

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA ESTATAL DEL CARCHI



FACULTAD DE INDUSTRIAS AGROPECUARIAS Y CIENCIAS AMBIENTALES

CARRERA DE ALIMENTOS

Tema: “Extracción de luteína a partir de zuquini amarillo (*Cucúrbita Pepo* Var. *Recticollis*) para la microencapsulación y la aplicación en una bebida tipo yogurt”

Trabajo de Integración Curricular previo a la obtención del
título de Ingeniero en Alimentos

AUTORES: Salvador Sánchez Luis Miguel

Zapata Quilumbaquin Erika Lizbeth

TUTORA: Dra. Yambay Vallejo Wilman Jenny. MSc.

Tulcán, 2025.

CERTIFICADO DEL TUTOR

Certifico que los estudiantes Salvador Sánchez Luis Miguel y Zapata Quilumbaquin Erika Lizbeth con el número de cédula 1004739411 y 1755500830 respectivamente, han desarrollado el Trabajo de Integración Curricular: ““Extracción de luteína a partir de zuquini amarillo (*Cucúrbita Pepo Var. Recticollis*) para la microencapsulación y la aplicación en una bebida tipo yogurt”.

Este trabajo se sujeta a las normas y metodología dispuesta en la Codificación del Reglamento de Régimen Académico y de Estudiantes de la UPEC, por lo tanto, autorizo la presentación de la sustentación para la calificación respectiva.

Dra. Yambay Vallejo Wilman Jenny. MSc.

TUTORA

Tulcán, junio de 2025

AUTORÍA DE TRABAJO

El presente Trabajo de Integración Curricular constituye un requisito previo para la obtención del título de Ingeniero en la Carrera de alimentos de la Facultad de Industrias Agropecuarias y Ciencias Ambientales

Nosotros, Salvador Sánchez Luis Miguel y Zapata Quilumbaquin Erika Lizbeth con cédula de identidad número 1004739411 y 1755500830 respectivamente, declaramos que la investigación es absolutamente original, auténtica, personal y los resultados y conclusiones a los que hemos llegado son de nuestra absoluta responsabilidad.



Salvador Sánchez Luis Miguel

AUTOR



Zapata Quilumbaquin Erika Lizbeth

AUTORA

Tulcán, junio de 2025

ACTA DE CESIÓN DE DERECHOS DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

Nosotros Salvador Sánchez Luis Miguel y Zapata Quilumbaquin Erika Lizbeth declaramos ser autor de los criterios emitidos en el Trabajo de Integración Curricular: "Extracción de luteína a partir de zuquini amarillo (*Cucúrbita Pepo Var. Recticollis*) para la microencapsulación y la aplicación en una bebida tipo yogurt", y se exime expresamente a la Universidad Politécnica Estatal del Carchi y a sus representantes de posibles reclamos o acciones legales.

Salvador Sánchez Luis Miguel

AUTOR

Zapata Quilumbaquin Erika Lizbeth

AUTORA

Tulcán, junio de 2025

AGRADECIMIENTO

Queremos expresar nuestro más profundo agradecimiento a Dios, por brindarnos la sabiduría, fortaleza y perseverancia necesarias para culminar con éxito esta etapa académica. A la Universidad Politécnica Estatal del Carchi, por brindarnos las herramientas, conocimientos y espacios de formación que hicieron posible nuestra preparación académica. A la Dra. Jenny Yambay, por su valiosa orientación, paciencia y compromiso durante el desarrollo de este trabajo.

Erika Zapata, Luis Salvador

En primer lugar, agradezco a Dios, por darme el privilegio de seguir esta maravillosa carrera, por brindarme las herramientas necesarias para culminar este trabajo y recordarme que los sueños sí se cumplen cuando se desean con el corazón. A mi madre, por su amor incondicional, por creer siempre en mí y enseñarme los valores que han guiado mi camino. A mi padre, por ser una bendición en mi vida, por sus consejos que me impulsaron a seguir adelante cada día. A mis hermanas, por su constante apoyo y confianza. A mi tío, como un hermano, por sus palabras de aliento y motivación. A mis abuelitos y tíos, por estar siempre presentes y apoyarme sin condiciones. A Luis, mi compañero de tesis, gracias por tu apoyo constante, tu paciencia y por recorrer este camino a mi lado. Esta tesis es fruto no solo de nuestro esfuerzo académico, sino también de todo lo que hemos construido juntos. Cierro esta etapa con el corazón lleno de gratitud, sabiendo que este logro no habría sido posible sin cada una de las personas que me acompañaron y creyeron en mí. Gracias por ser parte de este viaje.

Erika Zapata

Agradecer a Dios, quien nos ha dado la fuerza y la resiliencia para concluir esta etapa académica tan grande. A mis padres Hilda y Miguel, quienes con su esfuerzo y sus valores me han permitido llegar tan lejos; a mis hermanos Silvia, Estalin, Blanca y Martha, quienes con sus palabras me han motivado a continuar y a toda mi familia quienes me han apoyado durante este largo proyecto de formación profesional. A mi compañera y amiga Erika, quien fue parte de esta gran aventura, por hacer de esto una experiencia muy enriquecedora y llevadera, además de haber culminado juntos esta gran iniciativa y poder decirnos que lo logramos.

Luis Salvador

DEDICATORIA

El esfuerzo y dedicación de este trabajo están dedicados a Dios, por ser mi fortaleza en cada paso de este camino, por darme sabiduría en los momentos de incertidumbre y paz en los días difíciles. Sin su guía, este logro no habría sido posible. A mi madre, Nancy Quilumbaquín, por su amor inmenso, su apoyo incondicional y por ser siempre mi mayor ejemplo de entrega y valentía. A mi padre, por su confianza en mí y por enseñarme a nunca rendirme. A mis hermanas y a toda mi familia, gracias por sus palabras de aliento, su compañía y por creer en mí incluso cuando yo dudaba. A mi tutora de tesis, por su dedicación, su paciencia y por guiarme con sabiduría y compromiso durante este proceso académico.

A todos ustedes, gracias por ser parte fundamental de este logro. Este triunfo no es solo mío, sino también de cada uno de ustedes.

Erika Zapata

Este trabajo va dedicado en primer lugar a Dios y nuestro señor Jesucristo por darme la vida, salud y fuerza para poder culminar este gran proyecto. A mis padres y familia entera, quienes han estado ahí apoyándome y de manera especial a mi padre Miguel Salvador, quien desde niño me enseñó el valor del trabajo duro, me inculcó sus valores y me fortaleció con sus enseñanzas, además de ser él quien creyó en mí siempre y en mi propósito de ser profesional, por su apoyo de forma incondicional hasta el último de sus días, ahora solo me queda decirle que lo logré a pesar de los tropiezos de la vida lo he logrado, va dedicado a él quien siempre tuvo su fe en mí y en que lo lograría, gracias padre por motivarme y ser mi motivo para no rendirme, y ser la luz que me guio y protegió hasta el final, gracias por crecer conmigo, ser mi raíz por ayudarme a sobrevivir y como decías por más que crezca siempre seré tu hijo chiquito, tu ingenierito, este logro lo dedico a ti, a tu memoria y a toda nuestra familia.

Luis Salvador

ÍNDICE

RESUMEN	14
ABSTRACT	15
INTRODUCCIÓN	16
I. EL PROBLEMA	17
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	17
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	18
1.3. JUSTIFICACIÓN	18
1.4. OBJETIVOS Y PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN	20
1.4.1. Objetivo General	20
1.4.2. Objetivos Específicos	20
1.4.3. Preguntas de Investigación	20
II. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA	21
2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN	21
2.2. MARCO TEÓRICO	23
2.2.1. Zuquini.....	23
2.2.2. La luteína: beneficios, propiedades, capacidades y funcionalidad.....	26
2.2.3. Método químico de extracción de luteína	28
2.2.4. Método físico de extracción de luteína	29
2.2.5. Aceite de oliva de alto contenido oleico	30
2.2.6. Microencapsulación.....	33
2.2.7. Materiales para encapsulación	34
2.2.8. Yogurt.....	35
2.2.9. Pruebas de evaluación sensorial.....	36
III. METODOLOGÍA	38
3.1. ENFOQUE METODOLÓGICO	38

3.1.1. Enfoque	38
3.1.2. Tipo de Investigación.....	38
3.2. HIPÓTESIS	38
3.3. DEFINICIÓN Y OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES.....	39
3.3.1. Definición de las variables	39
3.3.2. Operacionalización de variables	40
3.4. MÉTODOS UTILIZADOS	42
3.4.1. Formulación testigo para la elaboración de bebida tipo yogurt	42
3.4.2. Etapa 1. Extracción de la luteína	42
3.4.3. Cuantificación de carotenoides.....	47
3.4.4. Etapa 2. Elaboración de yogurt	47
3.4.5. Análisis fisicoquímicos	48
3.4.6. Análisis microbiológicos.....	50
3.4.7. Sensoriales	52
3.5. ANÁLISIS ESTADÍSTICO	53
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	54
4.1. RESULTADOS	54
4.1.1. Rendimiento de la extracción	54
4.1.2. Análisis fisicoquímicos en el yogurt	55
4.1.3. Análisis microbiológico	56
4.1.4. Análisis sensorial.....	56
4.2. DISCUSIÓN	56
4.2.1. Análisis de la materia prima, extracción y microencapsulación de luteína.....	56
4.2.3. Análisis microbiológico	59
4.2.4. Análisis sensorial.....	59
V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	60

5.1. CONCLUSIONES	60
5.2. RECOMENDACIONES.....	60
VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	62
VII. ANEXOS.....	69

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Clasificación sistemática del zuquini.....	23
Tabla 2. Composición nutricional por cada 100 gramos de zuquini	26
Tabla 3. Minerales contenidos por cada 100 gramos de zuquini	26
Tabla 4. Vitaminas presentes por cada 100 gramos de zuquini.....	26
Tabla 5. Valor nutritivo del yogurt	36
Tabla 6. Operacionalización de variables de la primera etapa	40
Tabla 7. Operacionalización de variables de la segunda etapa.....	41
Tabla 8. Formulación de tratamientos experimentales	42
Tabla 9. Rendimiento de luteína mediante extracción Soxhlet y arrastre de vapor ..	54
Tabla 10. Análisis fisicoquímicos en el yogurt	55
Tabla 11. Recuento microbiológico en UFC/g	56
Tabla 12. Análisis de la prueba triangular en el yogurt	56
Tabla 13. ANOVA para humedad en materia prima (zuquini)	87
Tabla 14. ANOVA para grasa del yogurt	87
Tabla 15. ANOVA para proteína del yogurt.....	87
Tabla 16. Tukey para proteína del yogurt	87
Tabla 17. ANOVA para acidez del yogurt	87
Tabla 18. Tukey para acidez del yogurt	87
Tabla 19. ANOVA para pH del yogurt	88
Tabla 20. ANOVA para Brix del yogurt.....	88
Tabla 21. Tukey para Brix del yogurt	88

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Diagrama de flujo para la obtención de la luteína a partir de Soxhlet.....	44
Figura 2. Diagrama de flujo para la obtención de la luteína a partir del método destilación por arrastre de vapor.	46
Figura 3. Diagrama de flujo para la elaboración de bebida tipo yogurt.....	48
Figura 4. Recepción de la materia prima (zuquini)	73
Figura 5. Lavado de la materia prima (zuquini).....	73
Figura 6. Peso de la materia prima (zuquini).....	73
Figura 7. Laminado de la materia prima (zuquini)	73
Figura 8. Deshidratado de la materia prima (zuquini)	73
Figura 9. Materia prima (zuquini) deshidratada	73
Figura 10. Análisis de ceniza de la materia prima (zuquini).....	73

Figura 11. Resultado del análisis de ceniza de la materia prima (zuquini).....	73
Figura 12. Actividad de agua del zuquini	73
Figura 13. Extracción de luteína por método de arrastre de vapor	74
Figura 14. Peso de muestra de zuquini deshidratado después de la extracción.....	74
Figura 15. Resultado de la extracción mediante arrastre de vapor.....	74
Figura 16. Peso de muestra de zuquini deshidratado	74
Figura 17. Peso de muestra de zuquini fresco.....	74
Figura 18. 300 ml de etanol	74
Figura 19. Adición de 300 ml de etanol al balón aforado.....	74
Figura 20. Extracción de luteína con método Soxhlet de la muestra de zuquini deshidratado	74
Figura 21. Extracción de luteína con método Soxhlet de la muestra de zuquini fresco	74
Figura 22. Destilación de la muestra en el rotavaporador	75
Figura 23. Resultado del extracto de luteína	75
Figura 24. Absorbancia y transmitancia de la luteína por espectrofotometría.....	75
Figura 25. Curva espectral de la luteína	75
Figura 26. Polímeros para microencapsular (maltodextrina y goma arábica)	76
Figura 27. Aceite de oliva para emulsionar con los carotenoides	76
Figura 28. Peso de luteína rotavaporada del zuquini fresco.....	76
Figura 29. Peso de luteína rotavaporada del zuquini deshidratado	76
Figura 30. Peso de luteína (8.33 g)	76
Figura 31. Emulsión de luteína con aceite de oliva.....	76
Figura 32. Emulsión de agua con maltodextrina y goma arábica	76
Figura 33. Adición de la fase oleosa sobre la acuosa	76
Figura 34. Reposo de la emulsión por un día	76
Figura 35. Secado de la emulsión.....	77
Figura 36. Proceso de microencapsulación en el equipo Buchi Mini Spray Dryer B-290	77
Figura 37. Obtención de microcápsulas de luteína.....	77
Figura 38. Microscopia óptica de las microcápsulas de luteína.....	77
Figura 39. Recepción de leche.....	78
Figura 40. Cultivo selección Mild I.....	78
Figura 41. Impurezas de la leche	78
Figura 42. Calentar la leche a 85 °C.....	78
Figura 43. Enfriar la leche a 45 °C	78
Figura 44. Peso del cultivo Mild I	78

Figura 45. Fermentación a baño maría por 5 horas.....	78
Figura 46. Peso del saborizante.....	78
Figura 47. Peso del azúcar.....	78
Figura 48. Peso de las microcápsulas de luteína.....	79
Figura 49. Adición del colorante.....	79
Figura 50. Mezcla de todos los ingredientes.....	79
Figura 51. Envasado y refrigeración.....	79
Figura 52. Determinación de grasa por método de Gerber.....	80
Figura 53. Adición de ácido sulfúrico.....	80
Figura 54. Agitación y reposo del butirómetro.....	80
Figura 55. Lectura del butirómetro.....	80
Figura 56. Análisis de proteína (manipulación y pesaje).....	80
Figura 57. Pesaje de muestras.....	80
Figura 58. Peso de las muestras.....	80
Figura 59. Digestión ácida.....	80
Figura 60. Digestión ácida T0.....	80
Figura 61. Digestión ácida T1.....	80
Figura 62. Análisis de °Brix T0.....	80
Figura 63. Análisis de pH T0.....	80
Figura 64. Digestión ácida T1.....	81
Figura 65. Análisis de °Brix T1.....	81
Figura 66. Análisis microbiológico de E. coli.....	82
Figura 67. Análisis microbiológico de coliformes totales.....	82
Figura 68. Análisis microbiológico de mohos y levaduras.....	82
Figura 69. Preparación de muestras.....	83
Figura 70. Agua para catadores.....	83
Figura 71. Colocar las muestras a los catadores.....	83
Figura 72. Colocar las muestras a los catadores.....	83
Figura 73. Análisis sensorial por catadores no entrenados.....	83
Figura 74. Análisis sensorial por catadores no entrenados.....	83

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1. Determinación de carotenoides totales.....	27
Ecuación 2. Determinación de sólidos totales.....	27
Ecuación 3. Determinación de masa de sólidos extraídos.....	27

Ecuación 4. Eficiencia de extracción.....	27
---	----

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Acta de la sustentación de Predefensa del TIC	69
Anexo 2. Certificado del abstract por parte de idiomas	71
Anexo 3. Preparación de la materia prima	73
Anexo 4. Extracción de luteína	74
Anexo 5. Microencapsulación de la luteína	76
Anexo 6. Elaboración de la bebida tipo yogurt.....	78
Anexo 7. Análisis fisicoquímicos.....	80
Anexo 8. Análisis microbiológico.....	82
Anexo 9. Análisis sensorial	83
Anexo 10. Script para realizar el análisis estadístico en RStudio de un DCA	85
Anexo 11. ANOVAS de la investigación	87

RESUMEN

La investigación aborda la extracción de luteína a partir del zuquini amarillo (*Cucúrbita Pepo Var. Reticollis*), su microencapsulación para evitar la degradación por efectos de la luz, oxígeno y temperatura en la incorporación de una bebida tipo yogurt. La luteína es un carotenoide lipofílico de gran interés en la industria alimentaria, nutracéutica y farmacéutica, debido a sus propiedades antioxidantes y su papel fundamental en la salud ocular, especialmente para prevención de enfermedades como la atrofia geográfica y cataratas. La extracción en el zuquini amarillo mediante la metodología por arrastre de vapor fue nula, en contraste con la metodología Soxhlet que se obtuvo 0.2079 mg de luteína en zuquini fresco con 93.54 % humedad y 0.1689 mg de luteína en zuquini deshidratado con 7.99 % humedad. Se microencapsuló la luteína usando matrices de maltodextrina y goma arábiga, junto con aceite de oliva para incorporar a la bebida. Los resultados indicaron que existe diferencia significativa respecto al contenido de proteína, acidez y °Brix del yogurt enriquecido con luteína (T1) y el testigo (T0); en grasa y pH, no se evidencia diferencia. De acuerdo a proteína se obtuvo 3.1925 % para el T1 y 3.1250 % para el T0; acidez, 0.8700 % en el T1 y 0.8125 % en el T0; y °Brix, 13.2250 en el T1 y 11.4250 en el T0. Las bebidas no presentaron coliformes, *E. coli*, mohos y levaduras, cumpliendo con la norma vigente para leches fermentadas NTE INEN 2395: 2011. La prueba triangular aplicada a 60 catadores no entrenados permitió evidenciar que la incorporación de luteína es perceptible respecto a los atributos de olor, sabor y viscosidad. En conclusión, la investigación confirma la viabilidad de extraer luteína del zuquini para su uso en una bebida de yogurt, contribuyendo a la salud ocular y ofreciendo una alternativa nutritiva en el mercado de productos lácteos.

Palabras Claves: Luteína, zuquini amarillo, microencapsulación, yogurt, carotenoide, extracción Soxhlet.

ABSTRACT

The research deals with the extraction of lutein from yellow zuquini (*Cucúrbita Pepo* Var. *Recticollis*), its microencapsulation to stabilize it and avoid its degradation due to the effects of light, oxygen and temperature in the incorporation of a yogurt-like beverage. Lutein is a lipophilic carotenoid of great interest in the food, nutraceutical and pharmaceutical industries, due to its antioxidant properties and its fundamental role in ocular health, especially for the prevention of diseases such as geographic atrophy and cataracts. The extraction in yellow zuquini by vapor entrainment methodology was null, in contrast to the Soxhlet methodology that obtained 0.2079 mg of lutein in fresh zuquini with 93.54 % humidity and 0.1689 mg of lutein in dehydrated zuquini with 7.99 % humidity. Lutein was microencapsulated using maltodextrin and gum arabic matrices, together with olive oil, to stabilize the carotenoid and incorporate it into the beverage. The results indicated that there was a significant difference in protein content, acidity and °Brix between the lutein-enriched yogurt (T1) and the control (T0); there was no difference in fat and pH. According to protein, 3.1925 % was obtained for T1 and 3.1250 % for T0; acidity, 0.8700 % in T1 and 0.8125 % in T0; and °Brix, 13.2250 in T1 and 11.4250 in T0. The beverages were free of coliforms, *E. coli*, molds and yeasts, complying with the current standard for fermented milks NTE INEN 2395: 2011. The triangular test applied to 60 untrained tasters showed that the incorporation of lutein is perceptible with respect to the attributes of odor, flavor and viscosity. In conclusion, the research confirms the feasibility of extracting and stabilizing lutein from zuquini for use in a yogurt drink, contributing to eye health and offering a nutritious alternative in the dairy market.

Keywords: Lutein, yellow zucchini, microencapsulation, yogurt, carotenoid, Soxhlet extraction.

INTRODUCCIÓN

La luteína es un carotenoide lipofílico de gran interés en las industrias alimentaria, nutracéutica y farmacéutica debido a sus reconocidas propiedades antioxidantes y su papel fundamental en la salud ocular, especialmente en el cuidado de enfermedades como la degeneración macular asociada a la edad (DMAE) y las cataratas. Este compuesto no es sintetizado por el organismo humano, por lo que su ingesta a través de fuentes dietéticas resulta esencial. Tradicionalmente, la luteína se ha extraído de materias primas como las flores de caléndula, sin embargo, la búsqueda de fuentes vegetales alternativas ha cobrado relevancia (Khachik, 2007).

En este contexto, el zuquini amarillo (*Cucúrbita pepo var. recticollis*), en términos de aprovechamiento bioactivo, se presenta como una fuente potencialmente rica en luteína. Existen pocas investigaciones orientadas a la valorización de esta variedad como insumo para la obtención de compuestos funcionales. Una de las principales limitaciones asociadas al uso de la luteína en matrices alimentarias es su alta susceptibilidad a factores ambientales como la luz, el oxígeno, el calor y el pH, lo que provoca su degradación y pérdida de actividad biológica. En este sentido, la microencapsulación surge como una estrategia tecnológica eficaz para proteger este tipo de compuestos sensibles (Jamuna, 2024).

La incorporación de luteína microencapsulada en alimentos funcionales, como bebidas tipo yogurt, no solo mejora su estabilidad durante el almacenamiento y procesamiento, sino que también facilita su liberación controlada y biodisponibilidad. Sin embargo, su implementación requiere el desarrollo de procesos de extracción optimizados que maximicen el rendimiento y la pureza del carotenoide, así como la selección de técnicas y materiales de encapsulación adecuados que aseguren su protección y funcionalidad dentro de una matriz alimentaria. Esto se traduce en una oportunidad significativa para el desarrollo de nuevos procesos de extracción y aplicación de compuestos bioactivos a partir del zuquini amarillo hasta su microencapsulación y su posterior incorporación en una bebida funcional y el diseño de alimentos funcionales innovadores.

I. EL PROBLEMA

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Las principales causas de discapacidad visual están estrechamente relacionadas con problemas de edad que resultan de patologías hereditarias que afectan a los adultos. En el caso de los niños, más del 60 % de los casos de ceguera infantil son causados por enfermedades genéticas. Dentro de este porcentaje, las distrofias hereditarias de la retina son significativas, junto con diversas patologías congénitas que pueden afectar diferentes zonas del ojo, ocasionando este tipo de discapacidad. Además, se observa la degeneración macular asociada a la edad y otros trastornos comunes, como el glaucoma.

El ojo también puede verse afectado por la exposición a la luz azul-violeta, la cual tiene una longitud de onda corta y, por ende, una mayor energía. Esta exposición puede provocar fatiga visual, cataratas e incluso estrés visual, afectando negativamente a las células de la mácula. La mácula, o fovea, es un tejido sensible a la luz que se encuentra en el interior del ojo y no posee capacidad de regeneración (Novelty Technology Care Pharma [NTCP], 2022). La prevalencia de discapacidades visuales causadas por patologías hereditarias y los desafíos en la comercialización del zuquini amarillo, debido al desconocimiento de sus propiedades nutricionales, como el contenido de luteína, un compuesto altamente inestable, representan problemas significativos. Estos factores afectan tanto la salud ocular de la población como el aprovechamiento del potencial nutricional del zuquini amarillo en el mercado.

En Ecuador, el cultivo del zuquini enfrenta importantes problemas de comercialización, entre estos se encuentran la falta de espacios adecuados, como mercados, y el cierre de ciertos puntos de venta donde el producto tenía una buena acogida. Asimismo, existe un desconocimiento generalizado acerca de las propiedades nutricionales que ofrece este vegetal, destacando su contenido de luteína, que es siete veces superior al de los vegetales comunes de hoja o corteza verde, e incluso mayor que en algunas variedades de zuquini de corteza verde (Martínez et al., 2017).

La promoción y distribución del zuquini implican costos indirectos asociados a materiales de marketing, envases, transporte y canales de distribución, lo que impacta negativamente en la economía del productor. En ocasiones, esto obliga a los productores a ofrecer el producto a precios muy por debajo de los costos de producción previamente estimados.

Según el estudio realizado por Amaguaña (2024) sobre la producción de zuquini (*Cucúrbita Pepo Var. Recticollis*), se evidencia que la falta de conocimiento acerca de cultivos no tradicionales, como el zuquini, limita significativamente su producción a gran escala. Esta carencia de información se traduce en la adopción de prácticas agrícolas ineficaces y en una menor inversión en tecnologías que podrían aumentar el rendimiento y la calidad del cultivo. La falta de estrategias para aprovechar este subproducto agrícola representa una limitación tanto para la innovación alimentaria como para la valorización de recursos agroindustriales subutilizados. Por ende, es esencial desarrollar programas de capacitación específicos que informen a los productores sobre las ventajas y técnicas de cultivo del zuquini, con el fin de maximizar su potencial productivo y satisfacer la demanda del mercado.

El presente estudio surge como una alternativa que permitirá potenciar el uso del zuquini amarillo como fuente alternativa para la obtención de luteína, desarrollando procesos integrados que permitan su estabilización y aplicación en alimentos funcionales. La luteína, un compuesto carotenoide presente en la mayoría de los vegetales, se encuentra en el zuquini amarillo con un contenido siete veces mayor que el de los vegetales de color verde. Sin embargo, este compuesto presenta problemas de estabilidad, ya que su calidad puede verse afectada por factores como la oxidación, la luz y temperaturas elevadas, lo que provoca una degradación considerable de sus propiedades. Por esta razón, la luteína se considera un compuesto altamente oxidativo, fotosensible y termosensible (Cerezal et al., 2019).

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿Es posible extraer luteína a partir de zuquini amarillo y microencapsularlo para adicionarlo en una bebida tipo yogurt sin que afecte a las características fisicoquímicas y sensoriales del producto final?

1.3. JUSTIFICACIÓN

La luteína es un carotenoide fundamental en la protección de la salud ocular, ya que ayuda a prevenir enfermedades como las cataratas y la DMAE, que son causas

comunes de pérdida de visión en adultos mayores. Sus propiedades antioxidantes, junto con su capacidad para filtrar la dañina luz azul, son beneficiosas en la prevención de estas afecciones. Diversos estudios científicos han demostrado la relación entre el consumo de luteína y la mejora de la visión. Sin embargo, la luteína es susceptible a la degradación por factores ambientales, como la luz y el oxígeno, lo que limita su eficacia en los alimentos, ya que puede disminuir durante el almacenamiento y procesamiento. En este contexto, la microencapsulación se presenta como una solución eficaz para proteger la luteína y prolongar su vida útil (Cifuentes et al., 2021).

El zuquini amarillo (*Cucúrbita Pepo Var. Recticollis*) es una fuente natural rica en luteína, y su utilización puede aumentar significativamente la disponibilidad de este nutriente para una población más amplia. Otros alimentos que contienen luteína incluyen espinacas, huevos y zanahorias, siendo estas últimas especialmente conocidas por su alto contenido de carotenoides, con el betacaroteno como el más destacado.

La creciente demanda de los consumidores por alimentos que ofrezcan beneficios adicionales para la salud resalta la necesidad de desarrollar alimentos funcionales. Por ejemplo, la formulación de productos lácteos enriquecidos con luteína puede satisfacer esta demanda y abrir nuevas oportunidades en el mercado (Zanín, 2023). La degeneración macular y otras enfermedades oculares representan un importante problema de salud pública, especialmente en una población envejecida. La disponibilidad de alimentos saludables que contengan luteína puede ser clave para prevenir estas enfermedades.

Este proyecto se fundamenta en la investigación y desarrollo de técnicas de extracción y microencapsulación, contribuyendo al avance de la ciencia de los alimentos y la tecnología de encapsulación. La producción y distribución de alimentos saludables enriquecidos con luteína brindan oportunidades económicas tanto para la industria alimentaria como para los productores de calabazas. En resumen, esta investigación es relevante, ya que tiene el potencial de mejorar la salud visual, aprovechar una fuente natural de luteína, abordar desafíos tecnológicos y económicos, y desarrollar alimentos funcionales que satisfagan las necesidades de los consumidores preocupados por su salud.

1.4. OBJETIVOS Y PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN

1.4.1. Objetivo General

Extraer luteína a partir del zuquini amarillo (*Cucúrbita Pepo Var. Recticollis*) y su microencapsulación para aplicarla en una bebida tipo yogurt.

1.4.2. Objetivos Específicos

- Extraer la luteína en el zuquini fresca y deshidratada mediante extracción por Soxhlet y arrastre de vapor.
- Determinar el porcentaje de rendimiento de luteína extraída.
- Evaluar el efecto de la incorporación de la luteína microencapsulada en las características fisicoquímicas, microbiológicas y sensoriales de una bebida tipo yogurt.

1.4.3. Preguntas de Investigación

- ¿Cuál es el método de extracción más eficiente para obtener luteína del zuquini (*Cucúrbita Pepo Variedad Recticollis*)?
- ¿Cómo se puede lograr una microencapsulación óptima de la luteína extraída y que matrices son más efectivas para llevar a cabo este proceso?
- ¿En qué tipo de alimentos puede aplicarse la luteína microencapsulada sin que presente una degradación y cómo pueden aplicarse en alimentos?
- ¿Cuál es el efecto organoléptico y sensorial de los alimentos funcionales enriquecidos con luteína de zucchini amarillo, y cómo afecta la aceptación del consumidor?

II. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

Según Indrawati et al. (2019), los pétalos de caléndula, de color naranja oscuro, son una de las fuentes más ricas en luteína. Aunque la investigación sobre ingredientes alimentarios funcionales es prometedora, son escasos los estudios que describen métodos de extracción que cumplan con los estándares de calidad alimentaria. En este contexto, la luteína fue extraída de las flores de caléndula utilizando aceite vegetal, y posteriormente se encapsuló y se procesó en forma de polvo liofilizado, incorporándose a una bebida de té con leche. El perfil cromatográfico del extracto crudo de pétalos de caléndula liofilizados mostró un predominio de luteína diéster, y tras el tratamiento de saponificación se identificaron luteína, violaxantina y zeaxantina como principales carotenoides, con una proporción del 78.15 % de luteína trans a 445 nm, 7.15 % de violaxantina a 423 nm y 2.10 % de zeaxantina trans a 474 nm. Se realizó una prueba sensorial para evaluar el impacto de la adición de luteína en la bebida y las preferencias del consumidor. Los resultados indicaron que la capacidad de extracción de los aceites vegetales era 1.9 veces mayor que la de la acetona y superior a la del hexano. Además, la luteína encapsulada se integró adecuadamente en el té con leche, y los participantes manifestaron una fuerte preferencia por su sabor.

Corral (2011), señala que la planta *Tagetes erecta*, originaria de América Latina, también contiene luteína, un carotenoide que ofrece efectos positivos sobre la visión. Sin embargo, la exposición de la luteína a la luz, el oxígeno y el calor dificulta su absorción en los alimentos. En su estudio, la luteína fue extraída de los pétalos de *Tagetes erecta* mediante métodos de extracción tradicionales y simultáneos. Se recubrieron gomas lúteas primarias con inulina mediante secado por pulverización. Un diseño factorial evaluó variables como la temperatura y la relación de aspecto, obteniendo una eficiencia de encapsulación que osciló entre el 69.8 % y el 86.4 %. Si bien la insaturación del aceite no mostró un efecto significativo, se observó que niveles más altos de inulina mejoraron la efectividad del proceso. La recuperación tras el secado fue del 40 %, sin diferencias significativas entre los sistemas analizados.

Las imágenes microscópicas revelaron partículas de forma irregular, las cuales podrían poseer potencial antioxidante y prebiótico, siendo adecuadas para nutracéuticos o alimentos funcionales. Sus aplicaciones abarcarían productos lácteos, comidas preparadas, productos horneados y más.

Neire Mattos (2024) utilizó el método de extracción Soxhlet para extraer los principios activos de la pulpa de guayaba y nuez de marañón, las cuales fueron microencapsulada y aplicadas a una bebida de yogurt en tres tratamientos a diferentes concentraciones. Se realizaron análisis fisicoquímicos cuyos resultados fueron favorables, destacándose el tratamiento 1 por presentar los mayores contenidos de proteína (2.97 %) y grasa (2.82 %). El pH de la bebida osciló entre 5.15 y 4.96, valores que son consistentes con investigaciones previas. En cuanto a la acidez, se obtuvo un valor de 0.48 %. Además, la bebida presentó un alto contenido de compuestos bioactivos, como antocianinas y carotenoides, lo que resalta su potencial nutricional y funcional.

En la investigación propuesta por Ruiz (2022), planteó el objetivo de elaborar un yogurt funcional a base de leche de soya enriquecido con microcápsulas de extracto de betabel, con el fin de potenciar su valor nutricional y beneficios para la salud humana. Se empleó la técnica de microencapsulación con compuestos bioactivos derivados del subproducto de betabel, desarrollando tres formulaciones: yogurt de soya (control), yogurt con microcápsulas sin extracto y yogurt con microcápsulas con extracto de betabel. La metodología incluyó la estandarización de la microencapsulación, la elaboración de los tratamientos y análisis físico-químicos, antioxidantes y sensoriales, aplicando un diseño completamente al azar con tres repeticiones. Los resultados revelaron que el tratamiento con microcápsulas de extracto de betabel presentó bajo contenido graso con un valor de 0.52 %, alto contenido de fibra con 1.22 %, carbohidratos con 76.44 %, proteína con 2.72 %, cenizas con 0.46 %, humedad con 24.2 %, y alto contenido de flavonoides, polifenoles y capacidad antioxidante. En la evaluación sensorial, esta misma formulación fue la más aceptada por los panelistas en todos los atributos evaluados, concluyendo que el yogurt de soya con microcápsulas de betabel constituye un alimento funcional con características nutricionales y sensoriales mejoradas.

En la propuesta de González Cuello et al. (2014), con el tema de su investigación "Efecto de la microencapsulación sobre las propiedades reológicas y fisicoquímicas del yogurt blando" su objetivo fue evaluar la influencia de la microencapsulación de

Lactobacillus acidophilus mediante un sistema gelificante binario (goma gelana y alginato) en las propiedades fisicoquímicas, reológicas y sensoriales de yogures blandos. Se desarrollaron formulaciones con la bacteria en estado libre (YML) y microencapsulada (YMM). Los resultados mostraron que la microencapsulación incrementó significativamente la viscosidad, presentando un pH de 4.38, proteína de 2.73 %, grasa de 3.21 %, cenizas de 0.84 %, la actividad metabólica de *L. acidophilus*, reflejada en una mayor reducción de lactosa con 4.52 % en YMM vs. 4.7 % en YML. Se concluye que la microencapsulación favorece la viabilidad probiótica en medios ácidos, representando una alternativa tecnológica efectiva para el desarrollo de alimentos funcionales.

2.2. MARCO TEÓRICO

2.2.1. Zuquini

El calabacín, en palabras de Mamani (2019), es también conocido como zuquini, es una verdura compuesta en un 95% por agua, ideal para prevenir la deshidratación, especialmente en verano. Es bajo en carbohidratos y calorías, y rico en vitaminas A, C, del complejo B, y minerales como potasio, hierro, zinc, yodo, y selenio. Entre sus beneficios están la prevención del estreñimiento, la regulación del azúcar y colesterol en sangre, y el fortalecimiento del sistema inmunológico, muscular y nervioso. Versátil en la cocina, puede consumirse crudo o cocido y es útil para la pérdida de peso. Originario de Centroamérica, el calabacín se adapta fácilmente a diversos climas, con una temperatura óptima de crecimiento entre 17 y 32 °C. Perteneciente a la familia Cucúrbita pepo y presenta frutos alargados y flores amarillas en forma de estrella.

2.2.1.1. Taxonomía

La taxonomía del calabacín se detalla en la tabla 1:

Tabla 1. Clasificación sistemática del zuquini

Reino	Plantae
Subreino	Embryobionta
División	Magnoliophyta
Clase	Magnoliopsida
Subclase	Dilleniidae
Orden	Violales
Familia	Cucurbitaceae
Género	Cucurbita
Especie	C. Pepo
Cultivar	Zuquini

Fuente. Mamani, L. (2019). Efecto de abonos orgánicos en dos variedades de zucchini (*Cucúrbita pepo*) en la comunidad de Chañurani.

La familia *Cucurbitaceae* consta de dos subfamilias, que comprenden alrededor de 118 géneros y 825 especies. Estas familias incluyen: *Zanonioideae*, que incluye 19 géneros y alrededor de 69 especies, y *Cucurbitoidae* que reúne 111 géneros y 740 especies, el género *Cucúrbita*, al que pertenecen las calabazas, es uno de los géneros más importantes desde el punto de vista económico. Se compone de 22 especies silvestres y 5 especies cultivadas. Estas especies incluyen *C. pepo*, *C. moschata*, *C. máxima*, *C. ficifolia* y *C. angiosperma*, siendo las tres primeras las más importantes económicamente y las más extendidas (Mamani, 2019).

2.2.1.2. Descripción botánica y morfológica

Según Gonzales (2019), La calabaza es una planta anual de tallos flexibles y monoicos, sensible a las heladas. Presenta un hábito de crecimiento que puede ser semideterminado o indeterminado, en este caso el crecimiento de la planta puede continuar después de formar flores y frutos, pero no de manera indefinida ni tan vigorosa como en otras plantas de hábito indeterminado, siendo que esto influye en la manera en la que se distribuye las flores y frutos en la planta y su manejo agrícola como el espacio necesario para su cultivo y se caracteriza por sus tallos duros y angulosos. La base de la hoja tiene forma de cono, con un ápice afilado y una lámina débilmente lobulada. En algunas variedades, los lóbulos inferiores son bilobulados. La superficie superior de las hojas, especialmente en la parte cercana al ápice, está cubierta de pelos. La filotaxis es de 180°, y algunas variedades desarrollan hojas en las axilas.

El fruto de la calabaza es una pepónide, generalmente acanalado y de forma variable. El área de la corola puede ser plana, aletargada, muy deprimida o protuberante. El ovario del fruto está dispuesto en posición vertical, contiene cuatro lóculos y presenta placentación axial. Los frutos maduros pueden tener una amplia gama de colores, que incluyen blanco, amarillo verdoso, amarillo, verde, naranja, naranja pálido y naranja oscuro, siendo el naranja y el amarillo colores uniformes en algunas variedades (Gonzales, 2019).

- **Semillas**

Borde liso y color blanco.

En el campo de producción se tomaron diversas medidas para su posterior análisis:

- **Tamaño del fruto**

Longitud. En cada una de las colecciones se tomaron datos de longitud para su posterior clasificación en calibres establecidos por la norma NTE INEN 2104.

Esta medida la obtuvimos usando un metro. Medimos desde la línea de conexión con el tallo y el final de la corola del fruto. Luego de obtener las medidas, se dividieron en categoría M (7–14 cm), categoría P (14–21 cm) y categoría G (21–30 cm).

Diámetro. Al igual que el largo del calabacín, el diámetro se saca con el metro.

Peso. Mediante una pesa se pesó cada calabacín cosechado y se recogieron los resultados del pesaje para su posterior clasificación de acuerdo con el Reglamento de Comercialización con base en la norma NTE INEN 2104.

En esta clasificación los calabacines se agrupan por peso desde 50 g hasta 450 g, a partir de 450 g los agrupamos en productos no sujetos a exportación, pero válidos para su venta en el mercado interno (Gonzales, 2019).

2.2.1.3. Variedad

El zuquini amarillo o *Cucúrbita Pepo Var. Recticollis* también se la conoce como calabaza de verano que se distingue por su piel amarilla brillante y forma alargada, también es conocida comúnmente como calabaza de cuello recto o calabaza de verano, tiene una envergadura variable de 60 a 90 cm de alto y un diámetro de 15 a 20 cm, es un fruto dulce que fácilmente se combina con diferentes alimentos, posee una estructura similar a un cuello en la parte superior de la cual deriva su nombre. Destaca que su desarrollo es en ambientes con suelos húmedos, pero con un drenaje suficiente y expuesto a espacios con plena exposición al sol (Gonzales, 2019).

2.2.1.4. Composición nutricional

Los resultados obtenidos por Delgado y Sevilla (2011), demuestran que, según análisis bromatológicos, esta cucurbitácea tiene un alto valor nutricional. Además, señalan que es una hortaliza muy demandada en la cocina gourmet debido a su color brillante, sabor agradable, notable valor nutricional y versatilidad para la elaboración y decoración de platillos exóticos. También destacan que la semilla del zuquini contiene un 46 % de aceite y un 34 % de proteínas. El fruto de *Cucúrbita pepo* contiene nutrientes en las siguientes proporciones: agua 0.092 cm³, energía 29.5 cal, carbohidratos 6 g, fibra 1.3 g, potasio 400 mg, magnesio 16 mg, vitamina C 100 mg y folato 6 mcg.

2.2.1.5. Composición química

De acuerdo con Vegaffinity (2019), el zuquini se caracteriza por poseer un alto valor nutritivo en fibra y minerales (K, Mg, Na, I, Fe, P y Ca), así como en vitaminas C, B1, B2, B6, folato y ácido fólico. Su temporada óptima se presenta en los meses más cálidos. A continuación, en la Tabla 2, 3 y 4 se detalla la composición nutricional, minerales y vitaminas, respectivamente.

Tabla 2. Composición nutricional por cada 100 gramos de zuquini

Composición	Cantidad (g)	CDR (%)
Calorías	23.2	1.2
Carbohidratos	2	0.6
Proteínas	1.88	3.9
Fibra	1.6	5.3
Grasa	0.5	0.9

Fuente. Vegaffinity (2019). Calabacín o zucchini: Beneficios e Información Nutricional.

Tabla 3. Minerales contenidos por cada 100 gramos de zuquini

Minerales	Cantidad (mg)	CDR (%)
Sodio	1	0.1
Calcio	21.51	1.8
Hierro	0.67	8.4
Magnesio	0	0
Fósforo	45	6.4
Potasio	230	11.5

Fuente. Vegaffinity (2019). Calabacín o zucchini: Beneficios e Información Nutricional.

Tabla 4. Vitaminas presentes por cada 100 gramos de zuquini.

Vitaminas	Cantidad (mg)	CDR (%)
Vitamina A	0.05	5.3
Vitamina B1	0.09	7.5
Vitamina B2	0.07	5.4
Vitamina B3	0.71	0
Vitamina B12	0	0
Vitamina C	13.82	15.4

Fuente. Vegaffinity (2019). Calabacín o zucchini: Beneficios e Información Nutricional.

2.2.2. La luteína: beneficios, propiedades, capacidades y funcionalidad

Su función principal es proteger el tejido ocular de los radicales libres y el daño oxidativo causado por la luz, especialmente la luz azul, gracias a sus propiedades antioxidantes. La distribución de estos pigmentos en el ojo sugiere funciones distintas: la zeaxantina predomina en el centro de la mácula, mientras que la luteína se encuentra más en los bordes. Estudios observacionales indican que una dieta rica en estos carotenoides puede disminuir el riesgo de cataratas y degeneración macular relacionada con la edad. La luteína se halla en vegetales como col rizada, espinacas y brócoli, así como en frutas de color naranja o amarillo, mientras que la zeaxantina

se encuentra en maíz, nectarinas y pimientos anaranjados. La cocción prolongada de verduras de hojas verdes puede reducir el contenido de luteína, y se ha observado que la luteína de la yema de huevo es mejor absorbida por el cuerpo que la de las verduras o suplementos, posiblemente debido a su solubilidad en grasa. Por lo tanto, añadir aceite a las ensaladas de vegetales ricos en luteína puede mejorar su absorción (Troxler y Reardon, 2014).

La luteína es el principal carotenoide que se encuentra en el zuquini, para la determinación en un extracto se puede considerar la siguiente ecuación (Chincheró, 2023) :

Ecuación 1. Determinación de carotenoides totales

$$\text{Carotenoides totales} \left(\frac{mg}{g} \right) = \frac{V \cdot A \cdot 1000}{(A_{1\text{ cm}}^{1\%}) \cdot 100 \cdot M}$$

Donde:

V = Volumen del extracto (mL)

A = Absorción a 444 nm

$$A_{1\text{ cm}}^{1\%} = \text{Coeficiente de absorción} = \left(\frac{2500\text{ g}}{100\text{ mL} \cdot \text{cm}} \right)$$

M = Peso inicial de la muestra (g)

Posteriormente, se determina los sólidos totales (% SST) de acuerdo con la ecuación 2, la masa de sólidos extraídos (MSE) mediante la ecuación 3, y la eficiencia de extracción a través de la ecuación 4, donde MV es la masa del material vegetal.

Ecuación 2. Determinación de sólidos totales

$$\% \text{ SST} = 100 - \% \text{ Humedad}$$

Ecuación 3. Determinación de masa de sólidos extraídos

$$MSE = \frac{\%SST \cdot M}{100}$$

Ecuación 4. Eficiencia de extracción

$$\% \text{Eficiencia extracción} = \left(\frac{MSE}{MV} \right) \cdot 100$$

2.2.3. Método químico de extracción de luteína

2.2.3.1. Método de Soxhlet

El método Soxhlet es una técnica utilizada para cuantificar el contenido de grasa en productos alimenticios, empleando un equipo específico que lleva su nombre. El procedimiento inicia con la deshidratación de la muestra, lo que previene la interferencia del agua con el disolvente y asegura la precisión de los resultados obtenidos en la prueba (Métodos de Separación de Mezclas [MSM], 2023).

La cantidad de muestra necesaria para el método Soxhlet se determina según los protocolos oficiales, dependiendo del tipo de alimento analizado. La muestra se coloca en un cartucho de celulosa con forma de dedal, que se sitúa en un sifón del equipo. El disolvente, contenido en un matraz, se calienta hasta alcanzar su punto de ebullición, lo que provoca que suba en forma de vapor a través del cuello del matraz, pase por el sifón y llegue al refrigerante. Durante este proceso, el vapor se condensa y regresa al sifón en estado líquido, lo que se puede observar por la formación de gotas que caen del refrigerante al sifón. El disolvente se acumula lentamente en el sifón, donde entra en contacto con la muestra. Aunque la separación de las grasas del alimento no es visible, los lípidos se disuelven en el disolvente y se extraen de la muestra a medida que se remojan (Mondragón, 2019).

El sifón del equipo Soxhlet acumula el disolvente que contiene los lípidos extraídos hasta alcanzar un nivel adecuado para ser devuelto al matraz (mym instrumentos técnicos, 2019). Este disolvente se recircula a través del sistema, extrayendo una fracción de lípidos en cada ciclo, con cada repetición del ciclo, el disolvente cambia de color, lo que indica la extracción de grasas y compuestos coloreados que son solubles en el disolvente. El tiempo requerido para completar la extracción varía según el tipo de producto y su composición, siendo en promedio de aproximadamente ocho horas. Al finalizar el proceso de extracción, se lleva a cabo una etapa de evaporación para eliminar completamente el disolvente del aceite extraído (Soluciones Analíticas NIR Tecnilab [SANT], 2022).

2.2.3.2. Ejecución del método de Soxhlet

De acuerdo con la guía por mym instrumentos técnicos (2019), el método Soxhlet es una técnica de separación sólido-líquido que se puede utilizar para determinar el

contenido de pasto en diversos entornos naturales. Continúo con el método Soxhlet describiéndolo así:

- **Preparar el campo.** Se deben tomar medidas preventivas para evitar que entre agua a la combinación con el solvente y cambie la mezcla.
- **Posicionamiento del cartucho.** La cantidad de muestras no son específicas en los métodos oficiales; colocar en su interior un dedal de celulosa en forma de disco en el sifón.
- **Agregue solvente.** Inserte el solvente en el cubo y la placa con el sifón insertado en él.
- **Realice el proceso.** El líquido disuelto se ha evaporado, el disolvente se ha evaporado y se ha formado condensación durante el procesamiento del líquido. La condensación del disolvente sobre la muestra pasa a través del papel para completar el proceso de extracción.
- **Recuperar el solvente.** Al ejecutar muchos ciclos, agregar el concentrado a la solución de destilación. El disolvente debe evaporarse y disolverse en la masa lipídica residual.
- **Cálculo del contenido de grasa.** El método de Soxhlet es un método gravimétrico, lo que significa que se mide la masa del lípido restante para calcular el contenido graso de la muestra.

Es importante señalar que el proceso de extracción puede enriquecer una variedad de minerales, principalmente después de la extracción y el uso de un solvente. Además, se requiere un uso correcto y específico para el negocio y el crédito para obtener resultados precisos (mym instrumentos técnicos, 2019).

2.2.4. Método físico de extracción de luteína

2.2.4.1. Destilación por arrastre de vapor

El principio de la destilación por arrastre de vapor se basa en la utilización de vapor de agua para extraer sustancias ligeramente volátiles e insolubles en agua de productos no volátiles. Durante el proceso, se introduce vapor de agua en el matraz de destilación, lo que permite llevar a cabo la destilación a temperaturas más bajas, minimizando así el deterioro de los compuestos deseados. El vapor de agua arrastra los componentes volátiles de la muestra, facilitando su separación de los componentes no volátiles (Chang, 2010).

Los vapores saturados de líquidos inmiscibles obedecen la ley de presiones parciales de Dalton, lo que permite que los componentes volátiles se separen de los no volátiles. El vapor se condensa en un matraz de condensación y se recupera el destilado. Es un método altamente funcional para destilar sustancias con un punto de ebullición que sobrepasa los 100 °C y que tienden a descomponerse antes o después de alcanzar dicho punto de ebullición (Villaverde, 2018).

La destilación al vapor es un método de destilación que se utiliza para separar sustancias insolubles en agua y poco volátiles de otros productos no volátiles. Este proceso se logra introduciendo agua o vapor en el alambique, lo que permite que la destilación se realice a temperaturas más bajas, reduciendo el deterioro de los productos deseados (Academia Salman Khan [ACSK], 2018).

2.2.4.2. Ejecución de técnica de destilación por arrastre de vapor

Según Villaverde (2018), los pasos generales involucrados en la destilación al vapor se describen a continuación:

- **Preparar la muestra.** La muestra se coloca en un matraz de destilación.
- **Agregue agua o vapor.** Se introduce agua o vapor en el matraz de destilación.
- **Calentar la muestra.** La muestra se calienta para que el vapor de agua se lleve los componentes volátiles de la muestra.
- **Extracción de destilados.** Los vapores saturados de líquidos inmiscibles obedecen la ley de presiones parciales de Dalton, lo que permite separar los componentes volátiles de los no volátiles. El vapor se condensa en un matraz de condensación, donde se recupera el destilado.

Es importante tener en cuenta que los materiales específicos pueden variar según el tipo de muestra y disolvente utilizado. Además, se deben seguir instrucciones específicas para cada muestra y disolvente para obtener resultados precisos.

2.2.5. Aceite de oliva de alto contenido oleico

El ácido oleico es un ácido graso monoinsaturado perteneciente a la familia de los ácidos grasos omega 9, de tal manera que su estructura química es $C_{18}H_{34}O_2$ y fue designado con el nombre de ácido cis-9-octadecenoico otorgado por la IUPAC, comúnmente se encuentra en alimentos como el aceite de oliva, aguacate e incluso en semillas de uva, además una de las propiedades físicas es que se encuentra de forma líquida oleosa, es insoluble al agua pero puede disolverse mediante disolventes

orgánicos e incluso en benceno y éter. El ácido oleico es un ácido graso monoinsaturado que presenta un olor suave y es incoloro, aunque puede adquirir tonalidades amarillas o marrones al exponerse al aire. A temperatura ambiente, se solidifica, y su punto de congelación oscila entre 20 y 22 °C. Una de sus características más destacadas es su estabilidad frente a la oxidación, que es superior a la de los ácidos grasos poliinsaturados omega-3 y omega-6, así como su resistencia a altas temperaturas en comparación con estos últimos (Pochteca Chilena, 2022).

Pochteca (2022), indica que el aceite de oliva extra virgen se obtiene mediante la extracción del jugo de las aceitunas usando métodos físicos como el lavado, la decantación, el centrifugado y el filtrado, garantizando que el proceso conserve sus propiedades naturales. La acidez es uno de los indicadores principales de calidad en el aceite de oliva; cuanto más baja sea, mejor será su calidad. Es el de mayor calidad, con un sabor afrutado y una acidez que no supera el 0.8 %. Por otro lado, el aceite de oliva virgen puede tener una acidez de hasta un 2 %, dependiendo del método de extracción de las aceituna.

Este aceite se compone en un 98 % de triglicéridos, siendo el ácido oleico su ácido graso monoinsaturado predominante, con una proporción que varía entre el 55 % y el 83 %. Le sigue el ácido linoleico, que se encuentra en un rango del 6 al 20 %, mientras que el ácido α -linolénico está presente en una menor proporción, alrededor del 1 %. Entre los ácidos grasos saturados, destaca el ácido palmítico, con un contenido que va del 7.5 al 20 %. Además, el aceite contiene pequeñas cantidades de otros componentes importantes, como compuestos lipofílicos (entre ellos el α -tocoferol, conocido como vitamina E) y compuestos fenólicos hidrofílicos, donde sobresalen el hidroxitiroso y la oleuropeína secoiridoide (Reyes et al., 2023).

2.2.6.1. Relación entre la luteína y el aceite de oliva de alto contenido oleico

En las tradiciones culinarias que se tiene comúnmente en los hogares hay una que resalta al momento de consumir vegetales en ensaladas, la cual es agregarle un chorrito de aceite, de preferencia comúnmente de oliva o girasol, partiendo de esta costumbre popular hay personas que lo hacen ya que argumentan que esto resalta un poco más el sabor de los vegetales o simplemente porque hace que las características sensoriales aumente de tal forma que la palatabilidad que receptamos en nuestras papilas sea más agradable al sentido, pero quien podría creer que el simple hecho de agregarle un chorrito de aceite produzca un efecto tan

positivo al momento de consumir vegetales en ensalada que genere efectos que a simple vista pareciera que no son nada pero a un nivel micro genere tantas reacciones favorables a nuestro organismo, esto tiene una razón científica la cual es que como es de conocimiento la luteína se encuentra presente asimismo en vegetales de color verde como espinacas, brócoli, col rizada, lechuga, arvejas y acelgas por citar unas pocas de toda la cantidad de vegetales que contienen este carotenoide, es muy importante ya que es muy beneficiosa para la salud ocular y también como un antioxidante, el uso de aceites de alto contenido oleico, que en este caso es el de oliva virgen extra también aporta propiedades nutricionales y funcionales (Mancheno, 2019).

El uso de aceite de alto contenido oleico tiene una gran importancia ya que actúa como un vehículo lipídico eficiente para la luteína dado que aumenta mejor la absorción dentro del organismo ya que al ser un carotenoide liposoluble se sintetiza de mejor manera en el organismo en presencia de lípidos, siendo que el ácido oleico permite su absorción ya que mejora su solubilidad y biodisponibilidad, es muy benéfico el uso de este vehículo para la luteína también por que ofrece una reducción del estrés oxidativo característico de la luteína, ya que al combinarse con la vitamina E presente en el aceite potencia este efecto protector en contra del estrés oxidativo otorgando un efecto positivo en la salud ocular (Grupo Eurosur , 2023).

El uso de aceite de oliva virgen extra y por su perfil lipídico que presenta un alto contenido de ácidos oleicos como un vehículo que permite una mejor síntesis del carotenoide en el organismo, sino también mejora la estabilidad y absorción de la luteína además a esto se le agrega que sus propiedades nutricionales adicionales contribuyen a la salud en general, lo que lo vuelve un ingrediente o aditivo de alto valor en la formulación de productos alimenticios (Serna y Betancourt, 2015).

2.2.6.2. Formulación de emulsión de luteína y aceite de oliva virgen extra de alto contenido oleico

Partiendo del extracto ya saponificado realizaremos una formulación para la elaboración de la emulsión entre luteína y el aceite de oliva con alto contenido oleico, para lo cual se usará como base en los trabajos bibliográficos una relación extracto/aceite 1/25, es decir, que por cada 1 ml de extracto de luteína se los disolverá o incorporará en 25 ml de aceite de oliva, y se usara además para la estabilización de la emulsión un suplemento de grado alimenticio que ayuda a la

formación de la emulsión como lo es el tween 20, la cantidad de emulsionante usada será del 2 % del peso total de la emulsión (Grupo Eurosur , 2023).

2.2.6. Microencapsulación

La microencapsulación es un proceso por el cual una sustancia bioactiva de un alimento se introduce a una matriz para impedir que se degrade y a la vez se protejan de la reacción que pueden tener otros compuestos y de esta forma detener las reacciones oxidativas que podría generarse en el ambiente, podría denominarse forma coloquial como una manera de conservar un compuesto. Es una de las técnicas más demandadas en la industria alimentaria y se usan principalmente para la contención y liberación de forma controlada de diversos nutrientes y de esta forma evitar un cambio brusco en los sabores (Centro Tecnológico Privado AINIA [CTPA], 2010).

Según INESCOP (2014), la finalidad de esta técnica es que se ha conseguido que los nutrientes se liberen en el lugar que se desea y en el momento requerido, de esta forma se puede aumentar la vida útil del producto, los procesos de microencapsulación se basan en métodos físicos, químicos e incluso una mezcla de los dos, pero tiene un efecto negativo debido a que puede alterar los principios activos que se desean encapsular, actualmente la microencapsulación tiene diferentes utilidades y aplicaciones:

La vitamina C o conocida como el ácido ascórbico tiene una gran aplicación debido a sus propiedades antioxidantes y como complemento vitamínico, pero presenta un problema esto es a que se oxida rápidamente a condiciones ambientales es por esto por lo que es más conveniente su microencapsulación. El Omega 3 es un producto benéfico para la salud y presenta un alto contenido nutricional, presenta dificultades como una vida útil demasiado corta es por esto por lo que se microencapsula, debido a que permite en incremento del tiempo de duración y se emplea en diversas formulaciones como alimentos infantiles e incluso productos de panadería. Por todo esto podemos inducir la microencapsulación supone un avance de gran magnitud y alcance dentro de lo que es la alimentación y nutrición.

La microencapsulación es una de las técnicas de conservación de la calidad de sustancias que son sensibles, además de ser un método para producir elementos con nuevas propiedades valiosas añadidas, el proceso de microencapsulación consiste en aislar partículas del tamaño de una micra en una capa polimérica, la eficiencia

de encapsulación depende de diversos factores como la concentración, la solubilidad del polímero en el disolvente, la velocidad de eliminación del disolvente, la solubilidad del disolvente orgánico en agua y otras cualidades más incluyen dentro de la micro encapsulación (Naga et al., 2010).

El secado por atomización ha sido utilizado en la industria alimentaria durante más de 70 años y se considera una de las técnicas más comunes debido a su economía, flexibilidad y capacidad para ofrecer diversas matrices de encapsulación. Este proceso es compatible con diferentes equipos estándar y produce partículas de alta calidad; sin embargo, presenta limitaciones, como la restricción en la variedad de materiales que pueden usarse como agentes encapsulantes. Dado que muchas formulaciones en la industria alimentaria provienen de alimentos acuosos, es esencial que el material encapsulante sea un biopolímero soluble en agua, con un nivel de viscosidad bajo que permita un alto contenido de sólidos. Para encapsular el material deseado, es necesario homogenizarlo con el encapsulante en una proporción específica. Si el compuesto bioactivo tiene un alto índice hidrofóbico, se debe preparar una emulsión que se alimentará al atomizador. Este material se atomiza mediante una boquilla o disco giratorio a alta velocidad, y el agua se evapora al entrar en contacto con aire caliente, formando microcápsulas que se recolectan en el contenedor del secador (INESCOP, 2014).

Para lograr una alta eficiencia en la microencapsulación, es fundamental optimizar tanto las condiciones de formulación como las del proceso. Los parámetros clave a considerar incluyen:

- Temperatura de alimentación.
- Temperatura de ingreso y salida del aire.
- Relación compuesta bio agente encapsulante.

2.2.7. Materiales para encapsulación

La microencapsulación es una tecnología para envasar materiales sólidos, líquidos o gaseosos. Las microcápsulas selladas pueden liberar su contenido de forma controlada bajo ciertas condiciones y proteger el producto encapsulado de la luz y el oxígeno. La microencapsulación implica micropartículas que consisten en una membrana polimérica porosa que contiene el ingrediente activo. El proceso de microencapsulación implica recubrir o encerrar materiales o mezclas en un sistema, formando microcápsulas que consisten en una membrana semipermeable, esférica,

delgada y resistente que rodea un núcleo sólido o líquido. Los materiales utilizados para el encapsulamiento incluyen gelatina, grasas, aceites, goma arábiga, alginato de calcio, ceras, almidón de trigo, maíz, arroz, papa, nylon, ciclodextrina, maltodextrina, caseinato de sodio, y proteínas como la de lactosuero y soja. Las aplicaciones de la microencapsulación abarcan diversas industrias, incluyendo la textil, metalúrgica, química, alimentaria, cosmética, farmacéutica y medicinal. Las técnicas empleadas para la microencapsulación incluyen el secado por aspersión, secado por enfriamiento, secado por congelación, coacervación y extrusión. Las sustancias que se pueden microencapsular abarcan vitaminas, minerales, colorantes, prebióticos, probióticos, sabores nutracéuticos, antioxidantes, olores, aceites, enzimas, bacterias, perfumes, fármacos e incluso fertilizantes. Según estudios recientes, la oligofructosa se ha identificado como una opción viable y aceptable como matriz de encapsulamiento (Huertas, 2011).

2.2.8. Yogurt

De acuerdo con la norma INEN 2395: 2011, el yogurt es el producto coagulado obtenido por fermentación láctica de la leche o mezcla de esta con derivados lácteos, mediante la acción de bacterias lácticas *Lactobacillus delbrueckii subsp. bulgaricus* y *Streptococcus salivaris subsp. thermophilus*, pudiendo estar acompañadas de otras bacterias benéficas que por su actividad le confieren las características al producto terminado; estas bacterias deben ser viables y activas desde su inicio y durante toda la vida útil del producto. La actividad microbiana en la leche, siempre que no contenga inhibidores, depende principalmente de la temperatura de incubación y de la proporción de inóculo añadido. A medida que la temperatura se aleja de la óptima y se reduce la cantidad de inóculo, el período de fermentación se alarga. En cultivos de yogurt que incluyen *Streptococcus thermophilus* y *Lactobacillus bulgaricus*, una menor proporción de inóculo y temperaturas más bajas favorecen el crecimiento de *Streptococcus thermophilus*, mientras que condiciones opuestas benefician a *Lactobacillus bulgaricus*. La fermentación en productos lácteos finaliza al alcanzar un pH de aproximadamente 4.2 a 4.5 o una acidez titulable de 0.75 a 0.8. Una vez alcanzada la acidez deseada, es crucial enfriar el yogurt a 4 o 5 °C para detener la fermentación y prevenir la producción adicional de ácido láctico.

2.2.9.1. Valor nutritivo

Peñafiel (2014), menciona que el yogurt es un alimento lácteo fermentado que se ha consumido durante siglos y es conocido por sus beneficios para la salud. Su valor nutritivo lo convierte en un componente importante de una dieta equilibrada. A continuación, se presenta una tabla que resume los principales nutrientes que se encuentran en el yogurt, así como sus beneficios para la salud. En la tabla 5 se presenta el valor nutritivo del yogurt.

Tabla 5. Valor nutritivo del yogurt

Composición	Unidad	Yogurt light
Valor energético	Kcal	105
Humedad total	%	89.49
Materia seca	%	10.51
Proteína cruda	%	3.11
Grasa	%	1.02
Cenizas	%	0.68
Materia orgánica	%	99.32
Carbohidratos totales	%	3.17
Calcio	mg	381
Fósforo	mg	47
Magnesio	mg	308
Zinc	mg	1.61
Vitamina A	mg	1.81

Fuente. (Peñafiel, 2014)

2.2.9. Pruebas de evaluación sensorial

De acuerdo con Espinosa (2007), para realizar una evaluación sensorial efectiva, es fundamental seguir un protocolo estructurado que incluya la selección adecuada de panelistas, la preparación de muestras y el diseño de la prueba. Se recomienda utilizar un grupo de evaluadores entrenados que puedan proporcionar retroalimentación objetiva sobre las características sensoriales del producto, como sabor, aroma, textura y apariencia. Además, es crucial emplear escalas hedónicas o de intensidad para cuantificar las respuestas, permitiendo así un análisis estadístico de los resultados. La implementación de pruebas como la prueba triangular o la prueba de preferencia también puede ser útil para determinar diferencias significativas entre productos o formulaciones.

2.2.9.1. Prueba triangular

Definición y objetivo. La prueba triangular es un método

Según Espinosa (2007), menciona que la prueba triangular es un método de evaluación sensorial discriminativo que consiste en presentar al juez tres muestras simultáneamente, de las cuales dos son iguales y una es diferente, para determinar si existe una diferencia sensorial perceptible entre dos productos (A y B). El objetivo es que el juez identifique cuál de las muestras es la diferente. Este tipo de prueba se utiliza para determinar si existen diferencias perceptibles entre productos, lo que puede ser útil en el desarrollo de productos, control de calidad y estudios de mercado. Es especialmente valiosa para detectar diferencias sutiles en atributos sensoriales. A continuación, detalla una guía con los procedimientos clave:

- **Selección de muestras.** Se elige tres muestras, dos deben ser idénticas (A) y una diferente (B), o viceversa. Las muestras deben ser seleccionadas de manera que solo difieran en el atributo que se desea evaluar.
- **Codificación de muestras.** Se codifica las muestras con números o letras aleatorias para evitar sesgos en la evaluación.
- **Presentación de muestras.** Presentar las muestras al juez de manera aleatoria. Es importante que la disposición de las muestras sea diferente en cada sesión para evitar efectos de posición.
- **Instrucciones al juez.** Explicar al juez el procedimiento de la prueba, indicándole que debe probar las muestras y determinar cuál es la diferente. Se debe enfatizar que debe enjuagarse la boca entre cada muestra para evitar la contaminación de sabores.
- **Evaluación.** El juez prueba las muestras y marca cuál considera que es diferente. Esto puede hacerse encerrando en un círculo la muestra que identifica como distinta.
- **Registro de resultados.** Recoger las respuestas de los jueces y registrar cuántos identificaron correctamente la muestra diferente.
- **Análisis de resultados.** Procesar los datos obtenidos utilizando métodos estadísticos, como la prueba de Ji cuadrada, para determinar si la diferencia entre las muestras es significativa.
- **Interpretación de resultados.** Evaluar si la cantidad de respuestas correctas excede el porcentaje esperado por azar (33% en este caso), lo que indicaría que hay una diferencia perceptible entre las muestras.

III. METODOLOGÍA

3.1. ENFOQUE METODOLÓGICO

3.1.1. Enfoque

Cuantitativo

La presente investigación tuvo un enfoque cuantitativo, debido a que se trabajó con la recolección de información, datos numéricos a nivel de laboratorio realizando diferentes tratamientos experimentales basados en análisis fisicoquímicos y sensoriales.

Cualitativo

Una vez obtenidos los resultados se realizó el análisis sensorial del producto terminado, mediante la aplicación de una prueba discriminativa y en base a la formulación de los tratamientos de la aplicación de la luteína, a su vez se evaluó por un panel de jueces no entrenados que permitan identificar al mejor tratamiento que cumple con las características sensoriales deseadas como olor, color y sabor y posterior a ello se interpretará los resultados.

3.1.2. Tipo de Investigación

Investigación experimental

Para este trabajo se planteó una investigación experimental debido a que se evaluó la concentración de luteína extraída por el método de Soxhlet en la aplicación de un proceso de microencapsulación, que se utilizó posteriormente en la elaboración de una bebida tipo yogurt, ya que debido a sus componentes carotenoides la hacen muy rica para un alimento enriquecido.

3.2. HIPÓTESIS

Primera etapa

Hipótesis nula (Ho). El método de extracción por Soxhlet y arrastre de vapor no influye en la cantidad de luteína extraída.

Hipótesis alternativa (Ha). El método de extracción por Soxhlet y arrastre de vapor sí influye en la cantidad de luteína extraída.

Segunda Etapa

Hipótesis nula (Ho). La adición del microencapsulado de luteína no influye en las propiedades sensoriales y fisicoquímicas de la bebida tipo yogurt.

Hipótesis alternativa (Ha). La adición del microencapsulado de luteína influye en las propiedades sensoriales y fisicoquímicas de la bebida tipo yogurt.

3.3. DEFINICIÓN Y OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES

3.3.1. Definición de las variables

Primera etapa

Variables independientes

- Método de extracción para la luteína.

Variables dependientes

- Cantidad de luteína extraída.

Segunda etapa

Variables independientes

- Adición del microencapsulado a la bebida tipo yogurt.

Variables dependientes

- Características fisicoquímicas, microbiológicas y sensoriales de la bebida tipo yogurt enriquecida con luteína.

3.3.2. Operacionalización de variables

Etapa 1

Tabla 6. Operacionalización de variables de la primera etapa

	Variables	Dimensión	Indicadores	Técnica	Instrumento
V. Independiente	Extracción de luteína	Método de Extracción	Por Soxhlet	Extracción continua con disolventes.	NTE INEN 523
			Arrastre de vapor	Técnica de destilación	AOAC 945.16 y AOAC 942.05
V. dependiente	Cantidad de luteína extraída	Peso de luteína extraída	mg de luteína	Gravimetría.	(Chincheró, 2023)

Etapa 2

Tabla 7. Operacionalización de variables de la segunda etapa.

	Variables	Dimensión	Indicadores	Técnica	Instrumento
V. Independiente	Adición del microencapsulado a la bebida tipo yogurt	Cantidad añadida de microencapsulado de luteína	3 g/L	- Gravimetría	NTE INEN 2395: 2011
	V. dependiente	Calidad de la bebida tipo yogurt	- Características sensoriales.	- Prueba dúo-trío	- Análisis sensorial.
- Características fisicoquímicas.			- Contenido de proteína	- Extracción Soxhlet	- NTE INEN 523
- Contenido de grasa			- Método de Gerber	- NTE INEN 12	
- Contenido de pH			- Potenciometría	- AOAC 945.27	
		- Acidez	- Titulación	- NTE INEN 13	
		- Características microbiológicas	- <i>E. coli</i>	- Siembra por placas petrifilm	NTE INEN 2395: 2011
			- Coliformes totales		
			- Mohos y levaduras		

3.4. MÉTODOS UTILIZADOS

La presente investigación se la realizará en los laboratorios de la Universidad Politécnica Estatal del Carchi y la materia prima se obtendrá de la provincia de Pichincha, Tumbaco.

3.4.1. Formulación testigo para la elaboración de bebida tipo yogurt

En la tabla 8 se detalla la formulación correspondiente para el tratamiento de referencia (T0) y el tratamiento con microencapsulación de luteína (T1).

Tabla 8. Formulación de tratamientos experimentales

Insumo	Unidad	Tratamiento de referencia	Tratamiento 1
Leche estandarizada	L	10.00	10.00
Jalea de azúcar	Kg	1.00	1.00
Cultivo	g	2.00	2.00
Microcápsulas	g	0.00	30.00

3.4.2. Etapa 1. Extracción de la luteína

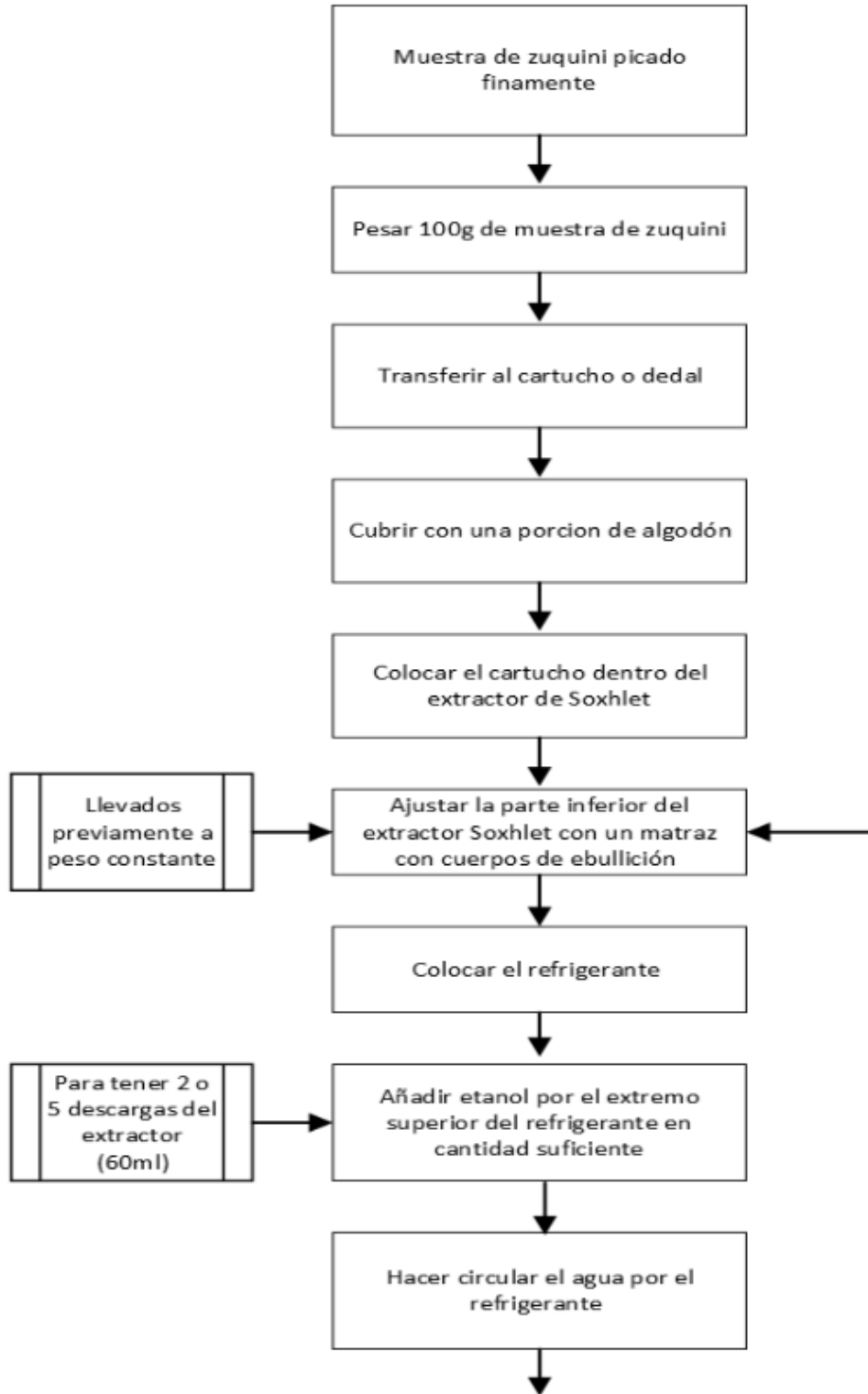
3.4.2.1. Método Soxhlet

Para obtener la extracción de luteína con el método Soxhlet de acuerdo con la guía mym instrumentos técnicos (2019), detalla los siguientes pasos:

- **Preparación de la muestra.** La muestra sólida se pesa y se coloca en un cartucho de extracción.
- **Montaje del equipo Soxhlet.** Coloque el cartucho en el extractor Soxhlet, conecte el extractor al matraz de destilación.
- **Añadir solvente.** Introducir el disolvente apropiado en el matraz de destilación.
- **Calentamiento.** Calentar el matraz para evaporar el disolvente. El vapor sube al cartucho y disuelve los compuestos solubles de la muestra.
- **Condensación y goteo.** El vapor del disolvente se condensa en el matraz de destilación. El disolvente gotea sobre la muestra, iniciando un nuevo ciclo.
- **Ciclo de extracción.** Repita los ciclos de calentamiento y enfriamiento para optimizar el proceso de extracción.
- **Recuperación del solvente.** El disolvente concentrado se recoge en el matraz.
- **Terminación del proceso.** Suspender el calentamiento y dejar que el sistema se enfríe.
- **Análisis de la sustancia extraída.** Recuperar el extracto del cartucho para su posterior análisis.

Diagrama de flujo para la obtención de la luteína a partir de Soxhlet

En la figura 1, se detalla el diagrama de flujo del proceso de extracción de la luteína por el método de Soxhlet.



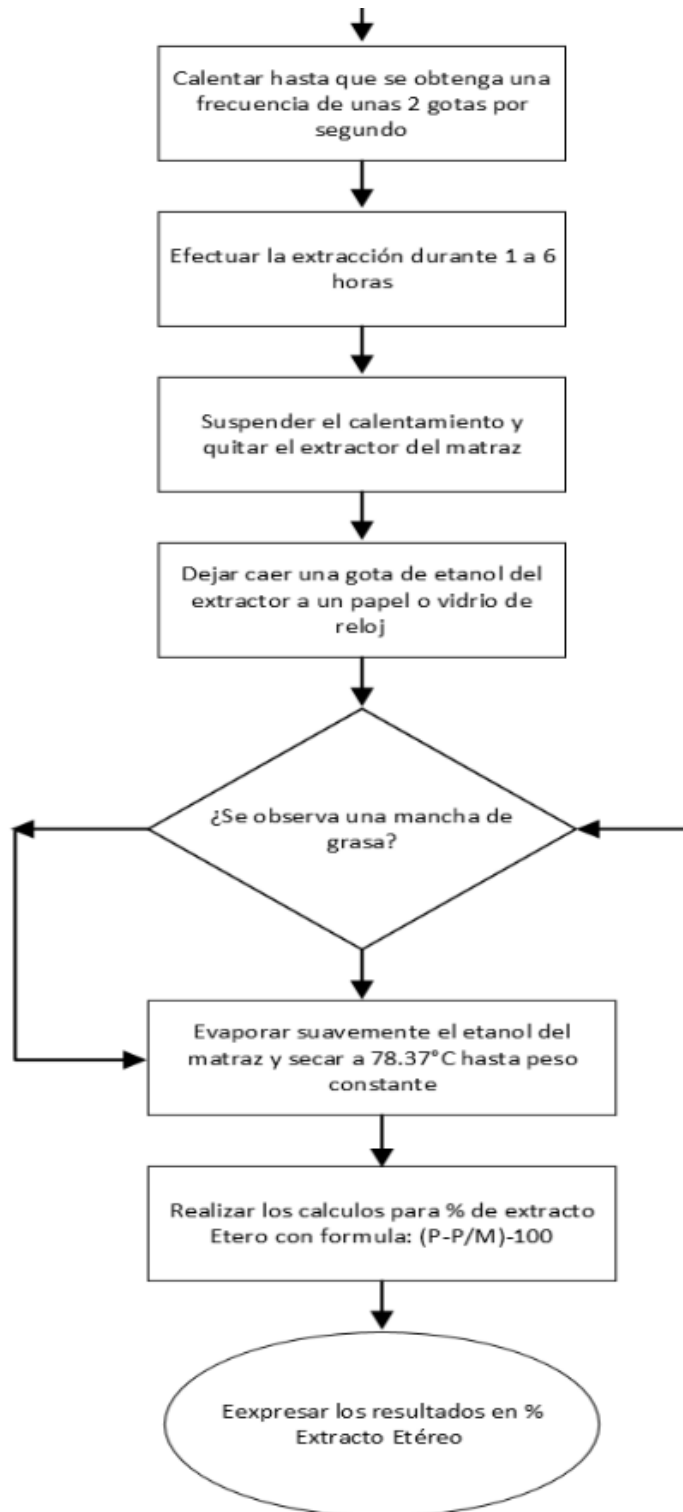


Figura 1. Diagrama de flujo para la obtención de la luteína a partir de Soxhlet.

3.4.2.2. Arrastre de vapor

Para obtener la extracción de luteína con el método de arrastre de vapor de acuerdo con la guía de Villaverde (2018), detalla los siguientes pasos:

- **Preparación de la muestra.** Elegir la sustancia destinada a la destilación y combinarla con agua. Colocar esta mezcla en un recipiente apropiado, ya sea un matraz o un frasco.
- **Calentamiento inicial.** Aplicar un calor suave al matraz para comenzar la evaporación de la sustancia y la generación de vapores.
- **Inyección de vapor de agua.** Inyectar vapor de agua en el sistema, lo cual puede realizarse a través de un conducto conectado al matraz. Este vapor facilita el transporte de los componentes volátiles de la mezcla.
- **Calentamiento sostenido.** Sostener la temperatura para garantizar que la sustancia se evapore de manera constante y se forme una mezcla de vapor.
- **Enfriamiento y recolección.** Conducir la mezcla de vapor a través de un condensador, donde experimenta un proceso de enfriamiento. La sustancia destilada se condensa y se recolecta en un recipiente independiente.
- **Separación de fases.** La sustancia destilada y el agua condensada se estratifican en dos capas distintas debido a las disparidades en su densidad. La sustancia destilada se recolecta en la capa superior.
- **Recolección final.** Se extrae con precaución la sustancia destilada del recipiente de recolección.

Diagrama de flujo para la obtención de la luteína a partir del método destilación por arrastre de vapor.

En la figura 2, se detalla el proceso de extracción de luteína mediante el método de arrastre de vapor.

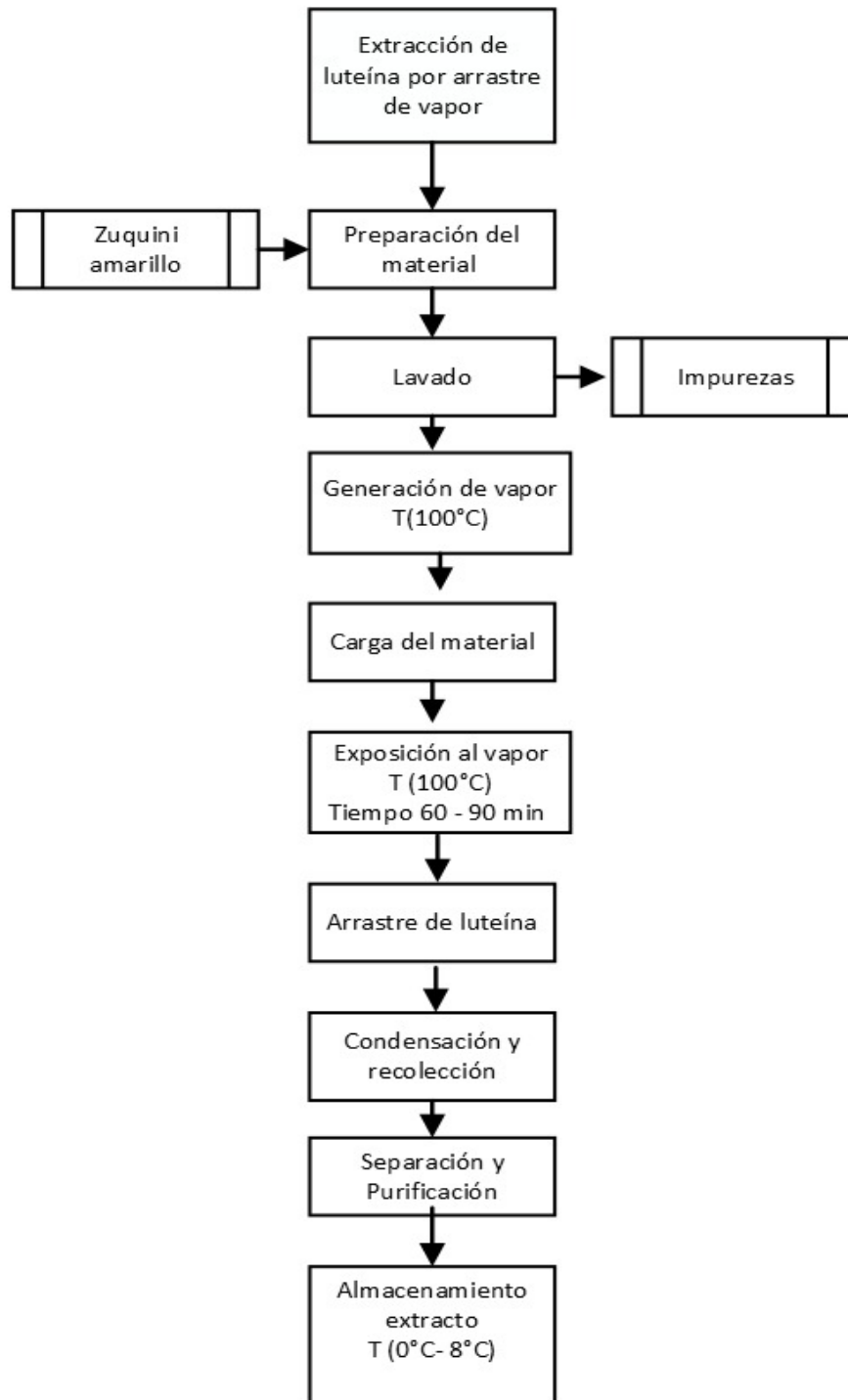


Figura 2. Diagrama de flujo para la obtención de la luteína a partir del método de destilación por arrastre de vapor.

3.4.3. Cuantificación de carotenoides

Para la cuantificación de los carotenoides se realizó mediante el cálculo usando la siguiente ecuación.

$$\text{Rendimiento (\%)} = \frac{\text{peso del extracto (gramos)}}{\text{peso de materia prima (gramos)}} * 100$$

3.4.4. Etapa 2. Elaboración de yogurt

Cuando recibimos la materia prima, se asegura de que se cumpla cada etapa del proceso.

- **Filtrado.** La leche se filtró utilizando un paño limpio y desinfectado para eliminar las partículas extrañas del ordeño. Además, de preservar la calidad y el valor de la leche, un sistema de filtración óptimo también protege el equipo de ordeño y el tanque de partículas potencialmente dañinas.
- **Pasteurización.** En una cacerola de acero inoxidable o aluminio se calentó la leche a 85 °C durante 10 min. La pasteurización de la leche es un proceso térmico en el que se reducen al mínimo todos los posibles microorganismos patógenos en su composición: bacterias, moho, protozoos.
- **Enfriamiento.** La leche se enfrió a temperatura de 40-47 °C, momento en el que las bacterias fermentadoras del yogurt se desarrollan de forma óptima.
- **Inoculación.** Se agregaron las bacterias fermentadoras en una proporción de 0.2 g/L.
- **Incubación.** Para la producción de yogurt, la leche se incubó a una temperatura de 42 °C, que representa un equilibrio entre los valores óptimos de fermentación para las dos especies principales involucradas, a 45 °C para la mayoría de las cepas de *Lactobacillus*.
- **Enfriamiento.** Su finalidad es detener la actividad del iniciador y sus enzimas para evitar una mayor fermentación. Se enfrió el yogurt en etapas continuas: primero inmediatamente a 30 °C, luego lentamente a 20 °C, luego a 14.5 °C y finalmente hasta alcanzar una temperatura de 2-4 °C. Romper el coagulo y refrigerar a 5 °C por 24 h.
- **Batido.** En la etapa de batido se añade la microcápsula de luteína a razón de 3 g por litro, se bate por 5 min y se pasa a la siguiente etapa.
- **Envasado.** El envasado se realiza en envases plásticos y se almacena a 4 °C para luego su posterior análisis.

Diagrama de flujo para la elaboración de bebida tipo yogurt

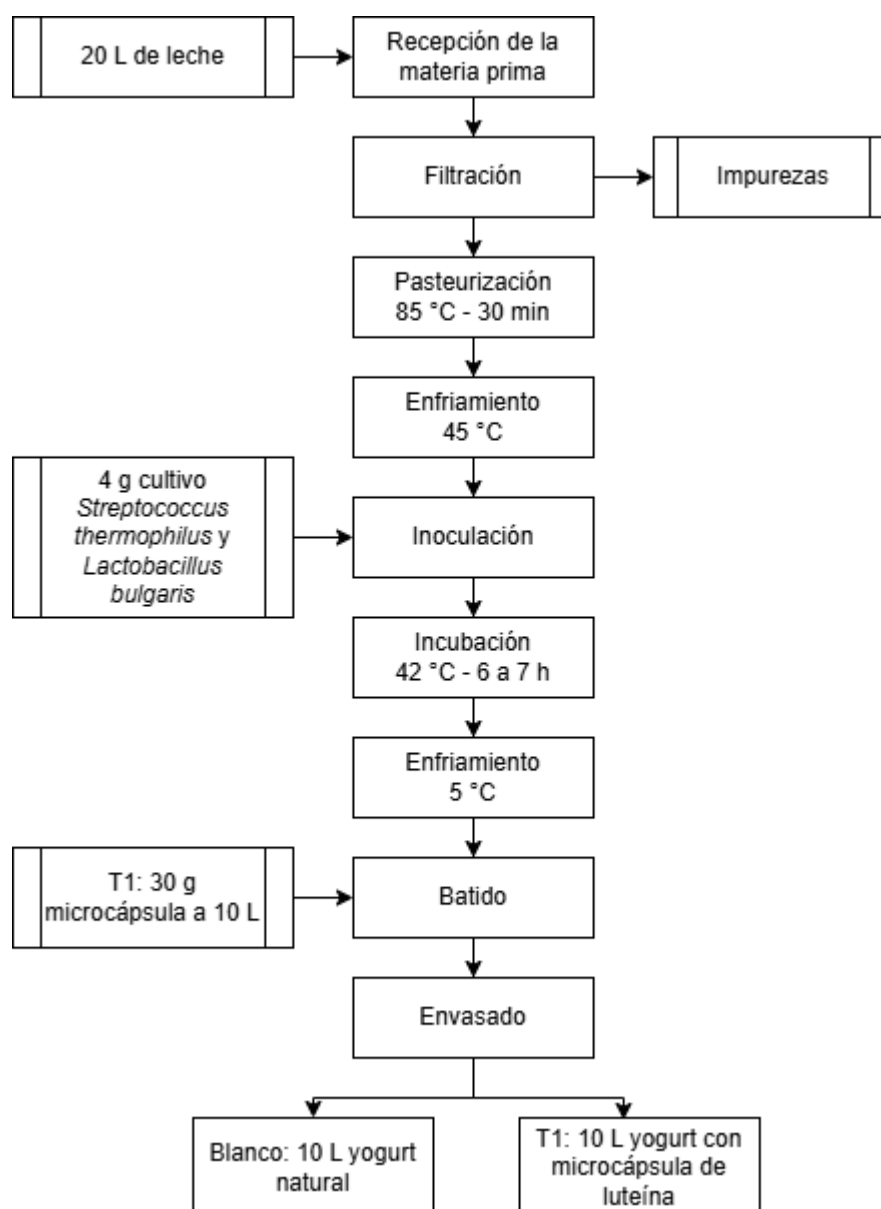


Figura 3. Diagrama de flujo para la elaboración de bebida tipo yogurt.

3.4.5. Análisis fisicoquímicos

3.4.5.1. Grasa

De acuerdo con la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 12 (1973) para la determinación del contenido de grasa en leche detalla el siguiente procedimiento para la metodología de Gerber:

- **Preparación de la muestra.** Llevar la muestra a aproximadamente 20 °C y mezclar suavemente hasta homogeneizar. Si se forman grumos de crema,

calentar en baño María a 35 a 40 °C, mezclar y enfriar rápidamente a 18 a 20 °C.

- **Determinación de grasa en leche fresca u homogeneizada.** Verter 10 cm³ de ácido sulfúrico en el butirómetro. Pipetear 10.94 cm³ de leche y añadir al butirómetro. Añadir 1 cm³ de alcohol amílico. Tapar y agitar suavemente. Centrifugar durante 4 a 5 minutos. Colocar en baño de agua a 65° ± 2°C durante 4-10 minutos. Leer el contenido de grasa.
- **Cálculos.** Para cuantificar el contenido de grasa se usa la fórmula:

$$G = \frac{(m_1 - m_2) - (m_3 - m_4)}{m} \times 100$$

Donde:

G = contenido de grasa (%)

m = masa de muestra analizada (g)

m₁ = masa del Erlenmeyer con extracto (g)

m₂ = masa del Erlenmeyer vacío (g)

m₃ = masa del Erlenmeyer con extracto resultante en la determinación en blanco (g)

m₄ = masa del Erlenmeyer vacío empleado en la determinación en blanco

3.4.5.2. Proteína

De acuerdo con la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 16 (2015) para la determinación de proteína en leche y productos Lácteos se tiene el siguiente procedimiento utilizando el método Kjeldahl, el cual se basa en la digestión de la muestra con ácido sulfúrico, que convierte el nitrógeno orgánico en amoníaco. Este amoníaco se cuantifica posteriormente para calcular el contenido de proteína.

- **Preparación de la muestra.** Pesar una cantidad precisa de la muestra (generalmente entre 1 y 2 g). Colocar la muestra en el matraz Kjeldahl.
- **Digestión.** Añadir un volumen adecuado de ácido sulfúrico al matraz. Calentar la mezcla en el digestor hasta que se complete la digestión (la solución debe volverse clara). Enfriar el matraz después de la digestión.
- **Destilación.** Diluir la solución digestiva con agua destilada. Neutralizar la solución con hidróxido de sodio. Destilar el amoníaco liberado en una solución de ácido bórico.

- **Valoración.** Valorar el amoníaco destilado con una solución estándar de ácido clorhídrico (HCl). Utilizar el indicador de fenolftaleína para determinar el punto final de la valoración.
- **Cálculo del contenido de proteína.** Calcular el contenido de nitrógeno a partir del volumen de ácido utilizado en la valoración. Convertir el contenido de nitrógeno a contenido de proteína utilizando un factor de conversión (generalmente 6.25 para productos lácteos).

$$w_N = \frac{1.4007(V_S - V_b)M_r}{m}$$

Donde:

w_N = contenido de nitrógeno de la muestra (%)

V_S = volumen (mL) del HCl utilizado en la determinación

V_b = volumen (mL) HCl utilizado en el ensayo blanco

M_r = molaridad del HCl

m = masa del ensayo (g)

3.4.6. Análisis microbiológicos

3.4.6.1. Determinación de mohos y levaduras

La metodología para el análisis microbiológico de mohos y levaduras se basan en la norma AOAC 991.14, y su procedimiento se detalla a continuación:

- **Preparación de la muestra.** Realizar el procedimiento bajo condiciones asépticas para evitar la contaminación. Se pesa 10 g o ml de la muestra en una funda estéril, se agitar u homogeneizar la muestra para asegurar una distribución uniforme de los microorganismos.
- **Preparación del diluyente.** Agregar 90 ml de diluyente estéril a la muestra.
- **Inoculación de la placa.** Tomar 1 ml de la solución de muestra y se inocula en el centro de la placa de prueba, distribuyendo la solución uniformemente alrededor de la placa.
- **Incubación.** Invertir la placa para evitar la condensación en la superficie. Incubar la placa a una temperatura de 25 ± 2 °C durante un tiempo de 3 a 7 días, según las especificaciones.
- **Conteo de colonias.** Colocar la placa sobre un fondo blanco para facilitar la visualización de las colonias. Utilizar un contador visual o de colonias para

contar las colonias presentes en la placa. Anotar el recuento o detección de las colonias según las especificaciones del análisis.

- **Interpretación de resultados.** Contar todas las colonias de color azul y blanco/crema con forma clara que crecieron en la placa como levaduras. Contar todas las colonias algodonosas (con el color original de cada especie) como mohos. El rango de conteo es de 1 a 150 CFU (Unidades Formadoras de Colonias) por placa.

3.4.6.2. Escherichia coli

La metodología para el análisis microbiológico de *E. coli* se basan en la norma AOAC 991.14, y su procedimiento se detalla a continuación:

- **Preparación de la muestra.** Realizar todo el procedimiento bajo condiciones asépticas para evitar la contaminación. Pesar 10 g o 10 ml de la muestra en una funda estéril. Agregar 90 ml de un diluyente estéril. Los diluyentes pueden incluir: Tampón de fosfato, solución salina, agua de peptona al 0.1%, dilución de peptona salina, agua de peptona tamponada.
- **Homogeneización de la muestra.** Agitar o homogeneizar la muestra para asegurar una distribución uniforme de los microorganismos.
- **Inoculación de la placa.** Tomar 1 ml de la solución de muestra e inocular en el centro de la placa de prueba Compact Dry EC, distribuir la solución uniformemente alrededor de la placa.
- **Incubación.** Invertir la placa para evitar la condensación en la superficie del medio. Incubar la placa según las especificaciones 24 ± 2 horas y 35 ± 2 °C o 37 ± 1 °C.
- **Conteo de colonias.** Colocar la placa sobre un fondo blanco para facilitar la visualización. Utilizar un contador visual o de colonias para enumerar las colonias. Anotar el recuento o detección de las colonias según las especificaciones del análisis.
- **Interpretación de resultados.** Coloración de colonias: *E. coli* de color azul/púrpura, y Coliformes de color rojo/rosa, que incluyen las colonias de *E. coli*. El número total combinado de colonias de color rojo y azul se considera el número total del grupo coliforme. Rango de conteo: 1-300 CFU/placa.

3.4.6.3. Coliformes totales

La metodología para el análisis microbiológico de coliformes totales se basan en la norma AOAC 991.14, y su procedimiento se detalla a continuación:

- **Preparación de la muestra.** Realizar el procedimiento bajo condiciones asépticas para evitar la contaminación. Pesar 10 g o ml de la muestra en una funda estéril. Agitar u homogeneizar la muestra para asegurar una distribución uniforme de los microorganismos.
- **Dilución de la muestra.** Agregar 90 ml de diluyente estéril a la muestra.
- **Inoculación de la placa.** Tomar 1 ml de la solución de muestra diluida. Inocular el 1 ml en el centro de la placa de prueba Compact Dry CF. Distribuir la solución uniformemente alrededor de la placa.
- **Incubación.** Invertir la placa para evitar la condensación en la superficie. Incubar la placa según las especificaciones 24 ± 2 horas y 37 ± 1 °C.
- **Conteo de colonias.** Colocar la placa sobre un fondo blanco para facilitar la visualización. Contar las colonias utilizando un contador visual o de colonias. Anotar el recuento o detección de las colonias según las especificaciones del análisis.
- **Interpretación de resultados.** El crecimiento de coliformes se identifica por la formación de colonias con coloración azul/verde azulado. La morfología de las colonias puede variar según el género y la especie, pero todas las colonias con coloración azul/verde deben ser consideradas como coliformes. El rango de conteo es de 1-300 CFU (Unidades Formadoras de Colonias) por placa.

3.4.7. Sensoriales

3.4.7.1. Prueba triangular

Para la prueba triangular en análisis sensorial se consideró la metodología que se encuentra regulada por normas internacionales como la ISO 4120 (2021).

Preparación de muestras. Se presentó tres muestras codificadas en una de las seis secuencias posibles (ej.: AAB, ABA, BAA, ABB, BAB, BBA), equilibrando las presentaciones para evitar sesgos.

Instrucciones al panelista. Los panelistas probaron las tres muestras en el orden presentado y seleccionar la que percibieron como diferente.

- **Requisitos del panel.** Los participantes se dio información general sobre los productos a los participantes mediante una orientación previa. El número de jueces fue de 60 ya que se consideró un nivel de confianza estadística con $\alpha=0.05$ y $\beta=0.10$,
- **Análisis estadístico.** Se aplicó una prueba binomial, evaluando el número de respuestas correctas frente a la probabilidad de acierto al azar (1/3 o 33.3 % en prueba triangular). Se utilizaron tablas estadísticas para determinar si el número de aciertos supera el umbral de significancia.

3.5. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Se aplicaron los análisis estadístico de ANOVA y tukey para los parámetros fisicoquímicos (pH, ° Brix, proteína, acidez y contenido de grasa).

La investigación no cuenta con un diseño experimental, sin embargo, se realizó una prueba de diferenciación de la bebida de yogurt con microcápsula de luteína (T1) con el testigo (T0) en una prueba triangular para identificar si existe o no diferencia en la percepción del olor, sabor y viscosidad.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. RESULTADOS

4.1.1. Rendimiento de la extracción

Para la extracción de la luteína se consideró el zuquini en dos estados: fresco con una humedad 93.55 % y deshidratado con una humedad de 7.99 %.

En la tabla 9 se detalla que la extracción de luteína en zuquini fresco presentó un rendimiento de 1.98 % superior al obtenido en la luteína deshidratada. No se pudo extraer luteína mediante arrastre de vapor, ya que es un carotenoide de naturaleza lipídica (Corral, 2011).

Tabla 9. Rendimiento de luteína mediante extracción Soxhlet y arrastre de vapor

Técnica	Zuquini	Luteína extraída (g)	Rendimiento de extracción (%)
Soxhlet	Fresco	207.9	1.98
	Deshidratado	168.9	1.61
Arrastre de vapor	Fresco	0.00	0.00
	Deshidratado	0.00	0.00

Nota. Para cada método de extracción se usó 10.51 kg de materia prima.

Cuantificación de carotenoides

Para la cuantificación de los carotenoides se realizó mediante el cálculo usando la siguiente ecuación.

$$\text{Rendimiento (\%)} = \frac{\text{peso del extracto (gramos)}}{\text{peso de materia prima (gramos)}} * 100$$

$$\text{Rendimiento extracto (\%)} = \frac{207.90 \text{ gramos de carotenoides}}{10510 \text{ gramos de zuquini fresco}} * 100 = 1.98 \%$$

$$\text{Rendimiento extracto (\%)} = \frac{168.90 \text{ gramos de carotenoides}}{10510 \text{ gramos de zuquini deshidratado}} * 100 = 1.60 \%$$

Análisis espectrofotométrico del extracto

El extracto del zuquini amarillo presentó una absorbancia de 0.525 a una longitud de onda de 444 nm, que corresponde a 0.3768 mg/g de carotenoides considerando a la luteína como la principal.

Cálculo de la determinación de la cantidad de luteína.

Ecuación 5. Determinación de carotenoides totales

$$\text{Carotenoides totales} \left(\frac{mg}{g} \right) = \frac{V \cdot A \cdot 1000}{(A_{1\text{ cm}}^{1\%}) \cdot 100 \cdot M}$$

Donde:

V = Volumen del extracto (mL)

A = Absorción a 444 nm

$$A_{1\text{ cm}}^{1\%} = \text{Coeficiente de absortividad} = \left(\frac{2500\text{ g}}{100\text{ mL} \cdot \text{cm}} \right)$$

M = Peso inicial de la muestra (g)

Posteriormente, se determina los sólidos totales (% SST) de acuerdo con la ecuación 2, la masa de sólidos extraídos (MSE) mediante la ecuación 3, y la eficiencia de extracción a través de la ecuación 4, donde MV es la masa del material vegetal.

Ecuación 6. Determinación de sólidos totales

$$\% \text{ SST} = 100 - \% \text{ Humedad}$$

Ecuación 7. Determinación de masa de sólidos extraídos

$$MSE = \frac{\%SST \cdot M}{100}$$

Ecuación 8. Eficiencia de extracción

$$\% \text{Eficiencia extracción} = \left(\frac{MSE}{MV} \right) \cdot 100$$

4.1.2. Análisis fisicoquímicos en el yogurt

En el anexo 10 se detalla los ANOVAS correspondientes a cada parámetro analizado. En la tabla 13 se presentan los resultados de las características fisicoquímicas de la bebida tipo yogurt.

Tabla 10. Análisis fisicoquímicos en el yogurt

Producto	Grasa (%)	Proteína (%)	Acidez (%)	pH	°Brix
Yogurt natural (T0)	3.32±0.250 ^B	3.12±0.021 ^B	0.81±0.010 ^B	4.32±0.021 ^A	13.22±0.126 ^B
Yogurt con microcápsula (T1)	3.10±0.082 ^A	3.19±0.025 ^A	0.87±0.022 ^A	4.30±0.096 ^A	11.42±0.126 ^A
P-valor	0.138	0.00601	0.0028	0.575	9.48e-07

4.1.3. Análisis microbiológico

En la tabla 11 se presenta los resultados obtenidos del recuento microbiológico para los tratamientos utilizados, donde se expresa un valor mínimo, es decir, un valor estimado $< 1 \times 10^1$ haciendo referencia a que el conteo fue menor a 10 UFC/g.

Tabla 11. Recuento microbiológico en UFC/g

Tratamientos	Mohos y levaduras (UFC/g)	<i>Escherichia coli</i> (UFC/g)	Coliformes totales (UFC/g)
Yogurt natural (T0)	Estimado $< 1 \times 10^1$	Estimado $< 1 \times 10^1$	Estimado $< 1 \times 10^1$
Yogurt con microcápsula (T1)	Estimado $< 1 \times 10^1$	Estimado $< 1 \times 10^1$	Estimado $< 1 \times 10^1$

4.1.4. Análisis sensorial

En la Tabla 12 se presentan los resultados del análisis sensorial del yogurt, en el cual se identificó una diferencia perceptible en los atributos de olor, sabor y viscosidad, mediante la aplicación de una prueba triangular. Esta diferencia fue estadísticamente significativa, ya que el valor de p fue inferior a 0.05.

Tabla 12. Análisis de la prueba triangular en el yogurt

Atributo	Número de jueces no entrenados	Percibe	No percibe	P-valor
Olor	60	34	26	1.7256e-04
Sabor	60	48	12	1.5377e-13
Viscosidad	60	44	16	2.8027e-10

4.2. DISCUSIÓN

4.2.1. Análisis de la materia prima, extracción y microencapsulación de luteína

Al contrastar los resultados obtenidos con la investigación de Indrawati et al. (2019), se evidencia que tanto los pétalos de caléndula como el zuquini amarillo (*Cucurbita pepo var. reticulata*) constituyen fuentes significativas de luteína, aunque con diferencias notables en cuanto a la cantidad de luteína extraída y la metodología de extracción. Mientras que Indrawati et al. reportan un perfil carotenoide complejo con un predominio del diéster de luteína y una alta proporción de luteína trans (78.15 %) a 445 nm tras saponificación, el presente estudio determinó una longitud de onda de máxima absorbancia para luteína a 444 nm y un nivel de absorbancia de 0.525, lo que indica concordancia espectral en la caracterización del compuesto. Sin embargo, la extracción en el zuquini amarillo mediante la metodología por arrastre de vapor fue nula, en contraste con la metodología Soxhlet que se obtuvo un rendimiento de 1.98 % en el zuquini fresco, y 1.61 % con el zuquini deshidratado, en

comparación con Indrawati et al. (2019), la predominancia de la trans-luteína fue del 78.15 %, seguida de un 7.15 % de violaxantina y un 2.10 % de trans-zeaxantina, mientras que los restos corresponden a pigmentos epóxicos. El contenido total de carotenoides fue de 9.68 mg de luteína/g de peso seco en la caléndula liofilizada y de 9.34 mg de luteína/g de peso seco en el tratamiento de secado al vacío. Esta diferencia resalta la importancia de optimizar los métodos de extracción bajo criterios de eficiencia, seguridad alimentaria y sostenibilidad, donde la aplicación funcional de la luteína, tanto en la formulación de bebidas como en suplementos alimenticios, refuerza su potencial como carotenoide bioactivo con propiedades antioxidantes y beneficios para la salud ocular.

De acuerdo con Chinchero (2023), para la cuantificación de carotenoides establece que la eficiencia de extracción de luteína en productos deshidratados suele ser superior o comparable a la de productos húmedos, pero depende del método de secado, tipo de matriz vegetal y técnica de extracción utilizada. En productos húmedos, el agua puede diluir o bloquear la acción de solventes no polares como el hexano, dificultando la extracción. En productos deshidratados, la concentración de luteína es mayor por gramo de muestra, lo que favorece una extracción más eficiente si la luteína no se ha degradado durante el secado, lo cual se contrapone con los rendimientos obtenidos en la presente investigación de 1,98 % en el zuquini fresco, y 1,61 % con el zuquini deshidratado debido al uso de un solvente polar (etanol).

4.2.2. Análisis fisicoquímicos en el yogurt

La caracterización fisicoquímica de la bebida tipo yogurt desarrollada en esta investigación permitió evidenciar su calidad nutricional y funcional, así como su viabilidad tecnológica para el consumo humano. Al contrastar estos resultados con estudios previos, se identifican similitudes y diferencias relevantes que fortalecen el enfoque científico del presente trabajo.

En primer lugar, el contenido de grasa promedio fue de 3.212 %, sin diferencias significativas entre los tratamientos, valor similar al reportado por González et al. (2014), quienes obtuvieron un 3.21 % en yogures blandos con *Lactobacillus acidophilus* microencapsulado. Esto indica que el proceso de microencapsulación y la incorporación de ingredientes funcionales no alteran de forma considerable la composición lipídica del producto, manteniéndose dentro de los rangos esperados para yogures convencionales. Por el contrario, Ruiz (2022) obtuvo un valor mucho

menor (0.52 %) en su yogurt funcional de soya con microcápsulas de betabel, lo que puede atribuirse a la naturaleza vegetal de la base utilizada, con bajo contenido graso. La comparación sugiere que las matrices animales (leche o sus derivados) aportan un perfil lipídico más elevado, siendo una característica deseable en productos que buscan mantener una textura cremosa y sensación en boca más agradable.

En cuanto al pH, se obtuvo un promedio de 4.312, sin diferencias estadísticas entre tratamientos. Este valor es característico de productos fermentados, reflejando una acidez adecuada para la conservación microbiológica. Resultados similares fueron reportados por González et al. (2014), con un pH de 4.38 y Neire (2024), valores entre 4.96 y 5.15. Estas similitudes indican que la formulación evaluada cumple con los estándares de acidez esperados para este tipo de bebida, favoreciendo la estabilidad del producto sin comprometer su aceptabilidad sensorial.

En cuanto al contenido de proteína, se evidenciaron diferencias significativas entre tratamientos, donde el T1 con microencapsulación obtuvo 3.1925 % respecto al T0 con 3.1250 % libre de luteína. Estos valores superan los reportados por Neire (2024) que fue de 2.97 %, Ruiz (2022) 2.72 % y González et al. (2014) 2.73 %, lo que representa una mejora nutricional considerable. Un mayor contenido proteico es relevante para poblaciones que buscan alimentos funcionales con beneficios nutricionales, especialmente en dietas que requieren aporte adicional de macronutrientes esenciales. La mejora en este parámetro puede estar asociado a la calidad de la leche, contenido de proteína en particular.

Respecto a la acidez titulable, se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos, siendo el tratamiento T1 el que presentó mayor acidez de 0.87 % respecto al blanco de 0.8125 %. Este valor es considerablemente superior al reportado por Neire (2024) de 0.48 %, lo que puede atribuirse al proceso fermentativo más prolongado o al tipo de ingredientes utilizados en la formulación, como lo es la luteína en la microencapsulación. Una mayor acidez puede contribuir a una mayor percepción de frescura y al perfil sensorial deseado en yogures, sin exceder los límites que podrían afectar negativamente la aceptación del producto. Además, una acidez elevada es indicativa de una fermentación efectiva, importante para productos con potencial probiótico.

Finalmente, el análisis de °Brix evidenció diferencias significativas, donde el T1 (13.225) presenta un valor superior al T0 (11.425). Aunque este parámetro no fue abordado específicamente en los antecedentes propuestos, su inclusión en el presente estudio proporciona un valor agregado, ya que permite comprender mejor el equilibrio entre sabor, textura y aceptabilidad.

4.2.3. Análisis microbiológico

De acuerdo con la Norma Técnica Ecuatoriana *NTE INEN 2395: 2011* para leches fermentadas establece para 5 muestras: en coliformes totales el rango de 10 a 100 UFC/g, con 2 muestras permisibles; *E. coli*, ausencia; mohos y levaduras un rango de 200 a 500 UFC/g, con 2 muestras permisibles. En contraste con la investigación, para cada uno de los tratamientos analizados presentaron valores estimados de $< 1 \times 10^1$ UFC/g, tanto para coliformes, *E. coli*, mohos y levaduras hubo ausencia o un valor mínimo que se encuentra por debajo de los rangos establecidos, lo que indica que el producto terminado de la bebida tipo yogurt cuenta o no con la microcápsula se encuentra en parámetros óptimos, es decir, no presenta contaminaciones microbianas.

4.2.4. Análisis sensorial

Respecto al análisis sensorial, Espinosa (2007) menciona que una prueba triangular se considera una prueba que representa una probabilidad del 33 %, dado que se presentan tres muestras simultáneamente: dos de ellas son iguales y una diferente, de las cuales el panelista debe seleccionar la que es diferente. La autora presenta una tabla con el número mínimo de juicios correctos para establecer significancia a varios niveles de probabilidad para pruebas triangulares, donde para 60 ensayos a una probabilidad del 5 % el número mínimo de respuestas correctas para establecer diferencia significativa es de 27. En contraste con la investigación, para un grupo de 60 panelistas respecto al atributo de olor se obtuvo 34 aciertos, de sabor 48 aciertos y de viscosidad 44 aciertos, lo que indica que sí existe diferencia significativa entre los tratamientos T1 (con microencapsulación de luteína) y T0 (libre de luteína), por lo cual sí es perceptible para el consumidor.

V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

- La metodología por arrastre de vapor fue nula, en contraste con la metodología Soxhlet para la extracción de luteína presente en el zuquini amarillo, presentando valores de 1.98 % para el zuquini fresco y 1.61 % para el zuquini deshidratado.
- El zuquini fresco presentó una humedad de 93.54 % y el zuquini deshidratado 7.99 % humedad.
- Se confirmó la presencia de luteína en el extracto del zuquini amarillo mediante un análisis espectrofotométrico a una longitud de onda de 444 nm con un nivel de absorbancia de 0.525.
- Los análisis fisicoquímicos mostraron que el yogurt con microcápsula presentó un contenido proteico de 3.1925 %, una acidez de 0.87 % y un pH de 4.3, con diferencias significativas superiores en comparación con el yogurt sin microcápsulas. El análisis microbiológico indicó que ambos tratamientos presentaron recuentos mínimos de microorganismos, cumpliendo con los estándares de calidad microbiológica.
- Sensorialmente, se obtuvieron diferencias significativas en los atributos de olor, sabor y viscosidad entre el yogurt con microcápsula y el yogurt sin microcápsulas, lo que sugiere que la incorporación de luteína microencapsulada afecta de manera positiva la percepción sensorial del producto.

5.2. RECOMENDACIONES

- Desarrollar metodologías alternativas de extracción de luteína que permitan optimizar su extracción, mediante el ajuste de parámetros críticos como el tiempo, la temperatura y el tipo de solvente, priorizando además la sostenibilidad y la eficiencia del proceso.

- Evaluar el tipo de matriz encapsulante en función de las características fisicoquímicas del compuesto activo que se desee microencapsular, se debe de considerar el método de secado y su compatibilidad con el producto final.
- Ampliar la aplicación de la lutéina microencapsulada a diversas matrices alimentarias, tanto lácteas como no lácteas, con la finalidad de diversificar su uso comercial en el desarrollo de alimentos funcionales y responder a la demanda de productos con valor agregado y beneficios para la salud.

VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Academia Salman Khan [ACSK]. (2018). *Destilación*. Retrieved 20 de Octubre de 2023, from Khan Academy: <https://es.khanacademy.org/science/ap-chemistry-beta/x2eef969c74e0d802:intermolecular-forces-and-properties/x2eef969c74e0d802:separation-of-solutions-and-mixtures-chromatography/v/distillation>
- Amaguaña, V. N. (31 de Julio de 2024). *Evaluación de dos abonos orgánicos en la producción de zucchini (Cucurbita pepo L.)*. Retrieved 11 de 10 de 2024, from Facultad de Ciencias Agropecuarias: <https://repositorio.uta.edu.ec:8443/jspui/bitstream/123456789/42761/1/126%20Agronom%c3%ada%20-%20Palate%20Amagua%c3%bl a%20Veronica%20Nataly%20%282%29.pdf>
- Bhaskaran, S., y Mohan, V. (2008). *España Patente nº ES 2 294 694 T3*. <https://patentimages.storage.googleapis.com/b5/51/9e/fab4df335e8746/ES2294694T3.pdf>
- Busquets, A. (Octubre de 2023). *Microscopía óptica*. Retrieved 22 de Noviembre de 2023, from Universitat de les Illes Balears: <https://sct.uib.es/Instruments-i-equipis-dels-Serveis-Cientificotecnics/Area-de-microscopia-optica-i-electronica/Microscopia-optica.cid108042>
- Centro Tecnológico Privado AINIA [CTPA]. (30 de Septiembre de 2010). *La microencapsulación, ¿qué beneficios nos puede aportar ?* Retrieved 15 de Agosto de 2023, from ainia.com: <https://www.ainia.com/ainia-news/la-microencapsulacion-que-beneficios-nos-puede-aportar/>
- Cerezal, P., Morales, J., Palma, J., Ruíz, M. d., y Jauregui, M. (10 de Abril de 2019). Estabilidad de la luteína obtenida de Muriellopsis spy utilizada como colorante natural y antioxidante en una salsa de aderezo similar a la mayonesa. *Revista oficial de la Sociedad Mexicana de Nutrición y Tecnología de Alimentos (SOMENTA)*, 517 - 526. <https://doi.org/10.1080/19476337.2019.1609091>
- Chang, R. (11 de Mayo de 2010). *Química*. En R. Chang, *Química 10ª Edición* (Vol. 10ª Edición). México D.F: McGraw-Hill. Retrieved 20 de Octubre de 2023, from Química Orgánica: <https://www.studocu.com/es-mx/document/universidad-de-guanajuato/quimica-organica-i/destilacion/52496386>

- Chinchero, A. (2023). Evaluación de la actividad antioxidante y antiinflamatoria de un extracto que contiene carotenoides obtenido a partir de *Capsicum annuum* en dos diferentes estados de madurez. Universidad Técnica de Ambato.
- Cifuentes, E., Montalvo, M., Pineda, J., Gálvez, L., y Pineda, C. (11 de Diciembre de 2021). *Producción de un extracto de luteína a partir de la caléndula (Caléndula officinalis): una revisión*. Retrieved 23 de Noviembre de 2023, from Instituto Superior Tecnológico 17 de Julio - Centro Ecuatoriano de Biotecnología: <https://www.cebaecuador.org/wp-content/uploads/2022/01/12.pdf>
- Corral, C. (2011). *Extracción de luteína a partir de flores de tagete (Tagete erecta) y estabilización por microencapsulación*. Retrieved 25 de Octubre de 2023, from Universidad de Chile: [file:///C:/Users/Luis%20Salvador/Downloads/qf-arellano_ca%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/Luis%20Salvador/Downloads/qf-arellano_ca%20(1).pdf)
- Delgado, C., y Sevilla, S. (26 de Septiembre de 2011). *Informe Diagnóstico de Laboratorio sobre la cenizilla de zuquini*. Retrieved 25 de Octubre de 2023, from Universidad Técnica De Babahoyo.: <http://dspace.utb.edu.ec/bitstream/handle/49000/976/T-UTB-FACIAG-AGR-000182.03.pdf;sequence=3>
- Equipos y Laboratorio de Colombia. (2022). *Saponificación*. www.equiposylaboratorio.com: Soluciones Analíticas NIR Tecnilab
- Espinosa, J. (2007). *Evaluación Sensorial de los Alimentos*. Editorial Universitaria.
- Fico Nutrition. (17 de Octubre de 2023). *¿Qué es y para qué sirve la Inulina?* <https://ficonutrition.cl/>: <https://ficonutrition.cl/blog/que-es-y-para-que-sirve-la-inulina/>
- González Cuello, R. E., Pérez Mendoza, J., & Urbina Suarez, N. A. (2014). Efecto de la microencapsulación sobre las propiedades reológicas y fisicoquímicas del yogurt blando. *Información tecnológica*, 25(6), 45-56. <https://doi.org/10.4067/S0718-07642014000600007>
- Gonzales, C. (08 de Septiembre de 2019). *Ensayo comparativo de cultivares de calabacín redondo (Cucurbita pepo L.), bajo invernadero*. Retrieved 20 de Octubre de 2023, from Escuela Politécnica Superior De Ingeniería Sección De Ingeniería Agraria- Universidad de la Laguna: <https://riull.ull.es/xmlui/bitstream/handle/915/16189/TFG%20Christian%20Gonz%c3%a1lez%20Ramos.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Grupo Eurosur . (08 de Febrero de 2023). *¿Qué es el aceite de girasol alto oleico?* *¿Qué es el aceite de girasol alto oleico?* Grupo Eurosur: <https://www.grupoeurosur.es/que-es-el-aceite-de-girasol-alto-oleico/>

- Harvey, D. (2014). *Métodos Potenciométricos*. Retrieved 22 de Noviembre de 2023, from University DePauw: [https://espanol.libretexts.org/Quimica/Qu%C3%ADmica_Anal%C3%ADtica/Qu%C3%ADmica_Anal%C3%ADtica_2.1_\(Harvey\)/11%3A_M%C3%A9todos_electroqu%C3%ADmicos/11.02%3A_M%C3%A9todos_Potenciom%C3%A9tricos](https://espanol.libretexts.org/Quimica/Qu%C3%ADmica_Anal%C3%ADtica/Qu%C3%ADmica_Anal%C3%ADtica_2.1_(Harvey)/11%3A_M%C3%A9todos_electroqu%C3%ADmicos/11.02%3A_M%C3%A9todos_Potenciom%C3%A9tricos)
- Hearris, M. (25 de Noviembre de 2019). *¿Qué es la inulina? | Propiedades, dosis y efectos secundarios*. [www.myprotein.es: https://www.myprotein.es/thezone/suplementos/que-es-la-inulina-beneficios/](https://www.myprotein.es/thezone/suplementos/que-es-la-inulina-beneficios/)
- Henao, M. V. (2016). *Formulación de nanopartículas y micropartículas de luteína extraída por fluidos supercríticos a partir de excedentes de cosecha de lechuga (*Lactuca sativa* L.) y repollo (*Brassica oleracea*)*. [https://repository.unilasallista.edu.co/:](https://repository.unilasallista.edu.co/)
<https://repository.unilasallista.edu.co/server/api/core/bitstreams/df808c76-e08f-4599-bebc-eb42ff9f58a0/content>
- Indrawati, R., Kurniawan, J. M., Wibowo, A. A., Gunawan, I. A., y Brotosudarmo, T. H. (01 de Mayo de 2019). *Extracción integrada sin disolventes y encapsulación de luteína de pétalos de caléndula y su aplicación*. <https://doi.org/https://doi.org/10.1080/19476337.2018.1544591>
- INESCOP. (2014). *Técnicas de microencapsulación*. Retrieved 24 de Noviembre de 2023, from INESCOP: <https://www.inescop.es/images/Proyectos/Regionales/2016/MICROCAPS/E1-TECNICAS%20DE%20MICROENCAPSULACION.pdf>
- ISO 4120. (2021). *Sensory analysis — Methodology — Triangle test*. International Standard: <https://www.iso.org/standard/76666.html>
- Jamuna, M. (2024). A biochemical approach to comparative evaluation of raw and cooked zucchini extract. 6(14).
- Khachik, F. (2007). *Process for isolation, purification, and recrystallization of lutein from saponified marigold oleoresin and uses thereof*. https://patentimages.storage.googleapis.com/aa/e2/7e/d415a80cb0c806/U_SRE40938.pdf
- Mamani, L. (2019). *Efecto de abonos orgánicos en dos variedades de zucchini (*Cucúrbita pepo*) en la comunidad de Chañurani*. Retrieved 17 de Octubre de 2024, from Universidad Mayor de San Andrés: <https://1library.co/document/yr3eld3p-universidad-mayor-andr%C3%A9s-facultad-agronom%C3%ADa-carrera-ingenier%C3%ADa-agron%C3%B3mica.html#fulltext-content>

- Mancheno, R. G. (12 de Diciembre de 2019). *Aceite de girasol con alto contenido en ácido oleico y esteárico*. Infoalimenta: https://infoalimenta.com/los_expertos_opinan/aceite-de-girasol-con-alto-contenido-en-acido-oleico-y-estearico/
- Martínez, D., Fuente, R., Fernández, Z., Merinas, T., Gómez, P., Alonso, Á., y Río, M. d. (14 de Julio de 2017). *Asocian compuestos del calabacín amarillo con la muerte de células tumorales*. <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/nu9070755>
- Martorrel, J. C., Martín, J. A., Ruíz, D. R., y Acosta, A. V. (29 de Diciembre de 2005). *España Patente nº ES 2 281 277 B1*. <https://patentimages.storage.googleapis.com/8c/14/83/c02b96df748e08/ES2281277B1.pdf>
- Métodos de Separación de Mezclas [MSM]. (2023). *Método Soxhlet: Que es y en Qué Consiste*. Retrieved 20 de Octubre de 2023, from *Métodos de separación de mezclas*: <https://metodosdeseparaciondemezclas.com/metodo-soxhlet/>
- Mondragón, M. G. (03 de Octubre de 2019). *Soxhlet del inventor al método*. Retrieved 20 de Octubre de 2023, from *Saber Mas: Revista de Divulgación*: <https://www.sabermas.umich.mx/archivo/articulos/244-numero-29/450-soxhlet-del-inventor-al-metodo.html>
- mym instrumentos técnicos. (30 de Enero de 2019). *Metodo Soxleth: El Origen*. Retrieved 30 de Octubre de 2023, from *mym instrumentos técnicos*: <https://www.myinstrumentostecnicos.com/tecnologia/soxhlet-metodo-para-determinacion-de-grasa-en-alimentos/>
- Naga, V., Prasanna, M., Narayan, S., Prabha, S., Ramaiah, S., y Srawan, G. (2010). *Técnicas de Microencapsulación, Factores que influyen en la eficiencia de encapsulación*. *Informa Healthcare*, 187 - 197. Retrieved 20 de Agosto de 2023, from www.researchgate.com: https://www.researchgate.net/publication/284626317_Microencapsulation_Techniques_Factors_Influencing_Encapsulation_Efficiency_A_Review
- Neire Mattos, M. J. (2024). *Determinación fisicoquímica, contenido de antocianinas y carotenoides totales en una bebida instantánea de Pulpa Micro encapsulada de Guayaba (Psidium Guajava L.) y Nuez de Marañón (Anacardium Occidentale L.)*, Pucallpa-2022. <https://hdl.handle.net/20.500.14621/7252>
- Noguera, B. (29 de Julio de 2020). *¿Qué es la saponificación?* www.ingenieriaquimicareview.com: <https://www.ingenieriaquimicareviews.com/2020/07/saponificacion.html>
- Novelty Technology Care Pharma [NTCP]. (19 de Diciembre de 2022). *¿Por qué la luz azul es perjudicial para la vista?* Retrieved 22 de Noviembre de 2023, from NTC

Pharma España: <https://ntcespana.es/actualidad/por-que-luz-azul-perjudicial-vida#:~:text=La%20luz%20azul%20violeta%20es,de%20ceguera%20en%20el%20mundo.>

NTE INEN 12. (1973). *Leche. Determinación del contenido de grasa*. Scribd: <https://es.scribd.com/document/508522038/Norma-Inen-12>

NTE INEN 1529-10. (2013). *Control microbiológico de los alimentos. Mohos y levaduras viables. Recuentos en placa por siembra en profundidad*. Scribd: <https://es.scribd.com/document/488093112/1529-10-1R-MOHOS-Y-LEVADURAS-VIABLES-pdf>

NTE INEN 16. (2015). *Leche y productos lácteos. Determinación de contenido de nitrógeno. Método Kjeldahl*. Scribd: <https://es.scribd.com/document/718047759/8-NTE-INEN-0016-Leche-y-productos-lacteos-determinacion-de-contenido-de-nitrogeno-metodo-kjeldahl>

NTE INEN 2395: *Leches fermentadas. Requisitos*. (2011). <https://studylib.es/doc/5365063/n-te-inen-2395--leches-fermentadas.-requisitos?p=7>

Ospina, D. S., y Hernandez., Y. M. (Diciembre de 2018). *Principios básicos de la cromatografía líquida de alto rendimiento para la separación y análisis de mezclas*. Retrieved 22 de Noviembre de 2023, from Universidad de América: <https://repository.uamerica.edu.co/bitstream/20.500.11839/7731/1/6131978-2018-1-IQ.pdf>

Pato, S. (13 de 01 de 2022). *Inulina: beneficios y efectos secundarios*. www.publico.es: <https://www.publico.es/psicologia-y-mente/inulina-beneficios-y-efectos-secundarios/>

Peñafiel, A. (2014). *Elaboración de yogurt light con stevia como edulcorante [Escuela Superior Politécnica de Chimborazo]*. <http://dspace.epoch.edu.ec/bitstream/123456789/9753/1/84T00283.pdf>

Peréz, P. M. (03 de Julio de 2017). *Análisis volumétrico de interés farmacéutico: Valoradores Automáticos*. Retrieved 27 de Noviembre de 2023, from Universidad De Sevilla: <https://idus.us.es/bitstream/handle/11441/65309/An%C3%A1lisis%20volum%C3%A9trico.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Pochteca Chilena. (27 de Mayo de 2022). *Todo lo que debes saber del ácido oleico*. Retrieved 11 de Septiembre de 2024, from chile.pochteca.net: <https://chile.pochteca.net/todo-lo-que-debes-saber-del-acido-oleico/>

- Quicaño Huaman, B. E. (2024). Efecto de la temperatura y concentración de maltodextrina en la higroscopicidad y solubilidad de la Luteína de Alfalfa (*Medicago sativa* L.) microencapsulada por secado Spray Dryer. <https://repositorio.unsch.edu.pe/handle/20.500.14612/6964>
- Reyes, B., Chamorro, R., Morales, G., Hernández, M., Farías, C., y Valenzuela., R. (Junio de 2023). Composición química y aplicaciones clínicas del aceite de oliva extra virgen. *Revista Chilena de Nutrición*. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.4067/s0717-75182023000300320>
- Rodriguez, O. (06 de Abril de 2023). *Detección de humedad por el método Karl Fischer: Una Guía Completa*. Retrieved 22 de Noviembre de 2023, from Rova Ingeniería: <https://renovaingenieria.com/deteccion-de-humedad-por-el-metodo-karl-fischer-una-guia-completa/>
- Ruiz, A. A. R. (2022). Desarrollo de un yogurt a base de leche de soya con microencapsulado de compuestos bioactivos de subproductos de betabel.
- Salazar, C., y Castillo, S. (2018). *Fundamentos Básicos de la Estadística* (Primera Edición ed.). Quito, Ecuador. Retrieved 07 de 10 de 203, from <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/13720/3/Fundamentos%20%C3%A1sicos%20de%20Estad%3%ADstica-Libro.pdf>
- Sánchez, L. (2021). 4.1. *Proceso químico casero de saponificación*. Módulo III:Talleres prácticos: Aprendiendo a hacer: https://econtinua.clavijero.edu.mx/cursos/moocs/educacion-ambiental/modulo3/contenidos/41_proceso_quimico_casero_de_saponificacion.html
- Santiago, R. E. (27 de Octubre de 2015). *Biomarcadores de Luteína, zeaxantina y otros carotenoides en la relación dieta y salud ocular humana*. (F. D. FARMACIA, Ed.) Retrieved 24 de Noviembre de 2023, from UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID - FACULTAD DE FARMACIA: <https://digital.csic.es/bitstream/10261/172392/1/biomarocuhuman.pdf>
- Serna, A. M., y Betancourt, C. P. (2015). Aceite de palma alto oleico: propiedades fisicoquímicas y beneficios para la salud humana. *Revista Palmas*, 57 - 66. file:///C:/Users/Luis%20Salvador/Downloads/gecortes,+Gestor_a+de+la+revista,+Alto_oleico_36_4.pdf
- Soluciones Analíticas NIR Tecnilab [SANT]. (01 de Mayo de 2022). *Funcionalidades y ventajas del extractor Soxhlet automático*. Retrieved 15 de Octubre de 2023, from Tecni Lab: <https://www.tecnilab.es/soxhlet-automatiko/>
- Sulca, J. A., y Tapia., J. P. (22 de Agosto de 2022). *Evaluación del efecto de la adición de un microencapsulado de extracto de orégano (*Origanum vulgare* L.) en el retardo de la oxidación lipídica de una una salsa tipo mayonesa durante su*

almacenamiento acelerado. Retrieved 24 de Noviembre de 2023, from Universidad Técnica de Cotopaxi: <https://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/9361/1/PC-002355.pdf>

Troxler, S., y Reardon, J. (20 de Febrero de 2014). *Luteína y Zeaxantina: ¿en qué alimentos conseguirlos?* Retrieved 20 de Octubre de 2023, from North Carolina Department of Agriculture and Consumer Services Food and Drug Protection Division: <https://www.ncagr.gov/fooddrug/espanol/documents/luteinayzeaxanthina.pdf>

Universal Tensile Strength Tester [UTST]. (28 de Octubre de 2022). *Métodos para medir la higroscopicidad de materiales fibrosos*. Retrieved 22 de Noviembre de 2023, from UTS Tester: https://es.utstesters.com/blog/methods-for-measuring-hygroscopicity-of-fibrous-materials_b174

Universidad De Barcelona. (2015). *Tipos de centrifugación*. Retrieved 22 de Noviembre de 2023, from Universidad de Barcelona: https://www.ub.edu/oblq/oblq%20castellano/centrifugacio_tipus.html

Vegaffinity. (2019). *Calabacín o zucchini: Beneficios e Información Nutricional*. Vegaffinity: <https://www.vegaffinity.com/comunidad/alimento/calabacin-o-zucchini-beneficios-informacion-nutricional--f10>


Villaverde, I. C. (Febrero de 2018). *Optimización de la extracción de aceites esenciales por destilación en corriente de vapor*. Retrieved 20 de Octubre de 2023, from Universidad Politécnica De Madrid: https://oa.upm.es/49669/1/TFG_IRENE_CASADO_VILLAVERDE.pdf

Villena, M. M., Hernández, M. M., Lara, V. G., y Martínez., M. R. (18 de Junio de 2009). *Técnicas de microencapsulación: una propuesta para microencapsular*. Retrieved 24 de Noviembre de 2023, from ARS Pharmaceutica: <https://core.ac.uk/download/pdf/268374884.pdf>


Zanín, T. (20 de Septiembre de 2023). *Luteína: para qué sirve, qué es y en qué alimentos encontrarla*. Retrieved 20 de Octubre de 2023, from Grupo ReDedor: <https://www.tuasaude.com/es/luteina/>

VII. ANEXOS

Anexo 1. Acta de la sustentación de Predefensa del TIC



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA ESTATAL DEL CARCHI



FACULTAD DE INDUSTRIAS AGROPECUARIAS Y CIENCIAS AMBIENTALES
CARRERA DE ALIMENTOS
ACTA
DE LA SUSTENTACIÓN ORAL DE LA PREDEFENSA DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

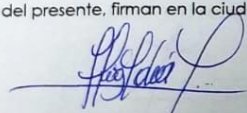
ESTUDIANTE: ZAPATA QUILUMBAQUIN ERIKA LIZBETH		CÉDULA DE IDENTIDAD: 1755500830	
PERIODO ACADÉMICO: 2023B			
PRESIDENTE TRIBUNAL: Ph.D. MIGUEL ANGEL ANCHUNDIA LUCAS		DOCENTE TUTOR: MSC. WILMAN JENNY YAMBAY VALLEJO	
DOCENTE: MSC. CARLOS ARTURO PAREDES PITA			
TEMA DEL TIC: ^{***} Extracción de luteína a partir de zuquiní amarillo (Cucúrbita Pepo Var. Recticollis) y estabilización por microencapsulación para la aplicación en una bebida tipo yogurt ^{***}			

No.	CATEGORÍA	Evaluación cuantitativa	OBSERVACIONES Y RECOMENDACIONES
1	PROBLEMA - OBJETIVOS	9,00	
2	FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA	8,00	
3	METODOLOGÍA	8,67	
4	RESULTADOS	8,00	Revisar tabla de resultados microbiológicos, revisar unidades en tablas, revisar resultados estadísticos y presentación
5	DISCUSIÓN	8,00	
6	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	8,00	Incluir recomendación que contemple tipo matrices encapsulantes.
7	DEFENSA, ARGUMENTACIÓN Y VOCABULARIO PROFESIONAL	8,67	
8	FORMATO, ORGANIZACIÓN Y CALIDAD DE LA INFORMACIÓN	8,00	

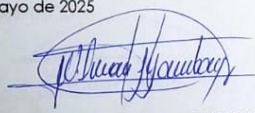
Obteniendo una nota de: **8,23** Por lo tanto, **APRUEBA** ; debiendo el o los investigadores acatar el siguiente artículo:

Art. 36.- De los estudiantes que aprueban el informe final del TIC con observaciones.- Los estudiantes tendrán el plazo de 10 días para proceder a corregir su informe final del TIC de conformidad a las observaciones y recomendaciones realizadas por los miembros del Tribunal de sustentación de la pre-defensa.


Para constancia del presente, firman en la ciudad de Tulcán el **jueves, 29 de mayo de 2025**



PH.D. MIGUEL ANGEL ANCHUNDIA LUCAS
PRESIDENTE TRIBUNAL



MSC. WILMAN JENNY YAMBAY VALLEJO
DOCENTE TUTOR



MSC. CARLOS ARTURO PAREDES PITA
DOCENTE



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA ESTATAL DEL CARCHI



FACULTAD DE INDUSTRIAS AGROPECUARIAS Y CIENCIAS AMBIENTALES

CARRERA DE ALIMENTOS

ACTA

DE LA SUSTENTACIÓN ORAL DE LA PREDEFENSA DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

ESTUDIANTE: SALVADOR SÁNCHEZ LUIS MIGUEL	CÉDULA DE IDENTIDAD: 1004739411
PERIODO ACADÉMICO: 2023B	
PRESIDENTE TRIBUNAL: Ph.D. MIGUEL ANGEL ANCHUNDIA LUCAS	DOCENTE TUTOR: MSC. WILMAN JENNY YAMBAY VALLEJO
DOCENTE: MSC. CARLOS ARTURO PAREDES PITA	
TEMA DEL TIC: ""Extracción de luteína a partir de zuquiní amarillo (Cucúrbita Pepo Var. Recticollis) y estabilización por microencapsulación para la aplicación en una bebida tipo yogurt""	

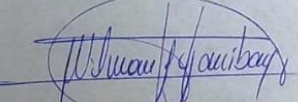
No.	CATEGORÍA	Evaluación cuantitativa	OBSERVACIONES Y RECOMENDACIONES
1	PROBLEMA - OBJETIVOS	9,00	
2	FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA	8,00	
3	METODOLOGÍA	8,67	
4	RESULTADOS	8,00	Revisar tabla de resultados microbiológicos, revisar unidades en tablas, revisar resultados estadísticos y presentación de datos.
5	DISCUSIÓN	8,00	
6	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	8,00	Incluir recomendación que contemple tipo matrices encapsulantes.
7	DEFENSA, ARGUMENTACIÓN Y VOCABULARIO PROFESIONAL	8,67	
8	FORMATO, ORGANIZACIÓN Y CALIDAD DE LA INFORMACIÓN	8,00	

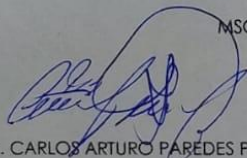
Obteniendo una nota de: **8,23** Por lo tanto, **APRUEBA** ; debiendo el o los investigadores acatar el siguiente artículo:

Art. 36.- De los estudiantes que aprueban el informe final del TIC con observaciones.- Los estudiantes tendrán el plazo de 10 días para proceder a corregir su informe final del TIC de conformidad a las observaciones y recomendaciones realizadas por los miembros del Tribunal de sustentación de la pre-defensa.

Para constancia del presente, firman en la ciudad de Tulcán el **jueves, 29 de mayo de 2025**


Ph.D. MIGUEL ANGEL ANCHUNDIA LUCAS
PRESIDENTE TRIBUNAL


MSC. WILMAN JENNY YAMBAY VALLEJO
DOCENTE TUTOR


MSC. CARLOS ARTURO PAREDES PITA
DOCENTE

Anexo 2. Certificado del abstract por parte de idiomas



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA ESTATAL DEL CARCHI FOREIGN AND
NATIVE LANGUAGES CENTER

ABSTRACT- EVALUATION SHEET				
NAME: Salvador Sánchez Luis Miguel y Zapata Quilumbaquin Erika Lizbeth				
DATE: Miércoles, 11 de junio de 2025				
Topic: “Extracción de luteína a partir de zuquini amarillo (Cucúrbita Pepo Var. Reticollis) para la microencapsulación y la aplicación en una bebida tipo yogurt”				
MARKS AWARDED		QUANTITATIVE AND QUALITATIVE		
VOCABULARY AND WORD USE	Use new learnt vocabulary and precise words related to the topic	Use a little new vocabulary and some appropriate words related to the topic	Use basic vocabulary and simplistic words related to the topic	Limited vocabulary and inadequate words related to the topic
	EXCELLENT: 2 <input type="checkbox"/>	GOOD: 1,5 <input checked="" type="checkbox"/>	AVERAGE: 1 <input type="checkbox"/>	LIMITED: 0,5 <input type="checkbox"/>
WRITING COHESION	Clear and logical progression of ideas and supporting paragraphs.	Adequate progression of ideas and supporting paragraphs.	Some progression of ideas and supporting paragraphs.	Inadequate ideas and supporting paragraphs.
	EXCELLENT: 2 <input checked="" type="checkbox"/>	GOOD: 1,5 <input type="checkbox"/>	AVERAGE: 1 <input type="checkbox"/>	LIMITED: 0,5 <input type="checkbox"/>
ARGUMENT	The message has been communicated very well and identify the type of text	The message has been communicated appropriately and identify the type of text	Some of the message has been communicated and the type of text is little confusing	The message hasn't been communicated and the type of text is inadequate
	EXCELLENT: 2 <input checked="" type="checkbox"/>	GOOD: 1,5 <input type="checkbox"/>	AVERAGE: 1 <input type="checkbox"/>	LIMITED: 0,5 <input type="checkbox"/>
CREATIVITY	Outstanding flow of ideas and events	Good flow of ideas and events	Average flow of ideas and events	Poor flow of ideas and events
	EXCELLENT: 2 <input type="checkbox"/>	GOOD: 1,5 <input checked="" type="checkbox"/>	AVERAGE: 1 <input type="checkbox"/>	LIMITED: 0,5 <input type="checkbox"/>
SCIENTIFIC SUSTAINABILITY	Reasonable, specific and supportable opinion or thesis statement	Minor errors when supporting the thesis statement	Some errors when supporting the thesis statement	Lots of errors when supporting the thesis statement
	EXCELLENT: 2 <input checked="" type="checkbox"/>	GOOD: 1,5 <input type="checkbox"/>	AVERAGE: 1 <input type="checkbox"/>	LIMITED: 0,5 <input type="checkbox"/>
TOTAL/AVERAGE	9 - 10: EXCELLENT 7 - 8,9: GOOD 5 - 6,9: AVERAGE 0 - 4,9: LIMITED	TOTAL 9		



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA ESTATAL DEL CARCHI- FOREIGN AND NATIVE LANGUAGES CENTER

Informe sobre el Abstract de Artículo Científico o Investigación.

Autor: Salvador Sánchez Luis Miguel y Zapata Quilumbaquin Erika Lizbeth

Fecha de recepción del abstract: Lunes, 9 de junio de 2025

Fecha de entrega del informe: Miércoles, 11 de junio de 2025

El presente informe validará la traducción del idioma español al inglés si alcanza un porcentaje de: 9 – 10 Excelente.

Si la traducción no está dentro de los parámetros de 9 – 10, el autor deberá realizar las observaciones presentadas en el ABSTRACT, para su posterior presentación y aprobación.

Observaciones:

Después de realizar la revisión del presente abstract, éste presenta una apropiada traducción sobre el tema planteado en el idioma Inglés. Según la rúbrica de evaluación de la traducción en Inglés, ésta alcanza un valor de 9; por lo cual se valida dicho trabajo.

Atentamente



Documento digitalizado por:
MARTHA ARACELLY
VIVEROS ALMEIDA
Validar documento con FIDEMCC

MA. Martha Viveros
Docente responsable del
CIDEN

Anexo 3. Preparación de la materia prima



Figura 4. Recepción de la materia prima (zuquini)



Figura 5. Lavado de la materia prima (zuquini)



Figura 6. Peso de la materia prima (zuquini)



Figura 7. Laminado de la materia prima (zuquini)



Figura 8. Deshidratado de la materia prima (zuquini)



Figura 9. Materia prima (zuquini) deshidratada



Figura 10. Análisis de ceniza de la materia prima (zuquini)



Figura 11. Resultado del análisis de ceniza de la materia prima (zuquini)



Figura 12. Actividad de agua del zuquini

Anexo 4. Extracción de luteína



Figura 13. Extracción de luteína por método de arrastre de vapor



Figura 14. Peso de muestra de zuquini deshidratado después de la extracción



Figura 15. Resultado de la extracción mediante arrastre de vapor



Figura 16. Peso de muestra de zuquini deshidratado

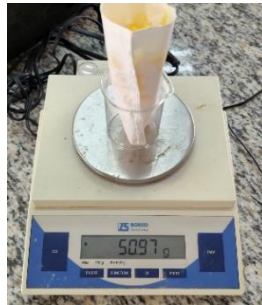


Figura 17. Peso de muestra de zuquini fresco



Figura 18. 300 ml de etanol



Figura 19. Adición de 300 ml de etanol al balón aforado



Figura 20. Extracción de luteína con método Soxhlet de la muestra de zuquini deshidratado



Figura 21. Extracción de luteína con método Soxhlet de la muestra de zuquini fresco



Figura 22. Destilación de la muestra en el rotavaporador



Figura 23. Resultado del extracto de luteína



Figura 24. Absorbancia y transmitancia de la luteína por espectrofotometría



Figura 25. Curva espectral de la luteína

Anexo 5. Microencapsulación de la luteína



Figura 26. Polímeros para microencapsular (maltodextrina y goma arábica)



Figura 27. Aceite de oliva para emulsionar con los carotenoides



Figura 28. Peso de luteína rotavaporada del zuquini fresco

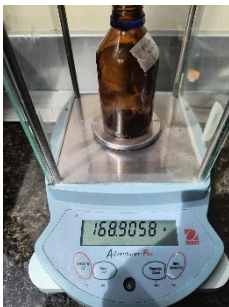


Figura 29. Peso de luteína rotavaporada del zuquini deshidratado



Figura 30. Peso de luteína (8.33 g)



Figura 31. Emulsión de luteína con aceite de oliva



Figura 32. Emulsión de agua con maltodextrina y goma arábica



Figura 33. Adición de la fase oleosa sobre la acuosa



Figura 34. Reposo de la emulsión por un día



Figura 35. Secado de la emulsión



Figura 36. Proceso de microencapsulación en el equipo Buchi Mini Spray Dryer B-290



Figura 37. Obtención de microcápsulas de luteína

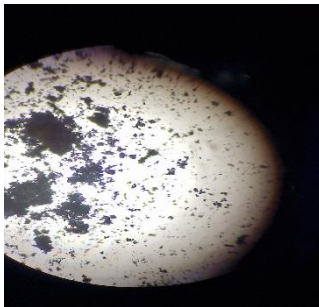


Figura 38. Microscopía óptica de las microcápsulas de luteína

Anexo 6. Elaboración de la bebida tipo yogurt



Figura 39. Recepción de leche



Figura 40. Cultivo selección Mild I



Figura 41. Impurezas de la leche



Figura 42. Calentar la leche a 85 °C



Figura 43. Enfriar la leche a 45 °C



Figura 44. Peso del cultivo Mild I



Figura 45. Fermentación a baño maría por 5 horas



Figura 46. Peso del saborizante

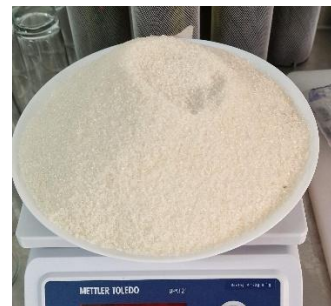


Figura 47. Peso del azúcar

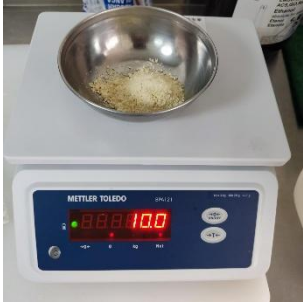


Figura 48. Peso de las microcápsulas de luteína



Figura 49. Adición del colorante



Figura 50. Mezcla de todos los ingredientes



Figura 51. Envasado y refrigeración

Anexo 7. Análisis fisicoquímicos



Figura 52.
Determinación de
grasa por método de
Gerber

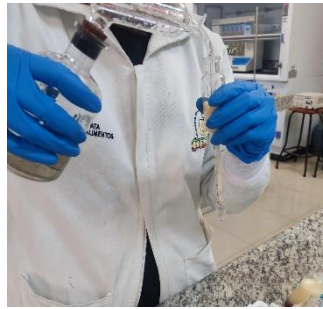


Figura 53. Adición de
ácido sulfúrico



Figura 54. Agitación
y reposo del
butirómetro



Figura 55. Lectura
del butirómetro



Figura 56. Análisis de
proteína
(manipulación y
pesaje)

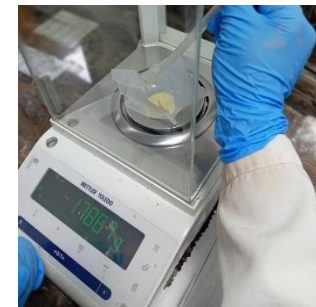


Figura 57. Pesaje
de muestras



Figura 58. Peso de
las muestras



Figura 59. Digestión
ácida



Figura 60. Digestión
ácida T0



Figura 61. Digestión
ácida T1



Figura 62. Análisis de
°Brix T0



Figura 63. Análisis
de pH T0



Figura 64. Digestión ácida T1



Figura 65. Análisis de °Brix T1

Anexo 8. Análisis microbiológico

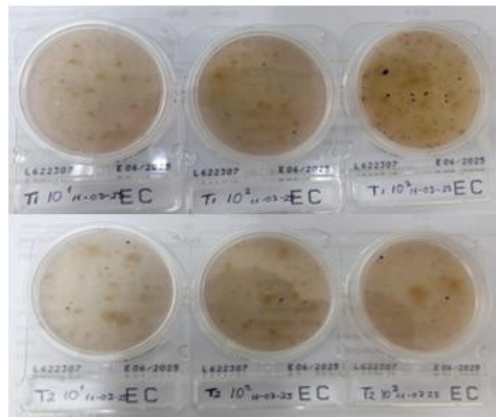


Figura 66. Análisis microbiológico de *E. coli*

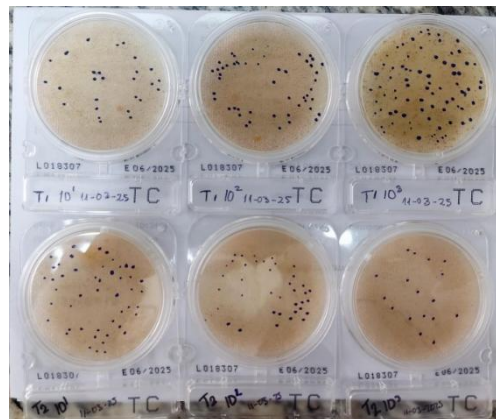


Figura 67. Análisis microbiológico de coliformes totales

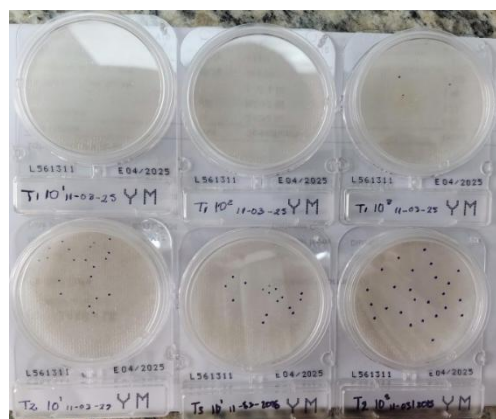


Figura 68. Análisis microbiológico de mohos y levaduras

Anexo 9. Análisis sensorial



Figura 69. Preparación de muestras



Figura 70. Agua para catadores



Figura 71. Colocar las muestras a los catadores



Figura 72. Colocar las muestras a los catadores



Figura 73. Análisis sensorial por catadores no entrenados



Figura 74. Análisis sensorial por catadores no entrenados



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA ESTATAL DEL CARCHI



FACULTAD DE INDUSTRIAS AGROPECUARIAS Y CIENCIAS AMBIENTALES

CARRERA DE ALIMENTOS

Género: **Edad:** **Fecha:**

Estimado participante, solicito su colaboración para realizar una evaluación sensorial de muestras del producto del trabajo de investigación de grado "Extracción de luteína a partir de zuquini amarillo (*Cucurbita Pepo* Var. *Recticollis*) y estabilización por microencapsulación y posterior aplicación en una bebida funcional tipo yogurt"

Indicaciones Generales:

- ◆ Frente a usted se presentan tres muestras de bebida tipo yogurt.
- ◆ Se recomienda enjuagar su boca luego de degustar cada muestra.
- ◆ Primero pruebe la muestra de **Referencia R** y posteriormente pruebe las muestras de izquierda a derecha e indique con una **X** la muestra que es **igual** a de la de referencia.

1712 _____ 1004 _____

Observaciones:

¡GRACIAS POR SU COLABORACIÓN!

Calle Antisana y Av. Universitaria
Telf: (06) 2980837 - 2984435
info@upec.edu.ec
www.upec.edu.ec
Tulcán - Ecuador

Anexo 10. Script para realizar el análisis estadístico en RStudio de un DCA

```
# ANALISIS DCA

# Activar libreria

library(agricolae)

#SUBIR UNA BASE DE DATOS

dca=read.delim("clipboard")

#Convertir los tratamientos en "factor"

dca$Trat <- factor(dca$Trat)

str(dca)

summary(dca)

attach(dca)

#Descriptivos

boxplot(Grasa ~ Trat)

#Crear el modelo del ANOVA

mod1 = aov(Grasa ~ Trat)

summary(mod1)

cv.model(mod1)

#Verificacion de los supuestos

#Metodo grafico

plot(mod1,2)

plot(mod1,1)

shapiro.test(mod1$residuals) #para distribucion normal

bartlett.test(Grasa~Trat,data=dca) #homogeniedad de varianzas

#Comparacion de medias

tukey_e <- HSD.test(mod1,"Trat",group=TRUE,console=TRUE)

tukey_e$groups

#Grafica de barras #En el eje X: Tratamientos #En el eje Y: VARIABLE DE ESTUDIO
```

```

#Debe incluir una medida de la dispersion de los datos

#Debe incluir las letras de agrupamiento segun la PCM de Tukey (0.05)

#Resumir los datos

install.packages("tidyverse")

library(tidyverse)

resumen <- dca %>% group_by(Trat) %>%

  summarise(promedio=mean(Grasa),de=sd(Grasa),r=length(Grasa)) %>%

  arrange(desc(promedio))

#Pasar las letras de agrupacion Tukey (0.05)

resumen$grupo <- tukey_e$groups$groups

#Elaborar la gráfica de barras

library(ggplot2)

# Reordenar el factor 'Trat' según el promedio de mayor a menor

resumen$Trat <- factor(resumen$Trat, levels = resumen$Trat[order(-
resumen$promedio)])

ggplot(resumen, aes(x = Trat, y = promedio)) +

  geom_bar(stat = "identity", fill = "gray", colour = "black", width = 0.50) +

  geom_errorbar(aes(ymin = promedio - de, ymax = promedio + de), width = 0.25) +

  geom_text(aes(y = promedio + de, label = grupo), vjust = -0.5) +

  geom_text(aes(y = 0, label = round(promedio, 2)), vjust = -0.5) +

  labs(x = "Tratamientos", y = "Grasa (%)") +

  theme_classic()

#Sensorial_Prueba triangular

1-pbinom(33, 60, (1/3))

1-pbinom(47, 60, (1/3))

1-pbinom(43, 60, (1/3))

```

Anexo 11. ANOVAS de la investigación

Tabla 13. ANOVA para humedad en materia prima (zuquini)

Fuente	Grado de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	Prueba F	P-valor
Tratamientos	1	10978	10978		
Error	4	0	0	126730	3.74e-10
Total	5	10978			
Media					50.772
C.V. (%)					0.5797

Tabla 14. ANOVA para grasa del yogurt

Fuente	Grado de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	Prueba F	P-valor
Tratamientos	1	0.1013	0.1013		
Error	6	0.2075	0.0346	2.928	0.138
Total	7	0.3088			
Media (%)					3.212
C.V. (%)					5.789

Tabla 15. ANOVA para proteína del yogurt

Fuente	Grado de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	Prueba F	P-valor
Tratamientos	1	0.0091	0.0091		
Error	6	0.0032	0.0005	17.22	0.0060**
Total	7	0.0123			
Media (%)					3.159
C.V. (%)					0.7283

Nota. Signif. codes: 0.001 '***' 0.01 '**'

Tabla 16. Tukey para proteína del yogurt

Tratamientos	Media
T1	3.1925 ^A
T0	3.1250 ^B

Tabla 17. ANOVA para acidez del yogurt

Fuente	Grado de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	Prueba F	P-valor
Tratamientos	1	0.0066	0.0066		
Error	6	0.0017	0.0003	23.69	0.0028**
Total	7	0.0083			
Media					0.8413
C.V. (%)					1.9861

Nota. Signif. codes: 0.001 '***' 0.01 '**'

Tabla 18. Tukey para acidez del yogurt

Tratamientos	Media
T1	0.8700 ^A
T0	0.8125 ^B

Tabla 19. ANOVA para pH del yogurt

Fuente	Grado de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	Prueba F	P-valor
Tratamientos	1	0.0013	0.0013		
Error	6	0.0213	0.0036	0.352	0.575
Total	7	0.0226			
Media					4.312
C.V. (%)					1.3816

Tabla 20. ANOVA para Brix del yogurt

Fuente	Grado de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	Prueba F	P-valor
Tratamientos	1	6.480	6.480		
Error	6	0.095	0.016	409.3	9.48e-07***
Total	7	6.575			
Media (°Brix)					12.32
C.V. (%)					1.0209

Nota. Signif. codes: 0.001 '***' 0.01 '**'

Tabla 21. Tukey para Brix del yogurt

Tratamientos	Media
T1	13.225 ^A
T0	11.425 ^B