una alternativa para mejorar el estado nutricional es suplementar la dieta con proteínas vegetales, sin embargo pese a que los alimentos ricos en nutrientes vegetales son tan adquiribles tanto para las personas con escasos recursos como para los que cuentan con recursos económicos, éstos no son aprovechados al máximo por la población en general (Urke, Bull, y Mittelmark, 2011), lo que los hace dependientes de una dieta basada en cereales (Bhat y Karim, 2009), estas realidades reflejan la necesidad de desarrollar productos alimenticios nutritivos y económicos en el país para ayudar a mitigar este problema.

La industria alimentaria posee una gran capacidad para modificar o transformar la calidad nutricional de los alimentos, la atención se centra en el procesamiento tecnológico y el uso de fuentes baratas de proteína para acrecentar el valor nutricional de algunos subproductos de los cereales cuyo valor biológico puede ser mejorado gracias a la mezcla de éstos con leguminosas (fuente de elevado contenido proteico) puesto que éstas han sido catalogadas como la segunda fuente vegetal más valiosa para la nutrición humana, destacándose así como un sustituto eficaz de la proteína animal además de ser rentables (Bhat y Karim, 2009). La quinua, kiwicha y maíz son granos agroindustriales que en forma transformada permitirán un mejor aprovechamiento de sus cualidades nutritivas incluso potenciándolas e incrementando su disponibilidad de nutrientes, facilidad de preparación y mejor presentación. Por consiguiente, las proteínas contenidas en legumbres y cereales y/o granos andinos son nutricionalmente complementarias ya que cubren sus carencias entre sí convirtiéndose en un alimento completo, por lo que el procesamiento de estos granos representa una oportunidad

considerable para la elaboración de alimentos nutritivos de fácil preparación o de característica instantánea, lográndose así suplir la demanda de los consumidores.

El tratamiento térmico de leguminosas y cereales, se utiliza para mejorar sus características nutritivas, higiénicas, fisicoquímicas, funcionales, sensoriales y de otro tipo, además de que asegura la corrección microbiológica del producto (Lazou y Krokida, 2010). La cocción mediante la extrusión es un proceso que se realiza a temperaturas altas y tiempos cortos (único proceso térmico donde el alimento es sometido a un intenso cizallamiento), ésta puede reemplazar muchos procesos convencionales en la producción de alimentos (Lazou y Krokida, 2010), gracias a ello puede ser utilizada para producir mezclas instantáneas a partir de almidón. Desde la perspectiva nutricional, facilita la inactivación de algunos factores antinutricionales como los factores inhibidores de tripsina (antinutriente termolábil), permitiendo la digestibilidad proteica. La alta temperatura de procesamiento asegura una calidad higiénica satisfactoria y en general permite la gelatinización y dextrinización parcial del almidón, dando lugar a una harina instantánea. Si no es realmente instantánea, la harina es por lo menos precocida, y el tiempo subsiguiente requerido para cocinarla se reduce considerablemente (Mouquet, Salvignol, Van Hoan, Monvois, y Trèche, 2003), es por eso, que se pone en práctica dicha capacidad en la innovación de productos alimenticios instantáneos pues éstos requieren muy poco esfuerzo para reconstituir o cocinar antes de su consumo. No obstante, la calidad de los productos extruidos basados en almidón pueden variar significativamente por factores como la humedad de alimentación y el contenido lipídico del alimento, el material aditivo, la temperatura, el tipo de extrusor y la velocidad de rotación del tornillo.

Por consiguiente, en el trabajo de investigación tuvo como objetivo general, desarrollar una mezcla instantánea proteica a partir de maíz amarillo duro (*Zea mays indurata*), quinua roja (*Chenopodium quinoa Willd*), kiwicha (*Amaranthus caudatus*) y lenteja (*Lens culinaris*), mediante el proceso de extrusión. Los objetivos específicos fueron determinar la composición fisicoquímica de la materia prima, evaluar el efecto de los componentes en las propiedades físicas de las mezclas instantáneas (producto final), realizar el análisis sensorial de los tratamientos con mejores características físicas, y determinar la composición fisicoquímica de los tratamientos con mejores características físicas y sensoriales.

Capítulo II. Revisión de literatura

2.1 Quinua (*Chenopodium quinoa* Willd)

La quinua es uno de los cultivares más valiosos del territorio andino, pertenece a la familia *Chenopodiaceae* y ha sido utilizada tradicionalmente por una variedad de poblaciones nativas de América del Sur, convirtiéndose en una fuente importante de alimento de grano para la región andina desde el año 3000 a.C. Este cultivo ocupó un lugar de importancia en el imperio Inca después del maíz, sin embargo, después de la conquista de la región por parte de los españoles en 1532 a.C., fue relegada a un segundo plano junto con la papa y la cebada (Bhargava, Shukla, y Ohri, 2006). Debido a la introducción y rápida extensión de cultivos como la avena, el trigo, arvejas y habas, el cultivo de la quinua fue relegada a los sectores marginales de la sierra del Perú (Cajamarca, el Callejón de Huayllas, el Valle del Mantaro, Andahuaylas, Puno y Cusco) y Bolivia (FAO, 2011), lo que redujo considerablemente el área cultivada. Debido a la reforma de los hábitos alimenticios y la necesidad de alimentos tanto nutritivos como orgánicos es que se promovió la revaloración de la quinua generando así el incremento de su producción (Castellanos y Pando, 2016), gracias a ello fue reconocida por su importancia alimenticia, lo que llevó a que el año 2013 fuera declarado “Año Internacional de la Quinua” por la Organización de las Naciones Unidas para la alimentación y la Agricultura (FAO).

2.1.1 Quinua roja

La quinua roja pasankalla, es una especie cuyo origen se ha dado en los andes peruanos, presenta su mejor desarrollo entre los 3815 y 3900 m.s.n.m., en un clima frío seco con precipitación pluvial de 400 - 500 mm, y temperaturas entre los 4 y 15 °C, su periodo vegetativo dura 140 días. La quinua roja pasankalla, es una de las variedades de grano comercial que sobresale por sus características de pre-cocción, bajo contenido de saponina, granos grandes, y alto contenido proteico (12 - 20 %), vitaminas y minerales (calcio, hierro y fósforo), además de aminoácidos esenciales. Los granos de esta variedad de quinua son de color rojizo marrón y de sabor dulce. Este grano de quinua presenta una muy buena calidad

para la agroindustria, se usa primordialmente para su transformación como harina y expandidos, pues al procesarse llega a reventar como “pop” (INIA, 2006).

2.1.2 Generalidades

En el mundo existen aproximadamente unas 250 especies de quinua que comprenden plantas perennes herbáceas y arborescentes. La especie *Chenopodium quinoa* W., es nativa de la región andina y pertenece al grupo de los cultivos andinos que incluye otros quenopodios como el amaranto (Bhargava et al., 2006), la quinua se ha cultivado como una importante cosecha subsidiaria de cereales para la elaboración de productos alimenticios gracias a su alto contenido de proteínas de muy buena calidad presentes en las inflorescencias, las hojas y el grano (principalmente en el endospermo y el embrión) (Figura 1) y su composición de aminoácidos esenciales (Tapia et al., 1979). Dependiendo de la variedad (Figura 2) y las características agrícolas, sus semillas comestibles son pequeñas, redondas y aplanadas, miden aproximadamente de 1.5 a 3 mm de diámetro, y unas 350 semillas pesan 1 gr, sus colores iniciales pueden variar de blanco a gris y negro, o pueden ser de color amarillo y rojo (Ruales y Nair, 1993). El contenido de saponinas diferencia el grano de quinua entre dulces (libre de, o que contenga < 0.11 %) y amargas (> 0.11 %), las cuales se pueden eliminar tradicionalmente mediante el pulido de las semillas y lavándolas con agua (Nickel, Pio, Torma, Arocha, y Helbig, 2016).

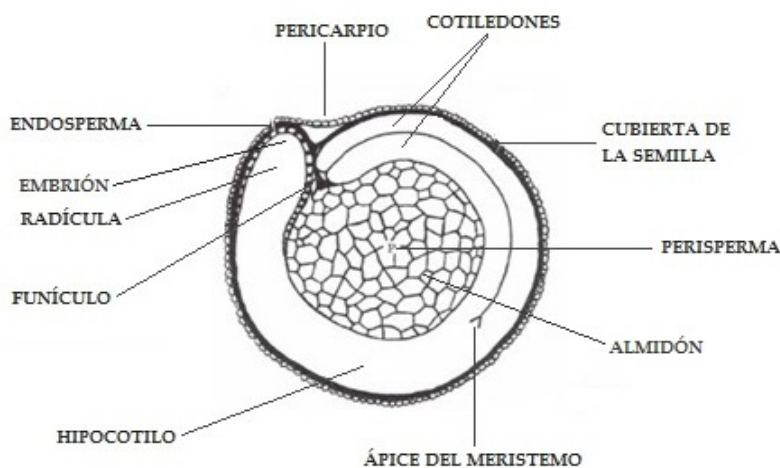


Figura 1. Partes que componen el grano de quinua (Arendt & Zannini, 2013)



Figura 2. Variedades comerciales de quinua en el Perú (INDECOPI, 2014b)

2.1.3 Clasificación taxonómica

Takhtajan (2009), propuso la siguiente clasificación taxonómica para la quinua (*Chenopodium quinoa Willd*):

Reino: Plantae

División: Magnoliophyta

Clase: Magnoliopsida

Orden: Caryophyllales

Familia: Chenopodiaceae

Género: *Chenopodium*

Especie: *Chenopodium quinoa Willd*

2.1.4 Composición de la quinua

La quinua es única debido a la calidad del grano y a la composición de nutrientes que posee (Tabla 1), además de ello, este grano presenta cantidades similares o ligeramente más altos de compuestos bioactivos como los polifenoles (2.7 - 3.8 g/kg), convirtiéndola en un grano con alta capacidad antioxidante, sirviendo así de defensa frente a diferentes enfermedades, particularmente el cáncer, enfermedades inflamatorias, alergia, asimismo reduce el riesgo de contraer enfermedades asociadas al sistema cardiovascular (Dini, Tenore, y Dini, 2010), por lo cual la FAO la considera como un alimento perfecto (Li, Wang, y Zhu, 2016; Abderrahim et al., 2015), y un excelente ejemplo de alimento funcional, pues ejerce diversos efectos beneficiosos para el organismo del ser humano (Elsohaimy, Refaay, y Zaytoun, 2015). La relevancia de la quinua reside en su contenido proteico de alta significancia biológica (varía según la variedad y es equivalente a la caseína presente en la leche), las cuales son principalmente del tipo albúmina (35%) y globulina (37%), presentando también bajas cantidades de prolaminas (Navruz-Varli y Sanlier, 2016). El contenido de vitaminas B y C en la quinua son superiores a las del trigo, además es rica en caroteno y niacina, en cuanto a su contenido de riboflavina, tocoferol y caroteno son mayores que las del arroz y el trigo, su contenido de minerales (zinc, magnesio, fósforo, potasio, hierro y calcio) es superior al de otros cereales, casi igualando al frijol (FAO, 2011). La fibra cruda facilita el tránsito intestinal eliminando residuos y toxinas que puedan causar daños en el organismo, constituye del 20 - 50 % de la fibra dietética total, de los cuales poco más del 80 % de esta fibra es insoluble, el contenido promedio de grasa es 5.0 - 7.2 %, la cual no ha sido muy estudiada convirtiéndola de esta forma en una fuente potencial para la extracción de aceite (Repo-Carrasco et al., 2003), dado que es rica en ácidos grasos insaturados (83.3 - 87.0 %), de los cuales 25 - 28,7 % son monoinsaturados y 58.3 % son poliinsaturados (Abugoch, 2009).

Los carbohidratos constituyen el 60 - 74 % del peso total del grano, de los cuales del 32.0 - 69.2 % se compone de almidón cuyo 10 - 21 % es amilosa y 79 - 90 % amilopectina, que gelatinizan entre 55.5 - 72 °C (Wrigley, Corke, Seetharaman, y Faubion, 2016), su pequeño tamaño (0.4 - 2.0 μm) y alta viscosidad suelen aprovecharse en aplicaciones

industriales (Abugoch, 2009; Arendt y Zannini, 2013c); entre los azúcares, la sacarosa es el más predominante (2.9 g/100 g) en la quinua (Repo-Carrasco, Espinoza, y Jacobsen, 2003).

Tabla 1

Contenido de proteína, minerales y vitaminas en tres variedades de quinua

Componente	Quinua ¹	Quinua ²	Quinua ³
Proteína ^a	13.23	12.69 - 17.83	17.62
Grasa ^a	5.30	6.29 - 6.85	5.94
Fibra cruda ^a	2.04	2.20 - 3.0	2.1
Carbohidratos ^a	70.0	67.0 - 71.5	72.6
Minerales ^b			
Calcio	63	27.5 - 148.7	94.0
Fósforo	273	140.5 - 530.0	140.0
Zinc	3.73	2.8 - 4.8	4.8
Hierro	8.47	1.4 - 16.7	16.8
Magnesio	2620.0	26.0 - 502.0	270.0
Vitaminas ^c			
Vitamina A	0.25	0.20	0.21
Tiamina (B1)	0.41	0.3 - 0.4	0.38
Riboflavina (B2)	0.21	0.3 - 0.4	0.39
Niacina (B3)	0.7	1.1 - 1.5	1.06
Ácido ascórbico (C)	16.95	4.0 - 16.4	4.0
α - Tocoferol (E)	3.1	2.6 - 5.4	5.37

¹ Repo-Carrasco et al., (2010); Nowak, Du, & Charrondière (2016); Ruales y Nair (1993)

² Repo-Carrasco et al., (2010); Apaza, Cáceres, Estrada, y Pinedo (2013); Reyes, Gómez-Sánchez, Espinoza, Bravo, y Ganoza (2009)

³ Apaza et al., (2013); Repo-Carrasco, Espinoza, y Jacobsen, (2003); Jancurová, Minarovičová, y Dandár (2009)

¹ Quinua blanca Salcedo INIA, ² Quinua roja Pasankalla, ³ Quinua negra Collana

^a g/100 g de semilla; ^{b,c} mg/100 g de semilla

A diferencia de otros granos, la quinua presenta una composición de aminoácidos más completa, del porcentaje total de proteínas el 37 % está conformado por aminoácidos esenciales (Tabla 2), que el cuerpo no produce pero que se pueden obtener a través de los alimentos (FAO, 2013). La lisina es el mayor componente aminoacídico en el grano de quinua, su consumo ayuda al desarrollo de las células cerebrales, los procesos de aprendizaje,

memorización y raciocinio tal como el crecimiento físico (Salcines, 2009), además la quinua también contiene aminoácidos azufrados como la metionina y cisteína (ayudan a eliminar toxinas del cuerpo, mejoran la salud cardiovascular y construyen tejidos fuertes y sanos), los aminoácidos limitantes son el triptófano y la leucina (Cerezal, Urtuvia, Ramírez, Romero, & Arcos, 2011).

Tabla 2

Aminoácidos esenciales en tres variedades de quinua

Aminoácidos	Quinua¹	Quinua²	Quinua³	Quinua⁴	Q. Roja Pasankalla⁵	Q. Negra Collana⁶
Isoleucina	31	49	35.7	36	10.4	29.0
Leucina	60	66	59.5	60	79.7	60.0
Lisina	48	60	54.2	54	99.9	45.7
Met + Cis *	33	53	36.2	36	40.0	43.0
Fen + Tir *	63	69	60.9	61	237.6	86.0
Treonina	37	37	28.9	30	67.2	64.3
Triptófano	9	9	11.4	12	6.2	6.4
Valina	37	45	42.1	42	47.5	42.2
Histidina	27	32	28.8	29	17.2	17.9

¹ Nowak et al., (2016); ² Koziol (1992); ³ Abugoch (2009)

⁴ Wrigley, Corke, Seetharaman, y Faubion (2016); ^{5,6} Soto et al., (2015)

* Metionina + Cisteína, * Fenilalanina + Tirosina

^{3,4,5,6} Quinua blanca; ^{1,2,3,4,5,6,7} mg AA/g proteína

2.1.5 Uso común y aplicación industrial

Hay diversas formas como se puede consumir la quinua: como harina, en la fabricación de productos horneados a menor escala ya sean panes, galletas, fideos y pizza, puesto que ayuda a tener una mejor retención de nutrientes menores (Li et al., 2016); como grano entero, puede ser preparada en alimentos de cocción así como desayunos, sopas, guisos, hamburguesas, tortillas, bebidas y refrescos; su almidón es muy adecuado para productos alimenticios de emulsión, sus hojas se consumen como verduras agregándose en ensaladas, salsas y en pasteles; toda la planta se utiliza también como forraje verde para alimentar ganado, cerdos y aves de corral (Navruz-Varli y Sanlier, 2016).

En Perú y Bolivia, producen comercialmente hojuelas de quinua, tortillas, crepes, granos hinchados y productos extruidos (Bhargava et al., 2006). El uso de quinua con fines medicinales se ha reportado en raras ocasiones, la planta sirve como desinflamante, analgésico y como desinfectante de las vías urinarias, también se utiliza en fracturas, hemorragias internas y como un repelente de insectos (Navruz-Varli y Sanlier, 2016). Debido a su alto valor nutritivo, la quinua se exporta libre de saponinas a Europa y Estados Unidos quienes son sus principales consumidores (Abugoch, 2009).

2.2 Kiwicha o Amaranto (*Amaranthus caudatus* L)

El amaranto es una planta correspondiente a la familia Amaranthaceae del género *Amaranthus*, este grano es originario del Centro y Norteamérica (México y Guatemala), y Sudamérica (Perú, Bolivia y Ecuador) (Peralta, 2009), sus semillas se consideran como uno de los granos alimenticios cultivados más nutritivos, cuyo cultivo se remonta a poco más de 7000 años atrás. Con el arribo de los españoles a América, la siembra y consumo del amaranto se prohibió ya que lo consideraban pagano porque era utilizado en rituales, a causa de ello su producción fue en decadencia siendo olvidado entre los años 1577 - 1890, solo los agricultores menores que vivían en las comunidades alejadas, cerca de las zonas montañosas de México y los Andes prosiguieron con su siembra. Recién para el año 1972, empezó su proceso de reinserción gracias a que se descubrió que este grano poseía un alto contenido proteico (Peralta, 2009; Escandón, 2012).





En 1975, la Academia Nacional de Ciencias de los Estados Unidos (NAS, por sus siglas en inglés), reconoció al amaranto como “El mejor alimento de origen vegetal para el consumo humano” de entre 36 cultivos considerados como los más prometedores del mundo, desde entonces, el grano ha sido objeto de una amplia investigación (Azadi, Kubow, y Najdi, 2016). Debido a su potencial nutricional, funcional, agrícola y tecnológico, este grano se ha vuelto el centro de interés, obteniendo gran importancia socioeconómica, por lo que su demanda ha ido aumentando y su producción se ha expandido rápidamente en los países industrializados, reivindicándose como la nueva cosecha del milenio (Popiela, Króliczewska, Zawadzki, Opaliński, y Skiba, 2013).

2.2.1 Generalidades

El amaranto, es un cultivo andino con aproximadamente 60 especies de plantas que se cultivan generalmente en zonas áridas donde los cultivos comerciales no pueden crecer, tiene una buena capacidad para producir biomasa alta y se utiliza como granos, vegetales de hojas y plantas ornamentales (Caballero, Finglas, y Toldrá, 2016), la mayoría de los cuales son salvajes; éstas tienen inflorescencias y su follaje es de distintos colores, que varían del violeta al rojo y oro (Tabla 3).

Tabla 3

Variedades más conocidas de amaranto y algunas de sus características

Variedad	Oscar Blanco ¹	Centenario ²	Noel Vietmeyer ³	Chullpi ⁴
Características				
Color de la semilla	Blanco Amarillento	Blanco Amarillento	Rosado	Blanco Amarillento
Utilización del grano	Como hortaliza y cereal comestible		No como hortaliza	Para cocción en seco

^{1, 2, 3, 4} Estrada (2015); MINAGRI, (2007)

Varias especies de amaranto son a menudo consideradas como malas hierbas, sin embargo las tres especies que se cultivan con el fin de obtener el grano son: *Amaranthus cruentus*, *A. caudatus* y *A. hypochondriacus* (Bavec y Mlakar, 2002), cuyos diminutos granos casi esféricos miden aproximadamente 0.9 - 1.7 mm de diámetro, el número de semillas por gramo oscila entre 1000 - 3000 (Singh y Singh, 2011; Preetham, Dharmaraj, Sakhare, y Inamdar, 2016; Escandón, 2012), éstos varían en color de acuerdo a su género: *A. hypochondriacus*, produce granos de color amarillo cremoso, dorado, café, negro y rosa (blanco con un aro rosa); el género *A. cruentus*, presenta semillas de color negro, marrón, café y blancas o amarillas; el género *A. caudatus*, presenta semillas de color marfil y rojo, en

general las semillas de color claro se emplean para la obtención de grano y los colores oscuros como verduras u ornatos, sus hojas son una fuente alternativa potencial de betalaínas gracias a su pigmento llamado betacianina, y también a su actividad anticancerígena (Singh y Singh, 2011). Las semillas de amaranto están compuestas por diversas partes (Figura 3) donde se encuentran contenidos algunos de sus nutrientes, como el embrión que junto con la cubierta de la semilla conforman el salvado que contiene grasas y proteínas en altas proporciones.

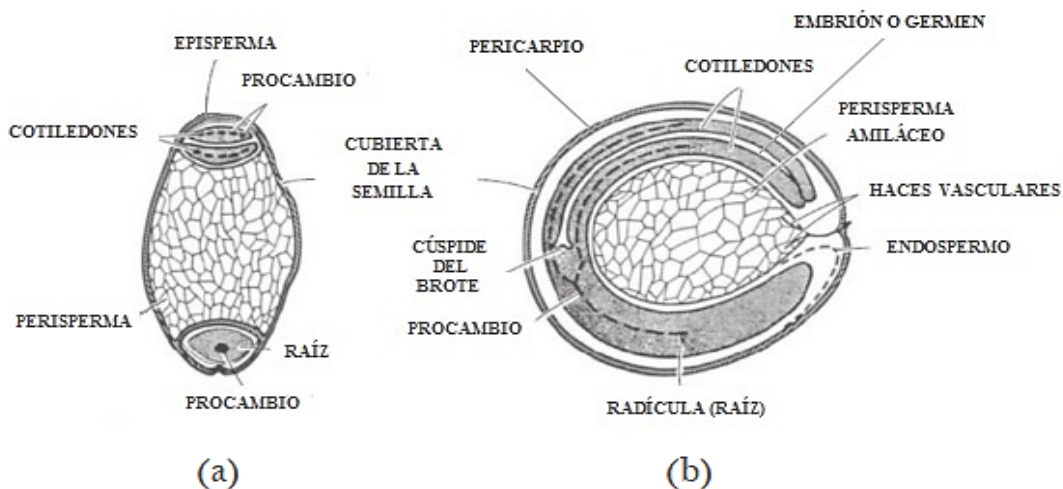


Figura 3. Componentes de las semillas de amaranto: (a) corte transversal, (b) corte longitudinal (Wrigley et al., 2016)

2.2.2 Clasificación taxonómica

Takhtajan (2009), describió la siguiente clasificación taxonómica para la kiwicha (*Amaranthus caudatus* L):

Reino: Plantae

División: Magnoliophyta

Clase: Magnoliopsida

Orden: Caryophyllales

Familia: Amaranthaceae

Género: *Amaranthus*

Especie: *Amaranthus caudatus* L.

2.2.3 Composición de la kiwicha

El grano de amaranto, se ha convertido en un alimento beneficioso para el ser humano gracias a sus propiedades nutricionales (Tabla 4) y funcionales, además de ello presenta una alta actividad antioxidante debido a que se constituyen como un grano rico en polifenoles, antocianinas, flavonoides y tocoferoles (Chauhan, Saxena, y Singh, 2015), lo que lo convierten en un alimento funcional, ya que retardan el envejecimiento y previenen varias formas de cáncer, enfermedad cardiovascular y neuro-degenerativas (Sharma y Gujral, 2014). El contenido de proteínas va de 15 - 19 % de proteínas, aunque se ha reportado hasta un 22 % (Bressani, 2006), éstas se componen de globulinas (13.7 - 18.1 %), glutelinas (22.4 - 42.3 %), albúminas (49 - 65 %) y prolamina (1 - 3.2 %) (Arendt y Zannini, 2013a; Chamorro, 2018), cuya calidad equivale al contenido proteico de la leche de vaca y huevo de gallina, siendo recomendado por la FAO, para ser incluido en la dieta humana (Pagano y Mascheroni, 2005; Chamorro, 2018). Generalmente, el grano de amaranto no constituye una fuente significativa de vitaminas, sin embargo proporciona un buen contenido de riboflavina, vitamina C y E, así como de ácido fólico (Becker et al., 1981; Singhal y Kulkarni, 1988), su contenido de minerales (calcio, magnesio, hierro y zinc) es aproximadamente el doble en comparación con otros cereales (Gamel, Linssen, Mesallam, Damir, y Shekib, 2006).

La fibra cruda representa un 3.3 % del amaranto, contiene una significativa cantidad de fibra dietética soluble (12.15 %) e insoluble (1.65 %) que interviene en la regulación de los intestinos, en el aumento del volumen fecal y otros beneficios más, la fracción soluble reduce los efectos que produce el colesterol en la sangre y la absorción de glucosa en el intestino (Betschart, Irving, Shepherd, y Saunders, 1981; Carrasco-Valencia et al., 2009). La fracción de salvado es mayor en el amaranto que en los cereales comunes como el maíz y el trigo, lo que explica los niveles más altos de proteínas y grasas en estas semillas (Singh y Singh, 2011). Del 5.0 - 13.0 % del contenido graso del amaranto (Paucar-Menacho, Peñas, Dueñas, Frias, y Martínez-Villaluenga, 2017), el 75 % está compuesto por ácidos grasos insaturados que son ricos en ácido linoleico, oleico y palmítico, mientras que los ácidos esteárico y linolénico se encuentran en niveles más bajos (Arendt y Zannini, 2013a).

Tabla 4*Contenido de proteína, minerales y vitaminas en el amaranto*

Componente	Amaranto¹	Amaranto²	Amaranto³
Proteína^a	14.7	14.55	12.0 - 19.0
Grasa^a	10.15	10.08	6.9 - 9.1
Fibra cruda^a	7.27	7.43	2.8 - 5.8
Carbohidratos^a	65.27	65.55	59.6 - 70.3
Minerales^b			
Calcio	159.1 ± 26.10	130 - 164	165 ± 9.3
Fósforo	157.0 ± 46.16	530	527 ± 13.0
Zinc	2.87 ± 0.12	5.5	5.55 ± 0.36
Hierro	7.61 ± 0.83	3.9	9.62 ± 0.12
Magnesio	248.2 ± 23.48	205.1	231.0 ± 6.9
Vitaminas^c			
Vitamina A	2.0 ± 0.00	6.1	4.0 - 4.4
Tiamina (B1)	0.11 ± 0.09	0.08	0.07 - 0.25
Riboflavina (B2)	0.20 ± 0.04	0.16	0.19 - 0.32
Niacina (B3)	1.6 ± 0.00	1.4	1.15 - 1.45
Ácido ascórbico (C)	4.20 ± 0.00	1.5	2.80 - 4.90
α - Tocoferol (E)	0.19 ± 0.42	0.96	1.04 - 1.07

¹ Carrasco-Valencia, Peña, Kallio, y Salminen (2009); Arendt y Zannini (2013a)² Carrasco-Valencia et al., (2009); Resio, Aguerre, y Su, (2003); Escandón et al., (2012)³ Repo-Carrasco et al., (2010); Escandón et al., (2012); Nascimento et al., (2014)¹ Oscar Blanco, ² Centenario, ³ A. caudatus; ^a g/100g de semilla, ^{b,c} mg/100g de semilla

Los carbohidratos en el amaranto se encuentran entre 55.5 - 71.5 % (Repo-Carrasco et al., 2010), su componente en mayor proporción es el almidón (48 - 69 %), de este porcentaje el 0.1 - 11.1 % es amilosa y 88.9 - 99.9 % amilopectina, el pequeño tamaño de sus gránulos (0.8 - 2.5 μm) y su contenido de amilopectina explican muchas de sus propiedades físicas (Arendt y Zannini, 2013a). El azúcar total presente en las semillas, está en un rango de 1.84 - 2.17 g/100g, cuyo azúcar predominante es la sacarosa (0.58 - 0.75 g/100g). Las ventajas que presenta el grano de amaranto en comparación a los cereales convencionales aparte de su alto en proteínas, es su composición equilibrada de aminoácidos esenciales (Tabla 5) beneficiosos para la salud (Arendt y Zannini, 2013a). El amaranto es rico en lisina (tres veces más que el trigo, maíz y arroz) y aminoácidos azufrados, su contenido de lisina y triptófano conjuntamente con la leucina (menor contenido), convierten al grano de amaranto en un

suplemento de muy buena calidad para cereales ricos en leucina, pero pobres o carentes de lisina y triptófano (Popiela et al., 2013).

Tabla 5

Aminoácidos esenciales en el amaranto

Aminoácidos	Amaranto¹	Amaranto²	Amaranto³	Amaranto⁴	Amaranto⁵	Amaranto⁶
Isoleucina	52	31	36	32	49	41
Leucina	46	65	59	54	66	63
Lisina	67	75	57	60	60	64
Met + Cis *	35	65	47	61	53	47
Fen + Tir *	63	83	62	64	69	62
Treonina	51	48	38	33	37	38
Triptófano	11	12	11	11	9	11
Valina	45	36	41	38	45	47
Histidina	25	25	23	24	32	25

¹ FAO (2014); ² Barba de la Rosa et al., (2009); ³ Cai et al., (2004)

⁴ Repo-Carrasco (1992); ⁵ Koziol, (1992); ⁶ Wrigley et al., (2016)

² A. hypochondriacus, ^{3,6} A. caudatus, ^{1,4,5} Sin especificación

* Metionina + Cisteína; * Fenilalanina + Tirosina

1, 2, 3, 4, 5, 6 mg AA/g proteína

2.2.4 Uso común y aplicación industrial

El grano de amaranto puede ser tostado, hecho estallar, extruido o molido en harina y, por tanto, puede ser consumido como tal o incluido en otros productos de cereales como el pan, pasteles, magdalenas, tortas, galletas, empanadas, crepes, fideos y galletas (Sanz-penella, Wronkowska, Soral-smietana, y Haros, 2013). En el Perú, la kiwicha se utiliza para hacer turrónes, las semillas tostadas y molidas (harina) se utiliza en sopas, guisos y papillas, ésta también se puede utilizar en la preparación de panes sustituyendo parcialmente la harina común de trigo. Las mezclas de 80% de harina de trigo y 20% de harina de kiwicha producen panes de levadura normales, estos panes tienen una calidad nutricional superior a los panes producidos solo con harina de trigo (Carrasco-Valencia et al., 2009). Las hojas de la planta de amaranto comúnmente se consumen como las espinacas, por lo general, las hojas y los tallos

jóvenes son hervidos como verdura. Tanto en Perú como en Ecuador, planta de amaranto cuya variedad de granos es para uso como tinta, produce flores que son utilizadas en la producción de colorantes para bebidas convencionales propias de dichos países, los despojos de la planta (pajas) son aprovechados para la alimentar al ganado. Tradicionalmente, los agricultores andinos mantienen su ganado con los residuos de los cultivos durante la estación seca (Carrasco-Valencia et al., 2009).

2.3 Maíz (*Zea mays*)

El maíz al igual que el arroz y el trigo es contemplado como el cereal de mayor consumo en todo el mundo; se originó en un ambiente tropical en América Central hace más de 8000 años, extendiéndose posteriormente por toda América y el resto del mundo después del siglo XV (Alvarez-iglesias, Revilla, Fern, Medina y Caverro, 2016). El término maíz proviene de la palabra caribe-arahuaca “mahiz” (Grande y Orozco, 2013), su cultivo se extiende por todo el mundo gracias a su capacidad de crecer en diversos climas, teniendo una gama más amplia de usos que incluyen la producción de alimentos para la nutrición humana, la obtención de almidón y la alimentación animal de aves y porcinos (Amin, 2011). Una de las ventajas que presenta el maíz, es que es el único cereal que puede ser utilizado como alimento en cualquier etapa de desarrollo en la que se encuentre la planta, pudiéndose consumir tanto en su estado maduro como inmaduro (Sánchez y Pérez, 2014).

2.3.1 Maíz amarillo duro

El maíz amarillo duro, es el grano perteneciente a los maíces cristalinos duros o semiduros, comprendidos en la especie *Zea Mays* L. variedad *indurata*, su cultivo impera en la costa, los valles interandinos y en la selva peruana, cuyo uso es esencialmente agroindustrial, destinado para la producción de alimentos balanceados de consumo animal (Huamanchumo, 2013). Los granos de maíz amarillo duro, presentan almidón blando en la parte central y tienen una capa periférica de almidón duro que lo rodea. Este tipo de maíz tiene granos de color anaranjado - amarillentos y toleran mejor los problemas que afectan a los maíces harinosos, además este maíz es comúnmente preferido debido a sus propiedades durante la molienda seca

y por la mejor textura que presenta al compararla con el maíz dentado de endospermo blando (González, Torres, y De Greef, 2002).

2.3.2 Generalidades

El maíz es una especie de gramínea anual, además de las distintas razas y géneros, hay especies salvajes conocidas con el nombre teocintle: *Zea mays subsp. Mexicana*, *Z. mays subsp. Parviglumis*, *Z. diploperennis*, *Z. perennis*, *Z. huehuetenanguensis*, *Z. nicaraguensis*. Gracias a su variabilidad genética, el maíz prospera en climas tropicales, subtropicales y templados de tierras bajas, permitiendo que su cultivo se realice en más países que cualquier otro cereal; se cosecha de forma individual, pudiéndose observar los atributos que posee cada mazorca de acuerdo a la raza a la que pertenece, ya que existen diferentes formas respecto al color, tamaño de la planta, el tipo y tamaño del grano (FAO, 2003).

El Perú posee la mayor diversidad genética de maíz después de México, distinguiéndose dos tipos: el maíz amarillo duro y el maíz amiláceo, estimándose que unas 55 razas se encuentran distribuidas dentro de los 24 departamentos (en unos más que en otros) que constituyen el Perú (Figura 4). Entre los constituyentes de mayor relevancia que componen el maíz amarillo (Figura 5), se encuentran: El pericarpio; el endospermo (sección de almidón del grano tanto blando como duro, además de estar compuesto por proteínas, pequeñas cantidades de aceite y minerales) es la porción más grande del grano (82.3 %); el embrión o germen (representa el 11.5 % y contiene el aceite vegetal del maíz en mayor cantidad); el pedicelo o punta del grano sirve para unir el grano a la mazorca y protegerlo (Wrigley et al., 2016; Mejía, 2014; FAO, 2003). Dependiendo de la variedad, los granos de maíz tienen forma redondeada o puntiaguda que determinan su peso (Dickerson, 2003).

Razas de maíz del PERÚ

Los que más se exportan

Maíz Gigante de Cuzco
 Total de exportación 2008-2009
 2008 US\$7'596.240
 2009 US\$9'782,821 ↑

Maíz Morado
 Total de exportación 2008-2009
 2008 US\$1'477.862
 2009 US\$1'689,898 ↑

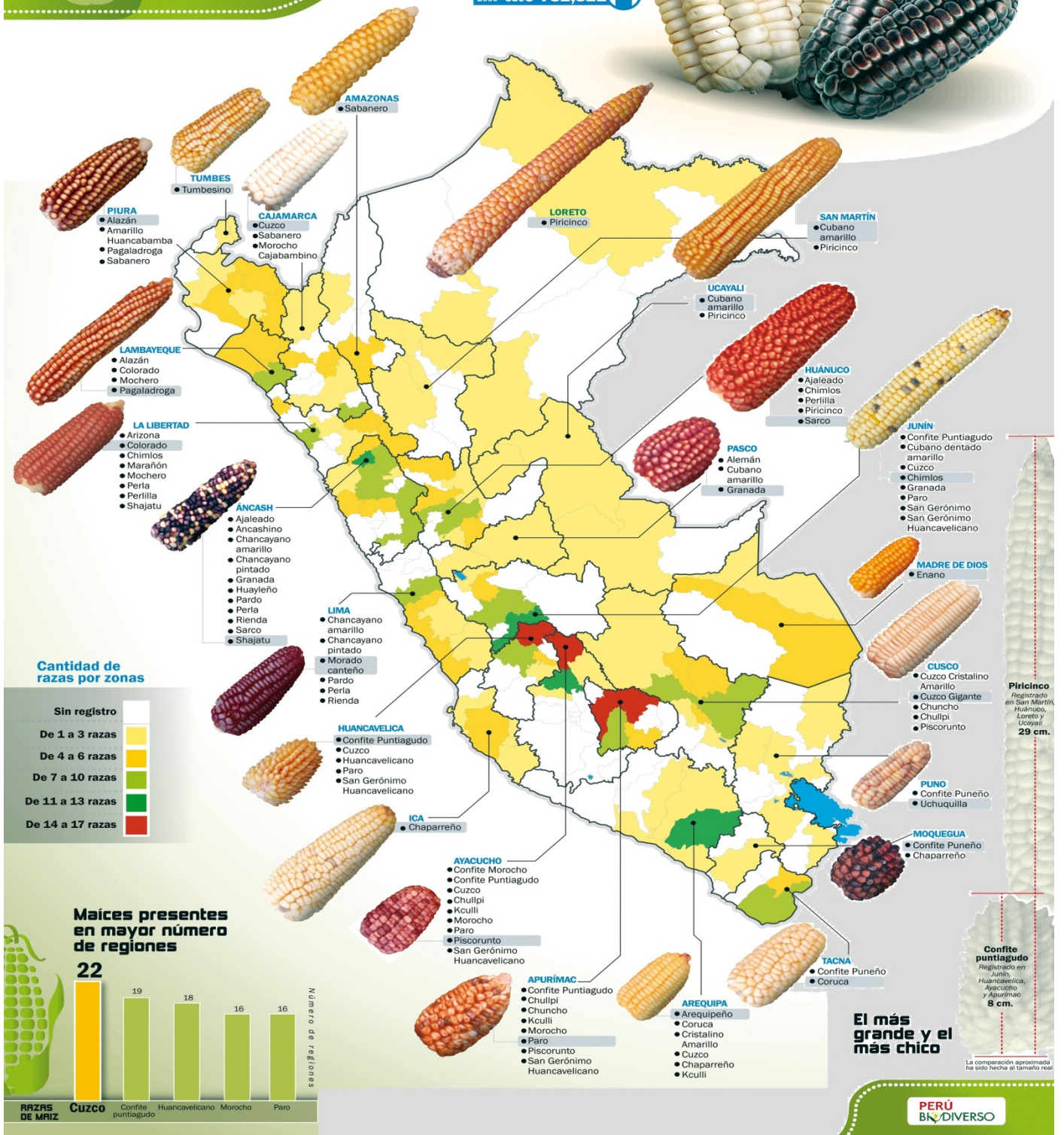


Figura 4. Razas de maíz distribuido en todo el Perú (Ministerio del Ambiente, 2009)

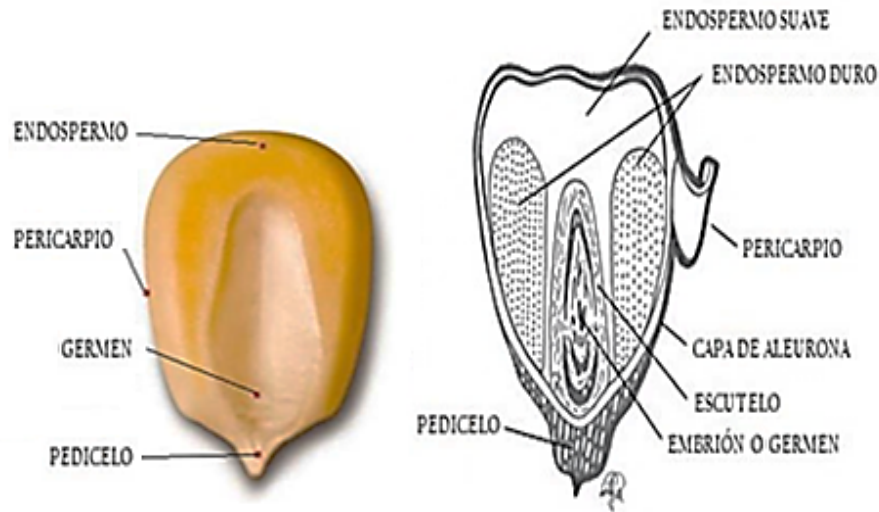


Figura 5. Partes que componen el grano de maíz (Arendt & Zannini, 2013b)

2.3.3 Clasificación taxonómica

Acosta (2009), clasificó taxonómicamente el maíz amarillo (*Zea mays, indurata St.*), de la siguiente manera:

Reino: Plantae

División: Magnoliophyta

Clase: Liliopsida

Orden: Poales

Familia: Gramíneas

Género: *Zea*

Especie: *Mays L.*

2.3.4 Composición del maíz

El maíz no sólo es un producto comestible; sino lo que es más importante, proporciona una notable composición de nutrientes (Tabla 6), además de niveles elevados de antioxidantes naturales como polifenoles, ácidos fenólicos y flavonoides, cuyos efectos anticancerígenos y antioxidantes, ayudan a disminuir los niveles de colesterol debido a que metabolizan las grasas, aminoran el riesgo de padecer un ataque cardíaco, ayudan al desarrollo de las

funciones cerebrales, aportan energía y facilita el tránsito intestinal, además se recomienda su consumo durante el embarazo y la etapa de la lactancia. Otros compuestos antioxidantes que se encuentran en el maíz son los carotenos, que son terpenos de nombre luteína y zeaxantina y responsables de brindarles color a los maíces blanco y amarillo (Salinas-Moreno, Pérez-Alonso, Vázquez-Carrillo, Aragón-Cuevas, y Velázquez-Cardelas, 2012). El contenido proteico del maíz es menor en comparación a otros cereales, el 80 % está distribuido en el endospermo (contiene 9.0 % de proteína que es de mala calidad, debido a su deficiencia en algunos aminoácidos esenciales) y el 20.0 % restante está en el germen (contiene 35.0 % de proteína que es de alta calidad) (Arendt y Zannini, 2013b). Las proteínas del maíz se dividen en 4 clases: Albúmina (25 %), globulina (5 %), prolamina o zeína (52 %) y glutelinas (7 %) (Wrigley et al., 2016). Es conocido que los cereales proveen un buen contenido de vitaminas del complejo B, además de dos tipos de vitaminas liposolubles: A (β -caroteno) y E; vitaminas hidrosolubles: Tiamina (B1), en menor cantidad comparado con el trigo, y piridoxina (B6), siendo deficiente en cobalamina (B12) y vitamina C; su contenido de minerales está presente en un rango de 1.0 - 1.3 %, en mayor proporción se encuentran el fósforo, potasio y magnesio y en bajas proporciones el calcio y hierro (Arendt y Zannini, 2013b). La fibra cruda representa un 2.0 % del peso seco del grano, su contenido de fibra dietética total incluye la fibra soluble (10 - 11 %) e insoluble (1.2 - 1.6 %) (FAO, 1993); las grasas componen el 4.8 % del peso total del grano de maíz, la ubicación del grano en la mazorca influye en su contenido de aceite, ya que los granos ubicados en el centro de la mazorca contienen más aceite que en otras partes, aun cuando el maíz no ha sido considerado como una oleaginosa, es una muy buena fuente de ácidos grasos altamente poliinsaturados (linoleico, linolénico y araquidónico) (Arendt y Zannini, 2013b). El contenido de pigmentos carotenoides en el grano de maíz amarillo duro varía de 25 - 30 mg/kg (León y Rosell, 2007).

De los carbohidratos presentes en el maíz, el componente principal es el almidón (72% de su peso seco total), el 25 - 30 % se compone de amilosa y el 70 - 75 % de amilopectina (FAO, 1993), sus gránulos presentan diferentes tamaños, pudiendo alcanzar hasta 25 μ m de diámetro (Arendt y Zannini, 2013b). Los azúcares representan un 1.0 - 3.0 % de su peso total, se encuentran en el germen en forma de glucosa (69%) y se constituyen de monosacáridos: glucosa (0.2 %) y fructosa (0.1 %), disacáridos: sacarosa (0.3 %) y maltosa (0.1 %);

trisacáridos: rafinosa, y algunos oligosacáridos (Boyer y Shannon, 1987). Dado al equilibrio de aminoácidos (Tabla 7) de las zeínas y a su abundancia en el endospermo, el triptófano, la lisina (aminoácidos limitantes en el maíz) y la metionina se encuentran en niveles más bajos, lo que convierte al grano de maíz en una fuente de proteína incompleta, dando lugar a la posibilidad del uso de otras fuentes de proteínas complementarias a fin de garantizar el cumplimiento de requisitos de aminoácidos esenciales (Wrigley et al., 2016). Incluso con la deficiencia de los aminoácidos, las albúminas, las globulinas y las glutelinas presentan un buen balance de aminoácidos esenciales así como un alto contenido de leucina (FAO, 1993).

Tabla 6

Contenido de proteína, minerales y vitaminas en el grano de maíz

Componente	Maíz blanco ¹	Maíz amarillo duro ²	Maíz amarillo duro ³	Maíz amarillo duro ⁴
Proteína ^a	5.9	9.3	7.56	9.42
Grasa	4.0	3.5	3.15	4.74
Fibra cruda	1.9	3.9	2.7	4.8
Carbohidratos	76.1	73.6	76.35	74.26
Minerales ^b				
Calcio	5.0	6.0	28.0	7.0
Fósforo	249.0	267.0	86.0	210.0
Zinc	1.91	1.51		2.21
Hierro	1.48	1.92	0.10	2.71
Magnesio	50.0	140.0	132	127.0
Vitaminas ^c				
Vitamina A	0.01	0.132	-	0.0
Tiamina (B1)	0.25	0.29	0.3	0.385
Riboflavina (B2)	0.05	0.06	0.08	0.201
Niacina (B3)	2.26	2.17	1.9	3.627
Ácido ascórbico (C)	2.60	0.70	-	0.0
α – Tocoferol	-	-	1.5	0.3 - 0.7

¹ Reyes et al., (2009), ² Paggi (2003); Reyes et al., (2009)

³ Wu, Li, Wang, Özkan, y Mao, (2010); FAO, (2003); León y Rosell, (2007)

⁴ Sánchez y Pérez, (2014); Arendt y Zannini, (2013b)

^a g/100g de semilla, ^{b,c} mg/100g de semilla

Tabla 7*Aminoácidos esenciales en el maíz*

Aminoácidos	Maíz (s.e)¹	Maíz Amarillo²	Maíz Amarillo³	Maíz Amarillo⁴	Maíz Amarillo⁵	Maíz Amarillo⁶
Isoleucina	40.0	33.7	35.60	36.30	29.0	34.2
Leucina	125.0	115.5	123.60	123.60	102.0	114.3
Lisina	29.0	26.5	32.50	32.20	27.0	31.0
Met + Cis *	40.0	36.7	46.00	46.70	40.0	50.2
Fen + Tir *	86.0	84.6	88.00	91.40	74.0	56.1
Treonina	38.0	35.4	36.60	37.40	36.0	27.8
Triptófano	7.0	6.7	7.30	7.30	7.0	6.1
Valina	50.0	47.7	48.20	46.70	47.0	52.5
Histidina	26.0	28.7	31.40	32.20	10.8	36.6

¹ Valencia-Chamorro, (2003); ² Sánchez y Pérez, (2014)^{3,4} Dávila y Jiménez, (2009); ⁵ Barrier-Guillot et al., (1993)⁶ Ahenkora, Twumasi-Afriyie, Yao, Sallah, y Obeng-Antwi, (1999)

* Metionina + Cisteína; * Fenilalanina + Tirosina

^{1, 2, 3, 4, 5} mg AA/g proteína; s.e: sin especificación

2.3.5 Uso común y aplicación industrial

En los países de mayor desarrollo, las mazorcas (corontas) secas sirven para la elaboración de piensos (alimento para animales). Respecto a las mazorcas tiernas, éstas se consumen en diversas formas elaboradas. De los granos, se obtiene harina por medio de un proceso de molienda y tamizado, con ella se pueden elaborar diversos alimentos como desayunos, mazamoras, tamal, sopas, tortas de maíz, almidón, sémola y panes, también se puede elaborar fécula de maíz (Sánchez y Pérez, 2014). Del grano reventado se obtiene el “maíz pop corn”, conocido en todo el mundo como palomitas de maíz, éstas pueden ser dulces o saladas.

A partir del maíz mote (maíz blanco duro y seco), el cual pasa por un proceso de cocción con cal para ser pelado y posteriormente molido se elabora el maíz nixtamalizado, del cual surge la masa para hacer “tortillas” o “tacos”, la conocida “sopa de mote”, entre otros productos. El aceite de maíz obtenido por un proceso de extracción con solventes, se utiliza

como diurético en la industria farmacéutica; esto debido a su contenido de ácidos grasos poliinsaturados, además de ello el maíz también es utilizado para la producción de bioetanol, el cual se obtiene a través de la fermentación alcohólica que se desarrolla por la fermentación de los azúcares contenidos en el almidón de maíz y la levadura (Sánchez y Pérez, 2014).

2.4 Lenteja (*Lens culinaris*)

La lenteja es considerada como una de las leguminosas más antigua y más apreciada del viejo mundo, se estima que tiene de antigüedad entre 8000 a 9000 años (Coyne y McGee, 2013). Estudios basados en datos de ocho especies fundadoras sugieren que la domesticación de la lenteja sucedió en una pequeña región del sur del Levante Mediterráneo, la evidencia botánica, genética y arqueológica apunta a un área central pequeña de domesticación en el sureste actual de Turquía y el norte de Siria, cerca de los ríos Tigris y Éufrates (Coyne y McGee, 2013). Los colonizadores españoles introdujeron el grano de lenteja en América después de la conquista, su cultivo se estableció en California, México y en todas las regiones de clima seco del continente americano; en el Perú se cultivan algunas variedades, mayormente en la parte de la Sierra norte en los departamentos de Cajamarca, La Libertad y Ancash (MINAGRI, 2016).

Los principales países productores de lentejas son Canadá, Estados Unidos, Turquía, Australia y la India, este grano es una muy buena fuente de proteína dietética en diversas partes del mundo, se ha convertido en un alimento básico en el Medio Oriente y en el sur de Asia, donde se consume especialmente debido a que su dieta está basada en plantas, aunque esta legumbre también es popular en África, Asia occidental, América del Norte, Oriente Medio, Europa y Australia (Joshi, Timilsena, y Adhikari, 2017). En el Perú el consumo de legumbres oscila en 7.5 kg persona/año, cifra inferior a los 9 kg que recomienda la Organización Mundial de la Salud (OMS) (La República, 2019), para el caso de la lenteja hasta el año 2009 se consumía un 1.8 kg persona/año (INEI, 2009).

2.4.1 Generalidades

La planta de lenteja pertenece a la familia fabaceae del género *Lens*. Diversas variedades populares de lentejas incluyen la chilena, cervecera, marrón española (pardina); Verde francés (moteado oscuro, azul verde); India (lenteja roja- Lenteja beluga); Eston y Milestone (verde pequeño); Richlea y Vandage (medio verde); Laird, Glamis, Sovereign y Grandora (verde grande), Masoor (lentejas de piel marrón que son de color naranja en el interior); Pequeña de oro; Carmesí / rojo (lentejas de masoor decorticadas); y macachidos (grandes lentejas amarillas mexicanas), entre otros (Samaranayaka, 2016).

Las semillas de lentejas son pequeñas y presentan forma de lente con colores que van del rojo al anaranjado, verde, marrón y negro. Las principales partes del grano de lentejas (Figura 6), son la cubierta de la semilla, los cotiledones, los embriones y la plomada (Joshi, Adhikari, Panozzo, y Aldred, 2010). Los cotiledones son el componente principal y el lugar de almacenamiento de nutrientes; el descascarillado de las semillas y la eliminación del embrión, no reduce en gran medida la concentración de nutrientes (Bhatty, 1988). De acuerdo con un análisis realizado por la Canadian Grain Commission (Comisión Canadiense de Granos), los diferentes tamaños de lentejas verdes incluyen: semilla pequeña (3.5 - 5.0 mm), mediana (4.5 - 6.5 mm) y grande (5.0 - 7.0 mm); mientras que las lentejas rojas presentan tamaños de 3.5 a 5.5 mm (Coyne y McGee, 2013).

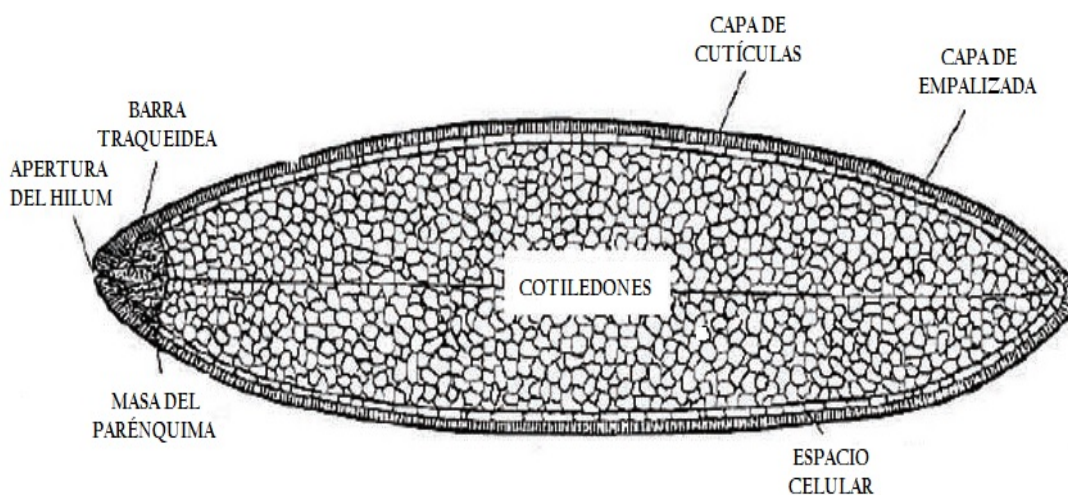


Figura 6. Corte transversal de la semilla de lenteja (Tang y Sokhansanj, 1993)

2.4.2 Clasificación taxonómica

Según Joshi, Adhikari, Panozzo, y Aldred (2010), la lenteja (*Lens culinaris*), se clasificó taxonómicamente de la siguiente manera:

Reino: Plantae

División: Magnoliophyta

Clase: Magnoliopsida

Orden: Fabales

Familia: Fabaceae

Género: *Lens*

Especie: *Lens culinaris*

2.4.3 Composición de la lenteja

El grano de lenteja (*Lens culinaris*), es una de las legumbres más valiosas en el mundo gracias a la calidad de sus nutrientes (Tabla 8). Este grano ha sido denominado “carne del hombre pobre” a causa de su bajo precio comparado a la carne, complementa a los alimentos ricos en cereales proporcionando un alimento nutritivo al equilibrar los requerimientos de aminoácidos y micronutrientes en la dieta, convirtiéndola en una muy buena fuente de proteína vegetal pues proporciona 9 gramos de proteína por cada media taza de lenteja cocida, de acuerdo a la variedad, el contenido de proteínas en la lenteja varía de 22 a 32 % (Samaranayaka, 2016), encontrándose dos tipos: metabólicas y de almacenamiento, éstas constituyen cerca del 80 % de la proteína total en la semilla, de las cuales un 31.8 - 49.7 % es albúmina, 26.2 - 34.6 % globulina, menos del 5 % prolaminas y glutelinas (Joshi et al., 2017). Entre las vitaminas que posee la lenteja, se encuentran la vitamina A, E y B (en mayor proporción), este nutriente es esencial ya que presenta altas cantidades de niacina (B3) y ácido fólico (B9), el grano además posee altas cantidades de fósforo, hierro, zinc y potasio, así como otros más en menor proporción (Samaranayaka, 2016). Su contenido de fibra presenta muchos beneficios para la salud: índice glucémico, prevención del cáncer y protección contra enfermedades cardiovasculares, entre otros (Hefnawy, 2011).

Tabla 8*Contenido de proteína y minerales distintas variedades de lenteja*

Componente	Variedades de lenteja			
	Crimson ¹	Eston ²	Laird ³	Richlea ⁴
Proteína^a	28.9	30.1	28.4	27.4
Grasa^a	1.0	1.2	1.2	1.0
Fibra cruda^a	6.0	5.4	5.7	5.4
Carbohidratos^a	66.1	65.7	69.9	65.4
Vitaminas^b				
Vitamina A	0.0024	0.005	0.025	0.034
Tiamina (B1)	0.46	0.427	0.34	0.439
Riboflavina (B2)	0.33	0.03	0.31	0.41
Niacina (B3)	1.3	0.88	1.73	2.06
Ácido ascórbico (C)	1.2	1.5	0.73	0.83
α - Tocoferol (E)	0.29	0.33	0.47	0.62
Minerales^c				
Calcio	97.3	76.4	64.0	81.3
Fósforo	541.6	462.0	465.5	568.4
Zinc	4.3	3.3	4.4	4.3
Hierro	7.3	8.5	8.0	7.7
Magnesio	138.8	130.7	136.1	147.1
Potasio	1134.6	992.4	976.4	1116.9
Cobre	1.0	0.8	1.2	1.0

^{1,2,3,4} Wang y Daun, (2006); Newman, Newman, y Lockerman, (1988); Ramírez, (2016); Samaranyaka, (2016); Joshi et al. (2017)

^a g/100g de semilla; ^{b, c} mg/100g de semilla

Entre los carbohidratos de la lenteja, el almidón es el componente principal (35 - 53 %), de los cuales el 34.8 - 45.5 % está compuesto por amilosa y el 0.2 - 8.0 % por amilopectina, los gránulos tienen forma de riñón, y su tamaño varía de 15 a 30 μ m de largo y 10 a 25 μ m de ancho; otros carbohidratos son los azúcares, la estaquiosa es el azúcar principal que compone del 35 - 64 % del total de azúcares libres (Bhatty, 1988). Asimismo, la lenteja representa una fuente importante de aminoácidos esenciales (Tabla 9), principalmente de leucina, lisina, treonina y fenilalanina (39.3 g/100g de proteína), pero es deficiente en aminoácidos esenciales azufrados: metionina, cisteína y triptófano (Samaranyaka, 2016). Este grano, también

proporciona un buen contenido de antioxidantes que sirven de defensa contra los radicales libres (Zhang et al., 2014), su composición de compuestos fenólicos retrasan o inhiben el daño oxidativo, previenen el surgimiento de diabetes, osteoporosis, enfermedades cardiovasculares, trastornos gastrointestinales, enfermedad suprarrenal, hipertensión, reducen el colesterol malo y la incidencia de contraer cáncer de mama (Adebamowo et al., 2005; Zhang et al., 2015; Joshi et al., 2017).

Tabla 9

Contenido de aminoácidos esenciales en distintas variedades de lenteja

Aminoácidos	Crimson¹	Eston²	Laird³	Richlea⁴
Isoleucina	4.7 (290)	4.5 (280)	4.6 (288)	4.7 (294)
Leucina	7.4 (460)	7.0 (438)	7.3 (456)	7.2 (450)
Lisina	7.0 (440)	6.5 (406)	6.7 (419)	6.9 (431)
Met + Cis[*]	2.8 (180)	3.0 (190)	2.7 (169)	2.9 (181)
Fen + Tir[*]	8.0 (500)	7.6 (475)	7.8 (488)	7.9 (494)
Treonina	3.8 (240)	3.5 (219)	3.6 (225)	3.7 (231)
Triptófano	0.7 (43.75)	0.7 (43.75)	0.7 (43.75)	0.7 (43.75)
Valina	5.2 (330)	4.8 (300)	5.1 (319)	5.0 (313)
Histidina	3.0 (190)	2.7 (169)	2.7 (169)	2.8 (175)

^{1, 2, 3, 4} Samaranayaka, (2016)

^{*} Metionina + Cisteína; ^{*} Fenilalanina + Tirosina

^{1, 2, 3, 4} g AA/16 g proteína; ^(^o) mg AA/ g proteína

Además de nutrientes, las lentejas presentan componentes antinutricionales que incluyen el ácido fítico, inhibidores de tripsina, taninos y oligosacáridos, debido a estos componentes es que surge una limitación en la utilización de la lenteja. Los inhibidores de tripsina al unirse inactivan la tripsina (enzima digestiva), afectando así la digestión de las proteínas; el ácido fítico actúa reduciendo la biodisponibilidad de los minerales; los taninos provocan la decoloración del grano y causan la reducción de su calidad nutricional por medio de interacciones hidrofóbicas. Varios de los componentes antinutricionales son termolábiles, de

manera que el empleo de procesos térmicos se ha convertido en la solución para lograr desactivarlos (Hefnawy, 2011).

2.4.4 Uso común y aplicación industrial

Las lentejas se consumen en diversos países gracias a sus propiedades nutricionales. En el medio oriente, se utiliza en el masur daal (sopa de lentejas) y en el koshary (lentejas con arroz); en Centroamérica y Suramérica, la lenteja se consume guisada y acompañada con arroz o también en sopa con plátano verde; en América del Norte y Europa, las semillas de lentejas se utilizan en sopa (Joshi et al., 2017), un plato de ésta provee una proporción cercana a la mitad de lo requerido diariamente por una persona adulta (El-Nahry, Mourad, Khalik, y Bassily, 1980). La lenteja se utiliza también en la elaboración de hamburguesas vegetarianas, estofados y ensaladas, a nivel industrial se encuentra como alimento enlatado pre-cocido. La lenteja en forma de harina se utiliza mezclada con cereales para elaborar panes, pasteles, fideos y fórmulas infantiles (Joshi et al., 2017).

2.5 Tecnología de extrusión en la producción de alimentos

La extrusión, es una técnica de cocción que se lleva a cabo a altas temperaturas y por tiempos cortos (HTST), ésta proporciona la energía calórica y de cizallamiento a un material alimenticio para inducir cambios físicos y químicos deseables (Yu, Ramaswamy y Boye, 2013). Esta técnica combina varias operaciones unitarias que incluyen el mezclado, cocción, amasado, cortado, conformación y formación; utiliza alta temperatura, presión y fuerza de corte para producir expandidos y productos de baja densidad con propiedades de textura única: crujiente (Oliveira, Schmiele, y Steel, 2017), además de harinas instantáneas (Reyes-Moreno et al., 2003).

La extrusión de productos alimenticios a partir de cereales tiene ventajas sobre las demás metodologías de procesamiento habituales debido al bajo costo de producción, tiempo corto, alta productividad, versatilidad, formas de productos únicos, y la preservación de energía (Zong et al., 2014). Entre los productos extruidos, listos para comer, los cereales para el desayuno han ganado espacio debido a la comodidad y practicidad de estos productos, es

habitual que se consuman con leche en la primera comida del día, puesto que se consideran una fuente de micronutrientes mediante el enriquecimiento con nutrientes esenciales (vitaminas y minerales), siendo una opción saludable cuando contienen granos de cereales. Debido a sus propiedades nutricionales, la incorporación de los cereales de grano entero en la producción de alimentos extruidos es una alternativa eficaz para el desarrollo de cereales para el desayuno más saludables y para la obtención de harinas instantáneas (Mouquet et al., 2003; (Oliveira et al., 2017).

El proceso de extrusión HTST, puede reducir al mínimo la degradación térmica de los nutrientes que se encuentran presentes en los alimentos, al mismo tiempo que mejora su digestibilidad debido a la gelatinización que sufre el almidón y a la desnaturalización de proteínas en comparación con los alimentos tradicionalmente procesados de forma térmica, por esta razón este proceso se vuelve preferible a otros en términos de la continuidad del proceso, con una alta productividad y una retención significativa de nutrientes (Yu et al., 2013). Las propiedades funcionales de los ingredientes alimentarios experimentan diversas modificaciones durante el proceso de extrusión, éste también destruye o inactiva los compuestos anti-nutricionales o tóxicos presentes (es decir, inhibidores de tripsina, hemaglutininas y gossipol, etc.), además de enzimas indeseables tales como lipoxigenasas, peroxidasas y lipasas lipoxidadas, microorganismos y otras plagas transmitidas por los alimentos (Yu et al., 2013).

2.5.1 Clases de extrusión

2.5.1.1 Extrusión a baja presión

Durante la ejecución de este proceso, se controlan la temperatura y el tiempo con el fin de conseguir la gelatinización del almidón del producto. La materia seca se mezcla con agua antes de ser añadida al extrusor, atravesando la chaqueta y en ciertos diseños pasando por el tornillo circula un fluido a alta temperatura, en tanto se genera calor adicional debido al trabajo que desarrolla la masa, la cual es enfriada utilizando una pieza moldeadora refrigerada antes de ser extruida en el aire, de esta manera se evita que el agua se convierta rápidamente en vapor y la masa extraída es comprimida quedando sin burbujas en lugar de expandirse

como espuma. Debido a que la extrusión se realiza a baja presión la temperatura es baja, dando como resultado bocaditos de poca expansión, textura dura y pared tosca (González, Torres, y De Greef, 2002).

2.5.1.2 Extrusión a alta presión

En este proceso la masa alimenticia es elevada por sobre los 100°C. La energía es suministrada a través de la chaqueta y por fricción interna hacia el extrusor. La masa se comprime internamente en la cámara y por medio de la reducción gradual del tornillo previene la vaporización del agua. Conforme aumenta el número de orificios la presión decae, mientras que la velocidad de rotación del tornillo de extrusión ayuda a incrementar la presión ocasionando que el alimento sea llevado a temperaturas altas. La masa es mantenida en el extrusor por un tiempo prolongado, por lo que absorbe más energía mecánica y por ende la temperatura se eleva resultando un producto con mayor expansión, textura blanda y poros más pequeños. Los productos extruidos generalmente alcanzan un 8% de humedad, para obtener la crocantes deseada éstos deben ser secados hasta presentar alrededor del 4% de humedad, ya que porcentajes de humedad menores ocasionan deterioros en la textura del alimento volviéndolo muy frágil (González, Torres, y De Greef, 2002).

2.5.2 Tipos de extrusores

2.5.2.1 Extrusores monotornillo

Los extrusores monotornillo (Figura 7) operan como una bomba de fricción (transportan el material por arrastre), el material albergado en el interior del canal del tornillo es impulsado a la salida por el frente de los filetes, ese transporte se desarrolla cuando la fricción del material alimenticio sobre la superficie interna del cañón es superior que la fricción de este mismo sobre la superficie del tornillo (González, Torres, y De Greef, 1998). Los extrusores monotornillo brindan beneficios tales como menor costo de operación e inversión y de mantenimiento, estos equipos constan de tres secciones: alimentación, compresión y zona de bombeo (Figura 8). En estos extrusores, las variables fundamentales para evaluar el nivel de cocción del alimento son:

- Contenido de humedad del alimento
- Temperatura del cañón
- Diámetro de la boquilla
- Relación de compresión del tornillo

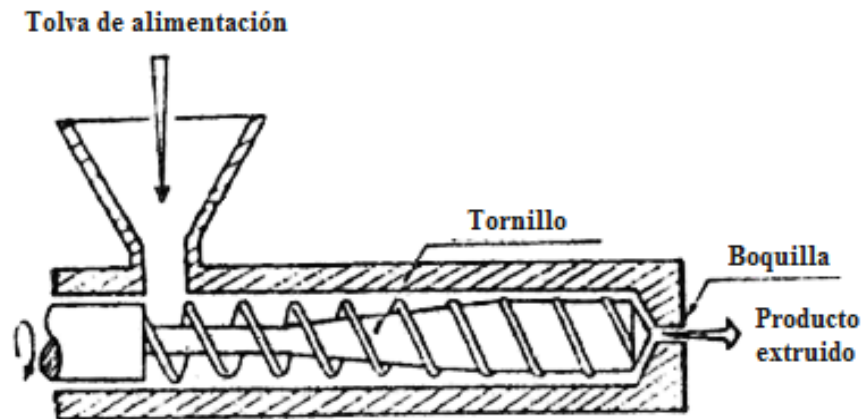


Figura 7. Extrusor monotornillo (Labuza, 1973)

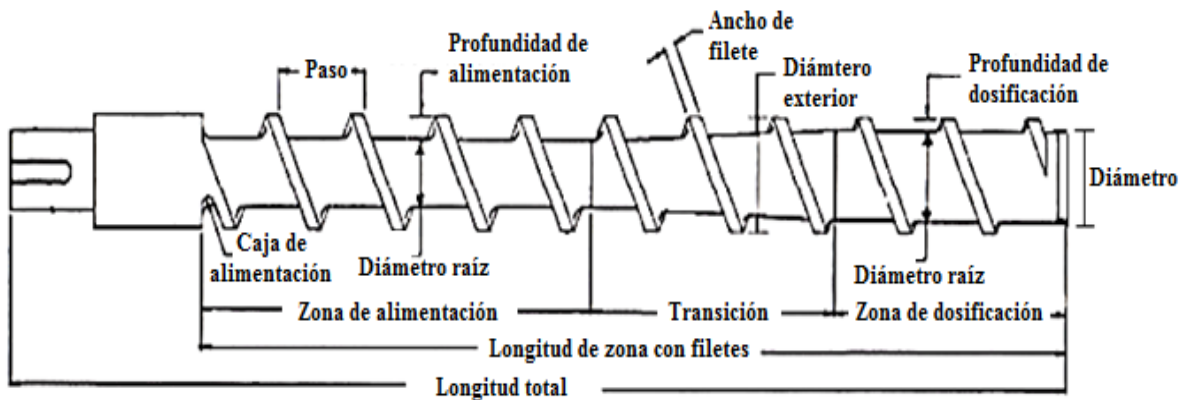


Figura 8. Características del tornillo o husillo (Rauwendaal, 2009)

2.5.2.2 Extrusores doble tornillo

El sistema de transporte de este tipo de equipos es muy diferente. Los filetes de los tornillos encajan uno en el canal del otro, de forma que el paso de éstos es frenado por el filete del otro formando una secuencia de cámaras formando una “C” con los extremos desplazados

en cada tornillo que da como resultado un caudal (producto de las cámaras C) debido a la velocidad de rotación. Las ventajas que brindan los extrusores de doble tornillo son un adecuado control de operación y una amplia diversidad de productos (González, Torres, y De Greef, 2002).

En el proceso realizado en los extrusores de doble tornillo, intervienen variables de mucho interés para la adquisición de un producto con las particulares características físicas y sensoriales requeridas de un extruido, dichas variables son:

- Humedad del material
- Temperatura
- RPM
- Intercambio de calor
- Grado de alimentación
- Composición y tipo de materia prima

2.6 Polvos o mezclas instantáneas

Los alimentos instantáneos, son productos de conveniencia que requieren muy poco esfuerzo para reconstituir o cocinar antes de su consumo, se extienden de líquidos o semisólidos que forman papilla o pasta tiesa después de la debida reconstitución (Shittu y Lawal, 2007). Grandes cantidades de productos alimenticios se fabrican en forma de polvo, suministrando una gran variedad de éstos, y polvos de ingredientes alimenticios para uso dentro de la fabricación industrial de alimentos y para el uso de los consumidores en el hogar. Mucha atención se ha prestado al desarrollo de polvos con propiedades funcionales deseables que se pueden aprovechar durante la aplicación de los polvos (Fitzpatrick et al., 2016).

Desde la perspectiva nutricional, la extrusión de los alimentos posibilita la inactivación de algunos constituyentes antinutricionales como los factores inhibidores de tripsina, aumentando así la digestibilidad proteica; la alta temperatura generada durante el proceso asegura una calidad higiénica adecuada, además de permitir la gelatinización y dextrinización del almidón, lo que conduce a una harina instantánea (Mouquet et al., 2003; Shittu y Lawal,

2007). Las harinas o mezclas instantáneas, son una clase de alimentos instantáneos que contienen cereales en grano, legumbres, entre otros que han pasado por el procedimiento de extrusión a fin de cocinarlos, y posteriormente han sido molidos y simplemente mezclados con azúcar y/o leche en polvo para su consumo instantáneo luego de la simple adición de agua fría o caliente (Shittu y Lawal, 2007).

2.7 Etapas del procesamiento de las mezclas instantáneas

2.7.1 Recepción y análisis de calidad

En el momento de la recepción, se controla el peso y se verifica que la materia prima cumpla con las especificaciones requeridas (FAO, 1998 a). En esta etapa se realiza el análisis del producto o materia prima antes de ser recibida, únicamente se recibe si ésta cumple con los requerimientos de calidad: calibre (tamaño), ausencia de piedrecillas, pajillas, cuarzo, cabello, insectos (enteros, partes o larvas) y otras materias extrañas, además de un contenido mínimo de saponinas para el caso de la quinua (INDECOPI, 2014b), además de características sensoriales como aspecto, color, olor textura, etc. (FAO, 1998 a).

2.7.2 Acondicionado

En el acondicionado, la materia prima se prepara para su posterior proceso. La materia prima se muele para obtener harina con un tamaño de partícula menor a 1 mm, el objetivo de la molienda es que la materia prima sea uniforme para una mejor utilización y aprovechamiento de sus características.

2.7.3 Extrusión

Los parámetros a tomar en consideración en la extrusión son la humedad de la materia prima y el tamaño de sus partículas, así como la temperatura, la velocidad de cizallamiento y el diámetro de los orificios de la boquilla.

2.7.4 Molienda

En esta fase, el alimento extruido es molido empleando un molino, posteriormente, el alimento molido es tamizado hasta que presente un tamaño de partícula menor a 1 mm, para esto se emplea una malla de 35 mesh (0.5 mm).

2.7.5 Formulación y mezclado

En esta operación, se realiza la mezcla de las harinas extruidas en diferentes porcentajes. Durante el proceso de mezclado se agregan el azúcar y el saborizante, ésta es la etapa final del procedimiento en la producción de la mezcla instantánea.

2.7.6 Envasado y etiquetado

Cada tratamiento (mezcla instantánea) se envasa en una bolsa de polietileno y posteriormente se sella al vacío, para de esta forma asegurar que el producto retenga la mínima cantidad de aire, para esto es necesario verificar el cierre o sellado del envase. El rotulado de los productos alimenticios se realiza utilizando etiquetas, las cuales contienen información básica e importante de estos: Tipo de alimento, código de producto, fecha de producción (FAO, 1998 b).

2.7.7 Almacenamiento

Los productos se almacenan a fin de evitar cualquier contaminación. El lugar de almacenamiento debe contar con condiciones diseñadas para evitar la contaminación por microorganismos, insectos, roedores, materias extrañas, productos químicos, y el deterioro de los productos al reducir al mínimo los posibles daños (FAO, 1998 b). En especial el almacenamiento de harinas instantáneas debe realizarse en un lugar fresco y seco a temperatura ambiente, y no debe haber contacto directo con la luz del sol.

2.8 Propiedades físicas de las mezclas instantáneas (producto final)

Es habitual añadir polvos instantáneos en agua fría o tibia y remover hasta su disolución antes de ser consumido. La disolución en agua del alimento en polvo instantáneo se divide en cuatro fases: En primer lugar, el líquido penetra en el sistema de poros (de otro modo conocido como humectante) antes de que las partículas se sumerjan debajo de la faz del líquido. A continuación, las partículas se dispersan por la agitación de baja energía. Por último, las partículas entran en la solución siempre que sean solubles en el líquido, de otra forma se mantienen suspendidas.

También es posible que el alimento en polvo se vierta primero antes que el líquido, sin embargo, cuando esto se realiza la función del proceso de humectación se vuelve insignificante. La secuencia a utilizar en la reconstitución del alimento en polvo, depende de la naturaleza y el uso final deseado del producto. La facilidad con la que se consigue llevar a cabo cada uno de estos procesos está directamente relacionada con la calidad de uso final del alimento instantáneo, de este modo, los atributos del producto, tales como humectabilidad, dispersabilidad y solubilidad a menudo se han utilizado para caracterizar el alimento en polvo instantáneo como un producto de buena calidad, por lo que diversos métodos físicos y químicos han sido utilizados para mejorar la propiedad instantánea de éstos (Shittu y Lawal, 2007).

2.8.1 Índice de expansión

Una de las principales propiedades reconocidas en productos extruidos es el nivel o grado de expansión. El índice de expansión es un parámetro que permite observar el incremento del tamaño de grano por efecto de la expansión, éste afecta a la densidad, la fragilidad y la suavidad de los productos extruidos. Por consiguiente, el grado de expansión tiene un rol fundamental en la aceptabilidad del producto extruido final (Rodríguez-Miranda et al., 2011).

2.8.2 Tamaño de partícula

El tamaño de partícula es la propiedad más importante de los polvos alimenticios y que influye en diversas propiedades físicas y en las características de calidad de éstos, así como la solubilidad o disolución en agua: atributo relevante de los polvos instantáneos, ya que afecta tanto el atributo sensorial, como la percepción del gusto (Shittu y Lawal, 2007), dado que si el tamaño de partícula no es el adecuado, éste tiende a disminuir las propiedades de hidratación.

Para las harinas de cereales pre-procesadas, el tamaño de partícula es una de las propiedades físicas más significativas a causa de su papel clave en las operaciones de la unidad, tales como molienda, mezcla, hidratación, extrusión y manejo neumático. Mediciones de tamaño de partícula se hacen a menudo para supervisar la calidad del producto (especialmente durante la molienda) porque este último puede estar correlacionado con un cierto tamaño de partícula. El tamaño de partícula es fundamental en la evaluación de la calidad de los polvos instantáneos así como en su comportamiento durante el procesamiento, e incluso la apariencia y aceptación de productos de panificación finales (Kaletunc y Breslauer, 2003).

2.8.3 Solubilidad en agua

La solubilidad es un indicador importante de la capacidad del polvo para permanecer homogéneamente mezclado con agua, es decir, la estabilidad de la mezcla compuesta por partículas disueltas en el líquido para formar una solución (Franco, Perussello, Ellendersen, y Masson, 2016), ésta se puede producir durante la humectación y durante la dispersión. Las partículas de polvo pueden crecer cuando el agua que es absorbida por las partículas provoca un incremento de tamaño. Estos subprocesos pueden estar ocurriendo simultáneamente durante ciertos periodos de tiempo, por ejemplo, el polvo dentro de los grumos se moja a medida que éstos se hunden; las partículas de polvo se solubilizan a medida que se dispersan (Fitzpatrick et al., 2016).

2.8.4 Humectabilidad

La capacidad humectante se refiere al contacto inicial del polvo con agua, donde el agua penetra en los huecos entre las partículas de polvo y moja sus superficies (Fitzpatrick et al., 2016). La fase de humectación se ve afectada por grandes partículas con poros grandes, que permiten que el agua penetre en las partículas más fácilmente provocando que el polvo no se humecte de forma uniforme. El proceso de humectación se puede describir como: en primer lugar, la interfaz de sólido y gas, la cual es reemplazada por la interfaz de sólido y agua; En segundo lugar, la difusión del líquido hacia el interior a través de las estructuras capilares de la partícula de polvo poroso (Ji et al., 2016).

2.8.5 Capacidad de hidratación

La capacidad de hidratación en polvos alimenticios, es un atributo esencial, ya que el usuario industrial o de consumo en casa no quiere encontrarse con problemas durante la hidratación de estos. Algunos alimentos en polvo pueden inherentemente hidratarse fácilmente, pero otros pueden ser problemáticos (Fitzpatrick et al., 2016), por este motivo es de suma importancia comprender cuales son los factores que influyen en estos. Durante la reconstitución con agua, por ejemplo, las moléculas de agua de hidratación (humectante) del exterior de la partícula tienden a reducir la cohesión de éstas, lo que permite la penetración del agua más rápido del capilar de alimentos a granel (Shittu y Lawal, 2007).

2.8.6 Densidad aparente

La densidad aparente es un factor directamente correlacionada con la facilidad de la reconstitución o hidratación, el envasado, el transporte y el comercio de los alimentos en polvo (Franco et al., 2016), aparte de ello, se ha observado que una mayor densidad aparente es deseable para una mayor facilidad de dispersabilidad (Awolu, Oluwaferanmi, Fafowora, y Oseyemi, 2015). La influencia que ejerce la humedad sobre la densidad aparente del material de alimentación en partículas, puede variar ampliamente dependiendo de la naturaleza de las partículas constituyentes y su interacción, puesto que la densidad aparente está relacionada con la humedad de material de extrusión (Shittu y Lawal, 2007).

2.8.7 Actividad de agua

La humedad de un alimento está fuertemente ligada a su estabilidad, sin embargo, no puede relacionarse solamente con su contenido de agua, sino principalmente con la disponibilidad de agua para ser utilizada para reacciones químicas. Este parámetro, conocido como actividad del agua (A_w), se ha definido como la relación que hay entre la presión de vapor de agua contenida en el alimento y la del agua pura ambos a la misma temperatura (agua disponible presente en un alimento, el cual está sujeto a la cantidad y tipo de interacciones que ocurren entre el agua y los componentes del alimento); una disminución de A_w evita el desarrollo de microorganismos, reduce la velocidad de reacciones enzimáticas y retarda el pardeamiento no enzimático (Franco et al., 2016).

2.8.8 Color

El color es un atributo muy importante para evaluar la calidad de los alimentos. No expone contenidos nutricionales, de funcionalidad o de sabor, sino determina la aceptabilidad de los consumidores sobre cualquier producto, ya que de acuerdo a su percepción éste se puede ver afectado (Moyano, Meléndez-Martínez, Alba, y Heredia, 2008). El desarrollo del color y el cambio de éste dentro de los productos alimenticios es un fenómeno complejo, por lo tanto, es importante entender cómo puede cambiar a través del procesamiento de extrusión (Kowalski, Medina-Meza, Thapa, Murphy, y Ganjyal, 2016).

El espacio de color L^* , a^* , b^* o CIELab (Figura 9), es un estándar internacional para las mediciones de color, adoptado por la Comisión Internacional de Iluminación (CIE) en 1976. “ L^* ”, es el componente de luz ($L^*= 100$) y oscuridad ($L^*= 0$); los parámetros “ a^* ” ($-a^*=$ verde y $+a^*=$ rojo) y “ b^* ” ($-b^*=$ azul y $+b^*=$ amarillo) son los dos componentes cromáticos que van de -120 a $+120$. El espacio L^* , a^* , b^* , es perceptualmente uniforme. La distancia entre colores diferentes corresponde aproximadamente a la diferencia en el color que percibe el ojo humano. Si se quiere caracterizar detalladamente la imagen de un alimento y así evaluar con mayor precisión su calidad, es necesario conocer la valoración de color de cada píxel de su superficie (Mery, Leo, Pedreschi, y Leo, 2006).

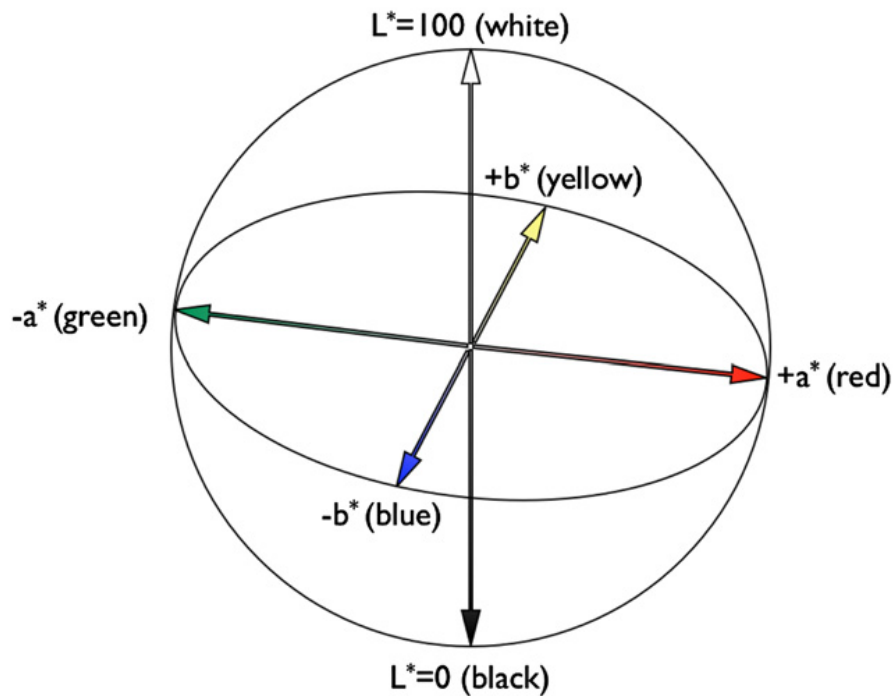


Figura 9. Esquema del espacio de color CIE L^* , a^* , y b^* (Chang et al., 2012)

2.8.8.1 Índice de pardeamiento

La coloración parda es un fenómeno importante en los alimentos, ésta se da durante su manipulación y procesamiento (hornear, secar, freír) afectando la calidad de la apariencia que presenta el producto, por lo que la medición y cuantificación del grado de pardeamiento se vuelve importante para la práctica industrial durante la clasificación y para satisfacer los requerimientos del mercado, así como para la investigación alimentaria (Pathare, Opara, y Al-Said, 2012).

El índice de pardeamiento, se utiliza para caracterizar los cambios generales que ocurren en el color dorado (referido al tostado) de los alimentos (Quitão-teixeira, Aguiló-aguayo, Ramos, y Martín-belloso, 2008), este color dorado explica la pureza del color marrón, además de ser uno de los indicadores de pardeamiento en alimentos que contienen azúcar (Pathare et al., 2012). Si queremos caracterizar en detalle el color de un alimento y evaluar su calidad con mayor precisión, es esencial conocer el valor del color de cada punto de su superficie (Mery et

al., 2006). El pardeamiento enzimático ha sido cuantificado utilizando indicadores de pardeamiento: índice bioquímico (actividad de la enzima polifenol oxidasa) (Hosoda et al., 2005; Osanai, Motomura, y Sakurai, 2003), cuya ventaja principal es la objetividad puesto que se mide la concentración y la sensibilidad, sin embargo, este método es destructivo y requiere de mucho tiempo para la evaluación (Pathare et al., 2012); indicadores físicos: evaluación del color de la superficie del alimento (Lambrecht, 1995), esta técnica es automatizada, rápida, no es destructiva y se basa en un enfoque tecnológico y sensorial (Pathare et al., 2012). El pardeamiento no enzimático (oscurecimiento de un alimento debido a cualquier reacción que no se da por medio de la actividad enzimática) se asocia a las reacciones de degradación de los carbohidratos como es la reacción de Maillard (que se da en la reducción de azúcares, aminoácidos, proteínas, entre otros), y las reacciones de caramelización (reacciones que se originan por el calentamiento directo de los carbohidratos (O. Fennema, 1996).

Para el caso de los indicadores físicos del color marrón, el espacio de color CIE $L^*a^*b^*$ ha sido el modelo de color más utilizado debido a la uniformidad que brinda al distribuir los colores en el espacio (Yam y Papadakis, 2004). La forma tradicional de medida de la variabilidad del color se puede efectuar a través del uso de colorímetros, sensores de color o de un sistema de visión por computadora (Pathare et al., 2012).

2.8.9 Proteínas

Debido a la importancia nutricional del grano de maíz en la fabricación de productos alimenticios, se han hecho esfuerzos significativos con el fin de lograr la mejorara de la calidad proteínica de estos mediante la adición de otros cereales y/o pseudocereales, y leguminosas (Reyes-Moreno et al., 2003), ya que las proteínas de cereales y legumbres se complementan nutricionalmente cubriendo las carencias entre sí, de esta forma se convierten en un alimento completo. Por estas razones el procesamiento de cereales y/o pseudo-cereales, así como leguminosas para la creación de productos que ofrecen un valor nutritivo para los consumidores representa una oportunidad considerable en la producción de alimentos a grandes escalas (Kowalski et al., 2016).

2.8.10 Dispersabilidad de proteínas

La evaluación de la dispersabilidad de las proteínas, a menudo se usa para caracterizar la calidad proteica de los alimentos pues actúa como un indicativo del grado de desnaturalización de las proteínas, la cual se ha experimentado a través de las condiciones propias del procesamiento. Cuanto mayor es el IDP (índice de dispersabilidad de proteínas), menor es la desnaturalización de proteínas (Iwe, van Zuilichem, Ngoddy, y Lammers, 2001).

2.9 Evaluación sensorial

Las pruebas sensoriales, se han llevado a cabo desde que existen los seres humanos, los sectores de alimentos y bebidas han tenido desde muy temprano mucho interés en la evaluación sensorial. Durante la década de 1940 y a mediados de los años cincuenta, la evaluación sensorial recibió un impulso adicional a través del Instituto de Alimentos y Contenedores del Ejército de los Estados Unidos, que apoyó la investigación en la aceptación de alimentos para las fuerzas armadas (Taylor, Buckle, Stone, y Sidel, 2004). Se hizo evidente para los militares que una nutrición adecuada medida por el análisis de las dietas o la preparación de menús muy elaborados no garantizaba la aceptación de los alimentos por parte del personal militar, reconociéndose así la importancia del flavor y el grado de aceptabilidad para un producto en particular, debido a ello los recursos se asignaron para identificar qué alimentos eran más o menos preferidos, así como la medición de su aceptación.

El ser humano posee sentidos que le permiten percibir todo lo que está a su alrededor y por lo tanto hacer una valoración de éstos. Todos formamos juicios sobre todo lo que ingerimos ya sea comida o bebida, cada uno tiene su propia percepción o regla del gusto, esto no significa que todos los juicios sean útiles o que cualquier persona está calificada para realizar una evaluación (Lawless y Heymann, 2003). En el pasado, la producción de alimentos de buena calidad a menudo dependía de los sentidos de un solo evaluador experto (maestros de la cervecería, catadores de vino, jueces lecheros e inspectores de alimentos que actuaron como jueces de la calidad), que se encargaba de evaluar y tomar decisiones sobre los cambios del proceso para asegurarse que el producto tenga características sensoriales deseables. La evaluación sensorial moderna reemplazó a los expertos únicos por paneles de personas que

participaban en métodos específicos de prueba tomando la forma de experimentos planificados, este cambio se produjo por varias razones: En primer lugar, se reconoció que las valías de un grupo especial serían más fiables que las de un solo individuo e implicaría menos riesgo, ya que el único experto podía enfermarse, viajar, jubilarse, morir o no estar disponible para tomar decisiones; En segundo lugar, el evaluador experto puede o no expresar lo que los segmentos del público consumidor desean obtener de un producto.

Las técnicas de evaluación sensorial se ejecutan para controlar la calidad y el desarrollo de productos así como en la investigación, se utilizan no solo en la aplicación y evaluación de productos alimenticios y bebidas, sino también en productos de higiene personal, pruebas de productos químicos puros, etc. La función primaria de la evaluación sensorial es realizar pruebas válidas y confiables que proporcionen datos sobre los cuales se puedan tomar decisiones acertadas (Meilgaard, Civile, y Carr, 2007). Los métodos actuales de evaluación sensorial comprenden un conjunto de técnicas de medición con registros establecidos de uso en la industria y la investigación académica, la principal preocupación de cualquier evaluador sensorial es garantizar que la técnica utilizada es apropiada para responder a los cuestionamientos que surgen sobre el producto a evaluar, por esta razón, las pruebas se clasifican de acuerdo con su propósito principal y su uso más válido. Comúnmente se utilizan tres métodos de evaluación sensorial (Tabla 10), cada uno tiene un objetivo diferente y utiliza participantes seleccionados, para lo cual se utilizan diferentes criterios.

Tabla 10

Métodos principales de evaluación sensorial

Método	Cuestionamientos	Test	Características del panelista
Discriminativo	¿Los productos son perceptiblemente diferentes de cualquier manera?	Analítico	Proyectado para agudeza sensorial, orientado al método de prueba, a veces entrenado
Descriptivo	¿De qué manera divergen los productos en cuanto a características sensoriales determinadas?	Analítico	Examinado para la sutileza sensorial e incentivar, puede ser entrenado o extremadamente entrenado
Afectivo	¿Qué productos son preferidos?	Hedónico	Proyectado para productos sin entrenamiento

Fuente: Lawless y Heymann, (2003)

El método discriminativo, es el primer método de evaluación sensorial que se utiliza cuando el especialista en sensibilidad quiere determinar si dos muestras son perceptiblemente diferentes y es más útil cuando las diferencias son sutiles. Este tipo de pruebas se realizan generalmente cuando sólo hay dos muestras, es posible hacer múltiples pruebas de diferencia para comparar más de dos productos, pero esto no es eficiente ni estadísticamente defendible. Generalmente, los procedimientos de clasificación o escalado resultan más eficaces (Lawless y Heymann, 2003).

El segundo método de evaluación sensorial, cuantifica a que nivel de intensidad se encuentran los atributos sensoriales en el producto, permitiendo detallarlos, contrastarlos y estimarlos respecto a las categorías o tipos establecidos previamente. Dicho método es llamado “análisis descriptivo”, los cuales proporcionan más información sobre el producto que las otras pruebas (Lawless y Heymann, 2003).

El tercer método de evaluación sensorial, trata de ponderar el nivel de afición o disgusto (preferencia) y aceptación de un producto, éste es llamado “Test afectivo o hedónico”. Este método permite establecer si hay diferencias entre dos o más productos así como medir la magnitud de diferencias entre éstos gracias al favoritismo que muestra la mayor parte de los encuestados por uno de ellos, permitiendo mantener o modificar la característica que las diferencia (Lawless y Heymann, 2003).

2.9.1 Métodos afectivos o hedónicos

Entre los test afectivos o hedónicos se encuentran las pruebas de preferencia (preferencia pareada y categorías de preferencia) y pruebas de aceptabilidad, habitualmente se confunde el término preferencia con aceptabilidad, pero son términos diferentes. El test de preferencia hace referencia a la elección de un producto entre varios basándose en el gusto o disgusto, en caso tenga que elegirse entre dos productos se refiere a una prueba pareada, si son más de dos productos es una prueba de ranking. El test de aceptabilidad en cambio se refiere al grado de gusto o disgusto que tiene una persona sobre un producto, basándose en una escala de medición de la persona y su comportamiento (Lawless y Heymann, 2003).

En un test de preferencia, si por ejemplo se evalúan dos productos, puede que disgusten ambos pero se elige el que menos disgusta, por lo que no sería una buena idea producir e intentar vender cualquiera de las dos versiones del producto. Por otro lado, el test de aceptación no indica esto, sino aparte de la información de agrado o desagrado se puede deducir la preferencia de un puntaje superior de aceptación de un producto sobre otro, por ello la mayoría de los profesionales en evaluación sensorial de alimentos consideran que los test de aceptación son una mejor opción a diferencia de los test de preferencia (Lawless y Heymann, 2003).

2.9.1.1 Just About Right (JAR)

Entre los test de aceptación se encuentran las escalas Just About Right (JAR), éstas se utilizan en la investigación de la evaluación que realiza el consumidor sobre un producto con el fin de identificar si los atributos sensoriales de éste se encuentran a un nivel de intensidad “demasiado alto”, “demasiado bajo” o si es “justo lo correcto o justo como me gusta” (punto medio ideal u óptimo). Las escalas JAR combinan las mediciones de la intensidad de los atributos y la aceptabilidad del consumidor, por lo cual se han convertido en una herramienta utilizada comúnmente para presidir el desarrollo de productos nuevos ya que busca optimizar los características sensoriales de éstos, los datos obtenidos de la escala JAR recomiendan modificaciones a los prototipos y frecuentemente se realizan estudios de seguimiento a fin de confirmar la efectividad de los cambios realizados para mejorar el producto. A diferencia de otros enfoques de optimización, los datos proporcionados por la escala JAR favorecen el desarrollo del producto aun cuando se evalúa solamente uno, lo que hace que las escalas JAR sean una herramienta muy rentable para evaluar sensorialmente a los alimentos. En la aplicación de éste test, por ejemplo, si se desea determinar el nivel de dulzor preferido por los consumidores en un refresco, se les pide a ellos que prueben la formulación prototipo y que califiquen su dulzor en una escala que va desde “demasiado alto” a “demasiado bajo”, la respuesta que brindan los consumidores confiere una indicación de si existe la posibilidad de mejorar el prototipo y poder realizar cualquier cambio en la formulación (Varela y Ares, 2014).

Para el caso de alguna población específica como por ejemplo en el caso de los niños y ancianos, las escalas JAR de tres puntos funcionan mejor, puesto que al contar con la menor cantidad de puntos para elegir se evitan confusiones durante la evaluación. Para la evaluación confiable de los atributos o características sensoriales de un producto en la escala JAR se necesita de un panel integrado por 100 a más evaluadores (Varela y Ares, 2014).

El análisis y presentación de las respuestas de las escalas JAR evaluadas, habitualmente se basa en la reducción de los datos de la escala de cinco puntos a la de tres puntos para una mejor evaluación de estos, la interpretación de los resultados frecuentemente se basa en los puntos de referencia internos de la empresa o en las reglas básicas dispuestas por ésta (Varela y Ares, 2014). Visiblemente las escalas JAR parecen muy simples, sin embargo es preciso seleccionar cuidadosamente el tipo de escala así como cada atributo y el lenguaje que se va a emplear en la evaluación para que sea entendible para el evaluador además de que la pueda utilizar adecuadamente, por ello se debe evitar usar términos que confundan y solamente evaluar los atributos que el consumidor haya entendido e identificado de forma clara, todo esto con la finalidad de que los datos que se recojan sean consecuentes y significativos en el desarrollo de productos (Rothman y Parker, 2009).

La aceptabilidad de un producto generalmente denota el uso real de éste en relación a su compra y consumo, por ello después de evaluar el nivel de intensidad de los atributos de un producto utilizando las escalas JAR, para estimar la aceptabilidad general de éste, la escala que comúnmente se utiliza en las pruebas de aceptación es la escala hedónica de 9 puntos (Figura 11), puesto que ésta es fácil de comprender y utilizar debido a que no necesita instrucciones verbales. A las respuestas de esta escala se les asignan valores que van de 1 a 9 puntos (1= disgusto extremo y 9= gusto extremo), en la cual el consumidor marca la respuesta que mejor plasma su juicio sobre el producto (Lawless y Heymann, 2003). Gracias a la facilidad de evaluación de la escala hedónica de 9 puntos, ésta es recomendada en la mayoría de estudios o en proyectos de investigación estándar. La utilización en conjunto de las escalas JAR y las escalas hedónicas proporcionan resultados mucho más completos y a su vez permiten obtener conclusiones más concretas, pues indica cómo afecta en la aceptación global del producto el que un atributo no se encuentre optimizado.

Me gusta extremadamente	<input type="checkbox"/>
Me gusta mucho	<input type="checkbox"/>
Me gusta moderadamente	<input type="checkbox"/>
Me gusta ligeramente	<input type="checkbox"/>
No me gusta ni me disgusta	<input type="checkbox"/>
Me disgusta levemente	<input type="checkbox"/>
Me disgusta moderadamente	<input type="checkbox"/>
Me disgusta mucho	<input type="checkbox"/>
Me disgusta extremadamente	<input type="checkbox"/>

Figura 11. Escala hedónica de 9 puntos para las pruebas de aceptabilidad de alimentos
(Lawless y Heymann, 2003)

Capítulo III. Materiales y métodos

3.1 Lugar de ejecución

El presente estudio se ejecutó en el Centro de Investigación en Tecnología de Alimentos (CITAL), en el Centro de Investigación en Ciencia de Alimentos (CICAL) y en el Laboratorio de Ciencias Químicas, situados en las instalaciones de la E.P. Ingeniería de Alimentos, Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad Peruana Unión (Km 19.5, Carretera Central, Ñaña-Lima).

3.2 Materia prima

Las materias primas utilizadas en la elaboración de las mezclas instantáneas fueron las siguientes:

- Maíz amarillo duro, variedad Indurata, adquirido de la provincia de Huaral, Departamento de Lima. Se adquirieron los granos procesados, libres de impurezas.
- Quinua roja, variedad Pasankalla, adquirida de la provincia de San Román, Departamento de Puno. Se adquirió la quinua procesada (perlada), los granos se encontraban libres de impurezas, piedras, palillos, saponinas y otros elementos, y sobre todo manteniendo sus propiedades nutritivas.
- Kiwicha, variedad Oscar Blanco, adquirida de la provincia de Urubamba, Departamento de Cusco. Se adquirieron los granos procesados.
- Lenteja, variedad Serrana, adquirida de la provincia de Sánchez Carrión, Departamento de La Libertad. Se adquirieron los granos procesados.

3.3 Equipos, materiales y reactivos

3.3.1 Equipos

- Extrusor de tornillo simple (Monotornillo). Marca: Innova.
- Equipo Kjeldahl (Marca: Hua Ye, Modelo: SZC-D)
- Extractor soxhlet y refrigerante
- Centrífuga refrigerada. Marca: J & G Scientific. Modelo: H-2050R
- Campana de extractora de gases. Marca: Frontier Duo. Modelo: EFD-4
- Colorímetro portátil. Marca: 3 NH Technology. Modelo: NR 200
- Batidora eléctrica. Marca: Oster. Modelo: FPSTSMPL1-013
- Determinador de actividad de agua. Marca Aqualab. Modelo: Series 3TE Decagon Devices, Inc.
- Estufa digital con circulación natural de aire. Marca: MMM. Modelo: Ecocell
- Estufa de vacío refrigerada. Marca: Memmert. Modelo: UN 6200
- Homogenizador de alto cizallamiento. Marca: Silverson. Modelo: L5M-A
- Agitador de tamiz mecánico. Marca: Innova Perú
- Secador de bandejas. Marca: Innova. Modelo: QB-60
- Molino de martillos. Marca: Innova
- Molino de tipo tornillo sinfín. Marca: Corona, con capacidad 200 g.
- Mufla. Marca: Wisd. Modelo: EX-05
- Balanza analítica. Marca: Ohaus Pionner, Modelo: Item PA214, Capacidad: 210g.
- Balanza gramera. Marca: Scout-Pro, Modelo: Scout Pro SP6000, Capacidad: 6000g.
- Cocina eléctrica. Marca: Miray.

3.3.2 Materiales

- Desecador. Marca: Brand
- Crisol. Marca: Halden wanger.
- Tamices de acero inoxidable. Marca: Test Sieve de 0.1, 0.5, 0.55, 0.60 y 1.5 mm

- Termómetro digital (Barbecue, -50 °C a 300 °C)
- Vaso de precipitados de 50 ml, 250, 500 y 1000 ml. Normax, Portugal.
- Probeta de 100 ml. Marca: Duran, Germany.
- Matraz erlenmeyer de 125, 250 y 500ml. Marca: Pyrex
- Matraz esférico con dos bocas. Marca: Pyrex
- Embudo de vidrio. Marca: Duran, Germany.
- Placas petri. Duran, Germany.
- Tubos de ensayo. Marca: Senna.
- Tubos de centrífuga de 100 ml. Marca: Senna.
- Mallas de asbesto
- Papel filtro. Marca: Whatman
- Cintas de pH. Marca: Universal
- Pipetas de 1, 5 y 10 ml y pipeteadores
- Pinza de metal
- Cucharillas espátula
- Varillas de vidrio
- Soporte universal
- Bolsa plástica de polietileno de baja densidad (PEDB) de 0.50 mm de grosor

3.3.3 Reactivos

- Ácido clorhídrico. HCl 0.02 N. (Marca: Scharlau.)
- Ácido sulfúrico. H₂SO₄ al 1.25% y 0.1 N (Marca: Merck)
- Ácido bórico. (Marca: Merck)
- Alcohol etílico al 96 %
- Agua destilada (pH 6-7)
- Éter de petróleo (Marca: Riedel de Haen)
- Hidróxido de sodio. NaOH al 1.25% y 0.1 N (Marca: Scharlau)
- Verde de bromocresol (Marca: Merck)

3.4 Metodología para la evaluación de las materias primas y mezclas instantáneas

3.4.1 Determinación de la calidad de las materias primas

El grado de calidad de cada materia prima se determinó según lo especificado en las siguientes normas:

- Granos andinos. Quinoa. Requisitos (NTP 205.062.2014)
- Granos andinos. Kiwicha en grano. Requisitos (NTP 205.054:2012)
- Maíz amarillo duro. Definición y Requisitos (NTP 205.008:2009)
- Leguminosas. Lenteja. Requisitos (NTP 205.022:2014)

3.4.2 Análisis fisicoquímico de las materias primas

3.4.2.1 Determinación de saponinas en la quinua

Para evaluar la presencia de saponina en la quinua se utilizó el método de la espuma (Afrosimétrico), el cual está descrito en la NTP 205.062.2014 (INDECOPI, 2014). Se colocaron 0.5 g de muestra en un tubo de ensayo y se añadieron 50 mL de agua destilada, luego se procedió a sacudir con fuerza durante 30 segundos, se dejó reposar por 30 minutos y se volvió a sacudir durante otros 30 segundos. Posteriormente se dejó reposar el tubo durante 30 minutos, pasado el tiempo, se sacudió durante 30 segundos más. Se dejó el tubo en reposo por 5 minutos y se observó la presencia de espuma.

3.4.3 Análisis proximal de las materias primas y mezclas instantáneas (producto final)

El análisis proximal de las materias primas y de las mezclas instantáneas (los tres tratamientos con mejores características físicas), se determinó acorde a los siguientes métodos: Humedad (AACC 44-01.01, 2000), ceniza (AACC 08-01.01, 2000), grasa cruda (AACC 30-25.01, 2000), fibra cruda (AACC 30-25.01, 2000), proteína siguiendo el método micro-Kjeldahl (AACC 46-13.01, 2000), carbohidratos por diferencia de factores (Carrasco-Valencia et al., 2009), energía total haciendo uso de los factores Atwater, los cuales se expresan en Kcal/g (Sengev, Akpapunam, y Ingbian, 2012).

3.4.4 Análisis físico de las mezclas instantáneas

Se realizaron distintos análisis a las muestras (tratamientos) con la finalidad de determinar las buenas capacidades físicas que presentan. Cada tipo de análisis realizado se hizo por triplicado.

3.4.4.1 Índice de expansión de las materias primas

El índice de expansión (IE), se calculó siguiendo lo descrito por Rodríguez-Miranda et al., (2011), se dividió el diámetro del alimento extruido y el diámetro del orificio de la boquilla (Ecuación 1).

$$\text{Índice de Expansión} = \frac{D1}{D2} \quad (\text{Ecuación 1})$$

Dónde:

D1: Diámetro del producto extruido (mm)

D2: Diámetro del orificio de la matriz o boquilla (mm)

3.4.4.2 Determinación del tamaño medio de partícula de las mezclas instantáneas

El tamaño medio de partícula de las mezclas instantáneas se analizó siguiendo el método descrito por Pereira, Moreira, Martins, y Souza (2016). Se tamizaron 100 g de cada muestra utilizando cinco tamices estándar con número de series ASTM: 14, 28, 30, 35 y 140, cuyo ancho de aberturas fueron 1.5 mm, 0.55 mm, 0.6 mm, 0.5 mm y 0.1 mm. La muestra se transfirió a la parte superior del conjunto de tamices, éstos se montaron y se fijaron en un agitador de tamiz magnético. Los tamices se mantuvieron bajo agitación constante durante 10 minutos para separar las fracciones, pasado el tiempo se pesó la muestra retenida en cada tamiz. El primer tamiz corresponde a aquel en el que no se retuvo ninguna partícula de la muestra y el último a aquel que permitió atravesar no más del 1 % del peso de la muestra. Para determinar el tamaño medio de partículas de las mezclas instantáneas se utilizó la Ecuación 2.

$$\text{Tamaño medio} = \sum (D_p * \text{fracción retenida}) \quad (\text{Ecuación 2})$$

Dónde:

D_p : Promedio entre las aperturas de dos tamices consecutivos

Fracción retenida: Peso de la muestra retenida en un tamiz, dividido entre el peso de la muestra inicial (peso total)

3.4.4.3 Determinación de la Densidad aparente de las mezclas instantáneas

La densidad aparente se determinó siguiendo la metodología descrita por Shittu y Lawal (2007). Se pesó 20 g de la muestra, se vertió en una probeta graduada de 100 mL y se procedió a golpearla 10 veces en una plataforma de madera plana, posteriormente se registró el volumen ocupado por la muestra. Se tomaron los datos de la masa de la probeta vacía y llena, y el volumen final ocupado por la muestra. La densidad aparente se determinó aplicando la Ecuación 3.

$$\rho_{ap} = W_m/V_m \quad (\text{Ecuación 3})$$

Dónde:

W_m : Peso de la muestra (g)

V_m : Volumen de la muestra (mL)

3.4.4.4 Determinación de la Solubilidad de las mezclas instantáneas en agua

La solubilidad en agua de cada muestra se analizó siguiendo lo descrito por Shittu y Lawal (2007) con algunas modificaciones. Se pesaron 5 g de muestra, se colocó en un tubo para centrífuga y se suspendió en 50 mL de agua destilada a 30 °C. La suspensión se agitó intermitentemente durante 15 minutos, pasado el tiempo se llevó a centrifugar a 9500 rpm durante 10 minutos. El sobrenadante se drenó en un plato de evaporación previamente pesado y se puso a secar en estufa a 105 °C hasta que presentó peso constante. El peso del

sobrenadante (los sólidos recuperados) después del secado se utilizó para calcular el porcentaje de solubilidad en agua (Ecuación 4).

$$\text{Solubilidad en agua (\%)} = \frac{W_s}{W_m} \times 100 \quad (\text{Ecuación 4})$$

Dónde:

Ws: Peso del sobrenadante seco (g)

Wm: Peso de la muestra (g)

3.4.4.5 Determinación de la Humectabilidad de las mezclas instantáneas en agua

La humectabilidad se determinó según lo descrito por Savlak, Türker, y Yesilkanat, (2016). Se colocó un embudo de vidrio fijo sobre un anillo de pie que se encontraba sobre un vaso de precipitados de 250 mL que contenía 100 mL de agua destilada, la altura entre la parte inferior del embudo y la superficie del agua era 10 cm. Se colocó una varilla de vidrio en el interior del embudo para bloquear la abertura de éste, luego se descargaron 0.1 g de polvo alrededor de la varilla, la cual se levantó mientras se puso el cronómetro en funcionamiento. Finalmente se registró el tiempo en que el polvo se hundió y desapareció de la superficie del agua al mojarse completamente.

3.4.4.6 Determinación de la capacidad de hidratación de las mezclas instantáneas en agua

La capacidad de hidratación se determinó siguiendo la metodología AACC 56-20, 2000. Se pesaron 2 g de la muestra y se colocaron en un tubo para centrifuga de 100 mL (el tubo fue tarado con su tapón), se añadieron 40 mL de agua destilada (pH 6 - 7), se colocó el tapón y se agitó vigorosamente a fin de suspender la muestra. Posteriormente se dejó reposar la suspensión durante 10 minutos (durante este tiempo, se mezcló invirtiendo tres veces al final de los períodos de 5 y 10 minutos). La muestra suspendida se puso a centrifugar durante 15 minutos a 3220 rpm. Posteriormente se decantó el sobrenadante con cuidado y se invirtió el

tubo en el desagüe, luego se pesó el tubo y el contenido (sedimento). La capacidad de hidratación se calculó utilizando la Ecuación 5.

$$\text{Capacidad de hidratación (\%)} = \frac{(\text{Wt} + \text{S}) - (\text{Wt})}{\text{Wm}} \times 100 \quad (\text{Ecuación 5})$$

Dónde:

Wt: Peso del tubo

Wm: Peso de la muestra inicial (g)

S: Sedimento (g)

3.4.4.7 Determinación de la Actividad de agua (Aw) de las mezclas instantáneas

La actividad de agua de las mezclas se determinó utilizando el equipo Aqualab, Modelo: Series 3TE Decagon Devices, Inc. Se pesaron 2 g de muestra y se depositaron en una pequeña cubeta de plástico del equipo, se esperó a que la temperatura de ésta se estabilice con la temperatura del equipo y se midió la actividad de agua. Las medidas se efectuaron a temperatura ambiente.

3.4.4.8 Determinación de color e índice de pardeamiento de las mezclas instantáneas

Para poder determinar el índice de pardeamiento (IP), primeramente se determinó el color de las mezclas instantáneas según lo descrito por Zzaman y Yang (2014). Se utilizó un colorímetro de reflectancia, d/8; agujero de medición de la cabeza, 8 mm; medición de tiempo, 2.5 seg. Los colores se expresaron de acuerdo a los valores de la escala de color CIELAB, donde “L*”, es el componente de luz ($L^* = 100$) y oscuridad ($L^* = 0$); los parámetros “a*” (-a* = verde, y +a* = rojo) y “b*” (-b* = azul, y +b* = amarillo). L*, a* y b* son las tres dimensiones que dan valores de color específicos de los productos alimenticios. Con los resultados de la lectura colorimétrica de los valores CIELAB “L*, a* y b*”, el índice de pardeamiento (Ecuación 6), se calculó para estimar los cambios de color total que ocurren durante la extrusión de las materias primas.

$$D \quad IP = \frac{[100(x - 0.31)]}{0.17} \quad (\text{Ecuación 6})$$

Dónde:

$$x = (a + 1.75L) / (5.64L + a - 3.012b)$$

3.4.4.9 Reconstitución de las mezclas instantáneas en agua

La reconstitución de la mezcla se realizó en agua caliente (100 °C) y fría (25 °C), según lo descrito por Ukhun y Ukpebor (1991). Se mezclaron 7g de cada mezcla instantánea con 100 mL de agua en un vaso precipitado, se agitó con una varilla de vidrio y se observó la facilidad de reconstitución respecto al tiempo (minutos).

3.4.4.10 Índice de dispersabilidad de proteínas de las mezclas instantáneas

La dispersabilidad de la proteína, se determinó según lo descrito por Iwe, van Zuilichem, Ngoddy, y Lammers (2001). Se utilizaron 20g de muestra (mezcla instantánea) con tamaño de partícula de 1mm y se centrifugó a 8500 rpm con 300 mL de agua destilada a $21.1 \pm 1^\circ\text{C}$ durante 10 minutos, posteriormente la suspensión se dejó sedimentar por 10 minutos y se centrifugó 50 mL del decantado a 2800 rpm durante 10 minutos. Posteriormente se determinó el contenido de proteína en el sobrenadante (20 mL). La solubilidad (SP) y el índice de dispersabilidad de la proteína (IDP) se calculó utilizando las Ecuaciones 7 y 8.

$$\% SP = 6.25 \times 14 (\text{ml HCl} - \text{ml HClb}) \times N \times \frac{300\text{ml}/20\text{ml}}{W_m} \times 100 \% \quad (\text{Ecuación 7})$$

Dónde W_m : Peso de la muestra; ml HCl: Valoración del título

ml HClb: Valoración del blanco; N: Normalidad del ácido (HCl 0.1N)

$$\% IDP = \frac{\% SP}{\% \text{ Contenido total de proteína en la muestra}} \times 100 \% \quad (\text{Ecuación 8})$$

3.4.4.11 Evaluación sensorial de las mezclas instantáneas por el método JAR

De los 11 tratamientos estudiados se seleccionaron 3 para ser evaluados sensorialmente, para ello se tuvieron en cuenta las propiedades físicas de las muestras, las cuales se evaluaron estadísticamente y se vio la posibilidad de mejora mediante la optimización. Para realizar la evaluación sensorial se aplicó el método JAR (Just About Right) según Arancibia, Bayarri, y Costell, (2013). La evaluación se llevó a cabo con 120 consumidores, cuyas edades oscilaron entre los 18 a 60 años. Cada consumidor primero evaluó la aceptabilidad general de cada formulación usando una escala hedónica de 9 puntos, la cual varía de 1 (no me gusta extremadamente) a 9 (si me gusta extremadamente). Posteriormente evaluaron la adecuación o nivel de la intensidad en el sabor “deliciosa”, color “marrón”, olor “olorosa” y consistencia “espesa” de las mezclas instantáneas usando una escala JAR de 5 puntos (1 = "demasiado poco", 2 = Muy poco, 3 = JAR "justo como me gusta", 4 = Un poco excesivo, 5 = "excesivo").

La evaluación sensorial se efectuó en las sesiones de la mañana (11:00 a 13:00 horas), el lapso de tiempo entre las evaluaciones de dos muestras consecutivas se fijó en 30 segundos. Las muestras (30 mL) se presentaron a temperatura ambiente en vaso plástico y etiquetados con un código aleatorio de dos dígitos. Se proporcionó galleta soda sin sal y agua mineral a los consumidores para el enjuague bucal entre las muestras.

3.5 Metodología experimental

Para la elaboración de las mezclas instantáneas, se utilizó la técnica de cocción por extrusión, previamente a este proceso se molieron los granos de maíz amarillo, quinua roja, kiwicha y lenteja para obtener harina. El diagrama del procedimiento experimental de la elaboración de las mezclas instantáneas, se presenta en la Tabla 11.

Tabla 11

Esquema experimental para la obtención de las mezclas instantáneas

OPERACIONES	CONDICIONES Y/O PARÁMETROS	ANÁLISIS Y/O OBSERVACIONES																																															
Recepción y Análisis de calidad	- Maíz amarillo - Quinua roja - Kiwicha - Lenteja	Determinación de la calidad de los granos: Verificación de las especificaciones requeridas por la norma técnica peruana para la aceptación de la materia prima																																															
Acondicionado	Molienda de los granos: Harina (0.5 mm)	Análisis proximal: Humedad (%), ceniza (%), grasa cruda (%), fibra cruda (%), proteína (%), carbohidratos (%) y energía (kcal).																																															
Extrusión	T°: 120 °C Humedad del grano: 12 - 15% (se acondicionó) Diámetro y Longitud del tornillo: 92.5/310 mm Diámetro de la boquilla: 3 mm Velocidad de rotación del tornillo: 270 rpm	Materia prima: maíz amarillo, quinua roja, kiwicha, lenteja. - Obtención de cereales y leguminosa extruidos - Medida del índice de expansión de cada materia prima extruida																																															
Molienda	Tamaño de partícula: < 1 mm	Obtención de harina extruida de maíz amarillo, quinua roja, kiwicha, lenteja.																																															
Formulación y Mezclado	Diseño experimental: Diseño de mezclas D- Optimal con restricciones	Determinación del tamaño medio de partículas en las mezclas																																															
	<table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <thead> <tr> <th></th> <th>(X₁)</th> <th>(X₂)</th> <th>(X₃)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>T1:</td> <td>0.600</td> <td>0.200</td> <td>0.200</td> </tr> <tr> <td>T2:</td> <td>0.441</td> <td>0.289</td> <td>0.270</td> </tr> <tr> <td>T3:</td> <td>0.525</td> <td>0.200</td> <td>0.275</td> </tr> <tr> <td>T4:</td> <td>0.407</td> <td>0.293</td> <td>0.300</td> </tr> <tr> <td>T5:</td> <td>0.493</td> <td>0.228</td> <td>0.279</td> </tr> <tr> <td>T6:</td> <td>0.466</td> <td>0.300</td> <td>0.234</td> </tr> <tr> <td>T7:</td> <td>0.506</td> <td>0.294</td> <td>0.200</td> </tr> <tr> <td>T8:</td> <td>0.509</td> <td>0.248</td> <td>0.243</td> </tr> <tr> <td>T9:</td> <td>0.459</td> <td>0.251</td> <td>0.290</td> </tr> <tr> <td>T10:</td> <td>0.555</td> <td>0.241</td> <td>0.204</td> </tr> <tr> <td>T11:</td> <td>0.562</td> <td>0.200</td> <td>0.238</td> </tr> </tbody> </table>		(X ₁)	(X ₂)	(X ₃)	T1:	0.600	0.200	0.200	T2:	0.441	0.289	0.270	T3:	0.525	0.200	0.275	T4:	0.407	0.293	0.300	T5:	0.493	0.228	0.279	T6:	0.466	0.300	0.234	T7:	0.506	0.294	0.200	T8:	0.509	0.248	0.243	T9:	0.459	0.251	0.290	T10:	0.555	0.241	0.204	T11:	0.562	0.200	0.238
	(X ₁)	(X ₂)	(X ₃)																																														
T1:	0.600	0.200	0.200																																														
T2:	0.441	0.289	0.270																																														
T3:	0.525	0.200	0.275																																														
T4:	0.407	0.293	0.300																																														
T5:	0.493	0.228	0.279																																														
T6:	0.466	0.300	0.234																																														
T7:	0.506	0.294	0.200																																														
T8:	0.509	0.248	0.243																																														
T9:	0.459	0.251	0.290																																														
T10:	0.555	0.241	0.204																																														
T11:	0.562	0.200	0.238																																														
	Formulación: Base de 100g de mezcla en polvo - Harina extruida (MA, QR, K, L): 66.50 % - Azúcar: 33.25 % - Saborizante vainilla en polvo: 0.25 %	- La harina de lenteja extruida se utilizó como base para cada formulación: 30 g Mezclado en batidora: 3 min																																															
Envasado y Etiquetado	Envasado: En bolsas de polietileno y sellado al vacío Etiquetado: Código del tratamiento y fecha																																																
Almacenamiento	T°: Ambiente	En un ambiente limpio, fresco y seco.																																															
Análisis físico del producto final	Mezclas instantáneas: T1, T2, T3, T4, T5, T6, T7, T8, T9, T10, T11.	Tamaño de partícula, solubilidad en agua, humectabilidad, Aw, densidad aparente, cap. hidratación, proteína (%), índice de pardeamiento, reconstitución en agua a 25 y 100°C e índice de dispersabilidad de proteínas.																																															
Evaluación sensorial	Mezcla instantánea con las mejores características físicas	Método: JAR. Valores “Justo como te gusta”																																															
Análisis proximal	Mezclas instantáneas con las mejores características físicas y sensoriales	Humedad (%), ceniza (%), grasa cruda (%), fibra cruda (%), proteína (%), carbohidratos (%) y energía (kcal).																																															

3.6 Diseño estadístico

3.6.1 Análisis físicos

Para evaluar el efecto que tienen las variables independientes sobre las propiedades físicas del producto, se usó el diseño de mezclas D-optimal con restricciones (Tabla 12). El número de puntos experimentales en el diseño se obtuvo a partir de la cantidad de factores o variables independientes (maíz amarillo, quinua roja y kiwicha) decididos para el producto alimenticio en particular.

Para obtener el número de formulaciones se utilizó el programa estadístico Design Expert 7.0 versión demo, el cual permite construir el diseño experimental y analizar los datos. El modelo propuesto consta de 3 componentes de la mezcla, de los cuales el diseño generó 11 tratamientos (6 puntos experimentales y 5 puntos para la evaluación de la suficiencia de ajuste del modelo matemático), que se encontraron dentro de la región delimitada por las restricciones. Se hicieron 3 repeticiones de los tratamientos generando un total de 33 observaciones, considerándose $\alpha \leq 0.05$. El tamaño de partícula, solubilidad en agua, humectabilidad en agua, capacidad de hidratación en agua, índice de pardeamiento, proteína, índice de dispersabilidad de proteína, tiempo de reconstitución en agua a 25 y 100 °C, y densidad aparente del producto se seleccionaron como las respuestas. El diseño experimental con valores codificados y valores reales, así como los rangos de niveles para variables independientes para mezclas instantáneas se muestran en la Tabla 13.

Tabla 12

Restricciones de las variables independientes para el diseño de mezclas D-optimal

Codificado	Variables	Niveles decodificados	
		Mínimo	Máximo
X ₁	Maíz amarillo (%)	0.4	0.6
X ₂	Quinua roja (%)	0.2	0.3
X ₃	Kiwicha (%)	0.2	0.3

Tabla 13*Matriz de experimentos del diseño de mezclas D-optimal con restricciones*

Tratamientos	Variables Independientes					
	Maíz amarillo (X ₁)		Quinua roja (X ₂)		Kiwicha (X ₃)	
	Codificado	Real (%)	Codificado	Real (%)	Codificado	Real (%)
1	0.600	(60.0)	0.200	(20.0)	0.200	(20.0)
2	0.441	(44.1)	0.289	(28.9)	0.270	(27.0)
3	0.525	(52.5)	0.200	(20.0)	0.275	(27.5)
4	0.407	(40.7)	0.293	(29.3)	0.300	(30.0)
5	0.493	(49.3)	0.228	(22.8)	0.279	(27.9)
6	0.466	(46.6)	0.300	(30.0)	0.234	(23.4)
7	0.506	(50.6)	0.294	(29.4)	0.200	(20.0)
8	0.509	(50.9)	0.248	(24.8)	0.243	(24.3)
9	0.459	(45.9)	0.251	(25.1)	0.290	(29.0)
10	0.555	(55.5)	0.241	(24.1)	0.204	(20.4)
11	0.562	(56.2)	0.200	(20.0)	0.238	(23.8)

3.6.2 Análisis sensorial

Para la evaluación sensorial de los tratamientos, se utilizó el método Just About right (JAR) como herramienta para evaluar que tan cerca está el producto de lo que el consumidor desea de las mezclas instantáneas, en otras palabras, qué tanto éstas se acercan al punto ideal en cuanto a sus atributos sensoriales. Los atributos evaluados fueron: sabor “deliciosa”, olor “olorosa”, color “marrón” y consistencia “espesa”, para la evaluación de la aceptabilidad general se empleó una escala hedónica de 9 puntos (la cartilla de evaluación sensorial se muestra en el Anexo 1).

A cada evaluador se le proporcionaron las tres muestras, y se les indicó el procedimiento a seguir durante la evaluación de éstas, culminada la evaluación los datos de las escalas de JAR se analizaron y se calculó el porcentaje de consumidores que percibieron los atributos de cada muestra de una determinada manera, los datos se analizaron mediante el software XLSTAT v. 2015 para Microsoft Excel.

Para explicar los datos hallados en la evaluación, se siguieron las reglas generales de interpretación mostradas a continuación:

- Si ≥ 70 % de las respuestas de los evaluadores se encuentra en el grupo "justo como me gusta" (JAR) y el porcentaje restante se encuentra repartido equitativamente entre los grupos "demasiado poco" y "excesivo", se puede concluir que el atributo evaluado está en su nivel óptimo.
- Si un atributo presenta ≥ 20 % de respuestas en uno de los lados de JAR y bajo porcentaje en el lado opuesto, se puede concluir que éste no se encuentra en su nivel óptimo y que por lo tanto necesita ser evaluado.
- Si un atributo presenta ≥ 20 % de respuestas en ambos lados de JAR, se puede concluir que hay grupos de consumidores con gustos diferentes.

Capítulo IV. Resultados y discusiones

4.1 Determinación de la calidad de las materias primas

La materia prima es parte elemental en la elaboración del producto terminado, pues originariamente es recurso natural que se procesa, vende y distribuye a empresas productoras ya sean industriales (que se encargan de producir productos alimenticios aptos para el consumo) o de servicio. El análisis de la materia prima ayuda a garantizar que el producto final tenga la calidad requerida incluso antes de que se inicie la producción de éste, por ello determinar la calidad es un proceso tan importante como la fabricación del alimento mismo, ya que volver atrás para corregir los errores cometidos en las etapas previas es algo que resulta muy caro. Tomando en consideración lo mencionado, se evaluó y determinó el grado de la calidad de las materias primas de acuerdo a la tolerancia admitida de impurezas, granos defectuosos y otros, para cada una de ellas antes de ser utilizadas, el procedimiento de la evaluación, se encuentra descrito en el Anexo 2.

En la Tabla 14, se pueden observar los resultados experimentales de cada materia prima comparados con las tolerancias admitidas en las normas técnicas peruanas para un producto alimenticio de excelente calidad, para este caso, se compararon las muestras con las tolerancias de grado de calidad 1 (calidad extra) y se presentaron los resultados del porcentaje de tolerancias permitidas para cada ítem. Respecto a los resultados, se puede observar que cada materia prima cumple con los requisitos de calidad necesarios para un alimento de calidad de grado 1, puesto que los resultados para cada parámetro que describe las características fisicoquímicas que deben cumplir los alimentos evaluados para asegurar su calidad fueron menores, iguales o cercanos a los comparados con las normas técnicas peruanas de cada uno de ellos.

Tabla 14

Comparación del análisis de la calidad en base al grado 1 (extra) de las materias primas

Parámetro	Maíz amarillo duro *	Maíz amarillo duro ¹	Quinua roja *	Quinua roja ²	Kiwicha *	Kiwicha ³	Lenteja *	Lenteja ⁴
Humedad	14.5 %	14.5 % Máx.	12.5 %	12.5 % Máx.	12.0%	14.0 % Máx.	15.0 %	15.0 % Máx.
Calibre	5.0-7.0	5.0-8.0	1.4-1.7	1.4-1.7	> 1.0	> 1.0	6-7.5	< 7.5
Granos enteros	90.0 %	99.0 % Máx.	95.0 %	97.0 % Máx.	97.5 %	> 99.0 %	97.0 %	99.0 % Máx.
Granos quebrados	0.1 %	1.00 %	0.085 %	1.00 % Máx.	0.04 %	0.05 % Máx.	0.50%	1.00 % Máx.
Granos dañados	0.0 %	2.00 %	0.45 %	0.50 % Máx.	0.40 %	0.50 % Máx.	0.35%	0.50 % Máx.
Granos inmaduros	-	-	0.40 %	0.50 % Máx.	0.15 %	0.25 % Máx.	-	-
Granos descascarados	-	-	-	-	-	-	0.67%	1.00 % Máx.
Granos arrugados	-	-	-	-	-	-	3.20%	4.50 % Máx.
Impurezas totales	0.0 %	0.0 %	0.20 %	0.25 % Máx.	0.1 %	0.15 % Máx.	0.07%	0.10 % Máx.
Granos contrastantes	0.05 %	0.10 %	0.50 %	0.50 % Máx.	0.50 %	0.50 % Máx.	0.50%	1.00 % Máx.
Piedrecillas en 100g	0.0 %	Ausencia	0.0 %	Ausencia	0.00%	Ausencia	0.00%	Ausencia
Insectos (enteros, partes o larvas)	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia
Saponina (mg/100 g)	-	-	Ausencia	-	-	-	-	-

* Resultados experimentales (tolerancias admitidas de impurezas y defectos en cada tipo de grano)

¹ NTP 205.008:2009. Maíz amarillo duro. Definición y Requisitos (INDECOPI, 2009)

² NTP 205.062:2014. Granos andinos. Quinua. Requisitos (INDECOPI, 2014b)

³ NTP 205.054:2012. Granos andinos. Kiwicha en grano. Requisitos (INDECOPI, 2012)

⁴ NTP 205.022:2014. Leguminosas. Lenteja. Requisitos (INDECOPI, 2014a)

4.2 Determinación de saponina en el grano de quinua

Para analizar el contenido de saponinas en la quinua, se utilizó el método de la espuma. En la Figura 12, se aprecia que las muestras no manifestaron presencia de espuma en ninguna de las repeticiones, indicando que la quinua se encontraba libre de saponinas, esto se debe a que la quinua era perlada. Según Elizalde, Porrilla, y Chaparro (2009), las saponinas son un tipo de metabolitos secundarios presentes en la cáscara de las semillas de quinua, los cuales brindan un sabor amargo, poseen una alta capacidad de formar espuma en soluciones acuosas, presentan actividad hemolítica y forman complejos con el colesterol, aparte de ello, su presencia en el intestino afecta la absorción de zinc y hierro, por lo que es necesario eliminarlas.

Un procedimiento muy utilizado para expeler las saponinas de la quinua es el perlado (Ahumada, Ortega, Chito, y Benítez, 2016). Este proceso permite que la quinua se encuentre libre de todo tipo de impurezas como piedras, palillos, saponinas y otros elementos, por consiguiente, no hay necesidad de lavarla ni escogerla antes de ser cocinada (RPP Noticias, 2010). A pesar de las características de la quinua perlada, se quiso comprobar que ésta se encontrara libre de saponinas antes de utilizarlas.

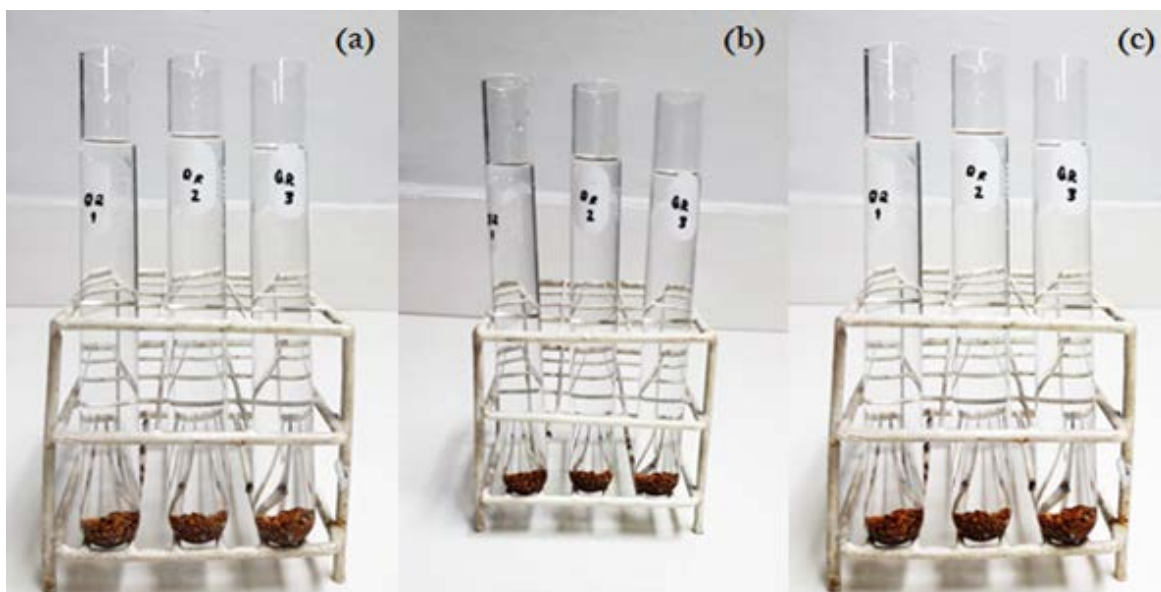


Figura 12. Evaluación de saponinas en la quinua roja - fase final de la evaluación, a, b, c (repeticiones)

4.3 Análisis proximal de las materias primas

Los resultados del análisis proximal realizado a cada materia prima utilizada para la producción de las mezclas instantáneas se exponen en la Tabla 15, y en los Anexos 3 al 9 se presentan los datos experimentales de cada análisis. Se encontró que la lenteja presentaba un contenido de proteína superior a las demás materias primas, su contenido de humedad era ligeramente mayor que en la kiwicha y el maíz amarillo, mientras que la quinua roja fue menos húmeda. El contenido de grasa fue alto en la kiwicha y mucho más bajo en la lenteja, la quinua roja presentó un contenido de cenizas ligeramente mayor que en la kiwicha y lenteja, contrariamente el maíz amarillo presentó un bajo contenido; la fibra cruda fue mayor en la kiwicha y mucho menor en la quinua, los carbohidratos y energía fueron altos en el maíz, quinua y kiwicha, mientras que en la lenteja fueron bajos.

Tabla 15

Análisis proximal cada materia prima

Muestra	Humedad (b.s)*	Proteína cruda (b.s)*	Cenizas totales (b.s)*	Grasa cruda (b.s)*	Fibra cruda (b.s)*	Carbohidratos*	Energía*
	g/100 g	g/100 g	g/100 g	g/100 g	g/100 g	g/100g	Kcal/100g
Lenteja serrana	11.71 ±0.22	24.12 ±0.05	2.52 ±3.31	1.37 ±0.11	5.37 ±0.35	66.62 ±0.31	375.27 ±1.53
Maíz amarillo duro	11.16 ±0.06	10.36 ±0.03	1.55 ±0.95	5.19 ±0.27	3.27 ±0.17	79.63 ±0.14	406.69 ±2.17
Quinua roja Pasankalla	10.49 ±0.24	16.53 ±0.06	2.79 ±2.34	6.36 ±0.24	2.74 ±0.23	71.58 ±0.54	409.67 ±1.11
Kiwicha Oscar blanco	11.35 ±0.41	14.00 ±0.07	2.70 ±0.81	7.52 ±0.28	5.59 ±0.85	70.21 ±1.14	404.42 ±1.85

* Valores que representan el promedio de 3 repeticiones

Proteína: Factor de conversión = 5.7

Carbohidratos: Calculado por diferencia

Energía: Calculado utilizando los factores Atwater

4.4 Análisis del producto final

4.4.1 Índice de expansión de las materias primas

En la Tabla 16, se muestra el índice de expansión de cada materia prima extruida, y en el Anexo 10 se muestran los datos experimentales de la evaluación. Como se puede observar los granos que presentaron un mayor índice de expansión fueron el maíz amarillo y la lenteja, la quinua roja presentó un índice de expansión cercano a los anteriores y la kiwicha un índice menor comparado al maíz amarillo y la lenteja.

Tabla 16

Índice de expansión de las materias primas

Muestra	Índice de expansión* (mm)
Lenteja	3.28 ± 0.04
Maíz amarillo	3.73 ± 0.08
Quinua roja	3.03 ± 0.08
Kiwicha	2.58 ± 0.10

* Promedio de las tres repeticiones con su desviación estándar

El valor del índice de expansión de la quinua, se encontró dentro del rango reportado por Dog y Karwe (2003), quienes estudiaron la quinua extruida, reportando valores de índice de expansión desde 0.92 a 3.58 mm de diámetro. Aguirre (2003), utilizó el índice de expansión con el fin de establecer los parámetros de extrusión óptimos, considerando así valores superiores a 2.40 mm de diámetro para el índice de expansión de la quinua.

Respecto al índice de expansión del maíz, este fue menor al valor descrito por Cueto et al., (2015), quienes reportaron un índice de expansión para el maíz de 5.4 mm de diámetro, sin embargo Leal-Díaz, Rooney, Waniska, Barron, y Riaz (2003) reportaron valores que oscilaron entre 3.1 - 4.19 mm de diámetro. Respecto a la lenteja (utilizada como base en cada tratamiento), esta presentó un valor de índice de expansión cercano al reportado para el maíz. Por otro lado, la kiwicha presentó un índice de expansión mayor (1.78 mm de diámetro) al reportado por Washington (2013), pero menor al de los otros

componentes, esto puede deberse a que la kiwicha presenta mayores contenidos de fibra y grasa en comparación a los demás cereales. Es sabido que el alto contenido de fibra conduce a disminuir la expansión, así como a un alto contenido de proteínas (Anderson, Conway, y Peplinski, 1970). La reducción de la expansión por la fibra puede deberse a que los materiales extruidos enriquecidos con fibra insoluble tienden a retener agua en la matriz de fibra durante la extrusión reduciendo así la generación de vapor, lo que hace que la masa se comprima quedándose sin burbujas en lugar de expandirse como espuma (Ganjyal y Hanna, 2002).

El contenido de humedad de la kiwicha también puede haber influido en la expansión de ésta. Repo-carrasco, Pilco, y Encina (2011), afirman que aumentar la humedad provoca la disminución de la temperatura de extrusión y por ende el descenso de la expansión del extruido, generando un producto denso y duro, debido a la gelatinización del almidón, sin embargo el producto extruido no presentó dureza puesto que el contenido de humedad no fue demasiado alto. Un caso contrario sucede cuando se reduce la humedad, debido a que la temperatura de extrusión aumenta y la expansión del producto extruido es mayor.

4.4.2 Tamaño medio de partícula de las mezclas instantáneas

Se evaluó la distribución de tamaño de partícula de las mezclas instantáneas, para posteriormente determinar el tamaño medio de partícula. Una forma de caracterizar sistemas en polvo es evaluar la distribución del tamaño de las partículas que los componen. Las partículas pequeñas o finas (< 0.1 mm de diámetro) se asocian con la formación de mezclas ordenadas. Por otro lado, las partículas gruesas (> 0.1 mm de diámetro) están asociadas a mezclas aleatorias donde no existe interacción física entre los componentes, por tanto se podría generar la segregación del producto (Barbosa, Vega, y Ortega, 1997).

Como se puede observar en la distribución de tamaño de partícula de las materias primas extruidas (Tabla 17), el maíz amarillo, la quinua roja y la kiwicha presentaron mayor proporción de harina retenida (%) en los tamices de abertura 0.5 mm, 0.55 mm y 0.1 mm respectivamente. Para la lenteja (utilizada como base), el mayor porcentaje de harina retenida fue en los tamices de abertura 0.5 mm, 0.1 mm y 0.55 mm. Respecto a las mezclas instantáneas (Tabla 18), estas también presentaron una mayor concentración de harina

retenida (%) en los tamices de abertura 0.5 mm, 0.55 mm y 0.1 mm, los datos experimentales del tamaño medio de partícula de las materias primas y los tratamientos se presentan en los Anexos 11 y 12.

Tabla 17

Distribución de tamaño de partícula de las materias primas extruidas

Materia prima extruida	Abertura de los tamices (mm)					
	< 0.1	0.1	0.5	0.55	0.6	1.5
	Muestra retenida (%)					
H. Maíz amarillo	0.2 ± 0.29	15.2 ± 0.32	60.9 ± 0.24	20.3 ± 0.20	3.5 ± 0.22	-
H. quinua roja	0.3 ± 0.21	10.0 ± 0.25	70.2 ± 0.34	16.3 ± 0.28	3.3 ± 0.31	-
H. Kiwicha	1.3 ± 0.31	11.5 ± 0.27	66.8 ± 0.34	16.5 ± 0.22	3.9 ± 0.25	-
H. Lenteja	0.2 ± 0.32	21.9 ± 0.34	63.6 ± 0.29	13.5 ± 0.30	0.8 ± 0.27	-

Tabla 18

Distribución de tamaño de partícula de las mezclas instantáneas

Materia prima extruida	Abertura (mm)					
	< 0.1	0.1	0.5	0.55	0.6	1.5
	Muestra retenida (%)					
T1	0.2 ± 0.24	14.5 ± 0.27	63.6 ± 0.24	17.1 ± 0.27	4.6 ± 0.25	-
T2	0.7 ± 0.21	13.0 ± 0.23	66.3 ± 0.32	15.9 ± 0.20	4.1 ± 0.32	-
T3	1.4 ± 0.31	13.8 ± 0.27	64.4 ± 0.34	16.7 ± 0.22	3.7 ± 0.25	-
T4	0.4 ± 0.32	11.3 ± 0.35	68.6 ± 0.27	17.1 ± 0.30	4.6 ± 0.29	-
T5	0.5 ± 0.29	14.9 ± 0.24	65.0 ± 0.31	16.0 ± 0.24	3.5 ± 0.31	-
T6	0.6 ± 0.32	14.6 ± 0.23	65.1 ± 0.24	15.7 ± 0.28	4.0 ± 0.21	-
T7	0.1 ± 0.21	12.8 ± 0.28	67.1 ± 0.27	15.7 ± 0.21	4.3 ± 0.21	-
T8	0.9 ± 0.27	13.4 ± 0.34	65.6 ± 0.21	15.9 ± 0.24	4.1 ± 0.27	-
T9	0.3 ± 0.35	15.0 ± 0.31	64.7 ± 0.32	16.3 ± 0.31	3.6 ± 0.24	-
T10	0.9 ± 0.22	12.5 ± 0.22	66.0 ± 0.30	16.7 ± 0.28	4.0 ± 0.31	-
T11	0.8 ± 0.24	12.8 ± 0.25	65.5 ± 0.27	17.1 ± 0.30	3.8 ± 0.34	-

Cada ingrediente posee propiedades físicas que afectan su capacidad para ser mezclado con otros ingredientes. Ya que la materia prima extruida en polvo (maíz amarillo, quinua roja y kiwicha, además de la lenteja como base) se mezcló en diferentes proporciones, se quiso evaluar el tamaño medio de partícula de las mezclas constituidas (tratamientos), debido a que una de las propiedades más importantes que tiene lugar durante el proceso de mezclado de alimentos secos es el tamaño de partícula (factor que más influye sobre el mezclado uniforme), además de que tiene que ver con la estabilidad del polvo, que está directamente relacionada con el comportamiento del material y las propiedades físicas del producto. Teóricamente si todos los ingredientes tuvieran el mismo tamaño de partícula, sería muy fácil mezclarlos y no ocurriría segregación (Barbosa-Canovas, Ortega-Rivas, Juliano, y Yan, 2005).

El tamaño de partícula influye también en las propiedades de hidratación de los polvos alimentarios (solubilidad, hidratación, humectabilidad y dispersabilidad en agua). Según Raghavendra et al. (2006), tamaños de partícula $\leq 550 \mu\text{m}$ (0.55 mm) dan como resultado un incremento en las propiedades de hidratación de polvos, contrariamente tamaños de partícula mayores la disminuyen. En las Tablas 19 y 20, se encuentran los resultados del tamaño medio de partícula de las materias primas y de los tratamientos, como se puede observar no hay mucha variación en el tamaño medio de partícula de los tratamientos, la mayor cantidad de partículas de las muestras tienen un promedio de 0.315 a 0.320 mm, tamaños que se hallan dentro de lo recomendado (0.55 mm).

Tabla 19

Resultado del tamaño medio de partícula de la materia prima

Muestra	Tamaño medio de partícula (mm) *
Lenteja extruida (base)	0.284 ± 0.002
Maíz amarillo extruido	0.325 ± 0.001
Quinua roja extruida	0.328 ± 0.002
Kiwicha extruida	0.323 ± 0.002

* Promedio de las tres repeticiones con su desviación estándar

Tabla 20*Tamaño medio de partícula de cada tratamiento*

Tratamiento	Tamaño medio de partícula (mm) *
T1	0.318 ± 0.002
T2	0.317 ± 0.001
T3	0.315 ± 0.002
T4	0.320 ± 0.001
T5	0.315 ± 0.008
T6	0.318 ± 0.001
T7	0.316 ± 0.001
T8	0.315 ± 0.001
T9	0.317 ± 0.003
T10	0.318 ± 0.002
T11	0.316 ± 0.002

* Promedio de las tres repeticiones con su desviación estándar

4.5 Efecto de los componentes en las propiedades físicas de las mezclas instantáneas

Se evaluó el efecto de mezclar los componentes en las propiedades físicas de las mezclas instantáneas (Densidad aparente, solubilidad en agua, humectabilidad, capacidad de hidratación, proteína, A_w , índice de pardeamiento, reconstitución en agua a 25 y 100 °C, e índice de dispersabilidad de proteínas), con la finalidad de observar qué componentes o cómo la interacción de estos influían en dichas propiedades.

4.5.1 Efecto de los componentes en la densidad aparente de las mezclas instantáneas

Los datos experimentales de la evaluación de la densidad aparente se muestran en el Anexo 13. Los resultados de la densidad aparente promedio de las mezclas instantáneas se presentan en la Tabla 21, donde se observa que existe una variación significativa ($p < 0.05$) entre los tratamientos de acuerdo al análisis que se presenta en el Anexo 14. Los tratamientos T5, T9, T2 y T4 presentaron mayores valores de densidad aparente, éstos oscilaron de 0.645 a 0.671 g/mL, debido a que las mezclas presentaban menores proporciones de maíz amarillo y mayores proporciones de kiwicha, dando a entender que ésta tiene un mayor efecto sobre la densidad aparente. Los tratamientos que presentaron una

menor densidad aparente fueron T7, T11, T3, T8, T6, T1 y T10 (0.625 - 0.638 g/mL), Si se colocan mayores o menores proporciones de quinua roja, la densidad aumenta mínimamente, entendiéndose que el efecto de la quinua roja no es significativo sobre la densidad aparente de las mezclas instantáneas.

Tabla 21

Resultado de la densidad aparente de las mezclas instantáneas

Tratamiento	Densidad aparente			
	X ₁ (%)	X ₂ (%)	X ₃ (%)	(g/mL)*
T1	0.600	0.200	0.200	0.636 ± 0.001
T2	0.441	0.289	0.270	0.652 ± 0.002
T3	0.525	0.200	0.275	0.629 ± 0.004
T4	0.407	0.293	0.300	0.671 ± 0.003
T5	0.493	0.228	0.279	0.645 ± 0.015
T6	0.466	0.300	0.234	0.632 ± 0.002
T7	0.506	0.294	0.200	0.625 ± 0.002
T8	0.509	0.248	0.243	0.632 ± 0.004
T9	0.459	0.251	0.290	0.648 ± 0.009
T10	0.555	0.241	0.204	0.638 ± 0.002
T11	0.562	0.200	0.238	0.629 ± 0.004

* Promedio de las tres repeticiones con su desviación estándar
X₁ = A: Maíz amarillo, X₂ = B: Quinua roja, X₃ = C: Kiwicha

4.5.2 Análisis estadístico para el efecto de los componentes en la densidad aparente en las mezclas instantáneas

Los datos experimentales referentes a la densidad aparente fueron ajustados a los modelos lineal, cuadrático, cúbico especial y cúbico, por medio de una regresión múltiple. En la Tabla 22 se presentan los resultados del ANOVA, en ella se puede observar que el modelo sugerido es el cuadrático polinomial cuya significancia fue $p < 0.05$, pudiéndose afirmar que éste modelo presenta diferencias entre los componentes respecto a la variable densidad aparente. Al mezclar los componentes A y C, alcanzan un cuadrado medio positivo de 9.08×10^5 , con un $p < 0.05$, indicando que el término AC del modelo es significativo. En los Anexos 33 y 35 se puede observar que se cumplen los supuestos del modelo, indicando que éste es adecuado.

Tabla 22

Análisis de varianza (ANOVA) para el efecto de los componentes en la densidad aparente de las mezclas instantáneas

Fuente	Suma de cuadrados	G.L.	Cuadrado medio	Valor F	Prob > F p-value	Significancia
Modelo	1.74 x 10 ³	5	3.48 x 10 ⁴	26.35	0.0013	Significante
AB	2.04 x 10 ⁵	1	2.04 x 10 ⁵	1.55	0.2686	
AC	9.08 x 10 ⁵	1	9.08 x 10 ⁵	6.88	0.0469	
BC	2.61 x 10 ⁵	1	2.61 x 10 ⁵	1.97	0.2191	
Residual	6.60 x 10 ⁵	5	1.32 x 10 ⁵			
Cor Total	1.81 x 10 ³	10				
R²	0.963					
R² Adj	0.927					
R² Predicho	0.875					

Nota: Media= 0.64; Desv. estándar = 3.63E-003; C.V (%) = 0.57

El coeficiente de determinación (R^2) indica que el 96.3 % de la variación total de la densidad aparente de los tratamientos es explicada adecuadamente por la mezcla de los componentes (maíz amarillo - quinua roja - kiwicha), además el R^2 también denota que el modelo se ajusta bien a los datos experimentales (refleja la bondad de ajuste del modelo a la variable densidad aparente), siendo congruente con lo descrito por Sin, Yusof, Abdul Hamid, y Rahman (2006), quienes mencionaron que un R^2 mayor a 0.8 revela que el modelo de regresión explica de forma adecuada la variación de la variable respuesta. El coeficiente de determinación ajustado (R^2 adj), fue 92.6 %, porcentaje explicado por la varianza de regresión respecto a la varianza de la variable explicada. El valor del R^2 predicho (0.875) indica que el modelo es un buen predictor para la variable respuesta. Se obtuvieron valores de R^2 mayores a 0.9 para el modelo cuadrático, indicando que éste es adecuado para evaluar la variable densidad aparente. El nivel de significancia ($p < 0.05$), indica que hay diferencia significativa entre los tratamientos, la densidad aparente es influenciada por la variación de las harinas. En la Ecuación 9, se presentan los coeficientes de regresión generados por el modelo y qué efecto tienen los componentes en las mezclas.

$$\begin{aligned} \text{Densidad aparente} = & 0.988 * X_1 - 0.827 * X_2 + 1.612 * X_3 \\ & + 1.347 * X_1 * X_2 - 3.313 * X_1 * X_3 + 3.088 * X_2 * X_3 \end{aligned} \quad (\text{Ecuación 9})$$

Dónde: $X_1 = A$: Maíz amarillo, $X_2 = B$: Quinua roja, $X_3 = C$: Kiwicha

Los coeficientes de regresión indican que existe un efecto positivo para los componentes puros (maíz amarillo y kiwicha), y la interacción (maíz amarillo - quinua roja, y quinua roja - kiwicha). Existe un efecto negativo para la quinua roja, y para la interacción (maíz amarillo -kiwicha). En las gráficas de superficie de respuesta y curvas de contorno para la densidad aparente (Figura 13), se muestra la existencia de un efecto binario para los componentes maíz amarillo - kiwicha.

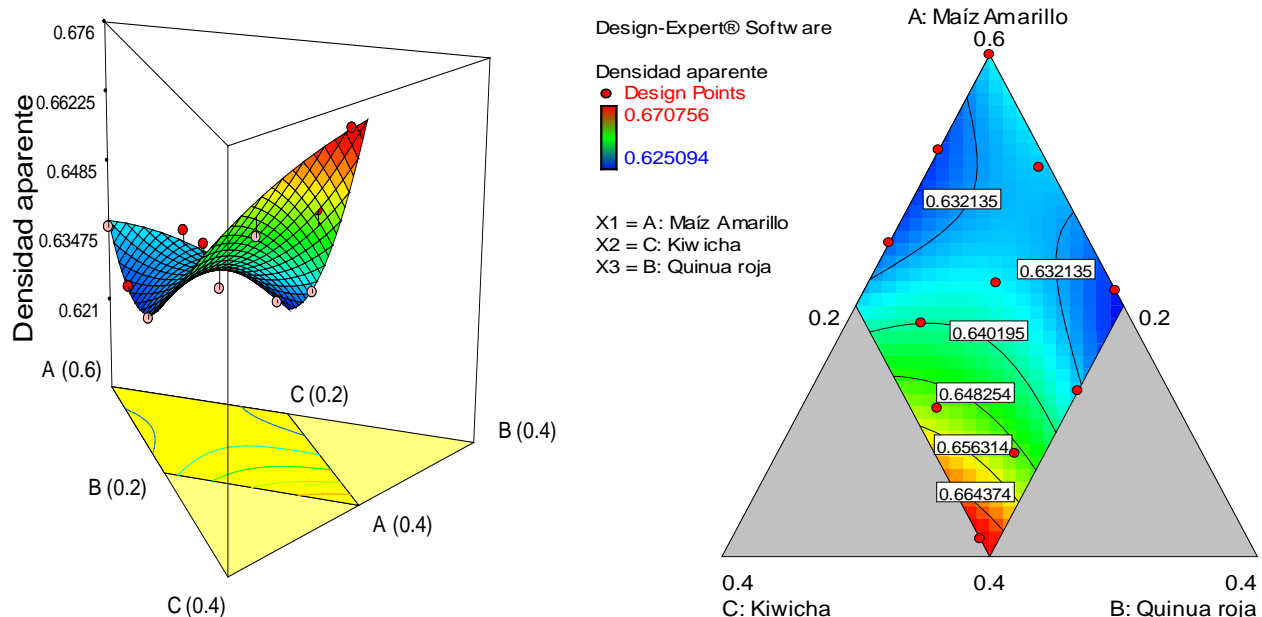


Figura 13. Gráficas de superficie de respuesta y curvas de contorno para la densidad aparente de las mezclas instantáneas en términos de AC

En la Figura 13, en términos de AC se percibe un efecto sinérgico para los componentes maíz amarillo y kiwicha, alcanzando valores de 0.66 g/mL. Se observa también, un efecto antagónico para los mismos componentes (maíz amarillo y kiwicha), alcanzando valores de 0.63 g/mL. Debido al comportamiento cuadrático de la variable respuesta (densidad aparente), se puede aseverar que menores proporciones del componente

maíz amarillo y mayores proporciones del componente kiwicha incrementaron la densidad aparente de las mezclas, mientras que ésta disminuyó cuando se incrementó el componente maíz amarillo y se disminuyó la kiwicha, mostrando así una relación inversamente proporcional de los componentes respecto a la densidad aparente de las mezclas. En la Figura 14, se puede analizar detalladamente la influencia de los componentes de la mezcla sobre la densidad aparente, en ella se observa que conforme la proporción de maíz amarillo (A) aumenta se obtienen valores menores de densidad aparente, hasta llegar a un punto mínimo en el que aumenta mínimamente, pero la mayor parte del trazo tiene pendiente negativa obteniendo valores mayores de densidad aparente. En cuanto a la kiwicha (C), se observa una pendiente positiva indicando que a medida que se incrementa la proporción de kiwicha en la mezcla, el valor de la densidad aparente aumenta. La influencia de la quinua roja muestra que a medida que aumenta su proporción en la mezcla, la densidad aparente aumenta hasta un punto mínimo y luego disminuye, sus pendientes son medianamente pronunciadas, lo que indicaría que un mínimo cambio en la proporción de ésta podría repercutir en la densidad aparente de las mezclas instantáneas.

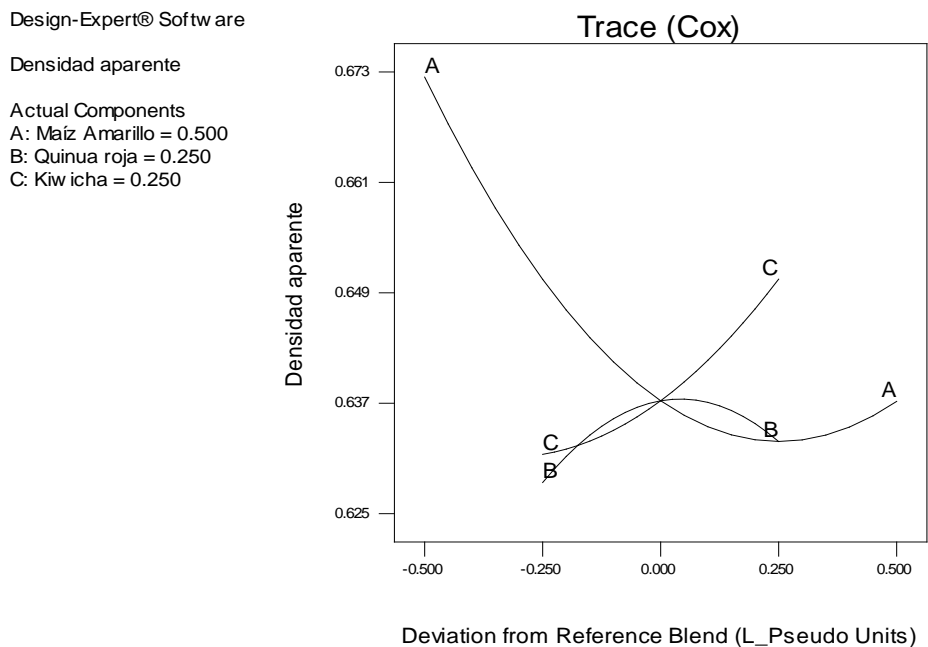


Figura 14. Gráfico de trazas (Trazos de Cox) para la densidad aparente de las mezclas instantáneas

La densidad aparente evidencia la calidad del producto respecto a homogeneidad, apariencia y textura, además de ser un factor directamente correlacionado con la facilidad de reconstitución o hidratación, una mayor densidad aparente es deseable para una mayor dispersabilidad del polvo en agua (Sharma, Jana, y Chavan, 2012). Los tratamientos presentaron densidades aparentes con valores que van en un rango de 0.625 a 0.671 g/mL, valores cercanos a lo reportado por Rodríguez-Miranda et al. (2011), quienes evaluaron un producto extruido a base de harina de taro y maíz, que presentó una densidad aparente de 0.596 g/mL debido a su mayor proporción de harina de taro y baja proporción de maíz (85.36 : 14.64). Por otro lado, Jiménez (2013), evaluó un suplemento nutricional elaborado con kiwicha, quinua y chocho, reportando una densidad aparente de 0.65 g/mL cuando se incorporó mayores proporciones de kiwicha (35 %), proporción cercana a la utilizada en la investigación (kiwicha = 30 %).

El efecto de la kiwicha en el incremento de la densidad aparente de las mezclas instantáneas puede deberse a su composición elevada de proteínas, grasas y fibra (14.0 ± 0.07 ; 7.5 ± 0.28 ; 5.6 ± 0.85 g/100 g) en comparación con los valores que presenta el maíz amarillo (10.36 ± 0.03 ; 5.2 ± 0.27 ; 3.3 ± 0.17 g/100 g), concordando con lo descrito por Park, Rhee, Kim, y Rhee (1993), quienes mencionan que los productos alimenticios extruidos que poseen mayor contenido de proteína, grasa y fibra tienden a aumentar la densidad aparente.

Se ha reportado que la densidad aparente es afectada por la formulación de los ingredientes, la velocidad de tornillo y la temperatura del extrusor. Los polvos extruidos adquiridos de la formulación de maíz amarillo - kiwicha, en relación aproximadamente de 50:30 fueron los que presentaron menor densidad aparente debido a la mayor proporción de almidón de maíz que de kiwicha, esto se explica por el alto contenido de amilosa en las formulaciones. Como señalan varios estudios, la densidad aparente disminuye al aumentar la cantidad de amilosa (Hernández-Medina et al., 2008 y Gogoi et al., 1996), el almidón de maíz presenta mayores cantidades de este componente a diferencia del almidón de kiwicha (25 - 30 % y 0.1 - 11.1 % respectivamente). Los resultados obtenidos concuerdan con lo reportado por (Valenzuela-Lagarda et al., 2016), quienes estudiaron una botana extruida que contenía harina de calamar, papa y maíz, cuyas condiciones de extrusión fueron

T°= 140 °C, velocidad del tornillo = 240 RPM y relación materia prima = 40:50:10, condiciones parecidas a las utilizadas en la investigación, con la diferencia que la harina de papa contenía una mayor proporción de almidón que el maíz, provocando así un descenso en la densidad aparente de la muestra extruida (0.57 g/mL).

4.6 Efecto de los componentes en la solubilidad de las mezclas instantáneas en agua

Los datos experimentales de la evaluación de la solubilidad en agua de las mezclas instantáneas se presentan en el Anexo 15. Los resultados de la solubilidad en agua promedio de las mezclas instantáneas se exponen en la Tabla 23, en ella se puede distinguir que existe diferencia significativa ($p < 0.05$) entre los tratamientos de acuerdo al análisis que se presenta en el Anexo 16, evidenciando que los componentes tienen efecto sobre la solubilidad en agua de las mezclas instantáneas. Los tratamientos que presentaron una mayor solubilidad en agua fueron T6, T11, T1, T2 y T4 (28.43 - 29.20 %), por otro lado, los tratamientos T7, T10, T3, T5, T9 y T8 presentaron una menor solubilidad en agua (27.70 - 28.38 %). A través de los resultados obtenidos se puede observar que hay significancia entre las interacciones binarias (maíz amarillo - quinua roja; maíz amarillo - kiwicha; quinua roja - kiwicha).

Tabla 23

Resultado de la solubilidad en agua de las mezclas instantáneas

Tratamiento	X₁ (%)	X₂ (%)	X₃ (%)	Solubilidad en agua (%)*
T1	0.600	0.200	0.200	28.52 ± 0.26
T2	0.441	0.289	0.270	28.87 ± 0.29
T3	0.525	0.200	0.275	27.90 ± 0.45
T4	0.407	0.293	0.300	29.20 ± 0.45
T5	0.493	0.228	0.279	28.10 ± 0.43
T6	0.466	0.300	0.234	28.43 ± 0.13
T7	0.506	0.294	0.200	27.70 ± 0.68
T8	0.509	0.248	0.243	28.38 ± 0.84
T9	0.459	0.251	0.290	28.30 ± 0.38
T10	0.555	0.241	0.204	27.81 ± 0.43
T11	0.562	0.200	0.238	28.44 ± 0.80

* Promedio de las tres repeticiones con su desviación estándar
X₁ = A: Maíz amarillo, X₂ = B: Quinua roja, X₃ = C: Kiwicha

4.6.1 Análisis estadístico para el efecto de los componentes en la solubilidad en agua de las mezclas instantáneas

Los datos experimentales de la solubilidad en agua de las mezclas instantáneas fueron ajustados a los modelos lineal, cuadrático, cúbico especial y cúbico, por medio de una regresión múltiple. El análisis de varianza (ANOVA) se presenta en la Tabla 24, en ella se puede apreciar que el modelo sugerido es el cuadrático polinomial, cuyo nivel de significancia alcanzado fue $p < 0.05$, pudiéndose aseverar que hay diferencias entre los componentes de la mezcla para la variable solubilidad en agua. Al mezclar los componentes AB, AC y BC, alcanzan un cuadrado medio positivo de 0.10, 0.13 y 0.26 respectivamente, con un $p < 0.05$, indicando que estos términos del modelo son significativos sobre los tratamientos. En los Anexos 33 y 35 se puede observar que se cumplen los supuestos del modelo, indicando que éste es adecuado.

Tabla 24

Análisis de varianza (ANOVA) para el efecto de los componentes en la solubilidad en agua de las mezclas instantáneas

Fuente	Suma de cuadrados	G.L.	Cuadrado medio	Valor F	Prob > F p-value	Significancia
Modelo	1.96	5	0.39	37.75	0.0006	significante
AB	0.10	1	0.10	9.56	0.0271	
AC	0.13	1	0.13	12.20	0.0174	
BC	0.26	1	0.26	24.61	0.0042	
Residual	0.05	5	0.01			
Cor Total	2.02	10				
R²	0.974					
R² Adj	0.948					
R² Predicho	0.804					

Nota: Media = 28.33; Desv. estándar = 0.1; C.V (%) = 0.36

El coeficiente de determinación ($R^2 = 97.4 \%$) indica que la variación de la solubilidad en agua es explicada por el modelo cuadrático, permitiendo que éste se ajuste adecuadamente a los datos experimentales. El coeficiente de determinación ajustado ($R^2 \text{ adj} = 94.8 \%$), indica que variaciones $> 94.8 \%$ de la solubilidad total de los tratamientos podrían ser predichos a través del modelo, mientras que sólo el 5.2 % de los casos no

pueden ser explicados por éste. La Ecuación 10, muestra los coeficientes de regresión generados por el modelo y los efectos de los componentes en las mezclas instantáneas.

$$\begin{aligned} \text{Solubilidad en agua} = & 41.469 * X_1 + 24.528 * X_2 - 85.664 * X_3 \\ & - 93.925 * X_1 * X_2 + 123.835 * X_1 * X_3 + 306.038 * X_2 * X_3 \end{aligned} \quad (\text{Ecuación 10})$$

Dónde: $X_1 = A$: Maíz amarillo, $X_2 = B$: Quinua roja, $X_3 = C$: Kiwicha

Los coeficientes de regresión indican que existe un efecto positivo para los componentes puros (maíz amarillo y quinua roja), y para la interacción (maíz amarillo - kiwicha, y quinua roja - kiwicha). Existe un efecto negativo para el componente puro (kiwicha) y para las interacciones (maíz amarillo - quinua roja). En la gráfica de superficie de respuesta y curvas de contorno para la solubilidad en agua de las mezclas (Figura 15), se puede divisar que hay un efecto gradual para los componentes maíz amarillo - quinua roja; maíz amarillo - kiwicha, así como quinua roja - kiwicha. En la Figura 15, en términos de AB (a), se puede observar que existe un efecto sinérgico para los componentes maíz amarillo y quinua roja, llegando a alcanzar valores de 29.06. Por otro lado, se observa un efecto antagónico para los mismos componentes pero en relación inversa. Debido a que el comportamiento de las variables es cuadrático, se puede afirmar que proporciones menores de maíz amarillo y proporciones mayores de quinua roja incrementan la solubilidad en agua de las mezclas. Por el contrario, la solubilidad es menor cuando se agregan mayores proporciones de maíz amarillo y menores proporciones de quinua roja.

En términos de AC (b), se puede observar que hay una buena correlación entre los componentes maíz amarillo y kiwicha, presentando en conjunto un efecto mayor con valores desde 29.03 en la solubilidad en agua que cuando actúan solos. Se observa un efecto contrario en la solubilidad en agua respecto a la correlación maíz amarillo y kiwicha en proporciones inversas a las anteriores alcanzando valores cercanos a 27.63. Dado que el comportamiento de la variable solubilidad en agua es cuadrático, se puede aseverar que la solubilidad en agua del producto incrementa cuando menores proporciones de maíz y mayores proporciones de kiwicha interaccionan, y disminuye cuando mayores proporciones de maíz amarillo y menores proporciones de kiwicha interactúan.

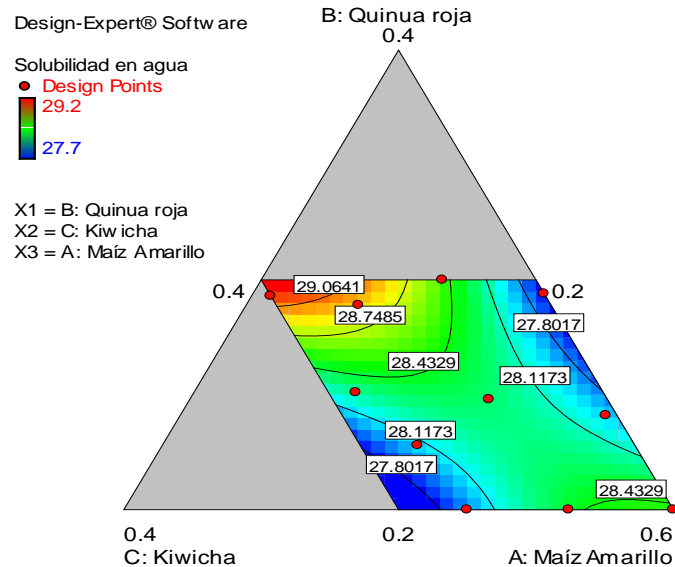
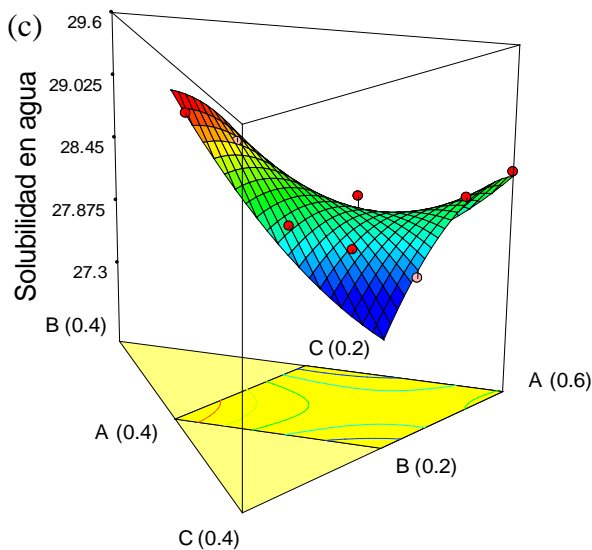
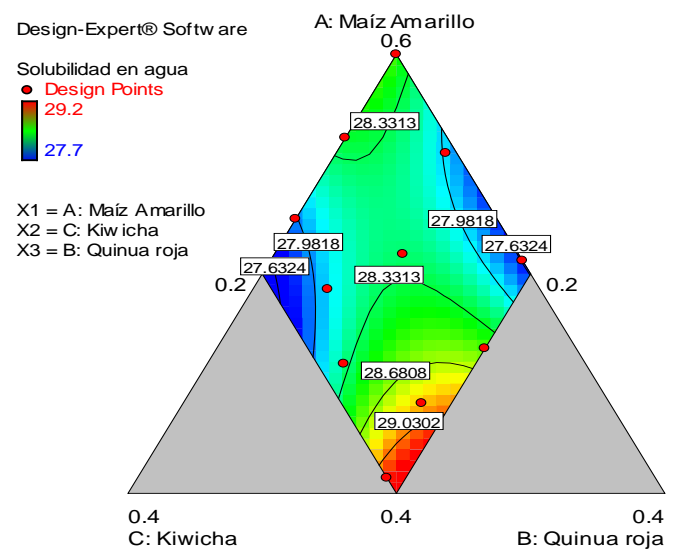
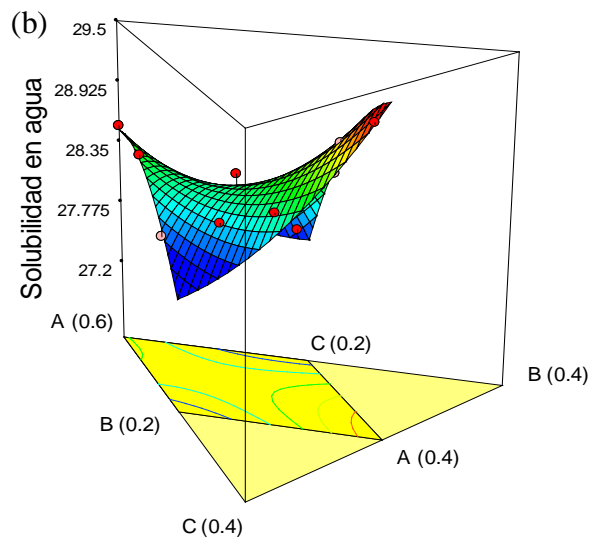
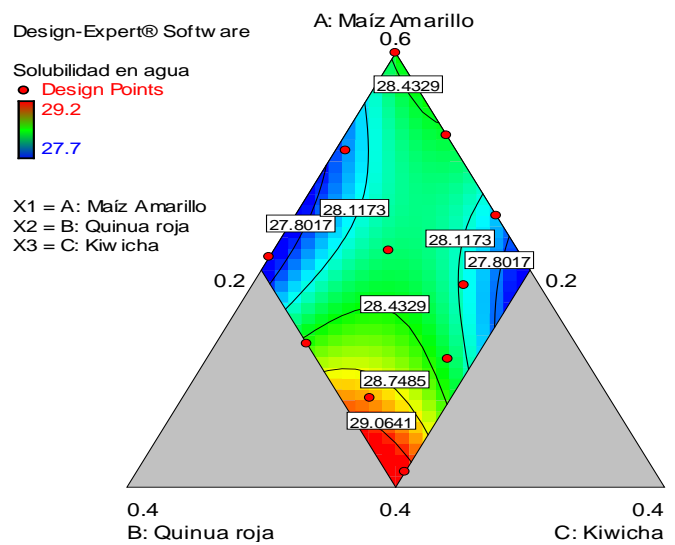
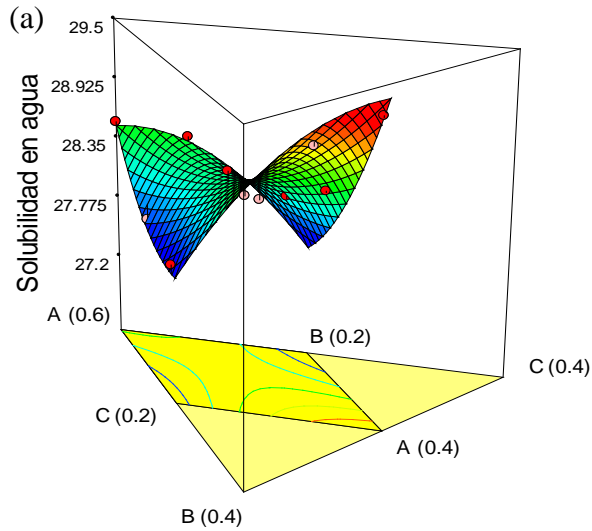


Figura 15. Gráficas de superficie de respuesta y curvas de contorno para la solubilidad en agua de las mezclas instantáneas en términos cuadráticos de AB (a), AC (b) y BC (c)

En términos de BC (c), se observa que hay una buena correlación entre los componentes quinua roja y kiwicha, éstas presentan un efecto sinérgico, alcanzando valores de 29.06. Se observa un efecto contrario respecto a los mismos componentes, con valores cercanos a 27.80. Respecto a lo observado en la gráfica, se puede afirmar que mayores proporciones de quinua roja y kiwicha (hasta cierto punto), incrementan la solubilidad en agua de las muestras, si se quiere disminuir se tendría que reducir las proporciones de ambos componentes. En la Figura 16, se puede observar que conforme la proporción de maíz amarillo (A) aumenta se obtienen valores menores de solubilidad en agua, hasta llegar a un punto mínimo en el que aumenta mínimamente, pero la mayor parte del trazo tiene pendiente negativa. En cuanto a la quinua roja (B), a medida que se incrementa su proporción en la mezcla, el valor de la solubilidad en agua aumenta (pendiente positiva). Respecto a la kiwicha (C), se observa que a medida que aumenta su proporción en la mezcla, la solubilidad aumenta hasta un punto mínimo y luego disminuye, sus pendientes son más pronunciadas, indicando que un mínimo cambio en la proporción de ésta en la mezcla puede repercutir en la solubilidad en agua de las mezclas instantáneas. En términos generales, se puede concluir que los componentes más influyentes en el incremento de la solubilidad, son la quinua roja y el maíz amarillo (mayores y menores proporciones), contrariamente su disminución la causa la kiwicha (mayor proporción).

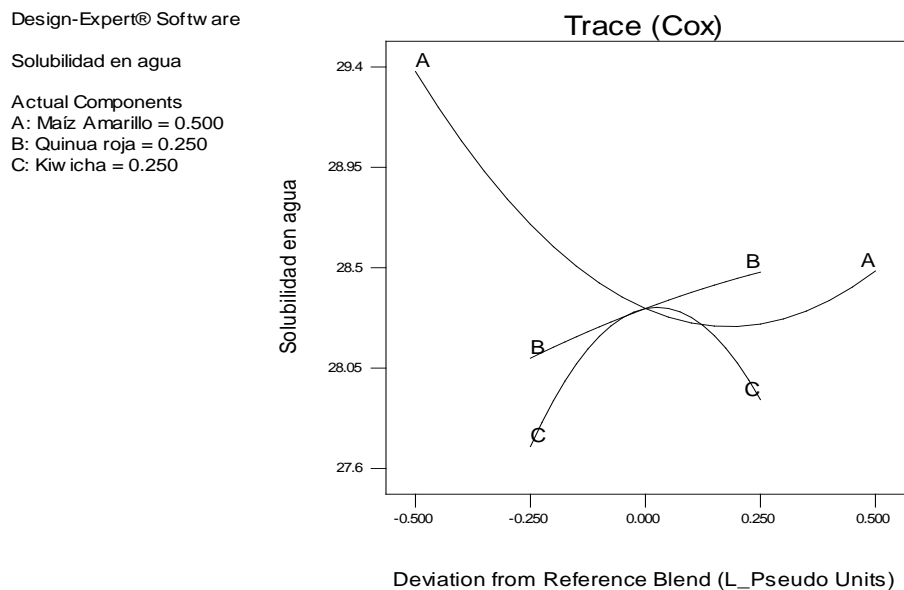


Figura 16. Gráfica de trazas (Trazos de Cox) para la solubilidad en agua de las mezclas instantáneas

La solubilidad en agua indica la velocidad y el nivel en que los componentes de las partículas de polvo se disuelven en agua (Ortega-Rivas, 2009). Según los resultados obtenidos en los análisis y lo que se contempla en las gráficas de superficie respuesta y curvas de contorno, en términos generales, la solubilidad en agua de las mezclas instantáneas se vio incrementada (28.3 - 29.2 %) en los tratamientos que presentaron mayor concentración de quinua roja y kiwicha, y menor relación de maíz amarillo en las mezclas en relación aproximadamente de 30:30:40. La influencia de la quinua roja y kiwicha (30:30) en el incremento de la solubilidad en agua de los tratamientos puede deberse a la proporción incorporada de éstos componentes en las mezclas instantáneas. La solubilidad en agua más alta (29.2 %), fue similar a lo reportado por Ramos et al., (2015) quienes estudiaron snacks extruidos que contenían quinua y kiwicha en proporciones individuales de 35 %, presentando un valor de solubilidad en agua de 28.0 - 34.1 %.

Yang, Peng, Lui, y Lin (2008), mencionan que la solubilidad en agua indica la degradación de componentes moleculares, midiendo el grado de conversión del almidón durante la extrusión, que es la cantidad de polisacárido soluble liberado del componente del almidón después de la extrusión. Fellows (1994), sostiene que durante la extrusión en caliente de los alimentos almidonosos, su humedad se incrementa por acción del agua y el almidón es sometido a altas temperaturas y potentes fuerzas de cizalla, como consecuencia de esto los gránulos de almidón se hinchan absorbiendo agua y gelatinizándose, su estructura macromolecular se abre dando lugar a una masa viscosa y plástica, ocasionando que el almidón, sin apenas degradarse, se haga más soluble. Taverna, Leonel, y Mischán (2012), reportaron valores de solubilidad en agua de un snack elaborado con harina de quinua y almidón de cassava, que oscilaron entre 4.95 a 42.37 %, de acuerdo al análisis de los coeficientes de regresión de su estudio mostraron que se observaban altos niveles de solubilidad en agua cuando la mezcla tenía mayores proporciones de harina de quinua (25 %), así como condiciones de alta temperatura (120 - 130 °C), baja humedad (14 - 18 %) y baja velocidad del tornillo (270 rpm), concordando con los resultados hallados en esta investigación, que presentó mayor solubilidad en agua (29.2 %) en condiciones de mayor proporción de quinua (30 %), con 120 °C de temperatura, 16 - 18 % de humedad, y 270 rpm, siendo esto confirmado también por Dog y Karwe (2003), que obtuvieron resultados parecidos en extruidos de quinua (28 %). De igual manera Martínez y Pau (1992), reportaron

valores de solubilidad en agua entre 28.15 a 28.82 % en la harina de sorgo extruido, en rangos de humedad de 15 a 18% y 110°C de temperatura, reforzando lo anteriormente mencionado (altas temperaturas y baja humedad incrementan la solubilidad en agua de productos extruidos). Kowalski et al. (2016) y, Gomez y Aguilera (1984), afirman que la solubilidad en agua se acrecienta con la velocidad del tornillo, baja humedad de alimentación y alta temperatura, produciendo mayor dextrinización (a mayor degradación de las moléculas de almidón en dextrinas, mayor solubilidad en el agua).

El incremento de la solubilidad en agua de las mezclas instantáneas (tratamientos) puede deberse también a la mayor proporción de amilopectina que presentan la quinua (79 - 90 %) y la kiwicha (88.9 - 99.9 %), a diferencia del maíz (70 - 75 %). Allen, Carpenter, y Walsh (2007), mencionan que la amilopectina tiene una alta capacidad de absorber agua, y por ende una mayor solubilidad en agua puesto que éstas propiedades físicas de los polvos se relacionan directamente. Por otra parte, la menor solubilidad en agua de las mezclas son atribuidos a la casi total degradación sufrida por el almidón (Barnard y Herna, 2003).

Otro factor que influencia en la solubilidad en agua de las mezclas es su tamaño de partícula, cuanto menor es el tamaño de partícula mayor es el porcentaje de solubilidad, resultado que está relacionado al hecho de que a menor tamaño de partícula, mayor es la velocidad con la que se disuelve el polvo. Raghavendra et al. (2006), mencionan que tamaños de partícula ≤ 0.5 mm mejoran las propiedades de hidratación de los polvos, concordando con los resultados adquiridos en la investigación, puesto que los tratamientos presentaron tamaños de partícula que van entre 0.315 a 0.320 mm.

4.7 Efecto de los componentes en la humectabilidad en agua de las mezclas instantáneas

Los datos experimentales de la evaluación de la humectabilidad en agua se muestran en el Anexo 17. Los resultados de la humectabilidad en agua promedio de las mezclas instantáneas se presentan en la Tabla 25, éstos presentan diferencia significativa ($p < 0.05$) de acuerdo al análisis del Anexo 18. Se observa que los tratamientos T4, T2, T9, T5 tuvieron menores tiempos de humectación (4.36 - 4.42 segundos), los tratamientos que tuvieron mayores tiempos de humectación fueron T10, T1, T6, T8, T11, T7 y T3 (4.43 - 4.47

segundos). Los resultados denotan que la quinua roja y kiwicha, así como el maíz y quinua roja (relación binaria) afectan a la humectabilidad de las mezclas instantáneas.

Tabla 25

Resultado de la humectabilidad en agua de las mezclas instantáneas

Tratamiento	X₁ (%)	X₂ (%)	X₃ (%)	Humectabilidad en agua (seg)*
T1	0.600	0.200	0.200	4.44 ± 0.05
T2	0.441	0.289	0.270	4.40 ± 0.05
T3	0.525	0.200	0.275	4.47 ± 0.07
T4	0.407	0.293	0.300	4.44 ± 0.05
T5	0.493	0.228	0.279	4.42 ± 0.12
T6	0.466	0.300	0.234	4.44 ± 0.05
T7	0.506	0.294	0.200	4.47 ± 0.07
T8	0.509	0.248	0.243	4.44 ± 0.11
T9	0.459	0.251	0.290	4.41 ± 0.12
T10	0.555	0.241	0.204	4.43 ± 0.10
T11	0.562	0.200	0.238	4.46 ± 0.09

* Promedio de las tres repeticiones con su desviación estándar

X₁ = A: Maíz amarillo, X₂ = B: Quinua roja, X₃ = C: Kiwicha; seg: segundos

4.7.1 Análisis estadístico para el efecto de los componentes en la humectabilidad en agua de las mezclas instantáneas

Los datos experimentales de la humectabilidad en agua de las mezclas instantáneas fueron ajustados a los modelos lineal, cuadrático, cúbico especial y cúbico, por medio de una regresión múltiple. Los resultados del ANOVA (Tabla 26), muestran que el modelo sugerido es el cuadrático polinomial, con una significancia de $p < 0.05$, indicando que el modelo presenta diferencias entre los componentes para la variable humectabilidad en agua. Al mezclar los componentes maíz amarillo - quinua roja y quinua roja - kiwicha, alcanzan un cuadrado medio positivo de 5.05×10^4 y 7.51×10^4 , indicando que los términos AB y BC del modelo son significativos. En los Anexos 33 y 35 se puede observar que se cumplen los supuestos del modelo, indicando que es adecuado.

Tabla 26

Análisis de varianza (ANOVA) para el efecto de los componentes en la humectabilidad en agua de las mezclas instantáneas

Fuente	Suma de cuadrados	G.L.	Cuadrado medio	Valor F	Prob > F p-value	Significancia
Modelo	0.01	5	2.07×10^3	28.88	0.0011	Significante
AB	5.05×10^4	1	5.05×10^4	7.06	0.0451	
AC	1.64×10^4	1	1.64×10^4	2.29	0.1903	
BC	7.51×10^4	1	7.51×10^4	10.49	0.0230	
Residual	3.58×10^4	5	7.16×10^5			
Cor Total	0.01	10				
R²	0.967					
R² Ajustado	0.933					
R² Predicho	0.872					

Nota: Media= 4.43; Desv. estándar= 8.460E-003; C.V (%)= 0.19

El coeficiente de determinación (R^2) fue 0.967, el R^2 ajustado indica que 93.3 % de la variación existente alrededor de la media es explicada por el modelo. El R^2 predicho (0.872) indica que el modelo es un buen predictor de la variable respuesta. El nivel de significancia ($p < 0.05$) indica que existe diferencia significativa en los tratamientos relacionado a su humectabilidad en agua. La Ecuación 11, muestra los coeficientes de regresión generados por el modelo y qué efectos tienen los componentes en las mezclas.

$$\begin{aligned} \text{Humectabilidad en agua} = & 3.88 * X_1 + 10.43 * X_2 + 4.79 * \\ & X_3 - 6.69 * X_1 * X_2 + 4.45 * X_1 * X_3 - 16.58 * X_2 * X_3 \end{aligned} \quad (\text{Ecuación 11})$$

Dónde: X_1 = A: Maíz amarillo, X_2 = B: Quinua roja, X_3 = C: Kiwicha

Los coeficientes de regresión indican que existe un efecto positivo para los componentes puros (maíz amarillo, quinua roja y kiwicha), y para la interacción maíz amarillo - kiwicha. Existe un efecto negativo para las interacciones (maíz amarillo - quinua roja, y quinua roja - kiwicha). En las gráficas de superficie de respuesta y curvas de contorno para la humectabilidad en agua (Figura 17), se puede apreciar que existe un efecto binario para los componentes maíz amarillo - quinua roja, y quinua roja - kiwicha.

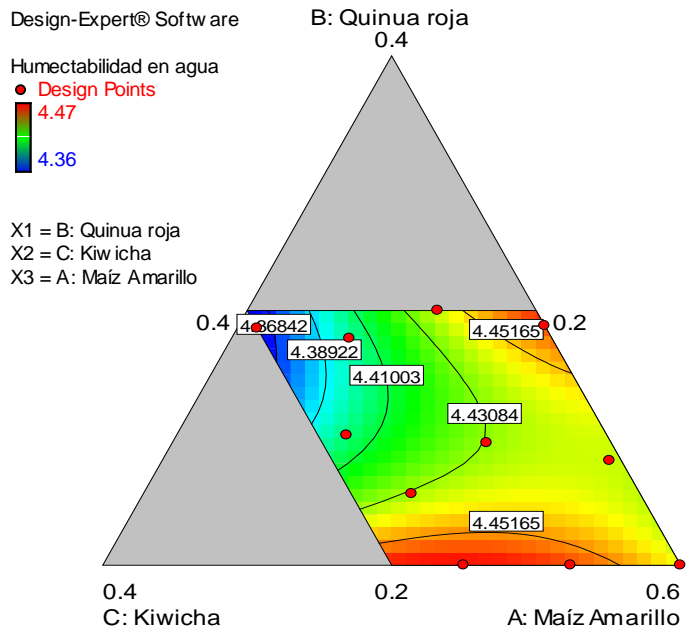
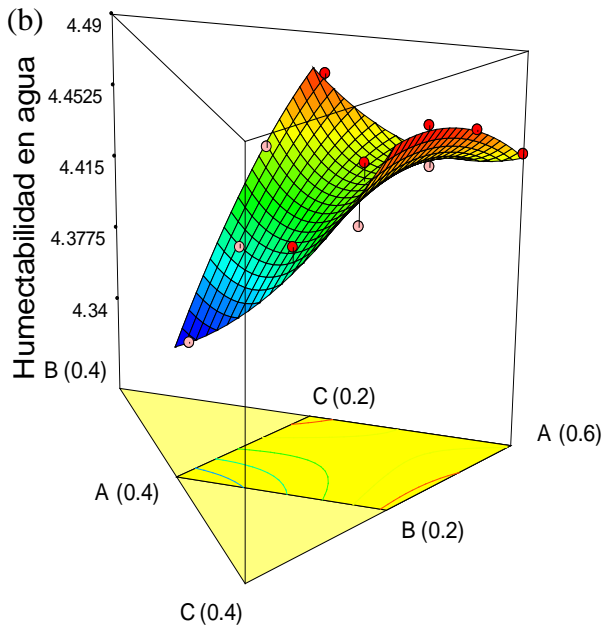
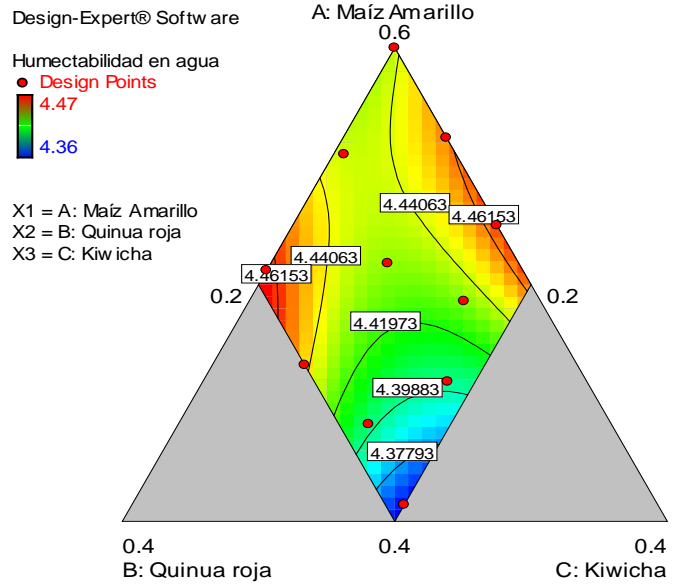
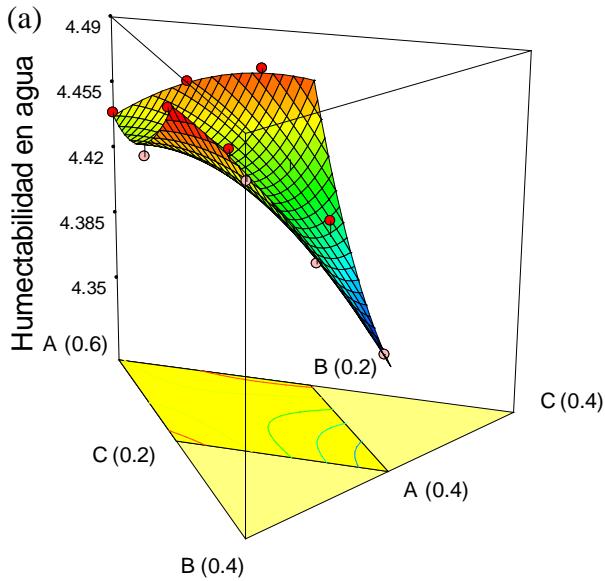


Figura 17. Gráficas de superficie de respuesta y curvas de contorno para la humectabilidad en agua de las mezclas instantáneas en términos de AB (a) y BC (b)

En la Figura 17, respecto a los términos AB (a), se observa que mayores proporciones de maíz amarillo y menores de quinoa roja incrementan el tiempo de humectabilidad en agua de las mezclas, alcanzando 4.47 segundos; en algunos casos cuando se incrementa la proporción de quinoa roja también se observó un mínimo incremento en el tiempo de humectabilidad (4.45 segundos). Por otro lado menores proporciones de maíz amarillo y

mayores proporciones de quinua roja disminuyen el tiempo de humectación en agua de las mezclas, puesto que se observó que uno de los tratamientos solo necesitó 4.36 segundos para humectarse. Respecto a los términos BC (b), en la gráfica se puede observar que menores proporciones de quinua roja y kiwicha aumentan el tiempo de humectación de las mezclas, alcanzando 4.47 segundos, de forma inversa, al incrementar la proporción de quinua roja el tiempo de humectación también incrementa pero mínimamente. Por otro lado, mayores proporciones de quinua roja y kiwicha, disminuyeron el tiempo de humectación en agua de las muestras, alcanzando 4.36 segundos. En la Figura 18, se puede observar que a medida que se incrementa la proporción de maíz amarillo (A) hay una mayor humectabilidad en agua (pendiente positiva), mientras que al incrementar la proporción de quinua roja (B), la humectabilidad disminuye hasta un punto mínimo y luego aumenta (pendientes pronunciadas), dando a entender que un mínimo cambio en la proporción podría repercutir en la humectabilidad en agua de las mezclas instantáneas. Por otro lado la kiwicha (C) influye negativamente en la humectabilidad.

En términos generales, los componentes que más influyen en el incremento del tiempo requerido de las muestras para humectarse en agua son la quinua y el maíz, por el contrario, el tiempo de humectación de los polvos disminuye con la kiwicha.

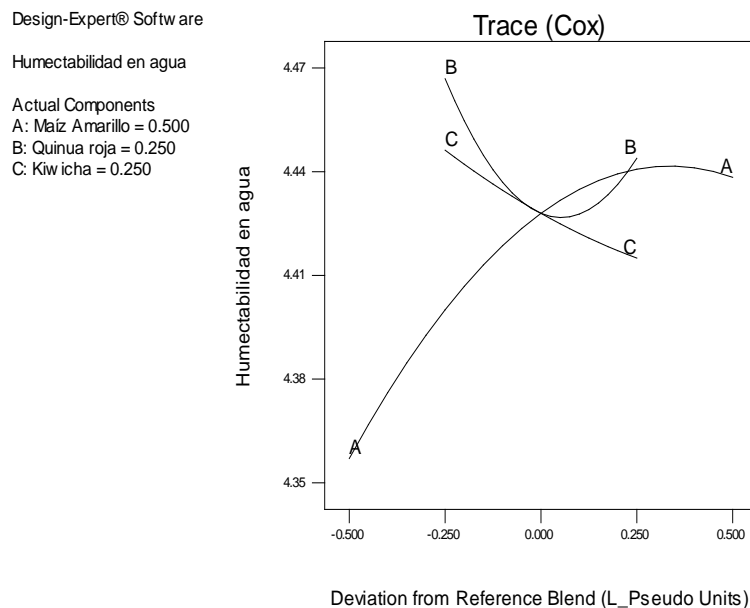


Figura 18. Gráfico de trazas (Trazos de Cox) para la humectabilidad en agua de las mezclas instantáneas

La humectabilidad, se define como la capacidad que tienen las partículas de polvo para adsorber agua en su superficie, además indica el grado de instantaneidad del polvo (Ceballos, Giraldo, y Orrego, 2012). El tamaño de partícula de los polvos, es un factor influyente en la humectabilidad de éstos, el tiempo que demoran en humectarse se acrecienta con la exagerada disminución del tamaño de partícula. Jinapong, Suphantharika, y Jamnong (2008) informaron que polvos con tamaño de partícula muy pequeño ($<25 \mu\text{m} = 0.25 \text{ mm}$) tenían muy mala humectabilidad en polvos instantáneos de leche de soya. De igual forma, Savlak et al. (2016), presentaron un mayor tiempo de humectación (83.40 seg) para harinas de plátano con tamaños de partícula menores de 212 micras (0.212 mm), mientras que otros rangos de partículas (0.212 - 0.5 mm) presentaron un menor tiempo de humectación (4.357 - 4.56 seg), mostrando que las propiedades de reconstitución e instantáneas eran buenas, estos resultados son similares a los obtenidos en la investigación (4.40 - 4.47 seg) con tamaños de partícula entre 0.315 - 0.320 mm) entendiéndose que los tratamientos (mezclas instantáneas) presentan una buena capacidad de humectación, esto puede deberse que al ser mayor el tamaño de partícula ($> 0.212 \text{ mm}$), aumenta la cantidad de poros de la microestructura y al aumentar la porosidad por ende incrementa la facilidad de humectación del polvo (Forny, Marabi, y Palzer, 2011). Por otro lado las partículas más finas tienen tendencia a formar grumos en la superficie del líquido como resultado de fuertes fuerzas de adhesión, lo que explica el mayor tiempo que demoran las partículas más pequeñas en humectarse (Schubert, 1987).

Otro factor que influencia en la humectabilidad en agua de los polvos instantáneos es la densidad aparente. Fitzpatrick et al. (2016), señalan que partículas de mayor tamaño permiten que el agua penetre el polvo y se humecte con mayor facilidad, debido a sus mayores densidades aparentes, que permiten que los polvos se hundan rápidamente, concordando con los resultados adquiridos en la investigación, ya que los tratamientos que presentaron un tiempo de humectación menor (reconstituyéndose más fácilmente), fueron los que presentaron mayor tamaño de partículas, así como mayor densidad (tratamientos con menor proporción de maíz y mayor proporción de kiwicha) .

Los polvos con alto contenido de grasas presentan mayor tiempo de humectación, haciendo que éstos no se humedezcan, debido a la naturaleza hidrófoba de la grasa, además de que tienden a flotar debido a que la densidad aparente del polvo es menor a la del agua,

causando que el polvo se quede flotando y no se hunda (Fitzpatrick et al., 2016), lo que concuerda con los resultados que se obtuvieron en la investigación ya que los tratamientos que presentaron un mayor tiempo de humectación contenían componentes que tenían mayores contenidos de grasa (maíz = 5.19 g/100 g, y kiwicha = 7.52 g/100g).

4.8 Efecto de los componentes en la capacidad de hidratación en agua de las mezclas instantáneas

Los datos experimentales de la evaluación de la capacidad de hidratación en agua se muestran en el Anexo 19. Los resultados de la capacidad de hidratación en agua promedio (Tabla 27), presentan diferencia significativa ($p < 0.05$) de acuerdo al análisis que se muestra en el Anexo 20. Los tratamientos T6, T2 y T4 presentaron mayor capacidad de hidratación con valores de 441.59 a 448.60 %, éstos presentaron una buena relación entre el maíz amarillo y kiwicha, así como para la quinua roja y kiwicha. Los tratamientos que presentaron una menor capacidad de hidratación fueron T1, T11, T8, T10, T5, T9, T7, y T3, cuyos valores oscilaron entre 423.71 a 436.99 %.

Tabla 27

Resultado de la capacidad de hidratación en agua de las mezclas instantáneas

Tratamiento	X ₁ (%)	X ₂ (%)	X ₃ (%)	Cap. de hidratación en agua (%)*
T1	0.600	0.200	0.200	436.99 ± 15.36
T2	0.441	0.289	0.270	445.27 ± 15.09
T3	0.525	0.200	0.275	423.71 ± 10.28
T4	0.407	0.293	0.300	448.60 ± 12.72
T5	0.493	0.228	0.279	431.01 ± 11.99
T6	0.466	0.300	0.234	441.59 ± 10.46
T7	0.506	0.294	0.200	427.45 ± 15.14
T8	0.509	0.248	0.243	433.98 ± 14.50
T9	0.459	0.251	0.290	430.01 ± 10.88
T10	0.555	0.241	0.204	432.89 ± 15.91
T11	0.562	0.200	0.238	435.02 ± 14.75

* Promedio de las tres repeticiones con su desviación estándar
X₁ = A: Maíz amarillo, X₂ = B: Quinua roja, X₃ = C: Kiwicha

4.8.1 Análisis estadístico para el efecto de los componentes en la capacidad de hidratación en agua de las mezclas instantáneas

Los datos experimentales de la capacidad de hidratación en agua de las mezclas instantáneas fueron ajustados a los modelos lineal, cuadrático, cúbico especial y cúbico, a través de una regresión múltiple. En la Tabla 28, se presentan los resultados del ANOVA, la cual indica que el modelo sugerido fue el cuadrático polinomial, cuyo nivel de significancia fue $p < 0.05$, indicando que el modelo presenta diferencias entre los componentes. La interacción de los componentes maíz amarillo - kiwicha, y quinua roja - kiwicha, alcanzan un cuadrado medio positivo de 46.45 y 93.32 respectivamente, indicando que los términos AC y BC del modelo son significativos. En los Anexos 33 y 35 se muestra que se cumplen los supuestos del modelo, lo cual indica la su adecuación.

Tabla 28

Análisis de varianza (ANOVA) para el efecto de los componentes en la capacidad de hidratación en agua de las mezclas instantáneas

Fuente	Suma de cuadrados	G.L.	Cuadrado medio	Valor F	Prob > F p-value	Significancia
Modelo	549.98	5	110.00	29.61	0.0010	Significante
AB	16.77	1	16.77	4.514	0.0870	
AC	46.45	1	46.45	12.50	0.0166	
BC	93.32	1	93.32	25.12	0.0041	
Residual	18.58	5	3.72			
Cor Total	568.55	10				
R²	0.967					
R² Adj	0.935					
R² Predicho	0.870					

Nota: Media= 435.14; Desv. estándar= 1.93; C.V (%)= 0.44

El coeficiente de determinación ($R^2 = 0.967$) indica que el 3.27 % de la variación total no se explica por el modelo; el coeficiente de determinación ajustado ($R^2 \text{ adj} = 0.935$) confirma que el modelo es altamente significativo. El valor del R^2 predicho (0.870) indica que el modelo es un buen predictor para la variable respuesta. El nivel de significancia ($p < 0.05$) indica que existe diferencia significativa entre los tratamientos respecto a la capacidad de hidratación en agua de las muestras. El coeficiente de variación (cv) menor al 5.0 % indica

que el modelo Diseño de mezclas D-Optimal es reproducible. En la Ecuación 12, se presentan los coeficientes de regresión generados por el modelo y los efectos que desempeñan los componentes en las mezclas.

$$\begin{aligned} \text{Capacidad de hidratación en agua} = & 623.449 * X_1 + 196.186 * \\ & X_2 - 1736.009 * X_3 - 1219.731 * X_1 * X_2 + 2368.936 * X_1 * X_3 + \\ & 5843.321 * X_2 * X_3 \end{aligned} \quad (\text{Ecuación 12})$$

Dónde: X_1 = A: Maíz amarillo, X_2 = B: Quinua roja, X_3 = C: Kiwicha

Los coeficientes de regresión indican que existe un efecto positivo para los componentes puros (maíz amarillo y quinua roja), y para las interacciones (maíz amarillo - kiwicha, y quinua roja - kiwicha). Existe un efecto negativo para la kiwicha y las interacciones (maíz amarillo - quinua roja). La Figura 19, muestra la existencia de un efecto gradual para los componentes maíz amarillo - kiwicha, y quinua roja - kiwicha. En términos de AC (a), se puede observar un efecto sinérgico para los componentes maíz amarillo y kiwicha, alcanzando valores de 444.36 %, los mismos componentes también presentan un efecto opuesto, con valores cercanos a 423.62 %. Dado que la variable tiene un comportamiento cuadrático, se puede aseverar que menores proporciones de maíz amarillo y mayores proporciones de kiwicha incrementan la capacidad de hidratación en agua de las mezclas. Por otra parte, mayores proporciones de maíz amarillo y menores proporciones de kiwicha la disminuyen, sin embargo en algunos casos mayores proporciones de kiwicha también disminuyen la capacidad de hidratación de las mezclas pero mínimamente.

En términos de BC (b), se puede divisar que existe un efecto sinérgico para los componentes quinua roja - kiwicha, con valores a partir de 445.093 %, de igual forma los componentes en relación inversa presentan un efecto opuesto, con valores cercanos a 426.542 y 432.726 %. Se puede alegar que mayores proporciones de quinua roja y menores proporciones de kiwicha incrementan la capacidad de hidratación en agua de los tratamientos, ésta disminuye cuando se incorporan menores proporciones de quinua roja y mayores de kiwicha.

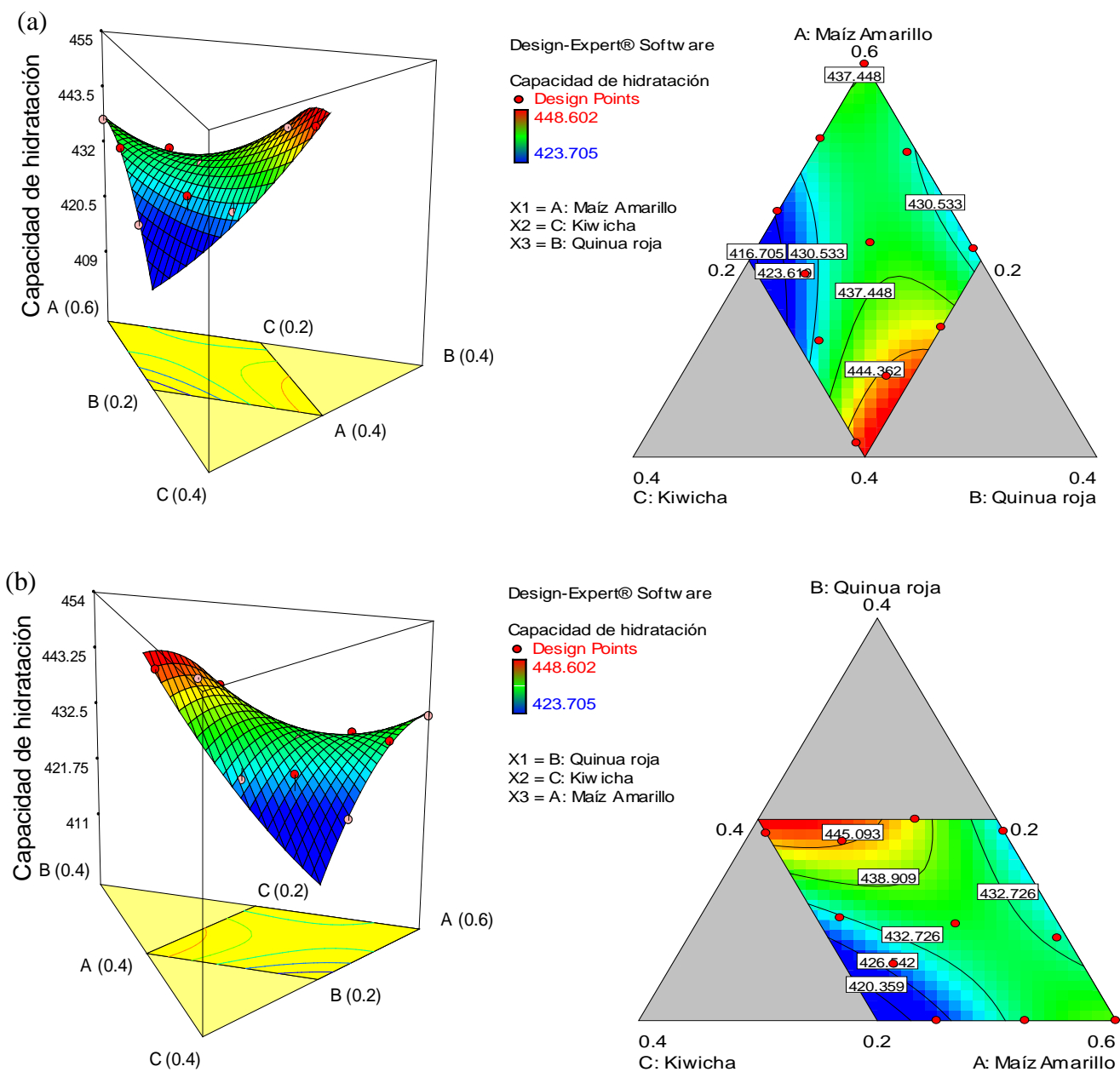


Figura 19. Gráficas de superficie de respuesta y curvas contorno para la capacidad de hidratación en agua de las mezclas instantáneas en términos de AC (a) y BC (b)

En la Figura 20, se observa mejor el comportamiento de las variables, conforme aumenta la proporción de maíz amarillo (A) en la mezcla, se obtienen valores menores de capacidad de hidratación en agua, hasta llegar a un punto mínimo en el que aumenta mínimamente, pero la mayor parte del trazo tiene pendiente negativa. En cuanto a la quinua roja (B), al incrementar su proporción en la mezcla, el valor de la capacidad de hidratación aumenta. La influencia de la kiwicha (C), muestra que a medida que aumenta su proporción

en la mezcla, la capacidad de hidratación aumenta hasta un punto mínimo y luego disminuye (pendiente pronunciada), es decir que un mínimo cambio en la proporción repercute en la capacidad de hidratación de las mezclas instantáneas. En términos generales, la quinua roja (mayor proporción) y el maíz amarillo (menor proporción) influyen en el incremento de la capacidad de hidratación de los tratamientos, respecto a la menor capacidad de hidratación, influye la kiwicha (mayor proporción).

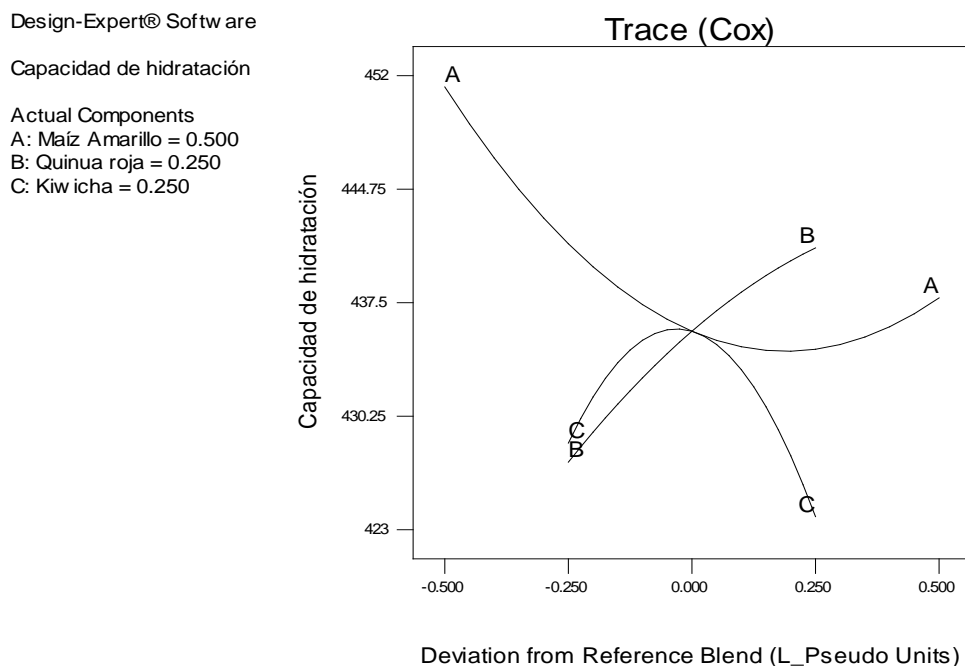


Figura 20. Gráfico de trazas (Trazos de Cox) para la capacidad de hidratación en agua de las mezclas instantáneas

La capacidad de hidratación en agua, mide la cantidad de agua que absorben los gránulos de almidón después de hincharse al someterlo a un medio acuoso, además se usa como un índice de gelatinización (Van Den Einde, Van Der Goot, y Boom, 2003). La extrusión ya de por sí incrementa la capacidad de hidratación en agua de los cereales, pues durante el procesamiento la expansión induce a cambios significativos en la estructura y propiedades físicas del almidón produciendo una mayor capacidad de hidratación (Burgos y Armada, 2015).

Barca et al., (2010) estudiaron la capacidad de hidratación en agua de la harina de amaranto inflado obteniendo valores altos de capacidad de hidratación, esto podría deberse a que el amaranto tiene un alto contenido de amilopectina (componente del almidón). Allen, Carpenter, y Walsh (2007), mencionan que la amilopectina tiene mayor capacidad de hidratación en agua, por lo que lo mencionado concuerda con los resultados ya que los tratamientos que presentaron mayor capacidad de hidratación en agua contenían mayores proporciones de quinua y kiwicha, que presentaban mayor proporción de amilopectina (79 - 90 y 88.9 - 99.9 % respectivamente). Un aumento de la capacidad de hidratación en agua, probablemente se debe a grupos hidrofílicos presentes en el almidón y proteína del material extruido, ya que al desplegar y aflojar cadenas de biopolímeros hay más disponibilidad y fácil penetración de las estructuras por las moléculas de agua (Taverna et al., 2012). Por otro lado la menor capacidad de hidratación en agua de las formulaciones, se atribuyen a la degradación casi total que sufre el almidón durante la extrusión (Barnard y Herna, 2003; Menegassi, Pilosof, y Arêas, 2011).

Otros factores que infuyen en la capacidad de hidratación en agua de los polvos extruidos, son la humedad, la temperatura y la velocidad de rotación del tornillo de extrusión, así como la proporción de materia prima. Galindo (2018), evaluó un producto extruido a base de quinua y maíz morado, el cual presentó el máximo valor de capacidad de hidratación en agua debido a la mayor proporción de quinua en la mezcla. Taverna et al. (2012), evaluaron un producto extruido que contenía harina de quinua y cassava, obteniendo una mayor capacidad de hidratación en agua, cuyas condiciones fueron alta temperatura (120 - 130 °C), baja humedad (14 - 18 %), baja velocidad de rotación del tornillo (270) y mayores proporciones de quinua (25 %).

Kaur, Singh, y Sharma (2018), estudiaron las propiedades instantáneas de papillas elaboradas a base de maíz extruido normal y de calidad proteica, cuyas capacidades de hidratación estuvieron en rangos de 281 - 391 % y 326 - 426 %, en condiciones de $T^{\circ} = 125$, $H = 16 - 18$ %; $RPM = 348$), estos resultados son cercanos a los obtenidos en la investigación, ya que los tratamientos que presentaron mayor capacidad de hidratación en agua (441.59 - 448.60 %) se dio utilizando condiciones de extrusión parecidas a las anteriormente mencionadas ($T^{\circ} = 120$; $H = 16 - 18$ %; $RPM = 270$).

El tamaño de partícula es otro factor que influye también en la capacidad de hidratación en agua de los polvos, ya que menores tamaños de partícula presentan mayor capacidad de hidratación en agua. Raghavendra et al. (2006), mencionan que tamaños de partícula ≤ 0.55 mm mejoran las propiedades de hidratación de los polvos, lo que concuerda con los resultados obtenidos en la investigación, puesto que los tratamientos presentaron tamaños de partícula que van en un rango de 0.315 a 0.320 mm.

4.9 Efecto de los componentes en la actividad de agua (A_w) de las mezclas instantáneas

Los datos experimentales de la evaluación de la actividad de agua se presentan en el Anexo 21. Los resultados de la actividad de agua promedio de las mezclas instantáneas se exponen en la Tabla 29, éstos presentaron diferencia significativa ($p < 0.05$) de acuerdo al análisis presentado en el Anexo 22. Se puede apreciar que los tratamientos T4, T2 y T6 presentaron una mayor actividad de agua, con valores que van de 0.497 - 0.499, mientras que los tratamientos que presentaron una menor A_w fueron T10, T3, T11, T5, T1, T8, T7 y T9, con valores de 0.468 a 0.489.

Tabla 29

Resultado de la A_w de las mezclas instantáneas

Tratamiento	X_1 (%)	X_2 (%)	X_3 (%)	A_w *
T1	0.600	0.200	0.200	0.478 \pm 0.008
T2	0.441	0.289	0.270	0.499 \pm 0.002
T3	0.525	0.200	0.275	0.472 \pm 0.018
T4	0.407	0.293	0.300	0.497 \pm 0.002
T5	0.493	0.228	0.279	0.477 \pm 0.015
T6	0.466	0.300	0.234	0.499 \pm 0.004
T7	0.506	0.294	0.200	0.482 \pm 0.011
T8	0.509	0.248	0.243	0.482 \pm 0.011
T9	0.459	0.251	0.290	0.489 \pm 0.012
T10	0.555	0.241	0.204	0.468 \pm 0.004
T11	0.562	0.200	0.238	0.474 \pm 0.006

* Promedio de las tres repeticiones con su desviación estándar

$X_1 = A$: Maíz amarillo, $X_2 = B$: Quinoa roja, $X_3 = C$: Kiwicha

4.9.1 Análisis estadístico para el efecto de los componentes en la Aw de las mezclas instantáneas

Los resultados del análisis de varianza (ANOVA) para el Diseño de mezclas D-Optimal concernientes a la actividad de agua de las mezclas instantáneas se presentan en la Tabla 30. Los resultados experimentales fueron ajustados a los modelos lineal, cuadrático, cúbico especial y cúbico, a través de una regresión múltiple. El modelo sugerido fue el cúbico especial polinomial, que tuvo una significancia de $p < 0.05$, indicando que el modelo exhibe diferencias entre los componentes para la actividad de agua. La mezcla de los componentes maíz amarillo - quinua roja y maíz amarillo - quinua roja - kiwicha, alcanzan un cuadrado medio positivo de 1.57×10^4 y 1.10×10^4 respectivamente, indicando que los términos AB y ABC del modelo son significativos. En los Anexos 33 y 35, los supuestos del modelo indican que éste es adecuado.

Tabla 30

Análisis de varianza (ANOVA) para el efecto de los componentes en la actividad de agua de las mezclas instantáneas

Fuente	Suma de cuadrados	G.L.	Cuadrado medio	Valor F	Prob > F p-value	Significancia
Modelo	1.22×10^3	6	2.03×10^4	48.99	0.0011	Significante
AB	1.57×10^4	1	1.57×10^4	37.82	0.0035	
AC	4.81×10^6	1	4.81×10^6	1.16	0.3414	
BC	2.12×10^5	1	2.12×10^5	5.13	0.0862	
ABC	1.10×10^4	1	1.10×10^4	26.48	0.0068	
Residual	1.70×10^5	4	4.14×10^6			
Cor Total	1.23×10^3	10				
R²	0.987					
R² Ajustado	0.966					
R² Predicho	0.925					

Nota: Media= 0.42; Desv. estándar= 2.034E-003; C.V (%)= 0.48

El coeficiente de determinación ($R^2 = 0.987$) indica que sólo el 1.34 % de la variación total no es explicada por el modelo. El coeficiente de determinación ajustado (R^2 ajustado = 0.966) confirma la significancia del modelo, el valor de R^2 predicho (0.9246) indica que el modelo es un buen predictor para la variable actividad de agua. El coeficiente de variación (C.V = 0.48) revela que el modelo diseñado se puede reproducir. El nivel de significancia ($p <$

0.05) del modelo, indica que existe diferencia significativa entre los tratamientos respecto a actividad de agua de las muestras. Los coeficientes de regresión generados por el modelo cuadrático se muestran en la Ecuación 13.

$$A_w = 2.31 * X_1 + 6.84 * X_2 + 4.70 * X_3 - 16.62 * X_1 * X_2 - 12.59 * X_1 * X_3 - 27.29 * X_2 * X_3 + 57.66 * X_1 * X_2 * X_3 \quad (\text{Ecuación 13})$$

Dónde: $X_1 = A$: Maíz amarillo, $X_2 = B$: Quinoa roja, $X_3 = C$: Kiwicha

De acuerdo a los coeficientes para la variable actividad de agua, existe un efecto positivo para los componentes puros (maíz amarillo, quinoa roja y kiwicha) y para las interacciones (maíz amarillo - quinoa roja - kiwicha). Existe un efecto negativo para las interacciones (maíz amarillo - quinoa roja; maíz amarillo - kiwicha; quinoa roja - kiwicha). En la Figura 21 se presenta la gráfica de superficie respuesta y curvas de contorno para la actividad de agua de las mezclas instantáneas, ésta muestra que hay un efecto gradual para la interacción de los componentes maíz amarillo - quinoa roja, y para la interacción de los tres componentes (maíz amarillo - quinoa roja - kiwicha).

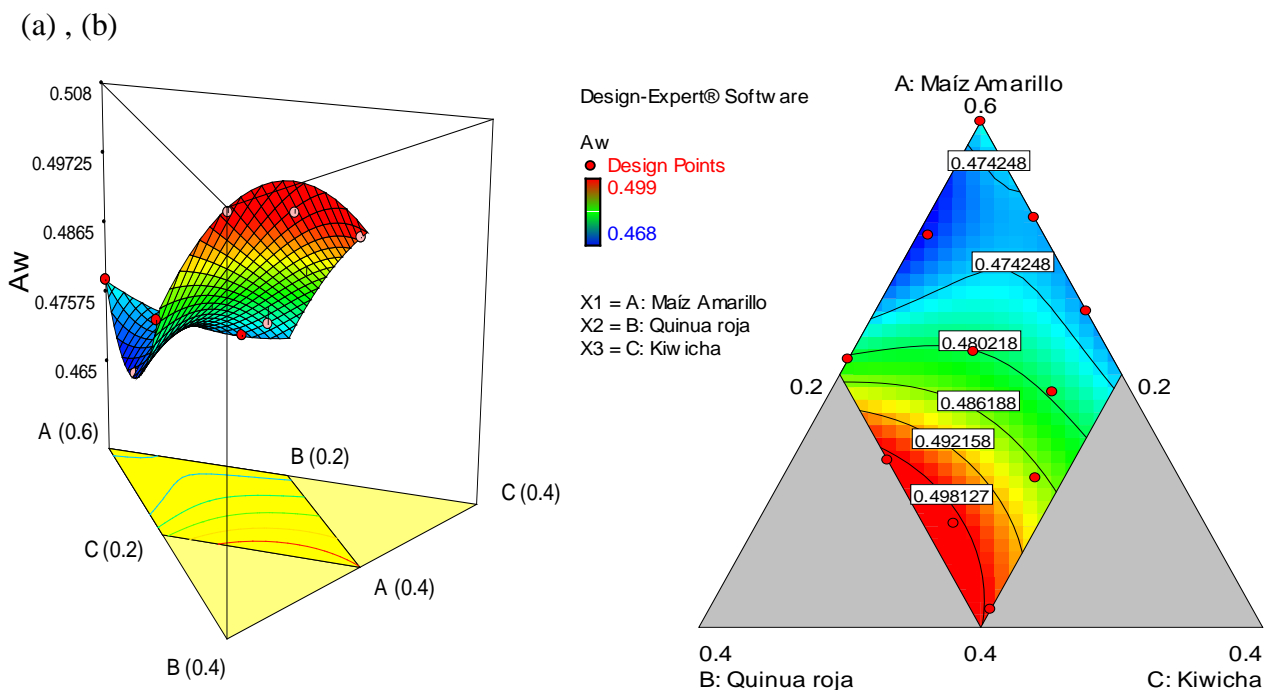


Figura 21. Gráficas de superficie de respuesta y curvas de contorno para la A_w de las mezclas instantáneas en términos AB (a) y ABC (b)

En la gráfica de superficie de respuesta y curvas de contorno de las A_w en términos de AB, se puede ver que hay un efecto correlativo positivo en relación a los componentes maíz amarillo y quinua roja, con valores desde 0.498. Se observa también que los mismos componentes presentan un efecto opuesto al correlacionarlos inversamente, alcanzando valores cercanos a 0.474. De acuerdo a la Figura 21, se puede afirmar que menores proporciones de maíz amarillo y mayores proporciones de quinua roja incrementaron la A_w de los tratamientos. De forma inversa, se observa que mayores proporciones de maíz amarillo y menores proporciones de quinua roja disminuyeron la A_w .

Respecto a los términos ABC, en la gráfica se puede observar un efecto sinérgico respecto a los componentes maíz amarillo, quinua roja y kiwicha, alcanzando valores de $A_w = 0.498$. La acción inversa de cada uno de los mismos componentes presenta un efecto contrario en la A_w , con valores cercanos a 0.474. La variable A_w tuvo un comportamiento cúbico especial, pudiéndose afirmar que mayores proporciones de quinua roja y kiwicha, y menores proporciones de maíz amarillo incrementan la A_w de las mezclas. Por otro lado mayores proporciones de maíz amarillo y menores proporciones de quinua roja y kiwicha disminuyen la A_w de las mezclas instantáneas.

En la Figura 22, se puede observar que a medida que se incrementa la proporción de maíz amarillo (A) en las mezclas, disminuye la A_w hasta llegar a un punto en el que vuelve a aumentar mínimamente, sin embargo la mayor parte del trazo tiene una pendiente negativa. El incremento gradual de a quinua roja (B) muestra un aumento en la A_w (pendiente positiva), mientras que al incrementar la proporción de kiwicha (C), la A_w aumenta hasta cierto punto y luego desciende. En términos generales, el componente que más influye en la disminución de la A_w es el maíz, por el contrario su incremento es causado por la quinua y kiwicha, debido a que presentaban un alto contenido de humedad (10.49 y 11.35 g/100g).

El contenido de humedad o agua de cualquier alimento está fuertemente vinculado a su estabilidad, sin embargo, no se puede relacionar solo con la cantidad de agua que posee sino primordialmente con la disponibilidad de agua que será usada en las reacciones químicas (Lewicki, 2004). La actividad de agua, está definida como la relación existente entre la presión de vapor de agua de los alimentos y la presión de agua pura a la misma temperatura (Franco et al., 2016). La relación entre el contenido de humedad y la actividad de agua es

compleja, pues son conceptos y valores distintos, un incremento en el contenido de humedad generalmente acarrea un incremento en la actividad de agua pero en forma lineal, la cual se representa en la isoterma de sorción de humedad de alimentos.

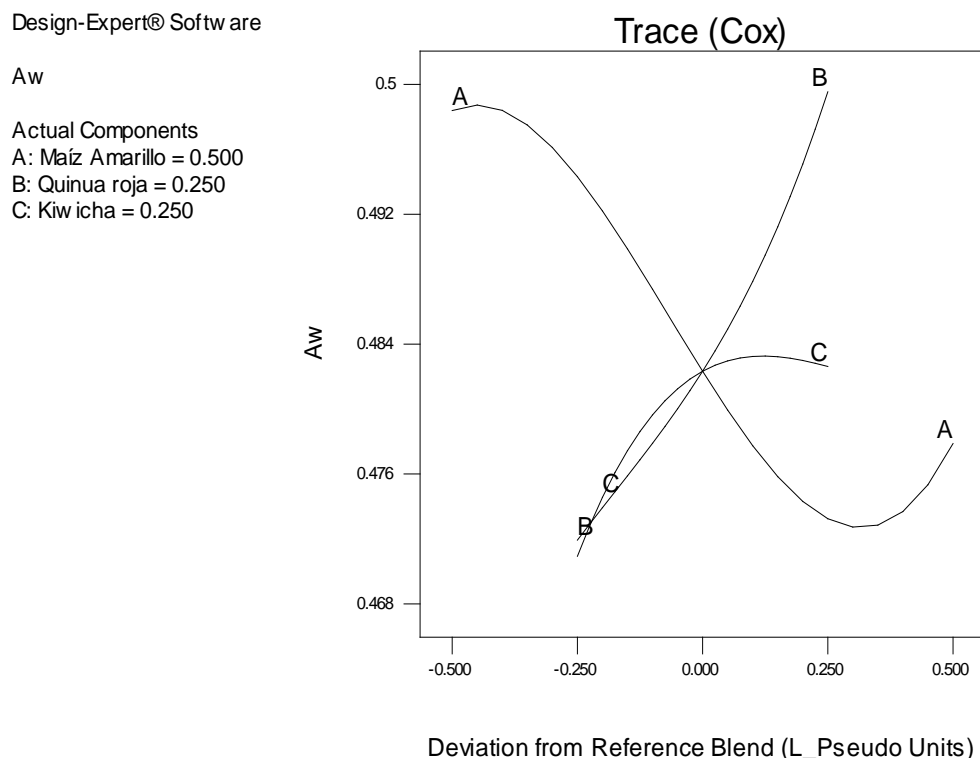


Figura 22. Gráfico de trazas (Trazos Cox) para la actividad de agua de las mezclas instantáneas

Savlak et al. (2016), mencionan que el contenido de humedad y la actividad de agua (Aw) de los productos alimenticios en polvo son propiedades críticas que podrían afectar a otras propiedades físicas y químicas, además de su vida útil y estabilidad durante el almacenamiento, pues el exceso de humedad del alimento acelera los cambios que alteran el estado de éste debido a la ocurrencia de reacciones químicas y por ende el desarrollo de microorganismos, por otra parte, la disminución excesiva de humedad también perjudica el alimento respecto a su textura y apariencia. Los productos alimenticios secos como galletas, frituras, dulce, chocolates poseen una actividad de agua < 0.6 , los alimentos extruidos se caracterizan por su actividad de agua ≤ 0.5 , en dichas condiciones, es improbable que se den alteraciones microbianas (Robertson, 1993), confiriendo una mayor estabilidad y

favoreciendo la preservación del producto (ICMSF, 1984), gracias a que la reducción de la disponibilidad de agua (A_w) impide la proliferación de microorganismos perjudiciales, se evita la oxidación de lípidos, reduce la tasa de reacciones enzimáticas y retarda el pardeamiento no enzimático (Belitz, Grosch, y Schieberle, 2009). Todos los tratamientos cumplen con las características recomendadas, ya que presentaron A_w en un rango de 0.468 a 0.499. Los tratamientos que presentaron A_w más bajos fueron T10, T3, T11, T5, T1, T7 y T8 (0.468 - 4.82), mientras que T9, T4, T2 y T6 presentaron valores ligeramente altos (0.489 - 0.499), pero en el límite de lo establecido.

En un análisis realizado por Cruz, García, y García (2016) a snacks libres de gluten elaborados con maíz amarillo y camote, el valor de actividad de agua fue 0.48, mientras que Reyes-Moreno et al. (2003) reportaron un valor de 0.51 en una harina instantánea de maíz, asimismo, Gutiérrez et al., (2008) obtuvieron valores de A_w entre 0.5 - 0.51 en harinas extruidas de maíz y garbanzo, y Savlak et al., (2016) reportaron valores de actividad de agua entre 0.453 a 0.473, con un contenido de humedad entre 8.75 a 9.19 g/100 g. Todos los tratamientos de la presente investigación presentaron valores de actividad de agua y contenido de humedad (0.468 - 0.499 y 7.86 - 7.91 g/100 g), que concuerdan con los reportados por los autores antes mencionados, pues son cercanos. Con base en los resultados obtenidos, se puede aseverar que el valor de actividad de agua en las mezclas instantáneas se encuentra en la isoterma de la zona II (agua ligada: $A_w = 0.25 - 0.8$) (Figura 23), donde la actividad enzimática, las reacciones químicas y el crecimiento microbiano ocurren de forma muy lenta (Labuza, 1980), favoreciendo así a la vida útil de las mezclas instantáneas.

Algunos autores consideran que el agua ligada está unida fuertemente al alimento a través de puentes de hidrógeno, otros creen que sólo está atrapada físicamente en una matriz muy viscosa, la cual no permite su difusión y movilidad, por consecuencia no está disponible, acortando su reactividad química (Badui, 1990). El agua presente en esta zona constituye menos del 5 % del agua de un alimento con alta humedad y que se puede eliminar mediante el secado.

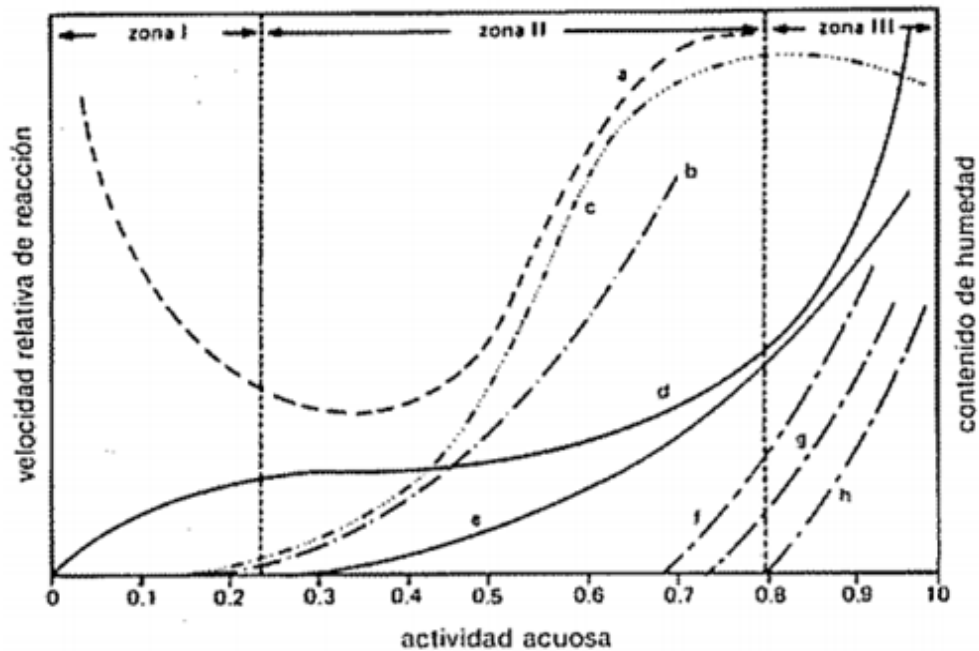


Figura 23. Cambios en los alimentos respecto a su actividad de agua (A_w).

a: oxidación de lípidos, b: reacciones hidrolíticas, c: oscurecimiento no enzimático, d: isoterma del contenido de humedad o adsorción, e: actividad enzimática, f: crecimiento de hongos, g: crecimiento de levaduras, h: crecimiento de bacterias (Badui, 1990)

4.10 Efecto de los componentes en el índice de pardeamiento de las mezclas instantáneas

Los datos experimentales de la evaluación del índice de pardeamiento se presentan en el Anexo 23. Los resultados del índice de pardeamiento promedio de las mezclas instantáneas se presentan en la Tabla 31, éstos presentan diferencia significativa ($p < 0.05$) acorde al análisis que se expone en el Anexo 24. De acuerdo a los datos experimentales, se puede ver que los tratamientos con un mayor índice de pardeamiento fueron T7, T4, T6 y T2 (43.46 - 44.59), los tratamientos con un menor índice de pardeamiento fueron T9, T1, T3, T5, T8, T11 y T10 con valores que van de 41.34 a 42.69. Tanto el pardeamiento enzimático y no enzimático afectan el color, sabor y valor nutricional de los alimentos, en consecuencia se necesita evaluar qué componentes tienen influencia en él.

Tabla 31*Resultado del índice de pardeamiento de las mezclas instantáneas*

Tratamiento	X₁ (%)	X₂ (%)	X₃ (%)	Índice de pardeamiento*
T1	41.681	41.087	41.662	41.48 ± 0.01
T2	44.499	44.580	44.675	44.58 ± 0.07
T3	41.580	41.525	41.634	41.58 ± 0.04
T4	43.770	43.980	43.459	43.74 ± 0.05
T5	41.234	40.324	43.227	41.60 ± 0.05
T6	44.596	44.389	44.558	44.51 ± 0.06
T7	42.454	42.538	45.375	43.46 ± 0.02
T8	41.040	41.785	42.393	41.74 ± 0.05
T9	42.974	41.169	39.878	41.34 ± 0.04
T10	42.643	41.448	43.986	42.69 ± 0.04
T11	41.677	44.149	40.536	42.12 ± 0.03

* Promedio de las tres repeticiones con su desviación estándar
X₁ = A: Maíz amarillo, X₂ = B: Quinoa roja, X₃ = C: Kiwicha

4.10.1 Análisis estadístico para el efecto de los componentes en el índice de pardeamiento de las mezclas instantáneas

Los datos experimentales referidos al índice de pardeamiento de las mezclas instantáneas fueron ajustados a los modelos lineal, cuadrático, cúbico especial y cúbico, por medio de una regresión múltiple. En la Tabla 32, se presentan los resultados del ANOVA, donde se puede divisar que el modelo sugerido fue el modelo lineal polinomial, el cual presenta una significancia de $p < 0.05$, pudiéndose aseverar que hay diferencias entre los componentes respecto al índice de pardeamiento. Puesto que el modelo sugerido es lineal, indica que los términos A, B, y C son significativos. En los Anexos 33 y 35, se muestran los supuestos del modelo, éstos presentan una distribución normal de los datos, los cuales indican que éste el modelo es adecuado.

Tabla 32

Análisis de varianza (ANOVA) para el efecto de los componentes en el índice de pardeamiento de las mezclas instantáneas

Fuente	Suma de cuadrados	G.L.	Cuadrado medio	Valor F	Prob > F p-value	Significancia
Modelo	10.99	2	5.50	9.76	0.0071	significante
Residual	4.51	8	0.56			
Cor Total	15.50	10				
R²	0.709					
R² Ajustado	0.637					
R² Predicho	0.501					

Nota: Media= 42.62; Desv. Estándar =0.75; C.V (%) = 1.76

El coeficiente de determinación (R^2) fue 0.709, el valor de R^2 ajustado (0.637) indica que 63.7 % de la variación existente alrededor de la media es explicada por el modelo. El valor del R^2 predicho (0.501) indica que el modelo es un buen predictor para la variable respuesta. El nivel de significancia ($p < 0.05$) del modelo, indica que existe diferencia estadísticamente significativa entre los tratamientos respecto al índice de pardeamiento de las mezclas instantáneas, con un 95 % de nivel de confianza. En la Ecuación 14, se muestran los coeficientes de regresión indicando que existe un efecto positivo para los componentes puros (maíz amarillo, quinua roja y kiwicha).

$$\text{Índ. pardeamiento} = 37.132 * X_1 + 63.579 * X_2 + 32.673 * X_3 \quad (\text{Ecuación 14})$$

Dónde: X_1 = A: Maíz amarillo, X_2 = B: Quinua roja, X_3 = C: Kiwicha

En la Figura 24, en términos de A, se puede observar que menores proporciones de maíz amarillo incrementan el índice de pardeamiento, lo contrario sucede si se aumenta la proporción. En términos de B, mayores proporciones de quinua roja incrementan el índice de pardeamiento y menores proporciones la disminuyen. En términos de C, menores proporciones de kiwicha incrementan el índice de pardeamiento y mayores proporciones la disminuyen.

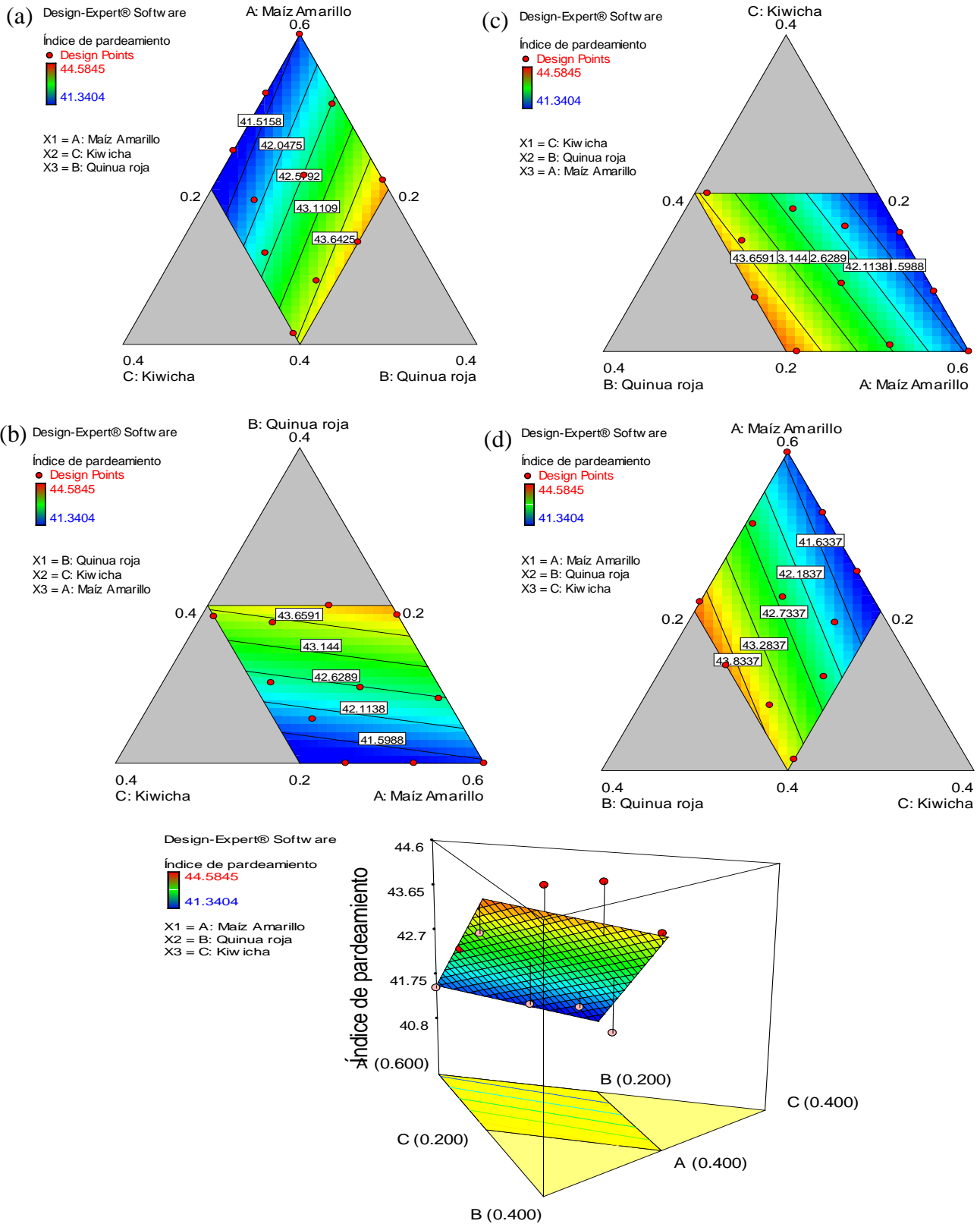


Figura 24. Gráfica de superficie de respuesta y curvas de contorno para el índice de pardeamiento de las mezclas instantáneas en términos lineales de A (a), B (b) y C (c); (d): términos generales

En la Figura 25, se puede observar que las trazas de cada uno de los componentes presenta una tendencia recta. Cornell (2002) manifiesta que cuando se tiene un modelo de regresión lineal cuyas trazas son rectas, los componentes de la mezcla que tienen las trazas más pronunciadas tienen una mayor influencia sobre la respuesta, y en caso de que sean dos o más los componentes cuyas trazas sean casi similares, éstos tendrán efectos también casi similares sobre la respuesta. De acuerdo a lo mencionado, en términos generales (gráfica d), se puede concluir que el componente que tiene un mayor efecto en el incremento del índice de pardeamiento de las mezclas instantáneas es la quinua roja, pues cuando se va incrementando su proporción en la mezcla ésta presenta mayores valores de Chroma $+a^*$. Por el contrario, conforme se van incrementando las proporciones de maíz amarillo y kiwicha, los valores de L^* y Chroma $+b^*$ incrementan, presentando de esta manera un menor índice de pardeamiento.

Design-Expert® Software

Índice de pardeamiento

Actual Components

A: Maíz Amarillo = 0.500

B: Quinua roja = 0.250

C: Kiwicha = 0.250

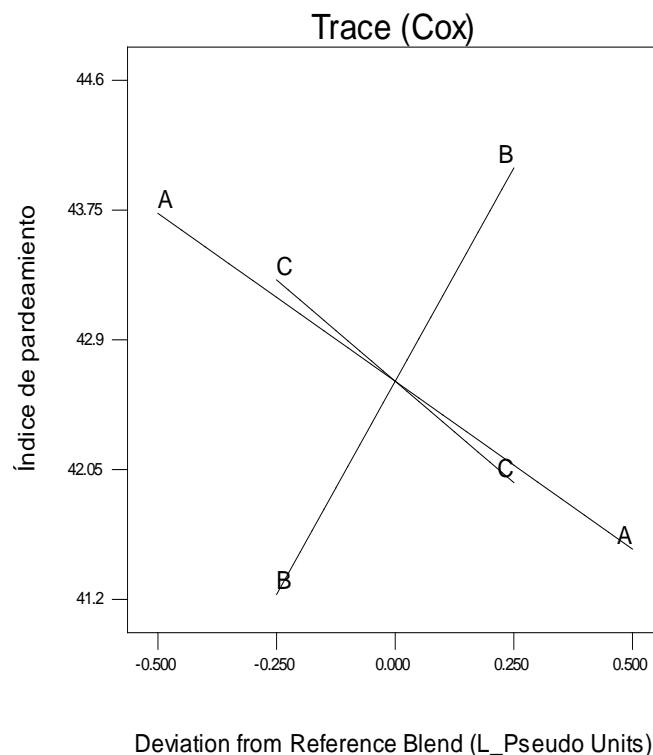


Figura 25. Gráfico de trazas (Trazos de Cox) para el índice de pardeamiento de las mezclas instantáneas

Los cambios de color proporcionan información sobre el grado de reacciones de pardeamiento como la caramelización, la reacción de Maillard, el grado de cocción y la degradación del pigmento, que tienen lugar durante la extrusión (Anton et al., 2008). Iwe, Van Zuilichem, Stolp, y Ngoddy (2004), mencionan que el pardeamiento podría ser un problema serio durante el procesamiento de los productos alimenticios, puesto que se produce como resultado del oscurecimiento de la superficie del producto por oxidación, produciéndose un pigmento marrón a medida que va progresando la reacción de dorado y/o caramelización. Para una mejor observación de los cambios de color respecto a los valores L^* , a^* y b^* de las harinas sin extruir, extruidas y en los tratamientos (mezclas instantáneas), ver el Anexo 25.

En el análisis de los componentes de color de las harinas sin extruir, el valor L^* (luminosidad) varió de 68.12 a 93.09, mientras que después de la extrusión se observaron valores entre 61.03 a 87.78. En los tratamientos también se evidenció que los valores del componente L^* (L^* : 100 = luminosidad ; L^* : 0 = oscuridad) variaron de 74.69 a 79.52, lo que indica una disminución en la luminosidad de las mezclas después de la extrusión en comparación con la luminosidad de las harinas sin extruir (83.6), según los resultados obtenidos, este oscurecimiento lo produjo la mayor proporción de quinua roja en la mezcla, esto debido a que ésta contiene betalaínas que son pigmentos naturales que se dividen en betacianinas y betaxantinas, las primeras le brindan a las semillas tonalidades rojas, hasta violetas (Ramírez, 2015; Rivas y Valencia, 2018). Abderrahim et al., (2015) evaluaron el color de semillas de quinua de colores, encontrando que la quinua roja presentaba valores L^* por debajo de 100, indicando que ésta era más oscura que la quinua de color claro. Taverna et al. (2012), evaluaron snacks extruidos a base de harina de quinua y almidón de cassava (yuca agri dulce), presentando valores de L^* que variaron de 66.48 a 80.45, los autores mencionan que el oscurecimiento del producto se debió a la mayor proporción de quinua presente en la formulación (25 %) y $T^\circ = 120^\circ\text{C}$, concordando con los resultados de la investigación, ya que la proporción de quinua utilizada en la formulación fue 30 %, y la temperatura = 120°C . Rodríguez-Miranda et al., (2014) estudiaron el efecto de la concentración de harina de frijol, la humedad y temperatura en las propiedades funcionales de alimentos para peces, reportando que contenidos de humedad y temperatura ($H = 18\%$, $T = 120^\circ\text{C}$) disminuían la luminosidad (L^*) e incrementaban los valores de cromaticidad

($+a^*$ y $+b^*$). Galindo (2018) indica que a altos contenidos de humedad, los gránulos de almidón se gelatinizan mejor ocasionando que los extremos reductores se vuelvan más disponibles para reaccionar químicamente por medio de varias reacciones de pardeamiento, por lo que se puede concluir que el contenido de humedad en las harinas acondicionadas (16 - 18 %) para su extrusión influyó en la pérdida de luminosidad de las mezclas instantáneas.

Los valores de Chroma a^* , variaron de 5.77 a 7.82, habiendo poca variabilidad en este parámetro durante el proceso de extrusión, considerando que se puede variar de -60 a +60. El proceso de extrusión intensificó el color rojo (en algunos tratamientos con mayor intensidad que otros), dado que las mezclas presentaron un valor Chroma a^* positivo ligeramente mayor comparado a las harinas sin extruir, ya que éstas presentaron un valor Chroma a^* en rangos de 0.99 a 5.58 (menor a los extruidos). El incremento en la tonalidad roja se dio cuando se incorporó mayor proporción de quinua roja en las mezclas, debido a su contenido de betalaínas del tipo betacianinas, que son pigmentos que brindan colores rojos - violetas al grano (Ramírez, 2015; Rivas y Valencia, 2018). Fuentes (2016), evaluó una harina pregelatinizada a base de maíz, quinua y avena utilizando el método de extrusión, en su estudio obtuvo valores de Chroma a^* en rangos de 11.25 a 11.35 en condiciones de baja temperatura y velocidad de rotación del tornillo (100°C y 130 rpm), el autor menciona que a medida que aumentó la temperatura y la velocidad de rotación se obtienen valores de tonalidad a^* más bajas, concordando con lo obtenido en el análisis de las mezclas, ya que a temperaturas y velocidad de tornillo más altas (120°C y 270 rpm) se obtuvieron valores de tonalidad roja menores (5.77 - 7.82).

Respecto a los valores de Chroma b^* , estos variaron de 23.16 a 24.29, evidenciando un incremento en la tonalidad amarilla en comparación con las harinas sin extruir (15.70 a 25.51), la tonalidad amarilla se evidenció cuando se incorporaron mayores proporciones de maíz amarillo y kiwicha, esto debido a los pigmentos presentes en ambos granos que influyen directamente en el color de éstos, pues la pigmentación de color amarillo que presenta el grano de maíz es debido a la presencia de carotenoides en su composición (Salinas, Saavedra, Soria, y Espinosa, 2008). Por otro lado, no solo el grano de quinua posee betalaínas en su composición sino también la kiwicha, pero la betalaína presente es la

amarantina del tipo betaxantinas que brinda tonalidades amarillas al grano (Ramírez, 2015; Rivas y Valencia, 2018). Los valores de Chroma b^* hallados en la investigación concordaron con lo descrito por Fuentes (2016), quien evaluó harinas pregelatinizadas a base de maíz, quinua y avena extruidos, encontrando que en condiciones de temperatura iguales a 120°C, los valores de tonalidad amarilla en ella estuvieron entre 24.5 a 26, la velocidad de rotación del tornillo no presentó influencia. Puesto que todas las mezclas (tratamientos) presentaron valores de Chroma b^* positivos, éstas muestran tendencia al color amarillo concordando con lo referido por Da Silva (2014), quien expresó que cuanto mayor es el valor de Chroma b^* , la tonalidad es más intensa. En las Figuras 26 y 27 se puede apreciar la variación de los parámetros de color de las mezclas instantáneas. Las imágenes que muestran el color de las harinas de las materias primas sin extruir y extruídas se presentan en el Anexo 26.







		
T1	T2	T3
$L^* : 79.30$ $a^* : 5.78$ $b^* : 24.28$	$L^* : 74.69$ $a^* : 7.82$ $b^* : 23.24$	$L^* : 79.26$ $a^* : 5.86$ $b^* : 24.28$
		
T4	T5	T6
$L^* : 77.00$ $a^* : 7.59$ $b^* : 23.75$	$L^* : 78.99$ $a^* : 6.01$ $b^* : 24.12$	$L^* : 74.42$ $a^* : 7.75$ $b^* : 23.16$

Figura 26. Imágenes fotográficas y colorimétricas con valores en el espacio CIELAB “ L^* , a^* y b^* ”, para los tratamientos T1, T2, T3, T4, T5, T6

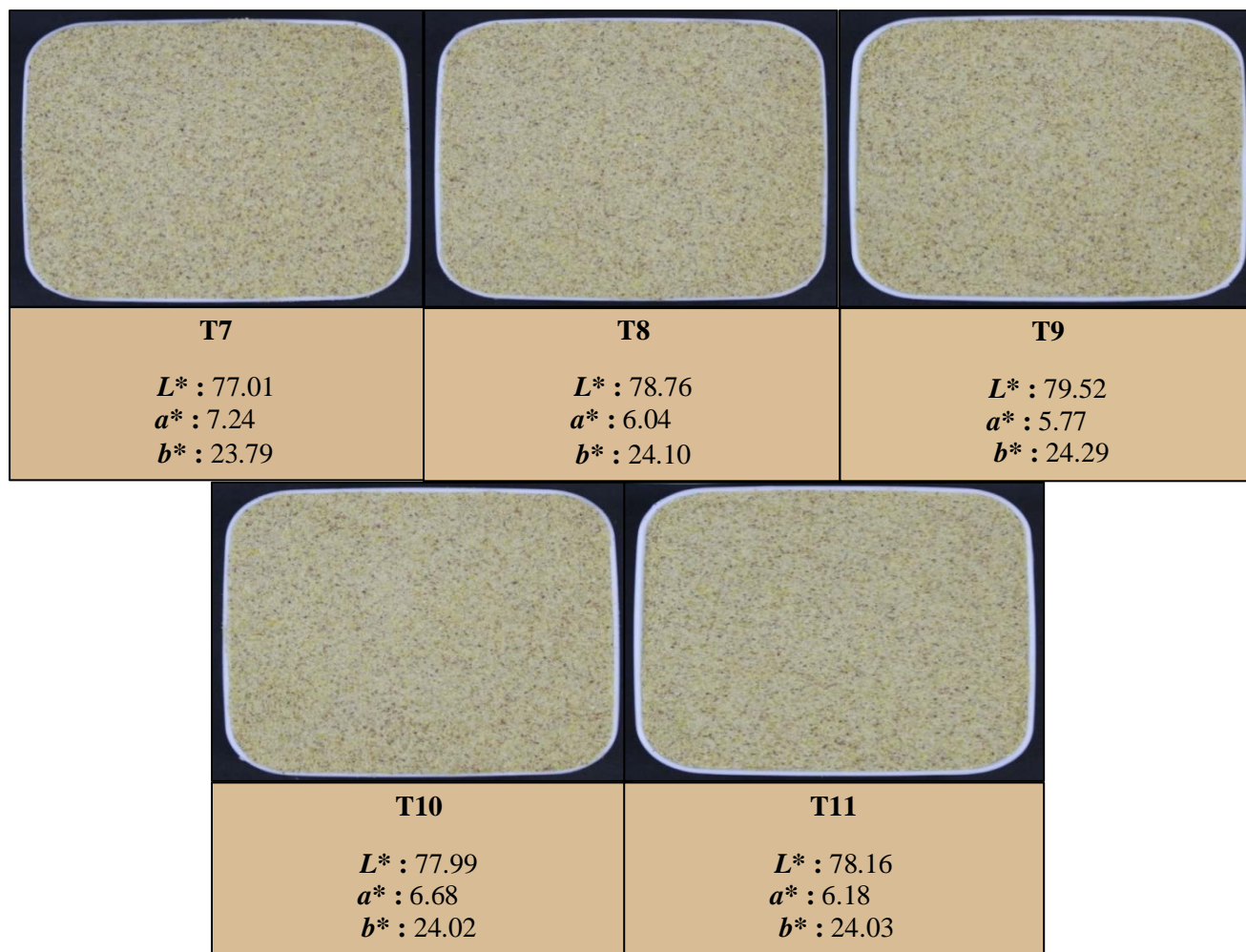


Figura 27. Imágenes fotográficas y colorimétricas con valores en el espacio CIELAB “*L**, *a** y *b**”, para los tratamientos T7, T8, T9, T10, T11

4.11 Efecto de los componentes en la reconstitución de las mezclas instantáneas en agua a 25°C y 100°C

Los datos experimentales de la reconstitución en agua a 25 y 100 °C se presentan en el Anexo 27. Los resultados de la reconstitución en agua promedio a 25°C se muestran en la Tabla 33, donde se puede ver que existe variación significativa ($p < 0.05$) entre los tratamientos de acuerdo al análisis que se presenta en el Anexo 28. Los tratamientos T10, T1, T11, T5, T3 y T7 presentaron un mayor tiempo de reconstitución en agua a 25 °C (7.30 a 7.86 segundos). La reconstitución en agua se relaciona directamente con la calidad del

uso final de los polvos instantáneos, por lo que es preciso que se reconstituyan en menor tiempo. Los tratamientos que presentaron un menor tiempo de reconstitución en agua a 25 °C fueron T4, T2, T9, T6 y T8, con tiempos de reconstitución que van de 6.60 a 7.23 segundos.

Tabla 33

Resultado de la reconstitución en agua a 25 °C, de las mezclas instantáneas

Tratamiento	X ₁ (%)	X ₂ (%)	X ₃ (%)	Reconstitución en agua
				a 25°C (seg)*
T1	0.600	0.200	0.200	7.40 ± 0.04
T2	0.441	0.289	0.270	6.87 ± 0.05
T3	0.525	0.200	0.275	7.73 ± 0.04
T4	0.407	0.293	0.300	6.60 ± 0.02
T5	0.493	0.228	0.279	7.48 ± 0.03
T6	0.466	0.300	0.234	7.23 ± 0.04
T7	0.506	0.294	0.200	7.86 ± 0.02
T8	0.509	0.248	0.243	7.23 ± 0.02
T9	0.459	0.251	0.290	7.10 ± 0.05
T10	0.555	0.241	0.204	7.30 ± 0.04
T11	0.562	0.200	0.238	7.48 ± 0.05

*** Promedio de las tres repeticiones con su desviación estándar**

X₁ = A: Maíz amarillo, X₂ = B: Quinoa roja, X₃ = C: Kiwicha; seg: segundos

En la Tabla 34 se exponen los resultados del análisis de reconstitución en agua de las mezclas a 100°C. Los tratamientos que presentaron un mayor tiempo de reconstitución en agua a 100 °C fueron T9, T10, T6, T1, T5, T11, T3 y T7, los cuales presentaron tiempos de reconstitución que van de 5.70 a 6.50 segundos. Por otra parte, los tratamientos T4, T2 y T8 presentaron menores tiempos de reconstitución (5.10 a 5.49 segundos).

Tabla 34*Resultado de la reconstitución en agua a 100 °C, de las mezclas instantáneas*

Tratamiento	X₁ (%)	X₂ (%)	X₃ (%)	Reconstitución en agua a 100°C (seg)*
T1	0.600	0.200	0.200	5.90 ± 0.03
T2	0.441	0.289	0.270	5.33 ± 0.04
T3	0.525	0.200	0.275	6.39 ± 0.05
T4	0.407	0.293	0.300	5.10 ± 0.06
T5	0.493	0.228	0.279	5.97 ± 0.04
T6	0.466	0.300	0.234	5.83 ± 0.04
T7	0.506	0.294	0.200	6.50 ± 0.05
T8	0.509	0.248	0.243	5.49 ± 0.02
T9	0.459	0.251	0.290	5.70 ± 0.05
T10	0.555	0.241	0.204	5.80 ± 0.05
T11	0.562	0.200	0.238	6.17 ± 0.04

* Promedio de las tres repeticiones con su desviación estándar

X₁ = A: Maíz amarillo, X₂ = B: Quinua roja, X₃ = C: Kiwicha; seg: segundos

4.11.1 Análisis estadístico para el efecto de los componentes en la reconstitución en agua a 25°C y 100°C, de las mezclas instantáneas

En la Tabla 35, se muestran los resultados del ANOVA, donde se puede observar que el modelo de regresión sugerido para la reconstitución en agua a 25 y 100°C de las mezclas instantáneas fue el cuadrático polinomial, con una significancia de $p < 0.05$, indicando que este modelo presenta diferencias entre los componentes para estas variables. En los Anexos 34 y 36, se puede observar que los supuestos indican la adecuación del modelo (los errores se distribuyen normalmente).

Tabla 35

Análisis de varianza (ANOVA) para el efecto de los componentes en la reconstitución en agua a 25 y 100 °C, de las mezclas instantáneas

	Fuente	Suma de cuadrados	G.L.	Cuadrado medio	Prob > F Valor F	p-value	Significancia
25°C	Modelo	1.27	5	0.25	46.90	0.0003	significante
	AB	0.04	1	0.04	6.71	0.0488	
	AC	0.03	1	0.03	5.95	0.0588	
	BC	0.30	1	0.29	54.19	0.0007	
	Residual	0.03	5	5.40 x 10 ³			
	Cor Total	1.29	10				
	R²	0.979					
	R² Ajustado	0.958					
	R² Predicho	0.857					
	Fuente	Suma de cuadrados	G.L.	Cuadrado medio	Prob > F Valor F	p-value	Significancia
100°C	Modelo	1.77	5	0.35	39.53	0.0005	significante
	AB	0.19	1	0.19	20.76	0.0061	
	AC	0.09	1	0.09	10.47	0.0231	
	BC	0.65	1	0.65	72.74	0.0004	
	Residual	0.05	5	8.97 x 10 ³			
	Cor Total	1.82	10				
	R²	0.975					
	R² Ajustado	0.951					
	R² Predicho	0.863					

Nota: Media= 7.30; Desviación estándar: 0.074; C.V (%)= 1.01 , para 25°C

Nota: Media= 5.83; Desv. estándar= 0.095; C.V (%)= 1.62 , para 100°C

Respecto a la reconstitución a 25°C, los términos AB y BC del modelo son significativos ($p < 0.05$). El coeficiente de determinación (R^2) fue 0.979, el valor de R^2 ajustado indica que 95.8 % de la variación existente alrededor de la media es explicada por el modelo. El valor del R^2 predicho (0.857) indica que el modelo es un buen predictor para la variable respuesta. Los coeficientes de regresión (Ecuación 15) indican que existen efectos positivos para los componentes puros y negativos para las interacciones.

$$\text{Reconstitución en agua a } 25^{\circ}\text{C} = 3.59 * X_1 + 78.93 * X_2 + 83.87 * X_3 - 56.72 * X_1 * X_2 - 62.29 * X_1 * X_3 - 327.34 * X_2 * X_3 \quad (\text{Ecuación 15})$$

Dónde: $X_1 = \text{A: Maíz amarillo}$, $X_2 = \text{B: Quinua roja}$, $X_3 = \text{C: Kiwicha}$

Respecto a la reconstitución a 100°C , los términos AB, AC y BC del modelo son significativos ($p < 0.05$). El coeficiente de determinación ($R^2 = 0.975$) indica que el 2.47% de la variación total no se explica por el modelo. El coeficiente de determinación ajustado ($R^2 \text{ adj} = 0.951$) confirma que el modelo es altamente significativo, el valor del R^2 predicho (0.863) indica que el modelo es un buen predictor para la variable respuesta. Los coeficientes de regresión generados por el modelo cuadrático (Ecuación 16), indican que existe un efecto positivo para los componentes puros, y negativo para las interacciones.

$$\begin{aligned} \text{Reconstitución en agua a } 100^{\circ}\text{C} = & 6.429 * X_1 \\ & + 128.141 * X_2 + 120.915 * X_3 - 128.555 * X_1 * X_2 \\ & - 106.528 * X_1 * X_3 - 488.718 * X_2 * X_3 \end{aligned} \quad (\text{Ecuación 16})$$

Dónde: $X_1 = \text{A: Maíz amarillo}$, $X_2 = \text{B: Quinua roja}$, $X_3 = \text{C: Kiwicha}$

En la Figura 28, se puede observar que existe un efecto gradual para los componentes maíz amarillo - quinua roja, y quinua roja - kiwicha respecto a la reconstitución en agua a 25°C de las mezclas instantáneas. En términos de AB (a), se puede observar que mayores proporciones de maíz amarillo y menores o mayores de quinua roja incrementan el tiempo de reconstitución en agua a 25°C , mientras que una relación inversa de los componentes (menores proporciones de maíz amarillo y mayores de quinua roja) la disminuyen. Respecto al término BC (b), se puede observar que menores proporciones de quinua roja y mayores proporciones de kiwicha incrementan el tiempo de reconstitución en agua de las mezclas, sin embargo menores proporciones de kiwicha también la incrementan. Lo contrario sucede cuando mayores proporciones de quinua roja y mayores o menores proporciones de kiwicha interaccionan.

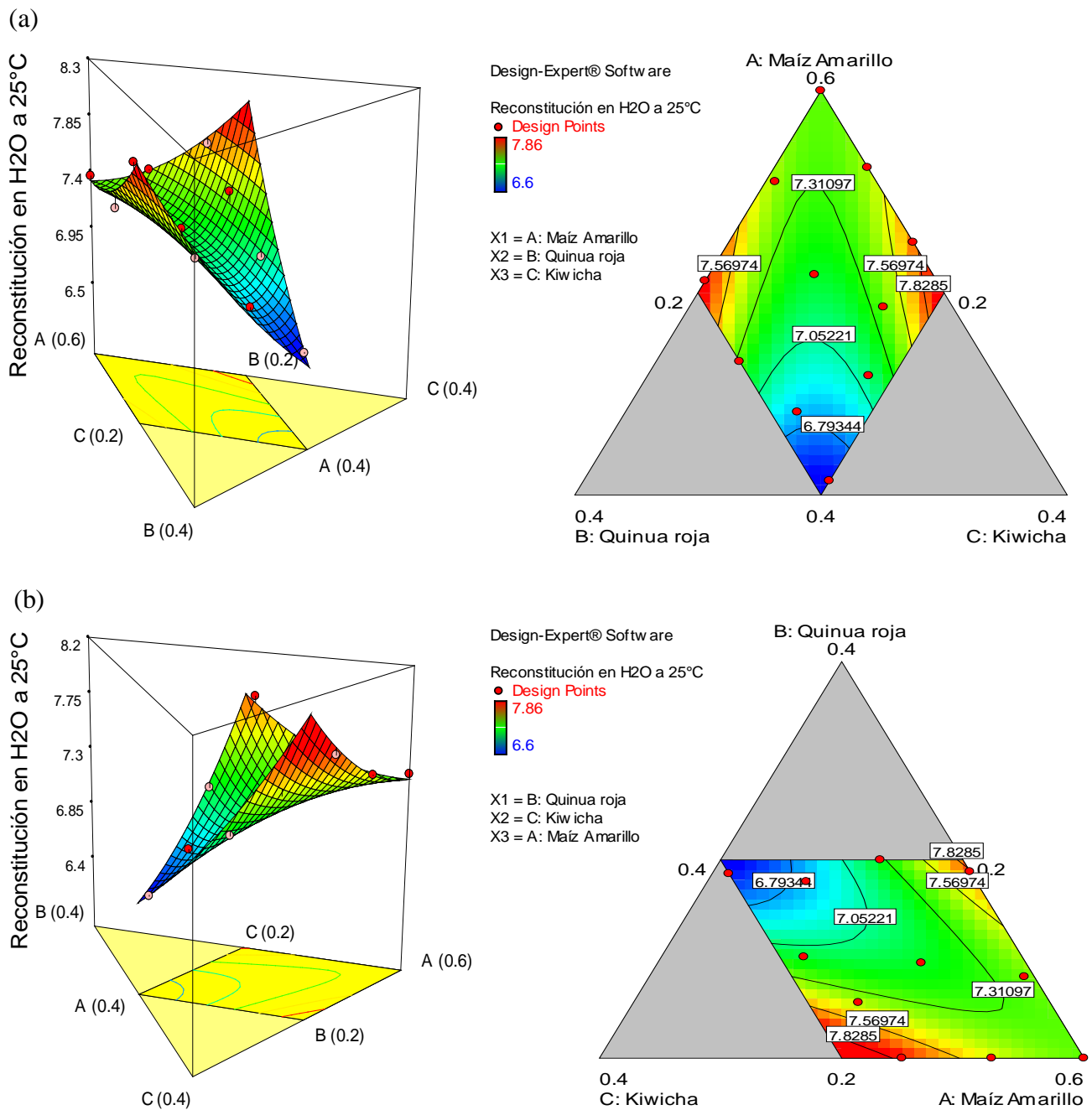


Figura 28. Gráfica de superficie de respuesta y curvas de contorno para la reconstitución en agua a 25°C de la mezcla instantánea en términos AB (a), BC (b)

En la Figura 29, el maíz (A) tiene pendiente positiva, indicando que a medida que se aumenta su proporción en la mezcla, el tiempo de reconstitución en agua a 25°C incrementa. Por otro lado, conforme se incrementa la proporción de quinoa roja y kiwicha (B y C) en la mezcla, el tiempo de reconstitución en agua disminuye hasta llegar a un punto y luego aumenta, indicando que un mínimo cambio en su proporción puede repercutir en el

tiempo de reconstitución de las mezclas instantáneas (pendientes pronunciadas). En términos generales, el maíz y la kiwicha influyen en la reconstitución en agua a 25°C de las mezclas instantáneas.

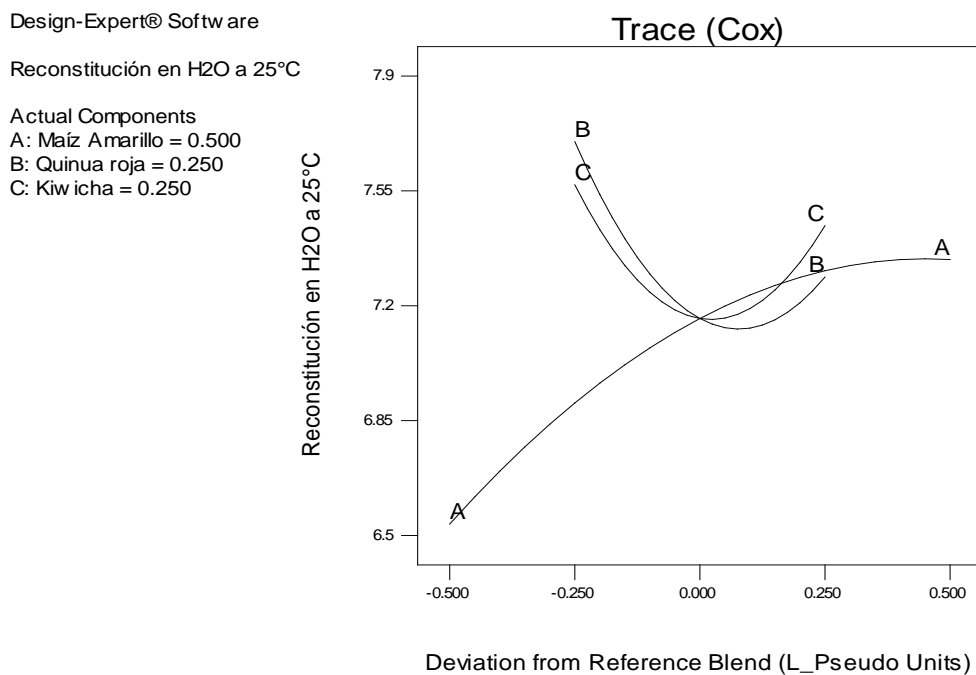


Figura 29. Gráfico de trazas (Trazos de Cox) para la reconstitución en agua de las mezclas instantáneas

En las gráficas de contorno de la superficie respuesta para la reconstitución en agua a 100°C de las mezclas (Figura 30), en términos de AB (a), se puede divisar que mayores proporciones de maíz amarillo y menores o mayores proporciones de quinua roja incrementan el tiempo de reconstitución en agua de las mezclas. Por otra parte, menores proporciones de maíz amarillo y mayores proporciones de quinua roja disminuyen el tiempo de reconstitución en agua de las mezclas. En términos de AC (b), se puede observar que mayores proporciones de maíz amarillo y kiwicha incrementan el tiempo de reconstitución de las mezclas, sin embargo menores proporciones de kiwicha también lo hacen. Por otro lado menores proporciones de maíz amarillo y mayores proporciones de kiwicha disminuyen el tiempo de reconstitución a 100°C.

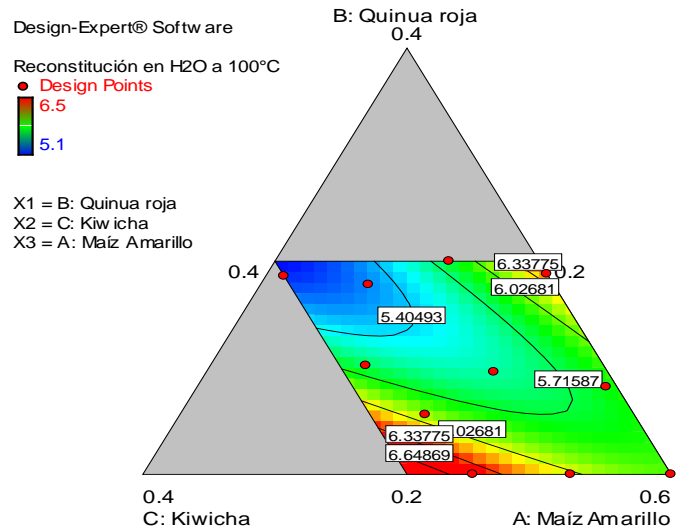
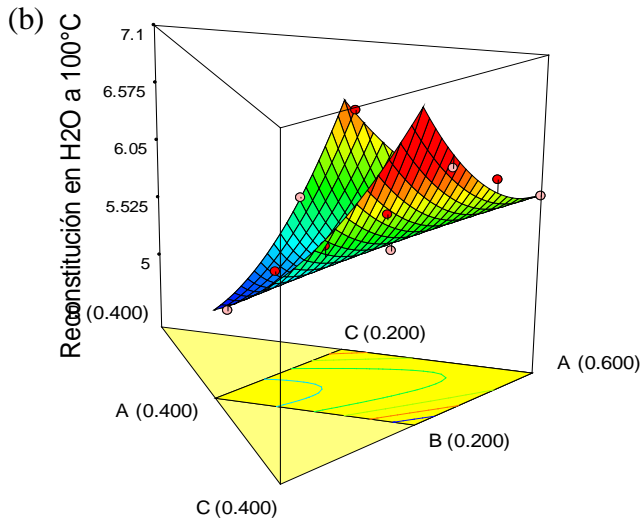
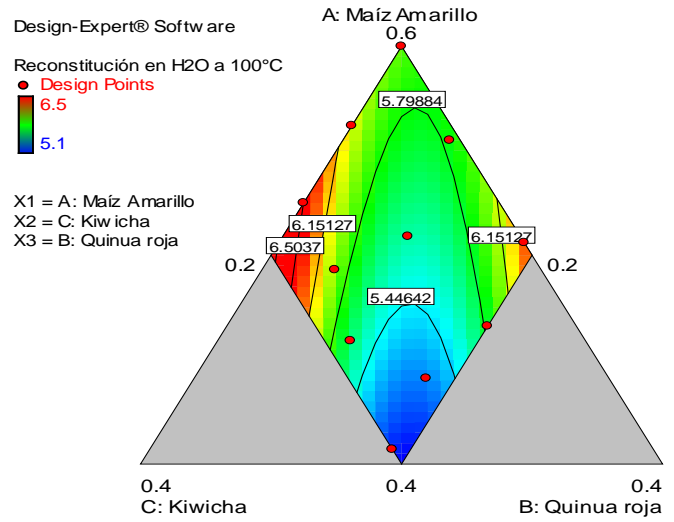
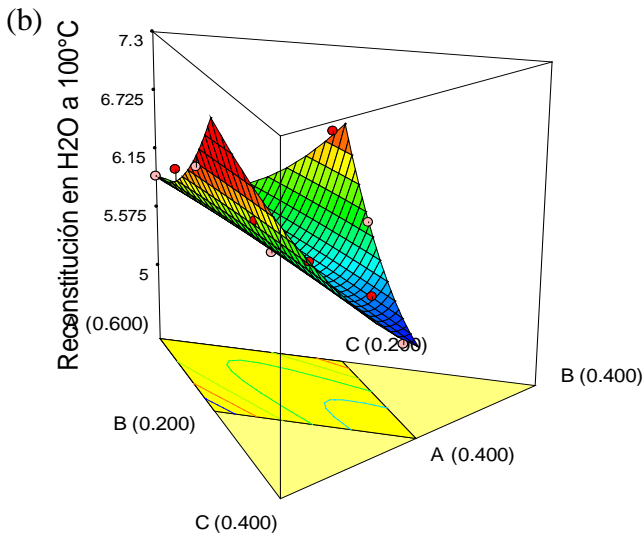
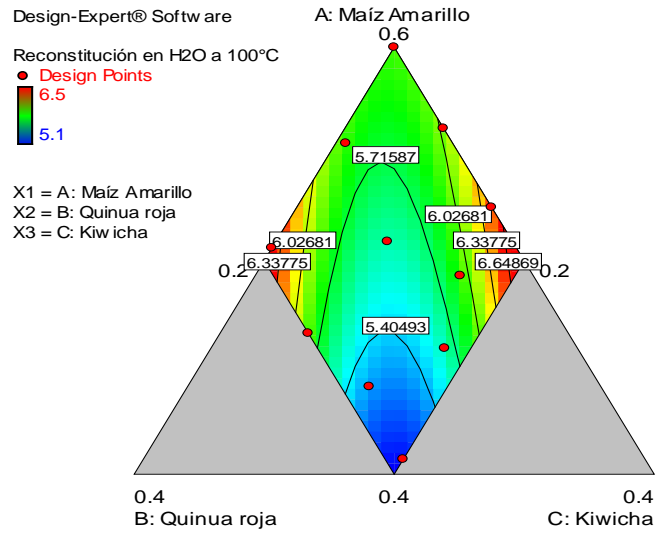
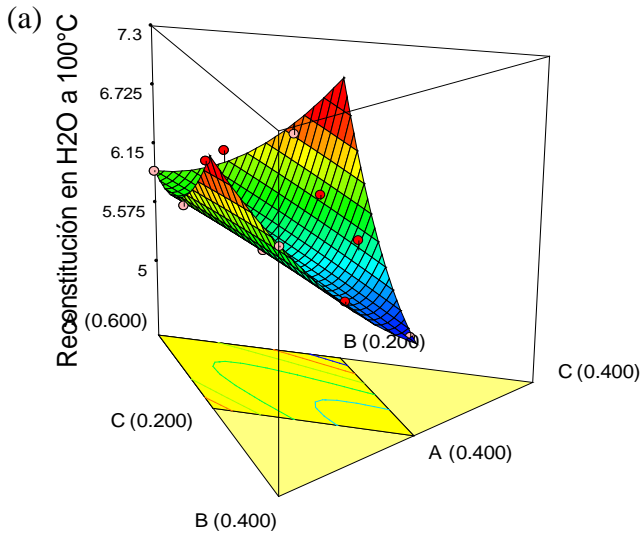


Figura 30. Gráfica de superficie de respuesta y curvas de contorno para la reconstitución en agua a 100 °C de las mezclas instantáneas en términos AB (a), AC (b) y BC (c)

En términos de BC (c), se observa que menores proporciones de quinua roja y mayores proporciones de kiwicha incrementan el tiempo de reconstitución en agua de las mezclas, asimismo menores proporciones de kiwicha también. Por otra parte, mayores proporciones de quinua roja y mayores proporciones de kiwicha lo disminuyen. En la Figura 31, a medida que se aumenta la proporción de maíz (A) en la mezcla, el tiempo de reconstitución en agua a 100 °C incrementa. Por otro lado, conforme se incrementa la proporción de quinua y kiwicha en la mezcla, el tiempo de reconstitución en agua disminuye hasta llegar a cierto punto y luego aumenta, sus pendientes pronunciadas indican que un mínimo cambio en la proporción puede repercutir en el tiempo de reconstitución de las mezclas instantáneas. En términos generales, el maíz y la kiwicha influyen en la reconstitución en agua a 100 °C de las mezclas instantáneas.

Design-Expert® Software

Reconstitución en H₂O a 100°C

Actual Components

A: Maíz Amarillo = 0.500

B: Quinua roja = 0.250

C: Kiwicha = 0.250

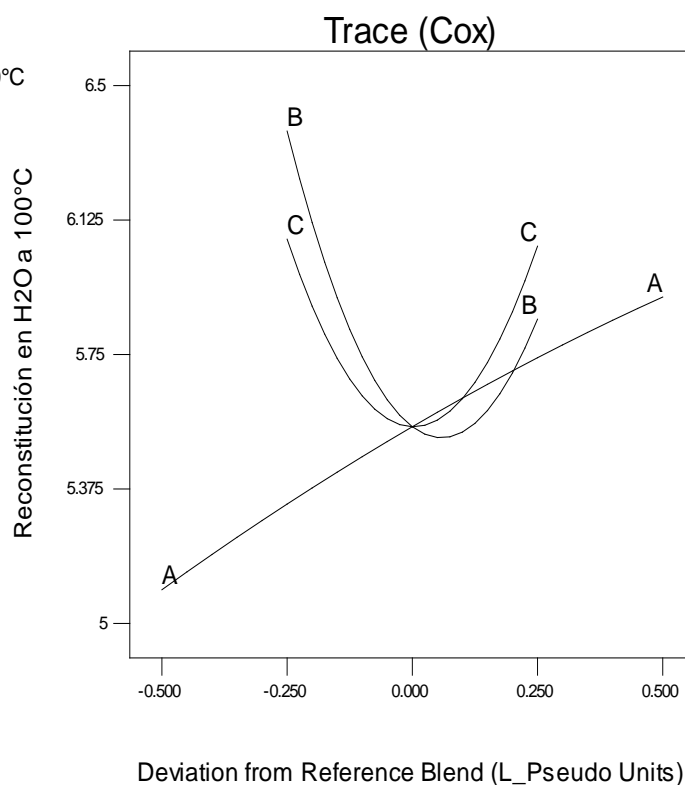


Figura 31. Gráfico de trazas (Trazos de Cox) para la reconstitución en agua a 100 °C de las mezclas instantáneas

La reconstitución de los polvos instantáneos, está directamente relacionada con la calidad de su uso final. El término “reconstitución”, es usado para describir la velocidad a la que los alimentos secos absorben agua y se reconstituyen (Ortega-Rivas, 2009). Las mezclas presentaron tiempos de reconstitución en agua entre 6.60 a 7.86 segundos a 25°C. Por otro lado las mezclas reconstituidas en agua a 100°C presentaron menores tiempos de reconstitución (5.10 a 6.50 segundos) respecto a las de 25°C. estos resultados fueron ligeramente menores a los reportados por Picesky (1986) para leche en polvo (10 a 60 segundos) y Shittu y Lawal (2007) para bebidas de cacao en polvo a 27 °C (10.7 a 21.7 segundos). La disminución en el tiempo de reconstitución de las mezclas a 100°C puede deberse a que la solubilidad de las mezclas aumentó conforme aumentó la temperatura según lo mencionado por Ndulaka, Obasi, y Omeire (2014).

En el caso de los alimentos en polvo, varias propiedades pueden influir en su reconstitución en agua, una de ellas es la humectabilidad, esta describe la capacidad que tienen las partículas de polvo para absorber agua en su superficie iniciando así la reconstitución. Esta propiedad depende mayormente del tamaño de partícula, ya que las partículas demasiado pequeñas no pueden humedecerse individualmente por lo que tienden a agruparse compartiendo una capa de superficie mojada, puesto que reduce la velocidad a la que el agua penetra en el grupo de partículas (Hogekamp, Schubert, y Science, 2003). Respecto a lo mencionado, las mezclas presentaban tamaños de partícula entre 0.315 a 0.320 mm, concordando con lo descrito por Savlak et al. (2016) quienes, reportaron que obtuvieron mejores propiedades de hidratación con tamaños de partícula entre 0.212 a 0.5 mm, además Shittu y Lawal (2007) mencionaron que para mezclas instantáneas deben evitarse tamaños de partícula < 0.294 mm, lo que indica que los tratamientos cumplieron esta especificación. Durante la reconstitución en agua, las moléculas de agua hidratan la superficie de la partícula, es decir la humectan, lo que tiende a reducir la cohesión entre partículas permitiendo que el agua penetre más rápidamente en el capilar del alimento (Shittu y Lawal, 2007). Es probable que los polvos se hundan con mayor dificultad cuando se vierten en la superficie del líquido debido a su cohesión inherente (cuando están inseparablemente unidos) debido a su tamaño demasiado pequeño.

Otras propiedades que intervienen en la reconstitución de los polvos alimenticios son la densidad aparente (factor directamente correlacionado con la facilidad de la reconstitución), la dispersabilidad (capacidad del polvo para separarse en partículas individuales cuando se dispersa en agua, deshaciéndose en ella) y la solubilidad (capacidad del polvo para permanecer homogéneamente mezclado con agua), respecto a estas propiedades, los resultados en cada uno de ellos fue favorable (es decir hubo correlación entre estos) para que se diera una buena reconstitución de las mezclas en agua. Respecto a la densidad aparente, las partículas más densas se hunden más rápidamente que las más finas y ligeras, por lo que se humectan más rápido.

4.12 Efecto de los componentes en el contenido de proteína de las mezclas instantáneas

Los datos experimentales de la evaluación del contenido de proteínas se presentan en el Anexo 29. Los resultados del contenido de proteínas promedio de las mezclas instantáneas se muestran en la Tabla 36, la cual muestra que existe diferencia significativa ($p < 0.05$) entre los tratamientos de acuerdo al análisis que se presenta en el Anexo 30.

Tabla 36

Resultado del contenido de proteínas en las mezclas instantáneas

Tratamiento	X ₁ (%)	X ₂ (%)	X ₃ (%)	Proteínas en base seca (%)*
T1	0.600	0.200	0.200	18.90 ± 0.02
T2	0.441	0.289	0.270	19.65 ± 0.04
T3	0.525	0.200	0.275	19.13 ± 0.04
T4	0.407	0.293	0.300	19.76 ± 0.04
T5	0.493	0.228	0.279	19.32 ± 0.03
T6	0.466	0.300	0.234	19.60 ± 0.02
T7	0.506	0.294	0.200	19.46 ± 0.02
T8	0.509	0.248	0.243	19.31 ± 0.03
T9	0.459	0.251	0.290	19.48 ± 0.04
T10	0.555	0.241	0.204	19.16 ± 0.02
T11	0.562	0.200	0.238	19.02 ± 0.03

* Promedio de las tres repeticiones con su desviación estándar

X₁ = A: Maíz amarillo, X₂ = B: Quinoa roja, X₃ = C: Kiwicha; seg: segundos

4.12.1 Análisis estadístico para el efecto de los componentes en el contenido de proteínas de las mezclas instantáneas

Los datos experimentales del contenido de proteínas de las mezclas instantáneas fueron ajustados a los modelos lineal, cuadrático, cúbico especial y cúbico, por medio de una regresión múltiple. En la Tabla 37, se muestran los resultados del ANOVA, donde se puede observar que el modelo sugerido fue el lineal polinomial ($p < 0.05$), dando a entender que existen diferencias entre los componentes para la variable contenido de proteína, ya que el modelo sugerido es lineal, indica que los términos A, B y C son significativos. Los supuestos de los Anexos 34 y 36, muestran la adecuación del modelo a la regresión lineal.

Tabla 37

Análisis de varianza (ANOVA) para el efecto de los componentes en el contenido de proteínas de las mezclas instantáneas

Fuente	Suma de cuadrados	G.L.	Cuadrado medio	Valor F	Prob > F p-value	Significancia
Modelo	0.74	2	0.37	26658.58	< 0.0001	significante
Residual	1.11×10^4	8	1.39×10^5			
Cor Total	0.74	10				
R ²	0.9998					
R ² Ajustado	0.9998					
R ² Predicho	0.9998					

Nota: Media= 19.34; Desv. estándar= 3.722E-003; C.V (%)= 0.019

Los coeficiente de determinación (R²) fue 0.9998, el valor de R² ajustado (0.9998) indica que 99.98 % de la variación existente alrededor de la media es explicada por el modelo. El valor del R² predicho (0.9998) indica que el modelo es un buen predictor para la variable respuesta. El nivel de significancia ($p < 0.05$) del modelo, indica que existe diferencia significativa entre las mezclas instantáneas respecto a su contenido de proteico. Los coeficientes de regresión generados por el modelo lineal (Ecuación 17), muestran que existe un efecto positivo para los componentes puros.

$$\text{Proteína} = 17.109 * X_1 + 23.019 * X_2 + 20.169 * X_3 \quad (\text{Ecuación 17})$$

Dónde: X₁ = A: Maíz amarillo, X₂ = B: Quinoa roja, X₃ = C: Kiwicha

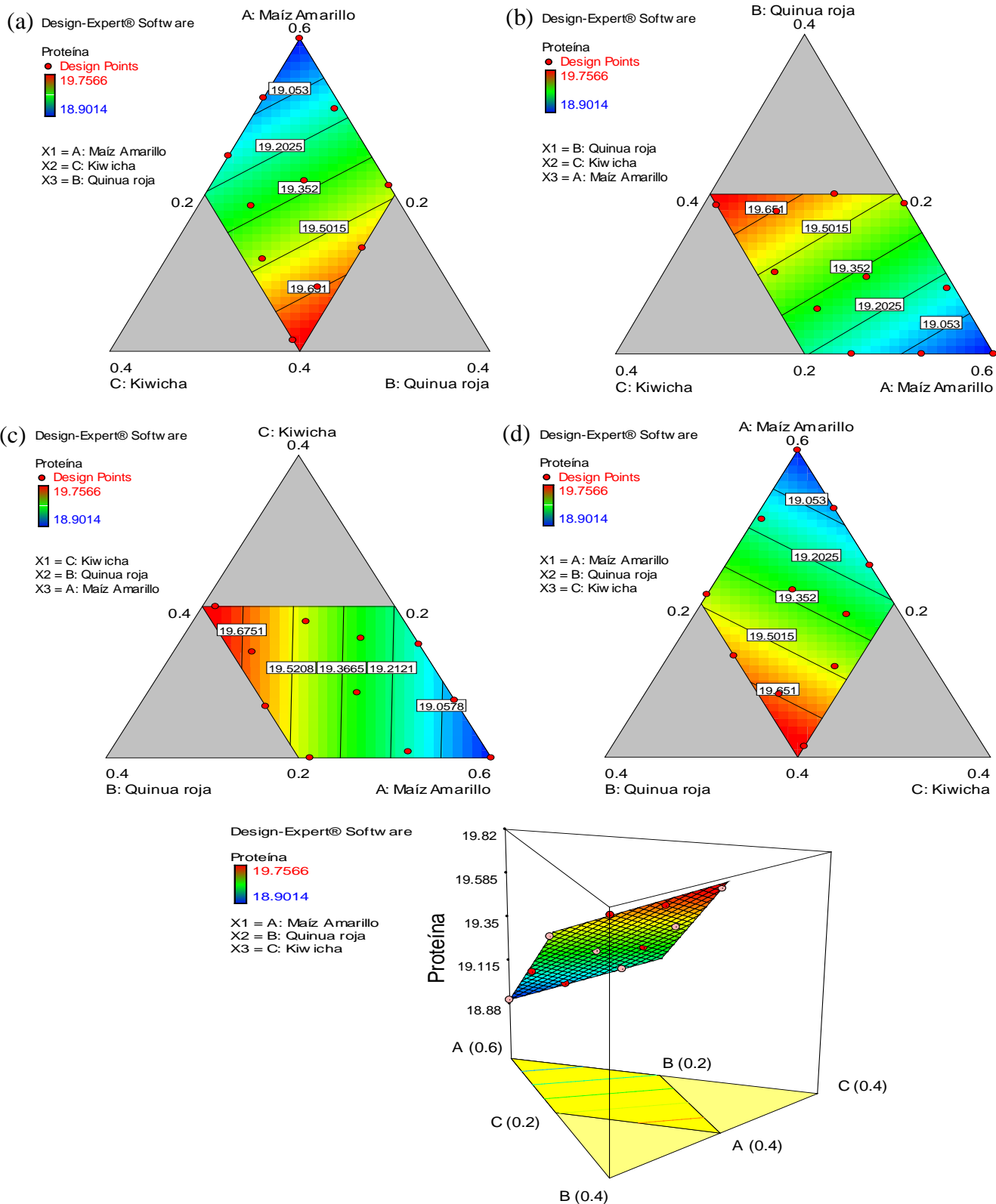


Figura 32. Gráfica de superficie de respuesta y curvas de contorno para el contenido de proteínas de las mezclas instantáneas en términos lineales de A (a), B (b) y C (c); (d): términos generales

En la Figura 32, se puede observar el efecto individual que ejercen los componentes en la variable respuesta. En la gráfica (d), se puede realizar una visualización general de la intervención de los componentes en el contenido de proteínas. En términos de A, se puede ver que menores proporciones de maíz amarillo incrementan el contenido de proteínas de las mezclas instantáneas, inversamente mayores proporciones la disminuyen. En términos de B, mayores proporciones de quinua roja incrementan el contenido de proteínas de las mezclas mientras que menores proporciones la disminuyen. En términos de C, se puede apreciar que mayores proporciones de kiwicha incrementan el contenido proteico de las mezclas, y menores proporciones la disminuyen.

Design-Expert® Software

Proteína

Actual Components
 A: Maíz Amarillo = 0.500
 B: Quinua roja = 0.250
 C: Kiwicha = 0.250

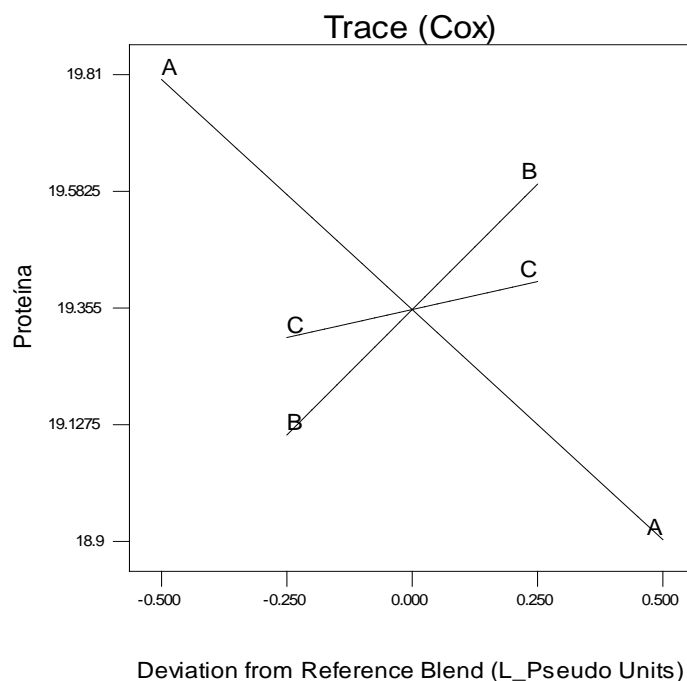


Figura 33. Gráfico de trazas (Trazos de Cox) para el contenido de proteína de las mezclas instantáneas

En la Figura 33, se puede observar que las trazas de cada uno de los componentes es recta. El componente que tiene un mayor efecto en el contenido de proteínas de las mezclas instantáneas es la quinua roja, le sigue la kiwicha, ambos componentes tienen una influencia positiva. Por el contrario, el maíz tiene una influencia negativa.

Los tratamientos que contenían mayores proporciones de quinua roja y kiwicha en la mezcla presentaron contenidos de proteína mayores (19.02 - 19.76 g/100 g) debido al aporte de este nutriente proporcionado por el grano de quinua roja variedad pasankalla, cuyo valor (16.53 g/100 g) fue ligeramente menor al reportado por Apaza et al., (2013) para la quinua roja var. INIA-415 Pasankalla (17.83 g/100 g), y mayor (12.69 g/100 g) al reportado por Repo-Carrasco et al., (2010) para la quinua roja de la misma variedad; así como por la kiwicha var. Oscar Blanco, cuyo contenido de proteína fue 14.0 g/100 g, cercano al reportado por Carrasco-Valencia et al. (2009) para la kiwicha de la misma variedad (14.7 g/100 g).

Galindo (2018), evaluó un snack extruido a base de quinua y maíz morado, reportando contenidos de proteína mayores (15.06 a 18.55 g/100 g) cuando se incluyeron mayores proporciones de quinua. De la misma forma Castro (2015), reportó 18.45 % de proteína en un suplemento infantil en polvo tipo papilla cuando se utilizó mayor proporción de quinua en la mezcla que también contenía chocho y melloco (en menores proporciones), mientras que Jiménez (2013), reportó un contenido de proteína de 19.40 % para un suplemento nutricional en polvo a base de kiwicha, quinua, chocho y avena, cuya formulación tenía mayores proporciones de kiwicha y quinua (35 % ambos), concordando con los valores de proteína encontrados en la investigación, los cuales fueron cercanos y en algunos casos ligeramente mayores. La OMS recomienda un consumo diario de 0.8 a 1.0 gramos /kilogramo de peso para una persona adulta sana (18 a más años) y 1.35 gramos/kilogramo de peso para niños de 5 a 12 años, por consiguiente se puede aseverar que las mezclas instantáneas representan un buen aporte en la ingesta diaria de proteína.

Si bien es cierto, la extrusión disminuye el contenido de proteínas del alimento por la elevada temperatura de procesamiento, sin embargo, los tratamientos no se vieron demasiado afectados, ya que el contenido de proteínas de la materia prima (maíz amarillo, quinua roja, kiwicha) se redujo mínimamente, lo que concuerda con lo mencionado por Revelo (2010), quien señala que el contenido proteico de los productos elaborados por medio de la cocción por extrusión se preservan mejor que cuando se procesan utilizando métodos alternativos como tostado, secado de tambores, calentamiento con microondas, horneado y en autoclave.

Meneses, Corrales, y Valencia (2007), mencionan que la extrusión tiende a mejorar la digestibilidad de las proteínas vegetales, debido a que inactiva los inhibidores de proteasas y desnaturaliza las proteínas, además se inactivan los inhibidores de crecimiento evitando bloquear la actividad enzimática en el intestino. Este proceso favorece la disponibilidad de lisina y reduce el contenido de factores antitripsinas en el producto.

4.13 Efecto de los componentes en el índice de dispersabilidad de proteínas de las mezclas instantáneas

Los datos experimentales de la evaluación del índice de dispersabilidad de proteínas se presentan en el Anexo 31. En la Tabla 38 se exponen los resultados del análisis del índice de dispersabilidad de proteínas de las mezclas instantáneas, éstos presentan diferencia significativa ($p < 0.05$) de acuerdo al análisis que se muestra en el Anexo 32. Como se puede observar, los tratamientos que presentaron mayores índices de dispersabilidad de proteínas fueron T5, T8, T9, T10, T3, T1 y T11, presentando valores de 11.25 a 11.42 %, mientras que los tratamientos que presentaron menores índices de dispersabilidad fueron T6, T7, T2 y T4, con valores que iban de 10.99 a 11.16 %.

Tabla 38

Resultado del índice de dispersabilidad de proteínas en las mezclas instantáneas

Tratamiento	X ₁ (%)	X ₂ (%)	X ₃ (%)	Índice de dispersabilidad de proteínas (%)*
T1	0.600	0.200	0.200	11.39 ± 0.01
T2	0.441	0.289	0.270	11.05 ± 0.02
T3	0.525	0.200	0.275	11.36 ± 0.01
T4	0.407	0.293	0.300	10.99 ± 0.01
T5	0.493	0.228	0.279	11.25 ± 0.03
T6	0.466	0.300	0.234	11.16 ± 0.03
T7	0.506	0.294	0.200	11.06 ± 0.04
T8	0.509	0.248	0.243	11.24 ± 0.02
T9	0.459	0.251	0.290	11.25 ± 0.01
T10	0.555	0.241	0.204	11.33 ± 0.02
T11	0.562	0.200	0.238	11.42 ± 0.02

* Promedio de las tres repeticiones con su desviación estándar

X₁ = A: Maíz amarillo, X₂ = B: Quinoa roja, X₃ = C: Kiwicha; seg: segundos

4.13.1 Análisis estadístico para el efecto de los componentes en el índice de dispersabilidad de proteínas de las mezclas instantáneas

En la Tabla 39, se muestran los resultados del ANOVA para el índice de dispersabilidad de proteínas de las mezclas instantáneas, el modelo sugerido fue el lineal polinomial, con una significancia de $p < 0.05$, indicando que éste presenta diferencias entre los componentes para la variable índice de dispersabilidad de proteínas, cuyos términos A, B y C del modelo son significativos. El coeficiente de determinación (R^2) fue 0.897, indicando que solo el 1.3 % de la variación total de los resultados no se explica por el modelo. El valor de R^2 ajustado (0.871) indica que 87.1 % de la variación existente alrededor de la media es explicada por el modelo. El coeficiente de variación (CV) fue menor al 5 %, indicando que el Diseño de mezclas D-Optimal es reproducible. En los Anexos 34 y 36, los supuestos del modelo, indican que éste es adecuado.

Tabla 39

Análisis de varianza (ANOVA) para el efecto de los componentes en el índice de dispersabilidad de proteínas de las mezclas instantáneas

Fuente	Suma de cuadrados	G.L.	Cuadrado medio	Valor F	Prob > F p-value	Significancia
Modelo	0.192	2	0.096	34.76	0.0001	significante
Residual	0.022	8	2.75×10^3			
Cor Total	0.210	10				
R^2	0.897					
R^2 Ajustado	0.871					
R^2 Predicho	0.777					

Nota: Media = 11.23; Desv. Estándar = 0.052; C.V (%) = 0.47

El nivel de significancia ($p < 0.05$), indica que existe diferencia significativa entre los tratamientos. Los coeficientes de regresión generados por el modelo lineal (Ecuación 18) muestran que existe un efecto positivo para los componentes puros.

$$\begin{aligned} \text{Índice de dispersabilidad de proteínas} = & 12.251 * X_1 + 8.937 * X_2 \\ & + 11.453 * X_3 \end{aligned} \quad (\text{Ecuación 18})$$

Dónde: X_1 = A: Maíz amarillo, X_2 = B: Quinoa roja, X_3 = C: Kiwicha

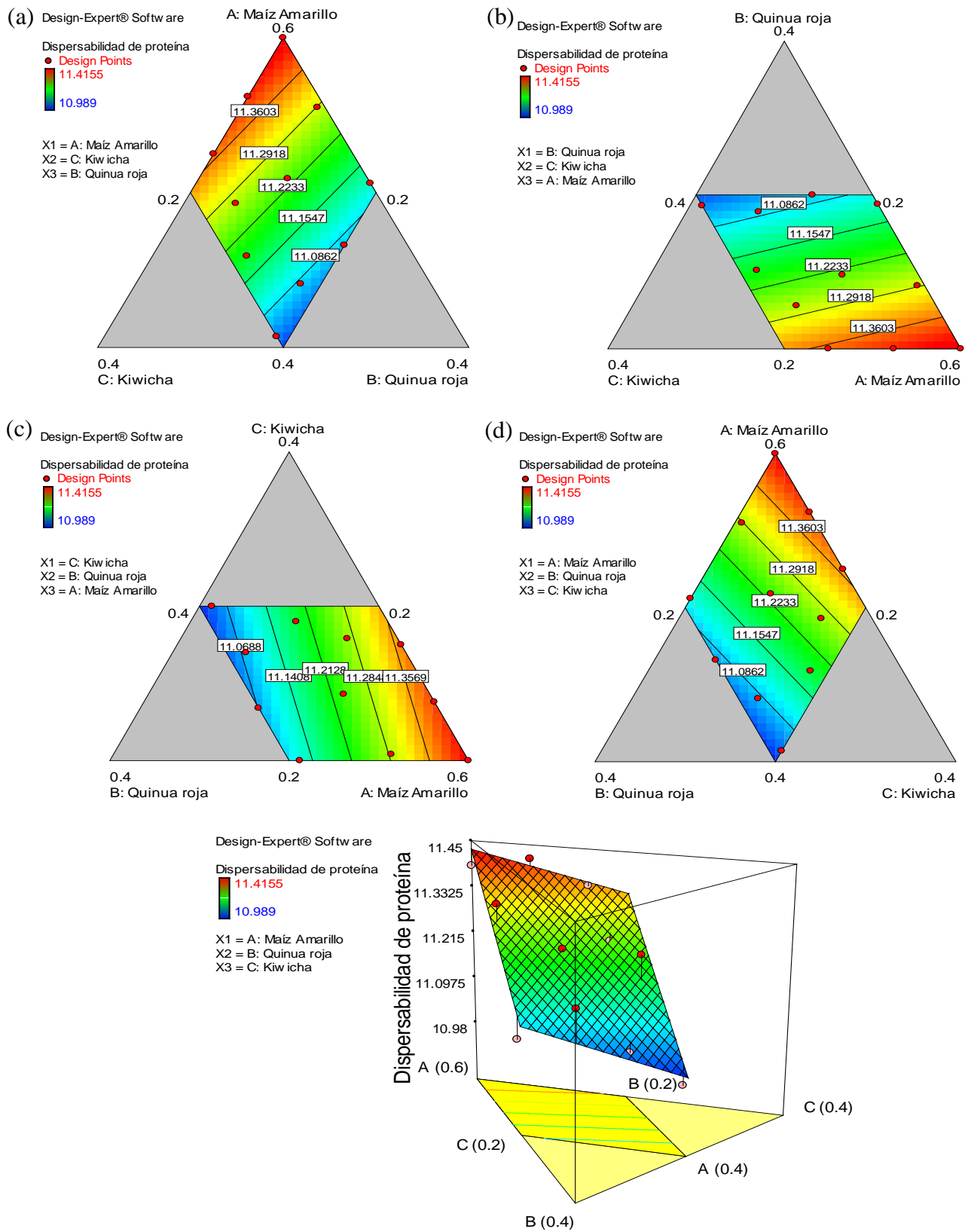


Figura 34. Gráfica de superficie de respuesta y curvas de contorno para el índice de dispersabilidad de proteínas de las mezclas instantáneas en términos A (a), B (b) y C (c); (d): términos generales

En la Figura 34, se observa un efecto gradual para los componentes lineales maíz amarillo, quinua roja y kiwicha, la gráfica (d) muestra el efecto de los componentes en términos generales. En términos de A, se observa que mayores proporciones de maíz amarillo incrementan el índice de dispersabilidad de proteínas de los tratamientos, mientras que menores proporciones la disminuyen. En términos de B, se observa que menores proporciones de quinua roja incrementan el índice de dispersabilidad de proteínas, inversamente mayores proporciones la disminuyen. En términos de C, mayores proporciones de kiwicha incrementan la dispersabilidad de la proteína, y menores proporciones la disminuyen.

La Figura 35, muestra que las trazas de cada uno de los componentes es recta y con una influencia positiva, indicando que los componentes que tienen un mayor efecto en el índice de dispersabilidad de proteínas de las mezclas instantáneas son la quinua roja, seguida de la kiwicha (no muy significativamente). Por el contrario, el maíz tiene una influencia negativa.

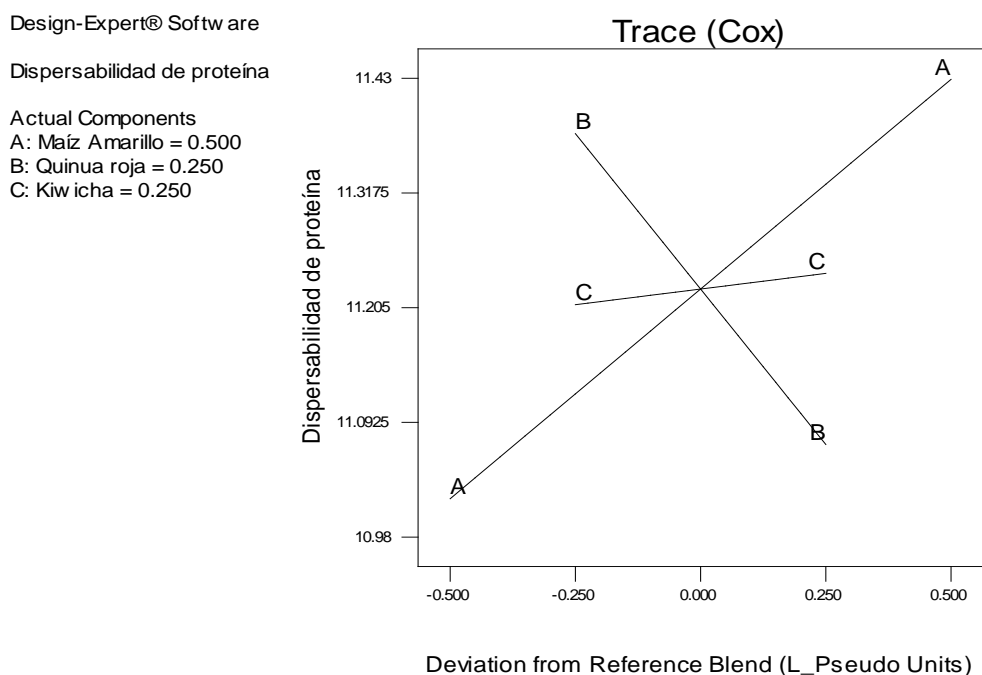


Figura 35. Gráfico de trazas (Trazos de Cox) para el índice de dispersabilidad de proteínas de las mezclas instantáneas

El índice de dispersabilidad de proteínas o IDP (PDI en inglés), indica la cantidad de proteína dispersa en agua de un alimento, después de mezclar una muestra de harina con agua en una batidora de alta velocidad (Dozier y Hess, 2011), asimismo Batal, Douglas, Engram, y Parsons (2000), mencionan que la dispersabilidad de proteínas, es el método más eficaz para determinar la calidad de las harinas, ya que se pueden observar los cambios que ocurren durante la extrusión. Visser y Thomas (1987), mencionan que el IDP, es una indicación aproximada del grado de desnaturalización de la proteína que surge por las condiciones de procesamiento, convirtiéndose en una guía práctica para la funcionalidad de las proteínas.

El IDP está relacionado con la solubilidad de la proteína, por lo tanto, cuanto más alto es el IDP, más soluble es una proteína. Además la solubilidad de una proteína puede indicar cuán útil será esta. Los tratamientos presentaron porcentajes de dispersabilidad de proteína de 10.99 a 11.42 %, estos valores incrementaban cuando se aumentaba las proporciones de maíz (menor valor proteico) y kiwicha en la mezcla, estos valores están dentro del rango obtenido por Iwe et al., (2001), quienes obtuvieron valores de IDP en rangos de 7.84 a 28.13 % en extruidos de harina de soya y papa, el índice de dispersabilidad aumentaba cuando se incrementaba la proporción de papa (materia prima de menor contenido proteico), estos bajos valores indican un aumento de la calidad nutricional y la adecuación del tratamiento térmico (Iwe et al., 2001). Los productos con bajo IDP todavía pueden ser muy funcionales, puesto que hay una directa influencia de la solubilidad en la estabilidad de por ejemplo productos cárnicos, claramente éstos productos con bajo IDP no van a formar una verdadera emulsión, sin embargo presentan buenas capacidades de unión a grasa y agua, teniendo un efecto positivo considerable en la estabilidad de un sistema de carne; para el caso de bebidas, la solubilidad de la proteína es muy importante, la humectabilidad también juega un papel en ella (Visser y Thomas, 1987).

Por otra parte, Camire, Camire, Krumhar, y Özkan (2011), mencionan que muestras con mayor contenido proteico presentan menor solubilidad en nitrógeno o dispersabilidad, atribuyéndose una mayor desnaturalización de las proteínas, y por ende agregación de moléculas de proteína. Lo mencionado por los autores concuerda con los resultados obtenidos, ya que los tratamientos que contenían mayor cantidad de proteína presentaron

menor dispersabilidad, aunque la diferencia de los valores de dispersabilidad entre los tratamientos no fue amplia, lo que conlleva a concluir que no hubo mucha diferencia en el porcentaje de desnaturalización de las muestras. Visser y Thomas (1987), mencionan que la desnaturalización y la solubilidad de las proteínas (parámetro directamente proporcional con la dispersabilidad) no siempre están correlacionadas, ya que en ocasiones se pueden obtener datos de alta solubilidad, de proteínas completamente desnaturalizadas.

Ramos, Lúquez, y Eyherabide (2004), evaluaron la dispersabilidad de proteínas en la soya sometida a diferentes tratamientos, obteniendo una dispersabilidad de proteínas igual a 6.5 % cuando la soya se coció, 6.7 % cuando se colocó en autoclave durante 3 minutos, y 8.1 % cocida durante 4 minutos en microondas; respecto a la temperatura, se obtuvieron valores de índice de dispersabilidad de proteínas por debajo del 15% cuando se aplicaron por lo menos 100°C y 30 minutos de cocción, estos autores mencionan que un IDP de 45% o menos indica que el tratamiento es adecuado. Del Valle (1981), menciona que una harina con un mínimo de tratamiento por calor húmedo tendrá un IDP de 90 - 95 %, mientras que una muestra completamente cocida o tostada tendrá un IDP de 10 - 20 %, lo cual indica que el producto tiene una mejor calidad nutricional (Iwe et al., 2001). Estos resultados son coherentes con lo obtenido en las mezclas instantáneas (IDP < 15 %) utilizando 120°C de temperatura y un tiempo < 1 minuto durante el proceso de extrusión.

Se ha reportado que surge una disminución en la solubilidad de proteínas en extruidos a base de maíz y soya a diferencia de la mezcla de los mismos componentes sin extruir, así como también en frijoles de soya desgrasada, sin embargo muchas de las investigaciones se han centrado en la solubilidad de la proteína de soya. Los factores que provocan la desnaturalización de las proteínas, y que por lo tanto reducen la solubilidad son las elevadas temperaturas y el mayor tiempo de procesamiento. A temperaturas debajo de 150 °C, la formación de nuevos puentes disulfuro así como los cambios en los enlaces de hidrógeno dominan la constitución de la proteína, pero a temperaturas más altas también se pueden formar enlaces peptídicos intermoleculares, además de la formación de enlaces disulfuro para reducir la solubilidad en nitrógeno de las harinas de leguminosas texturizadas por extrusión (Camire et al., 2011). Sheard, Ledwars, y Mitchell (1984), estudiaron la harina de soya, y concluyeron que los alimentos extruidos que contienen carbohidratos son menos

sensibles a la temperatura de hidratación, pues estabilizan las interacciones hidrófobas más lábiles debido a que los carbohidratos están integrados en una matriz de proteínas. Puede ser que al aumentar la temperatura, el carbohidrato sirva para consolidar más las cadenas de proteínas mediante fuerzas hidrófobas, lo que lleva a una menor absorción de agua y solubilidad en carbohidratos a medida que la temperatura aumenta a 50 °C o más.

Reinitz (2011), analizó el efecto de la harina de soya tostada en la ganancia de peso de truchas, reportando que las truchas alimentadas con harinas de soya con IDP de 11 o 20% tenían una ganancia de peso significativamente mayor y un porcentaje de mortalidad significativamente más bajo que los peces alimentados con harinas que tenían un IDP de 70 o 88%, indicando que la harina de soya con IDP de 11 o 20 % fue un sustituto adecuado de la harina de soya estándar, siendo aceptable esos valores de IDP. El autor aconseja que se debe tener precaución de usar un producto con IDP mucho menor al rango especificado, debido a la posible destrucción de aminoácidos y otros factores antinutricionales por sobrecalentamiento.

4.14 Evaluación sensorial de las mezclas instantáneas por el método Just About Right

En la Tabla 40, se presenta la matriz de correlaciones para los tratamientos T2, T4 y T6, ésta indica si las variables JAR tienen un impacto “bajo o alto” en las variables de gusto, mostrando en qué dirección se manifestaría: “excesivo o demasiado poco”.

Las variables JAR “deliciosa, marrón y olorosa” tuvieron un bajo impacto en la variable de gusto “aceptabilidad” para T2 y T6 (valores significativamente diferentes de cero, $\alpha = 0.05$). La correlación para la variable “deliciosa” fue positiva, indicando que las calificaciones “excesivo” dada por los consumidores tuvieron un impacto menor sobre las calificaciones “demasiado poco”, dando a entender así que la aceptabilidad de los tratamientos T2 y T6 no se vio fuertemente afectada por el sabor de las mezclas instantáneas (T2= afección mínima, T6= el efecto del sabor es poco importante en la aceptabilidad). Por otro lado, la correlación para las variables “marrón y olorosa” fue negativa, indicando que las puntuaciones “excesivo” tuvieron un mayor impacto que las puntuaciones “demasiado poco”, debido a ello la aceptabilidad se vio afectada por el color y olor de las mezclas instantáneas. Contrariamente a las demás variables, la variable JAR

“espesa” tuvo un alto impacto en la aceptabilidad de las mezclas (no significativamente diferente de cero), cuyas puntuaciones “excesivo” tuvieron un menor impacto en la aceptabilidad, que las puntuaciones “demasiado poco” (correlación positiva).

Para T4, las variables JAR “deliciosa, marrón, olorosa y espesa” tuvieron un bajo impacto en la aceptabilidad del producto (significativamente diferente de cero, $\alpha = 0.05$). La correlación para las variables “deliciosa, marrón y olorosa” fue negativa, indicando que las puntuaciones “excesivo” tuvieron un impacto mayor que las puntuaciones “demasiado poco”. Por otra parte, las puntuaciones “excesivo” para la variable “espesa” tuvieron un menor impacto que las puntuaciones “demasiado poco” (correlación positiva). Estos resultados indican que la aceptabilidad de T4 se vio afectada por todas las variables JAR “sabor, color, olor y espesa”.

Tabla 40

Matriz de correlaciones para los tratamientos (mezclas instantáneas)

Muestra	Variables JAR	Variables de gusto				
		Aceptabilidad	Deliciosa	Marrón	Olorosa	Espesa
T2	Aceptabilidad	1	0.351	-0.449	-0.396	0.177
	Deliciosa	0.351	1	-0.071	-0.026	0.06
	Marrón	-0.449	-0.071	1	-0.097	0.092
	Olorosa	-0.396	-0.026	-0.097	1	-0.074
	Espesa	0.177	0.06	0.092	-0.074	1
T4	Aceptabilidad	1	-0.396	-0.431	-0.417	0.287
	Deliciosa	-0.396	1	0.028	0.182	-0.125
	Marrón	-0.431	0.028	1	0.006	-0.081
	Olorosa	-0.417	0.182	0.006	1	-0.177
	Espesa	0.287	-0.125	-0.081	-0.177	1
T6	Aceptabilidad	1	0.274	-0.325	-0.425	0.087
	Deliciosa	0.274	1	-0.113	-0.176	0.028
	Marrón	-0.325	-0.113	1	-0.036	0.023
	Olorosa	-0.425	-0.176	-0.036	1	-0.102
	Espesa	0.087	0.028	0.023	-0.102	1

Los valores en negrita son diferentes de 0 con un nivel de significación $\alpha = 0.05$

En la Figura 36 se muestran las distribuciones de las puntuaciones de JAR con cinco escalas para los atributos sensoriales de los tratamientos (T2, T4 y T6), en la Figura 37 se muestra la fusión de la escala de 5 niveles a una escala de tres niveles, para ello se combinaron los dos niveles que se encuentran debajo de lo ideal (niveles 1 y 2) y los que se encuentran por encima de lo ideal (niveles 4 y 5). La puntuación para el nivel “demasiado bajo o demasiado poco” equivale a las puntuaciones 1 y 2; “JAR” es equivalente a la puntuación 3; y “muy o excesivo” equivale a las puntuaciones 4 y 5.

En la Figura 37, se puede ver que para el tratamiento T2 todos los atributos “deliciosa, marrón, olorosa y espesa” no cumplieron con el criterio Just About Right “Justo como me gusta” pues obtuvieron puntuaciones < 70 %, conjuntamente presentaron puntuaciones > 20 % por uno de los lados y bajo puntaje en el otro (efectos netos). Para el atributo “deliciosa”, los efectos netos se distribuyeron casi equitativamente por ambos lados (21 % por el lado “Muy o excesivo” y 17 % por el lado “demasiado poco”, mientras que la puntuación en JAR fue 63 %, indicando que el atributo estuvo cerca a ser óptimo. Para los atributos “marrón y olorosa”, los efectos netos (puntuaciones > 20 % por el lado “Muy o excesivo” y baja puntuación por el lado “demasiado poco”) revelan que estos atributos deben ser revisados. Contrariamente el atributo “espesa” obtuvo un puntaje > 20 % por el lado “demasiado poco” y baja puntuación por el lado “Muy o excesivo”.

Simultáneamente para los atributos “marrón” (T4) y “olorosa” (T6), sucedió lo mismo (puntuación en JAR < 70 %, puntuación > 20 % por el lado “Muy o excesivo” y baja puntuación por el lado “demasiado poco”), mientras que el atributo “espesa” presentó puntuaciones > 20 % por el lado “demasiado poco”, baja puntuación por el lado “Muy o excesivo” y puntuación < 70 % en JAR. Por otro lado, para T4 los atributos “deliciosa y olorosa” así como para T6 los atributos “deliciosa y marrón” si cumplieron con el criterio Just About Right, pues obtuvieron un puntaje > 70 %, sin embargo, los efectos netos (puntuaciones > 20 % por el lado “Muy o Excesivo” y baja puntuación por el lado “demasiado poco”) indican que estos atributos deben evaluarse para su mejora.

La Tabla 41, muestra las penalidades para los tratamientos, estos valores muestran la cantidad de puntos de aceptabilidad que pierde el producto por no ser lo esperado por los consumidores. En la tabla se puede ver que las penalidades para T2 (44.1 % de maíz

amarillo, 28.9 % de quinua roja, 27.0 % de kiwicha), revelaron que la prueba para los atributos “deliciosa, olorosa y espesa” presentó significancia, indicando que el porcentaje de las mezclas influyó en los atributos estudiados.

Respecto al atributo “deliciosa”, los evaluadores penalizan fuertemente el producto cuando lo consideraron no lo suficiente delicioso, ambas caídas medias son significativamente diferentes de 0, así como también lo es la penalidad general. Para el nivel “muy o excesivo” no se pudo calcular la prueba de descenso medio, pues el porcentaje de los casos en este nivel fue inferior al umbral del 20 % establecido, concordando con lo mencionado al iniciar la explicación (producto no lo suficientemente delicioso = muy penalizado).

Para el caso del atributo “marrón”, para el nivel “muy o excesivo”, la caída media fue penalizada fuertemente (valor significativamente diferente de 0), sin embargo no se pudo calcular la penalidad general, debido a que para el nivel “poco o demasiado poco” el porcentaje del caso fue 0. Respecto al atributo “olorosa”, para el caso “poco o demasiado poco” no se pudo calcular la prueba de descenso medio, puesto que el porcentaje de los casos en este nivel fue inferior al umbral del 20 % establecido. Cuando la mezcla instantánea fue considerada por los consumidores como lo suficientemente olorosa fue penalizada fuertemente.

Para el nivel “muy o excesivo” del atributo espesa, tampoco se pudo calcular la prueba de descenso medio. Cuando la mezcla no fue considerada lo suficientemente espesa se penalizó fuertemente. Las caídas medias de cada atributo son significativamente diferentes de 0, así como también lo es la penalidad general.

Para T4 (40.7 % de maíz amarillo, 29.3 % de quinua roja, 30.0 % de kiwicha), las penalidades mostraron que hubo significancia en la prueba respecto a los atributos “marrón, olorosa y espesa” indicando que los porcentajes de maíz amarillo, quinua roja y kiwicha influyeron en los atributos sensoriales de la mezcla instantánea.

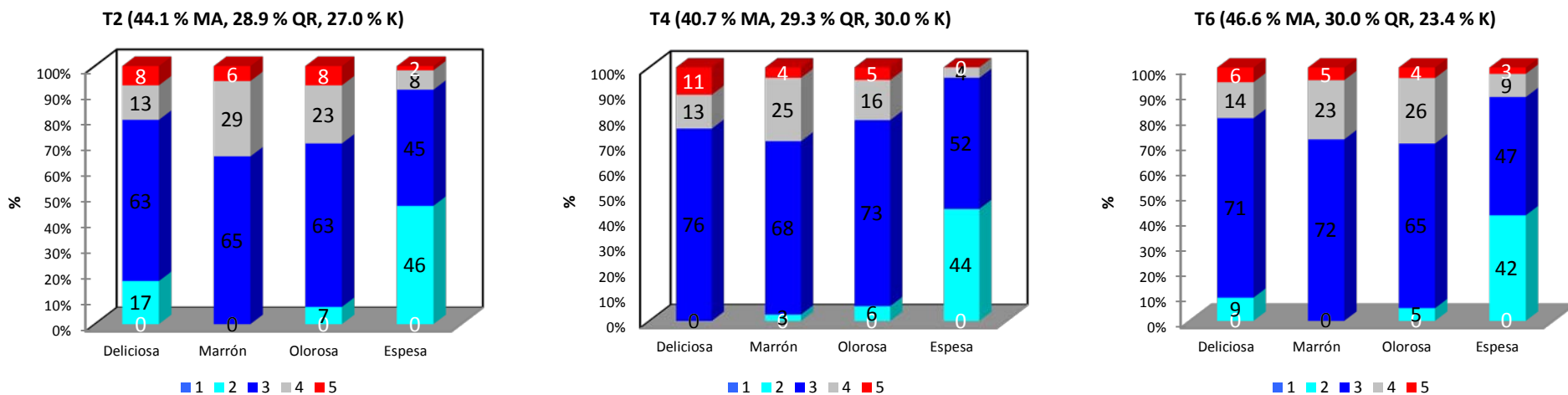


Figura 36. Porcentaje de jueces que eligieron los diferentes niveles para cada atributo de T2, T4 y T6 en la escala JAR de 5 puntos

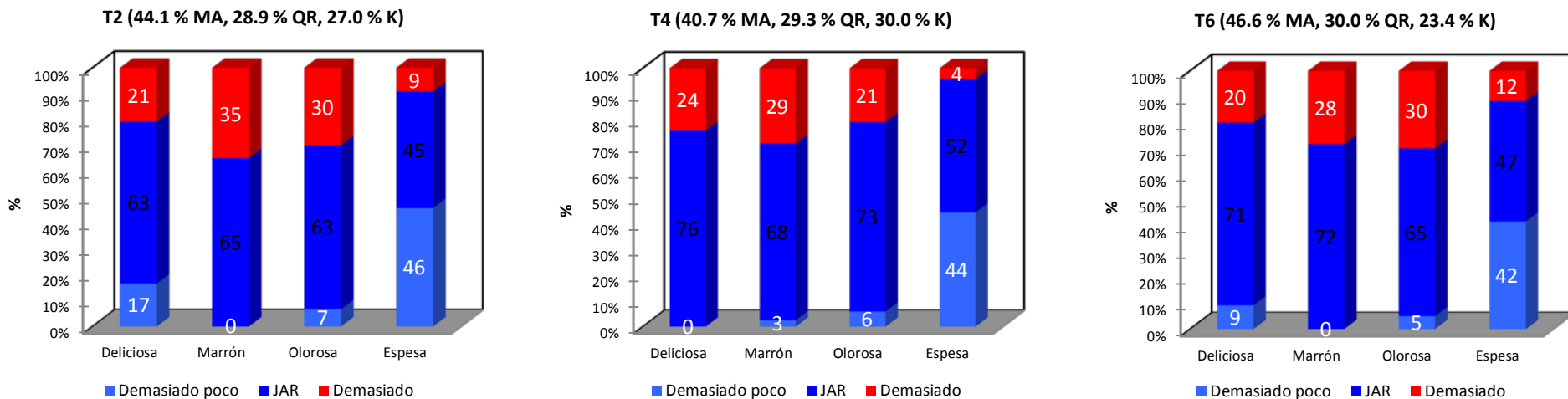


Figura 37. Porcentaje de jueces que eligieron los diferentes niveles para cada atributo de T2, T4 y T6 en la escala JAR de 3 puntos

Para el caso del atributo “deliciosa”, para el nivel “muy o excesivo”, la caída media fue penalizada fuertemente (valor significativamente diferente de 0), sin embargo, no se pudo calcular la penalidad general, debido a que para el nivel “poco o demasiado poco” el porcentaje del caso fue 0. Para el caso “poco o demasiado poco” de los atributos “marrón y olorosa” no se pudo calcular la prueba de descenso medio, puesto que el porcentaje de los casos en este nivel es inferior al umbral del 20 % establecido. Cuando el producto fue considerado lo suficientemente “marrón y olorosa” fue penalizado fuertemente por los consumidores. Para el caso “muy o excesivo” del atributo “espesa”, tampoco se pudo calcular la prueba de descenso medio. Cuando el producto no fue considerado lo suficientemente “espeso”, se penalizó fuertemente. Las caídas medias de este atributo son significativamente diferentes de 0, así como también lo es la penalidad general.

Las penalidades para el tratamiento T6 (46.6 % de maíz amarillo, 30.0 % de quinua roja, 23.4 % de kiwicha), indicaron que la prueba fue significativa para los atributos “deliciosa, olorosa y espesa”, pudiéndose concluir que la mezcla de los componentes influyó en estos atributos. Para el caso del atributo “deliciosa”, la penalidad general fue ligeramente significativa, sin embargo, el descenso medio del nivel “muy o excesivo” no lo es, y el descenso medio del nivel “poco o demasiado poco” no se pudo calcular debido a que el porcentaje de los casos en este nivel fue inferior al umbral del 20 % establecido, lo que significa que el sabor sí es importante para los consumidores, pero esta encuesta puede que no haya sido lo suficientemente poderosa como para detectar el descenso medio específico de este (“no suficientemente sabrosa” y/o “muy sabrosa”).

Para el caso del atributo “marrón”, para el nivel “muy o excesivo”, la caída media fue penalizada fuertemente (valor significativamente diferente de 0), sin embargo no se pudo calcular la penalidad general, debido a que para el nivel “poco o demasiado poco” el porcentaje del caso fue 0.

En el atributo “olorosa”, para el caso “poco o demasiado poco” no se pudo calcular la prueba de descenso medio, ya que el porcentaje de los casos en este nivel es inferior al umbral del 20 % establecido. Cuando la mezcla fue considerada lo suficientemente “olorosa” fue penalizada fuertemente. Para el caso “muy o excesivo” del atributo “espesa”, tampoco se pudo calcular la prueba de descenso medio. Cuando el producto no fue lo

suficientemente “espeso”, se penalizó fuertemente. Ambas caídas medias de cada atributo son significativamente diferentes de 0, así como también lo es la penalidad general.

Tabla 41

Penalidades para los tratamientos (mezclas instantáneas)

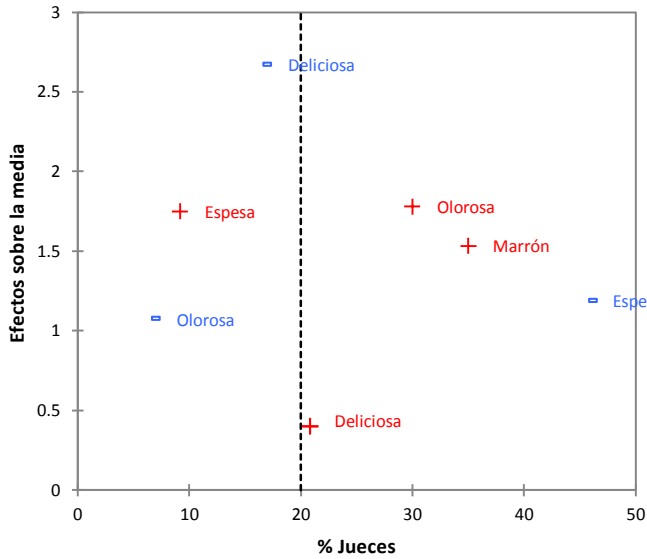
Variable	Nivel	Frecuencia	%	Suma Aceptab.	Media Aceptab.	Efectos en la media	valor-p	Significativo	Penalidad	valor-p	Significativo	
T2	Deliciosa	poco deliciosa	20	16.67	89.0	4.45	2.67					
		JAR	75	62.50	534.0	7.12			1.409	< 0.0001	Sí	
		Muy deliciosa	25	20.83	168.0	6.72	0.40	0.238	No			
	Marrón	poco marrón	0	0.0								
		JAR	78	65.0	556.0	7.13						
		Muy marrón	42	35.0	235.0	5.60	1.53	< 0.0001	Sí			
	Olorosa	poco olorosa	8	6.67	49.0	6.13	1.07					
		JAR	76	63.33	547.0	7.20			1.652	< 0.0001	Sí	
		Muy olorosa	36	30.0	195.0	5.42	1.78	< 0.0001	Sí			
	Espesa	poco espesa	55	45.83	336.0	6.11	1.19	0.000	Sí			
		JAR	54	45.0	394.0	7.30			1.281	< 0.0001	Sí	
		Muy espesa	11	9.17	61.0	5.55	1.75					
T4	Deliciosa	poco deliciosa	0	0.0								
		JAR	91	75.83	733.0	8.06						
		Muy deliciosa	29	24.17	197.0	6.79	1.26	< 0.0001	Sí			
	Marrón	poco marrón	3	2.50	20.0	6.67	1.54					
		JAR	82	68.33	673.0	8.21			1.444	< 0.0001	Sí	
		Muy marrón	35	29.17	237.0	6.77	1.44	< 0.0001	Sí			
	Olorosa	poco olorosa	7	5.83	52.0	7.43	0.74					
		JAR	88	73.33	719.0	8.17			1.577	< 0.0001	Sí	
		Muy olorosa	25	20.83	159.0	6.36	1.81	< 0.0001	Sí			
	Espesa	poco espesa	53	44.17	381.0	7.19	1.12	< 0.0001	Sí			
		JAR	62	51.67	515.0	8.31			1.151	< 0.0001	Sí	
		Muy espesa	5	4.17	34.0	6.80	1.51					
T6	Deliciosa	poco deliciosa	11	9.17	51.0	4.64	2.63					
		JAR	85	70.83	618.0	7.27			0.842	0.005	Sí	
		Muy deliciosa	24	20.0	174.0	7.25	0.02	0.947	No			
	Marrón	poco marrón	0	0.0								
		JAR	86	71.67	627.0	7.29						
		Muy marrón	34	28.33	216.0	6.35	0.94	0.002	Sí			
	Olorosa	poco olorosa	6	5.0	36.0	6.0	1.64					
		JAR	78	65.0	596.0	7.64			1.760	< 0.0001	Sí	
		Muy olorosa	36	30.0	211.0	5.86	1.78	< 0.0001	Sí			
	Espesa	poco espesa	50	41.67	331.0	6.62	1.11	< 0.0001	Sí			
		JAR	56	46.67	433.0	7.73			1.326	< 0.0001	Sí	
		Muy espesa	14	11.67	79.0	5.64	2.09					

En la Figura 38, se muestra la gráfica de penalizaciones de los atributos, ésta representa las penalidades calculadas para cada atributo sensorial de las mezclas instantáneas, respecto al porcentaje de jueces que se situó en la puntuación de cada grupo (poco o demasiado poco; muy o excesivo). Para T2, los atributos que tuvieron mayor efecto en la penalización de la aceptación global de éste fueron “marrón y olorosa” (muy ó excesivamente), y “espesa” (demasiado poco), puesto que presentan un alto valor en la media (> 1) y un alto porcentaje de jueces ($> 20\%$). Por otra parte, el atributo “deliciosa” (muy o excesivamente deliciosa) obtuvo un valor en la media ligeramente mayor al 20% (20.8%), apenas ha penalizado cuando se valoró la aceptación global (0.4). Por lo que, debido a estos resultados se podría concluir que se debería mejorar el color y olor (reducir), así como el espesor y sabor (incrementar) si se quiere aumentar la aceptación global del producto.

En la gráfica de penalizaciones del tratamiento T4, se puede notar que los atributos “deliciosa, olorosa, marrón” (muy o excesivo) y “espesa” (demasiado poco) tienen un mayor efecto en la penalización global, presentando un valor de media > 1 y un alto porcentaje de jueces ($> 20\%$), para el atributo olorosa el porcentaje de jueces es ligeramente mayor al establecido. De los resultados adquiridos en la evaluación, se puede concluir que se deben mejorar estos atributos si se desea aumentar la aceptación global del producto (disminuir el sabor, olor y el color marrón, e incrementar el espesor) por parte de los consumidores.

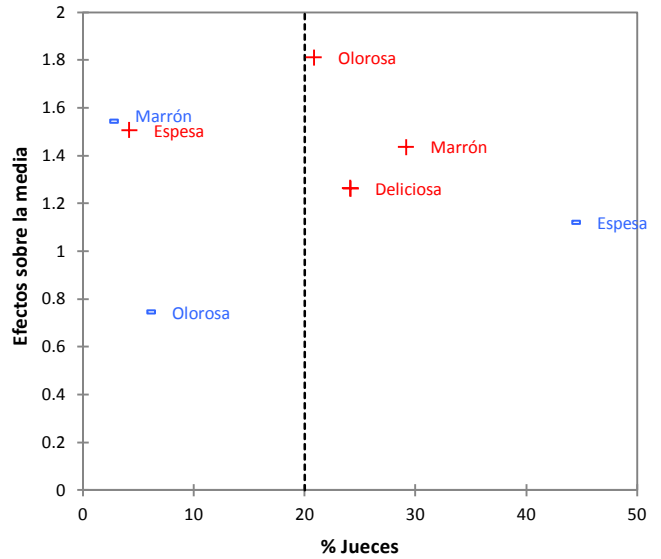
Respecto a T6, el efecto de los atributos “olorosa” (muy o excesivo) y “espesa” (demasiado poco) tienen un mayor efecto sobre la penalización de la aceptación global, ya que presentan un valor alto en la media (> 1) y un alto porcentaje de jueces (30 y 42%) en esos niveles. Aunque el atributo “marrón” ha sido puntuado como “muy o excesivo” por la mayoría de jueces (28%), esto apenas ha penalizado al valorar la aceptación global (0.938). El atributo “deliciosa” (muy o excesivamente) obtuvo un valor bajo en la media (0.021), además de un bajo porcentaje de jueces (20%), indicando que es poco importante. De acuerdo a los resultados de la evaluación, se puede concluir que se debería mejorar el olor (reducir), el espesor (incrementar) para así aumentar la aceptación global del producto.

T2 (Efectos sobre la media vs %)



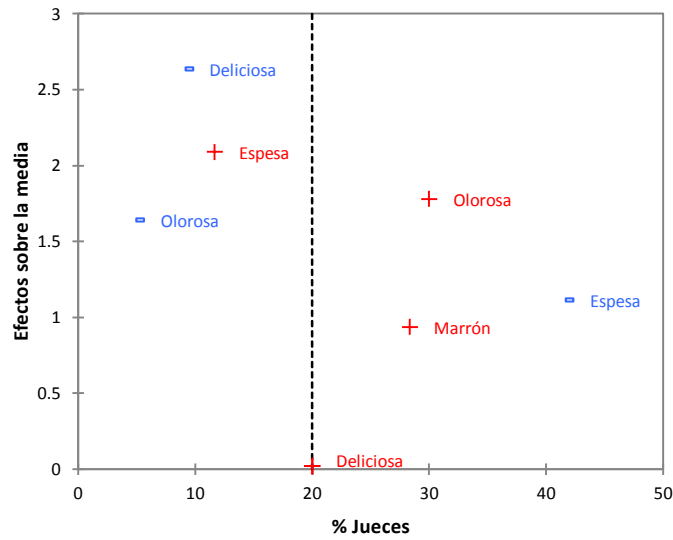
- Demasiado poco + Excesivo

T4 (Efectos sobre la media vs %)



- Demasiado poco + Excesivo

T6 (Efectos sobre la media vs %)



- Demasiado poco + Excesivo

Figura 38. Gráficas de penalizaciones (medias vs % de jueces). El color azul corresponde al nivel “demasiado poco” y el color rojo a “muy ó excesivo”

4.15 Análisis proximal de las mezclas con mejores características físicas y sensoriales

Posteriormente a la evaluación sensorial de los tres tratamientos con mejores características físicas (T2, T4 y T6), se realizó el análisis proximal de los tratamientos T4 y T6, los cuales mostraron mejores características tanto físicas como sensoriales respecto a T2, sin embargo éstas todavía deben mejorarse un poco para considerarlos “justo como a los consumidores les gusta”.

Tabla 42

Análisis proximal de las mezclas extruidas

Característica	Unidad	Mezclas extruidas	
		T4	T6
Humedad (B.S)	g/100 g	7.88 ± 0.30	7.86 ± 0.51
Proteína cruda (B.S)	g/100 g	19.76 ± 0.04	19.60 ± 0.02
Cenizas totales (B.S)	g/100 g	2.81 ± 0.07	2.76 ± 0.81
Grasa cruda (B.S)	g/100 g	5.35 ± 0.71	5.22 ± 0.71
Fibra cruda (B.S)	g/100 g	4.21 ± 0.31	4.09 ± 0.28
Carbohidratos	g/100 g	98.30 ± 5.18	98.77 ± 8.08
Energía	Kcal/100g	518.95 ± 2.68	519.04 ± 3.66

En la Tabla 42, se puede ver que ambos tratamientos T4 y T6 presentaron bajo contenido de humedad, es decir, hubo un descenso en el contenido de humedad de las mezclas extruidas a diferencia de las mezclas sin extruir (14.53 y 14.52 g/100 g). Este bajo contenido de humedad es debido al agua liberada de los granos por efecto del calor y la presión producidos durante la extrusión, los resultados adquiridos concuerdan con el contenido de humedad reportado por Senthil, Bharath, y Pathak (2014) en bocaditos extruidos (2.8 a 9.2 g/100 g), asimismo los autores expresan que el contenido de humedad es el factor más importante tanto en la producción del producto extruido como en el almacenamiento de éste, considerándose como seguro un contenido de humedad por debajo del 10 % a fin de evitar algún tipo de crecimiento microbiano.

El contenido de proteínas para T4 y T6 fue 19.76 y 19.60 g/100 g, encontrándose una ligera disminución al compararlos con las mezclas sin extruir (21.29 - 21.08 g/100 g). Tacora et al., (2010), mencionan que el contenido de proteínas disminuye al ser sometidas a altas temperaturas, ya que temperaturas próximas a 100 °C, inducen a que las proteínas se desnaturalicen. Por otro lado, Revelo (2010), señala que el contenido proteico de los productos alimenticios elaborados por medio del proceso de extrusión se preservan mejor que cuando se procesan utilizando métodos alternativos como tostado, secado de tambores, calentamiento con microondas, horneado y en autoclave. Lo que concuerda con los resultados obtenidos en la investigación de las mezclas instantáneas extruidas.

El contenido de grasa en ambas mezclas extruidas “T4 y T6” disminuyó mínimamente respecto a las mismas mezclas sin extruir, pero éste se encontró dentro del rango reportado por Galindo (2018) en snacks extruidos a base de quinua y maíz morado (4.46 a 9.50 g/100 g). La reducción del contenido de grasa pudo haber sucedido por consecuencia de la volatilización de algunos ácidos grasos debido a las altas temperaturas de procesamiento (Tacora et al., 2010).

Respecto al contenido de cenizas de ambos tratamientos (T4 = 2.81, T6 = 2.76), estos se encontraron dentro del rango reportado por Galindo (2018) en extruidos de quinua y maíz morado (2.29 - 3.19 g/100 g) y cercanos a lo reportado por Mamani (2015), para extruidos de quinua (2.42 a 2.62 g/100 g). Ambos tratamientos (T4 y T6) presentaron un ligero descenso en el contenido de cenizas respecto a los tratamientos sin extruir, esto se debió a que en la cáscara de los granos utilizados se localizan minerales importantes que se pierden junto con la fibra durante su procesamiento.

El contenido de fibra en el producto es importante, ya que afecta algunas de las propiedades físicas y sensoriales de los productos extruidos, un aumento en el contenido de fibra provoca extruidos con un color más oscuro, más densos y con orificios grandes, además de producir un sabor amargo (Kameko, 2005). El contenido de fibra cruda en los tratamientos T4 y T6, fueron cercanos entre sí (4.21 y 4.09 g/100 g), comparados a las mezclas sin extruir disminuyeron mínimamente al igual como sucedió en las demás características.

Más del 50 % de carbohidratos en los cereales y leguminosas está compuesta por almidón y otros monosacáridos, polisacáridos y oligosacáridos (azúcares solubles). El contenido de carbohidratos se determinó por diferencia de factores, por lo tanto la disminución de los otros componentes en las mezclas hacen que el contenido de carbohidratos en ellas aumente, esto debido a que durante la extrusión el contenido de azúcar aumenta probablemente debido a una modificación de su estructura mecánica, aumentando de esta forma la superficie específica y mejorando la disponibilidad de estos compuestos. Por otra parte, el contenido de azúcares solubles aumenta por causa de la gelatinización del almidón, debido a la ruptura que sufre durante la extrusión (Singh, Gamlath, y Wakeling, 2007; Wang y Klopfenstein, 1993). Morales et al., (2015) publicaron un ligero aumento de sacarosa, maltosa y algunos oligosacáridos, como son la estaquiosa y rafinosa, en harinas de lenteja extruidas.

El contenido de energía fue 518.95 y 518.04 Kcal/100g para T4 y T6 respectivamente. Ambos tratamientos al igual que los demás componentes presentaron una mínima disminución en comparación con las mezclas sin extruir.

Capítulo V. Conclusiones y Recomendaciones

5.1 Conclusiones

- El análisis proximal de las materias primas reveló que la lenteja presentó mayores contenidos de humedad y proteína y menores de grasa, carbohidratos, y energía; la quinua roja presentó altos contenidos de cenizas y energía y menores de humedad y fibra; el maíz contenía mayores proporciones de carbohidratos, proteínas y cenizas; mientras que la kiwicha tenía mayores contenidos de grasa y fibra.
- Los tratamientos T2, T4 y T6 presentaron mejores características físicas a comparación de los demás: mayor densidad aparente, proteínas, solubilidad y capacidad de hidratación en agua; y menor humectabilidad en agua, índice de dispersabilidad de proteínas, y reconstitución en agua a 25 y 100 °C, cuando en la mezcla había mayor proporción de quinua y kiwicha. La Aw fue menor (menos quinua y kiwicha), y el índice de pardeamiento fue menor (mayor maíz y kiwicha).
- De los tratamientos evaluados, T4 y T6 presentaron mejores características sensoriales, aunque todavía deben mejorarse un poco (disminuir el color y olor, e incrementar la consistencia y mejorar el sabor) para ser considerados óptimos sensorialmente.
- Los análisis proximales de T4 y T6, se encontraron dentro de los requisitos para una mezcla instantánea.

5.2 Recomendaciones

- Optimizar las mezclas para mejorar sus características físicas y sensoriales
- Evaluar el grado de gelatinización del almidón
- Realizar un aminograma a fin de evaluar la calidad proteica de las mezclas instantáneas
- Evaluar la digestibilidad in vitro de las proteínas

Referencias

- Abderrahim, F., Huanatico, E., Segura, R., Arribas, S., Gonzalez, M. C., & Condezo-Hoyos, L. (2015). Physical features, phenolic compounds, betalains and total antioxidant capacity of coloured quinoa seeds (*Chenopodium quinoa* Willd.) from Peruvian Altiplano. *Food Chemistry*, *183*, 83–90. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.03.029>
- Abugoch, L. E. (2009). *Quinoa (Chenopodium quinoa Willd.): Composition, Chemistry, Nutritional, and Functional Properties. Mycological Research* (Vol. 113).
- Acosta, R. (2009). EL CULTIVO DEL MAÍZ, SU ORIGEN Y CLASIFICACIÓN. EL MAÍZ EN CUBA, *30*(2), 113–120.
- Adebamowo, C. A., Cho, E., Sampson, L., Katan, M. B., Spiegelman, D., Willett, W. C., & Holmes, M. D. (2005). Dietary flavonols and flavonol-rich foods intake and the risk of breast cancer, *633*, 628–633. <https://doi.org/10.1002/ijc.20741>
- Ahenkora, K., Twumasi-Afriyie, S., Yao, P., Sallah, K., & Obeng-Antwi, K. (1999). Protein nutritional quality and consumer acceptability of tropical Ghanaian quality protein maize. *Food and Nutrition Bulletin*, *20*(3), 354–360. <https://doi.org/10.1177/156482659902000313>
- Ahumada, A., Ortega, A., Chito, D., & Benítez, R. (2016). Saponinas de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.): un subproducto con alto potencial biológico, *45*(3), 438–469. <https://doi.org/10.15446/rcciquifa.v45n3.62043>
- Allen, K. E., Carpenter, C. E., & Walsh, M. K. (2007). Original article Influence of protein level and starch type on an extrusion-expanded whey product, 953–960. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2006.01316.x>
- Alvarez-iglesias, L., Revilla, P., Fern, V., Medina, E., & Cvero, J. (2016). Leaf physico-chemical and physiological properties of maize (*Zea mays* L.) populations from different origins. <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2016.06.017>

- Amin, M. E. H. (2011). Effect of different nitrogen sources on growth , yield and quality of fodder maize (*Zea mays* L .). *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*, 10(1), 17–23. <https://doi.org/10.1016/j.jssas.2010.06.003>
- Anderson, R., Conway, H., & Peplinski, L. (1970). Gelatinization of Corn Grits by Roll Cooking , Extrusion Cooking and Steaming, (4), 2–7.
- Anton, A. A., Ross, K. A., Lukow, O. M., Fulcher, R. G., & Arntfield, S. D. (2008). Influence of added bean flour (*Phaseolus vulgaris* L .) on some physical and nutritional properties of wheat flour tortillas, 109, 33–41. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2007.12.005>
- Apaza, V., Cáceres, G., Estrada, R., & Pinedo, R. (2013). *Catálogo de variedades comerciales de quinua en el Perú*.
- Arancibia, C., Bayarri, S., & Costell, E. (2013). Combining Cluster Analysis, Surface Response Methodology and JAR Scales to Increase Consumer Input in Optimizing Acceptability of a High-Protein Soy Dessert. *Journal of Sensory Studies*, 28(6), 483–494. <https://doi.org/10.1111/joss.12073>
- Arendt, E. K., & Zannini, E. (2013a). *Amaranth. Cereal Grains for the Food and Beverage Industries*. <https://doi.org/10.1533/9780857098924.439>
- Arendt, E. K., & Zannini, E. (2013b). *Maize. Cereal Grains for the Food and Beverage Industries*. <https://doi.org/10.1533/9780857098924.67>
- Arendt, E. K., & Zannini, E. (2013c). *Quinoa. Cereal Grains for the Food and Beverage Industries*, 409–438. <https://doi.org/10.1533/9780857098924.409>
- Awolu, O. O., Oluwaferanmi, P. M., Fafowora, O. I., & Oseyemi, G. F. (2015). Optimization of the extrusion process for the production of ready-to-eat snack from rice, cassava and kersting’s groundnut composite flours. *LWT - Food Science and Technology*, 64(1), 18–24. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2015.05.025>

- Azadi, B., Kubow, S., & Najdi, S. (2016). Improvement of the in vitro protein digestibility of amaranth grain through optimization of the malting process, *68*, 59–65. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2015.11.007>
- Badui Dergal, S. (1990). *Química de los alimentos* (2da ed.). Retrieved from <https://deymerg.files.wordpress.com/2013/07/quc3admicadelosalimentossalvadorbaduidergal.pdf>
- Barba de la Rosa, A. ., Fomsgaard, I. S., Laursen, B., Mortensen, A. G., Olvera-Martínez, L., Silva-Sánchez, C., ... De León-Rodríguez, A. (2009). Amaranth (*Amaranthus hypochondriacus*) as an alternative crop for sustainable food production : Phenolic acids and flavonoids with potential impact on its nutraceutical quality, *49*, 117–121. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2008.07.012>
- Barbosa-Canovas, G. V., Ortega-Rivas, E., Juliano, P., & Yan, H. (2005). *Food Powders: Physical Properties, Processing, and Functionality. Food Engineering Series.* <https://doi.org/10.1007/s13398-014-0173-7.2>
- Barnard, J., & Herna, J. R. (2003). Functional Properties of Extrudates Prepared with Blends of Wheat Flour / Pinto Bean Meal with Added Wheat Bran. <https://doi.org/10.1177/1082013207082463>
- Barrier-Guillot, B., Zuprizal, Jondreville, C., Chagneau, A. M., Larbier, M., & Leuillet, M. (1993). Effect of heat drying temperature on the nutritive value of corn in chickens and pigs. *Animal Feed Science and Technology*, *41*(2), 149–159. [https://doi.org/10.1016/0377-8401\(93\)90120-9](https://doi.org/10.1016/0377-8401(93)90120-9)
- Batal, A. B., Douglas, M. W., Engram, A. E., & Parsons, C. M. (2000). Protein Dispersibility Index as an Indicator of Adequately Processed Soybean Meal, 1592–1596.
- Bavec, F., & Mlakar, S. G. (2002). Effects of soil and climatic conditions on emergence of grain amaranths, *17*, 93–103.

- Becker, R., Wheeler, E. L., Lorenz, K., Stafford, A. E., Grosjean, O. K., Betschart, A. A., & Saunders, R. M. (1981). A Compositional Study of Amaranth Grain. *Journal of Food Science*, 46(4), 1175–1180. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.1981.tb03018.x>
- Belitz, H. D., Grosch, W., & Schieberle, P. (2009). *Food Chemistry*. Food Chemistry. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg. <https://doi.org/10.1007/978-3-540-69934-7>
- Betschart, A., Irving, D., Shepherd, A., & Saunders, R. M. (1981). Amaranthus Cruentus: Milling Characteristics, Distribution of Nutrients within Seed Components, and the Effects of Temperature on Nutritional Quality. *Journal of Food Science*, 46(4), 1181–1187. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.1981.tb03019.x>
- Bhargava, A., Shukla, S., & Ohri, D. (2006). Chenopodium quinoa - An Indian perspective. *Industrial Crops and Products*, 23(1), 73–87. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2005.04.002>
- Bhat, R., & Karim, A. A. (2009). Exploring the Nutritional Potential of Wild and Underutilized Legumes. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 8(4), 305–331. <https://doi.org/10.1111/j.1541-4337.2009.00084.x>
- Bhatty, R. (1988). Composition and Quality of Lentil (*Lens culinaris* Medik): A Review. *Canadian Institute of Food Science and Technology Journal*, 21(2), 144–160. [https://doi.org/10.1016/S0315-5463\(88\)70770-1](https://doi.org/10.1016/S0315-5463(88)70770-1)
- Boyer, C., & Shannon, J. (1987). *Carbohydrates of the kernel. Corn: Chemistry and Technology* (3rd ed.). Elsevier Inc. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-811971-6.00011-5>
- Bressani, R. (2006). " *Estudios Sobre la Industrialización del Grano de Amaranto , Caracterización Química y Nutricional de Productos Intermedios y Finales del Procesamiento* ".
- Burgos, V. E., & Armada, M. (2015). Characterization and nutritional value of precooked products of kiwicha grains (*Amaranthus caudatus*), 35(3), 531–538.

- Caballero, B., Finglas, P., & Toldrá, F. (2016). *ENCYCLOPEDIA OF FOOD AND HEALTH*.
- Cai, Y. Z., Corke, H., & Wu, H. X. (2004). Amaranth. *Encyclopedia of Grain Science*, 1–10. <https://doi.org/10.1016/B0-12-765490-9/00001-X>
- Camire, M., Camire, A., Krumhar, K., & Özkan, N. (2011). Chemical and nutritional changes in foods during extrusion.
- Carrasco-Valencia, R., Peña, J., Kallio, H., & Salminen, S. (2009). Dietary fiber and other functional components in two varieties of crude and extruded kiwicha (*Amaranthus caudatus*). *Journal of Cereal Science*, 49(2), 219–224. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2008.10.003>
- Castellanos, E., & Pando, L. (2016). *Guía de cultivo de la quinua*.
- Castro. (2015). *Desarrollo y Caracterización de un Suplemento Infantil Enriquecido con Zinc tipo Papilla para Niños que habitan en la Zona Rural*.
- Ceballos, M., Giraldo, G., & Orrego, C. (2012). Effect of freezing rate on quality parameters of freeze dried soursop fruit pulp, 111, 360–365. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2012.02.010>
- Cerezal, P., Urtuvia, V., Ramírez, V., Romero, N., & Arcos, R. (2011). Desarrollo de producto sobre la base de harinas de cereales y leguminosa para niños celíacos entre 6 y 24 meses; I: Formulación y aceptabilidad. *Nutricion Hospitalaria*, 26(1), 152–160. <https://doi.org/10.3305/nh.2011.26.1.4862>
- Chamorro, R. (2018). VALOR NUTRICIONAL Y COMPUESTOS BIOACTIVOS DE 30 ACCESIONES DE KIWICHA (*Amaranthus caudatus* L.) DEL INIA-PERÚ. Retrieved from <http://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/UNALM/3599/rubio-arias-pablo-giovanny.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

- Chang, J. Y., Chen, W. C., Huang, T. K., Wang, J. C., Fu, P. S., Chen, J. H., & Hung, C. C. (2012). Evaluating the accuracy of tooth color measurement by combining the Munsell color system and dental colorimeter. *Kaohsiung Journal of Medical Sciences*, 28(9), 490–494. <https://doi.org/10.1016/j.kjms.2012.04.006>
- Chauhan, A., Saxena, D. C., & Singh, S. (2015). Total dietary fiber and antioxidant activity of gluten free cookies made from raw and germinated amaranth (*Amaranthus spp.*) flour. *LWT - Food Science and Technology*, 63(2), 939–945. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2015.03.115>
- Coyne, C., & McGee, R. (2013). *Lentil. Genetic and Genomic Resources of Grain Legume Improvement*. Elsevier Inc. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-397935-3.00007-4>
- Cruz, M., García, C., & García, R. (2016). *Desarrollo y formulación de un snack nutritivo libre de gluten*.
- Cueto, M., Porrás-Saavedra, J., Farroni, A., Alamilla-Beltrán, L., Schöenlechner, R., Schleining, G., & Buera, P. (2015). Physical and mechanical properties of maize extrudates as affected by the addition of chia and quinoa seeds and antioxidants. *Journal of Food Engineering*, 167, 139–146. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2015.07.027>
- Da Silva, C. (2014). *DESENVOLVIMENTO E CARACTERIZAÇÃO DE FARINHAS MISTAS EXTRUDADAS DE ARROZ E CONCENTRADO PROTEICO DE SORO DE LEITE BOVINO PARA A ELABORAÇÃO DE BISCOITOS E MINGAUS*.
- Dávila, G., & Jiménez, C. (2009). Estudio de la variabilidad genética de maíces criollos y su correlación con el contenido y estructura de las zeínas. Retrieved from <https://tesis.ipn.mx/bitstream/handle/123456789/8186/DESMETODOS.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Del Valle, F. R. (1981). Nutritional qualities of soya protein as affected by processing. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 58(3), 419–429. <https://doi.org/10.1007/BF02582392>

- Dini, I., Tenore, G. C., & Dini, A. (2010). Antioxidant compound contents and antioxidant activity before and after cooking in sweet and bitter *Chenopodium quinoa* seeds. *LWT - Food Science and Technology*, 43(3), 447–451. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2009.09.010>
- Dog, H., & Karwe, M. V. (2003). Physicochemical Properties of Quinoa Extrudates, 101–114. <https://doi.org/10.1177/1082013030333940>
- Dozier, W. A., & Hess, J. B. (2011). Soybean Meal Quality and Analytical Techniques.
- El-Nahry, F., Mourad, F., Khalik, S., & Bassily, N. (1980). Chemical composition and protein quality of lentils (*Lens*) consumed in Egypt, 95, 87–95.
- Elsouhaimy, S. A., Refaay, T. M., & Zaytoun, M. A. M. (2015). Physicochemical and functional properties of quinoa protein isolate. *Annals of Agricultural Sciences*, 60(2), 297–305. <https://doi.org/10.1016/j.aos.2015.10.007>
- Escandón, L. (2012). *EVALUACIÓN DE TRES VARIEDADES DE AMARANTO EN DOS LOCALIDADES PARA RENDIMIENTO DE GRANO Y FORRAJE*.
- Estrada, R. (2015). *Proyecto: Fortalecimiento de la Producción Orgánica de Kiwicha en la Región Cusco*.
- FAO. (2003). *Maize. Post-harvest Operations*.
- FAO. (2011). La quinua: Cultivo milenario para contribuir a la seguridad alimentaria mundial.
- Fennema, O. (1996). *Food Chemistry*. (O. Fennema, Ed.) (3 Ed). New York: Marcel Dekker, Inc.
- Fitzpatrick, J. J., van Lauwe, A., Coursol, M., O'Brien, A., Fitzpatrick, K. L., Ji, J., & Miao, S. (2016). Investigation of the rehydration behaviour of food powders by comparing the behaviour of twelve powders with different properties. *Powder Technology*, 297, 340–348. <https://doi.org/10.1016/j.powtec.2016.04.036>

- Forny, L., Marabi, A., & Palzer, S. (2011). Wetting , disintegration and dissolution of agglomerated water soluble powders. *Powder Technology*, 206(1–2), 72–78. <https://doi.org/10.1016/j.powtec.2010.07.022>
- Franco, T. S., Perussello, C. A., Ellendersen, L. N., & Masson, M. L. (2016). Effects of foam mat drying on physicochemical and microstructural properties of yacon juice powder. *LWT - Food Science and Technology*, 66, 503–513. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2015.11.009>
- Fuentes, H. (2016). Efecto de la temperatura y velocidad de rotación del tornillo en el proceso de extrusión de maíz, quinua y avena para la elaboración de harina pregelatinizada.
- Galindo, R. del P. (2018). “*Nivel de aceptabilidad sensorial de extruidos de quinua con maíz morado como una alternativa de alimentación saludable.*”
- Gamel, T. H., Linssen, J. P., Mesallam, A. S., Damir, A. A., & Shekib, L. A. (2006). Effect of seed treatments on the chemical composition of two amaranth species: Oil, sugars, fibres, minerals and vitamins. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 86(1), 82–89. <https://doi.org/10.1002/jsfa.2318>
- Ganjyal, G., & Hanna, M. (2002). A Review on Residence Time Distribution (RTD) in Food Extruders and Study on the Potential of Neural Networks in RTD Modeling, 67(6).
- Gogoi, B. K., Oswalt, A. J., & Choudhury, G. S. (1996). Reverse Screw Element (s) and Feed Composition Effects during Twin-Screw Extrusion of Rice Flour and Fish Muscle Blends, 61(3), 590–595.
- Gomez, M. H., & Aguilera, J. M. (1984). A Physicochemical Model for Extrusion of Corn Starch, 49.
- Grande, C., & Orozco, B. (2013). Producción y procesamiento del maíz, 11, 97–100.

- Gutiérrez Dorado, R., Cárdenas Valenzuela, O., Alarcón Valdez, C., Garzón Tiznado, J., Milán Carrillo, J., Armienta Aldana, E., & Reyes Moreno, C. (2008). Alimento para niños preparado con harinas de maíz de calidad proteínica y garbanzo extruido. *Interciencia*. Retrieved from <https://www.researchgate.net/publication/46406288>
- Hefnawy, T. H. (2011). Effect of processing methods on nutritional composition and anti-nutritional factors in lentils (*Lens culinaris*). *Annals of Agricultural Sciences*, 56(2), 57–61. <https://doi.org/10.1016/j.aos.2011.07.001>
- Hernández-Medina, M., Torruco-Uco, J., Chel-Guerrero, L., & Betancur-Ancona, D. (2008). Caracterización fisicoquímica de almidones de tubérculos cultivados en Yucatán , México, 2008(002894), 718–726.
- Hogekamp, S., Schubert, H., & Science, F. (2003). Food Science and Technology International. <https://doi.org/10.1177/108201303034938>
- Hosoda, H., Inoue, E., Iwahashi, Y., Sakaue, K., Tada, M., & Nagata, T. (2005). Inhibitory Effect of Sulfides on Browning of Apple Slice, 120–124.
- Huamanchumo, C. (2013). *La Cadena de valor de maíz en el Perú*.
- INDECOPI. (2014a). NTP 205.022. LEGUMINOSAS. Lenteja. Requisitos.
- INDECOPI. NTP 205.062. Granos andinos. QUINUA. Requisitos (2014). Perú.
- INEI. (2009). *Perú: Consumo per cápita de los principales alimentos 2008-2009*. Retrieved from <http://www.bvsde.paho.org/documentosdigitales/bvsde/texcom/cd045364/PerCapitaAlimentos.pdf>
- INIA. (2006). *Quinua INIA 415 Pasankalla. Variedad para Agroindustria, exportación y consumo nacional*.

- Iwe, M. O., van Zuilichem, D. J., Ngoddy, P. O., & Lammers, W. (2001). Amino Acid and Protein Dispersibility Index (PDI) of Mixtures of Extruded Soy and Sweet Potato Flours. *LWT - Food Science and Technology*, 34(2), 71–75. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1006/fstl.2000.0731>
- Iwe, M. O., Van Zuilichem, D. J., Ngoddy, P. O., & Lammers, W. (2001). Amino Acid and Protein Dispersibility Index (PDI) of Mixtures of Extruded Soy and Sweet Potato Flours. *LWT - Food Science and Technology*, 34(2), 71–75. <https://doi.org/10.1006/fstl.2000.0731>
- Iwe, M. O., Van Zuilichem, D. J., Stolp, W., & Ngoddy, P. O. (2004). Effect of extrusion cooking of soy-sweet potato mixtures on available lysine content and browning index of extrudates. *Journal of Food Engineering*, 62(2), 143–150. [https://doi.org/10.1016/S0260-8774\(03\)00212-7](https://doi.org/10.1016/S0260-8774(03)00212-7)
- Jancurová, M., Minarovičová, L., & Dandár, A. (2009). Quinoa – a Review, 27(2), 71–79.
- Ji, J., Fitzpatrick, J., Cronin, K., Maguire, P., Zhang, H., & Miao, S. (2016). Rehydration behaviours of high protein dairy powders: The influence of agglomeration on wettability, dispersibility and solubility. *Food Hydrocolloids*, 58, 194–203. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2016.02.030>
- Jiménez, J. (2013). *Diseño del proceso de extrusión para la elaboración de un suplemento nutricional con base en la mezcla de amaranto, quinua, chocho y avena.*
- Jinapong, N., Suphantharika, M., & Jamnong, P. (2008). Production of instant soymilk powders by ultrafiltration , spray drying and fluidized bed agglomeration, 84, 194–205. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2007.04.032>
- Joshi, M., Adhikari, B., Panozzo, J., & Aldred, P. (2010). Water uptake and its impact on the texture of lentils (*Lens culinaris*). *Journal of Food Engineering*, 100(1), 61–69. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2010.03.028>

- Joshi, M., Timilsena, Y., & Adhikari, B. (2017). Global production, processing and utilization of lentil: A review. *Journal of Integrative Agriculture*, 16(12), 2898–2913. [https://doi.org/10.1016/S2095-3119\(17\)61793-3](https://doi.org/10.1016/S2095-3119(17)61793-3)
- Kaletunc, G., & Breslauer, K. (2003). *Characterization of Cereals and Flours*. <https://doi.org/10.1201/9780203911785>
- Kaur, N., Singh, B., & Sharma, S. (2018). Comparison of quality protein maize (QPM) and normal maize with respect to properties of instant porridge. *LWT - Food Science and Technology*. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2018.09.070>
- Kowalski, R. J., Medina-Meza, I. G., Thapa, B. B., Murphy, K. M., & Ganjyal, G. M. (2016). Extrusion processing characteristics of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) var. Cherry Vanilla. *Journal of Cereal Science*, 70, 91–98. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2016.05.024>
- Koziol, M. J. (1992). Chemical composition and nutritional evaluation of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). *Journal of Food Composition and Analysis*, 5(1), 35–68. [https://doi.org/10.1016/0889-1575\(92\)90006-6](https://doi.org/10.1016/0889-1575(92)90006-6)
- Labuza, T. (1980). Effect of water activity on reaction kinetics of food deterioration. *Food Technology*. Retrieved from <https://www.researchgate.net/publication/239667138%0AEffect>
- Lambrecht, H. (1995). Sulfite Substitutes for the Prevention of Enzymatic Browning in Foods, 313–323.
- Lawless, H. T., & Heymann, H. (2003). *Sensory Evaluation of Food. Principles and Practice* (2da Editio). <https://doi.org/10.1007/978-1-4419-6488-5>
- Lazou, A., & Krokida, M. (2010). Structural and textural characterization of corn-lentil extruded snacks. *Journal of Food Engineering*, 100(3), 392–408. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2010.04.024>

- León, A., & Rosell, C. (2007). De tales harinas, tales panes: Granos, harinas y productos de panificación en Iberoamérica. *De Tales Harinas, Tales Panes. Granos, Harinas y Productos de Panificación En Iberoamérica*, (April 2017), 17–72. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Lewicki, P. P. (2004). Water as the determinant of food engineering properties . A review, *61*(August 2002), 483–495. [https://doi.org/10.1016/S0260-8774\(03\)00219-X](https://doi.org/10.1016/S0260-8774(03)00219-X)
- Li, G., Wang, S., & Zhu, F. (2016). Physicochemical properties of quinoa starch. *Carbohydrate Polymers*, *137*, 328–338. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2015.10.064>
- Mamani, S. (2015). EVALUACIÓN DEL EFECTO DE TRES PROCESOS AGROINDUSTRIALES EN LA ESTABILIDAD DE LOS COMPUESTOS FENÓLICOS Y CAPACIDAD ANTIOXIDANTE EN DOS VARIEDADES DE QUINUA (*Chenopodium quinoa* Willd).
- Martínez, B.Pau, C. (1992). EXTRUSIÓN DE SORGO INTEGRAL Y DECORTICADO *, 40–44.
- Meilgaard, M. c., Civile, G. V., & Carr, B. T. (2007). *Sensory Evaluation Techniques* (4ta Editio).
- Mejía, J. de J. (2014). Maíz: Alimento fundamental en las tradiciones y costumbres mexicanas. *PASOS*, *12*, 425–432.
- Menegassi, B., Pilosof, A. M. R., & Arêas, J. A. G. (2011). Comparison of properties of native and extruded amaranth (*Amaranthus cruentus* L. - BRS Alegria) flour. *LWT - Food Science and Technology*, *44*(9), 1915–1921. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2011.04.008>
- Meneses, J., Corrales, C., & Valencia, M. (2007). Síntesis y caracterización de un polímero biodegradable a partir del almidón de yuca, 57–67.

- Mery, D., Leo, K., Pedreschi, F., & Leo, J. (2006). Color measurement in L * a * b * units from RGB digital images, 39, 1084–1091. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2006.03.006>
- MINAGRI. (2007). *Perfil Comercial. Kiwicha* (Vol. 136). Retrieved from http://repositorio.minagri.gob.pe/bitstream/handle/MINAGRI/56/KIWICHA_2013.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- MINAGRI. (2016). Leguminosas de grano. “Semillas nutritivas para un futuro sostenible,” 359.
- Ministerio del Ambiente. (2009). *Razas de Maíz en el Perú*.
- Morales, P., Berrios, J. D. J., Varela, A., Burbano, C., Cuadrado, C., & Muzquiz, M. (2015). Function functional foods: an extrusion cooking effect on bioactive compounds, 3135–3143. <https://doi.org/10.1039/c5fo00729a>
- Mouquet, C., Salvignol, B., Van Hoan, N., Monvois, J., & Trèche, S. (2003). Ability of a “very low-cost extruder” to produce instant infant flours at a small scale in Vietnam. *Food Chemistry*, 82(2), 249–255. [https://doi.org/10.1016/S0308-8146\(02\)00545-9](https://doi.org/10.1016/S0308-8146(02)00545-9)
- Moyano, M., Meléndez-Martínez, A., Alba, J., & Heredia, F. J. (2008). A comprehensive study on the colour of virgin olive oils and its relationship with their chlorophylls and carotenoids indexes (I): CIEXYZ non-uniform colour space. *Food Research International*, 41(5), 505–512. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2008.03.007>
- Nascimento, A. C., Mota, C., Coelho, I., Gueifão, S., Santos, M., Matos, A. S., ... Castanheira, I. (2014). Characterisation of nutrient profile of quinoa (*Chenopodium quinoa*), amaranth (*Amaranthus caudatus*), and purple corn (*Zea mays* L.) consumed in the North of Argentina: Proximates, minerals and trace elements. *Food Chemistry*, 148, 420–426. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2013.09.155>
- Navruz-Varli, S., & Sanlier, N. (2016). Nutritional and health benefits of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). *Journal of Cereal Science*, 69, 371–376. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2016.05.004>

- Ndulaka, J. C., Obasi, N. ., & Omeire, G. C. (2014). Production and Evaluation of Reconstitutable Kunun-Zaki. *Nigerian Food Journal*, 32(2), 66–72. [https://doi.org/10.1016/S0189-7241\(15\)30119-3](https://doi.org/10.1016/S0189-7241(15)30119-3)
- Newman, C., Newman, R., & Lockerman, R. (1988). Utilization of food legumes in human nutrition. *World Crops: Cool Season Food Legumes*, 405–411. https://doi.org/10.1007/978-94-009-2764-3_35
- Nickel, J., Pio, L., Torma, F., Arocha, M., & Helbig, E. (2016). Effect of different types of processing on the total phenolic compound content , antioxidant capacity , and saponin content of *Chenopodium quinoa* Willd grains, 209, 139–143. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.04.031>
- Nowak, V., Du, J., & Charrondière, U. R. (2016). Assessment of the nutritional composition of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). *Food Chemistry*, 193, 47–54. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.02.111>
- Oliveira, L. C., Schmiele, M., & Steel, C. J. (2017). Development of whole grain wheat flour extruded cereal and process impacts on color, expansion, and dry and bowl-life texture. *LWT - Food Science and Technology*, 75, 261–270. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2016.08.064>
- Ortega-Rivas, E. (2009). Bulk Properties of Food Particulate Materials : An Appraisal of their Characterisation and Relevance in Processing, 28–44. <https://doi.org/10.1007/s11947-008-0107-5>
- Pagano, A. M., & Mascheroni, R. H. (2005). Sorption isotherms for amaranth grains, 67, 441–450. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2004.05.012>
- Park, J., Rhee, K. S., Kim, B. K., & Rhee, K. C. (1993). Single-Screw Extrusion of Defatted Soy Flour , Corn Starch and Raw Beef Blends, 58(1).
- Pathare, P. B., Opara, U. L., & Al-Said, F. A. J. (2012). Colour Measurement and Analysis in Fresh and Processed Foods: A Review. *Food and Bioprocess Technology*, 6(1), 36–60. <https://doi.org/10.1007/s11947-012-0867-9>

- Paucar-Menacho, L. M., Peñas, E., Dueñas, M., Frias, J., & Martínez-Villaluenga, C. (2017). Optimizing germination conditions to enhance the accumulation of bioactive compounds and the antioxidant activity of kiwicha (*Amaranthus caudatus*) using response surface methodology. *LWT - Food Science and Technology*, *76*, 245–252. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2016.07.038>
- Peralta, E. (2009). *Amaranto y Ataco. Preguntas y Respuestas*.
- Pereira, R., Moreira, M., Martins, M., & Souza, T. (2016). Particle size, morphological, rheological, physicochemical characterization and designation of minerals in mesquite flour (*Prosopis juliflora*). *Journal of Cereal Science*, *69*, 119–124. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2016.02.017>
- Popiela, E., Króliczewska, B., Zawadzki, W., Opaliński, S., & Skiba, T. (2013). Effect of extruded amaranth grains on performance, egg traits, fatty acids composition, and selected blood characteristics of laying hens. *Livestock Science*, *155*(2–3), 308–315. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2013.05.001>
- Preetham, K. V., Dharmaraj, U., Sakhare, S. D., & Inamdar, A. A. (2016). Preparation of protein and mineral rich fraction from grain amaranth and evaluation of its functional characteristics. *Journal of Cereal Science*, *69*, 358–362. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2016.05.002>
- Quitão-teixeira, L. J., Aguiló-aguayo, I., Ramos, A. M., & Martín-belloso, O. (2008). Inactivation of Oxidative Enzymes by High-Intensity Pulsed Electric Field for Retention of Color in Carrot Juice, 364–373. <https://doi.org/10.1007/s11947-007-0018-x>
- Raghavendra, S. N., Ramachandra Swamy, S. R., Rastogi, N. K., Raghavarao, K. S. M. S., Kumar, S., & Tharanathan, R. N. (2006). Grinding characteristics and hydration properties of coconut residue: A source of dietary fiber. *Journal of Food Engineering*, *72*(3), 281–286. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2004.12.008>

- Ramírez, A. (2016). Peas and Lentils, 283–288. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-384947-2.00530-4>
- Ramírez, P. (2015). *CAMBIOS PRODUCIDOS POR LA COCCIÓN Y EL LAVADO SOBRE LAS BETALAINAS DE LA QUINUA (Chenopodium quinoa Willd)*”.
- Ramos Diaz, J. M., Suuronen, J. P., Deegan, K. C., Serimaa, R., Tuorila, H., & Jouppila, K. (2015). Physical and sensory characteristics of corn-based extruded snacks containing amaranth, quinoa and kañiwa flour. *LWT - Food Science and Technology*, 64(2), 1047–1056. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2015.07.011>
- Ramos, N., Lúquez, J., & Eyherabide, G. (2004). Calidad De La Harina De Soja Sometida a Distintos Tratamientos Térmicos Para Inactivar Los Factores Antinutricionales. *Tecnología de Procesos*, (7620), 681–683.
- Rauwendaal, C. (2009). *Mixing in Single-Screw Extruders. Mixing and Compounding of Polymers: Theory and Practice* (Second Edi). Carl Hanser Verlag GmbH & Co. KG. <https://doi.org/10.3139/9783446433716.024>
- Reinitz, G. (2011). Protein Dispersibility Index (PDI) as a Quality Control Measure for Soy Flour Used in Brown Trout Starter Feed. [https://doi.org/10.1577/1548-8640\(1984\)46](https://doi.org/10.1577/1548-8640(1984)46)
- Repo-Carrasco, R., Espinoza, C., & Jacobsen, S. (2003). Nutritional Value and Use of the Andean Crops Quinoa (*Chenopodium quinoa*) and Kañiwa (*Chenopodium pallidicaule*).pdf. *Food Reviews International*, 19(1–2), 179–189. <https://doi.org/10.1081/FRI-120018884>
- Repo-Carrasco, R., Hellström, J., Pihlava, J., & Mattila, P. (2010). Flavonoids and other phenolic compounds in Andean indigenous grains: Quinoa (*Chenopodium quinoa*), kañiwa (*Chenopodium pallidicaule*) and kiwicha (*Amaranthus caudatus*). *Food Chemistry*, 120(1), 128–133. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2009.09.087>
- Repo-carrasco, R., Pilco, J., & Encina, C. (2011). Desarrollo y elaboración de un snack extruido a partir de quinua (*Chenopodium quinoa Willd* .) y maíz (*Zea mays L* .), 207–222.

- Resio, A. N. C., Aguerre, R. J., & Su, C. (2003). Study of some factors affecting water absorption by amaranth grain during soaking, *60*, 391–396. [https://doi.org/10.1016/S0260-8774\(03\)00062-1](https://doi.org/10.1016/S0260-8774(03)00062-1)
- Revelo, A. G. (2010). Desarrollo y evaluación de las tecnologías de un snack laminado a partir de Quinoa, *209*. Retrieved from http://www.google.com.mx/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=3&ved=0CDQQFjAC&url=http%3A%2F%2Fbibdigital.epn.edu.ec%2Fbitstream%2F15000%2F2351%2F1%2FCD-3098.pdf&ei=coSBUNDULrY2AXKo4CQDA&usg=AFQjCNGHap-62vjaTApb0_TaTuv3_Pxs4g&sig2=7_SM7xVPNa_Jyi6lzqFkW
- Reyes-Moreno, C., Milán-Carrillo, J., Gutiérrez-Dorado, R., Paredes-López, O., Cuevas-Rodríguez, E. O., & Garzón-Tiznado, J. A. (2003). Instant flour from quality protein maize (*Zea mays* L). Optimization of extrusion process. *LWT - Food Science and Technology*, *36*(7), 685–695. [https://doi.org/10.1016/S0023-6438\(03\)00089-6](https://doi.org/10.1016/S0023-6438(03)00089-6)
- Reyes, M., Gómez-Sánchez, I., Espinoza, C., Bravo, F., & Ganoza, L. (2009). *Tablas peruanas de composición de alimentos. Centro Nacional de Alimentación y Nutrición-Instituto Nacional de Salud*. (8a ed.). Lima.
- Rivas, G. L., & Valencia, E. F. (2018). “ NUEVO COLORANTE NATURAL A PARTIR DE BETACIANINAS DEL GRANO DE LA QUINUA CUCHIWILLA PARA ALIMENTOS SALUDABLES PARA NIÑOS “ Gloria Lopez Rivas, Enzo Foy Valencia.
- Rodriguez-Miranda, J., Ramirez-Wong, B., Vivar-Vera, M. A., Solis-Soto, A., Gomez-Aldapa, C. A., Castro-Rosas, J., ... Delgado-Licon, E. (2014). Effect of bean flour concentration (*Phaseolus vulgaris* L.), moisture content and extrusion temperature on the functional properties of aquafeeds. *Revista Mexicana de Ingeniera Quimica*, *13*(3), 649–663.

- Rodríguez-Miranda, J., Ruiz-López, I. I., Herman-Lara, E., Martínez-Sánchez, C. E., Delgado-Licon, E., & Vivar-Vera, M. A. (2011). Development of extruded snacks using taro (*Colocasia esculenta*) and nixtamalized maize (*Zea mays*) flour blends. *LWT - Food Science and Technology*, 44(3), 673–680. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2010.06.036>
- Rothman, L., & Parker, M. (2009). *Just-About-Right (JAR) Scales: Design, Usage, Benefits and Risks*.
- Ruales, J., & Nair, B. M. (1993). Content of fat, vitamins and minerals in quinoa (*Chenopodium quinoa*, Willd) seeds. *Food Chemistry*, 48(2), 131–136. [https://doi.org/10.1016/0308-8146\(93\)90047-J](https://doi.org/10.1016/0308-8146(93)90047-J)
- Salcines, F. (2009). *Cadena Agroalimentaria de la Quinoa y la Maca Peruana y su Comercialización n el Mercado Español. Mycological Research*.
- Salinas-Moreno, Y., Pérez-Alonso, J. ., Vázquez-Carrillo, G., Aragón-Cuevas, F., & Velázquez-Cardelas, G. . (2012). Anthocyanin content and antioxidant activity of maize grain (*Zea mays* L.) from the races Chalqueño, Elotes Cónicos, and Bolita. *Agrociencia*, 47, 693–706.
- Salinas, Y., Saavedra, S., Soria, J., & Espinosa, E. (2008). Características Físicoquímicas Y Contenido De Carotenoides En Maíces. *Agricultura Técnica de México*, 34(3), 357–364.
- Samaranayaka, A. (2016). *Lentil: Revival of Poor Man's Meat. Sustainable Protein Sources*. Elsevier Inc. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-802778-3.00011-1>
- Sánchez, I., & Pérez, E. (2014). Maíz I (*Zea mays*), 7(2), 151–171.
- Sanz-penella, J. M., Wronkowska, M., Soral-smietana, M., & Haros, M. (2013). Effect of whole amaranth flour on bread properties and nutritive value. *LWT - Food Science and Technology*, 50(2), 679–685. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2012.07.031>

- Savlak, N., Türker, B., & Yesilkanat, N. (2016). Effects of particle size distribution on some physical, chemical and functional properties of unripe banana flour. *Food Chemistry*, 213(October 2014), 180–186. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.06.064>
- Schubert, H. (1987). Food Particle Technology . Part I: Properties of Particles and Particulate Food Systems, 6.
- Sengev, I. A., Akpapunam, M. A., & Ingbian, E. K. (2012). Physicochemical and Sensory Properties of Instant Kunun-Zaki Flour Blends from Sorghum and Mango Mesocarp Flours. *Nigerian Food Journal*, 30(2), 8–16. [https://doi.org/10.1016/S0189-7241\(15\)30028-X](https://doi.org/10.1016/S0189-7241(15)30028-X)
- Senthil, A., Bharath, S., & Pathak, A. (2014). Comparative quality evaluation of commercial extruded snacks, (June).
- Sharma, A., Jana, A. H., & Chavan, R. S. (2012). Functionality of Milk Powders and Milk-Based Powders for End Use Applications — A Review, 11. <https://doi.org/10.1111/j.1541-4337.2012.00199.x>
- Sharma, P., & Gujral, H. S. (2014). Antioxidant potential of wheat flour chapattis as affected by incorporating barley flour. *LWT - Food Science and Technology*, 56(1), 118–123. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2013.10.047>
- Sheard, P., Ledwars, D., & Mitchell, J. (1984). Role of carbohydrates in soya extrusion, 475–483.
- Shittu, T. A., & Lawal, M. O. (2007). Factors affecting instant properties of powdered cocoa beverages. *Food Chemistry*, 100(1), 91–98. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2005.09.013>
- Sin, H. N., Yusof, S., Abdul Hamid, N. S., & Abd. Rahman, R. (2006). Optimization of hot water extraction for sapodilla juice using response surface methodology. *Journal of Food Engineering*, 74(3), 352–358. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2005.03.005>

- Singh, N., & Singh, P. (2011). Amaranth : Potential Source for Flour Enrichment. *Elsevier Inc.*, 101–111. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-380886-8.10010-8>
- Singh, S., Gamlath, S., & Wakeling, L. (2007). Original article Nutritional aspects of food extrusion : a review, 916–929. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2006.01309.x>
- Singhal, R. S., & Kulkarni, P. R. (1988). Composition of the seeds of some *Amaranthus* species. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 42(4), 325–331. <https://doi.org/10.1002/jsfa.2740420406>
- Soto, E., Mercado, W., Estrada, R., Repo, R., Díaz, F., & Díaz, G. (2015). *El mercado y la producción de quinua en el Perú*.
- Tacora, R., Luna, G., Bravo, R., Mayta, J., Martin, Y., & Ibañez, V. (2010). Efecto de la presión de expansión por explosión y temperatura de tostado en algunas características funcionales y fisicoquímicas de dos variedades de cañihua (*Chenopodium*, 2(1), 188–198.
- Takhtajan, A. (2009). *Flowering Plants* (2da Ed.). St. Petersburg- Russia. <https://doi.org/10.1007/978-1-4020-9609-9>
- Tang, J., & Sokhansanj, S. (1993). Moisture Diffusivity in Laird Lentil Seed Components.
- Tapia, M., Gandarillas, H., Alandá, S., Cardozo, A., Mujica, A., Ortíz, R., ... Zanabria, E. (1979). *Quinua y Kañiwa. Cultivos andinos. Animal Genetics*.
- Taverna, G., Leonel, M., & Mischan, M. M. (2012). Changes in physical properties of extruded sour cassava starch and quinoa flour blend snacks, (x).
- Taylor, S. L., Buckle, K., Stone, H., & Sidel, J. L. (2004). *Sensory Evaluation Practices* (3ra ed.).
- Ukhun, M. E., & Ukpebor, I. E. (1991). Production of instant plantain flour, sensory evaluation and physico-chemical changes during storage. *Food Chemistry*, 42(3), 287–299. [https://doi.org/10.1016/0308-8146\(91\)90071-U](https://doi.org/10.1016/0308-8146(91)90071-U)

- Urke, H. B., Bull, T., & Mittelmark, M. B. (2011). Socioeconomic status and chronic child malnutrition: Wealth and maternal education matter more in the Peruvian Andes than nationally. *Nutrition Research*, 31(10), 741–747. <https://doi.org/10.1016/j.nutres.2011.09.007>
- Valencia-Chamorro, S. A. (2003). Quinoa. *Encyclopedia of Food Sciences and Nutrition*, 4895–4902. <https://doi.org/10.1016/B0-12-227055-X/00995-0>
- Valenzuela-Lagarda, J., Gutiérrez-Dorado, R., Pacheco-Aguilar, R., Lugo-Sánchez, J., Valdez-torres, J., Reyes-Moreno, C., ... Muy-Rangel, M. (2016). Botanas expandidas a base de mezclas de harinas de calamar, maíz y papa : efecto de las variables del proceso sobre propiedades fisicoquímicas. *CyTA - Journal of Food*, 00(00), 1–7. <https://doi.org/10.1080/19476337.2016.1219391>
- Van Den Einde, R., Van Der Goot, R., & Boom, R. (2003). Understanding Molecular Weight Reduction of Starch During Heating – shearing Processes, 68(8), 2396–2404.
- Varela, P., & Ares, G. (2014). *Novel Techniques in Sensory Characterization and Consumer Profiling*.
- Visser, A., & Thomas, A. (1987). Review: Soya protein products—their processing, functionality, and application aspects. *Food Reviews International*, 3(1–2), 1–32. <https://doi.org/10.1080/87559128709540806>
- Wang, N., & Daun, J. K. (2006). Effects of variety and crude protein content on nutrients and anti-nutrients in lentils (*Lens culinaris*). *Food Chemistry*, 95(3), 493–502. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2005.02.001>
- Wang, W., & Klopfenstein, C. (1993). Effect of Twin-Screw Extrusion on the Nutritional Quality of Wheat, Barley, and Oats.
- Wrigley, C., Corke, H., Seetharaman, K., & Faubion, J. (2016). *ENCYCLOPEDIA OF FOOD GRAINS. Encyclopedia of Food Grains - The World of Food Grains*. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-394437-5.00097-8>

- Wu, M., Li, D., Wang, L., Özkan, N., & Mao, Z. (2010). Rheological properties of extruded dispersions of flaxseed-maize blend. *Journal of Food Engineering*, 98(4), 480–491. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2010.01.031>
- Yam, K. L., & Papadakis, S. E. (2004). A simple digital imaging method for measuring and analyzing color of food surfaces, *61*, 137–142. [https://doi.org/10.1016/S0260-8774\(03\)00195-X](https://doi.org/10.1016/S0260-8774(03)00195-X)
- Yang, S., Peng, J., Lui, W., & Lin, J. (2008). Effects of adlay species and rice flour ratio on the physicochemical properties and texture characteristic of adlay-based extrudates, *84*, 489–494. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2007.06.010>
- Yu, L., Ramaswamy, H. S., & Boye, J. (2013). Protein rich extruded products prepared from soy protein isolate-corn flour blends. *LWT - Food Science and Technology*, 50(1), 279–289. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2012.05.012>
- Zhang, B., Deng, Z., Ramdath, D. D., Tang, Y., Chen, P. X., Liu, R., ... Tsao, R. (2015). Phenolic profiles of 20 Canadian lentil cultivars and their contribution to antioxidant activity and inhibitory effects on α -glucosidase and pancreatic lipase. *Food Chemistry*, 172, 862–872. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.09.144>
- Zhang, B., Deng, Z., Tang, Y., Chen, P., Liu, R., Ramdath, D. D., ... Tsao, R. (2014). Fatty acid , carotenoid and tocopherol compositions of 20 Canadian lentil cultivars and synergistic contribution to antioxidant activities. *Food Chemistry*, 161, 296–304. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.04.014>
- Zong, W., Duan, J., Zhang, W., Fan, Y., Zhao, G., & Jing, S. (2014). Effects of twin-screw extrusion on soluble dietary fibre of jujube residue. *Journal of Chemical and Pharmaceutical Research*, 6(3), 387–391. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2012.12.003>
- Zzaman, W., & Yang, T. A. (2014). Moisture, color and texture changes in cocoa beans during superheated steam roasting. *Journal of Food Processing and Preservation*, 38(3), 1364–1370. <https://doi.org/10.1111/jfpp.12098>

Anexos

Anexo 1. Cartilla de evaluación sensorial JAR con escala de aceptación general

Evaluación sensorial									
Instrucciones:									
Usted recibirá tres muestras de mezclas instantáneas reconstituidas en agua (T2, T4, T6). Pruébelas en el orden correspondiente y marque cada ítem según considere cada atributo.									
Enjuáguese la boca con un poco de agua entre cada muestra.									
Muestra:									
Evalúe los atributos de sabrosa, marrón, olorosa y espesa poniendo una "X" en el cuadro respuesta que considere adecuado para cada atributo.									
	Demasiado poco		Muy poco		JAR		Un poco excesivo		Excesivo
Deliciosa	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>
Marrón	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>
Olorosa	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>
Espesa	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>
Marque la respuesta según su grado de aceptación general:									
	Me disgusta muchísimo	Me disgusta mucho	Me disgusta ligeramente	Me disgusta poco	JAR	Me gusta poco	Me gusta ligeramente	Me gusta mucho	Me gusta muchísimo
Aceptabilidad	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Anexo 2. Determinación del grado de calidad de las materias primas

Para determinar el grado de la calidad de cada materia prima, se extrajo una muestra siguiendo lo indicado en la Norma CAC/GL 50-2004 o la NTP-ISO 2859-1.2008. La muestra de laboratorio (muestra representativa de la muestra total = 1200 g) se obtuvo por cuarteo. Previa homogeneización, se obtuvieron 3 fracciones representativas de 400 g cada una, sobre las cuales se separaron manualmente los defectos siguiendo los parámetros establecidos, posteriormente se expresaron los resultados en porcentaje, designándose así el grado de calidad de las muestras respecto a lo estipulado en las normas técnicas peruanas para cada materia prima.

El cuarteo se utilizó para homogenizar y dividir las muestras, el procedimiento se llevó de la siguiente manera:

- 1.- La muestra se dispuso formando un cono sobre una superficie rugosa y limpia.
- 2.- El cono se dividió en cuatro partes, se tomaron los sectores opuestos del cono y se mezcló el contenido de éstos para formar un nuevo cono.
- 3.- Se repitió la operación hasta alcanzar el tamaño de muestra que se precisa.

Anexo 3. Datos experimentales del análisis de humedad de las materias primas

Anexo 3. Datos experimentales del análisis de humedad de las materias primas (%)											
Muestra	Rep	W. Placa Petri	W. Muestra	W. Placa petri + muestra	W. Placa petri + muestra seca desecada	W. Muestra desecada	Contenido de humedad (B.H)	Contenido de humedad (B.S)	Promedio (B.H)	Promedio (B.S)	Desv. Estándar (B.S)
Lenteja	1	36.07	5.01	41.08	40.48	0.60	88.01	11.99	88.29	11.71	0.21
	2	48.83	5.01	53.84	53.27	0.57	88.53	11.47			
	3	36.95	5.00	41.95	41.37	0.58	88.33	11.67			
Maíz amarillo	1	37.67	5.00	42.68	42.12	0.55	88.91	11.09	88.84	11.16	0.06
	2	36.86	5.01	41.87	41.31	0.56	88.83	11.17			
	3	35.16	5.01	40.17	39.60	0.56	88.76	11.24			
Quinua roja	1	37.84	5.01	42.85	42.31	0.54	89.26	10.74	89.51	10.49	0.24
	2	34.86	5.01	39.87	39.36	0.51	89.83	10.17			
	3	36.35	5.01	41.36	40.83	0.53	89.43	10.57			
Kiwicha	1	46.84	5.00	51.84	51.30	0.54	89.11	10.89	88.65	11.35	0.41
	2	43.37	5.01	48.37	47.78	0.59	88.12	11.88			
	3	43.44	5.00	48.44	47.88	0.56	88.72	11.28			

Anexo 4. Datos experimentales del análisis de cenizas de las materias primas

Anexo 4. Datos experimentales del análisis de cenizas de las materias primas (%)								
Muestra	Rep	W. Crisol	W. Muestra deshumedecida	W. Crisol + muestra	W. Crisol + muestra incinerada	Contenido de ceniza (B.S)	Promedio (B.S)	Desv. Estándar
Lenteja	1	47.69	3.004	50.69	47.76	2.44	2.52	0.08
	2	43.55	3.002	46.56	43.63	2.48		
	3	45.62	3.002	48.62	45.70	2.63		
Maíz amarillo	1	43.55	3.002	46.55	43.59	1.53	1.55	0.01
	2	43.66	3.004	46.66	43.70	1.55		
	3	45.61	3.003	48.62	45.66	1.57		
Quinua roja	1	49.96	3.002	52.97	50.04	2.72	2.79	0.07
	2	47.60	3.005	50.60	47.68	2.76		
	3	53.52	3.004	56.53	53.61	2.88		
Kiwicha	1	53.52	3.007	56.53	53.60	2.73	2.70	0.02
	2	47.69	3.003	50.69	47.77	2.67		
	3	49.96	3.001	52.96	50.04	2.71		

Anexo 5. Informe de ensayo de proteínas en base húmeda de las materias primas



LA MOLINA CALIDAD TOTAL LABORATORIOS UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA

Instituto de Certificación, Inspección y Ensayos



INFORME DE ENSAYOS

N° 005135-2018

SOLICITANTE : CONDORI HUAMANI JACKELINE
DIRECCIÓN LEGAL : A.A.H.H. TUPAC AMARU MZ LL LT 7 LIMA - LIMA - ATE
RUC : 45420481 Teléfono : 3521078
PRODUCTO : HARINA DE LENTEJA SIN EXTRUIR
NUMERO DE MUESTRAS : Uno
IDENTIFICACIÓN/MTRA : FECHA: 04/06/18
CANTIDAD RECIBIDA : 43,9 g (+envase)de muestra proporcionado por el solicitante
MARCA(S) : S.M
FORMA DE PRESENTACIÓN : Envasado, la muestra ingresa en bolsa cerrada.
SOLICITUD DE SERVICIOS : S/S N°EN- 002914 -2018
REFERENCIA : PERSONAL
FECHA DE RECEPCIÓN : 04/06/2018
ENSAYOS SOLICITADOS : FÍSICO/QUÍMICO
PERÍODO DE CUSTODIA : No aplica

RESULTADOS:

ENSAYOS FÍSICOS / QUÍMICOS
ALCANCE: N.A.

ENSAYOS	PROMEDIO	RESULTADO 1	RESULTADO 2
1 - Proteína Total (g//100 g de muestra original)(Factor:5,7)	21,3	21,19	21,42

MÉTODOS UTILIZADOS EN EL LABORATORIO:

1.- AOAC 920.87 Cap. 32, Pág. 14, 20th Edition 2016

FECHA DE EJECUCIÓN DE ENSAYOS: Del 05/06/2018 Al 13/06/2018

ADVERTENCIA:

- 1.- El muestreo, las condiciones de muestreo, tratamiento y transporte de la muestra hasta su ingreso a La Molina Calidad Total - Laboratorios son de responsabilidad del Solicitante.
- 2.- Se prohíbe la reproducción parcial o total del presente Informe sin la autorización de La Molina Calidad Total - Laboratorios.
- 3.- Válido para la cantidad recibida. No es un certificado de Conformidad ni Certificado del Sistema de Calidad de quien lo produce.
- 4.- Este documento al ser emitido sin el símbolo de acreditación, no se encuentra dentro del marco de la acreditación otorgada por INACAL-DA

La Molina, 13 de Junio de 2018



LA MOLINA CALIDAD TOTAL LABORATORIOS-UNALM

Mg. Mg. Quím. Mary Flor Césare Coral
DIRECTORA TÉCNICA
C.Q.P. N° 635

Pág. 1/1



**LA MOLINA CALIDAD TOTAL LABORATORIOS
UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA**

Instituto de Certificación, Inspección y Ensayos



**INFORME DE ENSAYOS
N° 005132-2018**

SOLICITANTE : CONDORI HUAMANI JACKELINE
DIRECCIÓN LEGAL : A.A.H.H. TUPAC AMARU MZ LL LT 7 LIMA - LIMA - ATE
 RUC : 45420481 Teléfono : 3521078
PRODUCTO : HARINA DE MAIZ AMARILLO SIN EXTRUIR
NUMERO DE MUESTRAS : Uno
IDENTIFICACIÓN/MTRA : FECHA: 04/06/18
CANTIDAD RECIBIDA : 53 g (+envase)de muestra proporcionado por el solicitante
MARCA(S) : S.M
FORMA DE PRESENTACIÓN : Envasado, la muestra ingresa en bolsa cerrada.
SOLICITUD DE SERVICIOS : S/S N°EN- 002914 -2018
REFERENCIA : PERSONAL
FECHA DE RECEPCIÓN : 04/06/2018
ENSAYOS SOLICITADOS : FÍSICO/QUÍMICO
PERÍODO DE CUSTODIA : No aplica

RESULTADOS:

ENSAYOS FÍSICOS / QUÍMICOS
 ALCANCE: N.A.

ENSAYOS	PROMEDIO	RESULTADO 1	RESULTADO 2
1 - Proteína Total (g//100 g de muestra original)(Factor:5,7)	9,2	9,22	9,13

MÉTODOS UTILIZADOS EN EL LABORATORIO:
 1.- AOAC 920.87 Cap. 32, Pág. 14, 20th Edition 2016

FECHA DE EJECUCIÓN DE ENSAYOS: Del 05/06/2018 Al 13/06/2018.

ADVERTENCIA:

- 1.- El muestreo, las condiciones de muestreo, tratamiento y transporte de la muestra hasta su ingreso a La Molina Calidad Total - Laboratorios son de responsabilidad del Solicitante.
- 2.- Se prohíbe la reproducción parcial o total del presente Informe sin la autorización de La Molina Calidad Total - Laboratorios.
- 3.- Válido para la cantidad recibida. No es un certificado de Conformidad ni Certificado del Sistema de Calidad de quien lo produce.
- 4.- Este documento al ser emitido sin el símbolo de acreditación, no se encuentra dentro del marco de la acreditación otorgada por INACAL-DA

La Molina, 13 de Junio de 2018



LA MOLINA CALIDAD TOTAL LABORATORIOS-UNALM

Mary Flor Césare Coral
 Mg. Mg. Quím. Mary Flor Césare Coral
 DIRECTORA TÉCNICA
 C.Q.P. N° 835

Pág. 1/1



**LA MOLINA CALIDAD TOTAL LABORATORIOS
UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA**

Instituto de Certificación, Inspección y Ensayos



INFORME DE ENSAYOS

N° 005134-2018

SOLICITANTE : CONDORI HUAMANI JACKELINE
DIRECCIÓN LEGAL : A.A.H.H. TUPAC AMARU MZ LL LT 7 LIMA - LIMA - ATE
 RUC : 45420481 Teléfono : 3521078
PRODUCTO : HARINA DE QUINUA ROJA SIN EXTRUIR
NUMERO DE MUESTRAS : Uno
IDENTIFICACIÓN/MTRA : FECHA: 04/06/18
CANTIDAD RECIBIDA : 38,9 g (+envase)de muestra proporcionado por el solicitante
MARCA(S) : S.M
FORMA DE PRESENTACIÓN : Envasado, la muestra ingresa en bolsa cerrada.
SOLICITUD DE SERVICIOS : S/S N°EN- 002914 -2018
REFERENCIA : PERSONAL
FECHA DE RECEPCIÓN : 04/06/2018
ENSAYOS SOLICITADOS : FÍSICO/QUÍMICO
PERÍODO DE CUSTODIA : No aplica

RESULTADOS:

ENSAYOS FÍSICOS / QUÍMICOS

ALCANCE: N.A.

ENSAYOS	PROMEDIO	RESULTADO 1	RESULTADO 2
1.- Proteína Total (g//100 g de muestra original)(Factor:5,7)	14,8	14,69	14,92

MÉTODOS UTILIZADOS EN EL LABORATORIO:

1.- AOAC 920.87 Cap. 32, Pág. 14, 20th Edition 2016

FECHA DE EJECUCIÓN DE ENSAYOS: Del 05/06/2018 Al 13/06/2018.

ADVERTENCIA:

- 1.- El muestreo, las condiciones de muestreo, tratamiento y transporte de la muestra hasta su ingreso a La Molina Calidad Total - Laboratorios son de responsabilidad del Solicitante.
- 2.- Se prohíbe la reproducción parcial o total del presente Informe sin la autorización de La Molina Calidad Total - Laboratorios.
- 3.- Válido para la cantidad recibida. No es un certificado de Conformidad ni Certificado del Sistema de Calidad de quien lo produce.
- 4.- Este documento al ser emitido sin el símbolo de acreditación, no se encuentra dentro del marco de la acreditación otorgada por INACAL-DA

La Molina, 13 de Junio de 2018



LA MOLINA CALIDAD TOTAL LABORATORIOS-UNALM

Mary Flor Cesare Coral
 Mg. Quím. Mary Flor Cesare Coral
 DIRECTORA TÉCNICA
 C.Q.P. N° 635

Pág. 1/1



**LA MOLINA CALIDAD TOTAL LABORATORIOS
UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA**

Instituto de Certificación, Inspección y Ensayos



INFORME DE ENSAYOS

N° 005133-2018

SOLICITANTE : CONDORI HUAMANI JACKELINE
DIRECCIÓN LEGAL : A.A.H.H. TUPAC AMARU MZ LL LT 7 LIMA - LIMA - ATE
 RUC : 45420481 Teléfono : 3521078
PRODUCTO : HARINA DE KIWICHA SIN EXTRUIR
NÚMERO DE MUESTRAS : Uno
IDENTIFICACIÓN/MTRA : FECHA: 04/06/18
CANTIDAD RECIBIDA : 41,6 g (+envase)de muestra proporcionado por el solicitante
MARCA(S) : S.M
FORMA DE PRESENTACIÓN : Envasado, la muestra ingresa en bolsa cerrada.
SOLICITUD DE SERVICIOS : S/S N°EN- 002914 -2018
REFERENCIA : PERSONAL
FECHA DE RECEPCIÓN : 04/06/2018
ENSAYOS SOLICITADOS : FÍSICO/QUÍMICO
PERÍODO DE CUSTODIA : No aplica

RESULTADOS:

ENSAYOS FÍSICOS / QUÍMICOS

ALCANCE: N.A.

ENSAYOS	PROMEDIO	RESULTADO 1	RESULTADO 2
1.- Proteína Total (g/100 g de muestra original)(Factor:5,7)	12,4	12,40	12,47

MÉTODOS UTILIZADOS EN EL LABORATORIO:

1.- AOAC 920.87 Cap. 32, Pág. 14, 20th Edition 2016

FECHA DE EJECUCIÓN DE ENSAYOS: Del 05/06/2018 Al 13/06/2018

ADVERTENCIA:

- 1.- El muestreo, las condiciones de muestreo, tratamiento y transporte de la muestra hasta su ingreso a La Molina Calidad Total - Laboratorios son de responsabilidad del Solicitante.
- 2.- Se prohíbe la reproducción parcial o total del presente Informe sin la autorización de La Molina Calidad Total - Laboratorios.
- 3.- Válido para la cantidad recibida. No es un certificado de Conformidad ni Certificado del Sistema de Calidad de quien lo produce.
- 4.- Este documento al ser emitido sin el símbolo de acreditación, no se encuentra dentro del marco de la acreditación otorgada por INACAL-DA

La Molina, 13 de Junio de 2018



LA MOLINA CALIDAD TOTAL LABORATORIOS-UNALM

Mary Flor Césare Coral
 Ing. Mg. Quím. Mary Flor Césare Coral
 DIRECTORA TÉCNICA
 C.Q.P. N° 635

Pág. 1/1

Contenido de proteína en base seca (%)							
Muestra (mp)	Rep	Proteína (B.H)	Humedad (BS)	Humedad (BH)	Proteína (B.S)	Promedio	Desv. Estándar
Lenteja	1	21.190	11.987	88.01	24.08	24.12	0.05
	2	21.420	11.466	88.53	24.19		
	3	21.290	11.667	88.33	24.10		
Maíz amarillo	1	9.250	11.086	88.91	10.40	10.36	0.03
	2	9.170	11.165	88.83	10.32		
	3	9.180	11.238	88.76	10.34		
Quinua roja	1	14.690	10.739	89.26	16.46	16.53	0.06
	2	14.900	10.170	89.83	16.59		
	3	14.810	10.571	89.43	16.56		
Kiwicha	1	12.400	10.894	89.11	13.92	13.99	0.07
	2	12.410	11.882	88.12	14.08		
	3	12.390	11.276	88.72	13.96		

Anexo 6. Datos experimentales del análisis de grasas de las materias primas

Anexo 6. Datos experimentales del análisis de grasas de las materias primas (%)											
Muestra	Rep	W. Papel filtro + pabilo	W. Muestra deshumedecida	W. Papel filtro + pabilo + muestra	W. Papel filtro + pabilo + muestra desgrasada seca	W. extracto	Humedad de la muestra	Contenido de grasa (B.H)	Contenido de grasa (B.S)	Promedio (B.S)	Desv. Estándar (B.S)
Lenteja	1	0.97	2.001	2.97	2.95	0.02	11.99	1.06	1.20	1.37	0.13
	2	0.97	2.003	2.97	2.95	0.02	11.47	1.21	1.37		
	3	0.95	2.000	2.95	2.92	0.03	11.67	1.34	1.52		
Maíz amarillo	1	1.90	2.008	3.91	3.82	0.09	11.09	4.37	4.91	5.19	0.31
	2	1.46	2.007	3.46	3.37	0.09	11.17	4.48	5.05		
	3	1.97	2.007	3.97	3.87	0.10	11.24	4.99	5.62		
Quinua roja	1	1.12	2.003	3.12	3.01	0.11	10.74	5.64	6.32	6.36	0.28
	2	1.06	2.007	3.07	2.96	0.11	10.17	5.42	6.04		
	3	1.12	2.006	3.13	3.01	0.12	10.57	6.01	6.72		
Kiwicha	1	1.14	2.007	3.15	3.01	0.13	10.89	6.72	7.54	7.52	0.32
	2	1.12	2.003	3.13	3.00	0.13	11.88	6.26	7.11		
	3	1.22	2.004	3.22	3.08	0.14	11.28	7.01	7.90		

Anexo 7. Datos experimentales del análisis de fibra cruda de las materias primas

(%)									
Muestra	Rep	W. Muestra seca y desgrasada	W. Crisol	W. Crisol + muestra sin secar procesada para fibra	W. Crisol + muestra seca	W. Crisol + muestra seca incinerada	Contenido de fibra (B.S)	Promedio (B.S)	Desv. Estándar
Lenteja	1	5.007	42.70	43.82	42.70	42.43	5.43	5.37	0.35
	2	5.005	38.56	39.72	38.56	38.27	5.77		
	3	5.006	40.63	41.76	40.63	40.38	4.92		
Maíz amarillo	1	5.007	41.37	42.25	41.37	41.20	3.42	3.27	0.17
	2	5.004	40.19	40.88	40.19	40.02	3.35		
	3	5.005	39.50	40.27	39.50	39.35	3.03		
Quinua roja	1	5.006	41.65	42.34	41.65	41.52	2.46	2.74	0.23
	2	5.003	42.93	43.64	42.93	42.78	2.74		
	3	5.004	38.47	39.14	38.47	38.33	3.03		
Kiwicha	1	5.007	38.97	40.83	38.97	38.69	5.60	5.59	0.85
	2	5.002	40.86	42.48	40.68	40.35	4.53		
	3	5.005	40.68	42.77	40.86	40.63	6.63		

Anexo 8. Datos experimentales del análisis de carbohidratos de las materias primas

(%)								
Muestra	Rep	% Grasa	% Proteína	% Fibra cruda	% Cenizas	Contenido de Carbohidratos (%)	Promedio	Desv. Estándar
Lenteja	1	1.20	24.08	5.43	2.44	66.85	66.62	0.31
	2	1.37	24.19	5.77	2.48	66.19		
	3	1.52	24.10	4.92	2.63	66.82		
Maíz amarillo	1	4.91	10.40	3.42	1.53	79.73	79.63	0.14
	2	5.05	10.32	3.35	1.55	79.73		
	3	5.62	10.34	3.03	1.57	79.44		
Quinua roja	1	6.32	16.46	2.46	2.72	72.04	71.58	0.54
	2	6.04	16.59	2.74	2.76	71.88		
	3	6.72	16.56	3.03	2.88	70.81		
Kiwicha	1	7.54	13.92	5.60	2.73	70.22	70.21	1.14
	2	7.11	14.08	4.53	2.67	71.60		
	3	7.90	13.96	6.63	2.71	68.80		

Anexo 9. Datos experimentales del análisis de energía de las materias primas

Muestra	Rep	Carbohidratos (g/100)	Proteína (g/100)	Grasa (g/100)	Contenido de energía (kcal/g)	Promedio	Desv. Stándar
Lenteja	1	66.85	24.08	1.20	374.55	375.27	1.53
	2	66.19	24.19	1.37	373.86		
	3	66.82	24.10	1.52	377.40		
Maíz amarillo	1	79.73	10.40	4.91	404.73	406.69	2.17
	2	79.73	10.32	5.05	405.63		
	3	79.44	10.34	5.62	409.71		
Quinoa roja	1	72.04	16.46	6.32	410.88	409.67	1.11
	2	71.88	16.59	6.04	408.20		
	3	70.81	16.56	6.72	409.94		
Kiwicha	1	70.22	13.92	7.54	404.38	404.42	1.85
	2	71.60	14.08	7.11	406.71		
	3	68.80	13.96	7.90	402.17		

Anexo 10. Datos experimentales de la evaluación del índice de expansión de las materias primas

Repetición	Quinoa Roja	Maíz Amarillo	Kiwicha	Lenteja	Boquilla de la matriz (mm)	Quinoa Roja	Maíz Amarillo	Kiwicha	Lenteja
	Diámetro del extruido					Índice de Expansión (mm)			
1	8.7	11.5	8.1	9.7	3	2.9	3.83	2.7	3.23
2	9.1	11.2	7.5	9.8		3.03	3.73	2.5	3.27
3	9.2	10.9	7.8	9.9		3.07	3.63	2.6	3.3
4	9.3	11.2	7.6	10		3.1	3.73	2.53	3.33
					Promedio	3.03	3.73	2.58	3.28
					Desv. Stand	0.08	0.07	0.08	0.04

Anexo 11. Datos experimentales del tamaño medio de partícula de las materias primas

	Malla	Masa inicial (g)	Masa retenida (g)	Fracción retenida (g)	Apertura (mm)	Dp (mm)	Tamaño medio (mm)	Tamaño medio general (mm)
Harina de Maíz amarillo extruido	14	105	0.0	0.000	1.5	1.050	0.000	0.325
	30	105	3.8	0.036	0.6	0.575	0.021	
	28	105	21.8	0.208	0.55	0.525	0.109	
	35	105	65.5	0.624	0.5	0.300	0.187	
	140	105	16.3	0.155	0.1	0.050	0.008	
	Bandeja	105	0.2	0.000	0.0	0.000	0.000	
Harina de quinua roja extruida	14	105	0.0	0.000	1.5	1.050	0.000	0.328
	30	105	3.5	0.033	0.6	0.575	0.019	
	28	105	17.5	0.167	0.55	0.525	0.088	
	35	105	75.5	0.719	0.5	0.300	0.216	
	140	105	10.8	0.103	0.1	0.050	0.005	
	Bandeja	105	0.3	0.003	0.0	0.000	0.000	
Harina de Kiwicha extruida	14	105	0.0	0.000	1.5	1.05	0.000	0.323
	30	105	4.2	0.040	0.6	0.575	0.023	
	28	105	17.7	0.169	0.55	0.525	0.089	
	35	105	71.9	0.685	0.5	0.3	0.205	
	140	105	12.4	0.118	0.1	0.05	0.006	
	Bandeja	105	1.2	0.011	0.0	0.0	0.000	
Harina de Lenteja extruida	14	105	0.0	0.000	1.5	1.05	0.000	0.284
	30	105	0.9	0.009	0.6	0.575	0.005	
	28	105	14.5	0.138	0.55	0.525	0.073	
	35	105	68.4	0.651	0.5	0.3	0.195	
	140	105	24.2	0.230	0.1	0.05	0.012	
	Bandeja	105	0.2	0.002	0.0	0.0	0.000	

Tamaño medio de partícula en las harinas extruidas					
Muestra	Repeticion 1	Repeticion 2	Repeticion 3	Tamaño medio (mm)	Desv. Stand
Lenteja extruida	0.287	0.284	0.282	0.284	0.002
Maíz extruida	0.324	0.325	0.327	0.325	0.001
Quinua extruida	0.329	0.33	0.326	0.328	0.002
Kiwicha extruida	0.325	0.321	0.324	0.323	0.002

Anexo 12. Datos experimentales del tamaño medio de partícula de las mezclas instantáneas

	Malla	Masa inicial (g)	Masa retenida (g)	Fracción retenida (g)	Apertura (mm)	Dp (mm)	Tamaño medio (mm)	Tamaño medio general (mm)
T1	14	105	0	0	1.5	1.05	0	0.318
	30	105	4.9	0.047	0.6	0.575	0.027	
	28	105	18.1	0.172	0.55	0.525	0.091	
	35	105	67.5	0.643	0.5	0.3	0.193	
	140	105	15.4	0.147	0.1	0.05	0.007	
	Bandeja	105	0.3	0.002	0	0	0	
T2	14	105	0	0	1.5	1.05	0	0.317
	30	105	4.4	0.042	0.6	0.575	0.024	
	28	105	16.9	0.161	0.55	0.525	0.085	
	35	105	70.5	0.671	0.5	0.3	0.201	
	140	105	13.8	0.131	0.1	0.05	0.007	
	Bandeja	105	0.7	0.007	0	0	0	
T3	14	105	0	0	1.5	1.05	0	0.315
	30	105	3.95	0.038	0.6	0.575	0.022	
	28	105	17.9	0.17	0.55	0.525	0.09	
	35	105	68.9	0.656	0.5	0.3	0.197	
	140	105	14.8	0.141	0.1	0.05	0.007	
	Bandeja	105	1.5	0.014	0	0	0	
T4	14	105	0	0	1.5	1.05	0	0.32
	30	105	4.1	0.039	0.6	0.575	0.022	
	28	105	16.8	0.16	0.55	0.525	0.084	
	35	105	72.9	0.694	0.5	0.3	0.208	
	140	105	12	0.114	0.1	0.05	0.006	
	Bandeja	105	0.4	0.004	0	0	0	
T5	14	105	0	0	1.5	1.05	0	0.315
	30	105	3.8	0.036	0.6	0.575	0.021	
	28	105	17.2	0.164	0.55	0.525	0.086	
	35	105	70.1	0.668	0.5	0.3	0.2	
	140	105	16.1	0.153	0.1	0.05	0.008	
	Bandeja	105	0.6	0.006	0	0	0	
T6	14	105	0	0	1.5	1.05	0	0.318
	30	105	4.3	0.041	0.6	0.575	0.024	
	28	105	17	0.162	0.55	0.525	0.085	
	35	105	70.5	0.671	0.5	0.3	0.201	
	140	105	15.8	0.15	0.1	0.05	0.008	
	Bandeja	105	0.7	0.006	0	0	0	

	Malla	Masa inicial (g)	Masa retenida (g)	Fracción retenida (g)	Apertura (mm)	Dp (mm)	Tamaño medio (mm)	Tamaño medio general (mm)
T7	14	105	0	0	1.5	1.05	0	0.316
	30	105	4.5	0.043	0.6	0.575	0.025	
	28	105	16.6	0.158	0.55	0.525	0.083	
	35	105	70.8	0.674	0.5	0.3	0.202	
	140	105	13.5	0.129	0.1	0.05	0.006	
	Bandeja	105	0.1	0.001	0	0	0	
T8	14	105	0	0	1.5	1.05	0	0.315
	30	105	4.4	0.042	0.6	0.575	0.024	
	28	105	16.9	0.161	0.55	0.525	0.085	
	35	105	69.7	0.664	0.5	0.3	0.199	
	140	105	14.2	0.135	0.1	0.05	0.007	
	Bandeja	105	1	0.01	0	0	0	
T9	14	105	0	0	1.5	1.05	0	0.317
	30	105	3.9	0.037	0.6	0.575	0.021	
	28	105	17.6	0.168	0.55	0.525	0.088	
	35	105	69.8	0.665	0.5	0.3	0.199	
	140	105	16.2	0.154	0.1	0.05	0.008	
	Bandeja	105	0.3	0.003	0	0	0	
T10	14	105	0	0	1.5	1.05	0	0.318
	30	105	4.2	0.04	0.6	0.575	0.023	
	28	105	17.7	0.169	0.55	0.525	0.089	
	35	105	69.9	0.666	0.5	0.3	0.2	
	140	105	13.2	0.126	0.1	0.05	0.006	
	Bandeja	105	0.9	0.009	0	0	0	
T11	14	105	0	0	1.5	1.05	0	0.316
	30	105	4	0.038	0.6	0.575	0.022	
	28	105	18.1	0.172	0.55	0.525	0.091	
	35	105	69.1	0.658	0.5	0.3	0.197	
	140	105	13.5	0.129	0.1	0.05	0.006	
	Bandeja	105	0.9	0.008	0	0	0	

Dp: Promedio entre las aperturas de dos tamices consecutivos

Tamaño medio de partícula de las mezclas instantáneas					
Tratamiento	Repetición 1	Repetición 2	Repetición 3	Tamaño medio (mm)	Desv. Estándar
T1	0.315	0.321	0.317	0.318	0.002
T2	0.317	0.316	0.317	0.317	0.0005
T3	0.313	0.317	0.314	0.315	0.002
T4	0.319	0.319	0.322	0.320	0.001
T5	0.314	0.316	0.315	0.315	0.001
T6	0.317	0.32	0.317	0.318	0.001
T7	0.318	0.315	0.315	0.316	0.001
T8	0.317	0.315	0.314	0.315	0.001
T9	0.316	0.319	0.315	0.317	0.002
T10	0.318	0.319	0.316	0.318	0.001
T11	0.316	0.314	0.317	0.316	0.001

Anexo 13. Datos experimentales de la densidad aparente de las mezclas instantáneas

Tratamiento	Repetición 1			Repetición 2			Repetición 3			Promedio	Desv. Estándar
	Pm (g)	V ρ_{ap}	Densidad aparente (g/mL)	Pm (g)	V ρ_{ap}	Densidad aparente (g/mL)	Pm (g)	V ρ_{ap}	Densidad aparente (g/mL)		
1	20.009	31.52	0.635	20.003	31.40	0.637	20.003	31.40	0.637	0.636	0.001
2	20.003	30.70	0.652	20.005	30.83	0.649	20.002	30.52	0.655	0.652	0.002
3	20.003	31.50	0.635	20.004	31.90	0.627	20.002	32.00	0.625	0.629	0.004
4	20.004	29.70	0.674	20.004	29.80	0.671	20.005	30.05	0.666	0.671	0.003
5	20.002	32.10	0.623	20.004	30.50	0.656	20.003	30.47	0.656	0.645	0.015
6	20.002	31.80	0.629	20.005	31.50	0.635	20.002	31.65	0.632	0.632	0.002
7	20.004	32.00	0.625	20.002	32.00	0.625	20.003	32.00	0.625	0.625	0.002
8	20.002	31.91	0.627	20.002	31.65	0.632	20.005	31.40	0.637	0.632	0.004
9	20.004	30.30	0.660	20.005	31.40	0.637	20.005	30.90	0.647	0.648	0.009
10	20.003	31.50	0.635	20.003	31.30	0.639	20.005	31.20	0.641	0.638	0.002
11	20.005	31.90	0.627	20.002	31.50	0.635	20.005	32.00	0.625	0.629	0.004

Pm: Peso de la muestra (g); **V ρ_{ap} :** Volumen para densidad aparente

Anexo 14. Análisis estadístico de la densidad aparente determinada por el software Desing Expert

Model Summary Statistics					
Source	Std. Dev.	R-Squared	Adjusted R-Squared	Predicted R-Squared	PRESS
Linear	0.0101	0.5518	0.4397	-0.0323	0.0019
Quadratic	0.0036	0.9634	0.9269	0.8749	0.0002
Special Cubic	0.0040	0.9653	0.9132	0.7840	0.0004
Cubic	0.0032	0.9943	0.9428	-2.2675	0.0059

Source	Sum of Squares	d.f	Mean Square	F - Value	p-value Prob > F	Significant
Model	1.74 x 10 ³	5	3.48 x 10 ⁴	26.35	0.0013	Significant
Linear Mixture	9.97 x 10 ⁴	2	4.98 x 10 ⁴	37.73	0.0010	
AB	2.04 x 10 ⁵	1	2.04 x 10 ⁵	1.55	0.2686	
AC	9.08 x 10 ⁵	1	9.08 x 10 ⁵	6.88	0.0469	
BC	2.61 x 10 ⁵	1	2.61 x 10 ⁵	1.97	0.2191	
Residual	6.60 x 10 ⁵	5	1.32 x 10 ⁵			
Cor Total	1.81 x 10 ³	10				
R-Squared	0.963					
Adj R-Squared	0.927					
Pred R-Squared	0.875					

Std. Dev.: 3.634E-003; Mean: 0.64; C.V. %: 0.57; PRESS: 2.259E-004

Component	Coefficient Estimate	Df	Standard Error	95% CI Low	95% CI High	VIF
A-Maíz Amarillo	0.6372	1	0.0031	0.6292	0.6452	2.7015
B-Quinoa roja	0.5840	1	0.0246	0.5208	0.6472	48.9167
C-Kiwicha	0.6991	1	0.0329	0.6145	0.7837	80.6579
AB	0.0539	1	0.0433	-0.0574	0.1652	21.3066
AC	-0.1325	1	0.0505	-0.2624	-0.0026	29.4853
BC	0.1235	1	0.0879	-0.1025	0.3495	61.1445

Anexo 15. Datos experimentales de la solubilidad en agua de las mezclas instantáneas

	Tratamiento	Pt	Pmi (g)	Ppss	Ps	Pps	Pss	Solubilidad en agua (%)
	Repetición 1	1	18.475	3.005	47.166	22.256	48.03	0.864
2		18.448	3.005	35.937	22.561	36.814	0.877	29.178
3		18.408	3.005	46.899	22.4	47.748	0.849	28.252
4		19.155	3.005	45.89	22.718	46.749	0.858	28.569
5		19.121	3.004	46.99	22.681	47.848	0.858	28.557
6		18.165	3.005	39.87	22.243	40.719	0.849	28.248
7		17.228	3.005	48.288	21.69	49.115	0.827	27.524
8		17.907	3.005	42.4	22.006	43.285	0.885	29.459
9		19.074	3.005	43.437	22.676	44.265	0.828	27.547
10		18.914	3.005	41.28	23.619	42.134	0.854	28.414
11		18.835	3.005	34.3	23.523	35.144	0.844	28.075

Repetición 2	1	19.366	3.005	47.292	21.773	48.153	0.861	28.653
	2	19.757	3.005	43.093	23.323	43.949	0.856	28.479
	3	18.362	3.005	35.405	22.034	36.252	0.847	28.19
	4	17.46	3.005	47.629	21.703	48.515	0.886	29.476
	5	18.152	3.005	42.712	21.85	43.539	0.827	27.523
	6	18.997	3.005	47.808	22.114	48.665	0.857	28.513
	7	18.845	3.005	42.042	21.797	42.875	0.833	27.722
	8	18.747	3.005	43.305	21.596	44.124	0.819	27.257
	9	19.672	3.005	48.177	22.139	49.006	0.829	27.593
	10	19.374	3.005	45.428	22.308	46.256	0.828	27.554
	11	18.375	3.005	43.42	21.908	44.308	0.888	29.556
Repetición 3	1	17.478	3.005	48.084	21.664	48.93	0.846	28.152
	2	18.193	3.005	43.736	21.966	44.606	0.87	28.953
	3	18.925	3.005	34.494	21.908	35.313	0.819	27.258
	4	18.739	3.005	34.866	22.135	35.754	0.888	29.556
	5	18.722	3.005	44.111	22.066	44.869	0.758	25.22
	6	19.615	3.005	42.396	21.641	43.253	0.857	28.529
	7	19.38	3.005	50.218	21.626	50.998	0.78	25.953
	8	18.38	3.005	42.221	21.782	43.045	0.824	27.424
	9	17.471	3.005	45.334	22.152	46.168	0.834	27.76
	10	18.168	3.005	42.263	21.39	43.088	0.825	27.462
	11	18.917	3.005	43.45	22.084	44.282	0.832	27.689

Pt: Peso de tubo de centrifuga; **Pmi:** Peso de muestra inicial (g); **Ppss:** Peso de placas para secado de sobrenadante (g); **Ps:** Peso de sobrenadante líquido (antes de secar) (g); **Pps:** Peso de placa + sobrenadante después de secar (g); **Pss:** Peso de sobrenadante seco (después de secar) (g)

Solubilidad en agua (%)					
Tratamiento	Repetición 1	Repetición 2	Repetición 3	Promedio	Desv. Estándar
T1	28.755	28.653	28.152	28.52	0.26
T2	29.178	28.479	28.953	28.87	0.29
T3	28.252	28.190	27.258	27.90	0.45
T4	28.569	29.476	29.556	29.20	0.45
T5	28.557	27.523	28.220	28.10	0.43
T6	28.248	28.513	28.529	28.43	0.13
T7	28.524	27.722	26.853	27.70	0.68
T8	29.459	28.257	27.424	28.38	0.84
T9	28.547	28.593	27.760	28.30	0.38
T10	28.414	27.554	27.462	27.81	0.43
T11	28.075	29.556	27.689	28.44	0.80

**Anexo 16. Análisis estadístico de la solubilidad en agua determinada por el software
Desing Expert**

Model Summary Statistics					
Source	Std. Dev.	R-Squared	Adjusted R-Squared	Predicted R-Squared	PRESS
Linear	0.4250	0.2830	0.1038	-0.6683	3.3619
Quadratic	0.1020	0.9742	0.9484	0.8043	0.3944
Special Cubic	0.1132	0.9746	0.9364	0.6498	0.7057
Cubic	0.1190	0.9930	0.9298	-3.0090	8.0789

Suggested

Source	Sum of Squares	d.f	Mean Square	F – Value	p-value Prob > F	Significant
Model	1.96	5	0.39	37.75	0.0006	Significant
Linear Mixture	0.57	2	0.29	27.42	0.0020	
AB	0.10	1	0.10	9.56	0.0271	
AC	0.13	1	0.13	12.20	0.0174	
BC	0.26	1	0.26	24.61	0.0042	
Residual	0.05	5	0.01			
Cor Total	2.02	10				
R-Squared	0.974					
Adj R-Squared	0.948					
Pred R-Squared	0.804					

Std. Dev.: 0.10; Mean: 28.33; C.V. %: 0.36; PRESS: 0.39

Component	Coefficient Estimate	Df	Standard Error	95% CI Low	95% CI High	VIF
A-Maíz Amarillo	41.47	1.00	2.84	34.18	48.76	2168.00
B-Quinoa roja	24.53	1.00	18.53	-23.11	72.16	23121.73
C-Kiwicha	-85.66	1.00	22.66	-143.92	-27.40	34200.32
AB	-93.92	1.00	30.38	-172.01	-15.84	15075.00
AC	123.84	1.00	35.45	32.72	214.96	20428.82
BC	306.04	1.00	61.69	147.46	464.62	16276.71

Anexo 17. Datos experimentales de la humectabilidad en agua de las mezclas instantáneas

Tratamiento	Rep 1		Rep 2		Rep 3		Promedio	Desv. Estándar
	Pm	θ Humec. H2O (seg)	Pm	θ Humec. H2O (seg)	Pm	θ Humec. H2O (seg)		
1	0.108	4.49	0.108	4.37	0.109	4.46	4.44	0.05
2	0.108	4.40	0.109	4.40	0.108	4.50	4.43	0.05
3	0.109	4.57	0.108	4.45	0.108	4.39	4.47	0.07
4	0.108	4.39	0.109	4.29	0.107	4.40	4.36	0.05
5	0.107	4.52	0.109	4.49	0.109	4.25	4.42	0.12
6	0.108	4.49	0.108	4.37	0.109	4.46	4.44	0.05
7	0.108	4.57	0.108	4.45	0.107	4.39	4.47	0.07
8	0.108	4.45	0.107	4.57	0.109	4.30	4.44	0.11
9	0.109	4.27	0.108	4.40	0.107	4.56	4.41	0.12
10	0.108	4.54	0.109	4.45	0.107	4.30	4.43	0.10
11	0.107	4.58	0.109	4.37	0.109	4.43	4.46	0.09

Pm: Peso de muestra (gr); **θ Rec. H₂O:** Tiempo de reconstitución en agua (seg)

Anexo 18. Análisis estadístico de la humectabilidad en agua determinada por el software Desing Expert

Model Summary Statistics						
Source	Std. Dev.	R-Squared	Adjusted R-Squared	Predicted R-Squared	PRESS	
Linear	0.0257	0.5072	0.3840	-0.1708	0.0125	
Quadratic	0.0085	0.9665	0.9331	0.8716	0.0014	Suggested
Special Cubic	0.0094	0.9666	0.9165	0.7912	0.0022	
Cubic	0.0060	0.9966	0.9662	-0.9305	0.0206	

Source	Sum of Squares	d.f	Mean Square	F - Value	p-value Prob > F	Significant
Model	0.01	5	2.07 x 10 ³	28.88	0.0011	Significant
Linear Mixture	5.42 x 10 ³	2	2.71 x 10 ³	37.88	0.0010	
AB	5.05 x 10 ⁴	1	5.05 x 10 ⁴	7.06	0.0451	
AC	1.64 x 10 ⁴	1	1.64 x 10 ⁴	2.29	0.1903	
BC	7.51 x 10 ⁴	1	7.51 x 10 ⁴	10.49	0.0230	
Residual	3.58 x 10 ⁴	5	7.16 x 10 ⁵			
Cor Total	0.01	10				
R-Squared	0.967					
Adj R-Squared	0.933					
Pred R-Squared	0.872					

Std. Dev.: 8.460E-003; Mean: 4.43; C.V. %: 0.19; PRESS: 1.373E-003

Component	Coefficient Estimate	Df	Standard Error	95% CI Low	95% CI High	VIF
A-Maíz Amarillo	4.44	1	0.01	4.42	4.46	2.70
B-Quinua roja	4.64	1	0.06	4.49	4.79	48.92
C-Kiwicha	4.41	1	0.08	4.21	4.60	80.66
AB	-0.27	1	0.10	-0.53	-0.01	21.31
AC	0.18	1	0.12	-0.12	0.48	29.49
BC	-0.66	1	0.20	-1.19	-0.14	61.14

Anexo 19. Datos experimentales de la capacidad de hidratación en agua de las mezclas instantáneas

Repetición 1	Tratamiento	Ptc	Pm	Ptcs	Ps	Cap. de hidratación (%)
	1	10.176	2.004	19.195	9.01858	450.03
	2	10.188	2.004	19.243	9.05467	451.83
	3	10.126	2.004	18.800	8.674	432.84
	4	9.898	2.004	19.048	9.1499	456.58
	5	10.307	2.004	19.182	8.87502	442.87
	6	9.904	2.004	18.928	9.024	450.32
	7	9.870	2.004	18.572	8.7017	434.22
	8	10.825	2.004	19.433	8.60792	429.54
	9	9.937	2.004	18.749	8.81207	439.72
	10	9.994	2.004	18.629	8.63474	430.88
	11	10.098	2.004	19.183	9.085	453.34
Repetición 2	Tratamiento	Ptc	Pm	Ptcs	Ps	Cap. de hidratación (%)
	1	9.818	2.004	18.74646	8.92846	445.53
	2	9.794	2.004	18.70264	8.90864	444.54
	3	10.205	2.004	18.80102	8.59602	428.94
	4	10.425	2.004	19.6149	9.1899	458.58
	5	10.193	2.004	18.922	8.729	435.58
	6	9.805	2.004	18.77453	8.970	447.58
	7	10.286	2.004	18.83034	8.54434	426.36
	8	9.877	2.004	18.966	9.089	453.54
	9	9.911	2.004	18.6381	8.7271	435.48
	10	10.155	2.004	18.99135	8.83635	440.94
	11	10.229	2.004	18.9359	8.7069	434.48

Repetición 3	Tratamiento	Ptc	Pm	Ptcs	Ps	Cap. de hidratación (%)
	1	10.208	2.004	18.5333	8.3253	415.43
	2	10.191	2.004	18.99707	8.80607	439.43
	3	9.935	2.004	18.13813	8.20313	409.34
	4	9.917	2.004	18.547	8.63018	430.65
	5	10.147	2.004	18.455	8.308	414.57
	6	10.262	2.004	18.81663	8.555	426.88
	7	10.186	2.004	18.63825	8.452	421.77
	8	9.819	2.004	18.21305	8.39405	418.87
	9	10.261	2.004	18.574	8.313	414.82
	10	9.923	2.004	18.4777	8.5547	426.88
	11	10.202	2.004	18.563	8.361	417.23

Ptc: Peso de tubo para centrífuga (g); **Pm:** Peso de muestra (g); **Ptcs:** Peso de tubo de centrífuga + sedimento (g) (sin sobrenadante); **Ps:** Peso de sedimento (g)

Capacidad de hidratación en agua (%)					
Tratamiento	Repetición 1	Repetición 2	Repetición 3	Promedio	Desv. Estándar
T1	450.03	445.53	415.43	437.00	15.36
T2	451.83	444.54	439.43	445.27	15.09
T3	432.84	428.94	409.34	423.71	10.28
T4	456.58	458.58	430.65	448.60	12.72
T5	442.87	435.58	414.57	431.01	11.99
T6	450.32	447.58	426.88	441.59	10.46
T7	434.22	426.36	421.77	427.45	15.14
T8	429.54	453.54	418.87	433.98	14.50
T9	439.72	435.48	414.82	430.01	10.88
T10	430.88	440.94	426.88	432.90	15.91
T11	453.34	434.48	417.23	435.02	14.75

Anexo 20. Análisis estadístico de la capacidad de hidratación en agua determinada por el software Desing Expert

Model Summary Statistics						
Source	Std. Dev.	R-Squared	Adjusted R-Squared	Predicted R-Squared	PRESS	
Linear	7.1094	0.2888	0.1110	-0.7038	968.7180	
Quadratic	1.9274	0.9673	0.9347	0.8703	73.7637	Suggested
Special Cubic	2.0667	0.9700	0.9249	0.8229	100.6760	
Cubic	0.9187	0.9985	0.9852	0.1525	481.8627	

Source	Sum of Squares	d.f	Mean Square	F - Value	p-value Prob > F	Significant
Model	549.98	5	110	29.61	0.001	Significant
Linear Mixture	164.21	2	82.1	22.1	0.0033	
AB	16.77	1	16.77	4.514	0.087	
AC	46.45	1	46.45	12.5	0.0166	
BC	93.32	1	93.32	25.12	0.0041	
Residual	18.58	5	3.72			
Cor Total	568.55	10				
R-Squared	0.967					
Adj R-Squared	0.935					
Pred R-Squared	0.870					

Std. Dev: 1.93; Mean: 435.14; C.V %: 0.44; PRESS: 73.76

Component	Coefficient Estimate	Df	Standard Error	95% CI Low	95% CI High	VIF
A-Maíz Amarillo	437.80	1	1.65	433.56	442.05	2.70
B-Quinoa roja	442.52	1	13.04	409.01	476.03	48.92
C-Kiwicha	343.17	1	17.46	298.30	388.04	80.66
AB	-48.79	1	22.96	-107.82	10.24	21.31
AC	94.76	1	26.80	25.87	163.64	29.49
BC	233.73	1	46.64	113.85	353.61	61.14

Anexo 21. Datos experimentales de la actividad de agua (Aw) de las mezclas instantáneas

Actividad de agua (Aw)					
Tratamiento	Repetición 1	Repetición 2	Repetición 3	Promedio	Desv. Estándar
T1	0.487	0.480	0.467	0.478	0.008
T2	0.499	0.502	0.496	0.499	0.002
T3	0.446	0.485	0.485	0.472	0.018
T4	0.495	0.497	0.499	0.497	0.002
T5	0.463	0.471	0.497	0.477	0.015
T6	0.494	0.500	0.503	0.499	0.004
T7	0.471	0.478	0.497	0.482	0.011
T8	0.469	0.481	0.496	0.482	0.011
T9	0.477	0.485	0.505	0.489	0.012
T10	0.463	0.473	0.468	0.468	0.004
T11	0.467	0.482	0.473	0.474	0.006

Anexo 22. Análisis estadístico de la actividad de agua (Aw) determinada por el software Desing Expert

Model Summary Statistics					
Source	Std. Dev.	R-Squared	Adjusted R-Squared	Predicted R-Squared	PRESS
Linear	0.0064	0.7342	0.6677	0.4240	0.0007
Quadratic	0.0050	0.8977	0.7954	0.2457	0.0009
Special Cubic	0.0020	0.9866	0.9664	0.9246	0.0001
Cubic	0.0008	0.9995	0.9947	0.6953	0.0004

Suggested

Source	Sum of Squares	d.f	Mean Square	F - Value	p-value Prob > F	Significant
Model	1.22 x 10 ³	6	2.03 x 10 ⁴	48.99	0.0011	Significant
Linear Mixture	9.05 x 10 ⁴	2	4.52 x 10 ⁴	109.37	0.0003	
AB	1.57 x 10 ⁴	1	1.57 x 10 ⁴	37.82	0.0035	
AC	4.81 x 10 ⁶	1	4.81 x 10 ⁶	1.16	0.3414	
BC	2.12 x 10 ⁵	1	2.12 x 10 ⁵	5.13	0.0862	
ABC	1.10 x 10 ⁴	1	1.10 x 10 ⁴	26.48	0.0068	
Residual	1.70 x 10 ⁵	4	4.14 x 10 ⁶			
Cor Total	1.23 x 10 ³	10				
R-Squared	0.987					
Adj R-Squared	0.966					
Pred R-Squared	0.925					

Std. Dev: 2.034E-003; Mean: 0.48; C.V %: 0.42; PRESS: 9.297E-005

Component	Coefficient Estimate	Df	Standard Error	95% CI Low	95% CI High	VIF
A-Maíz Amarillo	0.4779	1	0.0020	0.4724	0.4834	3.4600
B-Quinoa roja	0.5928	1	0.0174	0.5446	0.6411	78.0667
C-Kiwicha	0.4883	1	0.0236	0.4229	0.5538	131.9991
AB	-0.2037	1	0.0331	-0.2956	-0.1117	39.8017
AC	-0.0425	1	0.0394	-0.1518	0.0668	57.1388
BC	-0.1688	1	0.0745	-0.3756	0.0381	140.1095
ABC	0.4613	1	0.0896	0.2124	0.7102	8.7032

Anexo 23. Datos experimentales del índice de pardeamiento de las mezclas instantáneas

	Tratamiento	Valores de color CIELAB			x	Índ. de pardeamiento
		L*	a*	b*		
Repetición 1	1	79.303	5.783	24.283	0.381	41.481
	2	74.6399	7.799	23.188	0.386	44.499
	3	79.278	5.887	24.274	0.381	41.58
	4	76.998	7.618	23.7515	0.384	43.77
	5	78.987	6.011	24.1365	0.381	41.634
	6	74.411	7.769	23.171	0.386	44.596
	7	77.004	7.225	23.791	0.384	43.454
	8	78.76	6.036	24.105	0.381	41.743
	9	79.517	5.76	24.3085	0.38	41.374
	10	77.989	6.663	23.998	0.382	42.643
	11	78.155	6.163	24.012	0.382	42.077
Repetición 2	Tratamiento	L*	a*	b*	x	Índ. de pardeamiento
	1	79.306	5.783	24.287	0.381	41.487
	2	74.645	7.819	23.222	0.386	44.58
	3	79.209	5.796	24.268	0.381	41.525
	4	76.991	7.629	23.749	0.384	43.78
	5	78.998	6.005	24.0815	0.381	41.524
	6	74.43	7.751	23.184	0.386	44.589
	7	77.005	7.243	23.7735	0.384	43.438
	8	78.735	6.022	24.0645	0.381	41.672
	9	79.523	5.756	24.31	0.38	41.369
	10	77.996	6.673	24.053	0.383	42.748
11	78.163	6.196	24.037	0.382	42.149	
Repetición 3	Tratamiento	L*	a*	b*	x	Índ. de pardeamiento
	1	79.301	5.777	24.2745	0.38	41.462
	2	74.797	7.8364	23.3185	0.386	44.675
	3	79.289	5.899	24.3015	0.381	41.634
	4	76.998	7.525	23.7411	0.384	43.659
	5	78.993	6.008	24.136	0.381	41.627
	6	74.418	7.732	23.121	0.386	44.458
	7	77.008	7.242	23.795	0.384	43.475
	8	78.783	6.048	24.1345	0.381	41.793
	9	79.515	5.791	24.237	0.38	41.278
	10	77.984	6.709	23.9955	0.383	42.686
11	78.169	6.171	24.045	0.382	42.136	

L*: Luminosidad; **a*:** Espectro de color verde a rojo; **b*:** Espectro de color azul a amarillo

Índice de pardeamiento					
Tratamiento	Repetición 1	Repetición 2	Repetición 3	Promedio	Desv. Estándar
T1	41.481	41.487	41.462	41.48	0.01
T2	44.499	44.580	44.675	44.58	0.07
T3	41.580	41.525	41.634	41.58	0.04
T4	43.770	43.780	43.659	43.74	0.05
T5	41.634	41.524	41.627	41.60	0.05
T6	44.596	44.489	44.458	44.51	0.06
T7	43.454	43.438	43.475	43.46	0.02
T8	41.743	41.672	41.793	41.74	0.05
T9	41.374	41.369	41.278	41.34	0.04
T10	42.643	42.748	42.686	42.69	0.04
T11	42.077	42.149	42.136	42.12	0.03

Valores de color CIELAB												
Trat.	L*				a*				b*			
	Rep 1	Rep 2	Rep 3	Promedio	Rep 1	Rep 2	Rep 3	Promedio	Rep 1	Rep 2	Rep 3	Promedio
T1	79.30	79.31	79.30	79.30	5.78	5.78	5.78	5.78	24.28	24.29	24.27	24.28
T2	74.64	74.65	74.80	74.69	7.80	7.82	7.84	7.82	23.19	23.22	23.32	23.24
T3	79.28	79.21	79.29	79.26	5.89	5.80	5.90	5.86	24.27	24.27	24.30	24.28
T4	77.00	76.99	77.00	77.00	7.62	7.63	7.53	7.59	23.75	23.75	23.74	23.75
T5	78.99	79.00	78.99	78.99	6.01	6.01	6.01	6.01	24.14	24.08	24.14	24.12
T6	74.41	74.43	74.42	74.42	7.77	7.75	7.73	7.75	23.17	23.18	23.12	23.16
T7	77.00	77.01	77.01	77.01	7.23	7.24	7.24	7.24	23.79	23.77	23.80	23.79
T8	78.76	78.74	78.78	78.76	6.04	6.02	6.05	6.04	24.11	24.06	24.13	24.10
T9	79.52	79.52	79.52	79.52	5.76	5.76	5.79	5.77	24.31	24.31	24.24	24.29
T10	77.99	78.00	77.98	77.99	6.66	6.67	6.71	6.68	24.00	24.05	24.00	24.02
T11	78.16	78.16	78.17	78.16	6.16	6.20	6.17	6.18	24.01	24.04	24.05	24.03

Anexo 24. Análisis estadístico del índice de pardeamiento determinada por el software

Desing Expert

Model Summary Statistics						
Source	Std. Dev.	R-Squared	Adjusted R-Squared	Predicted R-Squared	PRESS	
Linear	0.7505	0.7092	0.6366	0.5011	7.7324	
Quadratic	0.6050	0.8819	0.7638	0.4300	8.8352	
Special Cubic	0.6074	0.9048	0.7619	-0.2221	18.9411	Suggested
Cubic	0.7693	0.9618	0.6182	-20.7971	337.8388	

Source	Sum of Squares	d.f	Mean Square	F - Value	p-value Prob > F	Significant
Model	10.9927	2	5.4963	9.7571	0.0071	significant
Linear Mixture	10.9927	2	5.4963	9.7571	0.0071	
Residual	4.5065	8	0.5633			
Cor Total	15.4992	10				
R-Squared	0.709					
Adj R-Squared	0.637					
Pred R-Squared	0.501					

Component	Coefficient Estimate	Df	Standard Error	95% CI Low	95% CI High	VIF
A-Maíz Amarillo	41.5296	1	0.4667	40.4534	42.6057	1.4229
B-Quinua roja	46.8189	1	1.0132	44.4825	49.1553	1.9487
C-Kiwicha	40.6377	1	1.0828	38.1408	43.1347	2.0465

Anexo 25. Valores de color CIELAB de las harinas de las materias primas sin extruir y extruidas (cambios de color)

Muestra	Valores de color CIELAB					x	Índice de pardeamiento
	L*	a*	b*	c*	h*		
H. Kiwicha	93.09	3.70	15.70	16.19	74.89	0.35	21.21
H. Quinua Roja	68.12	5.58	18.39	19.21	73.11	0.37	37.16
H. Maíz Amarillo	89.59	0.99	25.51	25.53	87.77	0.37	33.76
Promedio	83.60	3.43	19.86	20.31	78.59	0.36	29.82

Muestra	Valores de color CIELAB					x	Índice de pardeamiento
	L*	a*	b*	c*	h*		
H. Kiwicha extruida	78.614	9.17	25.991	27.561	70.567	0.392	48.285
H. Quinua R. extruida	61.03	7.60	16.89	18.52	65.76	0.38	41.26
H. Maíz A. extruido	87.78	5.46	41.33	41.69	82.47	0.42	66.49
Promedio	75.81	7.41	28.07	29.26	72.93	0.40	52.01

Anexo 26. Imágenes fotográficas y colorimétricas con valores en el espacio CIELAB L*, a* y b*, de las harinas de las materias primas sin extruir y extruidas



Harina de lenteja (Base)

L* : 92.88
a* : 0.81
b* : 17.17



Harina de quinua roja

L* : 68.12
a* : 5.58
b* : 18.39



Harina de kiwicha

L* : 93.09
a* : 3.70
b* : 15.70



Harina de maíz amarillo

L* : 89.59
a* : 0.99
b* : 24.51



Harina de lenteja extruida (Base)

L* : 80.09
a* : 6.11
b* : 24.51



Harina de quinua roja extruida

L* : 61.03
a* : 7.60
b* : 16.89



Harina de kiwicha extruida

L* : 78.61
a* : 9.17
b* : 25.99



Harina de maíz amarillo extruido

L* : 87.78
a* : 5.46
b* : 41.33

Anexo 27. Datos experimentales de reconstitución en agua a 25 y 100 °C de las mezclas instantáneas

Reconstitución en agua a 25 °C								
Tratamiento	Rep 1		Rep 2		Rep 3		Promedio	Desv. Estándar
	Pm	θ Rec. H2O (seg)	Pm	θ Rec. H2O (seg)	Pm	θ Rec. H2O (seg)		
1	7.001	7.45	7.002	7.39	7.004	7.36	7.40	0.04
2	7.004	6.82	7.001	6.86	7.001	6.93	6.87	0.05
3	7.004	7.72	7.002	7.78	7.002	7.69	7.73	0.04
4	7.003	6.58	7.002	6.6	7.003	6.62	6.60	0.02
5	7.001	7.52	7.002	7.48	7.001	7.44	7.48	0.03
6	7.003	7.22	7.001	7.19	7.003	7.28	7.23	0.04
7	7.001	7.84	7.001	7.86	7.003	7.88	7.86	0.02
8	7.002	7.25	7.001	7.21	7.003	7.23	7.23	0.02
9	7.002	7.17	7.003	7.09	7.003	7.04	7.10	0.05
10	7.002	7.36	7.002	7.28	7.001	7.26	7.30	0.04
11	7.001	7.42	7.002	7.54	7.003	7.48	7.48	0.05
Reconstitución en agua a 100 °C								
Tratamiento	Rep 1		Rep 2		Rep 3		Promedio	Desv. Estándar
	Pm	θ Rec. H2O (seg)	Pm	θ Rec. H2O (seg)	Pm	θ Rec. H2O (seg)		
1	7.003	5.86	7.002	5.93	7.003	5.88	5.89	0.03
2	7.002	5.33	7.002	5.38	7.004	5.28	5.33	0.04
3	7.003	6.45	7.002	6.38	7.002	6.34	6.39	0.05
4	7.002	5.15	7.004	5.02	7.002	5.13	5.10	0.06
5	7.001	6.02	7.002	5.95	7.003	5.94	5.97	0.04
6	7.001	5.88	7.003	5.79	7.002	5.82	5.83	0.04
7	7.002	6.51	7.002	6.44	7.003	6.55	6.50	0.05
8	7.001	5.46	7.003	5.49	7.003	5.52	5.49	0.02
9	7.003	5.63	7.002	5.75	7.004	5.72	5.70	0.05
10	7.004	5.87	7.002	5.78	7.002	5.75	5.80	0.05
11	7.001	6.22	7.003	6.17	7.002	6.12	6.17	0.04

Pm: Peso de muestra (gr); **θ Rec. H2O:** Tiempo de reconstitución en agua (seg); **Rep:** Repetición

**Anexo 28. Análisis estadístico de la reconstitución en agua a 25 y 100 °C
determinada por el software Desing Expert**

Model Summary Statistics 25 °C

Source	Std. Dev.	R-Squared	Adjusted R-Squared	Predicted R-Squared	PRESS	
Linear	0.3058	0.4219	0.2774	-0.4161	1.8328	
Quadratic	0.0735	0.9791	0.9582	0.8565	0.1857	Suggested
Special Cubic	0.0789	0.9807	0.9519	0.7472	0.3272	
Cubic	0.0771	0.9954	0.9540	-1.6242	3.3963	

Source	Sum of Squares	d.f	Mean Square	F - Value	p-value Prob > F	Significant
Model	1.2672	5	0.2534	46.9011	0.0003	significant
Linear Mixture	0.5461	2	0.2731	50.5295	0.0005	
AB	0.0363	1	0.0363	6.7111	0.0488	
AC	0.0321	1	0.0321	5.9454	0.0588	
BC	0.2929	1	0.2929	54.1932	0.0007	
Residual	0.0270	5	0.0054			
Cor Total	1.2943	10				
R-Squared	0.979					
Adj R-Squared	0.958					
Pred R-Squared	0.857					

Std. Dev: 0.074; Mean: 7.30; C.V %: 1.01; PRESS: 0.19

Component	Coefficient Estimate	Df	Standard Error	95% CI Low	95% CI High	VIF
A-Maíz Amarillo	7.34	1	0.06	7.18	7.50	2.70
B-Quinoa roja	9.54	1	0.50	8.26	10.81	48.92
C-Kiwicha	10.08	1	0.67	8.37	11.79	80.66
AB	-2.27	1	0.88	-4.52	-0.02	21.31
AC	-2.49	1	1.02	-5.12	0.14	29.49
BC	-13.09	1	1.78	-17.67	-8.52	61.14

Model Summary Statistics 100 °C

Source	Std. Dev.	R-Squared	Adjusted R-Squared	Predicted R-Squared	PRESS	
Linear	0.3853	0.3470	0.1838	-0.5242	2.7721	
Quadratic	0.0947	0.9753	0.9507	0.8630	0.2492	Suggested
Special Cubic	0.1015	0.9774	0.9434	0.6155	0.6992	
Cubic	0.1417	0.9890	0.8897	-5.2990	11.4559	

Source	Sum of Squares	d.f	Mean Square	F - Value	p-value Prob > F	Significant
Model	1.7738	5	0.3548	39.5342	0.0005	significant
Linear Mixture	0.6311	2	0.3156	35.1650	0.0011	
AB	0.1863	1	0.1863	20.7599	0.0061	
AC	0.0939	1	0.0939	10.4684	0.0231	
BC	0.6528	1	0.6528	72.7445	0.0004	
Residual	0.0449	5	0.0090			
Cor Total	1.8187	10				
R-Squared	0.9750					
Adj R-Squared	0.9510					
Pred R-Squared	0.8630					

Std. Dev: 0.095; Mean: 5.83; C.V %: 1.62; PRESS: 0.25

Component	Coefficient Estimate	Df	Standard Error	95% CI Low	95% CI High	VIF
A-Maíz Amarillo	5.91	1	0.08	5.70	6.12	2.70
B-Quinoa roja	9.82	1	0.64	8.18	11.47	48.92
C-Kiwicha	10.14	1	0.86	7.93	12.35	80.66
AB	-5.14	1	1.13	-8.04	-2.24	21.31
AC	-4.26	1	1.32	-7.65	-0.88	29.49
BC	-19.55	1	2.29	-25.44	-13.66	61.14

Anexo 29. Datos experimentales del contenido de proteínas de las mezclas instantáneas

Tratamiento	Repetición 1	Repetición 2	Promedio (%) base húmeda	Promedio (%) base seca	Des. Estándar
1	17.43	17.39	17.41	18.90	0.02
2	18.14	18.06	18.1	19.65	0.04
3	17.66	17.58	17.62	19.13	0.04
4	18.24	18.16	18.2	19.76	0.04
5	17.82	17.76	17.79	19.32	0.03
6	18.08	18.04	18.06	19.60	0.02
7	17.95	17.91	17.93	19.46	0.02
8	17.82	17.76	17.79	19.31	0.03
9	17.98	17.90	17.94	19.48	0.04
10	17.67	17.63	17.65	19.16	0.02
11	17.55	17.49	17.52	19.02	0.03

Anexo 30. Análisis estadístico del contenido de proteínas determinada por el software Desing Expert

Source	Std. Dev.	R-Squared	Adjusted R-Squared	Predicted R-Squared	PRESS	
Linear	0.0037	0.9998	0.9998	0.9998	0.0002	Suggested
Quadratic	0.0043	0.9999	0.9998	0.9995	0.0004	
Special Cubic	0.0048	0.9999	0.9997	0.9987	0.0010	
Cubic	0.0061	0.9999	0.9995	0.9712	0.0213	

Source	Sum of Squares	d.f	Mean Square	F - Value	p-value Prob > F	Significant
Model	0.7386	2	0.3693	26658.5843	< 0.0001	significant
Linear Mixture	0.7386	2	0.3693	26658.5843	< 0.0001	
Residual	0.0001	8	0.0000			
Cor Total	0.7388	10				
R-Squared	0.999					
Adj R-Squared	0.999					
Pred R-Squared	0.999					

Std. Dev: 3.722E-003; Mean: 19.34; C.V %: 0.019; PRESS: 1.752E-004

Component	Coefficient Estimate	Df	Standard Error	95% CI Low	95% CI High	VIF
A-Maíz Amarillo	18.9035	1	0.0023	18.8982	18.9088	1.4229
B-Quinua roja	20.0853	1	0.0050	20.0737	20.0969	1.9487
C-Kiwicha	19.5156	1	0.0054	19.5032	19.5280	2.0465

Anexo 31. Datos experimentales de la dispersabilidad de proteínas de las mezclas instantáneas

Trat	Proteína en mezclas	Repetición 1				Repetición 2			
		Proteína en sobrenadante	valoración de N	Solubilidad de proteína (%)	Índ. de dispersabilidad de proteína (%)	Proteína en sobrenadante	valoración de N	Solubilidad de proteína (%)	Índ. de dispersabilidad de proteína (%)
1	18.90	0.262	0.046	2.15	11.40	0.262	0.046	2.15	11.38
2	19.65	0.264	0.046	2.17	11.07	0.263	0.046	2.17	11.03
3	19.13	0.264	0.046	2.17	11.35	0.264	0.046	2.18	11.37
4	19.76	0.264	0.046	2.17	11.00	0.264	0.046	2.17	10.98
5	19.32	0.265	0.046	2.18	11.28	0.263	0.046	2.17	11.22
6	19.60	0.265	0.046	2.18	11.12	0.266	0.047	2.19	11.19
7	19.46	0.261	0.046	2.14	11.01	0.263	0.046	2.16	11.10
8	19.31	0.264	0.046	2.18	11.26	0.263	0.046	2.17	11.22
9	19.48	0.266	0.047	2.19	11.25	0.266	0.047	2.19	11.26
10	19.16	0.264	0.046	2.17	11.35	0.263	0.046	2.17	11.32
11	19.02	0.264	0.046	2.18	11.43	0.263	0.046	2.17	11.40

Índice de dispersabilidad de proteínas (%)

Tratamiento	Repetición 1	Repetición 2	Promedio	Desv. Estándar
T1	11.40	11.38	11.39	0.01
T2	11.07	11.03	11.05	0.02
T3	11.35	11.37	11.36	0.01
T4	11.00	10.98	10.99	0.01
T5	11.28	11.22	11.25	0.03
T6	11.12	11.19	11.15	0.03
T7	11.01	11.10	11.06	0.04
T8	11.26	11.22	11.24	0.02
T9	11.25	11.26	11.25	0.01
T10	11.35	11.32	11.33	0.02
T11	11.43	11.40	11.42	0.02

Anexo 32. Análisis estadístico de la dispersabilidad de proteínas determinada por el software Desing Expert

Source	Std. Dev.	R-Squared	Adjusted R-Squared	Predicted R-Squared	PRESS	
Linear	0.0525	0.8968	0.8710	0.7770	0.0476	Suggested
Quadratic	0.0561	0.9263	0.8526	0.5558	0.0948	
Special Cubic	0.0610	0.9304	0.8260	-0.0716	0.2288	
Cubic	0.0661	0.9795	0.7951	-10.6976	2.4973	

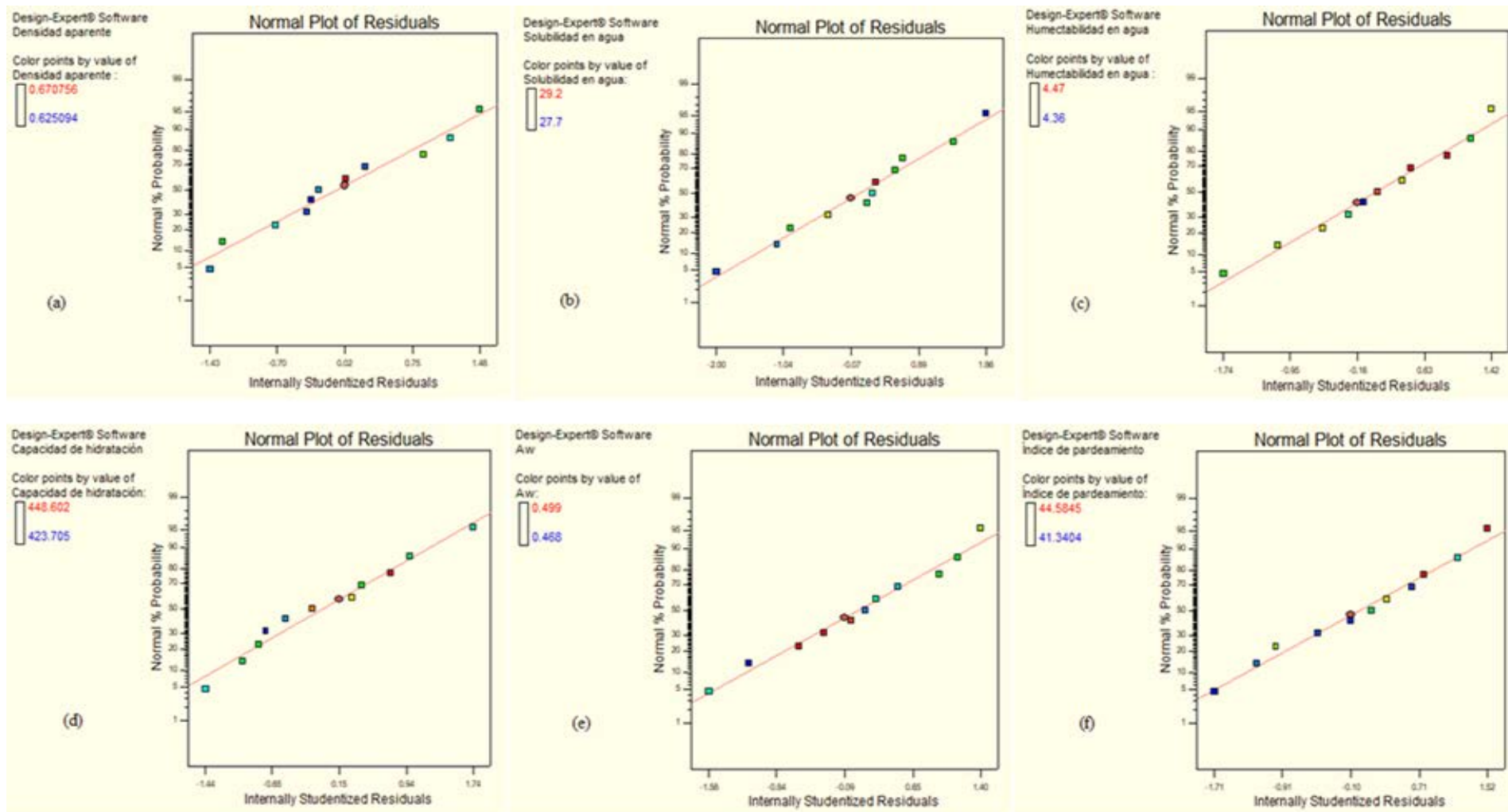
Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F – Value	p-value Prob > F	Significant
Model	0.1915	2	0.0957	34.7560	0.0001	significant
Linear Mixture	0.1915	2	0.0957	34.7560	0.0001	
Residual	0.0220	8	0.0028			
Cor Total	0.2135	10				
R-Squared	0.897					
Adj R-Squared	0.871					
Pred R-Squared	0.777					

Std. Dev: 0.052; Mean: 11.23; C.V %: 0.47; PRESS: 0.048

Component	Coefficient Estimate	df	Standard Error	95% CI Low	95% CI High	VIF
A-Maíz Amarillo	11.4289	1	0.0326	11.3536	11.5041	1.4229
B-Quinua roja	10.7660	1	0.0708	10.6026	10.9293	1.9487
C-Kiwicha	11.2693	1	0.0757	11.0947	11.4439	2.0465

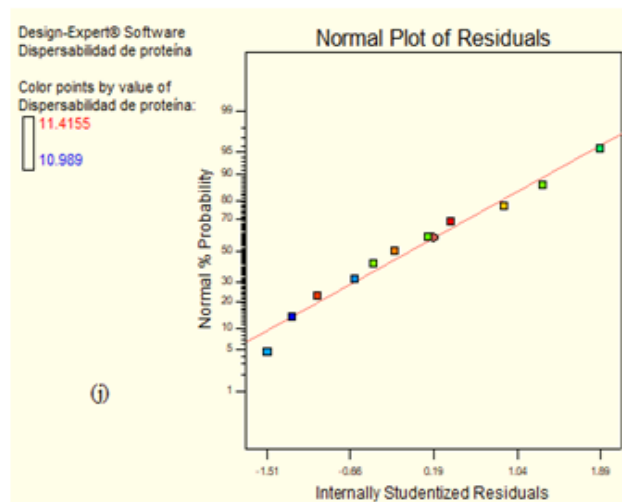
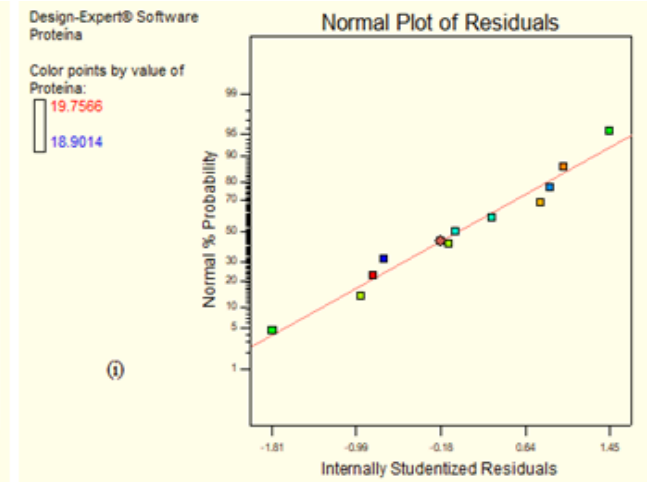
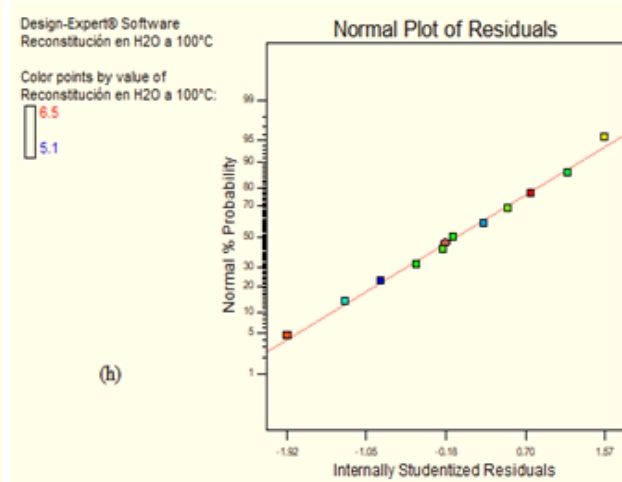
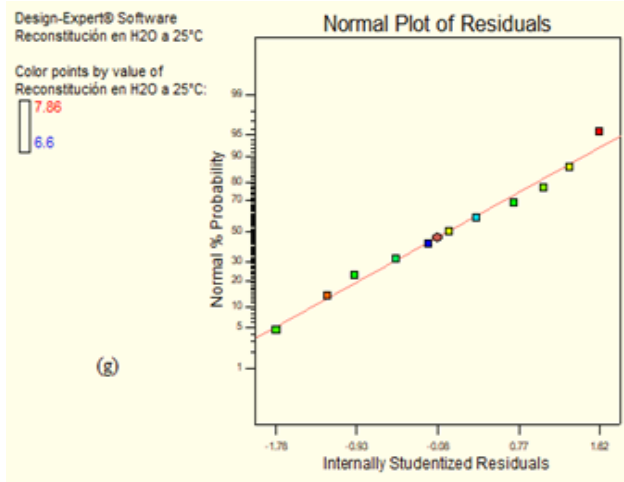
Anexo 33. Grafica de la probabilidad de normalidad de los residuales de la densidad aparente (a), solubilidad en agua (b), humectabilidad en agua (c), capacidad de hidratación en agua (d), Aw (e), índice de pardeamiento (f) de las mezclas instantáneas

Los datos residuales o errores del modelo se distribuyen normalmente pues no hay presencia de puntos atípicos (los datos se ajustan a la línea de probabilidad normal), indicando que los datos se ajustan al modelo cuadrático dando a entender que es adecuado.



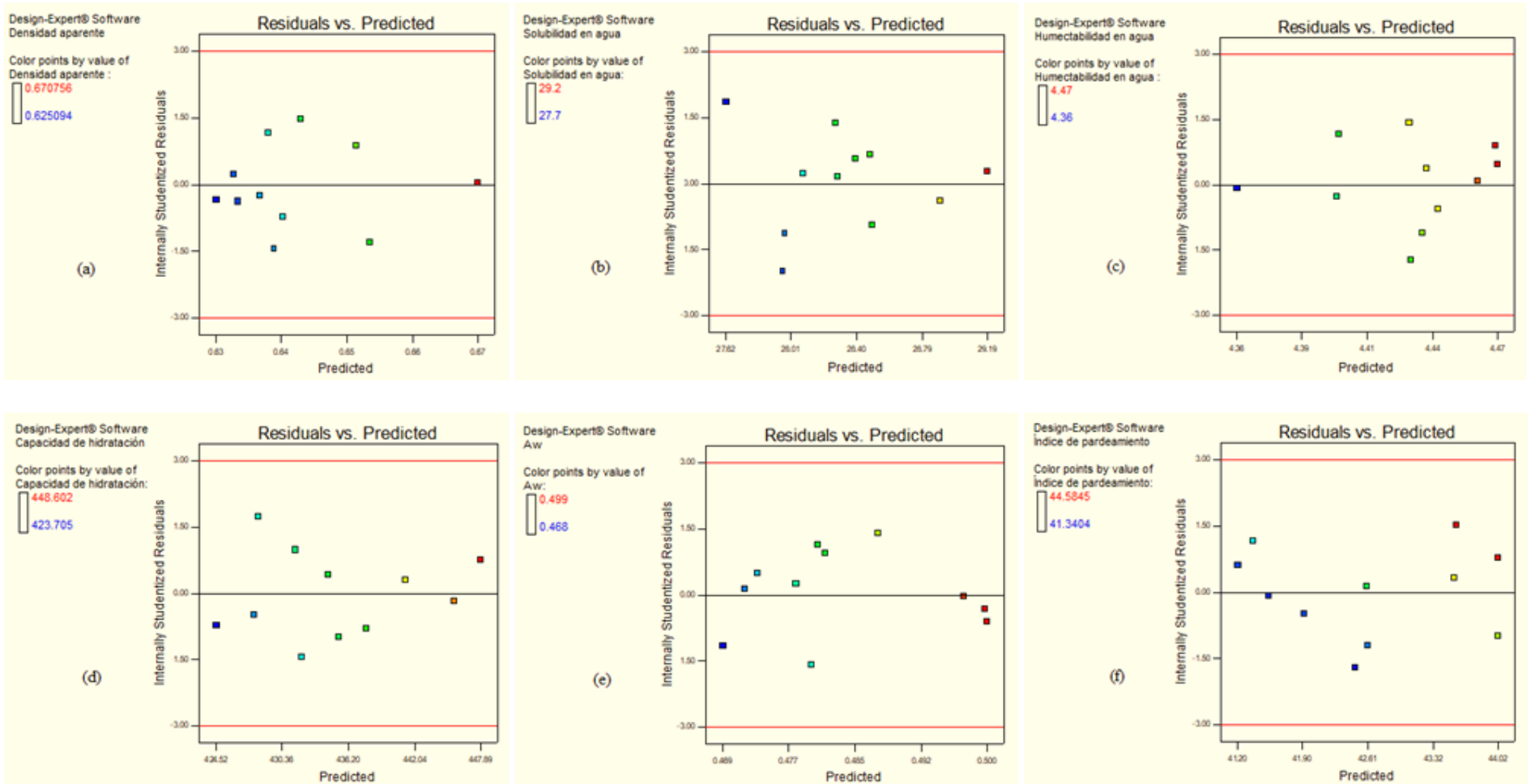
Anexo 34. Grafica de la probabilidad de normalidad de los residuales de la reconstitución en agua a 25 °C (g) y 100 °C (h), contenido de proteínas (i), e índice de dispersabilidad de proteínas (j) de las mezclas instantáneas

Los datos residuales o errores del modelo se distribuyen normalmente pues no hay presencia de puntos atípicos (los datos se ajustan a la línea de probabilidad normal), indicando que los datos se ajustan al modelo cuadrático dando a entender que es adecuado.



Anexo 35. Gráfica de los residuales vs valores predichos de la densidad aparente (a), solubilidad en agua (b), humectabilidad en agua (c), capacidad de hidratación en agua (d), Aw (e), índice de pardeamiento (f) de las mezclas instantáneas

Los datos residuales vs predichos indican que los errores del modelo tienen una distribución normal, ya que los residuales no tienen estructura ni están relacionados con ninguna otra variable (son independientes).



Anexo 36. Gráfica de los residuales vs los valores predichos de la reconstitución en agua a 25 °C (g) y 100 °C (h), contenido de proteínas (i), e índice de dispersabilidad de proteínas (j) de las mezclas instantáneas

Los datos residuales vs predichos indican que los errores del modelo tienen una distribución normal, ya que los residuales no tienen estructura ni están relacionados con ninguna otra variable (son independientes).

