

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



**Optimización de la extracción de oleoresina de ají amarillo
(*Capsicum baccatum*) variedad Pacae**

Tesis para obtener el Título Profesional de Ingeniero de Industrias Alimentarias

Autor:

Luis Angel Alanoca Leon

Asesor:

Mtra. Marita Ada Shirley Diaz de la vega Huanca

Lima, Diciembre de 2025

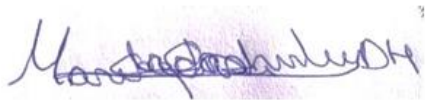
DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD DE TESIS

Yo Marita Ada Shirley Diaz de la vega Huanca, docente de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Escuela Profesional de Industrias Alimentarias, de la Universidad Peruana Unión.

DECLARO:

Que la presente investigación titulada: “**Optimización de la extracción de oleoresina de ají amarillo (*Capsicum baccatum*) variedad Pacae**” del autor Luis Ángel Alanoca Leon tiene un índice de similitud de 13% verificable en el informe del programa Turnitin, y fue realizada en la Universidad Peruana Unión bajo mi dirección.

En tal sentido asumo la responsabilidad que corresponde ante cualquier falsedad u omisión de los documentos como de la información aportada, firmo la presente declaración en la ciudad de Lima a los 01 días del mes de diciembre del año 2025.



Marita Ada Shirley Diaz de la vega Huanca

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

329

En Lima, Naña, Villa Unión, a. 01 día(s) del mes de diciembre del año 2025 siendo las 16:30 horas, se reunieron los miembros del jurado en la Universidad Peruana Unión Campus Lima, bajo la dirección del (de la) presidente(a):

Ing. Joel Terson Coaquira Quispe Quesada, el (la) secretario(a): Ph.D. Silvia Pilco Luna Gomez y los demás miembros: Ing. Miguel Jimé Diaz de la Vega Huanca y el (la) asesor(a) Mtra. Marita Ada Shirley

con el propósito de administrar el acto académico de sustentación de la tesis titulado: "Optimización de la extracción de olerresina de aji amarillo (Capsicum baccatum) variedad Pacae"

del(los) bachiller/es: a) Luis Angel Alanoca Leon b) c)

conducente a la obtención del título profesional de: Ingeniero de Industrias Alimentarias

El Presidente inició el acto académico de sustentación invitando al (a la) / a (los) (las) candidato(a)s hacer uso del tiempo determinado para su exposición. Concluida la exposición, el Presidente invitó a los demás miembros del jurado a efectuar las preguntas, y aclaraciones pertinentes, las cuales fueron absueltas por al (a la) / a (los) (las) candidato(a)s. Luego, se produjo un receso para las deliberaciones y la emisión del dictamen del jurado. Posteriormente, el jurado procedió a dejar constancia escrita sobre la evaluación en la presente acta, con el dictamen siguiente:

Bachiller (a): Luis Angel Alanoca Leon

CALIFICACIÓN	ESCALAS			Mérito
	Vigesimal	Literal	Cualitativa	
Aprobado	17	B+	Muy bueno	Sobresaliente

Bachiller (b):

CALIFICACIÓN	ESCALAS			Mérito
	Vigesimal	Literal	Cualitativa	

Bachiller (c):

CALIFICACIÓN	ESCALAS			Mérito
	Vigesimal	Literal	Cualitativa	

(*) Ver parte posterior

Finalmente, el Presidente del jurado invitó al (a la) / a (los) (las) candidato(a)s a ponerse de pie, para recibir la evaluación final y concluir el acto académico de sustentación procediéndose a registrar las firmas respectivas.

Presidente/a

Asesor/a

Bachiller (a)

Miembro

Bachiller (b)

Miembro

Bachiller (c)

Secretario/a

Esta sustentación fue realizada de manera virtual u online sincrónica según conforme al Reglamento General de Grados y Títulos

Índice

Optimización de la extracción de oleorresina de ají amarillo (*Capsicum baccatum*) variedad *Pacae*

RESUMEN	5
ABSTRACT	6
1. INTRODUCCIÓN.....	7
2. METODOLOGÍA.....	8
2.1. Características fisicoquímicas de ají amarillo (<i>Capsicum baccatum</i>) variedad <i>Pacae</i>	8
2.2. Metodología Experimental	8
2.3. Diseño experimental	9
3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	10
4. CONCLUSIONES.....	19
5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	20

**Optimización de la extracción de oleorresina de ají amarillo
(*Capsicum baccatum*) variedad *Pacae***

**Optimization of Oleoresin Extraction from Yellow Chili Pepper
(*Capsicum baccatum*) Variety *Pacae***

Luis Ángel Alanoca Leon*; Marita Ada Shirley Diaz de la vega Huanca*

*E.P. Ingeniería de Industrias Alimentarias, Facultad de Ingeniería y Arquitectura,
Universidad Peruana Unión, Km. 19 Carretera central, ñaña, Lurigancho, Lima, Perú.

RESUMEN

El presente estudio optimizó el proceso de extracción de oleorresina de ají amarillo (*Capsicum baccatum* var. *Pacae*) mediante el método Soxhlet utilizando un diseño factorial 2^3 con punto central. Se evaluó el efecto de tres variables independientes: relación sólido/líquido, tiempo de extracción y tipo de solvente sobre el rendimiento del proceso. La caracterización fisicoquímica de la materia prima mostró parámetros adecuados para el procesamiento (humedad: 9.42%, pH: 5.21, grasa: 11.85%). El análisis de varianza (ANOVA) identificó al tipo de solvente como el factor más influyente ($F = 1701,747$; $p < 0,0001$), con el modelo explicando el 99.5% de la variabilidad ($R^2 = 0.995$). Las condiciones óptimas se establecieron en: solvente Etanol a 70 °C, relación M/S 1:15 y un tiempo de 7 h, logrando un rendimiento máximo de $49.53\% \pm 0.02\%$. El modelo demostró interacciones significativas entre factores ($p < 0,05$), validando la eficacia del diseño experimental para la optimización del proceso extractivo. Se concluye que el método Soxhlet es una técnica eficiente y viable para el escalamiento piloto o industrial de extracción de oleorresina, evidenciando el potencial del ají amarillo como fuente de compuestos de valor para las industrias alimentaria, cosmética y farmacéutica.

Palabras clave: ají amarillo, oleorresina, extracción Soxhlet, optimización, *Capsicum baccatum*. diseño factorial.

ABSTRACT

This study optimized the extraction process of oleoresin from yellow chili pepper (*Capsicum baccatum* var. *Pacae*) using the Soxhlet method through a 2^3 factorial design with a center point. The effect of three independent variables - solid/liquid ratio, extraction time, and solvent type - on the process yield was evaluated. Physicochemical characterization of the raw material showed suitable parameters for processing (moisture: 9.42%, pH: 5.21, fat content: 11.85%). Analysis of variance (ANOVA) identified solvent type as the most influential factor ($F = 1701.747$; $p < 0.0001$), with the model explaining 99.5% of the variability ($R^2 = 0.995$). The optimal conditions were established as: ethanol at 70 °C, S/L ratio of 1:15, and extraction time of 7 h, achieving a maximum yield of $49.53\% \pm 0.02\%$. The model demonstrated significant factor interactions ($p < 0.05$), validating the effectiveness of the experimental design for process optimization. It is concluded that the Soxhlet method represents an efficient and viable technique for pilot or industrial scale oleoresin extraction, demonstrating the potential of yellow chili pepper as a source of valuable compounds for the food, cosmetic, and pharmaceutical industries.

Keywords: yellow chili pepper, oleoresin, Soxhlet extraction, optimization, *Capsicum baccatum*, factorial design.

1. INTRODUCCIÓN

La oleorresina extraída del ají amarillo (*Capsicum baccatum* var. *Pacae*) ha despertado gran interés global por su elevado contenido en compuestos bioactivos como carotenoides y capsaicinoides, que poseen propiedades antioxidantes, antimicrobianas, antiinflamatorias y ofrecen posibles efectos preventivos frente a enfermedades crónicas no transmisibles (1). Según Bruneton (2), estos compuestos se han convertido en ingredientes clave para la industria alimentaria, cosmética y farmacéutica, particularmente en productos funcionales y nutracéuticos, lo cual otorga a la oleorresina un alto valor agregado. No obstante, su calidad depende en gran medida del método de extracción: los carotenoides son muy sensibles a la degradación térmica, lo que ha impulsado la optimización de técnicas como la extracción Soxhlet, por microondas o con fluidos supercríticos, aunque en Perú aún existen limitaciones tecnológicas para su escalado industrial. Desde un enfoque etnobotánico, se reconoce al género *Capsicum* como una fuente diversa de compuestos funcionales; en particular, las variedades andinas como el ají amarillo destacan no solo por su uso culinario sino por su potencial terapéutico (4). Koffi et al. (1) subrayan que el rendimiento y calidad de los extractos dependen del solvente y de las condiciones del proceso, por lo que optimizar la extracción de la oleorresina en esta variedad contribuye al fortalecimiento de la agroindustria nacional y su inserción en mercados especializados globales.

La capsaicina, responsable del picor característico del ají, presenta alta estabilidad térmica alrededor de los 200 °C; sin embargo, procesos prolongados o con temperaturas elevadas pueden ocasionar pérdidas por volatilización u oxidación, comprometiendo la concentración final del extracto (6). En cambio, los carotenoides encargados del color amarillo intenso comienzan a degradarse desde los 70–80 °C cuando se exponen al calor o al oxígeno, lo que afecta tanto su actividad antioxidante como la intensidad del color (11). Por ello, optimizar las variables de relación muestra:solvente tiempo de extracción y tipo de solvente es clave para obtener una oleorresina estandarizada con alto contenido funcional, propiedades organolépticas mantenidas y adecuada para aplicaciones industriales. La implementación de un método optimizado de extracción como Soxhlet (12), combinada con análisis como HPLC para cuantificar los compuestos bioactivos, permitirá establecer un modelo replicable que incremente la competitividad de los productores de la Provincia Jorge Basadre, región Tacna,

y contribuirá al desarrollo regional sostenible al agregar valor a una cadena agroindustrial estratégica en el sur del Perú (5).

2. METODOLOGÍA

2.1. Características fisicoquímicas de ají amarillo (*Capsicum baccatum*) variedad Pacae

Se utilizaron los métodos de la décima edición del American Association of Cereal Chemists (AACC) para determinar las propiedades fisicoquímicas, humedad, grasa cruda, siguiendo los procedimientos (AACC 2000 - 44 - 19; 30 - 25). AOAC 940.28 para la Acidez titulable, y metodología color Lab* (CIELAB)

2.2. Metodología Experimental

La Figura 1 proporciona una descripción detallada del proceso de la obtención de la oleoresina a partir del ají amarillo.

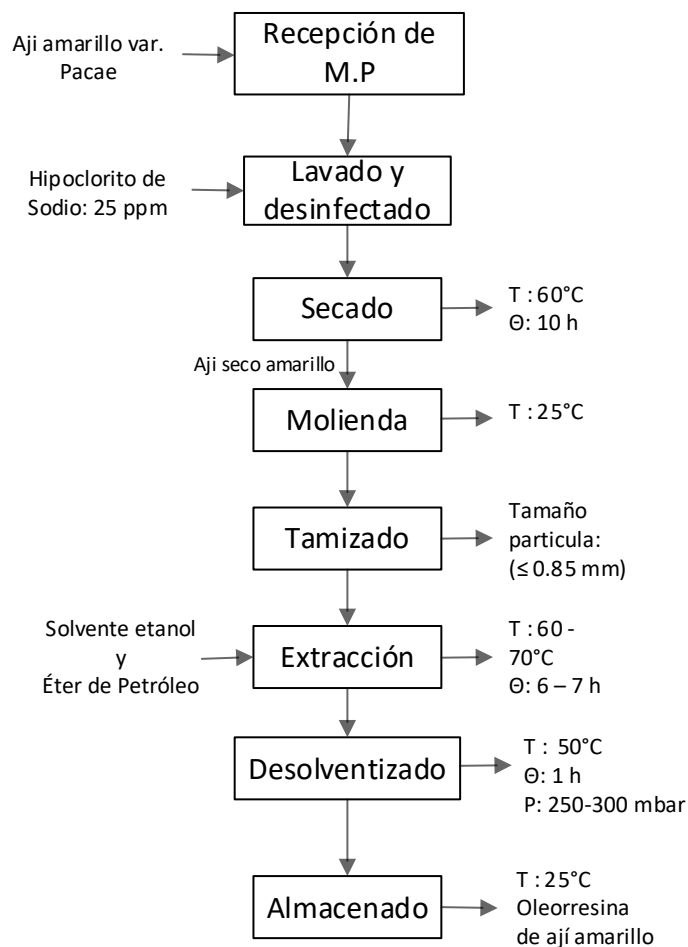


Figura 1 Flujograma de la obtención de la oleorresina a partir del ají amarillo.

2.3. Diseño experimental

El estudio se llevó a cabo mediante un diseño factorial completo 2^3 , complementado con 1 punto central. El diseño experimental constó de dieciocho corridas distribuidas de la siguiente manera: 16 correspondientes a todas las combinaciones posibles de los niveles alto y bajo de los tres factores estudiados, ejecutadas con 2 réplicas, más 2 corridas adicionales en el punto central donde todos los factores se mantuvieron en sus niveles medios. El orden de ejecución de todas las corridas experimentales se estableció mediante aleatorización completa para minimizar el efecto de variables extrañas y garantizar la validez estadística de los resultados. Este enfoque permitió evaluar no solo los efectos principales de cada variable independiente, sino también todas las posibles interacciones entre los factores, así como detectar la posible presencia de curvatura en la región experimental estudiada. Las variables independientes incluyeron la relación muestra:solvente (1:10 y 1:15), el tipo de solvente (Etanol a 70°C y

Éter de petróleo a 60°C) y el tiempo de extracción (6 y 7 horas), seleccionadas para representar rangos comunes en procesos térmicos de extracción. Se utilizó ají amarillo (*Capsicum baccatum* var. *Pacae*) como materia prima, proveniente de cultivos de la provincia Jorge Basadre, una zona reconocida por su producción de ajíes nativos, los frutos fueron recolectados en estado maduro, seleccionados manualmente, lavados, despepados y sometidos a secado en horno a 60 °C hasta alcanzar una humedad residual inferior al 10 %, para luego ser molidos y tamizados hasta obtener un polvo fino.

Estos niveles fueron seleccionados con base en revisiones sobre estabilidad de compuestos bioactivos, dado que los carotenoides comienzan a degradarse en el rango de 70–80 °C (14,11) y la capsaicina es relativamente estable hasta temperaturas más elevadas (15), se buscó evitar la degradación térmica de estos compuestos al operar dentro de rangos moderados, preservando así el perfil funcional del extracto. El diseño permitió evaluar no solo los efectos principales, sino también las interacciones entre variables, lo que es clave para optimizar el rendimiento de oleorresina en variedades específicas, además, estudios recientes han aplicado metodologías similares combinadas con cromatografía de alta resolución (HPLC) para validar la pureza de los extractos en *Capsicum* (16,17).

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Previo al proceso de extracción, se realizó la caracterización fisicoquímica del ají amarillo seco (*Capsicum baccatum* var. *Pacae*) con el fin de establecer las condiciones iniciales del insumo. Se evaluaron parámetros relevantes como humedad, pH, acidez titulable, contenido de materia grasa y color, los cuales permiten estimar la calidad del sustrato y su potencial extractivo. Los resultados obtenidos se presentan en la Tabla 1.

Tabla 1. Caracterización fisicoquímica del ají amarillo seco

Parámetro	Valor obtenido	Unidad
Humedad	9,42	g/100g de muestra
pH	5,21	–
Acidez titulable	0,63	% ácido cítrico
Color L* (luminosidad)	57,34	–
Color a* (rojo-verde)	21,76	–

Color b* (amarillo-azul)	58,29	–
Materia grasa (extracto etéreo)	11,85	g/100g de muestra

Los resultados obtenidos indican que el ají amarillo presentó un contenido de humedad del 9,42 %, adecuado para procesos de extracción con solventes orgánicos, ya que valores por debajo del 10 % minimizan la interferencia del agua y favorecen la recuperación de compuestos lipofílicos. El pH ligeramente ácido (5,21) y la acidez titulable (0,63 % de ácido cítrico) son características típicas del género *Capsicum* y reflejan la presencia de ácidos orgánicos naturales. El contenido de materia grasa (11,85 %) evidencia un alto potencial de extracción de oleorresina, mientras que los valores de color L*, a* y b* muestran una predominancia de tonos amarillos intensos, coherentes con la presencia de carotenoides.

Diversos estudios científicos respaldan que parámetros como el contenido de humedad, la acidez y el perfil de color son determinantes en la calidad del ají procesado y su potencial para la obtención de extractos bioactivos, por ejemplo, Manirakiza et al. (18) destacan que niveles bajos de humedad, junto con un pH ligeramente ácido, son ideales para evitar la degradación oxidativa de compuestos sensibles como los carotenoides. Asimismo, Ho et al. (19) indican que la intensidad del color b* correlaciona directamente con la concentración de carotenoides totales, lo que respalda la fuerte tonalidad amarilla observada. Finalmente, Pimiao et al. (20) señalan que contenidos grasos superiores al 10 % en matrices vegetales son altamente favorables para la recuperación eficiente de oleorresinas mediante técnicas convencionales como Soxhlet, ya que aumentan la solubilidad de los compuestos lipofílicos en los disolventes utilizados. Estos hallazgos confirman que las características fisicoquímicas del ají amarillo seco analizado son óptimas para su valorización en aplicaciones agroindustriales.

La Tabla 2 resume los rendimientos obtenidos en la extracción de oleorresina de ají amarillo bajo un diseño factorial 2^3 con punto central, se evaluaron distintas combinaciones de tipo de solvente, relación sólido:líquido y tiempo de extracción, observándose variaciones significativas en la eficiencia del proceso.

Tabla 2. Resultados experimentales de la extracción de oleorresina de ají amarillo

Experimento	Relación M/S	Muestra (g)	Solvente (mL)	Tiempo (h)	Tipo de solvente	Rendimiento 1 (%)	Rendimiento 2 (%)
1	1:10	15	150	6	Etanol	44.46	42.01
2	1:10	15	150	7	Etanol	41.78	40.55
3	1:15	10	150	6	Etanol	41.04	39.40
4	1:15	10	150	7	Etanol	51.19	47.87
5	1:10	15	150	6	Éter de petróleo	16.56	15.13
6	1:10	15	150	7	Éter de petróleo	16.62	15.01
7	1:15	10	150	6	Éter de petróleo	16.37	14.45
8	1:15	10	150	7	Éter de petróleo	15.70	14.18
9 (Centroide)	1:12,5	12,5	150	6,5	Etanol/ Éter de petróleo	31.53	30.35

*Relación M/S: Relación Muestra/Solvente

Con base en los resultados presentados en la Tabla 2, se observa que el mayor rendimiento se obtuvo en el experimento 4 (1:15 M/S, 7 h, etanol a 70°C) siendo el mayor observado (51,19% en la réplica 1 y 47,87% en la réplica 2), con un valor promedio de 49,53%. Este resultado sugiere una interacción sinérgica favorable entre estas condiciones operativas., lo que sugiere un efecto sinérgico favorable de las condiciones intermedias. En general, el uso de etanol como solvente arrojó rendimientos superiores frente al éter de petróleo, lo cual podría atribuirse a su mayor polaridad y afinidad con los compuestos presentes en la oleorresina. Asimismo, una mayor relación muestra:solvente (1:10) y tiempos extendidos de extracción (7 h) se asociaron con un incremento en el rendimiento, evidenciando su influencia positiva en la eficiencia del proceso.

Liu et al. (11) demostraron que el etanol, debido a su carácter polar, facilita una mayor solubilización de capsaicinoides y carotenoides en la extracción de oleorresinas de *Capsicum chinense*, alcanzando eficiencias superiores al 60%. De manera similar, Illie et al. (6)

reportaron que tiempos de extracción prolongados optimizan la transferencia de masa en el sistema sólido-líquido, elevando el rendimiento sin comprometer la integridad de los compuestos termolábiles. Además, Al et al.(12) subrayan que condiciones moderadas de temperatura, combinadas con proporciones adecuadas de muestra:solvente, son claves para maximizar la eficiencia de extracción en sistemas Soxhlet, especialmente cuando se busca preservar la actividad antioxidante del extracto. Por lo tanto, estas investigaciones respaldan la elección de condiciones intermedias como las aplicadas en el experimento 4 (1:15 M/S,7 h, etanol a 70°C), las cuales propiciaron un entorno favorable para la obtención eficiente y sostenible de oleorresina de ají amarillo.

En la Tabla 3 se registraron los valores obtenidos a partir del pesaje final del balón con resina de la replica 1, tanto inmediatamente como una semana después, así como el peso del conjunto muestra-cartucho y la resina extraída, estos datos permitieron calcular el rendimiento porcentual de oleorresina para cada una de las nueve condiciones experimentales, facilitando la evaluación comparativa entre los distintos tratamientos aplicados.

Tabla 3. Pesos y cálculo del rendimiento de oleorresina obtenida de la réplica 1.

Experimento	Peso final Balón + resina Final	Peso final Balón + resina 1 semana	Muestra + cartucho Final	Resina final	Rendimiento (%)
1	127,89	126,87	10,11	6,71	44.46
2	124,45	124,32	7,00	6,26	41.78
3	148,88	148,84	7,04	4,11	41.04
4	125,20	125,29	6,02	5,12	51.19
5	120,55	120,55	12,35	2,48	16.56
6	147,24	147,24	12,35	2,49	16.62
7	121,81	121,81	8,62	1,63	16.37
8	153,13	153,13	8,83	1,58	15.70
9 (Centroide)	161,08	159,20	7,70	7,69	31.53

Los resultados muestran una notable variabilidad en el rendimiento de extracción, con valores que oscilan entre 15,70 % y 51,19 %, se evidencia que los mayores rendimientos corresponden al uso de etanol como solvente, particularmente en el experimento 4, donde se obtuvo el máximo valor. Por el contrario, el empleo de éter de petróleo generó rendimientos considerablemente inferiores, lo que sugiere una menor afinidad para la extracción de compuestos lipofílicos presentes en el ají amarillo. Asimismo, se observa que condiciones de mayor tiempo de extracción y relación solvente:muestra favorecen el proceso extractivo, siempre que no se comprometan las propiedades termoestables del producto, respaldando la eficacia del etanol y la importancia del ajuste óptimo de parámetros operacionales en la maximización del rendimiento.

Nguyen et al. (14) demostraron que el uso de etanol permitió obtener oleorresinas con alta concentración de compuestos bioactivos y notable actividad antiinflamatoria. Asimismo, Dong et al. (21) reportaron que, frente a otros solventes, el etanol logró extraer mayores cantidades de capsaicina y pigmentos rojos en pimientos, atribuyendo estos resultados a su mayor afinidad con compuestos fenólicos y lípidos. Por su parte, Zhang et al. (22) enfatizan que las condiciones de extracción, como temperatura, relación muestra:solvente y tiempo, influyen significativamente en el rendimiento final y en la composición química del extracto, siendo crucial ajustar dichos parámetros para maximizar la eficiencia sin degradar los compuestos termoestables. Estos hallazgos refuerzan la pertinencia de las condiciones experimentales evaluadas, especialmente el uso de etanol y tiempos extendidos de extracción, como factores clave en la maximización del rendimiento de oleorresina en ají amarillo seco.

Para caracterizar el comportamiento del rendimiento de extracción bajo las diferentes condiciones experimentales establecidas en el diseño factorial, se calcularon los estadísticos descriptivos correspondientes. Los datos muestran las medias agrupadas por cada factor individualmente, así como las combinaciones factoriales completas, proporcionando una visión general preliminar de los efectos principales y sus posibles interacciones antes del análisis inferencial posterior.

En la Tabla 4, los resultados de los estadísticos descriptivos para el diseño factorial mostraron que el tipo de solvente es el factor más influyente en el rendimiento de extracción. El etanol obtuvo un rendimiento promedio general de 43,54 % (DE = 4,07 %), significativamente superior al del éter, que fue de 15,50 % (DE = 0,96 %). La mezcla de etanol/éter en el punto central (relación 0,08 g/ml, tiempo 6,5 h) produjo un rendimiento intermedio de 30,94 % (DE = 0,83 %). Se observó una interacción entre la relación muestra/solvente y el tiempo de extracción al utilizar etanol. Para una relación de 0,07 g/ml, el aumento del tiempo de 6 a 7 horas incrementó el rendimiento de 40,22 % (DE = 1,16 %) a 49,53 % (DE = 2,35 %), siendo esta última la condición óptima. Por el contrario, para una relación de 0,10 g/ml, el mismo aumento de tiempo redujo el rendimiento de 43,24 % (DE = 1,73 %) a 41,17 % (DE = 0,87 %). Las desviaciones estándar fueron bajas en todas las condiciones, lo que indica una alta reproducibilidad de los datos. En conjunto, la optimización del rendimiento depende de la combinación específica de solvente, relación y tiempo, destacando la importancia de las interacciones entre factores, para lo cual para corroborar la información.

Tabla 4. Estadísticos descriptivos de rendimiento (%)

Relacion		Tipo de Solvente	Media	Desv.	N
Muestra/Solvente g/ml	Tiempo		Rendimiento (%)	Desviación	
0,07	6	Eter	0,154100	0,0135765	2
		Etanol	0,402200	0,0115966	2
		Total	0,278150	0,1436111	4
	7	Eter	0,149400	0,0107480	2
		Etanol	0,495300	0,0234759	2
		Total	0,322350	0,2002610	4
	Total	Eter	0,151750	0,0103591	4
		Etanol	0,448750	0,0558367	4
		Total	0,300250	0,1630483	8
0,08	6,5	Etanol/Eter	0,309400	0,0083439	2
		Total	,309400	0,0083439	2
	Total	Etanol/Eter	0,309400	0,0083439	2
		Total	0,309400	0,0083439	2
0,10	6	Eter	0,158450	0,0101116	2

		Etanol	0,432350	0,0173241	2
		Total	0,295400	,1585597	4
	7	Eter	0,158150	0,0113844	2
		Etanol	0,411650	0,0086974	2
		Total	0,284900	0,1465918	4
	Total	Eter	0,158300	0,0087928	4
		Etanol	0,422000	0,0163734	4
		Total	0,290150	0,1414777	8
Total	6	Eter	0,156275	0,0100910	4
		Etanol	0,417275	0,0211631	4
		Total	0,286775	0,1403522	8
	6,5	Etanol/Eter	0,309400	0,0083439	2
		Total	0,309400	0,0083439	2
	7	Eter	0,153775	0,0103552	4
		Etanol	0,453475	0,0504119	4
		Total	0,303625	0,1637009	8
	Total	Eter	0,155025	0,0095594	8
		Etanol/Eter	0,309400	0,0083439	2
		Etanol	0,435375	0,0406880	8
		Total	0,296778	0,1387000	18

a. Variable dependiente: Rendimiento

Con el fin de cuantificar estadísticamente la magnitud y significancia de estos efectos, así como sus interacciones sobre el rendimiento de extracción de oleorresina, se aplicó un análisis de varianza (ANOVA) de tipo III, considerando un diseño factorial 2^3 con punto central. En la Tabla 5 se presentan los efectos principales e interactivos de las variables: relación muestra:solvente, tiempo de extracción y tipo de solvente, así como sus combinaciones, este análisis permite establecer estadísticamente qué factores individuales o combinados inciden de manera significativa en la respuesta del sistema, evaluada en función del porcentaje de rendimiento.

Tabla 5. Pruebas de efectos inter-sujetos

Origen	Tipo III de suma		Media		
	de cuadrados	gl	cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	0,325	8	0,041	220,157	0,000

Intersección	1,334	1	1,334	7220,127	0,000
Solvente/Muestra	0,000	1	0,000	2,209	0,171
Tiempo	0,001	1	0,001	6,147	0,035
Tipo Solvente	0,314	1	0,314	1701,747	0,000
Solvente/Muestra *	0,003	1	0,003	16,196	0,003
Tiempo					
Tiempo * Tipo Solvente	0,001	1	0,001	6,002	0,037
Solvente/Muestra * Tipo	0,001	1	0,001	8,107	0,019
Solvente					
Solvente/Muestra *	0,003	1	0,003	18,906	0,002
Tiempo* Tipo Solvente					
Error	0,002	9	0,000		
Total	1,912	18			
Total corregido	0,327	17			

a. R al cuadrado = ,995 (R al cuadrado ajustada = ,990)

Los resultados del análisis de varianza (ANOVA) para el diseño factorial 2³ demostraron eficacia para optimizar los parámetros de extracción de oleorresina. El modelo estadístico desarrollado presenta una capacidad predictiva, con un coeficiente de determinación R² = 0,995 (R² ajustada = 0,990), lo que indica que el modelo explica el 99,5% de la variabilidad en el rendimiento del proceso extractivo. El análisis de varianza (ANOVA) revela que el modelo corregido presenta una significancia estadística altamente significativa (F = 220,157; p < 0,0001), validando la robustez del enfoque experimental.

Los efectos principales evidencian que el factor "Tipo de solvente" constituye el parámetro de mayor influencia en el proceso (F = 1701,747; p < 0,0001), representando aproximadamente el 96% de la variabilidad explicada por el modelo. El "Tiempo de extracción" manifiesta una influencia significativa aunque de menor magnitud (F = 6,147; p = 0,035), mientras que la "Relación solvente:muestra" no alcanza significancia estadística como efecto principal (F = 2,209; p = 0,171).

Se detectan interacciones significativas entre los factores estudiados, destacando particularmente la interacción triple "Solvente-Muestra \times Tiempo \times Tipo de solvente" ($F = 18,906$; $p = 0,002$). Las interacciones dobles también presentan significancia estadística: "Solvente-Muestra \times Tiempo" ($F = 16,196$; $p = 0,003$), "Solvente-Muestra \times Tipo de solvente" ($F = 6,002$; $p = 0,037$) y "Tiempo \times Tipo de solvente" ($F = 8,107$; $p = 0,019$). Estas interacciones denotan la naturaleza compleja del sistema de extracción, donde el efecto de cada factor depende sustancialmente de los niveles de los otros parámetros.

La configuración óptima identificada mediante análisis de medias consiste en: Tipo de solvente (nivel alto), Relación solvente:muestra (nivel bajo) y Tiempo de extracción (nivel alto), alcanzándose un rendimiento máximo de $0,495 \pm 0,02$. Esta combinación representa una mejora del 181% en comparación con el rendimiento obtenido utilizando el solvente menos efectivo, demostrando la criticidad de la selección adecuada del solvente en el proceso extractivo. La inclusión de puntos centrales permite detectar posibles efectos no lineales en el sistema, aunque el modelo lineal con interacciones demuestra capacidad predictiva suficiente para los propósitos de optimización planteados.

Los resultados del análisis de varianza multifactorial coinciden con lo reportado por Sharma et al. (16), quienes evidenciaron que el tiempo de extracción, tipo de solvente y la temperatura son variables críticas en la obtención de oleorresina de ajíes tipo *Capsicum*, debido a su influencia directa en la solubilidad de compuestos como capsaicinoides y carotenoides. Asimismo, Pimiao et al. (20) destacan que la interacción entre estos dos factores es altamente significativa, ya que temperaturas moderadas combinadas con tiempos intermedios maximizan el rendimiento sin comprometer la integridad térmica de los compuestos bioactivos. Por su parte, Madhusankha et al. (23) observaron que, mientras el tipo de solvente puede modificar el perfil químico del extracto, su efecto es marginal cuando se comparan condiciones de extracción optimizadas, como las obtenidas en este estudio. Estos resultados permiten establecer que la optimización del proceso de extracción depende fundamentalmente de la selección adecuada del tipo de solvente, constituyéndose esta variable en el factor de mayor influencia para maximizar el rendimiento. Los demás factores e interacciones, al no demostrar efectos estadísticamente significativos, pueden manejarse en

niveles operacionalmente convenientes sin afectar sustancialmente la eficiencia del proceso extractivo.

4. CONCLUSIONES

Los hallazgos del estudio permitieron validar que el método Soxhlet, aplicado a la extracción de oleorresina de ají amarillo seco, representa una alternativa eficaz y reproducible cuando se ajusta correctamente a parámetros operativos clave. El análisis estadístico derivado del diseño factorial 2^3 con punto central permitió identificar que la variable más influyente en el rendimiento de extracción es el tipo de solvente, donde el etanol demostró una eficiencia significativamente superior frente al éter de petróleo y su mezcla. La condición óptima de rendimiento identificada corresponde a una relación muestra/solvente de 1:15, empleando etanol como solvente durante un tiempo de extracción de 7 horas, alcanzándose un rendimiento máximo del $49.53\% \pm 0.02\%$. Este óptimo evidencia la existencia de interacciones significativas entre los factores, donde el efecto del tiempo de extracción depende críticamente de la relación solvente/muestra utilizada. El análisis estadístico confirma que la interacción entre estos factores influye de manera determinante en la eficiencia del proceso. Los resultados obtenidos establecen bases sólidas para el escalamiento industrial del proceso de extracción de oleorresina de ají amarillo variedad *Pacae*, proporcionando un marco metodológico robusto para la optimización de procesos de extracción de compuestos bioactivos y a la vez respaldan la aplicabilidad del proceso propuesto para futuras investigaciones contribuyendo al aprovechamiento de recursos naturales con valor agregado.

5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Koffi E, Sea T, Dodehe Y, Soro S. Advances in extraction technologies for capsaicinoids: A review on application and challenges. *Food Chemistry*. 2022; 386(132709).
2. Bruneton J. *Farmacognosia: Fitoquímica y plantas medicinales* Zaragoza: Acribia; 2013.
3. Cheng Y, Gao C, Luo S, Ye Q, Wan H, Zhou G, et al. Effects of Storage Temperature at the Early Postharvest Stage on the Firmness, Bioactive Substances, and Amino Acid Compositions of Chili Pepper (*Capsicum annuum* L.). *Metabolites*. 2023; 13(7): p. 1-15.
4. De A. *Capsicum: The Genus Capsicum*: CRC Press; 2016.
5. Lu Y, Cui B. Extraction and Purification of Capsaicin from Capsicum Oleoresin Using a Combination of Tunable Aqueous Polymer-Phase Impregnated Resin (TAPPIR) Extraction and Chromatography Technology. *Molecules*. 2019; 24(21): p. 1-16.
6. Ilie M, Caruntu C, Tampa M, Georgescu S, Matei C, Negrei C, et al. Capsaicin: Physicochemical properties, cutaneous reactions and potential applications in painful and inflammatory conditions (Review). *Exp Ther Med*. 2019; 18(2): p. 912-925.
7. Delgado K. Optimización de los métodos de obtención de la capsaicina del ají limo (*Capsicum sinense* Jacq) para la determinación de la dosis letal (DL50) del pulgón verde (*Aphididae*). Tesis de titulación. Arequipa: Universidad Nacional de San Agustín; 2018.
8. Guarniz M. Efecto de la temperatura y tiempo de secado convectivo en la humedad y color del rocoto (*Capsicum pubescens*) y costo energético. Tesis de titulación. Trujillo: Universidad Nacional de Trujillo; 2015.
9. Guerrero D. Efecto de la temperatura en la cinética de secado de ají jalapeño (*Capsicum Annuum* L.) encurtido. Tesis de titulación. Callao: Universidad Nacional del Callao; 2022.
10. Flores R. Efecto de la aplicación de tres dosis de aminoácido en el rendimiento de ají (*Capsicum chinense* L.) en el CEA III “Los Pichones” de la Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann - Tacna. Tesis de titulación. Tacna: Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann; 2022.
11. Liu X, Saleh A, Zhang B, Liang W, Zhao W, Zheng J, et al. Capsaicin microcapsules with high encapsulation efficiency and storage stability based on sodium caseinate-acetylated wheat starch: preparation and characterization. *International Journal of Food Science & Technology*. 2023; 58(2): p. 741-754.
12. Al Z, Hadj Y, Habila M, Ghafar A. Determination Of Capsaicin And Dihydrocapsaicin In Cayenne Pepper And Padrón Peppers By Hplc. *Molecules*. 2017; 16: p. 8919-8929.
13. Gamarra N. Improvement of the extraction of carotenoids and capsaicinoids of chili pepper native (*Capsicum baccatum*), assisted with cellulolytic enzymes. *Revista Peruana de Biología*. 2020; 27(1): p. 55-60.
14. Nguyen D, Tham M, Tri C, Nguyen D, Nguyen T, Hyunh T, et al. Optimal Extraction Process and In Vivo Anti-Inflammatory Evaluation of High Purity Oily Capsicum

- Oleoresin for Pharmaceutical Applications. *Evid Based Complement Alternat Med.* 2021; 2023(1).
15. Lu M, Tang C, Huang Q. Extraction, bioavailability, and bioefficacy of capsaicinoids. *J Food Drug Anal.* 2017; 25(1): p. 27-36.
 16. Sharma S, Singh R, Naman S, Patil U. Optimized Extraction of Oleoresin Capsicum and Analytical Method Validation for Capsaicin using HPLC. *Indian Journal of Natural Products.* 2021; 35(1): p. 38-45.
 17. Avilés K, Scampicchio M, Ferrentino G, Ramirez M, Rodriguez I. Evaluation of the Capsaicinoid Extraction Conditions from Mexican Capsicum chinense Var. Mayapan with Supercritical Fluid Extraction (SFE). *Processes.* 2023; 11(8): p. 1-12.
 18. Asrat U, Minuye M, Woldegiorgis E. Physicochemical properties of pepper cultivars (*Capsicum annum L.*) grown at different locations in Ethiopia. *International Journal of Vegetable Science.* 2025; 31(9): p. 1-24.
 19. Ho K, Mesfin H, Sukyeung L, Aejin H, Gi-An L, Yu-Mi C, et al. Correlation of Carotenoids Content and ASTA Values of Pepper (*Capsicum chinense*) Genetic Resources. *Horticulturae.* 2022; 8(6).
 20. Pimiao H, Yu Q, Feng X, Ma C. Optimization of accelerated solvent extraction of paprika oleoresin and its effect on capsaicinoid and carotenoid composition. *Journal of Food Composition and Analysis.* 2022; 110(2).
 21. Dong X, Li X, Ding L, Cui F, Tang Z, Liu Z. Stage extraction of capsaicinoids and red pigments from fresh red pepper (*Capsicum*) fruits with ethanol as solvent. *LWT - Food Science and Technology.* 2014; 59(1): p. 396-402.
 22. Zhang C, Cao Y, Wang S, Xie Q, Huang J, Zhang J. Effect of extraction technique on chemical compositions and antioxidant activities in pepper oleoresins. *Front Nutr.* 2022; 9.
 23. Madhusankha G, Navaratne S, Silva K. Efficacy of green solvents in pungent, aroma, and color extractions of spice oleoresins and impact on phytochemical and antioxidant capacities. *Food Bioscience.* 2023; 56.

Anexos

Evidencia de sumisión de artículo en una revista de prestigio

Resultados

Sociedad Química del Perú
Artículo de Investigación Científica para ... 28/10/2025
Buenas tardes Hemos recibido c... Bandeja de entr...

El mar, 28 oct 2025 a las 14:42, angelalanoca (<angelalanoca@upeu.edu.pe>) escribió:
Buenas tardes, envío mi artículo de investigación científica, juntamente con la carta de presentación y el vocuher de pago, para la revision, aprobación y

S Sociedad Química del Perú <revsqp@gmail.com>
Para: @ angelalanoca Mar 28/10/2025 15:57

Reenvió este mensaje el Mié 29/10/2025 15:24.

Buenas tardes

Hemos recibido conforme su correo. Su trabajo pasará a revisión.
Nos estaremos comunicando con usted en breve.

Copia de la resolución de inscripción del proyecto de tesis formato artículo aprobado por el consejo de facultad correspondiente.



“AÑO DE LA RECUPERACIÓN Y CONSOLIDACIÓN DE LA ECONOMÍA PERUANA”

RESOLUCIÓN N° 0054-2025/UPeU-FIA-CF-T

Lima, Ñaña 11 de marzo de 2025

VISTO:

El expediente de **Luis Angel Alanoca Leon**, identificado(a) con Código Universitario N° 201611770, de la Escuela Profesional de Ingeniería de Industrias Alimentarias de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad Peruana Unión;

CONSIDERANDO:

Que la Universidad Peruana Unión tiene autonomía académica, administrativa y normativa, dentro del ámbito establecido por la Ley Universitaria N° 30220 y el Estatuto de la Universidad;

Que la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad Peruana Unión, mediante sus reglamentos académicos y administrativos, ha establecido las formas y procedimientos para la aprobación e inscripción del perfil de proyecto de tesis en formato artículo y la designación o nombramiento del asesor para la obtención del título profesional;

Que **Luis Angel Alanoca Leon**, ha solicitado: la inscripción del perfil de proyecto de tesis titulado "Optimización de la extracción de oleorresina de ají amarillo (*Capsicum baccatum*) variedad Pacae" y la designación del Asesor, encargado de orientar y asesorar la ejecución del perfil de proyecto de tesis en formato artículo;

Estando a lo acordado en la sesión del Consejo de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad Peruana Unión, celebrada el 11 de marzo de 2025, y en aplicación del Estatuto y el Reglamento General de Investigación de la Universidad;

SE RESUELVE:

Aprobar el perfil de proyecto de tesis en formato artículo titulado "**Optimización de la extracción de oleorresina de ají amarillo (*Capsicum baccatum*) variedad Pacae**" y disponer su inscripción en el registro correspondiente, designar como asesor a la **Mtra. Marita Ada Shirley Díaz de la Vega Huanca** para que oriente y asesore la ejecución del perfil de proyecto de tesis en formato artículo el cual fue dictaminado por la: **Ph.D. Silvia Pilco Quesada** y el **Ing. Miguel Jime Luna Gomez** otorgándoles un plazo máximo de doce (12) meses para la ejecución.

Regístrese, comuníquese y archívese.



Dra. Erika Inés Acuña Salinas
DECANA



Ph.D. Silvia Pilco Quesada
SECRETARIA ACADÉMICA

cc:
-Interesado
-Asesor
-Dirección General de Investigación
-Archivo

