

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



Una Institución Adventista

**Evaluación de propiedades físicas, ópticas y aceptabilidad de
cupcakes de tarwi (*Lupinus mutabilis* Sweet).**

Por:
Heber Choque Melo

Asesor:
Ing. Joel Jerson Coaquira Quispe

Juliaca, Noviembre de 2019

DECLARACIÓN JURADA
DE AUTORÍA DEL INFORME DE TESIS

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

DECLARO:

Que el presente informe de investigación titulado: "Evaluación de propiedades físicas, ópticas y aceptabilidad de cupcakes de tarwi (*Lupinus mutabilis* Sweet)", constituye la memoria que presenta el Bachiller Heber Choque Melo para aspirar al título de Profesional de Ingeniero de Alimentos ha sido realizada en la Universidad Peruana Unión bajo mi dirección.

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

Y estando de acuerdo, firmo la presente declaración en Juliaca a los veintisiete del mes de noviembre del año dos mil diecinueve.



Ing. Joel Jerson Coaquira Quispe

Evaluación de propiedades físicas, ópticas y aceptabilidad de
cupcakes de tarwi (*Lupinus mutabilis* Sweet).

TESIS

Presentada para optar el título profesional de Ingeniero de Alimentos

JURADO CALIFICADOR



MSc. Carmen Rosa Apaza Humerez
Presidente



Ing. Enrique Mamani Cuela
Secretario



Ing. Alex Danny Chambi Rodríguez
Vocal



Ing. Joel Jerson Coaquira Quispe
Asesor

Juliaca, 27 de noviembre de 2019

DEDICATORIA

Este trabajo de investigación es dedicado en primer lugar a Dios quien me otorgó la sabiduría y fuerzas necesarias para culminar mi carrera profesional. A mis padres, quienes a lo largo de mi vida han velado por mi bienestar, por la motivación constante para lograr este objetivo, brindándome su confianza en cada reto que se me presentaba y apoyo incondicional en todo momento.

AGRADECIMIENTO

A Dios por la sabiduría que me dio para poder concluir con este trabajo de investigación.

A mí asesor de tesis: Ing. Joel Jerson Coaquira Quispe, por su apoyo, conocimientos, orientación y por todo el tiempo brindado para la conclusión de esta investigación. A mis dictaminadores: Ing. Alex Danny Chambi Rodríguez y MSc. Carmen Rosa Apaza Humerez, por las sugerencias brindadas para la mejora de este trabajo de investigación.

También expresar mi sincero agradecimiento a todos mis docentes: Ing. Enrique Mamani Cuela, Ing. Cesar Augusto Condori Mamani, e Ing. Ana Mónica Torres Jiménez, por sus enseñanzas y consejos que forjaron en mí, que fueron pilares fuertes en mi desarrollo profesional.

A la Universidad Peruana Unión, Facultad de Ingeniería y Arquitectura y a la Escuela Profesional de Ingeniería de Alimentos por formar parte de la familia universitaria de esta institución.

En último lugar, expresar mis más grandes agradecimientos al Programa Nacional de Becas y Créditos Educativos (PRONABEC), por haberme dado esta oportunidad de realizar mis estudios superiores estoy infinitamente agradecido.

ÍNDICE DE CONTENIDO

1.	Capítulo I. El problema	13
2.	Capítulo II. Revisión de la literatura	15
2.1.	Generalidades de tarwi (<i>lupinus mulabilis</i> Sweet).....	15
2.1.1.	Composición química de tarwi	15
2.2.	Cupcakes	17
2.2.1.	Función de los ingredientes en el cupcake	17
2.2.2.	Métodos para la evaluación de las propiedades físicas y ópticas de los cupcakes 20	
2.3.	Evaluación sensorial.....	23
2.3.1.	Check All That Apply (CATA)	24
3.	Capítulo III. Materiales y Métodos	25
3.1.	Lugar de ejecución	25
3.2.	Materiales y equipos.....	25
3.2.1.	Materia prima.....	25
3.2.2.	Insumos.....	25
3.2.3.	Reactivos.....	25
3.2.4.	Materiales	26
3.2.5.	Equipos	26
3.3.	Métodos de análisis	27
3.3.1.	Caracterización de la harina de tarwi (<i>Lupinus mutabilis</i> Sweet).....	27
3.3.2.	Determinación de altura y el volumen de cupcakes.	27
3.3.3.	Determinación de porosidad de cupcake mediante el método óptico	27
3.3.4.	Determinación del color	28
3.4.	Optimización y caracterización de los puntos óptimos	28

3.5.	Evaluación sensorial de cupcakes por el método de Check All That Apply (CATA).	29
3.6.	Metodología experimental.....	29
3.6.1.	Formulación de cupcakes.	29
3.6.2.	Procedimiento para la elaboración de cupcake	29
3.7.	Diseño experimental.....	31
4.	Capítulo IV. Resultados y Discusiones	33
4.1.	Características fisicoquímicas y ópticas de la harina de tarwi.....	33
4.2.	Análisis de propiedades físicas y ópticas de cupcakes.....	35
4.2.1.	Altura de cupcakes	35
4.2.2.	Volumen de cupcakes.....	36
4.2.3.	Volumen específico.....	38
4.2.4.	Porosidad	40
4.2.5.	Análisis de color de los cupcakes.....	45
4.3.	Evaluación sensorial de cupcakes de tarwi mediante el método (CATA).	48
4.3.1.	Análisis de los atributos mediante la prueba de Q de Cochran.....	48
4.4.	Análisis fisicoquímico de cupcakes	52
5.	Capítulo V. Conclusiones y Recomendaciones	55
5.1.	Conclusiones	55
5.2.	Recomendaciones.....	56
	Referencias	57

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Composición química del tarwi y soya (g / 100g)	15
Tabla 2. Contenido de aminoácidos esenciales en la semilla cruda de tarwi	16
Tabla 3. Composición de ácidos grasos del tarwi (% de ácidos grasos totales).....	16
Tabla 4. Formulación para cupcakes (AACC, 1999).....	17
Tabla 5. Formulación para la elaboración de cupcakes de tarwi.....	29
Tabla 6. Esquema experimental para la elaboración de cupcake con harina de tarwi.....	30
Tabla 7. Diseño Central Compuesto - Centrado en la Cara: niveles de factor codificados y reales y matriz experimental para el proceso de elaboración de cupcakes.	32
Tabla 8. Características de la harina de tarwi por tamaño de partícula y color.....	33
Tabla 9. Análisis fisicoquímico de la harina de tarwi en 100 g de muestra.	34
Tabla 10. Resultados del análisis obtenido de altura, volumen y volumen específico	37
Tabla 11. Resultados del análisis obtenido del software Image J para el conteo de poros. .	41
Tabla 12. Determinación de color de miga de cupcakes en los parámetros L*, a* y b*	45
Tabla 13. Prueba Q de Cochran para determinar diferencias en los atributos.	48
Tabla 14. Resultados del análisis fisicoquímico de cupcakes de tarwi del mejor tratamiento sensorialmente	52

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. ^a Representación adaptada de cremado, ^b proceso de batido y c horneado de la masa del cake con mezcla de etapas múltiples Edith Wilderjans, Brijs, & Delcour (2013).....	18
Figura 2. ^a Imagen digital de la muestra de pan (la escala representa 1 cm). ^b Poros extraídos de pan utilizando Imagen J Sahin & Sumnu (2006).	22
Figura 3. Diagrama de cromaticidad del sistema CIE L*,a*,b* Sahin & Sumnu (2006) ...	23
Figura 4. Ejemplo de una boleta para el método CATA Meyners et al., (2017).....	24
Figura 5. Sistema de la adquisición de imagen Sabliov & Boldor (2002).....	28
Figura 6. Gráfico de superficie de respuesta y gráfico de contorno del efecto de la relación entre el tiempo y la velocidad de batido sobre la altura de los cupcakes de tarwi (a) (b)....	36
Figura 7. Gráfico de superficie de respuesta y gráfico de contorno del efecto de la relación entre el tiempo y la velocidad de batido sobre el volumen (ml) (a) (b) y volumen específico (ml/g) (c) (d) de los cupcakes de tarwi.....	40
Figura 8. Gráfico de superficie de respuesta y gráfico de contorno del efecto de la relación entre el tiempo y la velocidad de batido sobre: Conteo de poros (a) (b), área total de los poros (c) (d), tamaño promedio de los poros (e) (f) y fracción por área de los poros (g) (h) de los cupcakes de tarwi.....	44
Figura 9. Gráfico de superficie de respuesta y gráfico de contorno del efecto de la relación entre el tiempo y la velocidad de batido sobre de la determinación de color en la miga interna de los cupcakes: L* (a) (b), a* (c) (d) y b* (e) (f).	47
Figura 10. Gráfico de sedimentación de las preguntas CATA.....	50
Figura 11. Representación del análisis multivariado de correspondencia (AMC) de los datos del método CATA.....	51
Figura 12. Representación del análisis de componentes principales de los datos del método CATA para aceptabilidad.....	51

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Datos experimentales de la evaluación de altura, volumen y volumen específico del cupcake de tarwi.....	62
Anexo 2. Datos experimentales para la porosidad por el software Imagen J.....	63
Anexo 3. Datos experimentales para el color (L^* , a^* y b^*).....	64
Anexo 4. Anova y coeficientes de regresión para altura (mm)	65
Anexo 5. Anova y coeficientes de regresión para volumen (ml)	65
Anexo 6. Anova y coeficientes de regresión para volumen específico (ml/g).....	66
Anexo 7. Anova y coeficientes de regresión de conteo de poros	66
Anexo 8. Anova y coeficientes de regresión para área total de los poros.....	67
Anexo 9. Anova y coeficientes de regresión para tamaño promedio de los poros (mm^2)...	67
Anexo 10. Anova y coeficientes de regresión para fracción por área de los poros %	68
Anexo 11. Anova y coeficientes de regresión para la Luminosidad (L^*).....	68
Anexo 12. Anova y coeficientes de regresión para el parámetro a^*	69
Anexo 13. Anova y coeficientes de regresión para el parámetro b^*	69
Anexo 14. Ficha de evaluación sensorial (Método CATA).	70
Anexo 15. Resultados de análisis fisicoquímica de materia prima y de producto terminado de cupcakes de tarwi	71

RESUMEN

El objetivo de este trabajo de investigación fue evaluar las propiedades físicas, ópticas y aceptabilidad y el efecto de parámetros de procesamiento en cupcakes de *Lupinus mutabilis* Sweet. Para evaluar el efecto se utilizó el Diseño Central Compuesto - Centrado en la Cara, las variables independientes fueron: tiempo (min) y velocidad (rpm) de batido (5:190, 5:400, 10:190, 10:400, 5:295, 10:295, 7.5:190, 7.5:400, 7.5:295 y 7.5:295), para evaluar las variables de respuesta (altura, volumen, volumen específico, porosidad y color L*, a* y b*). Se realizó una evaluación sensorial de los mejores tratamientos por el método CATA y análisis fisicoquímico. Los resultados de las propiedades físicas y ópticas de los cupcakes mostraron diferencias significativas ($p < 0.05$) para todos los tratamientos. Las respuestas del producto fueron las más afectadas por los cambios de tiempo y diferentes velocidades de batido, donde a mayor tiempo y mayor velocidad de batido obtuvieron valores más altos en cuanto a la altura, volumen y porosidad. El color mostró una luminosidad (L*) clara, el valor de (-a*) tiene tendencia a verde en todos los tratamientos y el valor de (b*) tiene tendencia a amarillo a medida que aumentaba el tiempo y velocidad de batido. En la evaluación sensorial con mayor aceptabilidad por los consumidores fue el T6 (10 min: 295 rpm) de batido. El efecto de mayor tiempo y mayor velocidad de batido mejora las propiedades físicas, ópticas y aceptabilidad en cupcakes de tarwi.

Palabras Claves: Tarwi, cupcakes, propiedades físicas y ópticas y atributos sensoriales.

ABSTRACT

The objective of this research work was to evaluate the physical, optical and acceptability properties and the effect of processing parameters on *Lupinus mutabilis* Sweet cupcakes. In order to evaluate the effect, the Composite Central Design - Face-Centered was used, the independent variables were: time (min) and speed (rpm) of milkshake (5: 190, 5: 400, 10: 190, 10: 400, 5 : 295, 10: 295, 7.5: 190, 7.5: 400, 7.5: 295 and 7.5: 295), to evaluate the response variables (height, volume, specific volume, porosity and color L *, a * and b *. performed a sensory evaluation of the best treatments by the CATA method and physicochemical analysis. The results of the physical and optical properties of the cupcakes showed significant differences ($p < 0.05$) for all treatments. The product responses were the most affected by the changes in time and different shaking speeds, where at a higher time and faster shaking speed they obtained higher values in terms of height, volume and porosity. The color showed a clear luminosity (L *), the value of (-a *) has a tendency to green in all treatments and the value of (b *) has a tendency It was yellow as the time and speed of the shake increased. In the sensory evaluation with greater acceptability by consumers was the T6 (10 min: 295 rpm) of milkshake. The effect of longer time and faster beating speed improves the physical, optical and acceptability properties in tarwi cupcakes.

Keywords: Tarwi, cupcakes, physical and optical properties and sensory attributes

Capítulo I. El problema

El tarwi (*Lupinus mutabilis* Sweet) es una leguminosa muy importante debido a su alto contenido de proteína y grasas, siendo así una excelente fuente nutritiva que ocupa uno de los primeros lugares entre los alimentos nativos a nivel mundial. Razón por la cual es muy utilizada en la alimentación humana, y su consumo es altamente recomendable para todas las edades debido por sus múltiples beneficios Jacobsen & Mujica (2006). Su uso como harina puede ser aplicado como sustitución parcial y principal para diferentes formulaciones en alimentos. En la industria de la panificación se ha usado 15% con excelentes resultados de aceptabilidad e incrementando su valor nutricional del producto (Bocangel & Talavera, 2016).

Los cupcakes son productos horneados dulces, rico en calorías, muy apreciados que atraen a niños, adolescentes y a personas mayores debido a su buen sabor y textura suave, encontrándose con una aceptación mundial. Los cupcakes se caracterizan por ser un producto esponjoso y blando debido a su estructura porosa y de alto volumen Shevkani & Singh, (2014). Por lo tanto, el consumo de cupcakes está aumentando constantemente hoy en día Ávila, Braganca, Rockenbach, & Alves (2017). A pesar de su popularidad, la mayoría de los cupcakes son elaborados solo con harina de trigo refinada, harina que es baja en proteínas en comparación a otros cereales Arteaga & Silva (2015). Esto se debe principalmente a un bajo contenido de lisina, metionina y treonina en las proteínas del trigo (Yaqoob, Baba, Masoodi, Shafi, & Bazaz, 2018).

Las investigaciones sobre sustitución parcial se han realizado con cereales (15- 45%), granos andinos (5% - 30%), legumbres (10% - 35%), leguminosas (5% - 40%) y tubérculos (5% - 15 %) en cupcakes. Las sustituciones se realizan hasta máximo 40% con leguminosas, sin embargo, no se ha estudiado sustituciones que superen el 50 a 100 % con harina de tarwi en cupcakes. Según Ávila et al., (2017) mencionan que la incorporación de harinas no tradicionales en la formulación de cupcake requiere la evaluación detallado de sus propiedades físicas, funciones tecnológicas y características sensoriales de los cupcakes.

La calidad final de los cupcakes depende de varios factores, como la selección del tipo de ingrediente, fórmulas bien equilibradas, mezcla óptima y procedimientos de cocción. El tiempo y la velocidad de batido es uno de los factores más importantes durante el batido para incorporar aire a la masa, ya que estos factores son determinantes de la calidad de las

propiedades físicas y ópticas de cupcakes, siempre teniendo en cuenta el control óptimo de los parámetros del tiempo y velocidad de batido. Un exceso de velocidad o de tiempo de batido podría ocasionar una pérdida de aire incorporado y separación de las moléculas, dando un aspecto desagradable y ocasionando una pérdida de las características necesarias de los cupcakes López (2017). La velocidad de batido óptimo puede proporcionar una buena formación de células de aire en la masa. Si la mezcla se realiza a una velocidad demasiado alta, el producto final será grueso e irregular. Esto se debe a la fricción producida que calienta demasiado los ingredientes y reduce las células de aire formadas. Mientras se agitan todos los ingredientes de manera eficiente en cierto tiempo de mezcla y velocidad, la calidad de los cupcakes será mejor (Tan, Chin, & Yusof, 2012).

El tarwi es una leguminosa que contiene más proteínas que la soya, es un alimento altamente nutritivo, su proteína es rica en lisina, un aminoácido esencial presente en cantidades limitadas en muchas otras fuentes vegetales, y con excelente digestibilidad sobre 80% para el ser humano en comparación con otras leguminosas. Además, la harina de tarwi tiene propiedades tecno-funcionales, como capacidad de absorción de agua y aceite y las capacidades de emulsificación y formación de espuma, que son fundamentales para la elaboración de cupcakes Suca (2015). Por lo que, es necesario aprovechar el tarwi para darle valor agregado para el consumo masivo, aprovechando sus características nutritivas y beneficiosos, en donde existe un creciente interés de elaborar cupcakes con harina de tarwi, siendo así un producto novedoso y con mayor valor nutritivo.

Los cupcakes es un sistema alimentario que requiere una buena emulsión con la incorporación y estabilidad de burbujas de aire en la masa y el desarrollo de formación de espuma Subagio & Orita (2008) . Generalmente para la elaboración de cupcakes, el tiempo y la velocidad de batido son determinaste para así obtener los cupcakes de mayor calidad con estructura porosa, suave, alto volumen, color de miga y su textura con una miga uniforme Agrahar, Zaidi, & Dwivedi (2018). Por lo tanto, es necesario el estudio del efecto del tiempo y la velocidad de batido durante el procesamiento de cupcakes.

El presente trabajo de investigación tiene como objetivo evaluar las propiedades físicas, ópticas y aceptabilidad y el efecto de parámetros de procesamiento en cupcakes de tarwi (*Lupinus mutabilis* Sweet) y como objetivos específicos caracterizar fisicoquímicamente la materia prima, Evaluar el efecto del tiempo y velocidad de batido sobre las propiedades físicas y ópticas de las muestras, Realizar una evaluación sensorial de los mejores tratamientos y determinar análisis fisicoquímico al mejor tratamiento de cupcakes.

Capítulo II. Revisión de la literatura

2.1. Generalidades de tarwi (*Lupinus mutabilis* Sweet).

El tarwi (*Lupinus mutabilis* Sweet) es una leguminosa originaria de los andes de Bolivia, Ecuador y Perú, sus semillas tienen un gran potencial para ser consumida en la alimentación humana, ya que este alimento nativo tiene alto contenido de proteínas y aceite ricos en (omega (ω) 9, ω 6 y ω 3) que son importantes para los niños en su crecimiento y desarrollo del sistema nervioso central. Sin embargo, el grano requiere un proceso de desamargado para su consumo, siendo necesario eliminar las sustancias tóxicas llamadas alcaloides en todo el grano formados por lupinina, lupanina y esparteína entre los que destacan (Arteaga & Silva, 2015a).

2.1.1. Composición química de tarwi

El grano de tarwi son muy nutritivos, es rico en proteínas y grasas, razón por la cual debería formar parte de nuestra alimentación con mayor frecuencia. Su contenido proteico es incluso mayor que el de la soya y su contenido en grasa es similar. Los estudios realizados en más de 300 diferentes genotipos muestran que la proteína varía de 41- 51% y el aceite de 14-24% Huayna (2016). La composición química de tarwi se muestra en la Tabla 1.

Tabla 1.
Composición química del tarwi y soya (g / 100g)

Componente	Tarwi (g/100 g).	Soya (g/100 g).
Proteína	44.3	33.4
Grasa	16.5	16.4
Carbohidratos	28.2	35.5
Fibra	7.1	5.7
Ceniza	3.3	5.5
Humedad	7.7	9.2

Fuente: Jacobsen & Mujica (2006).

La proteína del tarwi es muy abundante en albúmina y globulina, sin embargo, es deficiente en el contenido de triptófano, con mayor cantidad de aminoácidos azufrados que la mayoría de leguminosas (Tapia, 2015).

Tabla 2.

Contenido de aminoácidos esenciales en la semilla cruda de tarwi

Aminoácidos	Aminoácidos (g)/16g N
Isoleucina	4.8
Leucina	7
Lisina	5.9
Metionina+ cisteína	1.6
Fenil-Alamina	4.3
Tirosina	3.6
Treonina	3.8
Triptófano	0.7
Valina	4.2

Fuente: Chirinos (2015)

Tabla 3.

Composición de ácidos grasos del tarwi (% de ácidos grasos totales).

Ácidos Grasos	%
Oleico (Omega 9)	40.4
Linoleico (Omega 6)	37.1
Linolénico (Omega 3)	2.9
Palmítico	13.4
Palmitoleico	0.2
Esteárico	5.7
Mirístico	0.6
Araquídico	0.2
Behénico	0.2
Erúsico	0.0
Cociente Polisal/Satur	2.0

Fuente: Jacobsen & Mujica (2006)

2.2. Cupcakes

El cupcake es un producto del resultado de la emulsión del cremado (mezcla de aceite vegetal y azúcar), mezclado con huevo y harina de trigo, cocida al horno muy apreciados por los consumidores debido a su buen sabor y textura suave. La estructura final de masa de cupcake es una matriz estable y semisólida que están llenas de burbujas de aire como la fase discontinua, que se caracteriza por ser un producto esponjosa y blando debido a su estructura porosa y su alto volumen (Alvarez, Herranz, Fuentes, Cuesta, & Canet, 2017).

En la Tabla 4 se presenta la formulación básica para cupcakes de acuerdo con “The American Association of Cereal Chemists 10-90” AACC (1999) la formulación es reconocida a nivel, mundial y es adaptable a todas las condiciones climáticas, además diversos investigaciones se realizaron a partir de esta formulación.

Tabla 4.
Formulación para cupcakes (AACC, 1999)

Ingredientes	(% base de harina)
Harina de trigo	100%
Azúcar blanca	140%
Margarina	50%
Leche polvo desgrasada	12%
Clara de huevo en polvo	9%
Sal	3%
Polvo de hornear	6%
Agua	125%

Fuente: Baking Quality of Cake Flour presentado por la AACC (1999)

2.2.1. Función de los ingredientes en el cupcake

Los ingredientes principales en la elaboración de cupcake son importantes en la formación de la masa, ya que cada ingrediente desempeña un papel importante en la calidad del producto. Por lo tanto, un balance adecuado de ingredientes en la elaboración de cupcakes alcanza una miga húmeda y elástica con celdas de aire de tamaño uniforme, corteza delgada y suave (Bennion, 1995). Además de esto, en el proceso de batido de la masa se forma un sistema de emulsión de aceite y agua, en el que la fase acuosa contiene el azúcar

disuelto y partículas de harina, lo que resulta que la formación de burbujas de aire tenga lugar en la grasa sólida y, cuando la mezcla se calienta (es horneado). Las burbujas de aire de la grasa se transfieren a la fase acuosa o espuma y se hinchan generando los poros en el cupcake (Arendt & Bello, 2008).

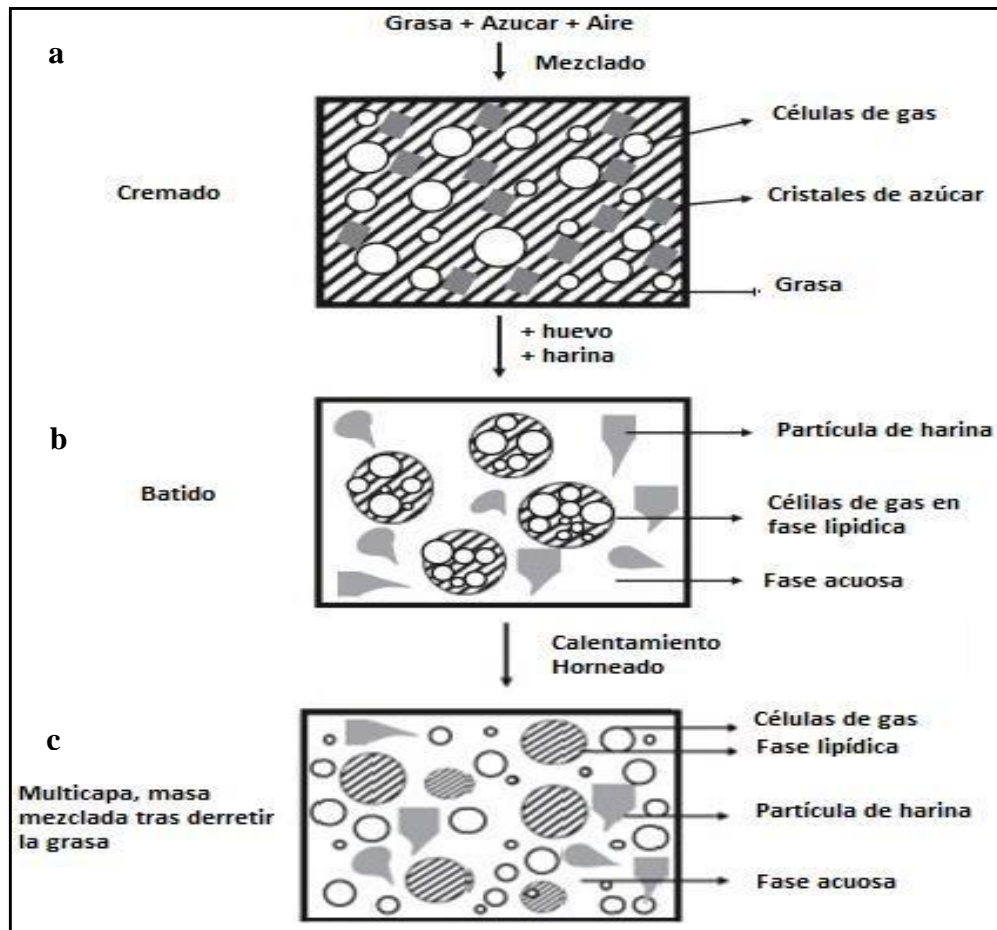


Figura 1.^a Representación adaptada de cremado, ^b proceso de batido y ^c horneado de la masa del cake con mezcla de etapas múltiples Edith Wilderjans, Brijs, & Delcour (2013).

a) Harina

La harina es el ingrediente principal del cupcake. Durante la mezcla de la masa, las partículas de harina en la masa dificultan en cierta medida la coalescencia de la grasa por obstrucción física o aumentando la viscosidad de la fase acuosa. El aumento de la viscosidad restringe la migración y la coalescencia de las partículas de grasa y las células gaseosas y, de esa manera, contribuye a una emulsión y espuma de masa estable. Durante la cocción de cupcake, es la transformación de una masa acuosa y fluida en una estructura de cupcake sólida y porosa. Los gránulos de almidón se embeben, se hinchan y se gelatinizan durante la cocción de cupcake (Edith Wilderjans et al., 2013).

b) Grasa

La grasa es utilizada en el proceso de cremado que ayuda la aireación de la masa atrapando aire en celdas de gas, formando una textura blanda no permitiendo que se forme gluten a partir de la proteína, ayudando a la formación de emulsión. Durante el horneado la grasa se dispersa por toda la masa en forma de partículas de forma irregular, favoreciendo la suavidad, textura, sabor y humedad del cupcake. Como resultado, la superficie de la matriz de la estructura de cupcake horneada está cubierta con grasa luego del enfriamiento del cupcake por debajo de 37° permitiendo que la grasa se cristalice y actúe como una barrera parcial a la pérdida de humedad durante el almacenamiento de cupcake (Edith Wilderjans et al., 2013).

c) Huevo

Durante el proceso de mezclado e integración de la masa este actúa como disolvente del azúcar logrando formar una emulsión estable. La clara de huevo es un buen agente espumante permite formar una estructura aireada relativamente estable capaz de sostener a otros ingredientes durante la mezcla. Durante el proceso de cocción, la masa líquida se transforma en una espuma sólida como resultado de la gelatinización del almidón y la coagulación de la proteína del huevo sobre rangos de temperatura, produciendo el esponjamiento con una miga uniforme y de buena textura del producto final (Edith Wilderjans et al., 2013).

d) Azúcar

El azúcar es más comúnmente utilizado para proporcionar dulzor al producto, durante el proceso de formación de crema juegan un papel importante en la aireación de la masa. El azúcar tiene la capacidad de regular la gelatinización del almidón, así como la desnaturalización de la proteína del huevo, lo que da como resultado un gran volumen y una estructura de miga porosa fina y uniforme, asimismo prolonga la duración del cupcake, ya que retiene la humedad y da color a corteza gracias a la reacción de Maillard. Durante la cocción de cupcake comprende diferentes aspectos, como el control de la temperatura de ajuste, la fijación de la estructura y el colapso. Además, el azúcar tiene mejores cualidades para mantener fresco al producto final (Edith Wilderjans et al., 2013).

e) Agua

El agua es el plastificante más importante en las formulaciones de masa para cupcakes, ya que en ella se disuelve todos los ingredientes secos como el azúcar y sal, además ayuda a dispersar las partículas de grasa y harina, hidrata las proteínas de la harina, gelatiniza el

almidón durante el horneado, regula la consistencia y proporciona la humedad al producto final (Sozer & Kokini, 2014).

f) Leudante

El polvo de hornear también conocido como leudante o levadura química, es un agente que permite dar esponjosidad a una masa harina + agua. Además, es utilizado como generador de aire que contiene una mezcla de bicarbonato de sodio que proporciona la producción de dióxido de carbono más rápido. La función que cumple este leudante en la elaboración de los cupcakes es hacer aumentar el nivel de altura de la masa durante la cocción (Sozer & Kokini, 2014).

2.2.2. Métodos para la evaluación de las propiedades físicas y ópticas de los cupcakes

La importancia del conocimiento de las propiedades físicas y ópticas como el volumen, porosidad, textura y el color son importantes para comprender la relación entre la física y las funciones de los alimentos ya que se combinan con otras ciencias de los alimentos para obtener productos de alta calidad. Comprender las propiedades físicas de los alimentos es importante ya que se utilizan en el diseño de procesos, la optimización de productos y procesos, el desarrollo de productos, el control de calidad de alimentos y el modelado de procesos de alimentos (Sahin & Sumnu, 2006).

2.2.2.1. Volumen

El volumen se define como la cantidad de espacio ocupado por un objeto, se expresa en unidades de longitud (pulgadas cúbicas, centímetros cúbicos). En el sistema internacional, la unidad de volumen es el m^3 (Sahin & Sumnu, 2006).

El volumen de cupcakes es uno de los atributos de calidad más importantes ya que influye en la aceptación del consumidor, en relación con el desarrollo estructural subyacente del cupcake Whitaker & Barringer (2015). El volumen puede determinarse usando los siguientes métodos:

- Por métodos de desplazamiento de líquido, gas o sólido.
- Calcular a partir de dimensiones.
- Por procesamiento de imágenes.

El volumen de productos horneados se puede medir por el método de desplazamiento de semillas. El volumen del cupcake se determina según el método 10-05.01 (AACC, 2000) y se calcula de la siguiente manera:

$$W_{semillas} = W_{Total} - W_{Muestra} - W_{Envase} \quad (1)$$

$$V_{Semillas} = \frac{W_{semillas}}{\rho_{semillas}} \quad (2)$$

$$V_{Muestra} = V_{Envase} - V_{Semillas} \quad (3)$$

Dónde:

W = Peso (Kg)

V = volumen (m³)

ρ = Densidad (kg/m³)

2.2.2.2. Porosidad

La porosidad es una propiedad física importante que es característica de la textura y la calidad de los alimentos secos y de humedad intermedia. Los datos de porosidad se requieren en la modelación y diseño de diversos procesos de transferencia de calor y masa, así como en el secado, fritura, horneado, calentamiento, refrigeración y la extrusión de alimentos. La porosidad (ϵ) se define como la fracción de volumen del aire o la fracción vacía en la muestra y se expresa como: Porosidad = volumen vacío / volumen total (Sahin & Sumnu, 2006).

Para analizar la porosidad, existen métodos para la determinación de la porosidad, pero el más empleado en la industria panadera es método óptico (Sahin & Sumnu, 2006).

Método óptico: En este método, la porosidad se determina a partir de la vista microscópica de una sección porosa. Es adecuado si la porosidad es uniforme en toda la muestra, se puede determinar este método utilizando un software adecuado para analizar las imágenes.

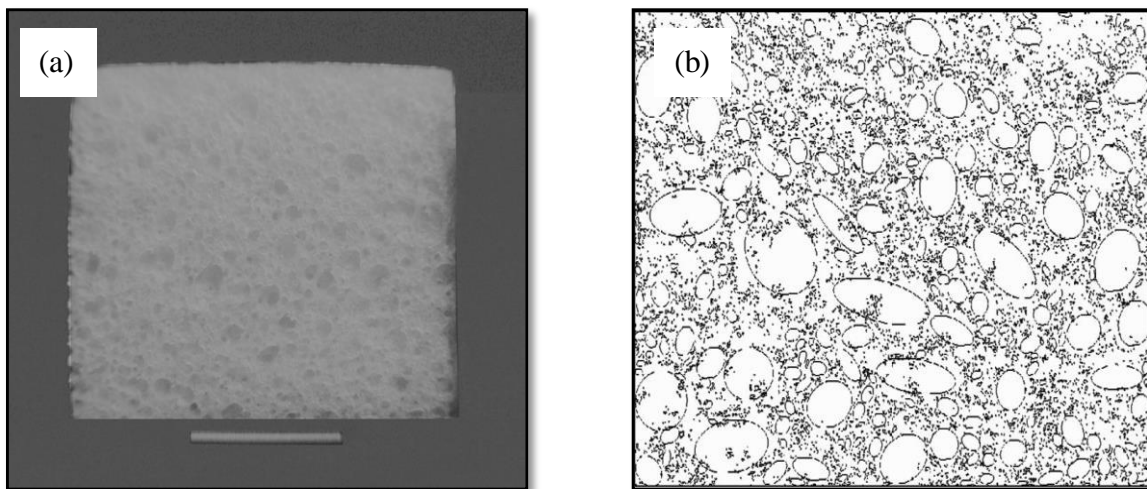


Figura 2. ^a Imagen digital de la muestra de pan (la escala representa 1 cm). ^b Poros extraídos de pan utilizando Imagen J Sahin & Sumnu (2006).

La Imagen J 1.46 es un software que se utiliza para el análisis de poros y para determinar la distribución del tamaño de los poros basada en el área, diámetro medio de los poros, porcentaje de fracción de área de los poros y área de poros Abràmoff, Magalhães, & Ram, (2004). En la Figura 2 se observa la imagen de una muestra de pan donde el software extrae las áreas de los poros.

2.2.2.3. Color

La evaluación de color es uno de los atributos de apariencia más importante para determinar la aceptabilidad de un alimento por parte de los consumidores. En la industria de alimentos la medición instrumental del color es una propiedad física para la evaluación de la calidad de un producto. A veces, en lugar del análisis químico, se puede usar la medición del color si existe una correlación entre la presencia del componente coloreado y el producto químico en el alimento, ya que la medición del color es más simple y rápido que el análisis químico. El color es un fenómeno perceptivo que depende del observador y de las condiciones en que se observa el color. Es una característica de la luz, que se puede medir en términos de intensidad y longitud de onda (Sahin & Sumnu, 2006).

Por lo general, el color de los alimentos se mide en $L^*a^*b^*$. El espacio de color $L^*a^*b^*$ o CIELab es un estándar internacional para las mediciones de color, adoptado por la Comisión Internacional de Iluminación (CIE) en 1976. La ubicación de cualquier color en el espacio CIELAB está determinada por sus coordenadas de color: L^* , a^* y b^* . Donde:

- L^* representa la diferencia entre la luz ($L^* = 100$) y la oscuridad ($L^* = 0$).

- a^* representa la diferencia entre el verde ($-a^*$) y el rojo ($+a^*$).
- b^* representa la diferencia entre azul ($-b^*$) y amarillo ($+b^*$).

Cuando se conoce las coordenadas L^* , a^* y b^* , entonces el color no solo está descrito, sino que también se encuentra en el espacio. Las coordenadas CIE L^* , a^* y b^* se obtienen a partir de valores triestímulos de acuerdo con las siguientes transformaciones 4, 5 y 6.

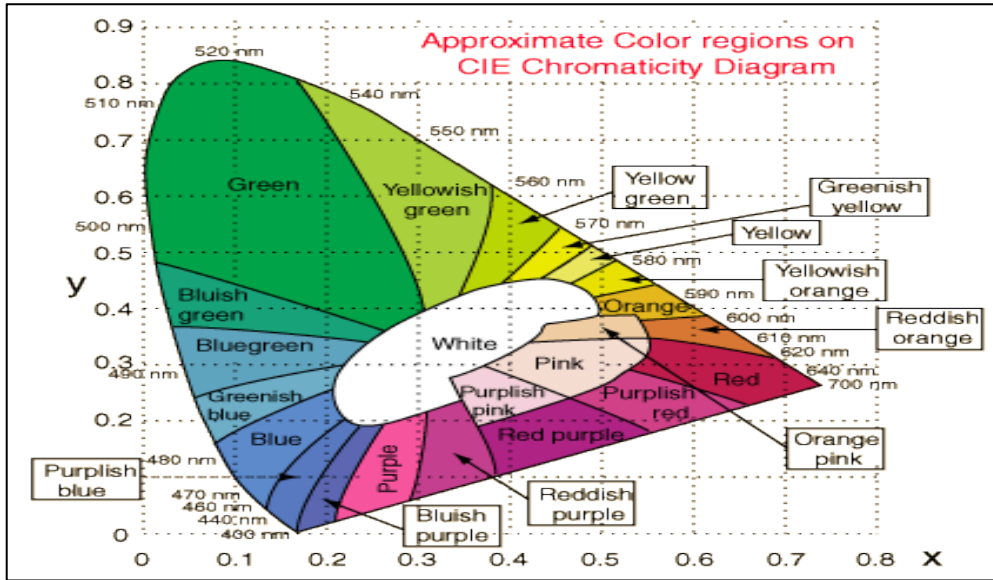


Figura 3. Diagrama de cromaticidad del sistema CIE L^* , a^* , b^* Sahin & Sumnu (2006)

$$L^* = 116f\left(\frac{Y}{Y_n}\right) - 16 \quad (4)$$

$$a^* = 500\left[f\left(\frac{X}{X_n}\right) - f\left(\frac{Y}{Y_n}\right)\right] \quad (5)$$

$$b^* = 200\left[f\left(\frac{Y}{Y_n}\right) - f\left(\frac{Z}{Z_n}\right)\right] \quad (6)$$

2.3. Evaluación sensorial

La evaluación sensorial es una disciplina científica mediante el cual se evalúa las características sensoriales como (sabor, color, olor y la textura) de los alimentos que son percibidos por los sentidos de la vista, gusto, olfato, tacto y oído. La evaluación sensorial es un instrumento eficaz que se aplica en desarrollo de nuevos productos, mejoramiento de productos, control de calidad y aceptabilidad de un alimento, ya que cuando ese alimento se quiere comercializar, debe cumplir los requisitos mínimos de higiene, inocuidad y calidad del producto, para que éste sea aceptado por el consumidor (Watt, Ylimaki, Jeffery, & Elías, 1992).

2.3.1. Check All That Apply (CATA)

La metodología “Marque todo lo que corresponda” (Check All That Apply - CATA), es un formato de preguntas que se ha utilizado en los últimos años para obtener información de productos de manera rápida utilizando consumidores. A los consumidores se les presenta una lista de atributos (palabras o frases), y se les pide que las prueben y que contesten una pregunta CATA seleccionando cada uno de los términos que consideren apropiadas, para describir la muestra que se está evaluando Meyners, Gmbh, & Castura (2017). Un ejemplo de preguntas CATA se muestra en la Figura 4.

En la siguiente lista, marque todos los atributos que describen a la fresa que acaba de probar (elijá todas las que considere):

<input type="checkbox"/> Dulce	<input type="checkbox"/> Color rojo	<input type="checkbox"/> Duro
<input type="checkbox"/> Amargo	<input type="checkbox"/> Forma irregular	<input type="checkbox"/> Suave
<input type="checkbox"/> Sabor a fresa	<input type="checkbox"/> Forma regular	<input type="checkbox"/> Jugoso
<input type="checkbox"/> Olor a fresa	<input type="checkbox"/> Pequeño	<input type="checkbox"/> Seco
<input type="checkbox"/> Sabrosa	<input type="checkbox"/> Grande	<input type="checkbox"/> Ninguno de los anteriores
<input type="checkbox"/> Insipido	<input type="checkbox"/> Firme	<input type="checkbox"/> Otro _____

Figura 4. Ejemplo de una boleta para el método CATA Meyners et al., (2017).

Los consumidores deben ser elegidos aleatoriamente, estudios previos muestran que el número de panelistas es variable. Según Parente & Ares (2010) utilizaron el método CATA para la evaluación de cosméticos y Ares, Deliza, Barreiro, Giménez, & Gámbaro (2010), que estudiaron postres lácteo , ambos utilizaron 50 consumidores por grupo experimental. Dooley, Lee, & Meullenet (2010) utilizaron 80 consumidores para evaluar los helados de vainilla con CATA, mientras, que Plaehn (2012), utilizó más de 100 consumidores para evaluar gaseosas con sabor a cítricos. No ha habido mucha investigación para justificar un tamaño de muestra adecuado, pero 50 consumidores pueden no ser confiable, mientras que con 100 consumidores o más, el estudio es confiable (Meyners et al., 2017).

Capítulo III. Materiales y Métodos

3.1. Lugar de ejecución

El presente trabajo de investigación, se realizó en el Centro de Aplicación “Súper Bueno” y en el laboratorio del Centro de Investigación en Ciencias de Alimentos (CICAL), de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad Peruana Unión Filial – Juliaca. El análisis fisicoquímico de la materia prima y del producto terminado se llevó a cabo en el laboratorio de Análisis Nutricional de alimentos de la Universidad Nacional el Altiplano UNA – Puno.

3.2. Materiales y equipos

3.2.1. Materia prima

La materia prima utilizada para la investigación fue: Harina de tarwi (*Lupinus mutabilis* Sweet), proveniente de la provincia de Otuzco departamento de La Libertad.

3.2.2. Insumos

- Azúcar blanca refinada (Marca: Cartavio)
- Polvo de hornear (Marca: Fleischmann)
- Huevo entero (Marca: Avícola gloria)
- Margarina (Marca: Dorina).
- Leche en polvo (Marca: Colun)
- Esencia de naranja (Marca: Alicorp).
- Sal marina (Marca: Marina).
- Agua

3.2.3. Reactivos

- Ácido sulfúrico 99 %
- Ácido bórico al 4%
- Ácido clorhídrico al 0.1N
- Hidróxido de sodio al 50%
- Éter de petróleo 98%
- Verde bromocresol
- Fenolftaleína 1%

- Indicador Jhiotoshiro
- Agua destilada
- Alcohol 95% (Marca: Merck)

3.2.4. Materiales

- Bandejas metálicas de acero inoxidable
- Mesa metálica de acero inoxidable
- Pirotines de papel para cupcake N°7
- Moldes de cupcake N°7
- Jarra medidora de 500 – 200ml.
- Rotulador
- Tubos de ensayo
- Pipetas 1 ml, 5 ml
- Placas Petri marca Pyrex
- Crisol. (Marca: Halden wanger).
- Desecador
- Espátulas
- Bureta de Geissler
- Papel Filtro (Whatman N° 40)
- Bolsas de polietileno
- Tamiz N° 80 (180µm)
- Probeta de 100 ml marca Pyrex
- Matraz de Erlenmeyer 110 ml marca Pyrex
- Vaso precipitado de 600 ml marca Pyrex
- Calibre digital - pie de rey (Marca: Stanley).

3.2.5. Equipos

- Batidora (Marca: Kitchen Heavy Duty , Modelo 5KSM150 Serie: W530016424 Made in USA, Capacidad 4.8L).
- Balanza analítica de 500 g x 0.01 (Precisión, ES300A, China).
- Balanza gramera con capacidad de 25 kg
- Horno a gas ((Marca: NOVA, modelo Max 2000 y serie 1712020).
- Estufa (Marca: BINDER)
- Mufla (Mrthermolyne, F1630).
- Equipo para adquisición de imagen.

- Cámara fotográfica (Canon EO5, Rebel T3i, China).
- Equipo de extractor SOXHLET.
- Equipo Kjeldahl (Tecnal, Modelo: TF 0363 Brasil)

3.3. Métodos de análisis

3.3.1. Caracterización de la harina de tarwi (*Lupinus mutabilis* Sweet)

Se determinó el tamaño de partícula con tamiz N°80 (180µm) mediante la molienda de tal manera que sea homogéneo. También se determinó el color (L*, a*, b*). Por otro lado, se determinó análisis fisicoquímico de la harina de tarwi que fueron evaluados según los métodos recomendados por la AOAC (1990), determinándose su contenido de humedad, proteína, fibra, cenizas, grasa, carbohidratos, energía, pH y acidez.

3.3.2. Determinación de altura y el volumen de cupcakes.

La altura de cupcakes se determinó usando un calibre digital (pie de rey) después de 24 h de ser horneados el cupcake. El volumen del cupcake se determinó según el método 10-05.01 AACC (2000), conocido como el método desplazamiento de semillas. La medición se realizó midiendo el volumen de las semillas de cañihua desplazados por el espacio ocupado por el cupcake. El volumen específico del cupcake se calculó mediante el cociente entre el volumen neto del cupcake y su peso, mediante la fórmula: $V_{especifico} = \frac{V}{P} ml/g$. Se realizaron por triplicado por tratamiento.

3.3.3. Determinación de porosidad de cupcake mediante el método óptico

Se determinó por medio de una adaptación de un equipo presentado por Sabliov & Boldor (2002), como se muestra en la (Figura 5). El equipo utilizado consta de una cabina oscura cuyas paredes interiores están pintadas de negro para evitar la luz y el reflejo de la habitación. La iluminación compuesta con 4 lámparas LED de 9W (60 cm de longitud), con un índice de color (Ra) cercano al 95%, con una temperatura de color de 6500 K. Con un sostenedor para el cámara, la base en donde fue colocada la muestra es de color negro con un elevador hidráulico de laboratorio para ajustar la distancia entre la muestra y la cámara. Para optar las imágenes digitales se utilizó una cámara fotográfica digital marca canon EO5 Rebel T3i de color digital con 18 megapíxeles de la resolución, el procedimiento se detalla a continuación.

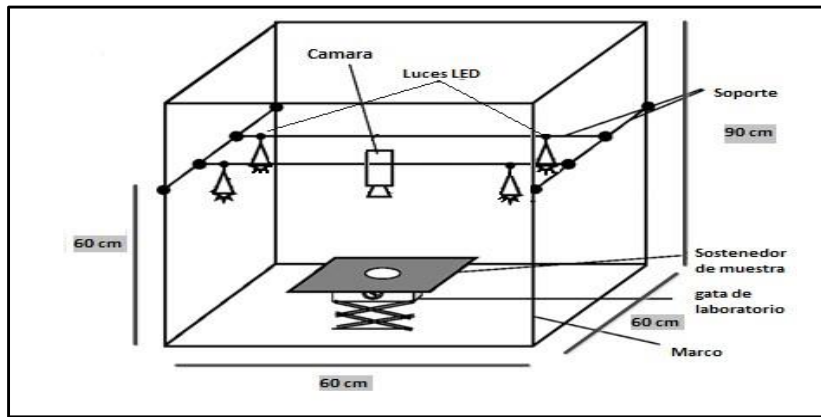


Figura 5. Sistema de la adquisición de imagen Sabliov & Boldor (2002).

Para la determinación de porosidad mediante el programa imagen J, primero se rebano los cupcakes por la mitad de manera vertical, las muestras se llevaron independientemente al cuarto oscuro diseñado para la investigación y las imágenes digitales fueron obtenidas a través de fotografía. Las imágenes se almacenaron en formato JPG de dimensiones de 2304 x 3456 píxeles. La distancia entre la cámara y la muestra de cupcake es de 25 cm. Las imágenes fueron analizadas mediante el software Imagen J, el cual realiza un contraste entre la fase de los poros y parte sólida de la imagen, para ello se convirtió la imagen a escala de grises, los valores de píxeles se convierten en unidades de distancia (mm^2), se cortó la sección transversal más grande de los cupcakes, se ajustaron los umbrales y el área de poros como fracción de área total (Sahin & Sumnu, 2006).

3.3.4. Determinación del color

La evaluación del color del cupcake se determinó de acuerdo con el método propuesto por (Ávila et al., 2017). Las imágenes se capturaron utilizando una cámara fotográfica y las imágenes se almacenaron en formato JPG, posteriormente para llevarlo al programa Microsoft Paint. Se seleccionó 3 áreas específicas del cupcake, se obtuvo los valores RGB y determinándose los valores L^* , a^* y b^* , con el Software EasyRGB. Se realizaron por triplicado las mediciones del color de miga por tratamiento.

3.4. Optimización y caracterización de los puntos óptimos

Para la optimización de los mejores tratamientos se utilizó la función de deseabilidad (FD) mediante el software Design Expert 7.0, donde se asignó importancias y se estableció objetivos, de maximización, minimización y mantención en los rangos estudiados de cada variable de respuesta. En el proceso de optimización se analizaron todos los tratamientos y a partir de los valores resultantes de deseabilidad se eligieron los cuatro mejores tratamientos que presentaron los mayores valores de deseabilidad. A partir de estos resultados se realizó

la evaluación sensorial. La formulación óptima de la evaluación sensorial se ha realizado análisis fisicoquímico.

3.5. Evaluación sensorial de cupcakes por el método de Check All That Apply (CATA).

Este método es conocido como de las preguntas “marque todo lo que corresponda”, el ensayo se realizó con la participación de un equipo de 60 consumidores no entrenados con edades comprendidas entre 20 a 40 años, seleccionados entre los estudiantes y docentes de la Universidad Peruana Unión. Se realizó pruebas de evaluación sensorial de los cuatro mejores tratamientos, donde a los evaluadores se les presentaron una lista de 15 atributos sensoriales de cupcakes y se les pidió que indiquen cuál de los atributos es la más apropiada, según su experiencia, para describir la muestra de cupcakes que están evaluando. La ficha de evaluación del método CATA se muestra en el Anexo 14.

3.6. Metodología experimental

3.6.1. Formulación de cupcakes.

Los cupcakes fueron elaborados de acuerdo de la formulación de Zhou (2010) que utiliza la formulación adaptada de cupcakes propuesta por la AACC 10-90 AACC (1999). En la Tabla 5 se muestra la formulación para la elaboración de los cupcakes.

Tabla 5.
Formulación para la elaboración de cupcakes de tarwi.

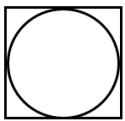
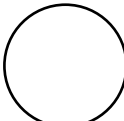
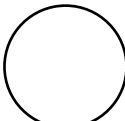
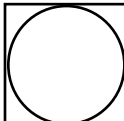
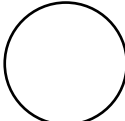
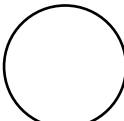
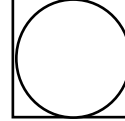
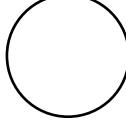
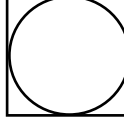
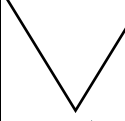

Ingredientes	Porcentajes (%)	Cantidad (g o ml)
Harina de tarwi	100	300
Azúcar blanca	50	150
Margarina	40	120
Leche en polvo desgrasada	12	36
Huevos (63g)	42	126
Sal	2	6
Polvo de hornear	6	18
Agua	135	405

3.6.2. Procedimiento para la elaboración de cupcake

Las operaciones realizadas para la elaboración de cupcake se describen en la Tabla 6.

Tabla 6.

Esquema experimental para la elaboración de cupcake con harina de tarwi

Operaciones unitarias	Recepción de materia prima	Pesado de MP	Cremado	Batido 1	Batido 2	Batido 3	Pesado y moldeado	Horneado	Enfriado y desmoldado	Envasado y almacenado	Análisis
Condiciones y parámetros	 <p>Harina de tarwi Azúcar blanca Margarina Leche polvo desgrasada Huevos (63g) Sal Polvo de hornear Agua</p>	 <p>Pesado de los ingredientes para cupcakes en función a 100% de harina.</p>	 <p>Margarina 40% + Azúcar blanca 50%</p>	 <p>42% de huevo</p>	 <p>100% de harina de tarwi, 12% leche en polvo, 6% polvo de hornear y sal 2 %.</p>	 <p>135 % de agua</p>	 <p>Pirotines de número 7.</p>	 <p>T°: 160-180°C</p>	 <p>Retirado del horno</p>	 <p>Producto terminado</p>	 <p>Análisis del producto final</p>
Análisis y/o observaciones	Tamaño de partícula	Análisis fisicoquímico de la harina de tarwi, por AOAC (1990). Determinación de color (L*, a*, b*).	Cremado a 295 rpm durante 3 min	Batido a 190 rpm, 295 rpm y 400 rpm a diferentes tiempos según el diseño planteado.	Batido a 190 rpm durante 1 min.	Batido a 295 rpm durante 1 min.	55 g de peso de masa son colocados en pirotines número 7 T: 1 hora	Tiempo: 25 min, hasta que el horneado este uniforme.	Primer enfriado por T: 1 hora, luego desmoldar y seguir enfriando por T: 3 horas	Los cupcakes son envasados en bolsas de polietileno y finalmente almacenado a T° ambiente.	Análisis de altura, volumen, porosidad, color (L*, a*, b*). Evaluación sensorial y análisis fisicoquímico del mejor tratamiento.

Descripción del esquema experimental de las operaciones de elaboración de cupcakes de tarwi, se detalla en lo siguiente:

- **Recepción de materia prima:** Se recibieron las materias primas y se almacenaron en un ambiente seco. Las grasas y los huevos fueron colocados en la refrigeradora, hasta su posterior uso.
- **Pesado de la materia prima e insumos:** Se pesaron todas las materias primas para los 10 tratamientos de acuerdo a la formulación teniendo, parte de la harina de tarwi se utilizó para la caracterización.
- **Cremado:** Se cremaron margarina más el azúcar empleando una batidora KitchenAid a 295 rpm durante 3 minutos y alcanzar una mezcla homogénea.
- **Batido 1:** En esta etapa se adicionaron los huevos a la crema obtenido para así ser batidos a 190 rpm, 295 rpm y 400 rpm a diferentes tiempos según el diseño planteado y alcanzar una mezcla homogénea, consistente y cumplir la función de incorporar aire.
- **Batido 2:** Se incorporaron al batido los ingredientes secos (harina de tarwi, leche en polvo, polvo de hornear y sal) y se mezcla unos 40 segundos y luego se adicionó el agua y se fue batiendo hasta obtener una mezcla uniforme.
- **Pesado y moldeado:** En esta etapa la mezcla homogénea se dosifica en pirotines número 7, colocados en moldes de acero inoxidable, y cada uno se agregará 55 g de masa de cupcake. Esta operación se realizó de manera manual y con la ayuda de una balanza digital.
- **Horneado:** Las muestras de porciones de masa de cupcakes fueron horneados en un horno rotario a gas durante 25 minutos a temperatura de 160-180°C.
- **Enfriado y desmoldado:** Una vez horneadas los cupcakes se dejó enfriar a temperatura ambiente durante 1 hora y luego fueron desmoldados.
- **Envasado y almacenado:** Los cupcakes se empacaron en bolsas de polietileno herméticamente selladas a calor y finalmente los productos envasados se almacenaron a temperatura ambiente para su posterior análisis.

3.7. Diseño experimental

Para la elaboración de los cupcakes se utilizó el Diseño Central Compuesto - Centrado en la Cara (DCC) con respecto al tiempo y velocidad de batido. Según el diseño se generaron 10 ajustes experimentales, que consta de 2^2 puntos factoriales, 4 puntos de estrella y 2 puntos

centrales con 2 factores y 2 niveles utilizando el software STATISTICA 10. Las unidades, los niveles reales y las variables independientes se presentan en la Tabla 7. Para este diseño, se utilizó el siguiente modelo cuadrático:

$$y = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \beta_{11} x_1^2 + \beta_{22} x_2^2 + \beta_{12} x_1 x_2 + e \quad (7)$$

Tabla 7.

Diseño Central Compuesto - Centrado en la Cara: niveles de factor codificados y reales y matriz experimental para el proceso de elaboración de cupcakes.

Las variables		Niveles (x_i)		
		-1	0	+1
X_1	Tiempo (Min)	5	7.5	10
X_2	Velocidad (rpm)	190	295	400
Tratamientos		Valor codificado (Valor real)		
		X_1	X_2	
1		-1 (5)	-1 (190)	
2		-1 (5)	+1 (400)	
3		+1 (10)	-1 (190)	
4		+1 (10)	+1 (400)	
5		-1 (5)	0 (295)	
6		+1 (10)	0 (295)	
7		0 (7.5)	-1 (190)	
8		0 (7.5)	+1 (400)	
9 (C)		0 (7.5)	0 (295)	
10 (C)		0 (7.5)	0 (295)	

Nota: Donde X_1 es el tiempo, X_2 es la velocidad, C = Punto central

donde y es la variable dependiente predicha por el modelo (respuesta); β_0 es el coeficiente constante de intercepción; β_1 y β_2 son los efectos lineales, β_{11} y β_{22} son los efectos cuadráticos, β_{12} es la interacción lineal por lineal, y e es el término de error. Las variables independientes fueron la velocidad y el tiempo de batido y están representadas por x_1 y x_2 , respectivamente. Las variables de respuestas fueron las propiedades físicas y ópticas (altura, volumen, volumen específico, porosidad y color (L^* , a^* , b^*)).

Capítulo IV. Resultados y Discusiones

4.1. Características fisicoquímicas y ópticas de la harina de tarwi

Los resultados de la determinación de color y de tamaño de partícula de la harina de tarwi se presentan en la Tabla 8, donde se reporta que el color de harina de tarwi tiene una luminosidad (L^*) de 67.17 ± 0.04 , mostrando una luminosidad clara, con respecto al valor de a^* -1.48 ± 0.00 muestra una tendencia al color verde, y el valor de b^* 4.17 ± 0.02 , predominando la tonalidad de color amarillo, estos valores comparados al reporte de Arteaga & Silva (2015) muestran que el color de la harina de tarwi tiene una escala de $L^* = 88.92 \pm 0.42$, $a^* = 1.84 \pm 0.22$ y $b^* = 12.72 \pm 0.14$, presentó un color con luminosidad clara, con coordenadas $+a^*$ (rojo) y $+b^*$ (amarillo) representando una tendencia al color amarillo; mientras que Vidaurre, Salas, & Carrasco (2019) encontraron que el color de la harina de tarwi tiene una luminosidad $L^* = 68.19 \pm 0.1$ presentó una coloración clara, $a^* = -0.56 \pm 0.0$ predominó el color verde y $b^* = 14.92 \pm 0.1$ predominó el color amarillo.

Tabla 8.

Características de la harina de tarwi por tamaño de partícula y color

Tamaño de partícula (%)	Color		
	L^*	a^*	b^*
74.26 ± 0.03	67.17 ± 0.04	-1.48 ± 0.00	4.17 ± 0.02

Nota: Valores representan el promedio de tres repeticiones.

Con respecto al tamaño de partícula, en la malla N°80 ($180 \mu\text{m}$) se obtuvo 74.26% de harina de tarwi, siendo esta muestra obtenida la más fina para realizar las pruebas experimentales de cupcakes para todos los tratamientos. En estudios realizados por Dhen et al., (2015) evaluaron el tamaño de partícula de la harina de soya para cupcakes demostraron que influye significativamente en las propiedades físicas de los cupcakes, además, señalaron que el mayor contenido de proteína, grasa y ceniza en las harinas de leguminosas, se presentan en las fracciones de mayor tamaño de partícula; lo que justifica que la harina de tarwi presenta una mayor granulometría debido a su alto contenido de proteína y grasa. También Hera, Martinez, Oliete, & Gómez (2012) evaluaron la granulometría de harina de arroz para cupcakes, donde se observaron que el tamaño de partícula de la harina tuvo una mayor influencia en el volumen específico, textura y color de los cupcakes, prefiriendo las

harinas con un tamaño de partícula más fino ya que dieron como resultado una mejor distribución del aire en la masa, debido al tamaño de partícula de la harina (180 μm) que influyó en el comportamiento de la masa. En la Tabla 9 se presenta los resultados del análisis fisicoquímico realizado a la materia prima. El contenido de humedad, expresado en base seca para la harina de tarwi es de 8.68%, este valor se encuentra dentro del rango de los siguientes autores Jacobsen & Mujica (2006); y Vegas, Iris, & Perez (2017) encontraron valores entre 7.7 % y 8.92 % de humedad en harina de tarwi.

Tabla 9.
Análisis fisicoquímico de la harina de tarwi en 100 g de muestra.

Componente	Harina de tarwi
Sólidos totales (%)	91.35 \pm 0.02
Humedad (%)	8.68 \pm 0.07
Cenizas (%)	2.53 \pm 0.05
Proteína (%)	47.76 \pm 0.45
Grasa (%)	32.57 \pm 0.27
Fibra (%)	2.66 \pm 0.10
Carbohidratos (%)	5.83 \pm 0.33
Energía Kcal/100g	507.48 \pm 091
pH	4.53 \pm 0.06
Acidez (%) Exp. Ac. Sulfúrico	0.138 \pm 0.00

Nota: Los datos presentados son las medias \pm desviación estándar.

El contenido de ceniza, expresado en base seca para la harina de tarwi es de 2.53 \pm 0.05 %, este valor se encuentra dentro del rango de los siguientes autores Huayna (2016); Rodriguez (2017); y Arteaga & Silva (2015) reportaron valores entre 1.51%, 2.38% y 2.81 % de cenizas respectivamente.

El contenido de proteína de harina de tarwi expresada en base seca fue de 47.76 \pm 0.45%, este valor se encuentra dentro de los rangos presentados por los siguientes autores Huayna, (2016); Jacobsen & Mujica (2006); Vegas et al., (2017); y Cutipa (2014) encontraron valores entre de 44.26%, 44.3%, 48,06% y 49.6 % de proteína. Mientras Gross, Baer, Koch, & Marquard (1988), quienes indican que el contenido de proteínas del harina de tarwi va de 41 a 51% teniendo en cuenta los factores de la variedad, estado de madurez, tipo de desamargado y molienda realizada.

El contenido de grasa de harina de tarwi fue de 32.57 ± 0.27 %, este valor es mayor al reporte de Arteaga & Silva (2015) quienes obtuvieron 26.32% de grasa, también Cutipa, (2014) da un valor de 27.9% de grasa, mientras Huayna (2016) manifiesta un valor de 28.56 % de grasa.

El contenido de fibra de harina de tarwi es de 2.66 ± 0.10 % y carbohidrato es de 5.83 ± 0.33 %, este valor es inferior al reporte de Jacobsen & Mujica (2006) quienes reportaron 7.1% de fibra y el contenido de carbohidrato 28.2%. También Huayna (2016) obtuvo un valor de 7.28% de fibra y 10.97% de carbohidrato, mientras Arteaga & Silva, (2015) encontraron 2.98% de fibra, y Ramos, Peñafiel, & Soriano (2017) obtuvieron 3.07% de carbohidratos en harina de tarwi.

El contenido de energía de harina de tarwi es de 507.48 ± 0.91 Kcal/100g, este valor es mayor al reporte de Cutipa (2014) quien determinó la composición química de harina de tarwi, obteniendo un valor de 458 Kcal/100g de energía, mientras Cerón (2017) reportó 584 Kcal/100g de energía.

El contenido de pH de harina de tarwi es de 4.53 ± 0.06 , este valor es menor al reporte de Vegas et al., (2017) quienes estudiaron características fisicoquímicas de la harina de tarwi variedad criolla y como resultados obtuvieron un valor de 5.914 ± 0.036 de pH. Finalmente, el contenido de acidez de harina de tarwi es de 0.138 ± 0.00 %.

4.2. Análisis de propiedades físicas y ópticas de cupcakes

4.2.1. Altura de cupcakes

En la Tabla 10 se muestran los resultados de altura de los cupcakes, estos valores de altura se encontraron entre un rango de 36.78 - 46.73 mm. El ANOVA demostró la relación directa entre el tiempo y la velocidad de batido sobre la altura de los cupcakes ya que el valor p fue menor a 0.05 (Ver Anexo 4). La variación en el tiempo y las diferentes velocidades muestra que la mejor condición para obtener una altura mayor es cuando se trabaja en un tiempo de 10 min a una velocidad de 400 rpm, esto nos indica que a mayor tiempo y mayor velocidad de batido se podrá obtener mayor altura de cupcakes (Ver Figura 6). Sin embargo, los tratamientos que han tenido menor tiempo y menor velocidad de batido resultaron una disminución significativa en la altura de cupcakes, evidenciando que los parámetros de procesamiento influyeron en los variables de repuestas.

Comparando los resultados obtenido en esta investigación, respecto a los encontrados en la bibliografía, Bhaduri (2013), obtuvo valores para la altura de los cupcakes entre un rango

de 44.00 - 45.80 mm, estos valores para cupcakes formulados con harina de arroz y harina de quinua, estos valores son similares a los reportados en esta investigación, mientras autores como Goswami, Gupta, Mridula, Sharma, & Tyagi (2015) encontraron valores entre 28.20 - 33.22 mm, estos valores para cupcakes con sustitución de harina de trigo con harina de mijo, estos valores son menores a los reportados en esta investigación, sin embargo, Goswami et al., (2015) mencionan que el control de tiempo y velocidad de batido es muy importante en la elaboración de cupcake con harina de mijo, donde la disminución en la altura de los cupcakes puede atribuirse por menor incorporación de celdas de aire y a la escasa capacidad de retención de burbujas de aire en la masa de cupcakes, todo esto habría causado una reducción de altura de cupcakes durante la cocción, ya que a mayor tiempo y mayor velocidad de batido mayor será la altura de los cupcakes.

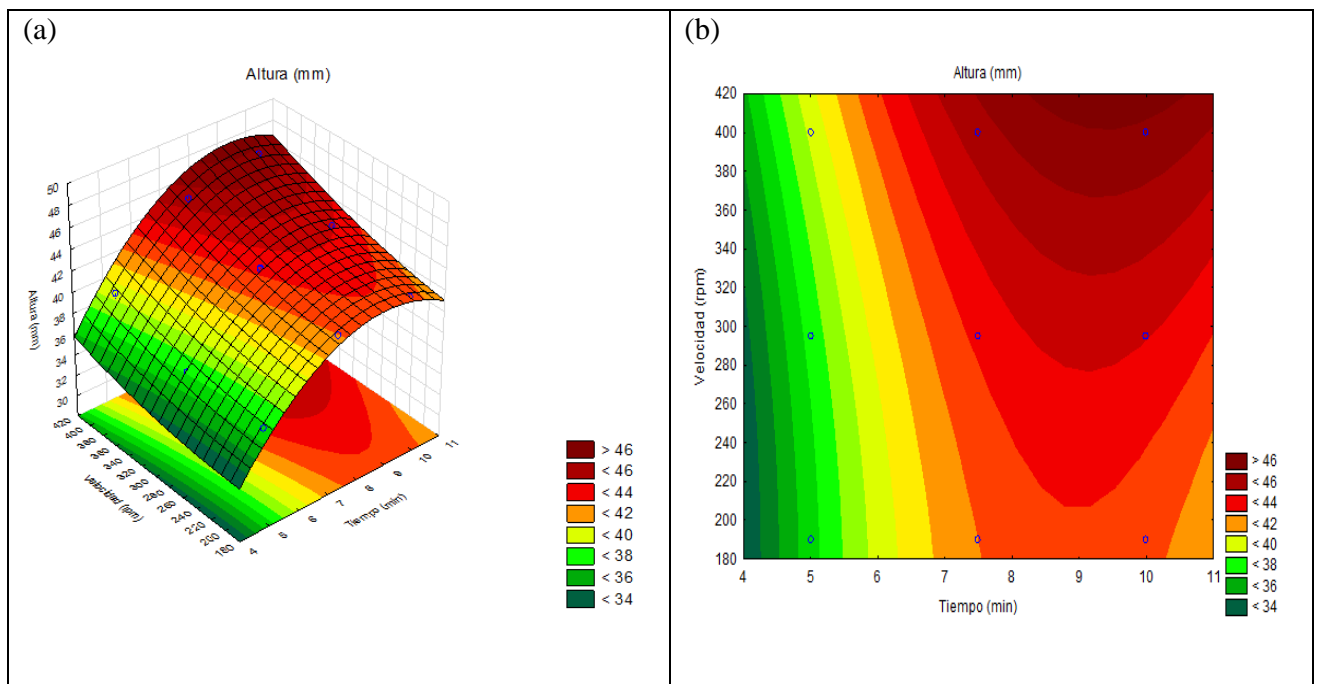


Figura 6. Gráfico de superficie de respuesta y gráfico de contorno del efecto de la relación entre el tiempo y la velocidad de batido sobre la altura de los cupcakes de tarwi (a) (b).

4.2.2. Volumen de cupcakes

El volumen de cupcake es uno de los atributos de calidad más importantes ya que influye en la aceptación del consumidor Yaqoob et al., (2018). Los resultados del volumen de los cupcakes con 100% de harina de tarwi se presentan en la Tabla 10, estos resultados se encontraron entre un rango de 80 a 125 ml. El ANOVA demostró la relación directa entre el tiempo y la velocidad de batido sobre el volumen de los cupcakes ya que el valor p fue menor

a 0.05 (Ver Anexo 5). La variación en el tiempo y las diferentes velocidades muestra que la mejor condición para obtener un volumen mayor es cuando se trabaja en un tiempo de 7.5 min y a una velocidad de 400 rpm, esto nos indica que un tiempo intermedio y mayor velocidad de batido se podrá obtener mayor volumen de cupcakes (Ver Figuras 7a y 7b). Sin embargo, los tratamientos que han tenido menor tiempo y menor velocidad de batido se observó una disminución indeseable en el volumen de cupcakes.

Tabla 10.

Resultados del análisis obtenido de altura, volumen y volumen específico

Tratamientos	X ₁	X ₂	Altura (mm)	Volumen (ml)	Volumen específico (ml/g)
T1	-1 (5)	-1 (190)	36.78±0.17	80.00±0.00	1.98±0.03
T2	-1 (5)	+1(400)	39.48±0.21	86.67±2.89	2.02±0.07
T3	+1 (10)	-1 (190)	42.26±0.09	100.00±0.00	2.52±0.04
T4	+1 (10)	+1 (400)	46.73±0.13	121.67±2.89	3.12±0.07
T5	-1 (5)	0 (295)	36.99±0.35	91.67±2.89	2.27±0.09
T6	+1 (10)	0 (295)	44.24±0.10	113.33±0.02	2.74±0.04
T7	0 (7.5)	-1 (190)	41.98±0.46	96.67±2.89	2.32±0.06
T8	0 (7.5)	+1 (400)	45.38±0.10	125.00±0.00	3.00±0.04
T9 (C)	0 (7.5)	0 (295)	43.34±0.09	111.67±2.89	2.84±0.03
T10 (C)	0 (7.5)	0 (295)	43.35±0.07	110.00±0.00	2.80±0.04
R ²			0.994	0.957	0.956

Nota. X₁: Tiempo, X₂: Velocidad, C = Punto central. Los datos se expresan como medias ± desviación estándar de ensayos triplicados.

El coeficiente de determinación (R²), indica que el 95.7 % de la variación total del volumen de los cupcakes en función de las variables del tiempo y velocidad de batido. Hernández, Fernández, & Baptista (2014), mencionan que un coeficiente de determinación (R²) entre 0.66 a 0.80 se considera regular y por encima de 0.80 es bueno, entonces podemos afirmar que el ajuste del modelo es muy bueno para evaluar la variable de volumen, ya que el valor de R² es 0.957.

Comparando los resultados obtenidos en esta investigación, respecto a los encontrados en la bibliografía, Huanca (2019), determinó el volumen de un cupcake formulado con sustitución parcial de harina de trigo por harina de kiwicha, obteniendo valores entre un rango de 81.64 - 85.45 (ml), estos valores son menores con los resultados reportados en esta investigación.

Según Hedayati & Tehrani (2018), mencionan que los cupcakes con mayor volumen son debido a mayor incorporación de aire en la masa durante el batido, además cuando la masa se calienta, las burbujas de aire atrapadas en la masa de cupcake, se expanden y conducen a

un aumento en el volumen de los cupcakes. También Sahagún, Bravo-Núñez, Báscones, & Gómez (2018), mencionan que el incremento de volumen de cupcake se debe a las propiedades únicas de formación de espuma, gelatinización de almidón, coagulación térmica de las proteínas y la vaporización del agua durante la cocción.

Si embargo Hedayati & Tehrani (2018) indica que las muestras de cupcakes que han tenido una disminución indeseable en cuanto al volumen y en la altura es porque la masa fue demasiado viscosa y esto puede restringir su expansión durante la cocción. También puede deberse a que las masas han tenido una alta densidad; es decir no han tenido suficientes incorporaciones de aire y restringiendo así la expansión de los cupcakes durante el horneado. Mientras la densidad de la masa sea más baja, se puede decir que se generó mayor incorporación de aire a la masa de cupcake favoreciendo en el volumen y la altura de cupcakes.

4.2.3. Volumen específico

El volumen específico de productos horneado se considera uno de los criterios de calidad más importantes porque proporciona mediciones cuantitativas del rendimiento de horneado. Este parámetro relaciona la percepción de un producto ligero, pero no denso, ya que existe una relación entre la densidad y el volumen (Menacho, Reyes, Sánchez, & Arismendi, 2016).

Los resultados del volumen específico de los cupcakes se presentan en la Tabla 10, estos resultados se encontraron entre un rango de 1.98 - 3.12 (ml/g). El ANOVA demostró la relación directa entre el tiempo y la velocidad de batido sobre el volumen específico de los cupcakes puesto que el valor p es menor a 0.05 (Ver Anexo 6). La variación en el tiempo y las diferentes velocidades muestra que la mejor condición para obtener un volumen específico mayor es cuando se trabaja en un tiempo de 10 min y a una velocidad de 400 rpm, esto nos indica que a mayor tiempo y mayor velocidad de batido se podrá obtener mayor volumen específico de cupcakes (Ver Figuras 7c y 7d). Sin embargo, que los tratamientos que han tenido menor tiempo y menor velocidad de batido se observó una disminución gradual del volumen específico en los tratamientos T5, T2 y en T1.

Comparando los resultados obtenidos al reporte de Arteaga & Silva (2015) quienes encontraron valores para el volumen específico de los cupcakes entre un rango de 2.79 - 3.41 (ml/g), estos valores para cupcakes formulados con sustitución parcial de harina de trigo por harina de tarwi y harina de cascara de maracuyá, estos valores son similares a los reportados en esta investigación.

Investigación realizada por Gómez, Doyagüe, & Hera (2012), quienes evaluaron el efecto del tiempo de batido para el volumen específico de los cupcakes con la sustitución de la harina de trigo por harina de arveja con (25%, 50% y 100%), donde en el primer grupo se trabajó con menor tiempo de batido y como resultado se obtuvo valores de 3.18, 1.97 y 3.12 (ml/g), estos valores se debe que la incorporación de aire en la masa fue menor. Sin embargo, en el segundo grupo se trabajó a mayor tiempo de batido y como resultados obtuvo valores de 4.34, 4.00 y 4.37 (ml/g) que son valores altos en volumen específico que, en las mezclas de control, esto es debido a una mayor incorporación de aire a la masa.

Según Gularte, Gómez, & Rosell (2011) y Ávila et al., (2017) quienes mencionan que los cupcakes con volumen específico más alto, son principalmente a mayor incorporación de aire en la masa, y su retención de aire durante el horneado. Durante el calentamiento se produce gelatinización del almidón, desnaturalización de las proteínas y la distribución correcta de burbujas de aire dentro de los cupcakes, donde estos procesos logran la formación de una estructura estable durante el horneado de los cupcakes. Mientras, los cupcakes con menor volumen específico se deben por menor incorporación de aire en la masa y eso influye a que la distribución de aire no se realice de manera correcta durante el horneado.

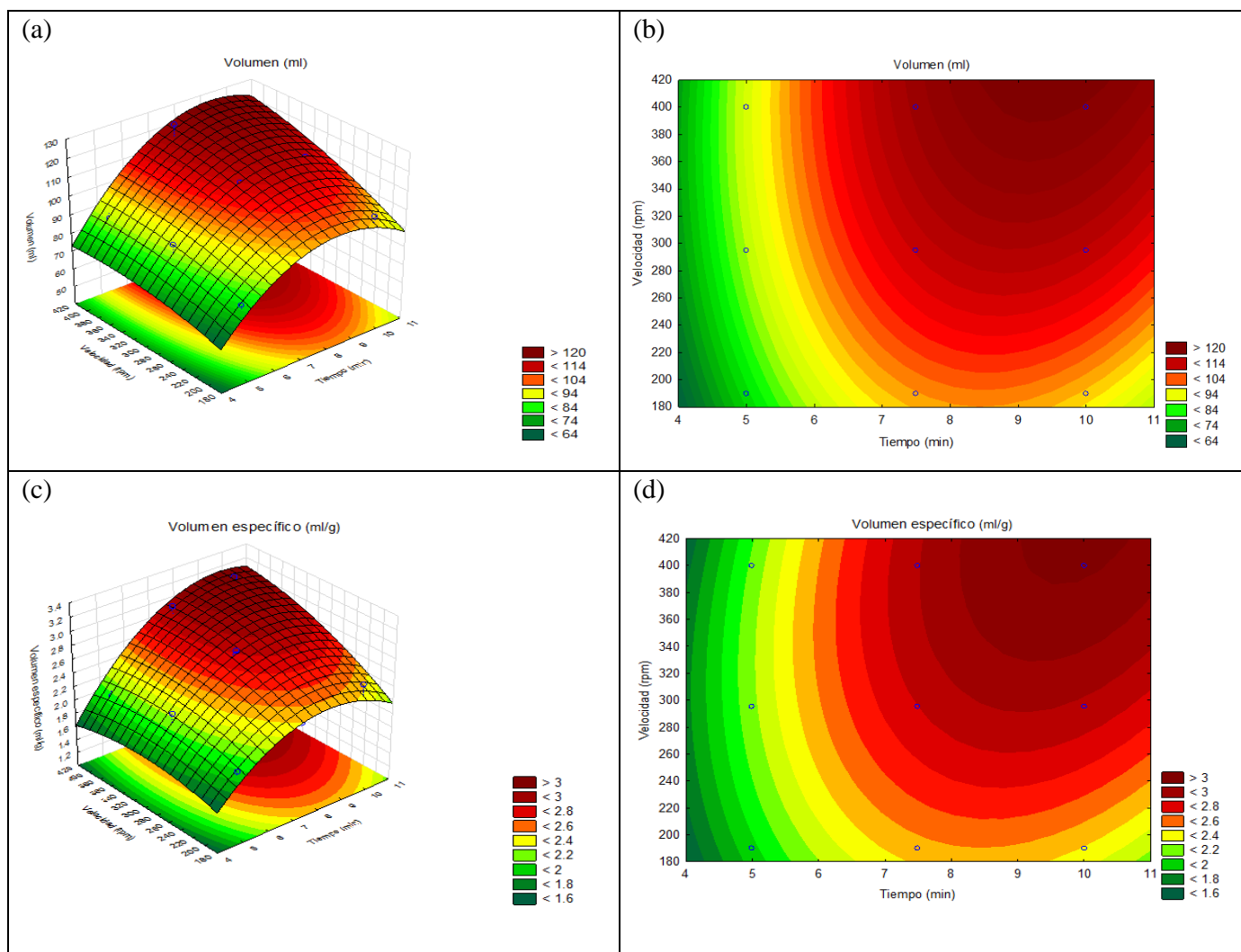


Figura 7. Gráfico de superficie de respuesta y gráfico de contorno del efecto de la relación entre el tiempo y la velocidad de batido sobre el volumen (ml) (a) (b) y volumen específico (ml/g) (c) (d) de los cupcakes de tarwi.

4.2.4. Porosidad

4.2.4.1. Cuento de poros

En la Tabla 11 se muestra el conteo de poros de los cupcakes de los 10 tratamientos, estos resultados se encontraron entre un rango de 1027.33 - 1413.33 en un área de corte de cupcake de 15 x 10 mm. El ANOVA demostró la relación directa entre el tiempo y la velocidad de batido sobre el conteo de poros de los cupcakes que el valor p fue menor a 0.05 (Ver Anexo 7). La variación en el tiempo y las diferentes velocidades muestra que la mejor condición para obtener mayor cantidad de poros es cuando se trabaja en un tiempo de 10 min y una velocidad de 400 rpm, esto nos indica que a mayor tiempo y mayor velocidad de batido se podrá obtener mayor cantidad de poros en cupcakes (Ver Figuras 8a y 8b). Sin embargo, que los tratamientos que han tenido menor tiempo y menor velocidad de batido obtuvieron menor cantidad de poros. Evidenciando que la porosidad depende de la aireación que se le da a la

masa, la retención y la buena emulsión en la etapa de batido, los cuales logran que exista una buena estructura de cupcakes durante la etapa de cocción.

Tabla 11.

Resultados del análisis obtenido del software Image J para el conteo de poros.

Tratamientos	X ₁	X ₂	Conteo de poros	Área total de los poros (mm ²)	Tamaño promedio de los poros (mm ²)	Fracción por área de los poros (%)
T1	-1 (5)	-1 (190)	1027.33±3.51	7.19±0.17	0.19±0.02	2.20±0.00
T2	-1 (5)	+1(400)	1105.67±5.69	7.29±1.58	0.24±0.05	3.48±0.34
T3	+1 (10)	-1 (190)	1318.67±6.11	9.74±2.67	0.23±0.02	6.50±1.78
T4	+1 (10)	+1 (400)	1413.33±0.58	4.56±0.00	0.36±0.00	3.81±0.00
T5	-1 (5)	0 (295)	1125.67±5.69	7.86±0.33	0.24±0.03	5.24±0.22
T6	+1 (10)	0 (295)	1385.67±0.58	7.65±0.00	0.30±0.01	6.01±0.72
T7	0 (7.5)	-1 (190)	1362.33±12.10	9.15±0.62	0.24±0.03	7.21±3.32
T8	0 (7.5)	+1 (400)	1359.33±0.58	13.51±0.00	0.32±0.01	5.86±1.36
T9 (C)	0 (7.5)	0 (295)	1237.67±6.51	14.34±0.00	0.28±0.01	9.55±0.00
T10 (C)	0 (7.5)	0 (295)	1237.33±8.50	14.39±0.52	0.28±0.01	9.33±0.30
R ²			0.886	0.809	0.990	0.942

Nota. X₁: Tiempo, X₂: Velocidad, C = Punto central. Los datos se expresan como medias ± desviación estándar de ensayos triplicados.

Comparando los resultados obtenido en esta investigación, respecto a los encontrados en la bibliografía, Zavala (2019), obtuvo valores para el conteo de poros entre un rango de 958.00 a 1022.50, estos valores para cupcakes con sustitución parcial de harina de trigo por harina de tarwi, estos valores son menores a los reportados en esta investigación. También Rojas (2016) muestra valores para el cantidad de poros entre un rango de 263.00 - 427.33, estos valores para cupcakes libre de gluten formulados con harina de quinua, papa y maíz, estos valores son menores a los resultados obtenidos en esta investigación.

Autores como Rojas (2016) y Khalilian, Mohebbat, & Arash (2016) mencionan que la porosidad de los cupcakes se ve afectada por el aire incorporado durante el tiempo de batido, debido a que el movimientos hace que haya mayor cantidad de burbujas de aire en la masa. En la porosidad la expansión de las celdas de aire juega un papel importante durante el horneado, hace que sea más uniforme dentro de los cupcakes, donde cuanto mayor sea la incorporación de aire en la masa favorece en la cantidad de poros en cupcakes, en comparación de los cupcakes de menor incorporación de aire.

4.2.4.2. Área total de poros

En la Tabla 11 se observa el área de los poros de los cupcakes, estos resultados se encontraron entre un rango de 4.56 – 14.39. mm² entre los tratamientos. El ANOVA demostró la relación directa entre el tiempo y la velocidad de batido sobre del área de los poros de los cupcakes, puesto que el valor p es menor a 0.05 (Ver Anexo 8). La variación en el tiempo y las diferentes velocidades muestra que la mejor condición para obtener mayor área de los poros es cuando se trabaja en un tiempo de 7.5 min y una velocidad de 295 rpm, esto nos indica que a un tiempo intermedio y una velocidad intermedio de batido se podrá obtener mayor área de los poros en cupcakes (Ver Figuras 8c y 8d). Sin embargo, el T4 que ha tenido mayor tiempo y mayor velocidad de batido obtuvo menor área total de los poros con un valor de 4.56 mm.

Comparando los resultados obtenido en esta investigación, respecto al reporte de Rojas, (2016) muestra valores para el área total de los poros entre un rango de 0.804 a 0.978 mm², estos valores para cakes libre de gluten formulados con harina de quinua, papa y maíz, estos valores son menores a los resultados obtenidos en esta investigación, sin embargo Rojas, (2016) indica que el área de los poros se ve influenciada en el tamaño de partículas de la harina, debido a que si el tamaño de partícula es mayor habrá celdas de aire más gruesas y mayor incorporación de aire a la masa También Karp, Wyrwicz, Kurek, & Wierzbicka, (2017) indican que el área de los poros de los muffins se ve afectado debido a los procesos térmicos durante el horneado, que a menudo se mide por la conductividad térmica.

4.2.4.3. Tamaño promedio de poros

Los resultados del tamaño promedio de poros de los cupcakes se muestran en la Tabla 11, estos resultados se encontraron entre un rango de 0.19 a 0.036 mm². El ANOVA demostró la relación directa entre el tiempo y la velocidad de batido sobre el tamaño promedio de poros de los cupcakes, puesto que el valor p fue menor a 0.05 (Ver Anexo 9). La variación en el tiempo y las diferentes velocidades muestra que la mejor condición para obtener mayor tamaño promedio de poros es cuando se trabaja en un tiempo de 10 min y una velocidad de 400 rpm, esto nos indica que a mayor tiempo y mayor velocidad de batido se podrá obtener el aumento de tamaño promedio de poros en cupcakes (Ver Figuras 8e y 8f). Sin embargo, los tratamientos que han tenido menor tiempo y menor velocidad de batido obtuvieron menor valor en tamaño promedio de poros.

Para el tamaño promedio de poros de los cupcakes Zavala (2019) obtuvo valores entre un rango de 0.4100 a 0.5493 mm², estos valores para cupcakes formulados a partir de harina de tarwi y trigo, estos valores son mayores a los resultados obtenidos en esta investigación. Según Rojas (2016) da valores para el tamaño promedio de los poros entre un rango de 0.224 - 0.330 mm², para cupcakes libre de gluten formulados con harina de quinua, papa y maíz, estos valores son similares a los reportados en esta investigación, sin embargo Rojas, (2016) indica que el tamaño de poros se ve influenciado debido al contenido de proteínas y tamaño de partículas que la harina agregada durante el batido de la masa de los diferentes tratamientos.

4.2.4.4. Fracción por área de los poros

En la Tabla 11 se muestra los resultados de la fracción por área de los poros de los cupcakes, estos resultados se encontraron entre un rango de 2.20 - 9.55 % entre los tratamientos. El ANOVA demostró la relación directa entre el tiempo y la velocidad de batido sobre la fracción por área de los poros de los cupcakes, ya que el valor p fue menor a 0.05 (Ver Anexo 10). La variación en el tiempo y las diferentes velocidades muestra que la mejor condición para obtener mayor tamaño promedio de poros es cuando se trabaja en un tiempo de 7.5 min y una velocidad de 295 rpm, esto nos indica que un tiempo intermedio y velocidad intermedio de batido se podrá obtener el aumento de fracción por área de los pros en cupcakes (Ver Figuras 8g y 8h). Sin embargo, los tratamientos que han tenido menor tiempo y menor velocidad de batido obtuvieron menores valores en fracción por área de los poros.

Para la fracción por área de los poros de los cupcakes Zavala (2019) obtuvo valores entre un rango de 9.605 - 11.583 % , estos valores para cupcakes formulados a partir de harina de tarwi y trigo, estos valores son mayores a los reportados en esta investigación. Según Rojas, (2016), en su estudio de mezclas de cake indica que los gránulos de almidón cumplen dos funciones principales simultáneas durante la cocción de cupcake: hinchar la masa para formar la “fracción porosa” de la miga final y durante el hinchado unirse con el agua. Además E Wilderjans, Luyts, Goesaert, Brijs, & Delcour (2010), mencionan que el almidón actúa como un disipador de agua que es responsable de la transformación de una masa batida acuosa a la estructura porosa de cupcake. Donde, el correcto horneado de cupcake contiene gránulos suficientemente hinchados esenciales para la formación de una buena estructura e importante para un buen rendimiento del cupcake.

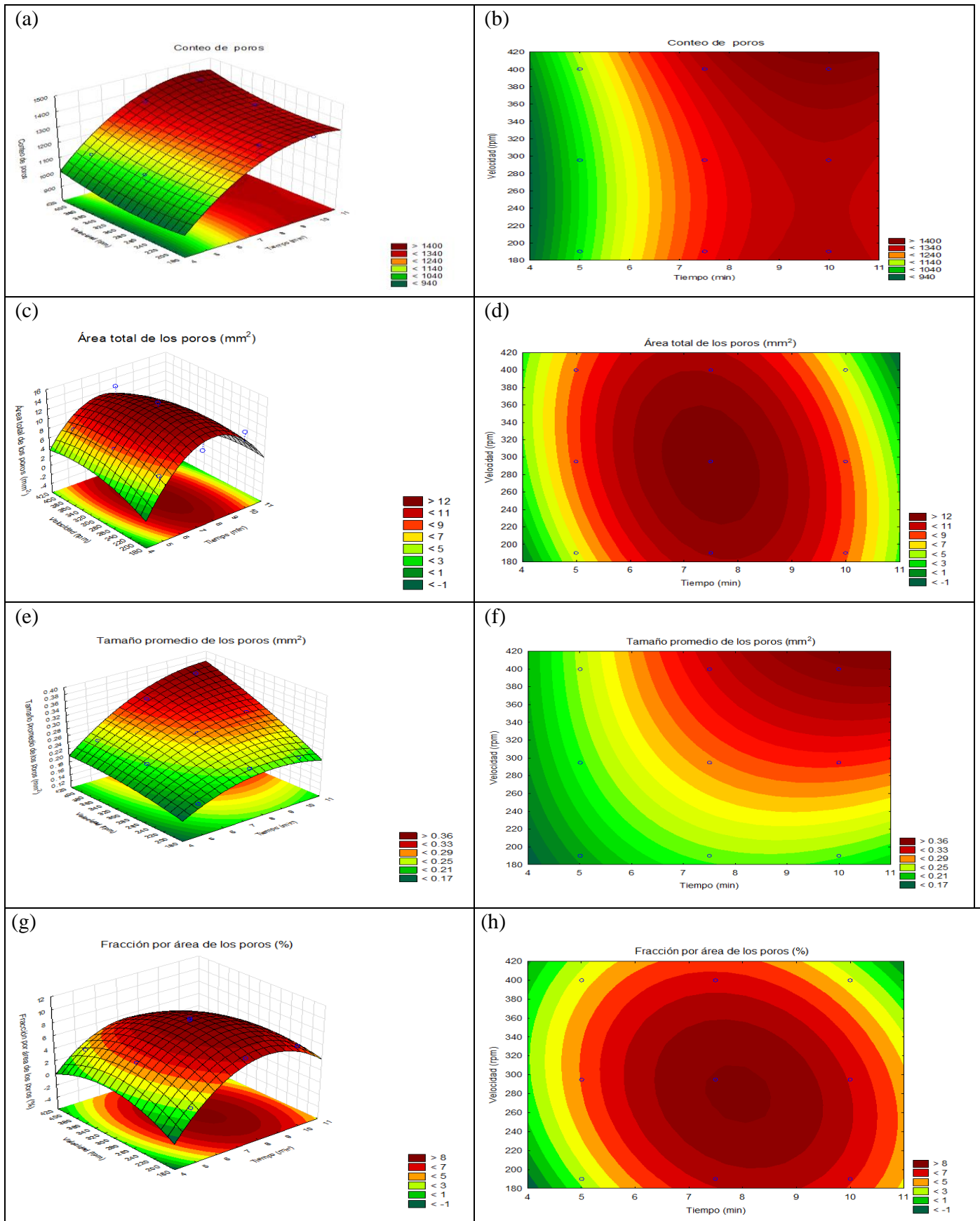


Figura 8. Gráfico de superficie de respuesta y gráfico de contorno del efecto de la relación entre el tiempo y la velocidad de batido sobre: Conteo de poros (a) (b), área total de los poros (c) (d), tamaño promedio de los poros (e) (f) y fracción por área de los poros (g) (h) de los cupcakes de tarwi.

4.2.5. Análisis de color de los cupcakes.

El color es un parámetro crítico en los alimentos que determinan su calidad, por lo tanto, determina la aceptabilidad del producto por los consumidores. Para la diferencia de color en el interior de los cupcakes, las características deseables serían un cupcake de color claro, ya que muchos consumidores no aceptan los cupcakes de color oscuro (Ávila et al., 2017).

Tabla 12.

Determinación de color de miga de cupcakes en los parámetros L^ , a^* y b^**

Tratamientos	X_1	X_2	Color (miga interior)		
			L^*	a^*	b^*
T1	-1 (5)	-1 (190)	77.23±0.05	-14.95±0.05	53.26±1.04
T2	-1 (5)	+1(400)	77.19±0.02	-12.93±0.75	54.17±0.02
T3	+1 (10)	-1 (190)	78.16±0.48	-12.45±0.59	56.22±3.57
T4	+1 (10)	+1 (400)	84.97±0.05	-9.87±0.58	60.32±0.00
T5	-1 (5)	0 (295)	78.73±0.21	-12.26±1.12	54.25±1.47
T6	+1 (10)	0 (295)	83.39±0.56	-9.86±0.01	60.46±0.59
T7	0 (7.5)	-1 (190)	78.67±0.29	-13.08±0.07	57.33±0.59
T8	0 (7.5)	+1 (400)	89.52±0.15	-9.37±0.55	59.08±0.58
T9 (C)	0 (7.5)	0 (295)	82.19±0.16	-13.07±0.01	58.79±4.55
T10 (C)	0 (7.5)	0 (295)	82.05±0.59	-13.42±0.51	58.42±2.15
R^2			0.809	0.740	0.958

4.2.5.1. Miga (L^* , a^* , b^*)

Los resultados de la luminosidad (L^*) de color de la miga de los cupcakes se presentan en la Tabla 12, estos resultados se encontraron entre un rango de $L^* = 77.19$ a 89.52 . El ANOVA demostró la relación directa entre el tiempo y la velocidad de batido sobre la luminosidad (L^*) de los cupcakes ya que el valor p fue menor a 0.05 (Ver Anexo 11). La variación en el tiempo y las diferentes velocidades muestra que la mejor condición para obtener una luminosidad (L^*) más claras es cuando se trabaja en un tiempo de 7.5 min y a una velocidad de 400 rpm, esto nos indica que un tiempo intermedio y mayor velocidad de batido se podrá obtener mayor luminosidad (L^*) en cupcakes (Ver Figuras 9a y 9b).

Comparando los resultados obtenido en esta investigación, respecto a los encontrados en la bibliografía, Zavala (2019) encontró valores para la luminosidad (L^*) en la miga de cupcakes entre un rango de $L^* = 63.50$ a 65.56 , indicando que el color de la miga son claras, estos valores para cupcakes formulados con sustitución parcial de harina de trigo por harina de tarwi, estos valores son menores a los reportados en esta investigación, sin embargo, las muestras que han obtenido valores mayores en la luminosidad (L^*) en esta investigación, ya que Yaqoob et al., (2018), mencionan que el aumento en la luminosidad L^* en las muestras

es por mayor contenido de proteína que tiene la harina de tarwi, donde mayor contenido de harina de tarwi sea en la formulación mayor será los valores de luminosidad (L^*) en las muestras, ya que en esta investigación para los cupcakes fue formulado con 100% de harina de tarwi y eso influyó en esta variable de respuesta. Por otro lado Agrahar et al., (2018) mencionan que un valor luminosidad (L^*) más alto está relacionado con el tiempo de batido, ya que a mayor de tiempo de batido se obtiene una crema más blanca y se podrá obtener mayor luminosidad (L^*), es decir las muestras tienden a hacer las más claras.

Los resultados del parámetro a^* para la miga interna de los cupcakes se presentan en la Tabla 12, puesto que todas las accesiones mostraron valores negativos entre un rango de -14.95 a -9.37 con una tendencia al color verde. El ANOVA demostró la relación directa entre el tiempo y la velocidad de batido sobre el valor a^* de los cupcakes, puesto que el valor p fue menor a 0.05 (Ver Anexo 11). La variación en el tiempo y las diferentes velocidades muestra que la mejor condición para obtener los valores del parámetro a^* es cuando se trabaja en un tiempo de 10 min y una velocidad de 400 rpm, esto nos indica que a mayor tiempo y mayor velocidad de batido las muestras tuvieron tendencia a verde (Ver Figuras 9c y 9d). Los resultados en esta investigación fueron similares al reporte de Rojas (2016) quien muestra que los valores del parámetro a^* para la miga interna en cupcakes mostraron valores negativos entre un rango de -7.42 a -11.63 de a^* con una tendencia al color verde, estos valores para cake libre de gluten formulados con harina de quinua, papa y maíz.

Los resultados del parámetro b^* (amarillo) para la miga interna de los cupcakes se muestran en la Tabla 12, estos resultados se encontraron entre un rango de 53.26 - 60.46 entre los tratamientos. El ANOVA demostró la relación directa entre el tiempo y la velocidad de batido sobre el valor b^* (amarillo) de los cupcakes ya que el valor p fue menor a 0.05 (Ver Anexo 11). La variación en el tiempo y las diferentes velocidades muestra que la mejor condición para obtener valores alto del parámetro b^* (amarillo) es cuando se trabaja en un tiempo de 10 min y una velocidad de 295 rpm, esto nos indica que a mayor tiempo y una velocidad intermedia de batido las muestras resultaron con la tonalidad de color amarillo. (Ver Figuras 9e y 9f). Por lo que se puede evidenciar que la utilización al 100% de harina de tarwi influye la tonalidad amarilla en los cupcakes; esto es debido a los pigmentos amarillos naturales que posee el grano de tarwi y los carotenoides presentes en la yema de huevo.

Los resultados en esta investigación fueron similares al reporte de Rojas (2016) quien obtuvo valores para el parámetro b^* (amarillo) en la miga interna de los cupcakes entre un

rango de 36.17 a 52.51 de b^* , para cakes formulados con harina de quinua, papa y maíz. Mientras Zavala (2019) da valores para el parámetro b^* (amarillo) entre un rango de 24.69 a 32.49, estos valores para cupcakes formulados con sustitución parcial de harina de trigo por harina de tarwi, estos valores son menores a los reportados en esta investigación, donde se ha observado que la adición a mayor porcentaje de harina de tarwi mostró con valores b^* más altos produciendo cupcakes más amarillentos.

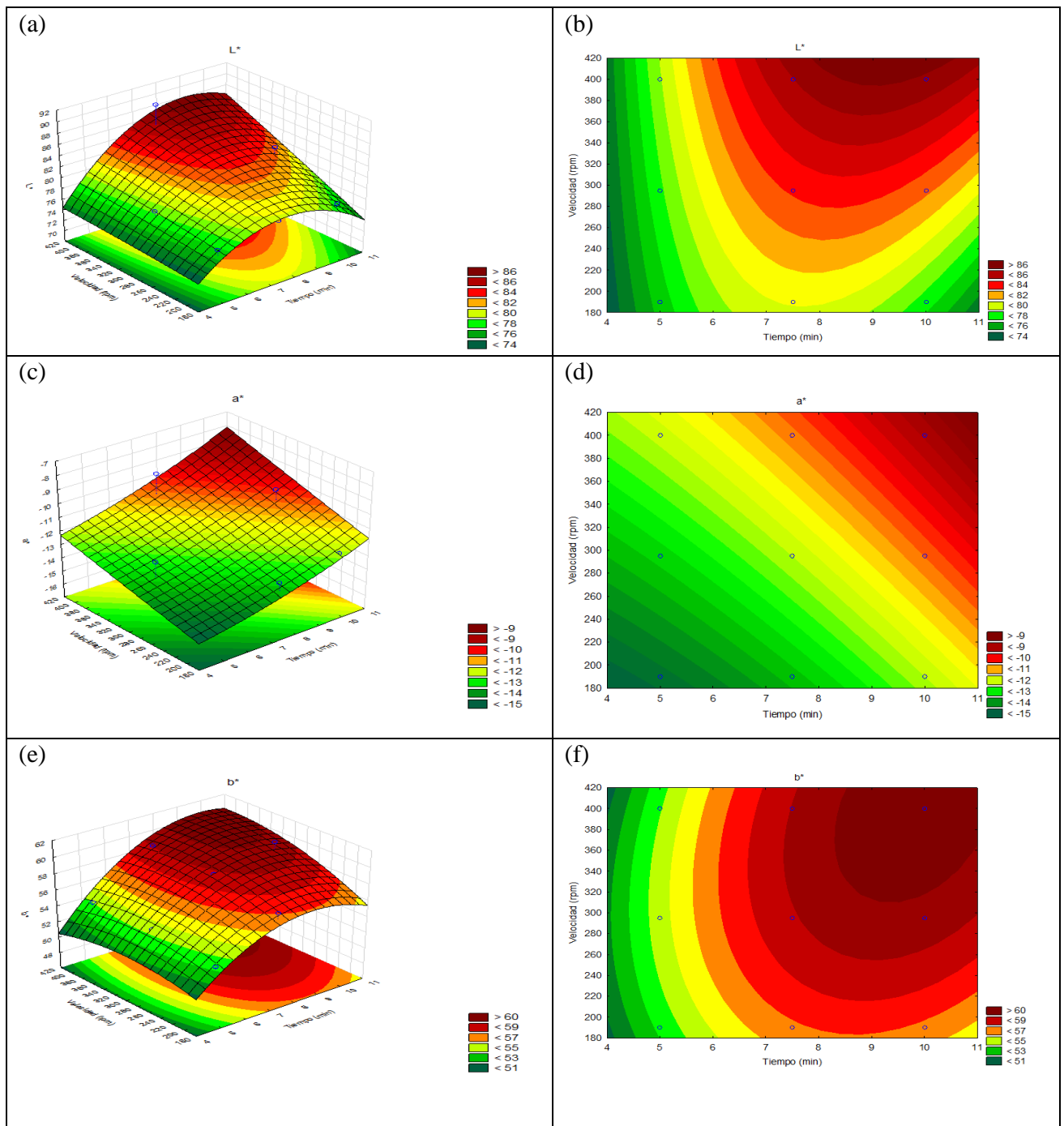


Figura 9. Gráfico de superficie de respuesta y gráfico de contorno del efecto de la relación entre el tiempo y la velocidad de batido sobre de la determinación de color en la miga interna de los cupcakes: L^* (a) (b), a^* (c) (d) y b^* (e) (f).

4.3. Evaluación sensorial de cupcakes de tarwi mediante el método (CATA).

4.3.1. Análisis de los atributos mediante la prueba de Q de Cochran

En la Tabla 13, se muestra los resultados de los cuatro tratamientos de cupcakes con sus 15 atributos, se realizó la prueba Q de Cochran, para cada atributo descrito por las preguntas CATA, donde se encontraron diferencias significativas ($p < 0.05$) para diez de los quince atributos. Por lo que, los consumidores encontraron diferencias entre los atributos en función del tiempo y velocidad de batido de las muestras de cupcakes.

Según el test no paramétrico de Cochran, se encontró diferencias significativas ($p < 0.05$) en los 10 atributos: Sabor a tarwi, suave, pegajoso, poco a sabor a tarwi, olor agradable, húmedo, color amarillo suave, esponjoso, uniformidad en la miga y color amarillo intenso. Mientras no se encontraron diferencias significativas ($p > 0.05$) en los 5 atributos: Dulce, arenoso, grasoso, olor extraño y seco. Esto demuestra que con el método CATA se pudieron detectar diferencias en la percepción de los cupcakes de tarwi por parte de los consumidores.

Tabla 13.

Prueba Q de Cochran para determinar diferencias en los atributos.

Atributos	valores-p	T3	T4	T6	T8
Sabor a tarwi	0.002	0.667 (b)	0.467 (ab)	0.300 (a)	0.500 (ab)
Dulce	0.964	0.800 (a)	0.817 (a)	0.833 (a)	0.833 (a)
Suave	0.000	0.250 (a)	0.933 (c)	0.533 (b)	0.567 (b)
Pegajoso	0.000	0.450 (bc)	0.250 (ab)	0.200 (a)	0.533 (c)
Poco a sabor a tarwi	0.000	0.167 (a)	0.500 (bc)	0.683 (c)	0.400 (ab)
Olor agradable	0.000	0.333 (a)	0.700 (b)	0.733 (b)	0.533 (ab)
Arenoso	0.097	0.400 (a)	0.250 (a)	0.200 (a)	0.333 (a)
Húmedo	0.000	0.300 (a)	0.700 (b)	0.900 (b)	0.683 (b)
Grasoso	0.167	0.117 (a)	0.167 (a)	0.200 (a)	0.067 (a)
Olor extraño	0.075	0.167 (a)	0.083 (a)	0.050 (a)	0.050 (a)
Color amarillo suave	0.000	0.267 (a)	0.683 (b)	0.700 (b)	0.367 (a)
Esponjoso	0.000	0.150 (a)	0.550 (b)	0.933 (c)	0.717 (bc)
Seco	0.138	0.250 (a)	0.133 (a)	0.100 (a)	0.150 (a)
Uniformidad en la miga	0.000	0.217 (a)	0.750 (b)	0.733 (b)	0.550 (b)
Color amarillo intenso	0.001	0.567 (c)	0.300 (ab)	0.283 (a)	0.550 (bc)

Los cupcakes para el atributo “sabor a tarwi” se obtuvo valores más altos en T3 y T8 y los valores más bajo fueron en T4 y T6, esto se debe a que estos dos tratamientos tuvieron mayor tiempo y mayor velocidad de batido que influyeron en el sabor de los cupcakes.

Las muestras de cupcakes para el atributo “dulce” se presentaron similitud en los cuatros tratamientos, esto se debe a que en las cuatro formulaciones se puso la misma cantidad de azúcar, aunque las muestras no mostraron diferencias significativas en los cuatro tratamientos.

Respecto para el atributo “suave” el T4 se obtuvo un valor más alto, esto se debe a mayor incorporación de aire en la masa ya que tuvo mayor tiempo y mayor velocidad de batido, a comparación que el T6 y T8 presentó valores intermedios, mientras que el T3 obtuvo un valor menor, indicando menor suavidad.

Las muestras T3 y T8 obtuvieron valores más altos en el atributo “pegajoso”, mientras que el T4 y T6 mostraron valores bajos y a la vez presentan una similitud. Respecto al atributo “poco a sabor a tarwi” el T4 y T6 mostraron valores más altos, mientras que el T8 presentó un valor intermedio, en cambio que el T3 mostro un valor más bajo. En cuanto al atributo “olor agradable” el T4 y T6 obtuvieron valores más altos, indicando una similitud, mientras que el T8 obtuvo un valor intermedio, en cambio que el T3 obtuvo un valor más bajo. En el atributo “arenoso” el T3 mostro un valor más alto, indicando más arenoso, en cambio que el T8 presentó un valor intermedio, mientras que el T4 y T6 mostraron menores valores, aunque las muestras no presentan diferencias significativas en los cuatro tratamientos. En cuanto al atributo “húmedo” con valor más alto fue el T6 y con valor intermedio fue T4 y T8, y en cambio de menor valor fue el T3. En el atributo “grasoso” con altos más valores fueron el T4 y T6 donde fueron la más grasosos, mientras el T8 presentó un valor más bajo. En el atributo “olor extraño”, con más alto valor fue el T3, y el T4 obtuvo un valor intermedio y en cambio que el T6 y T8 mostraron valores más bajo indicando menor puntuación por los consumidores y asimos son similares. Respecto al atributo “color amarillo suave” el T4 y T6 tuvieron valores más altos, el T8 obtuvo valor intermedio, mientras que el T3 obtuvo valor más bajo. En cuanto al atributo “esponjoso” el T6 obtuvo un valor más alto, indicando mayor puntuación por los consumidores, el T4 y T8 obtuvieron valores intermedios, a diferencia que el T3 obtuvo un valor más bajo. El T3 obtuvo valor más alto para el atributo “seco”, en cambio que el T4 y T8 obtuvieron valores intermedios y el T6 obtuvo un valor menor; esto es inversamente proporcional con el atributo húmedo. Respecto para el atributo “uniformidad en la miga” el T4 y T6 obtuvieron valores más altos y asimismo tienen una similitud, el T8 reportó valor intermedio, por consiguiente, que el T3

obtuvo un valor más bajo. En cuanto al atributo “color amarillo intenso” con más altos valores fueron el T3 y T8, en cambio el T4 y T6 obtuvieron valores más bajos.

En la Figura 10 se observó el gráfico de sedimentación de las preguntas CATA, donde se mostró que el valor propio para todos los tratamientos siendo los valores máximos T3 es de 0.087, T4 de 0.013, T6 de 0.011 y para T8 de 0.004. Sin embargo, el % acumulado para T3 fue de 75.878, T4 de 87.077, T6 de 96.269 y para T8 de 100%.

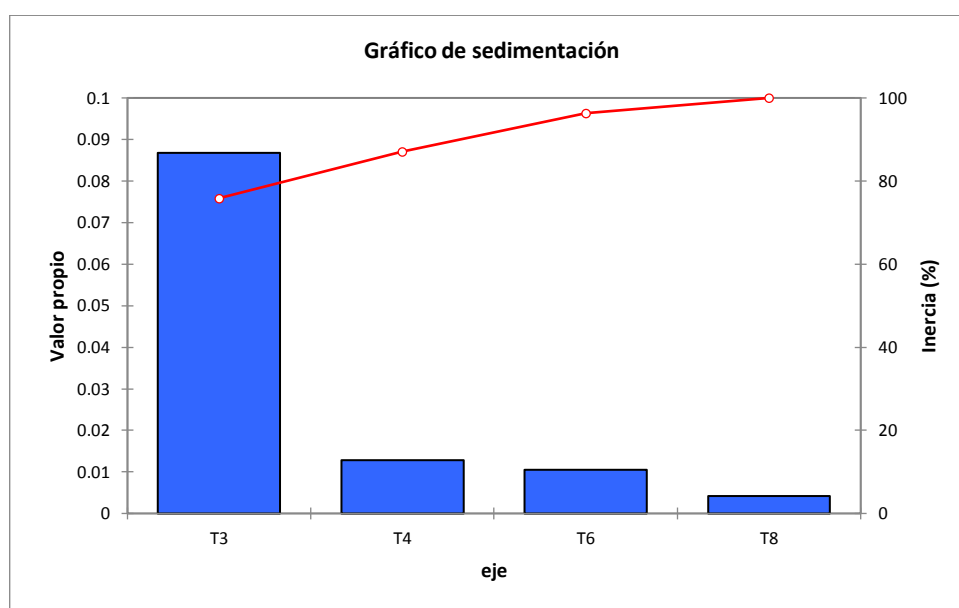


Figura 10. Gráfico de sedimentación de las preguntas CATA

En la Figura 11, podemos observar que el análisis multivariado de correspondencia representa un 87.08 % de la variación de total de los datos, que se caracteriza por la gran cantidad de información generada por CATA y sugiere que este análisis fue efectivo. También se observa la formación de tres grupos, el cual está formado por todos los tratamientos debido a que los consumidores percibieron las diferencias de atributos entre los experimentos. El primer grupo formado por el T3 que es descripta por ser arenoso, seco, olor extraño, color amarillo intenso y sabor a tarwi. El segundo grupo está formado por el T8 que se caracteriza por ser dulce y pegajoso. El tercer grupo está formado por los tratamientos T4 y T6 que se caracterizaron principalmente por los atributos sensoriales de grasoso, uniformidad en la miga, poco a sabor tarwi, color amarillo suave, húmedo, olor agradable, suave y esponjoso.

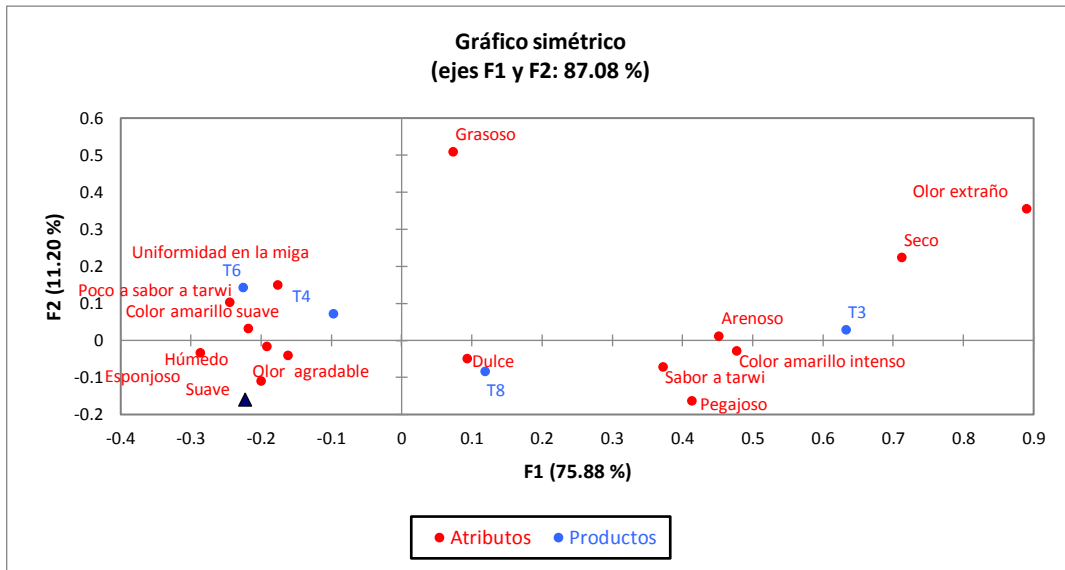


Figura 11. Representación del análisis multivariado de correspondencia (AMC) de los datos del método CATA.

En la Figura 12, podemos ver que la aceptabilidad se encuentra en la parte superior derecha y los atributos que más aceptados por los consumidores fueron: Poco a sabor a tarwi, uniformidad en la miga, grasoso, húmedo y esponjoso. Mientras que los demás atributos no lograron describir aceptabilidad de los cupcakes. A partir de ello se puede determinar que el T6 la más aceptada por los consumidores mediante el método CATA, ya que mostró valores más altos en los atributos sensoriales de poco a sabor a tarwi, húmedo, grasoso, esponjoso, olor agradable y color amarillo suave.

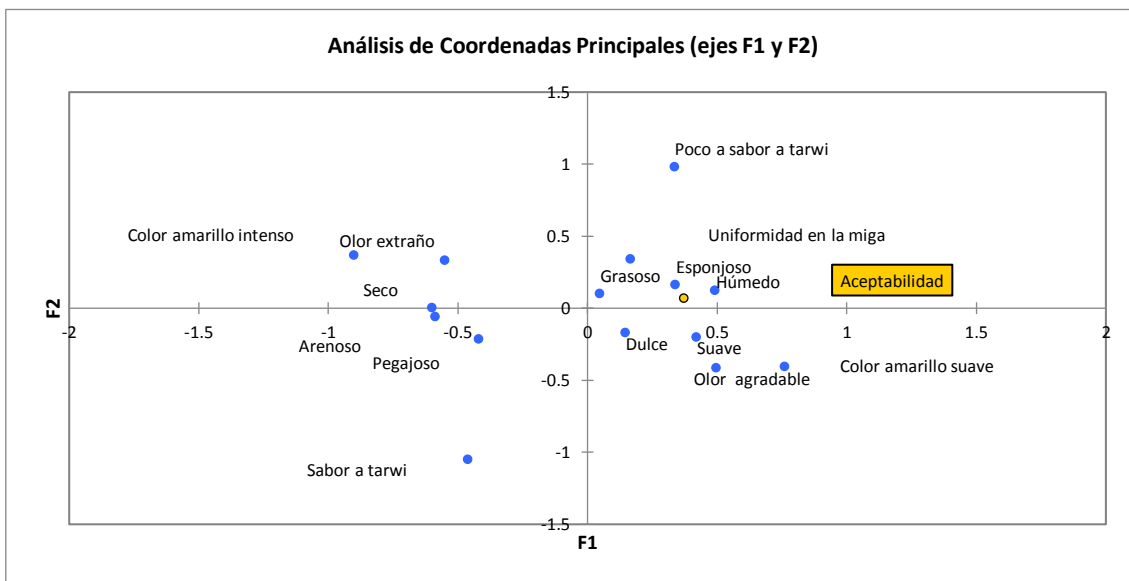


Figura 12. Representación del análisis de componentes principales de los datos del método CATA para aceptabilidad.

4.4. Análisis fisicoquímico de cupcakes

Se determinó el análisis fisicoquímico al mejor tratamiento dado por una evaluación sensorial mediante el método CATA el cual nos indicó que el T6 (10 min:295 rpm) fue el más aceptado por los consumidores y este se expuso a un análisis fisicoquímico. En la Tabla 14 se muestran los resultados de análisis fisicoquímico de cupcakes de tarwi del mejor tratamiento.

Tabla 14.

Resultados del análisis fisicoquímico de cupcakes de tarwi del mejor tratamiento sensorialmente

Componente	Cupcakes de tarwi
Sólidos totales (%)	61.62±0.47
Humedad (%)	38.38±0.47
Cenizas (%)	1.59±0.09
Proteína (%)	16.69±0.47
Grasa (%)	34.47±0.66
Fibra (%)	1.51±0.13
Carbohidratos (%)	7.35±1.17
Energía Kcal/100g	410.26±5.42
pH	5.8±0.06
Acidez (%) Exp. Ac. Sulfúrico	0.11±0.00

Nota: Los datos presentados son las medias ± desviación estándar.

En la Tabla 14 se encuentra los resultados de análisis proximal de cupcakes de tarwi. El contenido de sólidos totales de cupcakes de tarwi es de 61.62±0.47%. El contenido de humedad de cupcakes de tarwi es de 38.38±0.47 %, este valor es mayor al reportado por Zavala (2019) quien obtuvo valores entre un rango de 17.93 – 20.14 % de humedad, estos valores para cupcakes formulados con sustitución parcial de harina de trigo por harina tarwi. Según Arteaga & Silva (2015), mencionan que al sustituir la harina de tarwi en cupcakes aumenta el contenido de humedad debido a que la harina de tarwi tiene capacidad de adsorción y retención de agua y eso actúa como agente humectante y mantiene con mayor frescura la miga del cupcake. En la norma sanitaria para la fabricación, elaboración y expendio de productos de Panificación, Galletería y Pastelería MINSA (2011), menciona que el porcentaje de humedad es de 40%, en la Tabla 14 observamos que el contenido de humedad de esta investigación se encuentra dentro de los límites permitidos por la norma.

El contenido de ceniza del cupcake de tarwi es de 1.59 %, este valor es inferior al reporte de Zavala (2019) quien obtuvo valores entre un rango de 2.35 – 3.50 % de cenizas, estos

valores para cupcakes formulados con sustitución parcial de harina de trigo por harina tarwi. Según Stikic, Glamoclija, Demin, Vucelic-radovic, & Jovanovic (2012), indican que el alto contenido de cenizas se debe al tipo de minerales presentes en la materia prima que es harina de tarwi. En la norma sanitaria para la fabricación, elaboración y expendio de productos de Panificación, Galletería y Pastelería MINSA (2011), menciona que el porcentaje de ceniza es de 3%, en la Tabla 14 observamos que el contenido de cenizas de esta investigación se encuentra dentro de los límites permitidos por la norma.

El contenido de proteína de cupcake de tarwi es de 16.69 %, este valor es superior al obtenido por Huayna (2016) y Zavala (2019) quienes reportaron valores entre 6.97 – 14.23 % y 7.71 – 13.22 % de proteína, estos valores para cupcakes formulados con sustitución parcial de harina de trigo por harina tarwi y quinua; y sustitución de harina de trigo por harina de tarwi. Según Huayna (2016) menciona que la adición de harina tarwi en proporciones mayores a los productos de panadería mejora su calidad nutricional, ya que aumenta su calidad y sus niveles de proteínas.

El contenido de grasa de cupcake de tarwi es de 34.47 %; este valor es superior al reportado por Huayna (2016), quien obtuvo valores entre un rango de 2.62 – 8.05 % de grasa, estos valores para cupcakes formulados con sustitución parcial de harina de trigo por harina de quinua y tarwi. Mientras Zavala (2019) obtuvo valores entre un rango de 15.86 - 25.23 % de grasa, estos valores para cupcakes formulados con sustitución parcial de harina de trigo por harina de tarwi, estos valores son menores a los reportados en esta investigación. Según Vegas et al., (2017), indican a medida que se adicione mayor porcentaje de harina de tarwi a un producto de panificación, esta tiende a realizar un aumento de grasas debido al mayor porcentaje de grasa que la misma harina posee.

El contenido de fibra en cupcake de tarwi es de 1.51 %, este valor es menor al reporte de por Zavala (2019) quien obtuvo valores entre un rango de 8.25 – 10.92 % de fibra, estos valores para cupcakes formulados con sustitución parcial de harina de trigo por harina tarwi.

En cuanto al contenido de carbohidratos en cupcake de tarwi es de 7.35 %, este valor es inferior a los resultados por Huayna (2016) quien obtuvo valores entre un rango de 70.1 - 75.89% de carbohidratos, estos valores para cupcakes formulados con sustitución parcial de harina de trigo por harina de quinua y tarwi. También Zavala (2019) quien obtuvo valores entre un rango de 47.10 - 65.81 % de carbohidratos, para cupcakes formulados con sustitución parcial de harina de trigo por harina tarwi. Ambos autores mencionan que a medida que se aumenta mayor porcentaje de harina de tarwi en cupcakes el contenido de carbohidratos es menor, esto debe a que la harina de tarwi es bajo en contenido de

carbohidratos. Por otro lado Cutipa (2014), en su investigación menciona que al realizar sustituciones de harina de tarwi esta tiende a bajar el contenido de carbohidratos en el producto debido a que la harina de tarwi tiene un bajo contenido de carbohidratos que la de trigo.

El contenido de energía en cupcake de tarwi es de 410.26 Kcal/100g, este valor es inferior al reporte de Yaqoob et al., (2018), quienes obtuvieron valores entre un rango de 422.48 - 426.69 Kcal/100g de energía, estos valores para cupcakes formulados con harina de trigo y harina de cebada.

El contenido de pH en cupcake de tarwi es de 5.8, este valor es menor al reporte de Arteaga & Silva (2015), quienes obtuvieron un valor de 7.00 de pH , este valor es para cupcakes formulados con sustitución parcial de harina de trigo por harina tarwi y harina de cáscara de maracuyá, además indican que a medida que pasan los días va disminuyendo el contenido de pH ; ya que para el día 1 presentó un valor de 7.00 % y para el día 12 disminuyó a 6.44 % de pH. Mientras Zavala (2019) da valores entre un rango de 6.96 - 7.70 de pH, estos valores para cupcakes formulados con sustitución parcial de harina de trigo por harina tarwi, estos valores son mayores a los reportados en esta investigación, sin embargo Zavala, (2019) mencionan que el contenido de pH en cupcakes se observó que a medida que se le aumentaba el porcentaje de sustitución de la harina de tarwi en la formulación iba descendiendo. Por lo tanto, podemos mencionar que en esta investigación se utilizó 100% de harina de tarwi en la formulación y eso influye en la variable de respuesta que sea un valor menor.

El contenido de acidez en cupcake de tarwi es de 0.11%, este valor es superior al reporte de Zavala (2019) quien obtuvo valores entre un rango de 0.093 a 0.098% de acidez, estos valores para cupcakes formulados con sustitución parcial de harina de trigo por harina tarwi, sin embargo Zavala (2019) menciona que a medida que hay mayor sustitución de harina de tarwi en los cupcakes el porcentaje de acidez va aumentando. En la norma sanitaria para la fabricación, elaboración y expendio de productos de Panificación, Galletería y Pastelería MINSA (2011), mencionan que el límite máximo de acidez de los cupcakes deben encontrarse en un rango de 0.70% (expresado en ácido láctico), los resultados obtenidos de esta investigación se encuentra dentro de los límites establecidos por la norma.

Capítulo V. Conclusiones y Recomendaciones

5.1. Conclusiones

A partir del presente estudio, se concluye que las características ópticas para el color de harina de tarwi tiene una luminosidad (L^*) = 67.17, mostrando una luminosidad clara, el valor a^* = -1.48 muestra una tendencia al color verde y el valor b^* = 4.17, predominando la tonalidad de color amarillo y para tamaño de partícula se obtuvo 74.26% de harina de tarwi, siendo esta muestra obtenida la más fina. El análisis fisicoquímico de la harina de tarwi (sólidos totales, humedad, cenizas, proteínas, grasa y energía) mostraron valores altos, así mismo se observó que hay menor contenido de fibra, carbohidratos, pH y acidez debido a la variedad y procedencia del grano utilizado.

El efecto del tiempo y velocidad de batido presentaron diferencias significativas sobre las propiedades físicas y ópticas de cupcakes de tarwi, pues la variación en el tiempo y las diferentes velocidades muestra que la mejor condición para obtener una altura, volumen, volumen específico y cantidad de poros mayor es cuando se trabaja en un tiempo de 10 min y una velocidad de 400 rpm, esto nos indica que a mayor tiempo y mayor velocidad de batido se podrá obtener valores altos de estas propiedades físicas de los cupcakes. Así mismo se observó que para el color de la miga de cupcakes la muestra que se trabajó en un tiempo de 7.5 min y a una velocidad de 400 rpm mostró mayor L^* luminosidad, es decir la muestra fue más clara, sin embargo, el valor de a^* todas las muestras resultaron con valores negativos con una tendencia al color verde y para el valor de b^* aumentaron dando a la miga una tonalidad de color amarillo.

En cuanto a la aceptabilidad de los cupcakes por medio del análisis sensorial CATA se logró describir y evaluar los atributos de sabor a tarwi, dulce, suave, pegajoso, poco a sabor a tarwi, olor agradable, arenoso, húmedo, grasoso, olor extraño, color amarillo suave, esponjoso, seco, uniformidad en la miga y color amarillo intenso. A partir de ello se pudo determinar que el T6 (10 min y a una velocidad de 295 rpm) la más aceptada por los consumidores, ya que mostró valores más altos en los atributos sensoriales de poco a sabor a tarwi, olor agradable, húmedo, grasoso, color amarillo suave y esponjoso. Al cual se le realizó el análisis fisicoquímico obteniendo 61.62 % sólidos totales (%), 38.38% de humedad, 1.59% de cenizas, 16.69% de proteína, 34.47% de grasa, 1.51% de fibra, 7.35% de carbohidratos, 410.26 Kcal/100g de energía, 5.8% de pH y 0.11% de Acidez Exp. Ac. Sulfúrico.

5.2. Recomendaciones

- Evaluar las propiedades físicas y reológicas de la masa.
- Aumentar el tiempo de batido en la elaboración de cupcakes para ver el efecto que ejerce.
- Evaluar el efecto de la Aw y el tiempo de vida útil en cupcakes con harina de tarwi.
- Utilizar el método CATA para la evaluación sensorial con otros productos nuevos, ya que es fácil de utilizar para el consumidor.

Referencias

- AACC. (1999). Baking Quality of Cake Flour. AACC International Approved Methods, 4–7. <http://doi.org/http://dx.doi.org/10.1094/AACCIntMethod-10-90.01>, 4–7.
- AACC. (2000). Guidelines for Measurement of Volume by Rapeseed Displacement, *c*, 3–6.
- Abràmoff, M. D., Magalhães, P. J., & Ram, S. J. (2004). Image Processing with ImageJ.
- Agrahar, M. D., Zaidi, A., & Dwivedi, S. (2018). Development of gluten free eggless cake using gluten free composite flours made from sprouted and malted ingredients and its physical, nutritional, textural, rheological and sensory properties evaluation. *Journal of Food Science and Technology*, *55*(7), 2621–2630. <https://doi.org/10.1007/s13197-018-3183-1>
- Alvarez, M. D., Herranz, B., Fuentes, R., Cuesta, F. J., & Canet, W. (2017). Replacement of Wheat Flour by Chickpea Flour in Muffin Batter: Effect on Rheological Properties. *Journal of Food Process Engineering*, *40*(2), 1–13. <https://doi.org/10.1111/jfpe.12372>
- AOAC. (1990). Official Methods of Analysis, 15th Ed., Association of Official Analytical Chemists, Washington DC., *1*(Volume 1), 552. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0013135>
- Ares, G., Deliza, R., Barreiro, C., Giménez, A., & Gámbaro, A. (2010). Comparison of two sensory profiling techniques based on consumer perception. *Food Quality and Preference*, *21*(4), 417–426. <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2009.10.006>
- Arteaga, P., & Silva, A. (2015a). Sustitución Parcial de la harina de Trigo (*Triticum Aestivum*) por harina de Tarwi (*Lupinus Mutabilis* sweet) y harina de Cáscara de Maracuyá (*Passiflora Edulis*) en las características fisicoquímicas y sensoriales de cupcakes.
- Arteaga, P., & Silva, A. (2015b). Sustitución parcial de la harina de trigo (*Triticum Aestivum*) por harina de tarwi (*Lupinus Mutabilis* sweet) y harina de cascara de maracuyá (*Passiflora Edulis*) en las características fisicoquímicas y sensoriales de cupcakes.
- Ávila, B. P., Braganca, G. C., Rockenbach, R., & Alves, G. D. (2017). Physical and sensory characteristics of cake prepared with six whole-grain flours. *Journal of Food Measurement and Characterization*, *11*(3), 1486–1492. <https://doi.org/10.1007/s11694-017-9527-0>
- Bhaduri, S. (2013). A Comprehensive Study on Physical Properties of Two Gluten-Free Flour Fortified Muffins, *4*(7), 4–7. <https://doi.org/10.4172/2157-7110.100025>

- Bocangel, P. F. B., & Talavera, P. C. R. (2016). Determinación de la aceptabilidad, análisis microbiológico y valor nutricional de la carne vegetal a base de harina de tarwi y gluten de trigo, Arequipa 2016. *Determinación de La Aceptabilidad, Análisis Microbiológico y Valor Nutricional de La Carne Vegetal a Base de Harina de Tarwi y Gluten de Trigo, Arequipa 2016.*
- Cerón, B. A. A. (2017). Elaboración de un producto alternativo de panificación, a partir de subproductos semielaborados de chocho (*Lupinus mutabilis* Sweet).
- Chirinos, A. M. C. (2015). Andean Lupin (*Lupinus mutabilis* Sweet) a plant with nutraceutical and medicinal potential., *51*(1), 163–172.
- Cutipa, H. W. (2014). Efecto de la adición de harina de tarwi (*Lupinus mutabilis* Sweet) en sustitución parcial de harina de trigo (*Triticum aestivum*) en la elaboración del pan.
- Dhen, N., Román, L., Rejeb, I. Ben, Martínez, M. M., Garogouri, M., & Gómez, M. (2015). Particle size distribution of soy flour affecting the quality of enriched gluten-free cakes. *LWT - Food Science and Technology*. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2015.10.032>
- Dooley, L., Lee, Y., & Meullenet, J. (2010). The application of check-all-that-apply (CATA) consumer profiling to preference mapping of vanilla ice cream and its comparison to classical external preference mapping. *Food Quality and Preference*, *21*(4), 394–401. <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2009.10.002>
- Gómez, M., Doyagüe, M. J., & Hera, E. De. (2012). Addition of pin-milled pea flour and air-classified fractions in layer and sponge cakes, *46*, 142–147. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2011.10.014>
- Goswami, D., Gupta, R. K., Mridula, D., Sharma, M., & Tyagi, S. K. (2015). Barnyard millet based muffins: Physical, textural and sensory properties, *64*, 374–380. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2015.05.060>
- Gross, R., Baer, V. E., Koch, F., & Marquard, R. (1988). Chemical Composition of a New Variety of the Andean Lupin (*Lupinus mutabilis* cv. Inti) with Low-Alkaloid Content Sample Description, (1942).
- Gularte, M. A., Gómez, M., & Rosell, C. M. (2011). Impact of Legume Flours on Quality and In Vitro Digestibility of Starch and Protein from Gluten-Free Cakes. <https://doi.org/10.1007/s11947-011-0642-3>
- Hedayati, S., & Tehrani, M. M. (2018). Effect of total replacement of egg by soymilk and lecithin on physical properties of batter and cake, (October 2017), 1–8. <https://doi.org/10.1002/fsn3.656>
- Hera, E. De, Martínez, M., Oliete, B., & Gómez, M. (2012). Influence of Flour Particle Size

- on Quality of Gluten-Free Rice Cakes. <https://doi.org/10.1007/s11947-012-0922-6>
- Hernández, S. R., Fernández, C. C., & Baptista, L. M. del P. (2014). *Metodología de la investigación. 6ta Edición. McGraw-Hill. México. 634p.*
- Huanca, T. K. K. (2019). Influencia de sustitución parcial de harina de trigo por harina de kiwicha (*Amaranthus caudatus*) y endulzante en características fisicoquímicas y sensoriales para la elaboración de “cupcakes”.
- Huayna, C. (2016). Optimización de formulación de premezcla para la elaboración de Queque con sustitución parcial de harina de Tarwi (*Lupinus Mutabilis*) y Quinoa (*Chenopodium quinoa Willd*) y evaluación de su vida útil., 4. Retrieved from <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/3266>
- Jacobsen, S., & Mujica, A. (2006). El tarwi (*Lupinus mutabilis Sweet .*) y sus parientes silvestres.
- Karp, S., Wyrwicz, J., Kurek, M. A., & Wierzbicka, A. (2017). Combined use of cocoa dietary fibre and steviol glycosides in low-calorie muffins production., 944–953. <https://doi.org/10.1111/ijfs.13358>
- Khalilian, M., Mohebbat, M., & Arash, M. (2016). The effect of different emulsifiers on the eggless cake properties containing WPC. *Journal of Food Science and Technology*. <https://doi.org/10.1007/s13197-016-2373-y>
- López, A. S. (2017). Aplicación de enzima transglutaminasa en la elaboración de masa para pastel.
- Menacho, L. M. P., Reyes, R. S., Sánchez, J. G., & Arismendi, S. M. (2016). Efecto de la sustitución parcial de la harina de trigo por harina de soya en las características tecnológicas y sensoriales de cupcakes destinados a niños en edad escolar. *Scientia Agropecuaria*, 07(02), 121–132. <https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2016.02.05>
- Meyners, M., Gmbh, G. S., & Castura, J. C. (2017). Check-All-That-Apply Questions, (May 2014). <https://doi.org/10.1201/b16853-12>
- MINSA. (2011). Norma Sanitaria para la Fabricación , Elaboración y Expendio de Productos de Panificación , Galletería y Pastelería. RM N ° 1020-2010 / MINSA . Dirección General de Salud Ambiental Ministerio de Salud Lima – Perú.
- Parente, M. E., & Ares, F. (2010). Application of two consumer profiling techniques to cosmetic emulsions, 25, 685–705. <https://doi.org/10.1111/j.1745-459X.2010.00297.x>
- Plaehn, D. (2012). CATA penalty / reward. *Food Quality and Preference*, 24(1), 141–152. <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2011.10.008>
- Ramos, K. P., Peñafiel, C. E., & Soriano, V. D. (2017). Bocadito con alto contenido

- proteico : un extruido a partir de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd .), tarwi (*Lupinus mutabilis* Sweet) y camote (*Ipomoea batatas* L .), 8(4), 377–388. <https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2017.04.09>
- Rodriguez, O. C. Z. (2017). Efecto del factor de severidad y tiempo de almacenamiento sobre las características fisicoquímicas y recuento de hongos mesófilos de pasta desamargada de tarwi (*Lupinus mutabilis*) variedad criolla.
- Rojas, W. N. (2016). Optimización de mezclas de harinas (*Chenopodium quinoa*, *Solanum tuberosum* y *Zea mays*) para la elaboración de cake libre de gluten. Universidad Peruana Unión.
- Sabliov, C. M., & Boldor, D. (2002). Image processing method to determine surface area and volume of axi-symmetric agricultural products. *International Journal of Food Properties*, 5(3), 641–653. <https://doi.org/10.1081/JFP-120015498>
- Sahagún, M., Bravo-Núñez, Á., Báscones, G., & Gómez, M. (2018). Influence of protein source on the characteristics of gluten-free layer cakes. *LWT - Food Science and Technology*, 94(March), 50–56. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2018.04.014>
- Sahin, S., & Sumnu, S. G. (2006). *Physical Properties of Foods. Middle East Technical University Ankara, Turkey.*
- Shevkani, K., & Singh, N. (2014). Influence of kidney bean, field pea and amaranth protein isolates on the characteristics of starch-based gluten-free muffins. *International Journal of Food Science and Technology*, 49(10), 2237–2244. <https://doi.org/10.1111/ijfs.12537>
- Sozer, N., & Kokini, J. L. (2014). Quality Improvement Project for Shelf Stable Bakery Products, (May).
- Stikic, R., Glamoclija, D., Demin, M., Vucelic-radovic, B., & Jovanovic, Z. (2012). Agronomical and nutritional evaluation of quinoa seeds (*Chenopodium quinoa* Willd .) as an ingredient in bread formulations. *Journal of Cereal Science*, 55(2), 132–138. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2011.10.010>
- Subagio, A., & Orita, N. (2008). Effects of Protein Isolate from Hyacinth Beans (*Lablab purpureus* (L .) Sweet) Seeds on Cake Characteristics, 14(1), 12–17.
- Suca, G. R. A. (2015). Potencial del tarwi (*Lupinus mutabilis* Sweet) como futura fuente proteínica y avances de su desarrollo agroindustrial. *Rev. Per. Quím. Ing. Quím.*, 18, 55–71. Retrieved from <http://revistasinvestigacion.unmsm.edu.pe/index.php/quim/article/view/11791/10546>
- Tan, M. C., Chin, N. L., & Yusof, Y. A. (2012). A Box – Behnken Design for Determining

- the Optimum Experimental Condition of Cake Batter Mixing, *i*, 972–982.
<https://doi.org/10.1007/s11947-010-0394-5>
- Tapia, M. E. (2015). El tarwi, lupino andino.
- Vegas, N. R., Iris, Z. A., & Perez, V. C. (2017). Efecto del pH y cloruro de sodio sobre las propiedades funcionales de harina de semillas de lupinus mutabilis “tarwi” variedad criolla., *7*(1), 49–55.
- Vidaurre, ulio M., Salas, W. F., & Carrasco, R. R. (2019). Propiedades de pasta y texturales de las mezclas de harinas de quinua (*Chenopodium quinoa*), kiwicha (*Amaranthus caudatus*) y tarwi (*Lupinus mutabilis*) en un sistema acuoso, *21*(1), 5–14.
- Watt, B. M., Ylimaki, G. L., Jeffery, L. E., & Elías, L. G. (1992). *Métodos sensoriales básicos para la evaluación de alimentos*.
- Whitaker, A. M., & Barringer, S. A. (2015). Measurement of Contour and Volume Changes During Cake Baking, *81*(2), 177–181.
- Wilderjans, E., Brijs, K., & Delcour, J. A. (2013). Ingredient functionality in batter type cake making. *Trends in Food Science & Technology*, *30*(1), 6–15.
<https://doi.org/10.1016/j.tifs.2013.01.001>
- Wilderjans, E., Luyts, A., Goesaert, H., Brijs, K., & Delcour, J. A. (2010). A model approach to starch and protein functionality in a pound cake system. *Food Chemistry*, *120*(1), 44–51. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2009.09.067>
- Yaqoob, S., Baba, W. N., Masoodi, F. A., Shafi, M., & Bazaz, R. (2018). Effect of sprouting on cake quality from wheat–barley flour blends. *Journal of Food Measurement and Characterization*, *12*(2), 1253–1265. <https://doi.org/10.1007/s11694-018-9739-y>
- Zavala, R. O. C. (2019). Efecto de la sustitución parcial de harina de trigo (*Triticum aestivum*) por harina de tarwi (*Lupinus mutabilis sweet*) en las propiedades físicoquímicos y sensoriales de cupcakes.
- Zhou, J. (2010). Evaluation of different types of fats for use in high-ratio layer cakes.

Anexos

Anexo 1. Datos experimentales de la evaluación de altura, volumen y volumen específico del cupcake de tarwi

Tratamiento	Repeticiones	Peso del cupcake entero	Altura (mm)	Volumen en (ml)	Volumen específico en (ml/g)
T1	1	40.00	36.96	80.00	2.00
T1	2	40.00	36.74	80.00	2.00
T1	3	41.00	36.63	80.00	1.95
	Promedio	40.33	36.78	80.00	1.98
	D.E	0.58	0.17	0.00	0.03
T2	1	43.00	39.23	85.00	1.98
T2	2	43.00	39.62	85.00	1.98
T2	3	43.00	39.58	90.00	2.09
	Promedio	43.00	39.48	86.67	2.02
	D.E	0.00	0.21	2.89	0.07
T3	1	39.00	42.23	100.00	2.56
T3	2	40.00	42.37	100.00	2.50
T3	3	40.00	42.19	100.00	2.50
	Promedio	39.67	42.26	100.00	2.52
	D.E	0.58	0.09	0.00	0.04
T4	1	39.00	46.82	120.00	3.08
T4	2	39.00	46.59	125.00	3.21
T4	3	39.00	46.79	120.00	3.08
	Promedio	39.00	46.73	121.67	3.12
	D.E	0.00	0.13	2.89	0.07
T5	1	41.00	36.84	90.00	2.20
T5	2	40.00	37.39	90.00	2.25
T5	3	40.00	36.73	95.00	2.38
	Promedio	40.33	36.99	91.67	2.27
	D.E	0.58	0.35	2.89	0.09
T6	1	41.00	44.14	113.31	2.76
T6	2	41.00	44.33	113.35	2.76
T6	3	42.00	44.26	113.34	2.70
	Promedio	41.33	44.24	113.33	2.74
	D.E	0.58	0.10	0.02	0.04
T7	1	42.00	41.69	100.00	2.38
T7	2	42.00	41.73	95.00	2.26
T7	3	41.00	42.51	95.00	2.32
	Promedio	41.67	41.98	96.67	2.32
	D.E	0.58	0.46	2.89	0.06
T8	1	42.00	45.28	125.00	2.98
T8	2	41.00	45.47	125.00	3.05
T8	3	42.00	45.39	125.00	2.98
	Promedio	41.67	45.38	125.00	3.00
	D.E	0.58	0.10	0.00	0.04
T9 (C)	1	39.00	43.33	110.00	2.82
T9 (C)	2	39.00	43.43	110.00	2.82
T9 (C)	3	40.00	43.26	115.00	2.88
	Promedio	39.33	43.34	111.67	2.84
	D.E	0.58	0.09	2.89	0.03
T10 (C)	1	39.00	43.27	110.00	2.82
T10 (C)	2	40.00	43.38	110.00	2.75
T10 (C)	3	39.00	43.40	110.00	2.82
	Promedio	39.33	43.35	110.00	2.80
	D.E	0.58	0.07	0.00	0.04

Anexo 2. Datos experimentales para la porosidad por el software Imagen J

Tratamientos	Repeticiones	Cantidad de poros* (15 x 10 mm)	Área total de los poros (mm ²)*	Tamaño promedio (mm ²)*	Fracción por área de los poros (%)*
T1	1	1027.00	7.23	0.18	2.20
T1	2	1024.00	7.33	0.17	2.20
T1	3	1031.00	7.00	0.21	2.21
	Promedio	1027.33	7.19	0.19	2.20
	D.E	3.51	0.17	0.02	0.00
T2	1	1101.00	5.53	0.28	3.87
T2	2	1112.00	7.71	0.19	3.34
T2	3	1104.00	8.61	0.25	3.23
	Promedio	1105.67	7.29	0.24	3.48
	D.E	5.69	1.58	0.05	0.34
T3	1	1320.00	7.60	0.23	5.07
T3	2	1312.00	8.89	0.25	5.93
T3	3	1324.00	12.74	0.21	8.49
	Promedio	1318.67	9.74	0.23	6.50
	D.E	6.11	2.67	0.02	1.78
T4	1	1414.00	4.56	0.36	3.81
T4	2	1413.00	4.56	0.36	3.81
T4	3	1413.00	4.55	0.36	3.82
	Promedio	1413.33	4.56	0.36	3.81
	D.E	0.58	0.00	0.00	0.00
T5	1	1121.00	7.66	0.27	5.11
T5	2	1132.00	8.24	0.21	5.50
T5	3	1124.00	7.69	0.23	5.13
	Promedio	1125.67	7.86	0.24	5.24
	D.E	5.69	0.33	0.03	0.22
T6	1	1386.00	7.65	0.31	6.41
T6	2	1385.00	7.66	0.29	5.17
T6	3	1386.00	7.65	0.31	6.44
	Promedio	1385.67	7.65	0.30	6.01
	D.E	0.58	0.00	0.01	0.72
T7	1	1376.00	8.79	0.28	4.40
T7	2	1358.00	8.80	0.22	10.87
T7	3	1353.00	9.87	0.23	6.38
	Promedio	1362.33	9.15	0.24	7.21
	D.E	12.10	0.62	0.03	3.32
T8	1	1360.00	13.52	0.32	4.36
T8	2	1359.00	13.51	0.33	7.01
T8	3	1359.00	13.51	0.32	6.19
	Promedio	1359.33	13.51	0.32	5.86
	D.E	0.58	0.00	0.01	1.36
T9 (C)	1	1238.00	14.34	0.29	9.56
T9 (C)	2	1244.00	14.35	0.27	9.55
T9 (C)	3	1231.00	14.35	0.29	9.56
	Promedio	1237.67	14.34	0.28	9.55
	D.E	6.51	0.00	0.01	0.00
T10 (C)	1	1231.00	14.78	0.28	8.99
T10 (C)	2	1234.00	13.79	0.29	9.55
T10 (C)	3	1247.00	14.59	0.27	9.46
	Promedio	1237.33	14.39	0.28	9.33
	D.E	8.50	0.52	0.01	0.30

Anexo 3. Datos experimentales para el color (L*, a* y b*)

Tratamiento	Repeticiones	L*	a*	b*
T1	1	77.29	-14.95	53.18
T1	2	77.22	-14.90	52.27
T1	3	77.19	-15.00	54.34
	Promedio	77.23	-14.95	53.26
	D.E	0.05	0.05	1.04
T2	1	77.21	-12.47	54.15
T2	2	77.19	-12.54	54.17
T2	3	77.18	-13.80	54.19
	Promedio	77.19	-12.93	54.17
	D.E	0.02	0.75	0.02
T3	1	77.60	-12.11	59.47
T3	2	78.44	-12.11	56.80
T3	3	78.44	-13.13	52.39
	Promedio	78.16	-12.45	56.22
	D.E	0.48	0.59	3.57
T4	1	85.00	-9.53	60.32
T4	2	85.00	-10.54	60.32
T4	3	84.91	-9.54	60.32
	Promedio	84.97	-9.87	60.32
	D.E	0.05	0.58	0.00
T5	1	78.62	-11.15	55.54
T5	2	78.59	-13.39	52.66
T5	3	78.97	-12.24	54.56
	Promedio	78.73	-12.26	54.25
	D.E	0.21	1.12	1.47
T6	1	83.73	-9.86	61.14
T6	2	83.70	-9.86	60.12
T6	3	82.75	-9.85	60.12
	Promedio	83.39	-9.86	60.46
	D.E	0.56	0.01	0.59
T7	1	78.35	-13.13	56.64
T7	2	78.75	-13.00	57.67
T7	3	78.92	-13.11	57.68
	Promedio	78.67	-13.08	57.33
	D.E	0.29	0.07	0.59
T8	1	89.68	-9.01	58.41
T8	2	89.37	-9.10	59.41
T8	3	89.52	-10.00	59.41
	Promedio	89.52	-9.37	59.08
	D.E	0.15	0.55	0.58
T9 (C)	1	82.03	-13.08	63.26
T9 (C)	2	82.34	-13.08	54.17
T9 (C)	3	82.18	-13.07	58.95
	Promedio	82.19	-13.07	58.79
	D.E	0.16	0.01	4.55
T10 (C)	1	82.37	-13.12	57.20
T10 (C)	2	81.37	-14.01	60.90
T10 (C)	3	82.41	-13.13	57.15
	Promedio	82.05	-13.42	58.42
	D.E	0.59	0.51	2.15

Anexo 4. Anova y coeficientes de regresión para altura (mm)

Factor	SS	df	MS	F- Value	P- Value
(1)Tiempo (L)	66.6508	1	66.65080	1333016	0.000551
Tiempo (Q)	14.8400	1	14.84001	296800	0.001169
(2)Velocidad(L)	18.6326	1	18.63256	372651	0.001043
Velocidad(Q)	0.1506	1	0.15058	3012	0.011599
1L by 2L	0.5261	1	0.52607	10521	0.006206
Lack of Fit	0.6050	3	0.20167	4033	0.011574
Pure Error	0.0001	1	0.00005		
Total SS	101.3056	9			

Nota: SS: suma de cuadrados, df: grados de libertad, MS: cuadrado medio.

Factor	Regressn Coeff.	Std.Err. Pure Err	t(1)	p	-95.% Cnf.Limt	+95.% Cnf.Limt
Mean/Interc.	6.602676	0.063126	104.595	0.006086	5.800582	7.404769
(1)Tiempo (L)	7.011883	0.011750	596.766	0.001067	6.862587	7.161178
Tiempo (Q)	-0.403505	0.000741	-544.794	0.001169	-0.412916	-0.394094
(2)Velocidad(L)	0.024696	0.000349	70.709	0.009003	0.020258	0.029134
Velocidad(Q)	-0.000030	0.000001	-54.878	0.011599	-0.000037	-0.000023
1L by 2L	0.001336	0.000013	102.574	0.006206	0.001170	0.001501

Anexo 5. Anova y coeficientes de regresión para volumen (ml)

Factor	SS	df	MS	F	p
(1)Tiempo (L)	1039.544	1	1039.544	748.4715	0.023259
Tiempo (Q)	304.762	1	304.762	219.4286	0.042912
(2)Velocidad(L)	535.185	1	535.185	385.3333	0.032403
Velocidad(Q)	118.576	1	118.576	85.3744	0.068632
1L by 2L	65.790	1	65.790	47.3692	0.091855
Lack of Fit	85.466	3	28.489	20.5119	0.160577
Pure Error	1.389	1	1.389		
Total SS	2032.222	9			

Factor	Regressn Coeff.	Std.Err. Pure Err	t(1)	p	-95.% Cnf.Limt	+95.% Cnf.Limt
Mean/Interc.	-92.2598	10.52102	-8.7691	0.072286	-225.942	41.42239
(1)Tiempo (L)	28.3570	1.95830	14.4804	0.043895	3.474	53.23955
Tiempo (Q)	-1.8286	0.12344	-14.8131	0.042912	-3.397	-0.26008
(2)Velocidad(L)	0.4811	0.05821	8.2647	0.076656	-0.259	1.22075
Velocidad(Q)	-0.0008	0.00009	-9.2398	0.068632	-0.002	0.00032
1L by 2L	0.0149	0.00217	6.8825	0.091855	-0.013	0.04252

Anexo 6. Anova y coeficientes de regresión para volumen específico (ml/g)

Factor	SS	df	MS	F	p
(1)Tiempo (L)	0.820324	1	0.820324	945.0136	0.020702
Tiempo (Q)	0.177555	1	0.177555	204.5435	0.044441
(2)Velocidad(L)	0.286220	1	0.286220	329.7252	0.035024
Velocidad(Q)	0.107493	1	0.107493	123.8316	0.057056
1L by 2L	0.106139	1	0.106139	122.2727	0.057416
Lack of Fit	0.062033	3	0.020678	23.8205	0.149229
Pure Error	0.000868	1	0.000868		
Total SS	1.443899	9			

Factor	Regressn Coeff.	Std.Err. Pure Err	t(1)	p	-95.% Cnf.Limt	+95.% Cnf.Limt
Mean/Interc.	-2.17633	0.263025	-8.2742	0.076569	-5.51838	1.165727
(1)Tiempo (L)	0.63474	0.048958	12.9651	0.049006	0.01267	1.256802
Tiempo (Q)	-0.04414	0.003086	-14.3019	0.044441	-0.08335	-0.004924
(2)Velocidad(L)	0.01273	0.001455	8.7477	0.072461	-0.00576	0.031222
Velocidad(Q)	-0.00003	0.000002	-11.1280	0.057056	-0.00005	0.000004
1L by 2L	0.00060	0.000054	11.0577	0.057416	-0.00009	0.001289

Anexo 7. Anova y coeficientes de regresión de conteo de poros

Factor	SS	df	MS	F	p
(1)Tiempo (L)	120789.1	1	120789.1	2174204	0.000432
Tiempo (Q)	13066.7	1	13066.7	235201	0.001313
(2)Velocidad(L)	4816.7	1	4816.7	86700	0.002162
Velocidad(Q)	651.9	1	651.9	11734	0.005877
1L by 2L	188.1	1	188.1	3386	0.010939
Lack of Fit	18204.5	3	6068.2	109227	0.002224
Pure Error	0.1	1	0.1		
Total SS	160021.9	9			

Factor	Regressn Coeff.	Std.Err. Pure Err	t(1)	p	-95.% Cnf.Limt	+95.% Cnf.Limt
Mean/Interc.	337.1537	2.104204	160.229	0.003973	310.4173	363.8902
(1)Tiempo (L)	229.7937	0.391660	586.717	0.001085	224.8171	234.7702
Tiempo (Q)	-11.9733	0.024689	-484.975	0.001313	-12.2870	-11.6596
(2)Velocidad(L)	-1.0995	0.011642	-94.438	0.006741	-1.2474	-0.9515
Velocidad(Q)	0.0020	0.000018	108.326	0.005877	0.0018	0.0022
1L by 2L	0.0253	0.000434	58.192	0.010939	0.0197	0.0308

Anexo 8. Anova y coeficientes de regresión para área total de los poros

Factor	SS	df	MS	F	p
(1)Tiempo (L)	0.3655	1	0.36551	383.38	0.032485
Tiempo (Q)	63.0367	1	63.03672	66118.58	0.002476
(2)Velocidad(L)	0.0888	1	0.08882	93.16	0.065724
Velocidad(Q)	5.3025	1	5.30254	5561.78	0.008536
1L by 2L	6.4415	1	6.44151	6756.44	0.007745
Lack of Fit	19.9056	3	6.63521	6959.60	0.008811
Pure Error	0.0010	1	0.00095		
Total SS	104.3717	9			

Factor	Regressn Coeff.	Std.Err. Pure Err	t(1)	p	-95.% Cnf.Limt	+95.% Cnf.Limt
Mean/Interc.	-57.7892	0.275651	-209.647	0.003037	-61.2917	-54.2867
(1)Tiempo (L)	13.7577	0.051307	268.141	0.002374	13.1057	14.4096
Tiempo (Q)	-0.8316	0.003234	-257.135	0.002476	-0.8727	-0.7905
(2)Velocidad(L)	0.1403	0.001525	91.996	0.006920	0.1209	0.1597
Velocidad(Q)	-0.0002	0.000002	-74.577	0.008536	-0.0002	-0.0001
1L by 2L	-0.0047	0.000057	-82.198	0.007745	-0.0054	-0.0040

Anexo 9. Anova y coeficientes de regresión para tamaño promedio de los poros (mm²)

Factor	SS	df	MS	F	p
(1)Tiempo (L)	0.009876	1	0.009876	1777.716	0.015096
Tiempo (Q)	0.001095	1	0.001095	197.167	0.045262
(2)Velocidad(L)	0.011557	1	0.011557	2080.333	0.013955
Velocidad(Q)	0.001740	1	0.001740	313.224	0.035933
1L by 2L	0.001542	1	0.001542	277.643	0.038161
Lack of Fit	0.000222	3	0.000074	13.341	0.197978
Pure Error	0.000006	1	0.000006		
Total SS	0.023582	9			

Factor	Regressn Coeff.	Std.Err. Pure Err	t(1)	p	-95.% Cnf.Limt	+95.% Cnf.Limt
Mean/Interc.	-0.252888	0.021042	-12.0182	0.052850	-0.520252	0.014477
(1)Tiempo (L)	0.047081	0.003917	12.0208	0.052838	-0.002685	0.096846
Tiempo (Q)	-0.003467	0.000247	-14.0416	0.045262	-0.006604	-0.000330
(2)Velocidad(L)	0.001803	0.000116	15.4879	0.041047	0.000324	0.003282
Velocidad(Q)	-0.000003	0.000000	-17.6981	0.035933	-0.000006	-0.000001
1L by 2L	0.000072	0.000004	16.6626	0.038161	0.000017	0.000127

Anexo 10. Anova y coeficientes de regresión para fracción por área de los poros %

Factor	SS	df	MS	F	p
(1)Tiempo (L)	3.48781	1	3.48781	143.2549	0.053066
Tiempo (Q)	22.22743	1	22.22743	912.9474	0.021062
(2)Velocidad(L)	1.27482	1	1.27482	52.3606	0.087425
Velocidad(Q)	8.34546	1	8.34546	342.7731	0.034352
1L by 2L	2.83984	1	2.83984	116.6407	0.058778
Lack of Fit	2.96293	3	0.98764	40.5655	0.114790
Pure Error	0.02435	1	0.02435		
Total SS	51.56554	9			

Factor	Regressn Coeff.	Std.Err. Pure Err	t(1)	p	-95.% Cnf.Limt	+95.% Cnf.Limt
Mean/Interc.	-46.0628	1.392983	-33.0677	0.019246	-63.7623	-28.3632
(1)Tiempo (L)	8.6360	0.259279	33.3077	0.019108	5.3415	11.9304
Tiempo (Q)	-0.4938	0.016344	-30.2150	0.021062	-0.7015	-0.2862
(2)Velocidad(L)	0.1524	0.007707	19.7712	0.032172	0.0545	0.2503
Velocidad(Q)	-0.0002	0.000012	-18.5141	0.034352	-0.0004	-0.0001
1L by 2L	-0.0031	0.000287	-10.8000	0.058778	-0.0068	0.0005

Anexo 11. Anova y coeficientes de regresión para la Luminosidad (L*)

Factor	SS	df	MS	F-Value	P-Value
(1)Tiempo (L)	35.4246	1	35.42456	3811.802	0.010310
Tiempo (Q)	23.0735	1	23.07347	2482.783	0.012775
(2)Velocidad(L)	51.7558	1	51.75581	5569.100	0.008530
Velocidad(Q)	4.5387	1	4.53865	488.374	0.028788
1L by 2L	10.6500	1	10.65000	1145.976	0.018800
Lack of Fit	27.3180	3	9.10600	979.837	0.023479
Pure Error	0.0093	1	0.00929		
Total SS	143.5661	9			

Factor	Regressn Coeff.	Std.Err. Pure Err	t(1)	p	-95.% Cnf.Limt	+95.% Cnf.Limt
Mean/Interc.	39.67167	0.860619	46.0967	0.013808	28.73646	50.60687
(1)Tiempo (L)	6.75568	0.160189	42.1732	0.015093	4.72029	8.79108
Tiempo (Q)	-0.50314	0.010098	-49.8275	0.012775	-0.63144	-0.37484
(2)Velocidad(L)	0.08134	0.004762	17.0823	0.037225	0.02084	0.14184
Velocidad(Q)	-0.00017	0.000008	-22.0992	0.028788	-0.00026	-0.00007
1L by 2L	0.00601	0.000178	33.8523	0.018800	0.00375	0.00827

Anexo 12. Anova y coeficientes de regresión para el parámetro a*

Factor	SS	df	MS	F	p
(1)Tiempo (L)	10.61422	1	10.61422	176.3028	0.047855
Tiempo (Q)	0.07703	1	0.07703	1.2794	0.460882
(2)Velocidad(L)	11.48905	1	11.48905	190.8337	0.046004
Velocidad(Q)	0.82745	1	0.82745	13.7440	0.167729
1L by 2L	0.11090	1	0.11090	1.8420	0.404254
Lack of Fit	7.74100	3	2.58033	42.8595	0.111708
Pure Error	0.06020	1	0.06020		
Total SS	30.04833	9			

Factor	Regressn Coeff.	Std.Err. Pure Err	t(1)	p	-95.% Cnf.Limt	+95.% Cnf.Limt
Mean/Interc.	-22.6263	2.190476	-10.3294	0.061440	-50.4589	5.206356
(1)Tiempo (L)	-0.0770	0.407718	-0.1888	0.881193	-5.2575	5.103567
Tiempo (Q)	0.0291	0.025701	1.1311	0.460882	-0.2975	0.355630
(2)Velocidad(L)	0.0506	0.012120	4.1762	0.149624	-0.1034	0.204608
Velocidad(Q)	-0.0001	0.000019	-3.7073	0.167729	-0.0003	0.000172
1L by 2L	0.0006	0.000452	1.3572	0.404254	-0.0051	0.006355

Anexo 13. Anova y coeficientes de regresión para el parámetro b*

Factor	SS	df	MS	F	p
(1)Tiempo (L)	40.74456	1	40.74456	579.4782	0.026431
Tiempo (Q)	7.53003	1	7.53003	107.0938	0.061327
(2)Velocidad(L)	7.60050	1	7.60050	108.0960	0.061044
Velocidad(Q)	4.63531	1	4.63531	65.9245	0.078014
1L by 2L	1.68429	1	1.68429	23.9544	0.128307
Lack of Fit	2.48666	3	0.82889	11.7886	0.210165
Pure Error	0.07031	1	0.07031		
Total SS	62.21293	9			

Factor	Regressn Coeff.	Std.Err. Pure Err	t(1)	p	-95.% Cnf.Limt	+95.% Cnf.Limt
Mean/Interc.	29.37943	1.898072	15.4786	0.041072	5.26213	53.49672
(1)Tiempo (L)	4.72788	0.434556	10.8798	0.058350	-0.79369	10.24944
Tiempo (Q)	-0.28743	0.027775	-10.3486	0.061327	-0.64034	0.06548
(2)Velocidad(L)	2.01605	0.345083	5.8422	0.107923	-2.36865	6.40075
Velocidad(Q)	-0.16578	0.022163	-7.4802	0.084605	-0.44739	0.11582
1L by 2L	0.09068	0.017359	5.2235	0.120418	-0.12989	0.31124

Ficha de evaluación sensorial (Método CATA).

Nombres y Apellidos.....Fecha:.....

Instrucción:

- Usted recibirá 4 muestras de cupcakes, evalúe las muestras en el orden que se les presenta.
- Por favor, pruebe las muestras en el orden que usted desee y responda a la pregunta utilizando la lista de atributos que presenta.
- Enjuáguese la boca con un poco de agua entre cada muestra.

Me disgusta muchísimo (-)

Me gusta muchísimo (+)

Muestra N°-----

Marque todos los atributos que considere adecuadas para describir este cupcake.

<input type="checkbox"/>	Sabor a tarwi	<input type="checkbox"/>	Olor agradable	<input type="checkbox"/>	Color amarillo suave
<input type="checkbox"/>	Dulce	<input type="checkbox"/>	Arenoso	<input type="checkbox"/>	Esponjoso
<input type="checkbox"/>	Suave	<input type="checkbox"/>	Húmedo	<input type="checkbox"/>	Seco
<input type="checkbox"/>	Pegajoso	<input type="checkbox"/>	Grasoso	<input type="checkbox"/>	Uniformidad en la miga
<input type="checkbox"/>	Poco a sabor a tarwi	<input type="checkbox"/>	Olor extraño	<input type="checkbox"/>	Color amarillo intenso

Observaciones:

.....
.....

Anexo 15. Resultados de análisis fisicoquímica de materia prima y de producto terminado de cupcakes de tarwi



Universidad Nacional del Altiplano - Puno
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL

Ciudad Universitaria, Av. Sesquicentenario N° 1150, Telf.: (051)599430 / IP. 10301 / (051) 366080



LABORATORIO DE EVALUACIÓN NUTRICIONAL DE ALIMENTOS

INFORME DE ANÁLISIS DE ALIMENTOS Nro. 0140-2019-LENA-EPIA

SOLICITANTE : HEBER CHOQUE MELO
 PROCEDENCIA : UPeU
 PRODUCTOS : -HARINA DE TARWI
 -CUPCAKES DE TARWI
 TITULO DE TESIS : EVALUACION DE LAS PROPIEDADES FISICAS, OPTICAS Y
 ACEPTABILIDAD DE CUPCAKES DE TARWI (*Lupinus mutabilis*
Sweet).
 PRESENTACION : 06 Unidades
 ENSAYO SOLICITADO : FISICO QUIMICO
 FECHA DE RECEPCION : 17 de Julio del 2019
 FECHA DE ENSAYO : 17 de Julio del 2019
 FECHA DE EMISION : 24 de Julio del 2019

RESULTADOS:

De acuerdo al Informe de los Análisis de Laboratorio que obra en los archivos los resultados son:

RESULTADOS FISICO QUIMICOS

ENSAYOS	HARINA DE TARWI			CUPCAKES DE TARWI		
	R-1	R-2	R-3	R-1	R-2	R-3
SOLIDOS TOTALES %	91,34	91,37	91,33	61,69	62,05	61,12
HUMEDAD %	8,66	8,63	8,67	38,31	37,95	38,88
CENIZAS %	2,58	2,48	2,52	1,70	1,54	1,54
PROTEINA %	47,50	48,28	47,50	16,23	16,69	17,16
GRASA %	32,85	32,32	32,54	35,01	33,74	34,67
FIBRA %	2,76	2,67	2,56	1,66	1,45	1,41
CARBOHIDRATO %	5,65	5,62	6,21	7,09	8,63	6,34
ENERGIA KCAL/100g	508,25	506,48	507,70	408,37	416,37	406,03
pH	4,5	4,5	4,6	5,7	5,8	5,8
Acidez % (Exp. Ac. Sulfúrico)	0,142	0,135	0,138	0,11	0,11	0,11

METODOS UTILIZADOS EN LABORATORIO:

- AOAC. 1990

CONCLUSIÓN : Los resultados Físico Químicos están conformes.

Puno, C.U. 24 de Julio del 2019



Oswaldo Alpasi Alca
 INGENIERO AGROINDUSTRIAL
 C.T.P. 146625