



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTILÁN

Elaboración de una bebida vegetal a base de garbanzo
(*Cicer arietum L.*) sabor nuez pasteurizada por ultrasonido

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

INGENIERA EN ALIMENTOS

PRESENTA:

NAVARRO URIBE RANDA SARAHI

ASESORAS DE TESIS:

M en C. Selene Pascual Bustamante
Dra. Ma. Andrea Trejo Márquez

CUAUTILÁN IZCALLI, ESTADO DE MÉXICO, 2023.



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN
SECRETARÍA GENERAL
DEPARTAMENTO DE TITULACIÓN**

ASUNTO: VOTO APROBATORIO

**DR. DAVID QUINTANAR GUERRERO
DIRECTOR DE LA FES CUAUTITLÁN
PRESENTE**

**ATN: DR. MARÍA DEL CARMEN VALDERRAMA BRAVO
Jefa del Departamento de Titulación
de la FES Cuautitlán.**

Con base en el Reglamento General de Exámenes, y la Dirección de la Facultad, nos permitimos comunicar a usted que revisamos el: **Trabajo de Tesis y examen profesional.**

Elaboración de una bebida vegetal a base de garbanzo (Cicer arietum L.) con sabor nuez pasteurizada por ultrasonido.

Que presenta la pasante: **Randa Sarahi Navarro Uribe**
Con número de cuenta: **415091792** para obtener el título de: **Ingeniera en Alimentos**

Considerando que dicho trabajo reúne los requisitos necesarios para ser discutido en el **EXAMEN PROFESIONAL** correspondiente, otorgamos nuestro **VOTO APROBATORIO.**

ATENTAMENTE
"POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU"
Cuautitlán Izcalli, Méx. a 02 de Marzo de 2022.

PROFESORES QUE INTEGRAN EL JURADO

	NOMBRE	FIRMA
PRESIDENTE	<u>Dra. María Eugenia Ramírez Ortiz</u>	
VOCAL	<u>M. en C. Sandra Margarita Rueda Enríquez</u>	
SECRETARIO	<u>M. en C. Selene Pascual Bustamante</u>	
1er. SUPLENTE	<u>I.A. Alberto Solís Díaz</u>	
2do. SUPLENTE	<u>Q.F.B. Jonathan Pablo Paredes Juárez</u>	

NOTA: los sinodales suplentes están obligados a presentarse el día y hora del Examen Profesional

MCVB/cga*



**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN
SECRETARÍA GENERAL
DEPARTAMENTO DE TITULACIÓN**

ASUNTO: VOTO APROBATORIO

**DR. DAVID QUINTANAR GUERRERO
DIRECTOR DE LA FES CUAUTITLÁN
PRESENTE**

**ATN: DR. MARÍA DEL CARMEN VALDERRAMA BRAVO
Jefa del Departamento de Titulación
de la FES Cuautitlán.**

Con base en el Reglamento General de Exámenes, y la Dirección de la Facultad, nos permitimos comunicar a usted que revisamos el: **Trabajo de Tesis y examen profesional.**

Elaboración de una bebida vegetal a base de garbanzo (Cicer arietum L.) con sabor nuez pasteurizada por ultrasonido.

Que presenta la pasante: **Randa Sarahi Navarro Uribe**
Con número de cuenta: **415091792** para obtener el título de: **Ingeniera en Alimentos**

Considerando que dicho trabajo reúne los requisitos necesarios para ser discutido en el **EXAMEN PROFESIONAL** correspondiente, otorgamos nuestro **VOTO APROBATORIO.**

ATENTAMENTE
"POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU"
Cuautitlán Izcalli, Méx. a 02 de Marzo de 2022.

PROFESORES QUE INTEGRAN EL JURADO

	NOMBRE	FIRMA
PRESIDENTE	<u>Dra. María Eugenia Ramírez Ortiz</u>	_____
VOCAL	<u>M. en C. Sandra Margarita Rueda Enríquez</u>	_____
SECRETARIO	<u>M. en C. Selene Pascual Bustamante</u>	<u></u>
1er. SUPLENTE	<u>I.A. Alberto Solís Díaz</u>	_____
2do. SUPLENTE	<u>Q.F.B. Jonathan Pablo Paredes Juárez</u>	_____

NOTA: los sinodales suplentes están obligados a presentarse el día y hora del Examen Profesional

MCVB/cga*



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN
SECRETARÍA GENERAL
DEPARTAMENTO DE TITULACIÓN**

ASUNTO: VOTO APROBATORIO

**DR. DAVID QUINTANAR GUERRERO
DIRECTOR DE LA FES CUAUTITLÁN
PRESENTE**

**ATN: DR. MARÍA DEL CARMEN VALDERRAMA BRAVO
Jefa del Departamento de Titulación
de la FES Cuautitlán.**

Con base en el Reglamento General de Exámenes, y la Dirección de la Facultad, nos permitimos comunicar a usted que revisamos el: **Trabajo de Tesis y examen profesional.**

Elaboración de una bebida vegetal a base de garbanzo (Cicer arietum L.) con sabor nuez pasteurizada por ultrasonido.

Que presenta la pasante: **Randa Sarahi Navarro Uribe**
Con número de cuenta: **415091792** para obtener el título de: **Ingeniera en Alimentos**

Considerando que dicho trabajo reúne los requisitos necesarios para ser discutido en el **EXAMEN PROFESIONAL** correspondiente, otorgamos nuestro **VOTO APROBATORIO.**

ATENTAMENTE
"POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU"
Cuautitlán Izcalli, Méx. a 02 de Marzo de 2022.

PROFESORES QUE INTEGRAN EL JURADO

	NOMBRE	FIRMA
PRESIDENTE	<u>Dra. María Eugenia Ramírez Ortiz</u>	_____
VOCAL	<u>M. en C. Sandra Margarita Rueda Enríquez</u>	_____
SECRETARIO	<u>M. en C. Selene Pascual Bustamante</u>	_____
1er. SUPLENTE	<u>I.A. Alberto Solís Díaz</u>	<u></u>
2do. SUPLENTE	<u>Q.F.B. Jonathan Pablo Paredes Juárez</u>	_____

NOTA: los sinodales suplentes están obligados a presentarse el día y hora del Examen Profesional

MCVB/cga*



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN
SECRETARÍA GENERAL
DEPARTAMENTO DE TITULACIÓN**

ASUNTO: VOTO APROBATORIO

**DR. DAVID QUINTANAR GUERRERO
DIRECTOR DE LA FES CUAUTITLÁN
PRESENTE**

**ATN: DR. MARÍA DEL CARMEN VALDERRAMA BRAVO
Jefa del Departamento de Titulación
de la FES Cuautitlán.**

Con base en el Reglamento General de Exámenes, y la Dirección de la Facultad, nos permitimos comunicar a usted que revisamos el: **Trabajo de Tesis y examen profesional.**

Elaboración de una bebida vegetal a base de garbanzo (Cicer arietum L.) con sabor nuez pasteurizada por ultrasonido.

Que presenta la pasante: **Randa Sarahi Navarro Uribe**
Con número de cuenta: **415091792** para obtener el título de: **Ingeniera en Alimentos**

Considerando que dicho trabajo reúne los requisitos necesarios para ser discutido en el **EXAMEN PROFESIONAL** correspondiente, otorgamos nuestro **VOTO APROBATORIO.**

ATENTAMENTE
"POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU"
Cuautitlán Izcalli, Méx. a 02 de Marzo de 2022.

PROFESORES QUE INTEGRAN EL JURADO

	NOMBRE	FIRMA
PRESIDENTE	<u>Dra. María Eugenia Ramírez Ortiz</u>	_____
VOCAL	<u>M. en C. Sandra Margarita Rueda Enríquez</u>	_____
SECRETARIO	<u>M. en C. Selene Pascual Bustamante</u>	_____
1er. SUPLENTE	<u>I.A. Alberto Solís Díaz</u>	_____
2do. SUPLENTE	<u>Q.F.B. Jonathan Pablo Paredes Juárez</u>	

NOTA: los sinodales suplentes están obligados a presentarse el día y hora del Examen Profesional

MCVB/cga*

AGRADECIMIENTOS

El presente trabajo se realizó con el apoyo del Proyecto PAPIIT (IT202419): Aplicación de tratamientos de ultrasonido, campos eléctricos y cocción solar en el procesamiento de productos hortofrutícolas típicos de México.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a mi familia que desde que soy pequeña me han enseñado a ser responsable y dedicada, me han apoyado en todo sentido a lo largo de este camino lleno de experiencias. Ustedes han sido siempre el motor que impulsa mis sueños y esperanzas y no me queda más que decir ¡Gracias! Siempre ¡Gracias! Los amo con todo mi ser y sin duda no sería nada de lo que hoy soy sin ustedes. Todos mis logros son por ustedes, Ana Uribe, Jaime Navarro, Ramses NU, Enriqueta Lerma, son TODO para mí. Cuando se trata de ustedes siempre significan fundamental, especial, incondicional, amor, apoyo, crecimiento, aprendizaje...las palabras jamás me alcanzarían para agradecerles y para expresarles mi amor por ustedes y lo que significan para mí. Los amo en esta y en todas las vidas. Siempre han sido mis mejores guías de vida. Hoy cuando concluyo mis estudios, les dedico a ustedes este logro amados padres, como una meta más conquistada. Orgullosa de haberlos elegido como mis padres y que estén a mi lado en este momento tan importante. Gracias por ser quienes son y por creer en mí.

Agradezco a mis amigas incondicionales con las que he compartido la mejor etapa de mi vida, Fer Carrión y Fabi Sánchez, sin duda el pasar la mayor parte de la carrera juntas y la vida en sí, ha sido algo de lo que le agradezco al destino, he aprendido mucho de ustedes y hemos aprendido juntas, me enseñaron lo que es una amistad verdadera. Sin ser menos importante Belén Brito y Diana López quienes también me enseñaron tantas cosas sobre todo de independencia y lealtad y quiénes trajeron a mí vida una luz increíble. Que la vida siempre nos permita seguir compartiendo experiencias y satisfacciones ¡JUNTAS! Las amo mejores amigas.

Gracias a mi novio que desde que llegaste a mi vida has traído una luz que siempre brilla en mis días malos y en los buenos me hace brillar más, por tu apoyo incondicional, por siempre hacerme sentir la mejor en todo lo que hago, por siempre impulsarme y no dejarme caer cuando siento que no puedo más, porque sin duda me has ayudado a ver cada vez más de lo que soy capaz. Gracias por enseñarme tantas cosas académicas y otras tantas que no te enseñan en la escuela, pero que la vida de alguna u otra forma se empeña en que aprendamos. Gracias por enseñarme tanto también de la vida, sin duda tú eres parte de estos logros, eres parte de mis pilares. ¡Te amo miles de moles! V.L

Agradezco a mis profesores, a todos los que tuve desde kínder y hasta terminar la universidad, sin duda son seres increíbles que me han marcado, porque a ninguno lo he olvidado, cada uno tan diferente y especial, compartiendo el mismo objetivo...
¡Que sus alumnos seamos Profesionistas!

Esto también es por ustedes porque sin duda yo no sería la profesionalista de hoy sin su semillita en cada nivel, sin su conocimiento y experiencias compartidas desde el día en que aprendí a leer y escribir hasta el día en que terminé esta tesis.

Gracias infinitas Dra Andrea Trejo por adoptarme como una hija académica porque así lo sentí, a la Dra Selene Pascual por ser siempre tan comprometidas y dedicadas con sus alumnos, todo el apoyo que me brindaron, por impulsarme a aprender siempre más, y no solo aprender si no en general nos impulsan a ser los mejores, hoy todo eso tiene su recompensa en esta tesis...gracias por hacer del taller la mejor decisión, por el apoyo y la dedicación. Dra Selene por compartir parte de su proyecto conmigo, por confiar en mí y apoyarme durante todo este proceso tan largo, que me costó tanto pero que me llena de satisfacción terminar.

Dra Maru Ramírez Ortíz por compartir el servicio social más divertido y lleno de aventura, por guiarme y ser un ejemplo a seguir para mí.

¡Gracias a TODAS mis personas especiales! No terminaría de escribir tantas cosas y lo que significan para mí, solo quiero que siempre se sientan orgullosos de mí.

ÍNDICE GENERAL

1.INTRODUCCIÓN	1
2.ANTECEDENTES	3
2.1 Garbanzo	3
2.1.1 Variedades	4
2.1.2. Composición química	6
2.1.2.1 Beneficios del consumo de garbanzo	10
2.1.3. Producción y consumo en México	11
2.1.4. Importancia económica	12
2.1.5. Productos a base de Garbanzo	15
2.2. Bebidas Vegetales	17
2.2.1. Composición química	18
2.2.2. Producción y presencia en el mercado	20
2.3. Procesos de pasteurización	23
2.3.1. Pasteurización Térmica	23
2.3.2. Nuevas tecnologías de pasteurización	25
2.3.2.1. Ultrasonido	26
3. OBJETIVOS	33
4. METODOLOGÍA EXPERIMENTAL	34
4.1. Cuadro metodológico	34
4.2. Material Biológico	35
4.3 Estudio de mercado	35
4.4 Establecer condiciones de la elaboración de la bebida vegetal a base de garbanzo	36
4.4.1. Pruebas de remojo preliminares	36
4.5.1 Evaluación microbiológica del garbanzo	37
4.5.2. Evaluación microbiológica del agua potable y de garrafón	38
4.5.3 Irradiación UV-C al garbanzo	38
4.5.4. Remojo de garbanzo con ultrasonido a 50°C durante 60 min	39
4.6 Desarrollo de la bebida vegetal de garbanzo	39
4.6.1. Selección de garbanzo y condiciones de remojo	39
4.6.2 Diagrama de proceso de la bebida vegetal de garbanzo	41
4.7 Evaluación sensorial y selección de la mejor formulación para someterla a pasteurización térmica y por ultrasonido.	45
4.8 Proceso de pasteurización de la bebida vegetal de garbanzo	46
4.8.1 Pasteurización térmica	47
4.8.2 Pasteurización por ultrasonido	47

4.9 Técnicas analíticas	48
4.9.1 Análisis estadístico	53
5.RESULTADOS Y DISCUSIÓN	54
6. CONCLUSIONES	103
7. RECOMENDACIONES	104
8. BIBLIOGRAFÍA.	105

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Crecimiento y desarrollo de una planta de garbanzo	3
Figura 2. Producción de garbanzo en México hasta septiembre del 2020.	12
Figura 3. Precio (miles de pesos) y valor de la producción (millones de pesos) de garbanzo, durante el ciclo agrícola otoño-invierno, en el periodo de 2013 a 2017	13
Figura 4. Distribución del garbanzo mexicano.	14
Figura 5. Rendimiento de producción del garbanzo mexicano	15
Figura 6. Bebidas vegetales	18
Figura 7. Bebidas vegetales vs. Leche	19
Figura 8. Proceso de elaboración de bebidas vegetales	22
Figura 9. Objetivos de la pasteurización térmica según la naturaleza del alimento	25
Figura 10. Nuevas tecnologías para la conservación de alimentos	26
Figura 11. Ultrasonido de alta y baja intensidad	27
Figura 12. Esquema que representa dos diferentes potencias de ondas ultrasónica, Baja y Alta frecuencia	28
Figura 13. Mecanismo de cavitación en el ultrasonido.	29
Figura 14. Ventajas y desventajas de la pasteurización térmica de alimentos.	32
Figura 15. Cuadro metodológico	34
Figura 16. Portada cuestionario “Bebidas Vegetales” en Google	35
Figura 17. Fermentación presentada en el remojo de garbanzo durante 24 horas.	37
Figura 18. Sembrado radial y con diluciones del grano de garbanzo	37
Figura 19. Sembrado de muestras de agua potable y purificada	38
Figura 20. Irradiación UV-C de garbanzo	38
Figura 21. Remojo de garbanzo por ultrasonido	39
Figura 22. Diagrama de bloques para la elaboración de una bebida vegetal de garbanzo.	40
Figura 23. Diagrama de bloques para la elaboración de una bebida vegetal de garbanzo con fresa.	41
Figura 24. Diagrama de bloques para la elaboración de una bebida vegetal de garbanzo con frutos secos.	42
Figura 25. Diagrama de bloques para la elaboración de una bebida vegetal de garbanzo con saborizante de nuez	43
Figura 26. Formato de evaluación sensorial	45
Figura 27. Evaluación sensorial de bebidas vegetales realizadas en CCH-Vallejo, CAT y FESC campo 1	45

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 28. Intelligent ultrasonic processor Biobase Meihua	46
Figura 29. Proceso de pasteurización térmica	47
Figura 30. Proceso de pasteurización por ultrasonido.	48
Figura 31. Medición de color en la bebida vegetal.	49
Figura 32 Medición de pH en la bebida vegetal mediante potenciómetro.	50
Figura 33. Medición de °Brix en bebida vegetal con un refractómetro pocket.	50
Figura 34. Determinación de acidez en bebida vegetal	51
Figura 35. Medición de viscosidad de bebida vegetales mediante viscosímetro Rheolab QC	52
Figura 36. Proceso de análisis microbiológico	53
Figura 37. Distribución de edades de la población participante en el estudio de mercado de una bebida vegetal.	54
Figura 38. Distribución por sexo de la población participante en estudio de mercado de una bebida vegetal	54
Figura 39. Respuesta del consumo de leche de origen animal obtenido del estudio de mercado de una bebida vegetal.	55
Figura 40. Respuesta de los encuestados respecto a la presencia de alergias alimentarias obtenidas del estudio de mercado de una bebida vegetal.	55
Figura 41. Respuesta de los encuestados del estudio de mercado de la bebida vegetal sobre las características de preferencia en el producto.	56
Figura 42. Disposición de conocer nuevos productos por parte de los encuestados en el estudio de mercado de una bebida vegetal.	57
Figura 43. Respuesta de los encuestados sobre su disposición de conocer productos nuevos.	57
Figura 44. Respuesta sobre el consumo de garbanzo de parte de los encuestados del estudio de mercado de una bebida vegetal	58
Figura 45. Respuesta del consumo de nuez por parte de los encuestados del estudio de mercado de una bebida vegetal.	58
Figura 46. Probabilidad de consumo de los encuestados del estudio de mercado de una bebida vegetal.	59
Figura 47. Causas de consumo de producto en estudio de mercado de una bebida vegetal.	59
Figura 48. Aspectos más importantes que tomar en cuenta de parte de los encuestados respecto a la compra de una bebida vegetal.	60

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 49. Principales formas de consumo de garbanzo por parte de los encuestados en el estudio de mercado de una bebida vegetal	60
Figura 50. Representativo para presentación favorita en estudio de mercado de una bebida vegetal.	61
Figura 51. Preferencia de envase para una bebida vegetal de garbanzo, de acuerdo con los encuestados en el estudio de mercado.	61
Figura 52. Respuesta del lugar preferido de compra de la bebida vegetal de garbanzo por parte de los encuestados del estudio de mercado.	62
Figura 53. Representativo para \$ para una presentación pequeña en estudio de mercado de una bebida vegetal	62
Figura 54. Representativo para \$ para una presentación de 1 L en estudio de mercado de una bebida vegetal.	63
Figura 55. Evaluación visual del efecto en una bebida a base de garbanzo Costa de las diferentes condiciones de proceso en el remojo previo del grano	64
Figura 56. Evaluación visual del efecto en una bebida a base de garbanzo forrajero de las diferentes condiciones de proceso en el remojo previo del grano.	65
Figura 57. Efecto de las temperaturas de remojo y proceso de molienda en el pH de la bebida elaborada a base del garbanzo variedad 'Costa 2004' y forrajero	67
Figura 58. Efecto de las temperaturas de remojo y proceso de molienda en los sólidos solubles de la bebida elaborada a base del garbanzo variedad 'Costa 2004' y forrajero.	68
Figura 59. Efecto de las temperaturas de remojo y proceso de molienda en la acidez de la bebida elaborada a base del garbanzo variedad 'Costa 2004' y forrajero.	69
Figura 60. Proceso global de elaboración de la bebida vegetal	70
Figura 61. Fermentación presentada en el remojo de garbanzo durante 24 horas.	70
Figura 62. Proceso para detectar y dar solución al problema de fermentación	71
Figura 63. Microorganismos con diferente morfología de crecimiento contaminantes en el garbanzo	72
Figura 64. Escala de McFarland	73
Figura 65. Resultados de prueba de temperatura para bacteria 1, 2 y 3 presentes en garbanzo.	73
Figura 66. Resultados de prueba de tiempo (5, 10 y 15 min) a 90°C para bacteria 1, 2 y 3 presentes en garbanzo.	74
Figura 67. Irradiación y remojo de garbanzo	75

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 68. Porcentaje de Acidez de la bebida elaborada a base del garbanzo sabor nuez y almendra a diferentes porcentajes.	76
Figura 69. Evaluación pH de la bebida elaborada a base de garbanzo sabor nuez y almendra a diferentes porcentajes.	76
Figura 70. Contenido de sólidos solubles de la bebida elaborada a base del garbanzo sabor nuez y almendra a diferentes porcentajes.	77
Figura 71. Atributo de olor de la bebida elaborada a base del garbanzo sabor nuez y almendra a diferentes porcentajes.	78
Figura 72. Atributo de color de la bebida elaborada a base del garbanzo sabor nuez y almendra a diferentes porcentajes.	79
Figura 73. Atributo de sabor de la bebida elaborada a base de garbanzo sabor nuez y almendra a diferentes porcentajes	80
Figura 74. Aceptabilidad de la bebida elaborada a base del garbanzo sabor nuez y almendra a diferentes porcentajes.	80
Figura 75. Resultados de olor en la evaluación sensorial de muestras de bebidas de garbanzo y garbanzo+ nuez (5% y 2%)	81
Figura 76. Resultados de color en la evaluación sensorial de muestras de bebidas de garbanzo y garbanzo+ nuez (5% y 2%)	82
Figura 77. Resultados de sabor en la evaluación sensorial de muestras de bebidas de garbanzo y garbanzo+ nuez (5% y 2%)	82
Figura 78. Resultados de aceptabilidad en la evaluación sensorial de muestras de bebidas de garbanzo y garbanzo+ nuez (5% y 2%)	83
Figura 79. Evaluación de los °Brix de la bebida vegetal saborizante de nuez y la bebida con nuez natural	84
Figura 80. Evaluación del % Acidez de la bebida vegetal saborizante de nuez y la bebida con nuez natural	80
Figura 81. Evaluación de pH de la bebida vegetal con saborizante de nuez y la bebida con nuez natural.	86
Figura 82. Resultados de olor en la evaluación sensorial de muestras de bebidas de garbanzo + nuez, garbanzo+ saborizante de nuez y garbanzo	86
Figura 83. Resultados de color en la evaluación sensorial de muestras de bebidas de garbanzo + nuez, garbanzo+ saborizante de nuez y garbanzo.	87
Figura 84. Resultados de sabor en la evaluación sensorial de muestras de bebidas de garbanzo + nuez, garbanzo+ saborizante de nuez y garbanzo.	88
Figura 85. Resultados de aceptabilidad en la evaluación sensorial de muestras	88

de bebidasde garbanzo + nuez, garbanzo+ saborizante de nuez y garbanzo.	
Figura 86. Efecto de los tratamientos de ultrasonido sobre el pH de la bebida de garbanzo.	89
Figura 87. Efecto de los tratamientos de ultrasonido sobre los sólidos solubles de la bebidade garbanzo	90
Figura 88. Efecto de los tratamientos de ultrasonido sobre la viscosidad de la bebida de garbanzo	92
Figura 89. Efecto de los tratamientos de ultrasonido sobre L de la bebida de garbanzo	92
Figura 90. Efecto de los tratamientos de ultrasonido sobre °Hue de la bebida de garbanzo	93
Figura 91. Efecto de los tratamientos de ultrasonido sobre el croma de la bebida degarbanzo	94
Figura 92. Evaluación de °Brix en la bebida vegetal de garbanzo saborizada con nuez, pasteurizada por ultrasonido y tratamiento térmico tradicional	96
Figura 93. Evaluación de pH de la bebida vegetal de garbanzo saborizada con nuez, pasteurizada por ultrasonido y tratamiento térmico tradicional.	97
Figura 94. Evaluación de la viscosidad aparente de la bebida vegetal de garbanzo pasteurizada por ultrasonido y el tratamiento térmico tradicional.	97
Figura 95. Evaluación de la luminosidad de la bebida vegetal de garbanzo pasteurizada por ultrasonido y tratamiento térmico tradicional.	98
Figura 96. Evaluación de la cromaticidad de la bebida de garbanzo saborizada con nuez pasteurizada por ultrasonido y tratamiento térmico tradicional.	99
Figura 97 . Evaluación del tono de la bebida vegetal de garbanzo saborizada con nuez pasteurizada con ultrasonido y tratamiento térmico tradicional.	99

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Variedades de garbanzo para el norte de Sinaloa, México	4
Tabla 2. Variedades de garbanzo forrajero	6
Tabla 3. Composición química en base seca en el grano del garbanzo	6
Tabla 4. Concentración de polisacáridos en el grano del garbanzo	7
Tabla 5. Composición de minerales presente en el garbanzo tipo Kabuli (mg/100g de grano seco)	8
Tabla 6. Compuestos Bioactivos presentes en el grano del garbanzo.	10
Tabla 7. Productos a base de garbanzo.	16
Tabla 8. Composición química de la harina de garbanzo	17
Tabla 9. Composición química de bebidas vegetales presentes en el mercado, Valores nutricionales por g/100mL.	19
Tabla 10. Bebidas vegetales presentes en el mercado	20
Tabla 11. Aplicación del ultrasonido de baja frecuencia en alimentos.	30
Tabla 12. Investigaciones experimentales de ultrasonido en alimentos líquidos	31
Tabla 13. Propuestas de formulaciones utilizando garbanzo y fresa como materia prima	43
Tabla 14. Propuestas de formulaciones utilizando garbanzo, frutos secos (nuez, almendra y arándano) y saborizante de nuez.	44
Tabla 15. Condiciones pasteurización por los métodos propuestos de la bebida vegetal de garbanzo	48
Tabla 16. Efecto de las temperaturas de remojo y proceso de molienda en los parámetros de color de la bebida elaborada a base del garbanzo variedad 'Costa 2004' y forrajero.	71
Tabla 17. Análisis microbiológico general de materia prima y producto terminado	73
Tabla 18. Escala de McFarland	74
Tabla 19. Pruebas de temperatura y tiempo para la eliminación de microorganismos presentes en garbanzo.	75
Tabla 20. Parámetros de color de la bebida elaborada a base del garbanzo sabor nuez y almendra a diferentes porcentajes.	80
Tabla 21. Resultados obtenidos de color	87
Tabla 22. Resultados microbiológicos de pasteurización por ultrasonido	97
Tabla 23. Resultados microbiológicos de pasteurización térmica y por ultrasonido	102

RESUMEN

El garbanzo es una leguminosa destinada principalmente como alimento para animales; sin embargo, una alternativa de consumo es en el desarrollo de bebidas vegetales, las cuales han tenido un crecimiento importante en el mercado debido a las nuevas tendencias alimentarias. Por lo que, el objetivo del presente trabajo es la elaboración de una bebida vegetal a base de garbanzo adicionada con sabor pasteurizada por ultrasonido. El garbanzo variedad 'Costa 2004' se caracterizó químicamente y se realizaron diferentes formulaciones para el desarrollo de una bebida vegetal sabor nuez. Una prueba sensorial hedónica se aplicó para establecer la formulación más aceptada con una escala de 1 a 5, aplicada a 100 panelistas de edades entre 15 a 25 años. Una vez establecida la formulación se procedió a la aplicación de ultrasonido como método alternativo a la pasteurización térmica variando la potencia (75, 87 y 100%) y tiempo (35, 40 y 45 min) y se evaluó el efecto sobre la carga microbiana (mesófilos aerobios, coliformes y mohos y levaduras), las propiedades organolépticas y fisicoquímicas; y los resultados fueron comparados con los obtenidos para la bebida pasteurizada térmicamente.

En la caracterización química se encontró que los garbanzos presentaron: 6,85% proteína, 66,88% CHOS, 11,58% lípidos, 2,73% fibra, 3,53% cenizas y 8,41% humedad. La evaluación sensorial de las formulaciones indicó que la más aceptada fue 5% garbanzo más 0.2% saborizante de nuez. La aplicación de ultrasonido mantuvo las propiedades organolépticas de la bebida, evitando la precipitación de proteínas y un cambio de consistencia y color. Las condiciones seleccionadas para el tratamiento por ultrasonido fueron de 35 minutos a 75%. Las bebidas vegetales pasteurizadas por ultrasonido presentaron un pH 7 y concentración de sólidos solubles de 4° Brix. Los parámetros de color de la bebida pasteurizada por ultrasonido fueron 65.01 Luminosidad, 0,70 Tono y 4,14 Croma y 1851,82 mPa.s de viscosidad. En comparación, la bebida sometida a pasteurización térmica que presentó 80,78 de luminosidad, 1,47 tono, 1,87croma y 4930,62 mPa.s de viscosidad. En cuanto a la presencia de microorganismos, se logró con éxito la inactivación de los mismos en la bebida, con lo que aseguramos la efectividad del ultrasonido en las condiciones seleccionadas. Se concluye que la bebida vegetal de garbanzo es una alternativa viable para aumentar el consumo de esta leguminosa en México y obtener múltiples beneficios a la salud, así como el uso de tecnologías emergentes que logren productos inocuos sin pérdida de nutrientes y propiedades organolépticas, así como sin cambios en las propiedades fisicoquímicas

1. INTRODUCCIÓN

El garbanzo (*Cicer arietum L.*) es una planta de hasta 0.60 m. Los frutos están en vaina bivalva con una o dos semillas en su interior, ligeramente arrugadas, con dos grandes cotiledones (Moreiras *et al.*, 2013).

Los garbanzos poseen un alto contenido de proteína de origen vegetal, el aporte proteico es muy importante en la alimentación humana, por lo que se trata de proteínas de menor calidad que la proteína animal porque presentan carencias en los aminoácidos triptófano, cisteína y metionina (Moreiras *et al.*, 2013). A nivel nacional los principales estados productores son Sinaloa, Sonora y Michoacán los cuales aportaron alrededor del 87.4% de la producción nacional (SIAP, 2016).

Actualmente de garbanzo se pueden encontrar diversos productos, pero principalmente como harina de garbanzo y botanas (INFOAGRO, 2012). Una alternativa de consumo son las bebidas vegetales, las cuales se han convertido en una oferta atractiva tanto para los intolerantes a alguno de los componentes de la leche de vaca, como para quienes gustan de las dietas vegetarianas, veganas (son personas, que, por elección propia en cuanto alimentación, no consumen productos de origen animal, incluyendo los derivados de éstos como pueden ser leche, huevo, queso, yogurt etc.) o las que suponen que son más y mejor para el medio ambiente, el clima los animales y los seres humanos siempre que se lleve a cabo de una forma variada y se ponga especial atención a un suministro adecuado de vitamina B-12 (Moraleja, 2017; PETA, 2014).

Es importante mencionar que los problemas por intolerancia a la lactosa y/o alergias a productos lácteos se han presentado cada vez más dentro la sociedad mundial, sin olvidar que la intolerancia a la lactosa se produce por la imposibilidad de digerir la lactosa y es totalmente distinto a la alergia a la proteína de leche (Aedeseo, 2015). Debido a esto y a los nuevos hábitos de comida saludable como ser: “vegano y vegetariano” han surgido en el mercado nuevos productos que siguen esta línea saludable y que cumplen con las necesidades de las personas con nuevos hábitos y que por necesidad buscan nuevas alternativas, dentro de éstos nuevos productos encontramos las bebidas vegetales; por error, muchos se refieren a estos productos como “leche”, aunque esta denominación sólo se puede utilizar para nombrar al producto obtenido de las glándulas mamarias (PROFECO, 2016). Las bebidas vegetales han ido incrementando su peso en el mercado actual pasando de dar un rendimiento financiero de 1,33 billones de dólares en 2011, a 1.700 billones

esperados para 2016 (Moraleja, 2017). Dentro del proceso de elaboración de las bebidas vegetales es necesario realizar una pasteurización, la cual suele ser un proceso térmico, sin embargo, este proceso puede llegar a afectar determinados componentes dentro de los productos, por lo que actualmente se sugiere el empleo de tecnologías emergentes no térmicas como es el caso del ultrasonido. Actualmente, el empleo de ultrasonido (US) en el procesamiento de alimentos está basado en la ventaja que representa sobre los procesos tradicionales, al reducir tiempos de proceso y mejorar atributos de calidad. Además, es considerada una tecnología limpia y de gran potencial de aplicación en procesos como secado, congelado, descongelado, extracción, entre otros.

Por lo que el objetivo de este proyecto es evaluar el efecto de la aplicación de ultrasonido como método alternativo de pasteurización, en el proceso de elaboración de una bebida vegetal a base de garbanzo con sabor nuez, sobre las propiedades fisicoquímicas, microbiológicas y sensoriales, generando una alternativa del proceso tradicional.

2. ANTECEDENTES

2.1. GARBANZO

El Codex Alimentarius define por legumbres a las semillas secas de plantas leguminosas, que se distinguen de las semillas oleaginosas por su bajo contenido de grasa (Peralta y Veas, 2014).

El garbanzo (*Cicer arietum L.*) pertenece a la familia *Leguminosae*. Es una planta anual diploide resistente a la sequía, tiene raíces profundas, tallos pelosos y ramificados, que alcanzan una altura de hasta 0.60 m. Los frutos están en vaina bivalva con una o dos semillas en su interior, ligeramente arrugadas, con dos grandes cotiledones (Moreiras *et al.*, 2013).

El garbanzo es la semilla de la planta que tiene un fruto de forma ovoide, en cuyo interior se encuentran una o dos semillas (Figura 1). Para consumirlo las semillas tienen un proceso previo de remojo con una finalidad múltiple: ablandamiento de las cascarillas, absorción de agua e hinchamiento de los cotiledones, disminución del tiempo de cocción, comienzo de la actividad de enzimas que reducen las concentraciones de factores tóxicos o anti-nutritivos y comienzo de la hidrólisis de proteínas y almidón.

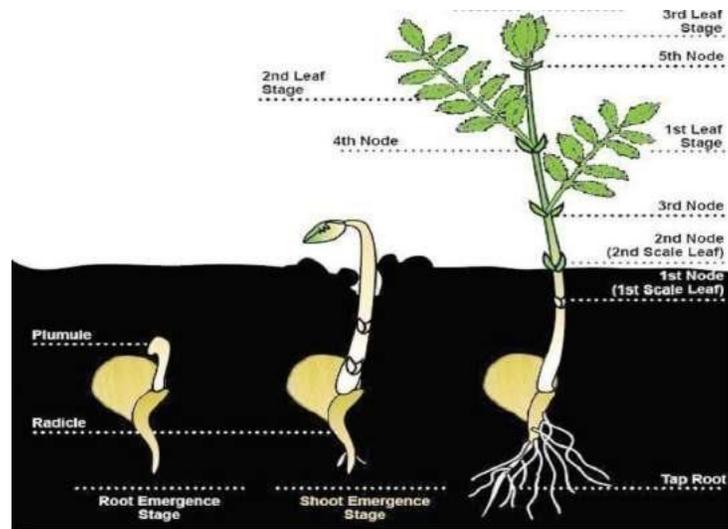


Figura 1. Crecimiento y desarrollo de una planta de garbanzo

Fuente: Calderón (2018)

Existen tres variedades principales de garbanzos que difieren por su localización geográfica. En la zona mediterránea y eurasiática son más pequeños y de color variable. Entre ellos, los más cultivados son *deshi*, de pequeño tamaño y color amarillo o negro, *kabul* o *kabuli*, de tamaño medio a grande y color claro, y *gulabi*, de tamaño pequeño, liso y color también claro. Es originario de Turquía desde donde se extendió hacia Europa y más tarde a los continentes de África, América y Oceanía (Moreiraset al., 2013).

2.1.1. VARIEDADES

Existen diferentes variedades de garbanzo y que, aunque parecen “iguales”, cada uno tiene características diferentes, esto puede deberse al lugar de siembra o si la variedad es cruzada o es pura; además de que existen variedades forrajeras que también tiene otras características importantes de conocer. En la tabla 1 podemos conocer diferentes variedades del norte de Sinaloa y en la tabla 2 podemos conocer las variedades forrajeras y sus características. Las variedades que se sugieren para la región norte del estado de Sinaloa se describen a continuación:

Tabla 1. Variedades de garbanzo para el norte de Sinaloa, México.

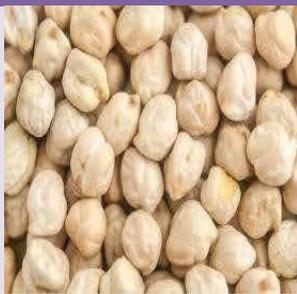
NOMBRE	CARACTERÍSTICAS	IMAGEN
<i>Mocorito-88.</i>	Su grano es de color crema claro, igual al de la variedad Surutato-77 y calibre entre 46-50 semillas por 30 gramos, con forma media-redonda y corrugación intermedia.	
<i>Blanco Sinaloa-92</i>	Proviene de la cruce Santo Domingo- 82 x Blanco Lechoso. Actualmente es una de las variedades de mayor calibre (42-46), su color es blanco cremoso, intermedio entre el color de Blanco Lechoso y Mocorito- 88, con corrugación marcada.	

Tabla 1. Variedades de garbanzo para el norte de Sinaloa, México (Continuación).		
Progreso-95 (P-95).	Variedad de tallo erecto, originado de la cruce de Santo Domingo-82 x ILC- 72, una línea de porte erecto. Grano color crema medio, ligeramente más oscuro al de Mocerito-88, calibre 54-64, su forma es redonda con corrugación intermedia.	
Jamu-96	Se liberó por su porte erecto que facilita la cosechamecánica, con un nivel alto de resistencia a patógenos causantes de la rabia y a diferencia de Progreso-95, presenta un mayor tamaño de semilla (calibre 46-50). El color de grano es similar al de Blanco Sinaloa-92.	
Suprema-03	Proviene de la cruce de dos líneas hermanas de Blanco Sinaloa-92. Liberada por el INIFAP en el año 2003. Con una coloración de grano blanco lechoso, en lugar del blanco cremoso y su rugosidad más marcada. Esta característica le permitirá posicionarse con más ventaja en los nichos de mercado que actualmente ocupa la variedad Blanco Sinaloa- 92	
Costa 2004	Es una variedad resistente a rabia, que se originó en el Campo Experimental Costa de Hermosillo- INIFAP. El grano es de tamaño grande, rugoso, de color blanco cremoso y un contenido de proteína y periodo de cocimiento similar a Blanco Sinaloa 92. Se espera que Costa 2004 tenga buena aceptación en el mercado de exportación.	

Fuente: Elaborado a partir de información de: Gómez *et al.* (2003), Gómez y Salinas (2001); Salinas *et al.* (2008)

Tabla 2. Variedades de garbanzo forrajero.

NOMBRE	CARACTERÍSTICAS	IMAGEN
Lerma	Formada en el campo experimental Bajío, con crecimiento semi recto durante su etapa vegetativa. La altura de la planta es de 40-55 cm. Su semilla es de color café claro y 100 granos pesan de 24 a 26 gramos. Posee tolerancia a la rabia.	
Experimental San Antonio 05	Variedad en proceso de liberación generada en el campo experimental Bajío. Tiene una altura de 40-45 cm, es de crecimiento erecto durante todo el ciclo, lo cual facilita la trilla directa. La semilla es de color café claro y 100 granos pesan de 23 a 24 gramos. Es tolerante a la rabia.	

Fuente: Soltero y Pérez (2006)

2.1.2. COMPOSICIÓN QUÍMICA

El garbanzo tiene muchos componentes benéficos, pero debido a su bajo consumo en el país, no se conocen los beneficios que este trae, por lo que es importante conocer su composición química (Tabla 3).

Tabla 3. Composición química en base seca en el grano del garbanzo

COMPONENTE	%
Proteínas	22.7
Lípidos	5.0
Carbohidratos	66.3
Fibra	3.0
Minerales	3.0

Fuente: Aguilar y Vélez (2013)

Los garbanzos poseen un alto contenido de proteína de origen vegetal, el aporte proteico es muy importante en la alimentación humana, por lo que hay que precisar que se trata de proteínas de menor calidad que la proteína animal porque presentan carencias en los aminoácidos triptófano, cisteína y metionina (Tabla 4).

Tabla 4. Concentración de polisacáridos en el grano del garbanzo

COMPONENTE	PORCENTAJES (%)
Almidón	50.4
Amilosa	20.0-46.5
Almidón resistente	3.4-16.4
Celulosa	1.1-13.7
Hemicelulosa	0.6-16.0
Lignina	Trazasa 7.1
Fibra dietética total	8.2-24.0
Fibra dietética soluble	3.7
Fibra dietética insoluble	7.9
NSP Polisacáridos no almidón	5.5-35.4

Fuente: Aguilar y Vélez (2013)

La ventaja de las proteínas de las legumbres con respecto a las proteínas de ciertas carnes como la de cerdo es su riqueza en aminoácidos de más fácil digestión, además de que las carnes de origen animal contienen cantidades altas de grasas saturadas y colesterol (Moreiraset *al.*, 2013).

La mayoría de las proteínas de garbanzo son principalmente de reserva y se clasifican con base en sus propiedades de solubilidad, tales como albúminas, globulinas y glutelinas. Las globulinas representan aproximadamente el 70% del total de proteína contenida en las leguminosas (garbanzo, chícharo y lentejas). Las albúminas y glutelinas corresponden al 10-20% de la proteína total (Aguilar, 2013).

Hay otros tipos de proteínas en las leguminosas, incluyendo diversas enzimas, inhibidores de tripsina y lectinas, los cuales son compuestos antinutricionales. La mayoría de estas proteínas son solubles en agua (Aguilar, 2013).

La riqueza de proteínas y ácidos nucleicos está considerada como un antídoto natural contra el envejecimiento al ser capaz de renovar las células de nuestro cuerpo. Sin embargo, la combinación de este grupo de alimentos con otros como los cereales, ricos en los aminoácidos faltantes consiguen aportar proteínas muy saludables (Peralta y Veas, 2014).

Entre los minerales es fuente de calcio y posee alto contenido de hierro, magnesio, potasio, fósforo y azufre (Tabla 5). Es importante mencionar que la variación de la cantidad de minerales depende de las condiciones de cultivo (Aguilar, 2013).

Tabla 5. Composición de minerales presente en el garbanzo tipo Kabuli
(mg/100g de grano seco)

MINERAL	CANTIDAD MÍNIMA (mg)	CANTIDAD MÁXIMA (mg)
Calcio	40	267
Magnesio	10	239
Fósforo	159	930
Potasio	220	1333
Sodio	2.1	64
Azufre	160	200
Hierro	3.2	14.3
Manganeso	0.1	9.4
Cobalto	6	41
Zinc	2	5.4
Selenio	0.5	10

Fuente: Aguilar (2013)

También es importante su contenido en fibra soluble e insoluble lo que favorece el tránsito intestinal y ayuda a combatir el estreñimiento (Moreiras *et al.*, 2013).

La fibra soluble, además contribuye a mejorar la circulación porque absorbe el colesterol antes de ser absorbido a través de los capilares del intestino, formando una especie de masa o gel que es eliminado del organismo por medio de las heces (botanical-online.com, 2014).

El garbanzo contiene vitaminas hidrosolubles y liposolubles. Del grupo del complejo B

destacan la riboflavina (Vitamina B2) que se encuentra en pequeñas cantidades, ésta se activa después de ser absorbida en el intestino delgado; el niacina (Vitamina B3) se asocia con el contenido de proteínas, por lo que alimentos ricos en proteínas son fuentes importantes de niacina; la vitamina B6 se presenta en 3 formas químicas: piridoxina, piridoxal y piridoxamina (Aguilar, 2013).

El garbanzo contiene alta concentración de carotenoides, hasta 49 mg de Betacaroteno por 100 d de garbanzo, además contiene carotenoides que no tienen actividad de vitamina A, tales como la luteína y la zeaxantina, también es alto en su contenido de vitamina E 13.7 mg/100 mg de vitamina E. (Aguilar, 2013).

El elevado contenido de vitamina K en este alimento hace que ingerir garbanzos sea beneficioso para una correcta coagulación de la sangre (Peralta y Veas, 2014).

El garbanzo presenta mayor contenido de grasa que otras leguminosas. La concentración total de lípidos de los tipos desi y kabuli oscila entre 2.9-7.4 % y 3.4-8.8%, respectivamente. El contenido total de lípidos de garbanzo principalmente son ácidos grasos poliinsaturados (62.67%), ácidos grasos monoinsaturados (19-26%) y grasas saturadas (12-14%). El principal ácido graso presente en las fracciones lipídicas es el ácido palmítico, el ácido linoleico se encuentra en el tipo desi (46-62%) y kabuli (16-56%). Es importante mencionar que a pesar de que contiene lípidos y que entre las leguminosas contiene mayor contenido de éstos, realmente los % de contenido son muy bajos (Aguilar, 2013).

La biodisponibilidad de los micronutrientes disminuye a causa de interacciones de inhibición con compuestos bioactivos, fitatos y polifenoles. Sin embargo, estas sustancias se pueden remover con el lavado, el remojo, la germinación, el tratamiento térmico y la fermentación, debido a que estos procesos las eliminan o inactivan por ser la mayor parte de ellas solubles o termolábiles (Peralta y Veas, 2014).

Por su escaso contenido en sodio se pueden incluir en dietas de control de la hipertensión y presentan un marcado efecto diurético. Pero, hay que tener en cuenta que los que se comercializan en conserva incorporan mucha sal (Peralta y Veas, 2014).

Los garbanzos contienen componentes que no son nutritivos, pero desempeñan funciones metabólicas benéficas para la salud, tales como alcaloides, isoflavonas, compuestos

fenólicos y una gran variedad de oligosacáridos. Aguilar (2013) reporta que también tienen concentraciones bajas de componentes como: saponinas, taninos y fitatos (Tabla 6). Cuando estos componentes se encuentran en concentraciones altas en los alimentos afectan a la digestibilidad de las proteínas y almidones y a la asimilación de aminoácidos, azúcares, minerales y vitaminas (Moreiras *et al.*, 2013).

Tabla 6. Compuestos Bioactivos presentes en el grano del garbanzo.

Compuesto	Presencia	Actividad biológica
Oligosacáridos	Abundante	Prebióticos, Flatulencias
Fitatos	Abundante	Reducción del índice glucémico, quelante
Polifenoles	Bajo	Capacidad antioxidante
Isoflavonas	Muy bajo	Fitoestrógenos, control metabólico
Lectinas	Muy bajo	Antitumoral, inhibe el crecimiento.

Fuente: Aguilar (2013)

El garbanzo es una de las leguminosas con mayor concentración de oligosacáridos y polisacáridos, los oligosacáridos no son digeridos ni absorbidos por el sistema digestivo humano, pero son fermentados por las bacterias del colon liberando gases (flatulencia). (Aguilar, 2013).

2.1.2.1. BENEFICIOS A LA SALUD DEL CONSUMO DE GARBANZO

En general, las legumbres como el garbanzo son lentamente asimilables. Este control del azúcar en la sangre es muy interesante por dos motivos esenciales (Peralta y Veas, 2014):

- Primero porque mantiene la sensación de saciedad durante bastante tiempo. Hay que tener en cuenta que las legumbres contienen muy poca grasa; racionadas adecuadamente no provocan aumento de peso, y lo que suele engordar más es el acompañamiento de los platos o el abuso de las mismas.
- A diferencia de otros alimentos que producen una subida brusca del nivel de azúcar, es decir, que inducen al organismo a quemar mucho azúcar en poco tiempo, las legumbres como el garbanzo mantiene muy estable estos niveles lo que determina que el organismo pueda estar saciado durante mucho tiempo.
- Por lo que otro motivo a destacar acerca de la posibilidad de mantener los niveles de azúcar en sangre es que resulta de gran interés para aquellas personas que poseen

diabetes y necesitan controlar los niveles de azúcar en sangre. El consumo de este alimento los puede hacer menos dependiente del suministro de insulina)

2.1.3. PRODUCCIÓN Y CONSUMO EN MÉXICO

El Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP), para la cosecha de garbanzo grano, Sinaloa, Sonora y Michoacán aportaron 92% de la producción nacional. Con información del avance al mes de septiembre 2019, la producción de esta leguminosa se ubica en 195,322 toneladas, sin embargo, lo obtenido en 2018 superó esta producción con 336,086 toneladas al 30 de septiembre. Los meses en que más encontramos garbanzo abarcan de marzo a junio (SIAP, 2018-2019).

Sinaloa es el principal productor de garbanzo en el país, donde el cultivo ha sido una tradición, pero su importancia económica depende de la demanda y precio en el mercado internacional, donde tiene que competir principalmente con países asiáticos, donde el producto tiene la mayor demanda, especialmente las variedades de grano blanco y grande.

Durante el ciclo agrícola 2018-2019, en Sinaloa se sembraron 276 mil 477 hectáreas de donde se obtuvo una producción de 531 mil 408 toneladas, es importante mencionar que en el 2018 hubo más estados que sembraron garbanzo y por lo tanto la siembra y cosecha fue más alta. (SIAP,2018-2019).

A nivel nacional, los productores de Sinaloa participaron con el 55.25% de las 90 mil 766 hectáreas sembradas y aportó el 55.27% del volumen total cosechado en México que fue de 90 mil 736 toneladas hasta el 30 de septiembre del 2019 (SIAP, 2018-2019).

Para el mercado internacional se requiere producir un garbanzo altamente diferenciado en cuanto a calidad, esto se logra con características de grano grande (calibre 40-44 granos en 30 gramos [g]), color blanco y rugosidad pronunciada, lo cual le ha permitido a la variedad Blanco Sinaloa 92 posicionarse en más de 40 países, siendo España, Argelia e Italia los compradores más sobresalientes (Panorama Agroalimentario, 2017).

Agronómicamente el problema más serio lo constituye el complejo de patógenos causantes de la rabia del garbanzo, apareciendo a la par enfermedades del follaje como mildiu, cenicilla y botritis que causan pérdidas muy fuertes. De un promedio de rendimiento de 2.8 toneladas por hectárea, en los últimos ciclos agrícolas el promedio no alcanza las 2.0

toneladas (Panorama Agroalimentario, 2017).

Sin embargo, es importante mencionar que los datos completos en cuando a hectárea sembrada y cosechada, así como para la producción (ton) para el periodo otoño-invierno 2020 llegan hasta el 31 de diciembre, se observa que Sinaloa es el principal productor de garbanzo en el país, seguido de Sonora y Michoacán. En la Figura 2 se muestra la producción de garbanzo hasta diciembre de 2020.

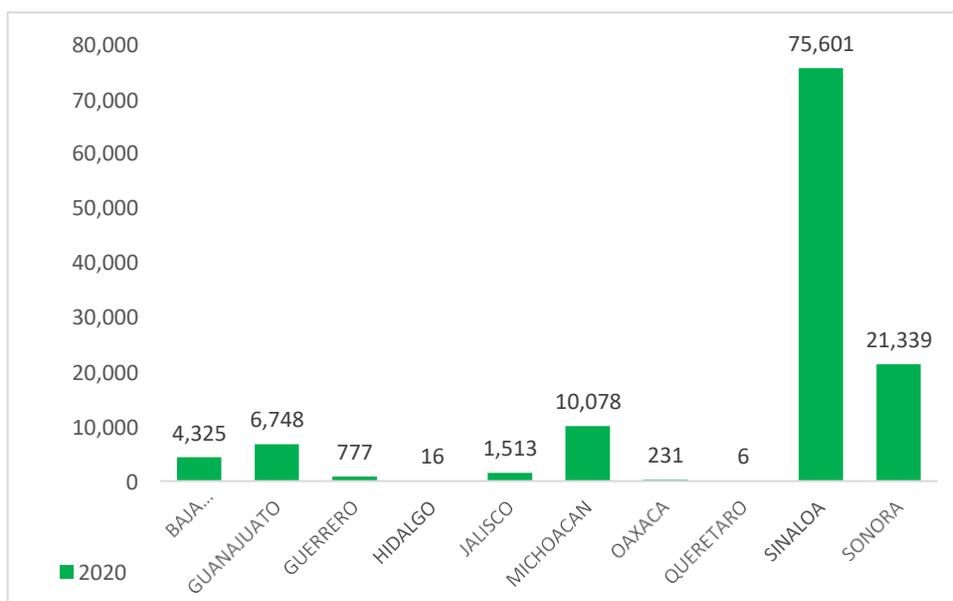


Figura 2. Producción de garbanzo en México hasta septiembre del 2020.

Fuente: SIAP (2020)

2.1.4. IMPORTANCIA ECONÓMICA

El precio del garbanzo durante el 2013 tuvo un valor de \$12 520.00 pesos por tonelada, se registró una baja en 2014 de 27.9 % a un total de \$9 010.00 pesos, posteriormente volvió a incrementar 50.30%, hasta llegar a un total de \$18 180.00 pesos, en 2017 (Figura 3), teniendo así una tasa de crecimiento de 7.74 % (Herrera *et al.*,2019).

El valor de producción disminuyó 47.4 %, durante el periodo del 2014 al 2016, de un total de \$2 617 201.00 pesos en 2013, hasta \$1 375 047.00 pesos en el 2016; sin embargo, en el año 2017 el valor de la producción aumentó en 58.7 %, teniendo un total de \$3 336 084.00 pesos, con una tasa de crecimiento media anual de 4.97 % (Herrera *et al.*,2019).

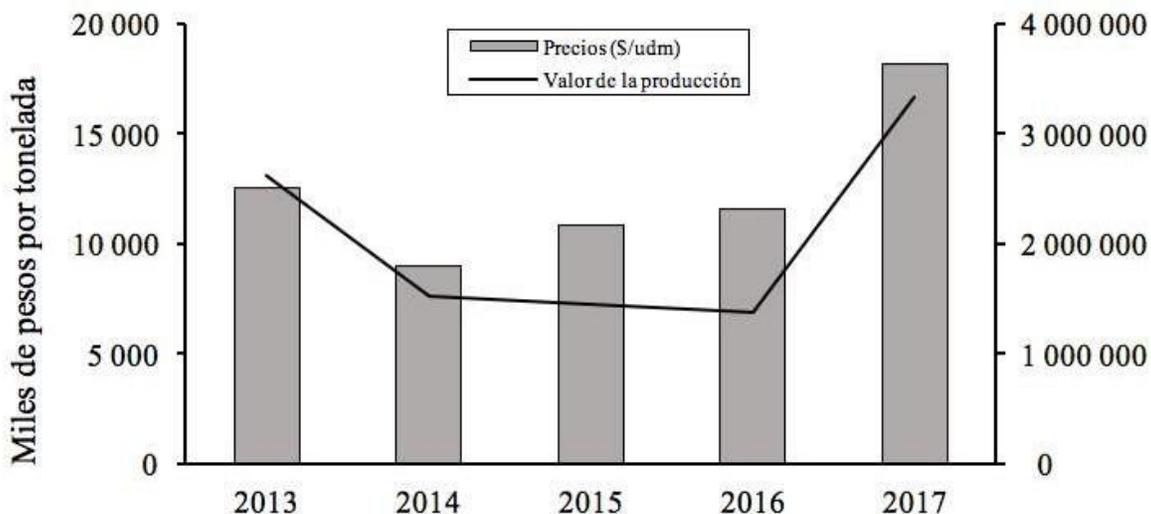


Figura 3. Precio (miles de pesos) y valor de la producción (millones de pesos) de garbanzo, durante el ciclo agrícola otoño-invierno, en el periodo de 2013 a 2017

Fuente: Herrera *et al.* (2019)

Expertos en la materia, afirman que el garbanzo tiene un precio variable, ya que gira en función de la oferta y la demanda, además de no forma parte de la canasta básica. Samuel López Angulo, presidente del Comité Estatal de Sanidad Vegetal de Sinaloa (Cesavesin), comenta que en 2018 se tuvieron precios variables en la comercialización del garbanzo, pues a inicios de las cosechas estuvo alrededor de los 18, 20 pesos el kilo y finalmente después hubo una sobre producción y bajó a 12, en otra parte a 13 ó 14 por kg (Herrera *et al.*, 2019)

El valor de la producción de garbanzo se distribuye en mayor proporción en los estados de Sinaloa y Sonora con 54 y 26%, respectivamente. La producción en gran medida es para exportación a España, Argelia, Italia, Portugal, India, Turquía y Naciones Árabes (Figura 4); mientras que el 20% restante se distribuye en Michoacán con 8%, Guanajuato y Baja California Sur con 5% cada uno y 2% restante corresponde a Jalisco y los demás estados productores (Herrera *et al.*, 2019).

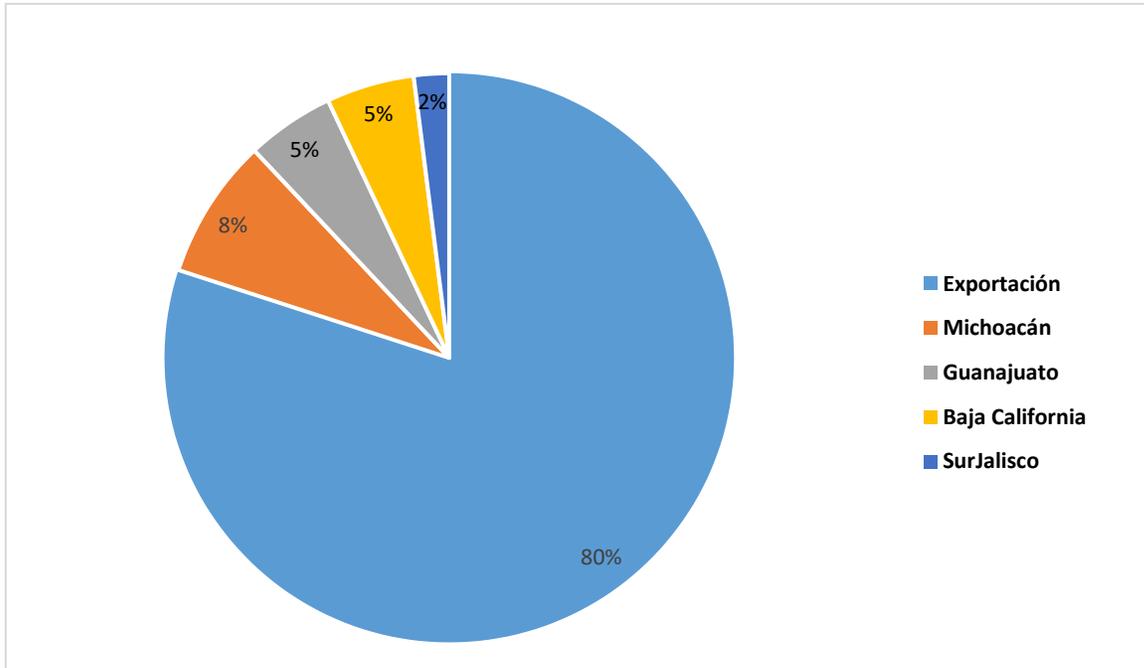


Figura 4. Distribución del garbanzo mexicano.

Fuente: Adaptado de Herrera *et al.*, (2019)

En el cultivo de garbanzo se obtuvo una tasa de crecimiento media anual, con valores negativos, para la superficie sembrada, -5.01%, dentro de la cual los estados de mayor producción son Sinaloa, Sonora que representan 77% del total de la superficie sembrada a nivel nacional, en el caso de Guanajuato, éste aporta 6%, mientras que dentro del estado los municipios de Pénjamo y Valle de Santiago son los que presentan los valores más altos. (Herrera *et al.*, 2019)

Con respecto a la producción y el rendimiento por ha (Figura 5), se tuvieron tasas de crecimiento media anual, con valores negativos -2.57% para la producción, mientras que el rendimiento tuvo 1.389% de tasa de crecimiento media anual. El precio del garbanzo presentó una tasa de crecimiento media anual con valores positivos de 7.744%, mientras que el valor de la producción tuvo una tasa de crecimiento media anual de 4.974%. (Herrera *et al.*, 2019).

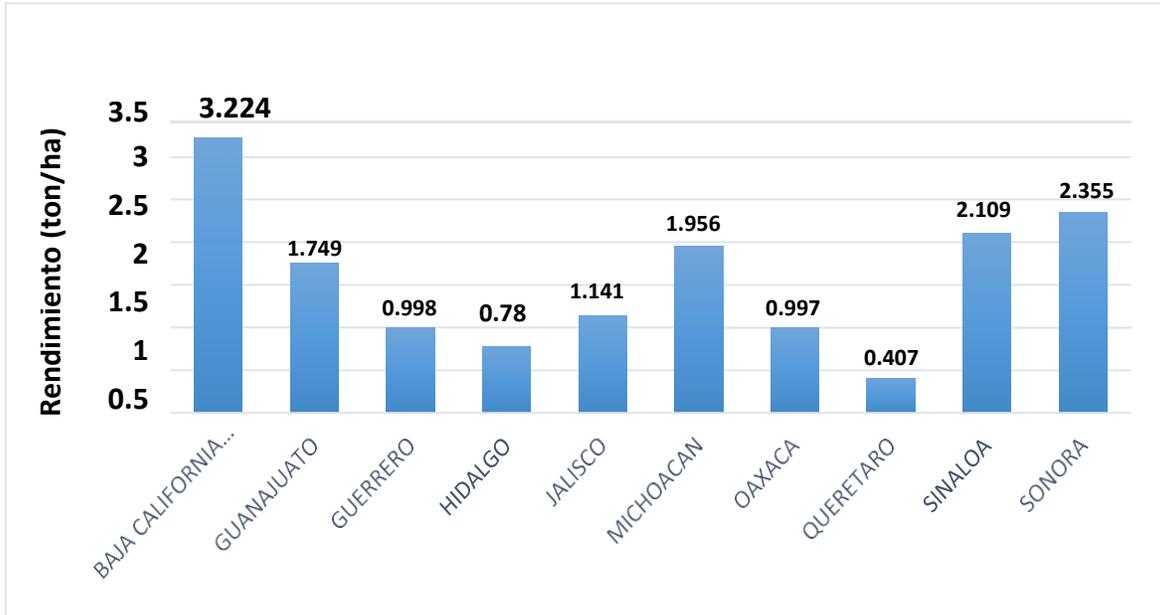


Figura 5. Rendimiento de producción del garbanzo mexicano

Fuente: Adaptado de Herrera *et al.*, (2019)

2.1.5. PRODUCTOS A BASE DE GARBANZO

Si lo que queremos es comer más saludable, bajar de peso o simplemente porque el garbanzo gusta mucho, tenemos la oportunidad de consumirlo de diferentes formas, ya que, existen diferentes productos en los que podemos consumirlo, como por ejemplo hacer un pan con harina de garbanzo, hacer milanesas de garbanzo o una rica bebida vegetal a base de garbanzo (Tabla 7), los cuales tendrán beneficios a nuestra salud debido a su composición química.

Tabla 7. Productos a base de garbanzo.

PRODUCTO	IMÁGEN	CARACTERÍSTICAS
HARINA DE GARBANZO		Producto obtenido por la molienda de las semillas sanas y limpias de <i>Cicer Arietinum L.</i> Contenido en agua máx: 12% a 100°-105°C, la fibra bruta máx: 2,75% y las grasas máx: 6% (Anmat, 2011). Se suele emplear como ingrediente para panadería.
MILANESAS DE GARBANZO		Se utilizan los granos partidos, brotados, manchados, lavados y de calibre 6 Propiedades nutricionales similares a las de la soya. Es nutritivo, saludable, versátil, ayuda a dar saciedad por sus hidratos de carbono de absorción lenta, por lo que es recomendada para bajar de peso. (Peralta y Veas, 2014)
Pasta SEDANINI		H-E-B Pasta tipo popotillo a base de harina de garbanzo. Producto vegano. Hecha a base de harina de garbanzo integral. Libre de gluten. Libre de huevo. Alta fuente de fibra y proteína. Lista en solo 8 minutos. Ingredientes selectos. (hebdigital.net)
BOTANAS SECAS		Garbanzos fritos y enchilados Botana natural seca y enchilada (Great Value, 2021)
GARBANZO ENLATADO		Los garbanzos Herdez son ricos y energéticos, aportan buenas dosis de fibra, vitaminas y minerales, por lo que puedes incluirlos en tu dieta diaria. 293cal por envase, 13,33 porciones de 30 g por envase, Sin conservadores (Herdez, 2021)
HUMMUS OBELA		Garbanzos cocidos (agua, garbanzos), pasta de ajonjolí, aceite vegetal, sal yodada, ácido cítrico, ajo, sorbato de potasio, benzoato de sodio. Rico sabor original, Ideal para hacer dips, Inclúyelo en tus recetas, Alimento nutritivo (Hummusobela, 2021)
BEBIDA VEGETAL		Las bebidas vegetales son extractos líquidos de legumbres, son muy nutritivas y esto dependerá de la materia prima a usar. En el caso del garbanzo tiene un alto contenido de proteínas, vitaminas, minerales, etc. Son una alternativa para las personas intolerantes a la lactosa y proteínas de la leche de vaca y para los veganos.

En la tabla 8 se muestra la composición química de la harina de garbanzo, podemos

observar que el contenido de grasa es bajo por lo que consumir productos a base de garbanzo tendrá un beneficio a la salud.

Tabla 8. Composición química de la harina de garbanzo

COMPONENTE	CONTENIDO (100g)
Proteínas (g)	13
Grasas (g)	4.7
Hidratos de carbono (g)	67.2
Fibra cruda (g)	3.3
Ca (mg)	56.3
Valor energético	359.5 Kcal
Fe (mg)	7.2 mg
Na (mg)	12.4 mg

Fuente: Peralta y Veas (2014)

Como se observa existen muchas posibilidades diferentes para consumir garbanzo, en cualquier presentación nos aporta muchos nutrientes y beneficios a la salud.

2.2. BEBIDAS VEGETALES

En estos últimos años han aparecido en el mercado nacional varias bebidas de origen vegetal, como las de soya, almendra, arroz, coco y avellana, y se han convertido en una oferta atractiva tanto para los intolerantes a alguno de los componentes de la leche de vaca, como para quienes gustan de las dietas vegetarianas o los que suponen que son más saludables (Figura 6). Por error, muchos se refieren a estos productos como “leche”, aunque esta denominación sólo se puede utilizar para nombrar al producto obtenido de las glándulas mamarias (PROFECO, 2016).



Figura 6. Bebidas vegetales

Fuente: Gastronomía & Cía (2017)

Las bebidas vegetales son extractos líquidos de legumbres (como la soja), frutos secos (como las almendras) o cereales (como la avena). Normalmente, los fabricantes añaden nutrientes tras su elaboración para intentar asemejar su composición a la de la leche de vaca. Por ello estas bebidas se denominan en ocasiones “sucedáneos de la leche de vaca”. Estas bebidas deben estar enriquecidas en calcio porque su contenido en este nutriente es muy inferior al presente en la leche de vaca (Dávila, 2017).

Son bebidas no lácteas, elaboradas con agua e ingredientes vegetales, no contienen proteína animal. Tipos de leches: leche de almendras, de coco, de arroz, de avena, de linaza, de alpiste, de quinoa, de sésamo, de soja, de avellanas, así como de nuez, girasol, mijo, cáñamo, trigo y espelta (Dávila, 2017).

Técnicamente, las leches vegetales son una especie de emulsión diluida de las fracciones: amilácea, proteica y lipídica de la materia prima de partida, con una distribución homogénea de los sólidos solubles en suspensión. Poseen una apariencia similar a la leche de vaca y cuyo uso es semejante.

2.2.1. COMPOSICIÓN QUIÍMICA DE BEBIDAS VEGETALES

El contenido de proteínas de estas bebidas variará dependiendo del aporte que le otorga el vegetal y de la cantidad de éste en el producto (Figura 7). Entre las bebidas que hoy se analizan, las de soja superan al resto por su riqueza en proteínas (PROFECO, 2016).

Las bebidas vegetales presentan un mejor perfil lipídico que la leche de vaca, dado su bajo contenido en grasa (bebidas de avena o de soja se ha demostrado que disminuyen los

niveles plasmáticos de colesterol y las concentraciones de lipoproteínas de baja densidad (LDL). Algunos productos contienen un mayor número de kilocalorías, como la leche entera, originada principalmente de azúcares y otros carbohidratos. Además de contener proteínas de alto valor, la leche y productos lácteos proporcionan 30-40% de calcio dietético, yodo, Vitamina B12 y riboflavina (Véase Tabla 9).



Figura 7. Bebidas vegetales vs. Leche
Fuente: Lahoz (2018)

Por el contrario, las bebidas vegetales contienen valores muy bajos en estos nutrientes, pero pueden estar enriquecidas con calcio y vitaminas, principalmente vitaminas B12, B2, D y E. La absorción de calcio depende de la sal utilizada para el enriquecimiento de la bebida vegetal, así como de la matriz del alimento. A pesar de estas deficiencias, las bebidas vegetales enriquecidas pueden ser una valiosa fuente de calcio para los individuos con condiciones médicas que impiden el consumo de productos lácteos, como son intolerantes a la lactosa (IL) y alérgicos APLV (Moraleja, 2017).

Tabla 9. Composición química de bebidas vegetales presentes en el mercado, Valores nutricionales por g/100mL.

BEBIDA	Energía (Kcal)	Proteínas (g)	Lípidos (g)	Carbohidratos (g)	Fibra (g)
Leche Vaca entera	64	3.3	3.9	4.6	-
Leche Vaca (desnatada)	33	3.5	0.3	4.8	-
Soja (Alpro)	38	2.9	1.7	2.8	0.5
Soja (Tribullat)	45	3.7	2.0	3.1	0.8
Avena (Alpro)	66	0.4	1.5	12.7	-

Tabla 9. Composición química de bebidas vegetales presentes en el mercado, Valores nutricionales por g/100mL. (Continuación)

BEBIDA	Energía (Kcal)	Proteínas (g)	Lípidos (g)	Carbohidratos (g)	Fibra (g)
Avena (Hain Europe)	50	0.6	1.3	8.6	1
Arroz (Hain Europe)	47	0.1	1.0	9.4	0.1
Arroz (Alpro)	60	0.2	1.2	12.2	-
Quinoa (Economil, SP)	46	1.5	2.8	3.7	0.6
Cáñamo (Braham, UK)	36	1.3	2.4	2.2	0.2
Sésamo (Economil, SP)	51	0.6	2.4	6.7	0.2
Almendra (Alpro)	24	0.5	1.1	3.0	1.6

Fuente: Moraleja (2017)

En la tabla 10 se muestran algunas bebidas vegetales presentes en el mercado, así como sus características y beneficios a la salud.

Tabla 10. Bebidas vegetales presentes en el mercado

Tipo De Bebida	Características y Beneficios a la Salud
<p>Soya</p> 	<p>Es una bebida de origen asiático, se obtiene mezclando los granos de soja molidos con agua. Esta bebida contiene además antioxidantes, omega 3 y 6, protegen los vasos sanguíneos. Sin embargo, posee muy poco calcio, a diferencia de las otras bebidas vegetales.</p>
<p>Almendras</p> 	<p>Es una bebida de color blanquecino, muy parecida a la leche, se obtiene pelando las almendras, triturándolas y mezclándolas con agua. Esta leche posee un alto valor nutricional, aporta al cuerpo más calcio que la leche de vaca (100 g de almendras aporta 250 mg de calcio), potasio, magnesio, fósforo, fibras, vitamina B6 y E, y baja el colesterol malo, ya que hablamos de un producto natural.</p>

Tabla 10. Bebidas vegetales presentes en el mercado (Continuación)

Tipo De Bebida	Características y Beneficios a la Salud
<p>Arroz y Coco</p> 	<p>Las bebidas de coco y de arroz son menos nutritivas, aportan una menor concentración de proteínas y de calcio, son usadas por vegetarianos. Es importante aclarar que no tienen un aporte nutricional completo, no se recomiendan en menores de dos años. Es un líquido natural que se extrae de los cocos maduros. Se obtiene mezclando la pulpa con agua. Esta bebida se obtiene hirviendo el arroz hasta que esté blando, luego se tritura y se escurre y cuela el líquido. Esta bebida contiene bajos niveles de grasas y altos porcentajes de nutrientes.</p>
<p>Avena</p> 	<p>La bebida de avena es rica en proteínas, ácidos grasos, hierro, vitaminas del grupo B y fibra, por el alto contenido en fibras puede aumentar la fermentación intestinal y producir flatulencias, si es salvado de avena impide la absorción de hierro, está contraindicada en niños con enfermedad celíaca o alergia al gluten.</p>
<p>Linaza</p> 	<p>La bebida de linaza es altamente nutritiva, rica en proteínas, ácidos grasos esenciales tipo omega 3 y ácido linolénico, tiene como efecto colateral las reacciones alérgicas, y puede limitar la absorción de nutrientes; está contraindicada en personas con riesgo de sufrir una obstrucción intestinal.</p>
<p>Alpiste</p> 	<p>La bebida de alpiste es usada en las islas canarias, contiene ácido oxálico, lo que desencadena el atrapamiento del calcio y forma oxalato de calcio.</p>
<p>Quinoa</p> 	<p>La bebida de quinoa preparada como un cereal milenario usado en países andinos, con alta capacidad nutritiva, rica en proteínas, en isoleucina, leucina, lisina, fenilalanina, valina, vitamina A, B y C, no desencadena reacciones alérgicas.</p>
<p>Sésamo</p> 	<p>La bebida de sésamo es rica en ácidos grasos esenciales, lecitina, minerales y vitaminas, aporta más calcio que la leche de vaca (100 gr de sésamo aporta 1.125 mg de calcio).</p>

Fuente: Elaborado a partir de información de: Dávila (2017)

2.2.2. PRODUCCIÓN Y PRESENCIA DE LAS BEBIDAS VEGETALES EN EL MERCADO

Las bebidas vegetales han ido incrementando su peso en el mercado actual pasando de dar un rendimiento financiero de 1,33 billones de dólares en 2011, a 1.700 billones esperados para 2016. Asimismo, el mercado de los productos lácteos en general, estimados en US \$ 3.6 billones de dólares en 2010, está creciendo en Estados Unidos y Europa. La cifra incluye productos lácteos sin lactosa, pero gran parte del crecimiento ha sido atribuido a los productos similares a la bebida de soja. Según una estimación, el 15% de los consumidores europeos evita los productos lácteos por una variedad de razones. Razones tales como intolerancia a la lactosa (IL), alergia a las proteínas de la leche de vaca (APLV), problemas de colesterol, así como la elección de opciones de estilo de vida como una dieta vegana, o preocupaciones alimenticias sobre la hormona del crecimiento incluida en piensos que sirven de alimento para el ganado, o residuos de antibióticos en la leche de vaca. Debido a todo esto se ha producido el incremento de la producción y venta de las bebidas vegetales. El aumento se ha debido tanto a problemas relacionados con la salud, como son la intolerancia a la lactosa y la alergia a las proteínas de la leche de vaca, como a una elección propia en la alimentación (veganos) (Moraleja, 2017).

En la figura 8 se muestra el diagrama de proceso para la elaboración de bebidas vegetales,

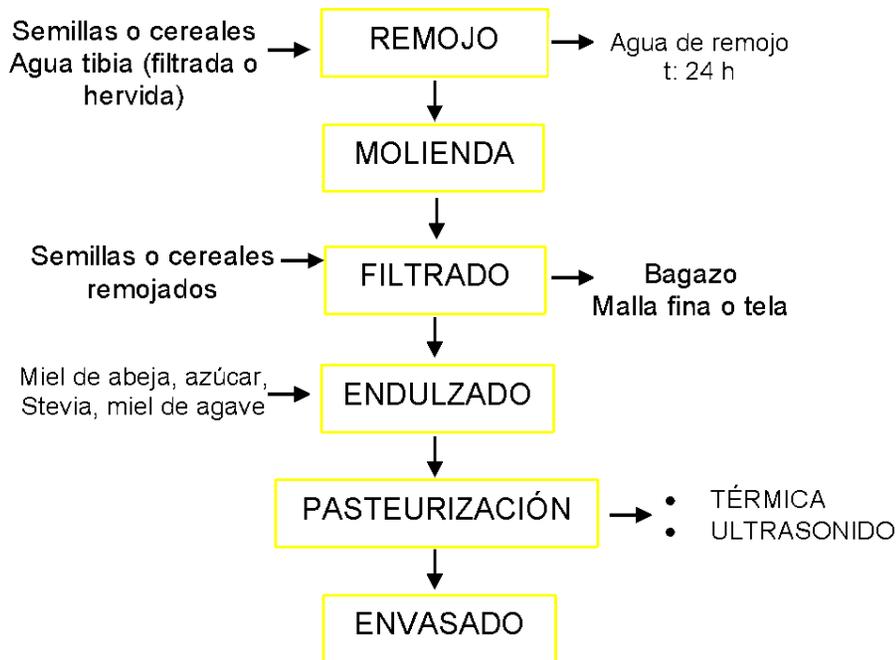


Figura 8. Proceso de elaboración de bebidas vegetales Fuente: Elaborado a partir de Dávila (2017)

Descripción de proceso:

Remojo: Es la operación en la que las semillas de garbanzo se ablandan y en el agua de remojo se eliminan los compuestos anti nutricionales presentes en el garbanzo, los cuales producen flatulencias y problemas digestivos.

Molienda: Es la operación unitaria en la que las semillas ya remojadas son molidas con agua, es la parte en la que estamos creando la bebida vegetal.

Filtrado: Esta operación es importante debido a que una vez que se molieron las semillas con el agua, parte de las cascarillas y del garbanzo forman un bagazo, el cual, mediante el filtrado con una malla de orificios finos, manta de cielo o alguna tela fina, se quedara retenido, obteniendo como resultado únicamente el líquido.

Endulzado: El endulzado es al gusto, puede ser endulzado con azúcar, miel, sustitutos de azúcar, etc. Únicamente se tiene que agregar el endulzante y mezclar bien hasta que obtengamos el dulzor que queremos y sin sedimentos.

Pasteurización: Esta operación unitaria también es de suma importancia debido a que es la parte en la que aseguramos la inocuidad de nuestra bebida, mediante esta eliminamos la carga microbiana que pudiera estar en nuestra bebida.

Como se menciona anteriormente es importante que después de la elaboración de la bebida vegetal se aplique un método de conservación el cual es comúnmente una pasteurización térmica para asegurar la inocuidad de esta, sin importar si es para consumo propio o para comercialización, podemos pasteurizar térmicamente como tradicionalmente se hace o aplicar nuevas tecnologías como el ultrasonido.

2.3. PROCESOS DE PASTEURIZACIÓN 2.3.1. PASTEURIZACIÓN TÉRMICA

La pasteurización, proceso térmico creado por Pasteur en 1864, tiene como objetivo el exterminio parcial de la microbiota y la eliminación total de la microbiota patógena, además de inactivar enzimas perjudiciales.

Esto dependerá de las condiciones de almacenamiento, tipo de envase y demás puntos que deben cubrirse para que se logre la vida de anaquel deseada para el producto en cuestión. El calentamiento de los alimentos se puede llevar a cabo con vapor, con agua caliente, con calor seco, o con corrientes eléctricas, y se enfrían inmediatamente después de haber sido sometidos al tratamiento térmico (Frazier, 1993), pues en muchas ocasiones el tratamiento térmico suele ir acompañado de daños en las propiedades nutrimentales y

organolépticas de los productos.

Las condiciones de pasteurización se deben definir para cada producto, según la composición de microbiota y las propiedades del medio, considerando (Aguilar, 2012):

- a) "La temperatura que debe alcanzarse
- b) La duración de la exposición a esta temperatura".

En general, se aplican dos grandes grupos de tecnologías de pasteurización:

- La pasteurización alta se define como la aplicación de altas temperaturas (75-90°C) y tiempos cortos, entre dos y cinco minutos, afectando a los microorganismos, pero no a los componentes químicos; se aplica a productos como jugos de frutas, vinos, hortalizas encurtidas, etc.
- Por otro lado, también se puede lograr la pasteurización bajando la temperatura a 62°C por tiempos más prolongados, por lo menos media hora. Se aplica a los productos y derivados de la leche. La pasteurización prolonga la vida útil del alimento, no obstante, su efectividad no es absoluta, más bien, debe ser entendida como relativa, por ello, generalmente se utilizan métodos complementarios para asegurar la integridad (Aguilar, 2012).

La aplicación de la pasteurización tiene diferentes objetivos:

1. Inactivación de microbios relativamente termosensibles (bacterias no esporas, levaduras y mohos)
2. Baja acidez (pH > 4.5): Destrucción de bacterias patógenas
3. pH < 4.5: Destrucción de microorganismos alterantes (algunas bacterias, mohos y variedades de levaduras) y enzimas (frutas)
4. Inactivación enzimática
5. Procurar modificaciones mínimas en la composición nutritiva y características más del alimento.

Los objetivos de la pasteurización según la naturaleza del alimento se muestran en la figura 9.



Fuente: (Aguilar, 2012)

Figura 9. Objetivos de la pasteurización térmica según la naturaleza del alimento

Debido a que la pasteurización térmica puede causar efectos adversos en los alimentos, se han desarrollado y aplicado nuevas tecnologías, que permiten reducir la cantidad de microorganismos y que a su vez no causan efectos adversos en los alimentos, sino que, aportan o mejoran las características de éstos, como por ejemplo el Ultrasonido.

2.3.2. NUEVAS TECNOLOGÍAS DE PASTEURIZACIÓN

La conservación de los alimentos es uno de los principales objetivos de la industria alimentaria, no solo para proporcionar una mayor vida útil y garantizar la salubridad de los consumidores, sino también para mantener durante más tiempo las características organolépticas y nutricionales del producto (Ruíz et al., 2010)

La aplicación de un tratamiento térmico como la pasteurización térmica asegura la eliminación de microorganismos patógenos y alterantes (Ruíz et al., 2010). La temperatura como vimos anteriormente tiene un efecto sobre el alimento, en todos será diferente debido a su composición, pero tendrá un efecto alterante, por lo que surgen las tecnologías emergentes, que si son utilizadas correctamente pueden permitir la obtención de un producto con una elevada seguridad alimentaria sin alterar o alterando en menor medida, las propiedades naturales del alimento (Ruíz et al., 2010). En años recientes, el ultrasonido ha generado expectativas en la industria de alimentos, actualmente se disponen de equipos a nivel industrial y esta tecnología se considera sustentable por su bajo impacto ambiental (Pérez et al., 2016). Estas nuevas tecnologías incluyen las que se muestran en la figura 10.

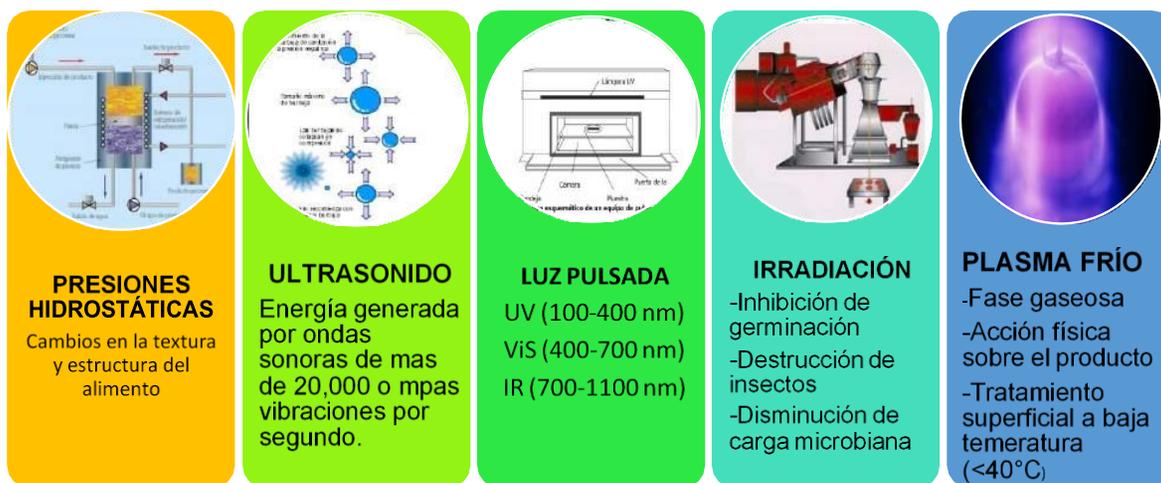


Figura 10. Nuevas tecnologías para la conservación de alimentos

Fuente: Martín (2010)

El ultrasonido es una de las tecnologías emergentes con más investigación y desarrollo para la conservación de alimentos, utilizada, principalmente para la disminución de la concentración de microorganismos y la inhibición de la actividad enzimática, sin alterar las propiedades físicas, químicas y nutricionales de los alimentos (Delgado, 2011)

2.3.2.1. ULTRASONIDO

Hoover (2000) define ultrasonido como una forma de energía que viaja en ondas de sonido iguales o mayores a 20000 vibraciones por segundo, otra definición la realizó *Mason (1990)*, en la cual lo establece como cualquier sonido con frecuencia más allá de lo que el oído humano puede percibir (16 KHz) (Robles y Ochoa, 2012).

Actualmente, el empleo de ultrasonido (US) en el procesamiento de alimentos está basado en la ventaja que representa sobre los procesos tradicionales, al reducir tiempos de proceso y mejorar atributos de calidad. Además, es considerada una tecnología limpia y de gran potencial de aplicación en procesos como secado, congelado, descongelado, extracción, entre otros. Fundamentalmente está establecido que el efecto de cavitación gaseosa es el que produce el efecto conservador del US, ya que de esta manera se promueve la implosión de microburbujas las cuales generan la liberación de energía (Robles y Ochoa, 2012).

Esto permite aumentos de temperatura que producen los diferentes cambios físicos,

químicos y bioquímicos en el microentorno de las células de los diferentes productos procesados. Los US se aplican en diferentes modalidades de alta y baja intensidad, así como alta y baja frecuencia. De esta manera, variando su longitud de onda, frecuencia e intensidad es que se promueven mejores tiempos y formas de mezclado, al igual que transferencia de energía y masa, para reducir tiempos de extracción e incrementar la producción y elaboración de alimentos (Robles y Ochoa, 2012).

El ultrasonido de potencia representa una tecnología novedosa, la cual ha creado bastante interés debido a sus efectos promisorios en las áreas de procesamiento y conservación de alimentos; sin embargo, y aunque actualmente es considerada una tecnología emergente, el uso de la tecnología de ultrasonido no se ha promovido para su aplicación en productos comerciales. Solo se ha reconocido como una tecnología que asiste o ayuda en la modificación de procesos o mejora de los existentes (Robles y Ochoa, 2012).

Las aplicaciones de las ondas ultrasónicas se dividen por lo general en dos grupos: baja y elevada intensidad. Las aplicaciones de baja intensidad son aquellas cuyo objetivo es obtener información acerca del medio de propagación sin producir ninguna modificación en su estado. Por el contrario, las aplicaciones de elevada intensidad son aquellas en las que la energía ultrasónica se utiliza para producir cambios permanentes en el medio tratado. Por ello, los ultrasonidos de potencia (USP) se asignan a las aplicaciones de elevada intensidad (Ver figura 11).

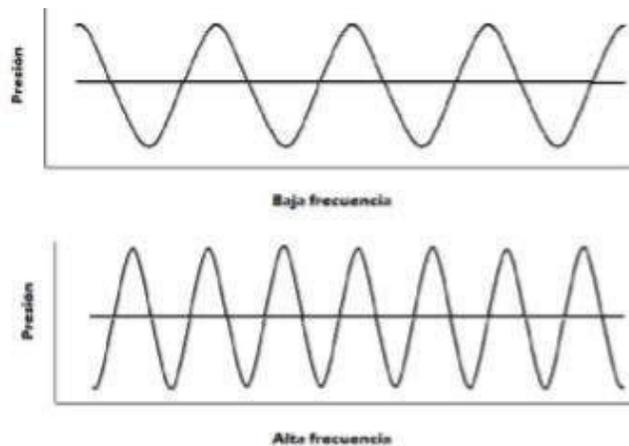


Figura 11. Ultrasonido de alta y baja intensidad

Fuente: Delgado (2011)

El límite entre baja y alta intensidad es difícil de fijar, pero puede establecerse de forma aproximada para aquellos valores de la intensidad para los que, dependiendo del medio, varían entre 0.1 W/cm^2 y 1 W/cm^2 . Sin embargo, Mason (1998) establece que como en el caso de otras áreas de procesamiento tecnológico, el rango de sonido empleado es muy amplio y se puede dividir en los de alta frecuencia baja energía en el rango de MHz, aplicado como ultrasonido del diagnóstico y de baja frecuencia alta energía, USP en el rango de los KHz. (Robles y Ochoa, 2012). En la figura 12 se muestran dos diferentes potencias altas y baja utilizadas en el ultrasonido.

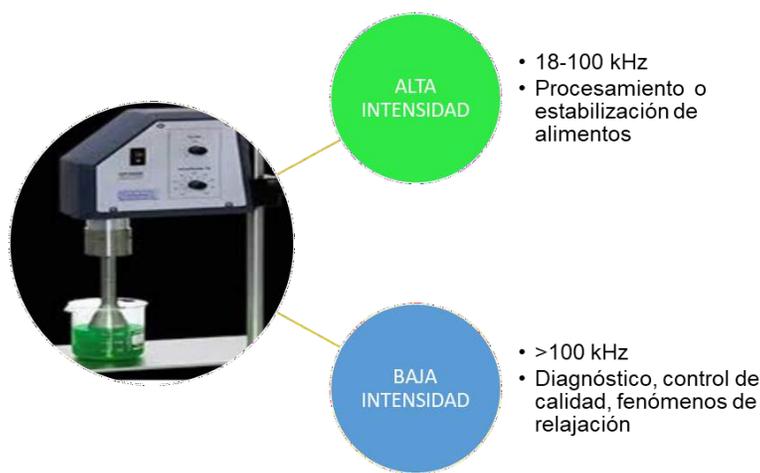


Figura 12. Esquema que representa dos diferentes potencias de ondas ultrasónica, Baja y Alta frecuencia

Fuente: Delgado (2011)

■ FUNDAMENTO

La generación de ultrasonido (US) se fundamenta en la deformación elástica de materiales ferroeléctricos, dentro de un campo eléctrico de alta frecuencia y es causada por la mutua atracción de moléculas polarizadas en el campo según (Raichel, 2000). Para la polarización de las moléculas se debe transmitir una frecuencia alternante mediante dos electrodos hasta el material ferroeléctrico. Después se obtiene la conversión a oscilación mecánica y el sonido puede ser transmitido a un amplificador para finalmente transmitirse al medio (Robles y Ochoa, 2012).

El ultrasonido es generado por una corriente eléctrica que se transforma mediante transductores, los más empleados son: transductores conducidos por líquidos, de magneto rígido y piezoeléctricos, estos últimos transductores son los más empleados para la generación de sonido y tienen cerca del 95% de eficiencia y pueden operar en todo el

intervalo ultrasónico (Robles y Ochoa, 2012).

■ EFECTOS EN LOS ALIMENTOS

El efecto conservador del ultrasonido está asociado a los fenómenos complejos de cavitación gaseosa, que explican la generación y evolución de microburbujas en un medio líquido. La cavitación se produce en aquellas regiones de un líquido que se encuentran sometidas a presiones de alta amplitud que alternan rápidamente. Durante la mitad negativa del ciclo de presión, el líquido se encuentra sometido a un esfuerzo tensional y durante la mitad positiva del ciclo experimenta una compresión. El resultado es la formación ininterrumpida de microburbujas cuyo tamaño aumenta miles de veces en la alternancia de los ciclos de presión (Robles y Ochoa, 2012).

Las microburbujas que alcanzan un tamaño crítico implosionan o colapsan violentamente para volver al tamaño original. La implosión supone la liberación de toda la energía acumulada, ocasionando incrementos de temperatura instantáneos y focales, que se disipan sin que supongan una elevación sustancial de la temperatura del líquido tratado (Robles y Ochoa, 2012).

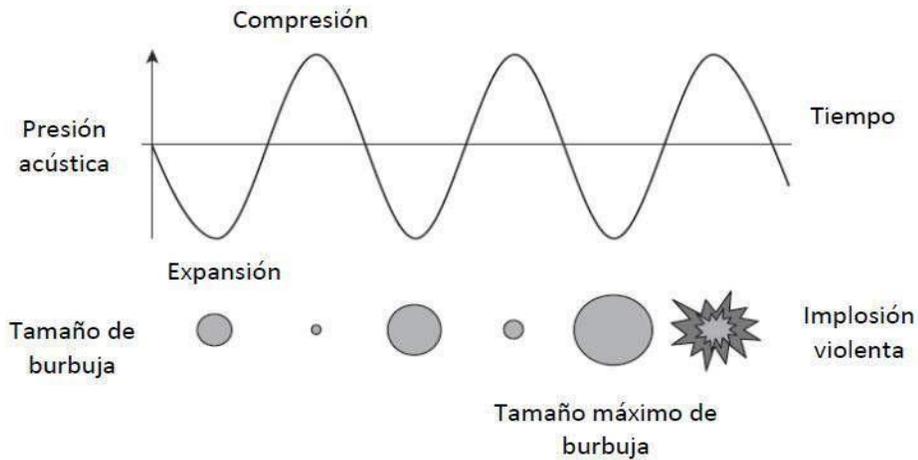


Figura 13. Mecanismo de cavitación en el ultrasonido.

Fuente: (Pérez *et al.*, 2016)

Sin embargo, la energía liberada, así como el choque mecánico asociadas al fenómeno de implosión, afectan la estructura de las células situadas en el microentorno. Se considera que, dependiendo de la frecuencia empleada y la longitud de las ondas de sonido, se pueden generar diferentes cambios físicos, químicos y bioquímicos que pueden emplearse

en un sin número de aplicaciones en los diferentes campos industriales (Robles y Ochoa, 2012).

■ **APLICACIONES**

Tabla 11. Aplicación del ultrasonido de baja frecuencia en alimentos.

APLICACIÓN	DESCRIPCIÓN
Efectos antimicrobianos	Destrucción microbiana, limpieza de superficies
Transferencia de calor	Incremento de la velocidad de congelación,descongelación y cocido
Transferencia de masa	Incremento en la velocidad de transferencia de masa durante el secado, curado, separación de membrana, desecación y filtración por membrana.
Emulsificación y homogenización	Homogenización y emulsificación de la leche y mayonesa
Fermentación y maduración	Incremento en la velocidad de fermentación yañejamiento (vino)
Cristalización	Control de nucleación y crecimiento de cristales
Degaseo y despumante	Despumado de bebidas carbonatadas, cerveza u otroslíquidos durante el enlatado, despumado de fermentosmicrobiológicos; remoción de gases disueltos en líquidos. En la figura podemos observar el equipo.
Rompimiento celular y extracción	Mejoramiento de la extracción de compuestos (aceitesesenciales)
Actividad enzimática y desnaturalización de proteínas	Inactivación y mejoramiento de la actividad enzimática

Fuente: Pisco (2013)

- Actualmente existe un interés creciente en tecnologías novedosas o no convenciones que permitan desarrollar productos de mejor calidad a un costo menor de proceso. La implementación de tecnologías denominadas “emergentes” ha sido una alternativa para incrementar la eficiencia de procesos alimentarios. Los principales objetivos de estas tecnologías son la reducción del tiempo de procesamiento, el ahorro de energía y la mejora de la calidad y vida de anaquel de los productos alimentarios (Campos *et al.*, 2016). En la tabla 12 se muestran algunas investigaciones experimentales de ultrasonido en el área de alimentos líquidos.

■ INVESTIGACIONES EXPERIMENTALES SOBRE LA APLICACIÓN DEL ULTRASONIDO EN ALIMENTOS LÍQUIDOS

Tabla 12. Investigaciones experimentales de ultrasonido en alimentos líquidos

PRODUCTO	APLICACIÓN Y EFECTO	AUTOR
ULTRASONIDO EN LA CONSERVACIÓN DE JUGO DE FRUTAS	La sonicación se puede implementar con éxito para extender la vida útil de los jugos. Además, al combinarlo con temperatura moderada (TS) o temperatura de presión (mano termosonicación) se pueden producir mejores efectos. También se pueden combinar dos o más técnicas no térmicas para producir un efecto sinérgico; sin embargo, en aplicaciones a gran escala, él es costoso y tedioso para escalar.	(Muthukumarappan y Asokapandian, 2018)
LECHE	El ultrasonido con frecuencia de 22 kHz presenta la generación del fenómeno de cavitación en la leche. El ultrasonido a temperatura ambiente causa una disminución del 99% de la población de <i>E. coli</i> en la leche después de 35 minutos de tratamiento y de 90% para <i>S. aureus</i> . Los cambios de pH y temperatura producto de la cavitación son mínimos y no dañan la leche. El ultrasonido mostró un efecto positivo al combinarse con calor, ya que se logró eliminar la población microbiana estudiada. La mejor muerte total de <i>E. coli</i> , en leche se logra a 60°C y 5 min de irradiación ultrasónica y a 50°C en 10 min de irradiación ultrasónica. El tratamiento por ultrasonido afecta el color de la leche haciéndola más amarilla. El tratamiento ultrasónico no tiene un efecto en las proteínas de la leche.	(Rivas, 2007)
Procesamiento por ultrasonido de jugo de frutas y verduras	La aplicación de ultrasonidos en jugos de frutas y verduras ha mostrado resultados positivos, mejorando sus propiedades y estabilidad. Los con ultrasonido dependen principalmente de la potencia, el tiempo y la temperatura del proceso; la composición y estructura de los componentes del jugo; y el tipo, estructura, forma y condición de los microorganismos y enzimas. En general, se evita la sedimentación de la pulpa en los jugos, se mejora la consistencia y se mejora la conservación de los compuestos bioactivos durante el proceso con una degradación menor durante el almacenamiento.	(Rojas <i>et al.</i> , 2017)
Influencia del ultrasonido de alta intensidad en compuestos bioactivos de jugo de fresa: perfiles de ácido ascórbico, fenólicos, actividad antioxidante y microestructura	No hubo diferencias significativas en el total de proteínas, TSS, pH y colorantes en muestras tratadas con ultrasonido comparadas con muestras no tratadas. Sin embargo, los tratamientos ultrasónicos en tiempos de procesamiento apropiados como US 12 (12 min) mostraron una mejora significativa en fenoles totales, flavonoides, contenido de ácido ascórbico y actividad antioxidante. El tratamiento con ultrasonido mejorara la tasa de extracción de fenoles y antioxidantes en el jugo de fresa para mejorar la calidad del jugo a través de cambios en la microestructura.	(Wanga Yea, Vangaa, Raghavan, 2019)

■ VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LA PASTEURIZACIÓN POR ULTRASONIDO

Es importante tener en cuenta que para todo existen ventajas y desventajas que no debemos pasar por alto, debido a que pueden tener efectos sobre nuestro objetivo y en este caso sobre los alimentos a tratar, en la figura 14 se muestran algunas ventajas y desventajas sobre la pasteurización térmica en alimentos.

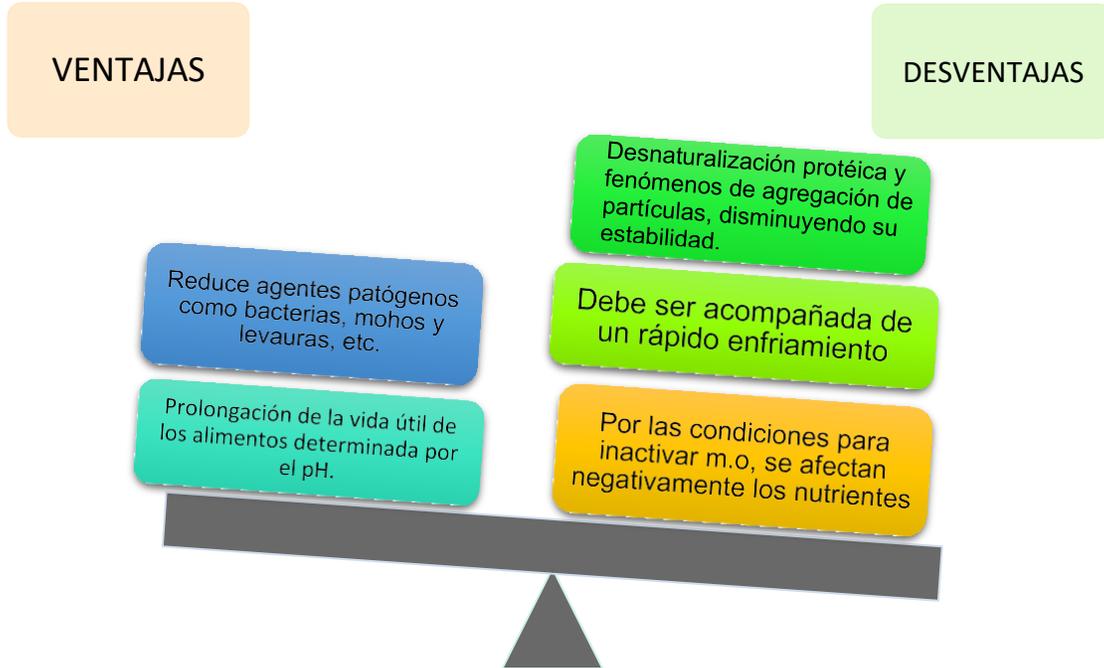


Figura 14. Ventajas y desventajas de la pasteurización térmica de alimentos.

Fuente: Bernart (2014), Aguilar (2012)

3. OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL:

Evaluar el efecto del ultrasonido como método de pasteurización aplicado en una bebida vegetal a base de garbanzo con sabor nuez, sobre las propiedades fisicoquímicas, microbiológicas y sensoriales, generando una alternativa al proceso de pasteurización tradicional.

OBJETIVO PARTICULAR 1. Realizar un estudio de mercado para conocer la aceptabilidad de una bebida vegetal a base de garbanzo sabor nuez en una población de consumidores jóvenes.

OBJETIVO PARTICULAR 2: Determinar la formulación para el desarrollo de una bebida vegetal variando la proporción de garbanzo (5%, 3%, 4%) y nuez (0%, 2 %, 1%), evaluando las propiedades fisicoquímicas (color, pH, Acidez, °Brix) y sensoriales; para seleccionar la de mayor aceptación.

OBJETIVO PARTICULAR 3. Establecer la formulación con mayor aceptabilidad evaluando diferentes sabores (garbanzo, garbanzo con nuez y sabor a nuez) en una bebida vegetal a base de garbanzo, a través de una evaluación sensorial a una población joven y con ello seleccionar la de mayor aceptación para el consumidor.

OBJETIVO PARTICULAR 4. Determinar las condiciones de proceso para la pasteurización con ultrasonido de una bebida vegetal de garbanzo, variando el tiempo (35, 40 y 45 minutos) y potencia (75, 87 y 100%), sobre la presencia de microorganismos (coliformes totales, mesófilos, hongos y levaduras), propiedades organolépticas (Olor, Color, Sabor, Aceptabilidad), físicas (Color) y fisicoquímicas (pH, Acidez, °Brix y Viscosidad), para así establecer las condiciones óptimas de proceso.

OBJETIVO PARTICULAR 5. Comparar el efecto de la pasteurización por ultrasonido y pasteurización térmica a 90°C por 10 minutos, sobre la presencia de microorganismos (coliformes, mesófilos, hongos y levaduras), propiedades organolépticas, físicas (Color) y fisicoquímicas (pH, Acidez, °Brix y Viscosidad).

4. METODOLOGÍA EXPERIMENTAL

4.1. CUADRO METODOLÓGICO

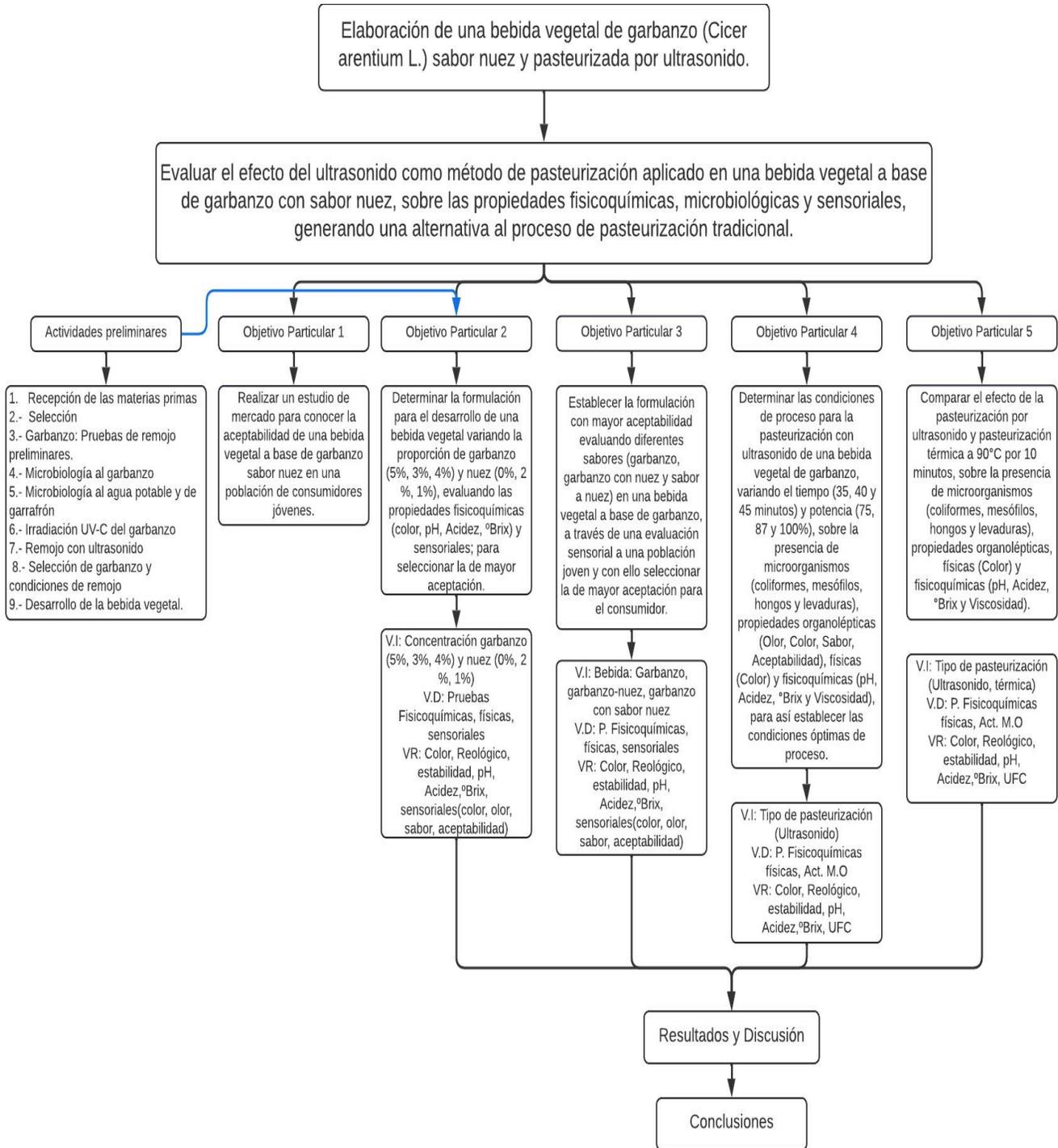


Figura 15. Cuadro metodológico

4.2. MATERIAL BIOLÓGICO

Para el desarrollo de este proyecto se emplearon granos de garbanzos de la variedad “Costa 2004”, el cual se considera un grano del tipo desi, los granos fueron cultivados en el estado de Guanajuato en la cosecha de 2018, una vez obtenidos fueron seleccionados, y almacenados en frascos herméticamente sellados.

4.3. ESTUDIO DE MERCADO

El estudio de mercado se realizó mediante el uso de “Formulario Google”, a una población de jóvenes de la FESC, CCH Vallejo y CCH Vallejo de edades con un rango de 15 a 30 años. Las preguntas realizadas tuvieron la intención de determinar qué tan probable es que una bebida vegetal a base de garbanzo con sabor nuez sea aceptada y consumida en el mercado actual (Figura 16).



Figura 16. Portada cuestionario “Bebidas Vegetales” en Google

Sitio Web: <https://forms.gle/p1JXDimsBcHpZipF9>

■ CUESTIONARIO PARA REALIZAR ESTUDIO DE MERCADO PARA UNABEBIDA VEGETAL A BASE DE GARBANZO CON SABOR NUEZ.

1. Edad
2. Sexo
3. ¿Qué tan frecuentemente consumes leche de origen animal?

4. ¿Es alérgico a algún producto alimenticio? ¿Cuál?
5. Al comprar algún producto alimenticio ¿En qué se fija más?
6. ¿Está dispuesto /interesado en conocer productos nuevos con alto contenido nutrimental?
7. ¿Conoce y ha probado las bebidas vegetales como las de Soya, Almendras, Arroz, etc.?
8. ¿Qué tanto consume garbanzo?
9. ¿Qué tanto consume nuez?
10. ¿Consumiría una bebida vegetal a base de garbanzo y nuez?
11. El consumo de este producto se debería a:
12. ¿Para ti que es más importante?
13. ¿Con qué alimentos consumirías una bebida vegetal?
14. ¿Cómo cuáles?
15. ¿Qué presentación sería su favorita para consumir una bebida vegetal?
16. ¿Qué tipo de envase es de su preferencia?
17. ¿En dónde le gustaría poder comprar dicho producto?
18. ¿Cuánto estaría dispuesto a pagar por una bebida vegetal (230-300 mL) con alto contenido nutricional a base de garbanzo y fresa?
19. ¿Cuánto estaría dispuesto a pagar por una bebida vegetal (1 L) con alto contenido nutricional a base de garbanzo y fresa?

4.4. ESTABLECER CONDICIONES DE LA ELABORACIÓN DE LA BEBIDA VEGETAL A BASE DE GARBANZO

4.4.1. PRUEBAS DE REMOJO PRELIMINARES

Uno de los procesos principales dentro de la elaboración de las bebidas vegetales, es el remojo, el cual ayuda al ablandamiento del grano para la posterior extracción de compuestos. En las pruebas el garbanzo se lavó y se sometió a un remojo de 24 horas a temperatura ambiente, una vez transcurridas las 24 horas el garbanzo presentó una fermentación anormal (Figura 17), color blanquecina y verde, por lo cual se consideró realizar pruebas microbiológicas que permitieran evaluar la fuente de contaminación del grano.



Figura 17. Fermentación presentada en el remojo de garbanzo durante 24 horas.

4.5.1. EVALUACIÓN MICROBIOLÓGICA DEL GARBANZO

Para determinar la fuente de contaminación del grano de garbanzo se realizaron análisis microbiológicos, en donde se determinó bacterias mesófilas (agar nutritivo a $35\pm 2^{\circ}\text{C}$ por 24 horas), coliformes (agar rojo bilis violeta $37\pm 2^{\circ}\text{C}$ 24 a 48 horas), hongos y levaduras (agar papa dextrosa, 3 a 5 días a 25°C). Para llevar a cabo el proceso el grano fue molido en un mortero y se le agregó agua peptonada para facilitar

su manejo; debido a que el objetivo de la prueba era darse una idea de la calidad del garbanzo con el que se trabajó, el sembrado se realizó de forma directa sin realizar diluciones como tradicionalmente se hace. Las muestras fueron sembradas de forma radial (100 microlitros) y con esto se pudo establecer que tratamientos previos se necesitaban para posteriormente poder utilizar el garbanzo en la elaboración de la bebida vegetal.



Figura 18. Sembrado radial y con diluciones del grano de garbanzo

4.5.2. EVALUACIÓN MICROBIOLÓGICA DEL AGUA POTABLE Y DE GARRAFÓN

Debido a que la materia prima y los recipientes utilizados para el remojo se lavan con agua potable proveniente de la cisterna del CAT se decidió hacerle una prueba microbiológica a esta agua para determinar si también formaba parte de la contaminación que provocó la fermentación del garbanzo durante el remojo; es importante mencionar que también se realizó esta prueba microbiológica (para hongos y levaduras, coliformes) al agua de garrafón comercial utilizada en el remojo el garbanzo, que aunque está purificada y se transporta en garrafones sellados, también podía formar parte de la contaminación en el proceso (Figura 19).



Figura 19. Sembrado de muestras de agua potable y purificada

4.5.3. IRRADIACIÓN UV-C AL GARBANZO

Debido a los microorganismos que provocaron la fermentación del garbanzo en la prueba de remojo, se decidió irradiar el garbanzo lavado por medio de rayos UV-C durante 30 minutos para disminuir esta carga y poder continuar con el proceso de remojo, el cual se realizó con ultrasonido (Figura 20).



Figura 20. Irradiación UV-C de garbanzo

4.5.4. REMOJO DE GARBANZO CON ULTRASONIDO

Con objetivo de disminuir la carga microbiana que pudo quedar en el garbanzo después de la irradiación y así asegurar una mejor calidad en el garbanzo se decidió utilizar un baño de ultrasonido con agua a 50°C durante 60 minutos, con lo cual se disminuyó también el tiempo de remojo de 24 horas a 60 minutos (Figura 21).



Figura 21. Remojo de garbanzo por ultrasonido

4.6. DESARROLLO DE LA BEBIDA VEGETAL

4.6.1. SELECCIÓN DE GARBANZO Y CONDICIONES DE REMOJO

Para dar paso al desarrollo de la bebida vegetal se propuso usar 2 diferentes tipos de garbanzo, con los cuales también se hicieron pruebas de remojo, el fin fue identificar los cambios visuales en el producto final, así como cambios de sabor evaluados internamente por profesoras y compañeros del taller, para así seleccionar el garbanzo con el que se iba a realizar todo el proyecto.

En las pruebas de remojo se decidió usar 2 temperaturas: temperatura ambiente y temperatura caliente a 50°C, posteriormente el agua de proceso para la elaboración de la bebida también se varió usando temperatura ambiente y temperatura caliente a 50°C. Después se realizaron análisis fisicoquímicos a las bebidas y luego de observar los cambios físicos y sensoriales de las bebidas. Se tomó la decisión de utilizar el garbanzo Costa 2004. Una vez seleccionado el garbanzo se decidió mantener las condiciones de remojo en caliente utilizando el baño de ultrasonido y mantener el agua de proceso para la elaboración de la bebida a temperatura ambiente.

4.6.2. DIAGRAMA DE PROCESO DE LA BEBIDA VEGETAL DE GARBANZO

Una vez solucionados los problemas con el proceso de remojo de garbanzo, se realizó una estandarización del proceso para la elaboración de la bebida vegetal de garbanzo (Figura 22).

DESCRIPCIÓN DEL PROCESO:

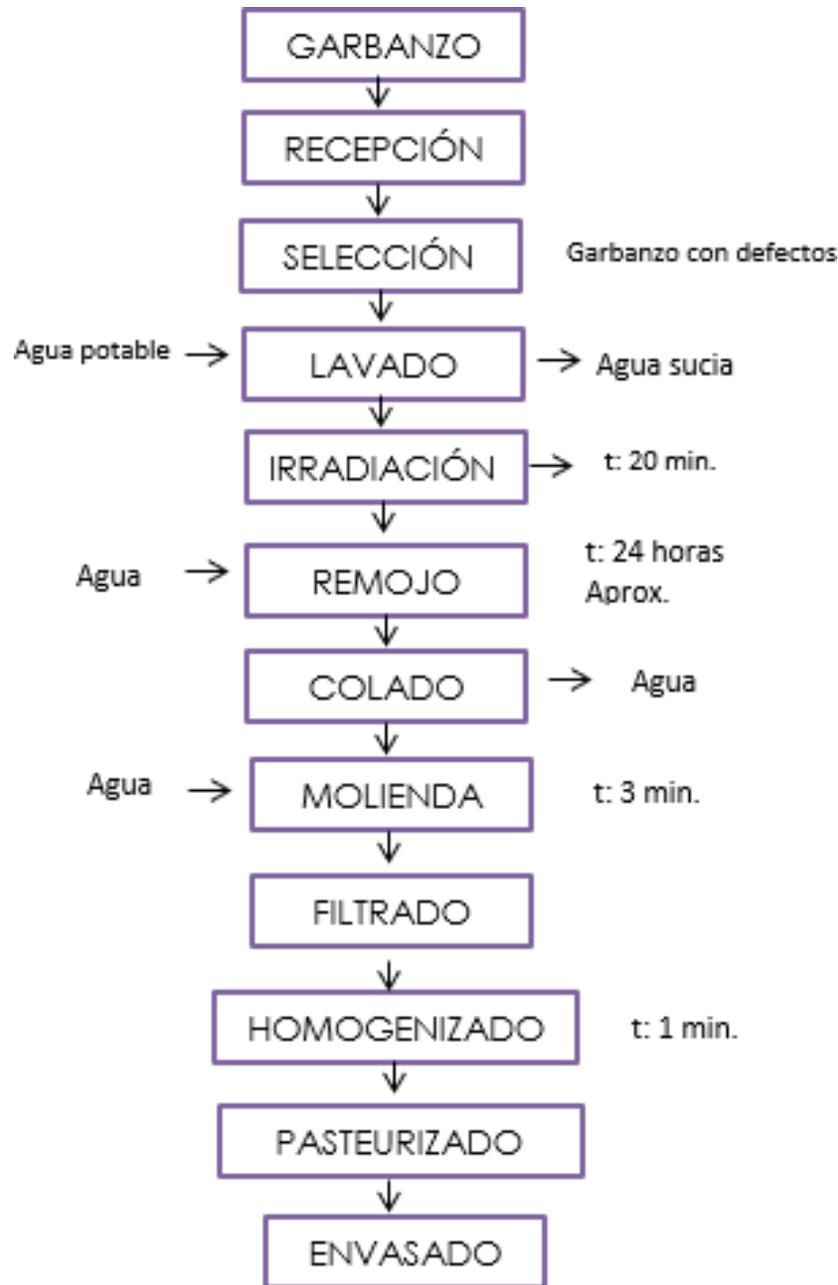


Figura 22. Diagrama de bloques para la elaboración de una bebida vegetal de garbanzo.

- **SELECCIÓN:** En la selección de garbanzo, se eliminan todos los garbanzos que estén maltratados, con manchas y en general en mal estado.
- **LAVADO:** Los granos fueron lavados con agua potable varias veces, hasta que el agua de enjuague salga clara.
- **IRRADIACIÓN:** Después de lavar el garbanzo este se sometió a una irradiación UV-C en una charola extendida durante 20-30 minutos, para eliminar carga microbiana.
- **REMOJO:** El remojo consiste en ablandar el grano para poder molerlo, así como para eliminar componentes no nutricionales que pueden causar indigestión y flatulencias (oligosacáridos). Este proceso se llevó a cabo con un baño de ultrasonido durante 60 minutos, utilizando agua a 50°C (tanto en el baño, como en el garbanzo), el agua de garbanzo se ocupó con una relación 1:3.
- **COLADO:** Se hace un colado con un colador tradicional, en este momento el agua de remojo queda eliminada del proceso.
- **MOLIENDA:** Teniendo el garbanzo remojado se procedió a realizar la molienda con agua potable durante 3 minutos aproximadamente, utilizando una batidora de inmersión.
- **FILTRADO:** Con ayuda de manta de cielo se realizó un filtrado en el que queda todo el bagazo de la molienda, obteniendo como producto un líquido blanco.
- **HOMOGENEIZADO:** En el homogenizado se suele agregar algún endulzante o saborizante, esto es opcional y al gusto.
- **PASTEURIZADO:** Es importante realizar una pasteurización para asegurar la inocuidad de nuestro producto, en este caso se utilizó la térmica y el ultrasonido.
- **ENVASADO:** El envasado es nuestro último paso, pero no por ello menos importante, se realiza en un envase de sello hermético y se hace un choque térmico para generar vacío y evitar cambios en nuestro producto.

A continuación, se presentan los diagramas de proceso para la elaboración de las bebidas vegetales con los diferentes frutos, seguido de sus formulaciones correspondientes.

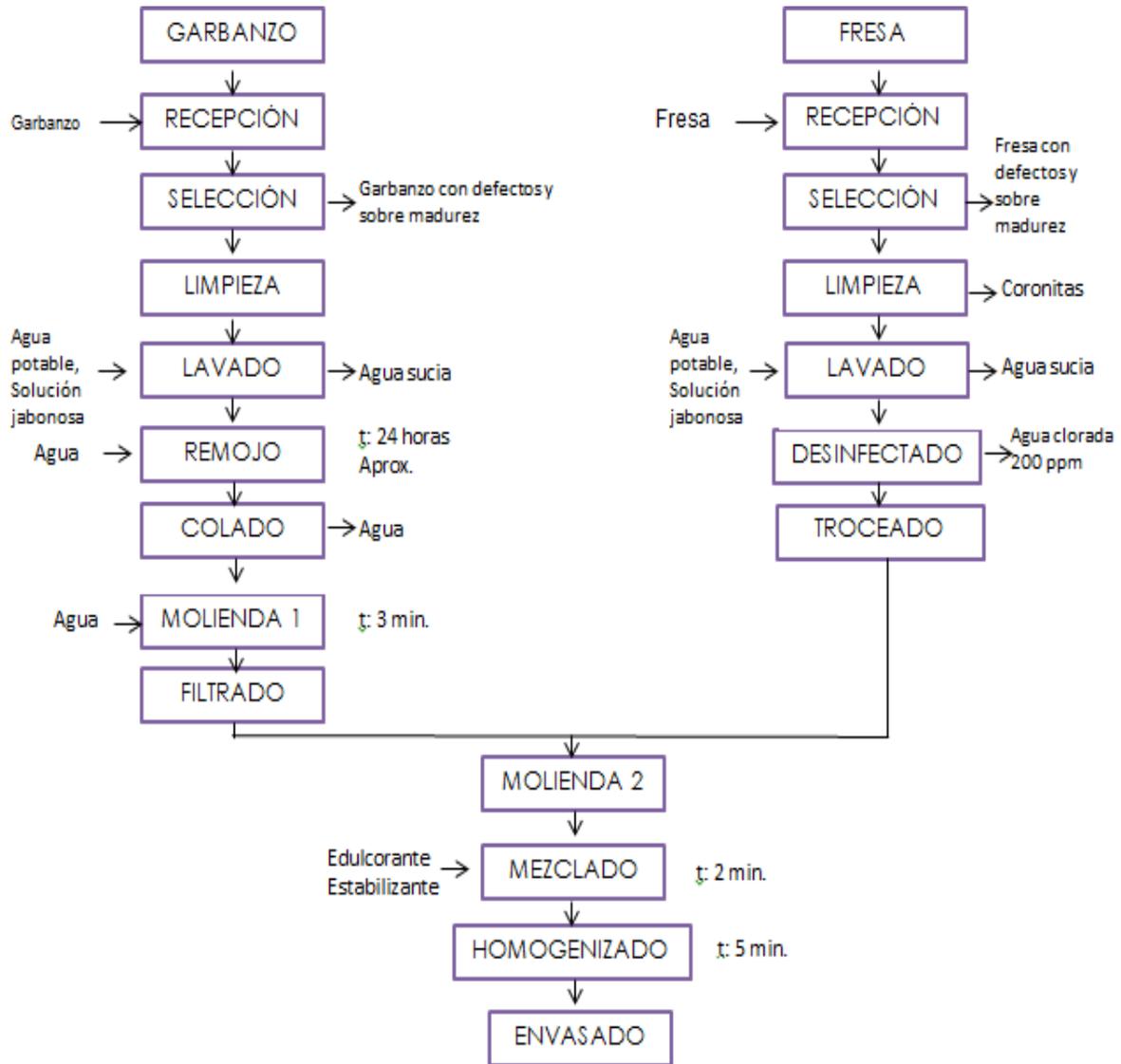


Figura 23. Diagrama de bloques para la elaboración de una bebida vegetal de garbanzo con fresa.

En la tabla 13 se muestran las formulaciones propuestas variando la cantidad de fruta y el edulcorante dentro de la bebida vegetal de garbanzo.

Tabla 13. Propuestas de formulaciones utilizando garbanzo y fresa como materia prima

Ingrediente		Porcentaje %				
AGUA	64	64	64	88	88	88
GARBANZO	5	10	15	5	4	3
FRESA	30	25	20	5	5	5
EDULCORANTE	0.5	0.5	0.5	2.4	2.4	2.4
ESTABILIZANTE	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
TOTAL	100	100	100	100	100	100

En la figura 24 se observa el diagrama de proceso para la elaboración de una bebida vegetal con frutos secos, en donde se observa la diferencia al proceso para elaborar la bebida con fresa.

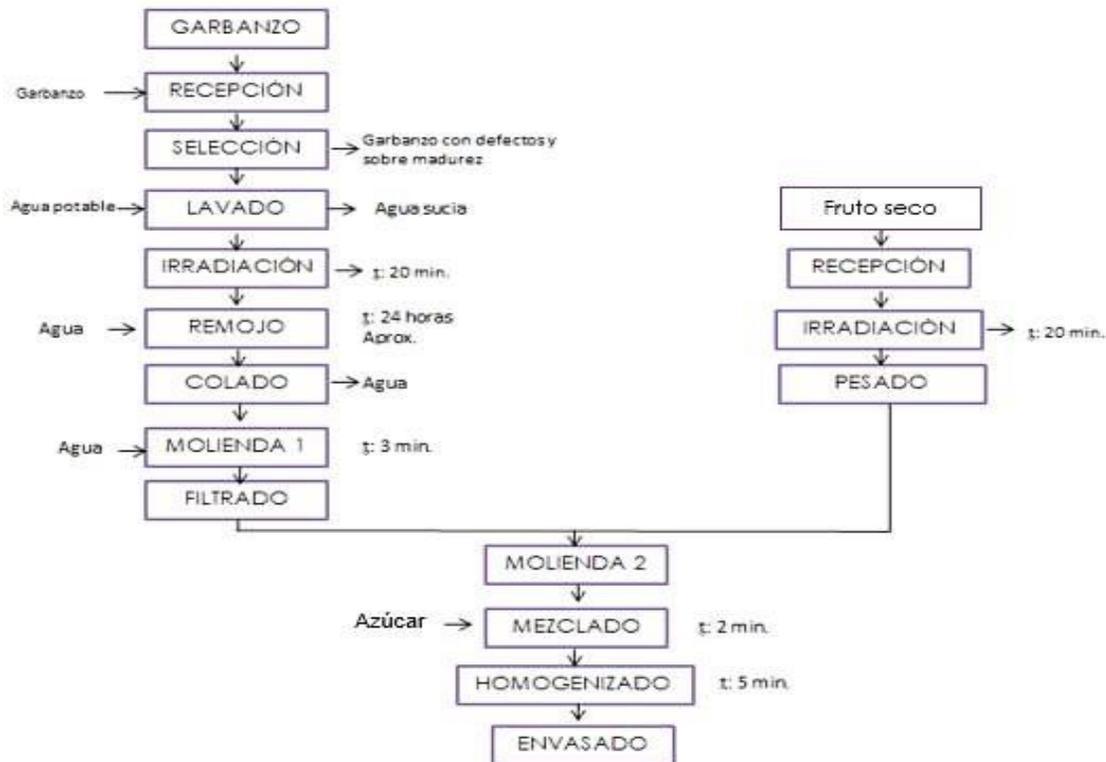


Figura 24. Diagrama de bloques para la elaboración de una bebida vegetal de garbanzo

con frutos secos.

En el diagrama 25 podemos ver el proceso de la elaboración de una bebida vegetal de garbanzo con saborizante de nuez; el proceso es prácticamente igual al de la bebida vegetal de garbanzo sin saborizante.



Figura 25. Diagrama de bloques para la elaboración de una bebida vegetal de garbanzo con saborizante de nuez.

En la tabla 14 se muestran las formulaciones utilizando frutos secos con y sin estabilizante, así como el saborizante de nuez.

Tabla 14. Propuestas de formulaciones utilizando garbanzo, frutos secos (nuez, almendra y arándano) y saborizante de nuez

FRUTO	NUEZ/ALMENDRA/ ARÁNDANO			NUEZ/ALMENDRA/ ARÁNDANO SIN ESTABILIZANTE		SABORIZANTE
	%					
AGUA	87.1	87.4	87.5	92.4	92.4	92
GARBANZO	5	5	5	3	4	5
FRUTO/SABORIZANTE	5	5	5	2	1	0.4
AZÚCAR	2.4	2.4	2.4	2.6	2.6	2.6
ESTABILIZANTE	1.0	0.5	0.2	-	-	-
TOTAL	100	100	100	100	100	100

4.5. EVALUACIÓN SENSORIAL

Para la evaluación sensorial de las bebidas vegetales de garbanzo se realizaron 3 evaluaciones sensoriales mediante pruebas hedónicas a 100 panelistas no entrenados de edades de 18-30 años pertenecientes a la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán Campus-1, Colegio de Ciencias y Humanidades plantel Vallejo y laboratorio de postcosecha. Se plantearon pruebas con escala de 5 puntos, en dónde 5 significa me gusta mucho, 4 Me gusta moderadamente, 3 No me gusta ni me disgusta, 2 Me disgusta moderadamente, 1 Me disgusta muchísimo.

En cada evaluación sensorial las muestras fueron previamente identificadas con códigos diferentes, se mantuvo la inocuidad en el transporte y manipulación de las bebidas.

Se utilizó el siguiente formato para cada evaluación sensorial:

EDAD: SEXO:

Prueba las muestras identificadas con diferentes códigos que se presentan a continuación e indica tu nivel de agrado para cada una de las características, marcando con el número la escala que mejor describa al producto:

5	Me gusta muchísimo
4	Me gusta moderadamente
3	No me gusta, ni me disgusta
2	Me disgusta moderadamente
1	Me disgusta muchísimo

MUESTRA	OLOR	COLOR	SABOR	ACEPTABILIDAD

COMENTARIOS:

Figura 26. Formato de evaluación sensorial



Figura 27. Evaluación sensorial de bebidas vegetales realizadas en CCH- Vallejo, CAT y FESC campo 1

En la figura anterior poder observar a varios participantes de diferentes planteles de la UNAM en la evaluación sensorial de la bebida vegetal de garbanzo con sabor nuez.

4.6. PROCESO DE PASTERUIZACIÓN DE LA BEBIDA VEGETAL DE GARBANZO

Para el proceso de pasteurización de la bebida vegetal de garbanzo se propusieron dos métodos diferentes los cuales fueron pasteurización térmica y por ultrasonido en la tabla 15 Se muestran las condiciones propuestas para los tratamientos.

Tabla 15. Condiciones de pasteurización por los métodos propuestos de la bebida vegetal de garbanzo

Pasteurización	Temperatura	Tiempo	Amplitud
Pasteurización térmica	90° C	10 min	NA
Ultrasonido	50° C	35 min	75 %
		35 min	100 %
		45 min	75 %
		45 min	100 %

NA: no aplica

La pasteurización por un método alternativo al tratamiento térmico tradicional es el ultrasonido, la pasteurización por ultrasonido se realizó a la bebida vegetal utilizando el equipo Intelligent Ultrasonic Processor Biobase Meihua (Figura 28)



Figura 28. Intelligent ultrasonic processor Biobase Meihua

Una vez terminada la pasteurización por ambos métodos se realizaron las pruebas necesarias y se envasó en botellas de vidrio estériles, posteriormente se almacenaron en refrigeración las bebidas pasteurizadas y se evaluaron los parámetros microbiológicos (coliformes, mesófilos, hongos y levaduras), propiedades organolépticas (olor, color, sabor, aceptabilidad), parámetros físicos (color) y fisicoquímicos (pH, acidez, °Brix y viscosidad), para así establecer las condiciones óptimas de proceso.

4.6.1. PASTEURIZACIÓN TÉRMICA

La pasteurización térmica se realizó a 90°C durante 10 minutos, para posteriormente realizar los análisis fisicoquímicos y microbiológicos para comparar los resultados con los obtenidos en pasteurización por ultrasonido con la mejor condición (Figura 29).



Figura 29. Proceso de pasteurización térmica

Con ayuda de una cuchara se hicieron movimientos circulares durante toda la pasteurización para evitar que se pegara y se quemara en el fondo, además de lograr una distribución homogénea de la temperatura. Una vez concluida la pasteurización se evaluaron los siguientes parámetros fisicoquímicos (pH, °Brix, % Acidez, color, viscosidad), así como análisis microbiológico (PDA, RBV y AN) de acuerdo con las técnicas descritas en el apartado 5.

Se hizo una comparación de resultados con los obtenidos en pasteurización por ultrasonido.

4.6.2. PASTEURIZACIÓN POR ULTRASONIDO

Una vez establecida la formulación y las condiciones previas de proceso se procedió a evaluar la bebida, se utilizaron diferentes condiciones de tiempo y potencia, las cuales podemos ver en la tabla 15 antes mencionada, obtenidas mediante un diseño factorial 2²

en donde se realizaron tres repeticiones del punto central 87.5 % por 40 min.

El diseño se realizó con el programa Design Expert versión dx5 y posteriormente se realizaron pruebas fisicoquímicas (pH, %acidez, viscosidad, color, °Brix) y microbiológicas (PDA, RBV y AN) a cada bebida.

En la realización del proceso es importante mencionar que el equipo se limpió en cada medición con alcohol para evitar contaminación cruzada, en la siguiente figura se muestra el proceso de pasteurización por ultrasonido.

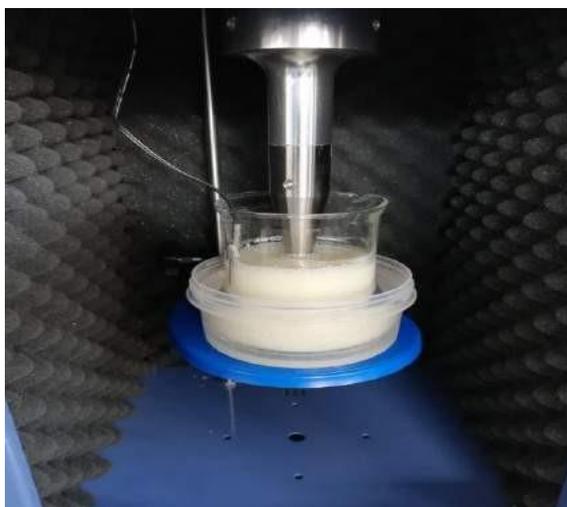


Figura 30. Proceso de pasteurización por ultrasonido

Es importante mencionar que en análisis estadístico para los tratamientos de los resultados que se utilizó fue ANOVA con ayuda del programa IBM SPSS STATISTICS 20.

4.7. TÉCNICAS ANALÍTICAS

PROPIEDADES FÍSICAS COLOR-COLORÍMETRO

El color es una cualidad organoléptica de los alimentos y se aprecia por medio del sentido físico de la vista (Rettig,2014). Las técnicas colorimétricas se basan en la medida de la absorción de radiación en la zona visible por sustancias coloreadas. El colorímetro es un instrumento diseñado para dirigir un haz de luz paralela monocromática a través de una muestra líquida y medir la intensidad del haz luminoso emergente (Aparicio,2017). El color se midió con ayuda de un colorímetro Minolta, modelo CR 300, los resultados obtenidos fueron L^* , a^* y b^* y con los que se calcularon H y C.

En donde:

L (luminosidad) donde 0 es el negro y 100 es el blanco, a (rojo-verde); los valores positivos para rojo, negativos para verde y 0 el neutro y b (eje amarillo-azul) valores positivos para amarillo, negativos para azul y 0 el neutro (Rettig,2014), C representa el “croma” (cantidad, pureza o saturación del color), H corresponde al “tono”.

Para realizar los cálculos de H y C se utilizan las siguientes fórmulas (Rettig,2014):

$$\begin{aligned} H: \arctan (b/a) \dots\dots\dots 1 \\ C: (a^2+b^2)^{1/2} \dots\dots\dots 2 \end{aligned}$$

La medición se realizó utilizando bolsas Ziploc, debido a que la muestra es líquida, es importante hacer la medición de forma que la bolsa no tenga pliegues que puedan afectar los resultados, se realizaron 10 mediciones por muestra, los resultados obtenidos se leen directamente del colorímetro y realizaron gráficas comparativas para la expresión de resultados (Figura 31).



Figura 31. Medición de color en la bebida vegetal.

PROPIEDADES FISICOQUÍMICAS

pH-POTENCIÓMETRO

El método, se basa en la medición electrométrica de la actividad de los iones hidrógeno presentes en una muestra del producto mediante un aparato medidor de pH (potenciómetro), (NMX-F-317-S-1978). Para la evaluación del pH de las muestras se empleó un potenciómetro digital, el cual previamente fue calibrado con soluciones buffer. Las muestras fueron colocadas en vasos de precipitados y fue introducido el electrodo de manera que cubriera para que pudiera realizarse la correcta determinación, el valor del pH

de la muestra se lee directamente en la escala del potenciómetro, se realizaron gráficas comparativas para la expresión de resultados (Figura 32).



Figura 32. Medición de pH en la bebida vegetal mediante potenciómetro.

°BRIX- REFRACTÓMETRO

Es el % de sólidos disueltos en un producto derivado de las frutas o de un líquido azucarado. Este método se basa en el cambio de dirección que sufren los rayos luminosos en el límite de separación de dos medios en los cuales es distinta la velocidad de propagación (NMX-F-103-1982). Para la determinación se empleó un refractómetro digital Atago, colocando una gota de la muestra en el cristal del refractómetro, los resultados fueron expresados como °Brix y se leen directamente del refractómetro, se realizaron gráficas comparativas de los resultados obtenidos (Figura 33).



Figura 33. Medición de °Brix en bebida vegetal con un refractómetro pocket.

ACIDEZ-TITULACIÓN

Este método se basa en la neutralización de los iones H^+ con solución valorada de hidróxido de sodio ($NaOH$), en presencia de una sustancia indicadora (Fenolftaleína) (NMX-FF-011-

1982). En la determinación del % de acidez por el método de titulación se utilizó hidróxido de sodio NaOH para neutralizar los grupos ácidos. El valor de la acidez se expresa en el volumen de solución de hidróxido de sodio NaOH con normalidad de 0.1 N a 0.5N, tomando alícuotas de 10 ml de la solución preparada de producto con unas gotas de fenolftaleína con pH de 8.3 a 10, para ser titulados con hidróxido de sodio al 0.1 N, los resultados se expresaron como % Acidez, se hicieron gráficas comparativas de los resultados obtenidos (Figura 34).



Figura 34. Determinación de acidez en bebida vegetal

VISCOSIDAD-VISCOSÍMETRO DE CILINDROS CONCÉNTRICOS

La viscosidad de un fluido (como propiedad fundamental de transporte) es determinada a partir de mediciones de velocidad de corte y de esfuerzo cortante mediante el uso de modelos reológicos de regresión (no lineales), por ser generalmente estos fluidos de tipo no Newtoniano. Los fluidos no Newtonianos se clasifican en tres subgrupos: (i) independientes del tiempo; (ii) dependientes del tiempo; y (iii) de características sólidas. (Gómez et al.; Urquiza, 2009). Se determinó mediante un viscosímetro de cilindros concéntricos marca Rheolab QC, las muestras tenían una temperatura de 25°C en cada medición (Figura 35).



Figura 35. Medición de viscosidad de bebida vegetales mediante viscosímetro Rheolab QC

ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO

- **COLIFORMES TOTALES**

Para la determinación de coliformes totales se llevó a cabo la preparación de material (*NOM-109-SSA1-1994*) y del medio de cultivo (Agar Bilis Rojo Violeta), así como del agua peptonada, posteriormente se agregó el cultivo en las cajas Petri estériles y se realizó la prueba de esterilidad con una duración de 24 horas con lo que confirmamos que nuestro proceso fue inocuo. Las diluciones de la muestra se realizaron de la siguiente manera: 10^{-1} , 10^{-2} , 10^{-3} , 10^{-4} para llevar a cabo el sembrado de éstas en las cajas Petri, una vez realizada la siembra las cajas fueron incubadas a 35°C y posteriormente se realizó el conteo de UFC, reportando los resultados según la (*NOM-113-SSA1-1994*).

- **MESÓFILOS AEROBIOS**

Para la determinación de mesófilos aerobios se llevó a cabo la preparación de materia (*NOM-109-SSA1-1994*) y del medio de cultivo (Agar Nutritivo), así como del agua peptonada, posteriormente se agregó el cultivo en las cajas Petri estériles y se realizó la prueba de esterilidad con una duración de 24 horas con lo que confirmamos que nuestro proceso fue inocuo. Las diluciones de la muestra se realizaron de la siguiente manera: 10^{-1} , 10^{-2} , 10^{-3} , 10^{-4} y se llevó a cabo el sembrado de éstas en las cajas Petri, una vez realizada la siembra las cajas fueron incubadas a 35°C y posteriormente se realizó el conteo de UFC, reportando los resultados según la (*NOM-092-SSA1-1994*).

- MOHOS Y LEVADURAS

Para la determinación de mohos y levaduras se llevó a cabo la preparación de material (*NOM-109-SSA1-1994*) y del medio de cultivo (Agar Papa Dextrosa), así como del agua peptonada, posteriormente se agregó el cultivo en las cajas Petri estériles y se realizó la prueba de esterilidad con una duración de 24 horas con lo que confirmamos que nuestro proceso fue inocuo. Se realizaron diluciones de la muestra: 10^{-1} , 10^{-2} , 10^{-3} , 10^{-4} y se llevó a cabo el sembrado de éstas en las cajas petri, se dejó incubar y posteriormente se realizó el conteo de UFC (figura 36), reportando los resultados según la (*NOM-111-SSA1-1994*).



Figura 36. Proceso de análisis microbiológico

Una vez establecidas las condiciones se realizó el proceso de pasteurización por ultrasonido, es importante mencionar que el equipo se limpió en cada medición con alcohol para evitar contaminación cruzada.

4.7.1. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

El diseño de experimentos propuesto fue un factorial 2^2 para la pasteurización con ultrasonido, realizado mediante el programa Desing Expert versión Dx7, teniendo tres repeticiones del punto medio. Para el resto de las pruebas se realizó un análisis de varianza ANOVA con ayuda del programa SPSS versión 20. Con pruebas de rango múltiple Tukey

5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

ESTUDIO DE MERCADO

Para establecer el potencial mercado de la bebida vegetal de garbanzo se realizó un estudio de mercado. En la figura 37 se observa que la mayoría de la población que respondió el formulario Google tiene edades entre 22 a 23 años con el 18.8%, seguida de 20 años con el 13.4%, y solamente un 1.8% que representa la población de 30 años. Se observa que existe una gran variedad de edades en el estudio lo cual nos ayuda en poder conocer los gustos dentro de diferentes generaciones.

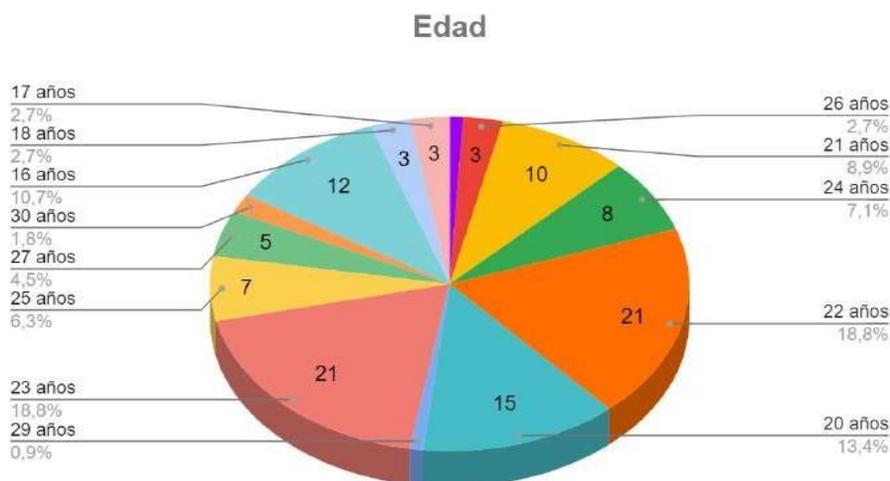


Figura 37. Distribución de edades de la población participante en el estudio de mercado de una bebida vegetal.

En la figura 38 se observa que de la población encuestada las mujeres representan el 70.3%, siendo la mayoría con respecto al 29.7% que representa la población masculina para este estudio de mercado.

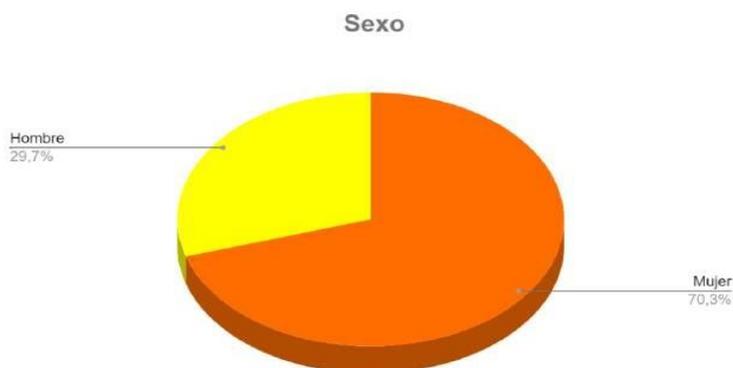


Figura 38. Distribución por sexo de la población participante en estudio de mercado de una bebida vegetal

En la sociedad tradicional, siempre ha acostumbrado el consumo de leche de origen animal, lo cual podemos verlo representado en la Figura 39, el consumo es frecuentemente con el 31.5%, seguida de muy frecuentemente con 30.6%.

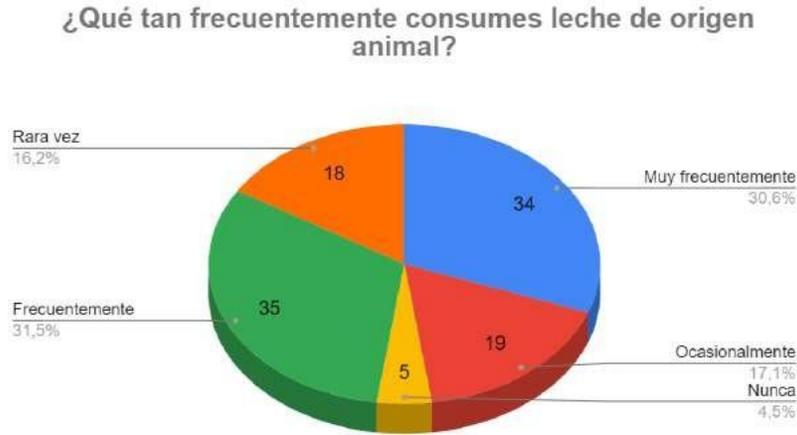


Figura 39. Respuesta del consumo de leche de origen animal obtenido del estudio de mercado de una bebida vegetal.

En la figura 40 se observa que la mayoría de la población no presenta alergias alimentarias, sin embargo, es importante mencionar que, aunque sea un % bajo existen personas que son alérgicas a la soya, cebolla, huevo, lácteos, chocolate, refrescos, nueces, etc. Por lo que, conocer sobre esto es importante en el desarrollo de nuevos productos.

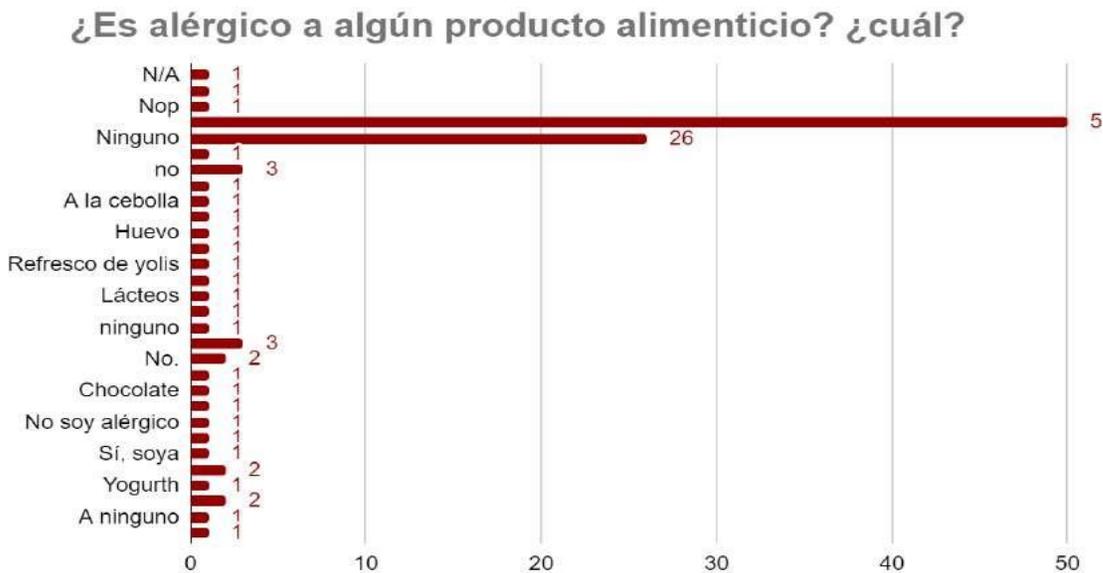


Figura 40. Respuesta de los encuestados respecto a la presencia de alergias alimentarias obtenidas del estudio de mercado de una bebida vegetal

Al comprar un producto el consumidor tiene un atractivo visual siempre se fija, en este estudio de mercado se observaron algunas características importantes para los consumidores, en la figura 41 se observan que la población se fija más en el sabor al comprar un producto con el 62.8%, seguido del contenido nutricional con el 54.3% y por último consideran importante el precio con el 43.6%.

Al comprar algún producto alimenticio ¿En que se fija más?

94 respuestas

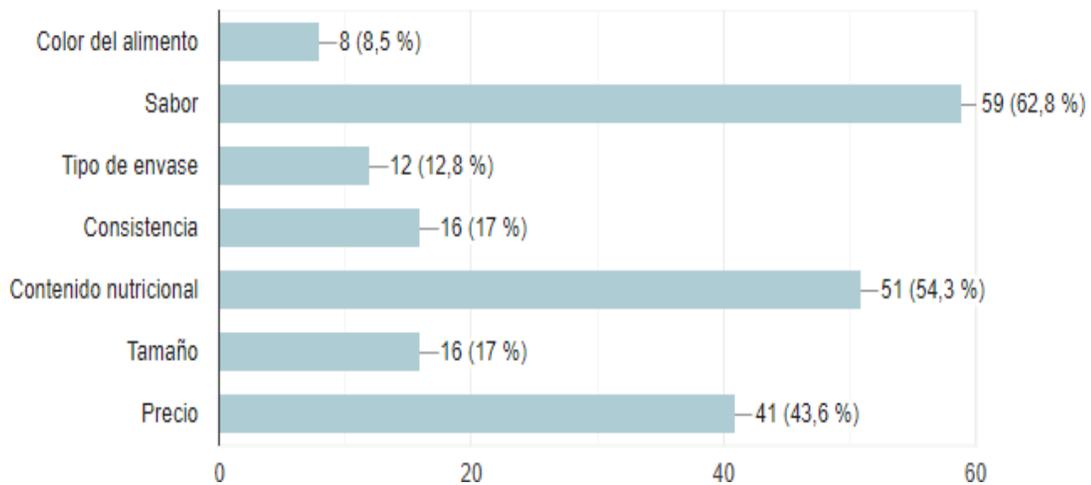


Figura 41. Respuesta de los encuestados del estudio de mercado de la bebida vegetal sobre las características de preferencia en el producto.

Existen en el mercado muchos productos innovadores que ofrecen un aporte nutricional alto, sin embargo, no siempre se está dispuesto a probar nuevos productos, salir de esa zona de confort alimentaria también es difícil, sin embargo, en la Figura 42 se observa que el 49.5% de la población está muy interesada en conocer productos nuevos con alto contenido nutricional, seguida por interesados con el 48.6%

¿Conoce y ha probado las bebidas vegetales como las de Soya, Almendras, Arroz, etc.?

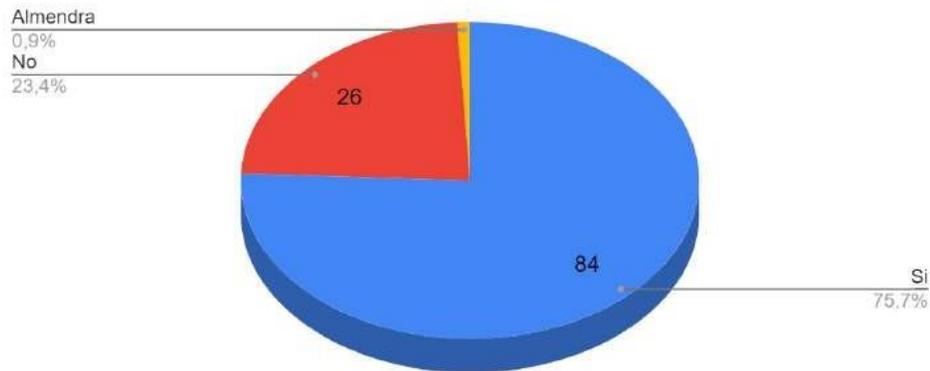


Figura 42. Disposición de conocer nuevos productos por parte de los encuestados en el estudio de mercado de una bebida vegetal.

Como parte de las nuevas tendencias alimentarias surgen nuevos productos, los cuales unos van teniendo más popularidad sobre otros, como es el caso de las bebidas vegetales hechas de diferentes granos y semillas, en la figura 43 observamos que el 75.7% de la población conoce y ha probado las bebidas vegetales como las de soya, arroz, etc., el 0.9% solo ha probado la de almendra y el 23.4% no ha probado ninguna bebida vegetal.

¿Esta dispuesto/interesado en conocer productos nuevos con alto contenido nutrimental?

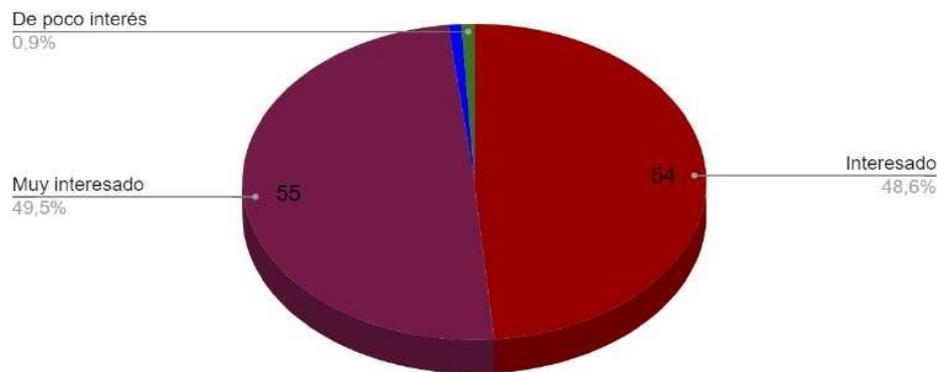


Figura 43. Respuesta de los encuestados sobre su disposición de conocer productos nuevos.

Existen muchos alimentos que a pesar de abundar en la región no siempre son los más consumidos, algunos solo son consumidos en ciertos platillos o en ciertas presentaciones, por lo que es importante conocer que tanto se consume la materia prima de este proyecto, la figura 44 da a conocer que el 0.9% consume garbanzo muy frecuentemente, el 45.9% de la población raramente consume garbanzo, el 45% ocasionalmente lo consume y es

importante mencionar que el 6.3% nunca consume garbanzo. Por lo que se tiene una buena oportunidad para impulsar el consumo de garbanzo en México.

¿Qué tanto consume garbanzo?

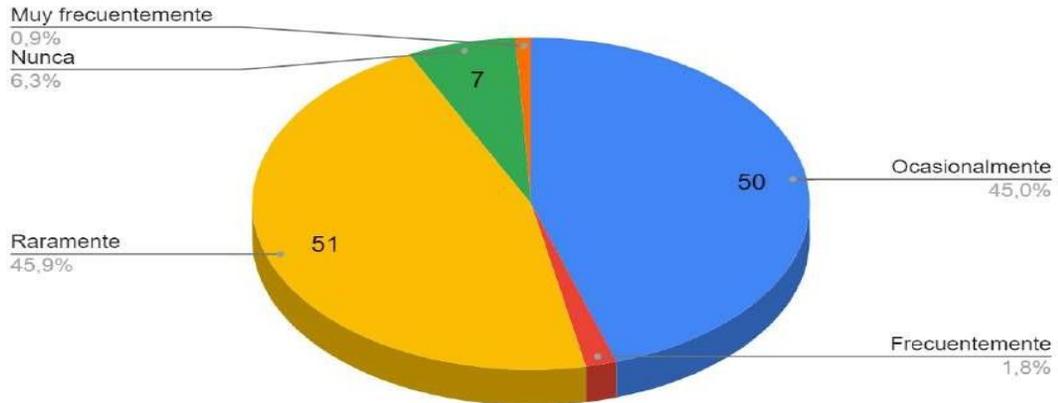


Figura 44. Respuesta sobre el consumo de garbanzo de parte de los encuestados del estudio de mercado de una bebida vegetal

La nuez es un fruto seco muy popular y con grandes beneficios a la salud, sin embargo, debido a diversos factores no es muy consumida, en la figura 45 se presenta la frecuencia con la que la población consume nuez, siendo mayoritariamente un consumo ocasional, muy frecuente se encuentra en el porcentaje más bajo.

¿Qué tanto consume nuez?

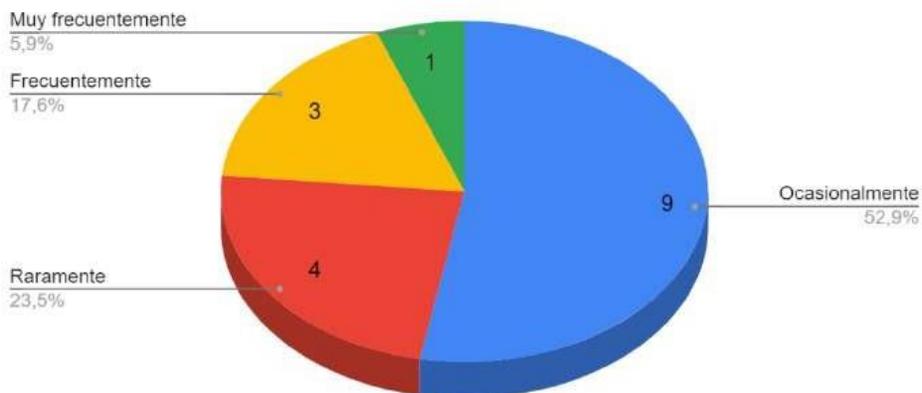


Figura 45. Respuesta del consumo de nuez por parte de los encuestados del estudio de mercado de una bebida vegetal.

Es muy importante conocer la disposición de los consumidores a probar productos nuevos e innovadores, por lo que un estudio de mercado es de gran ayuda, con esto se pueden

hacer algunos cambios y así obtener la respuesta positiva para el producto, en la figura 46 se observa la disposición para consumir una bebida vegetal con un 55% de los participantes en este estudio.

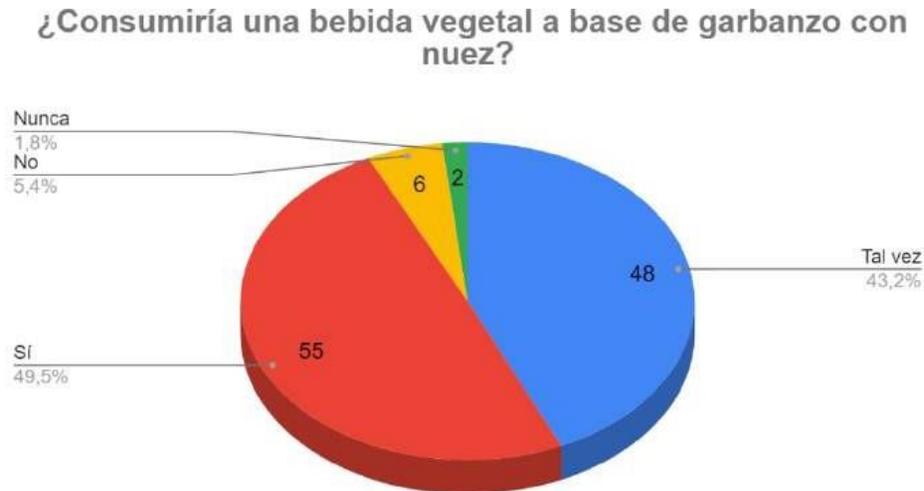


Figura 46. Probabilidad de consumo de los encuestados del estudio de mercado de una bebida vegetal.

Es importante conocer lo que al consumidor le llama la atención del producto, el motivo de consumo, por lo que en este caso encontramos en la figura 47 que son varias las características del producto las que influyen en el consumo, como son sus beneficios, el aporte nutricional y el sabor. El porcentaje más alto de estos resultados se enfoca a una mezcla de esas características positivas.

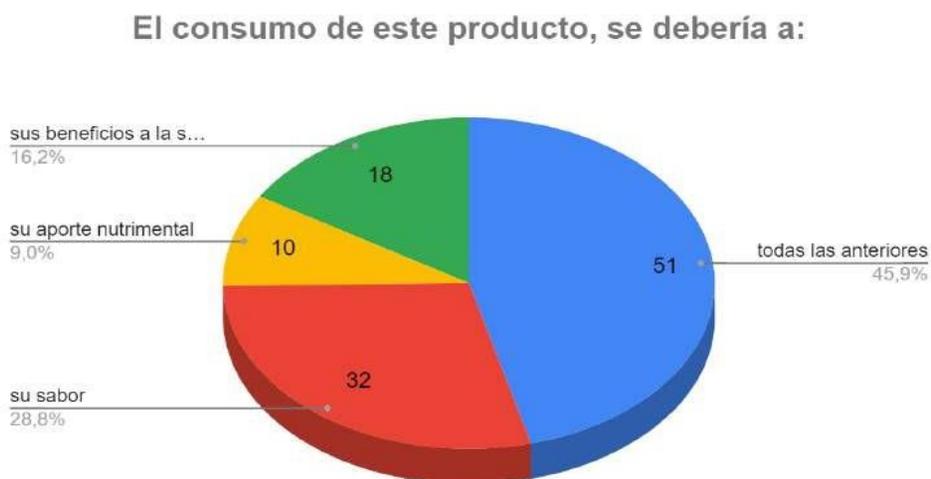


Figura 47. Causas de consumo de producto en estudio de mercado de una bebida vegetal.

Al comprar algún producto alimenticio en lo primero en lo que nos fijamos es en el color, olor, sabor y consistencia antes que, en el contenido nutricional, porque no todos leemos esta información en lo que consumimos, esto lo podemos comprobar observando la figura 48, siendo el % más alto el de los aspectos antes mencionados. Por último, se confirma que el precio es lo último en lo que nos fijamos como consumidores.



Figura 48. Aspectos más importantes que tomar en cuenta de parte de los encuestados respecto a la compra de una bebida vegetal.

Las bebidas vegetales al ser llamadas “leches vegetales” son inmediatamente relacionadas con productos con los que se consumen productos lácteos, por lo que en la figura 49 se observa cuáles son los productos favoritos para consumir junto con una bebida vegetal. Los porcentajes más altos son en licuado, sola y con cereal.

¿Con qué alimentos consumirías una bebida vegetal?

94 respuestas

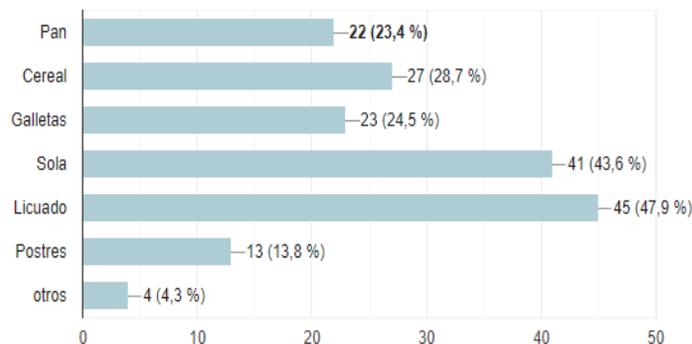


Figura 49. Principales formas de consumo de garbanzo por parte de los encuestados en el

estudio de mercado de una bebida vegetal.

Es fundamental que el producto se adecue a las necesidades del consumidor, una presentación adecuada puede ser parteaguas para grandes ventas. En la figura 50 se observa que la presentación favorita en este estudio de mercado es la de 500 ml, siendo la de 1L la de menos preferencia.

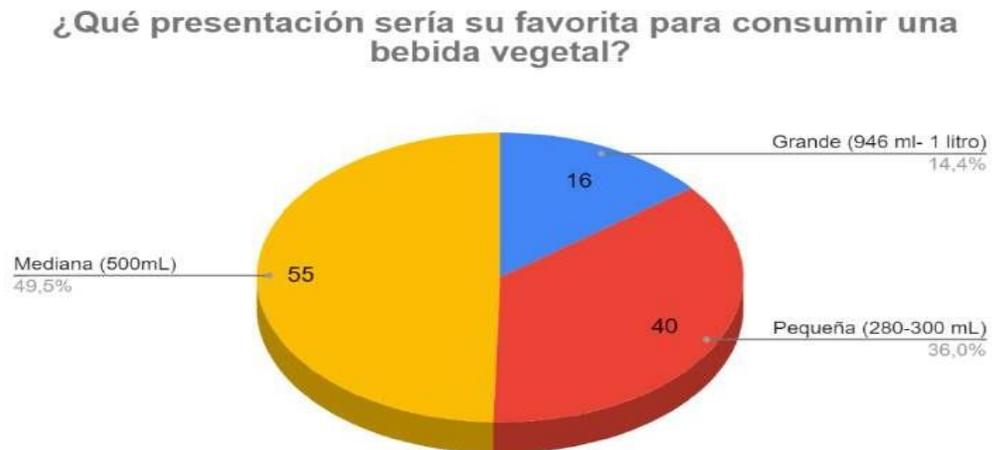


Figura 50. Representativo para presentación favorita en estudio de mercado de una bebida vegetal.

Otro de los aspectos importantes a la hora de comprar algún producto es el envase, las tendencias de hoy en día también protegen el medio ambiente, por lo que seleccionar un envase amigable con el planeta es algo fundamental, esto lo comprobamos con la figura 51 en donde se observa que el porcentaje más alto fue para el envase de vidrio, el cual podríamos retornar en el lugar de venta o reciclar; el PET queda en segundo lugar sin embargo se podría manejar el mismo proceso de retornable o manejar un tipo de PET que sea biodegradable.

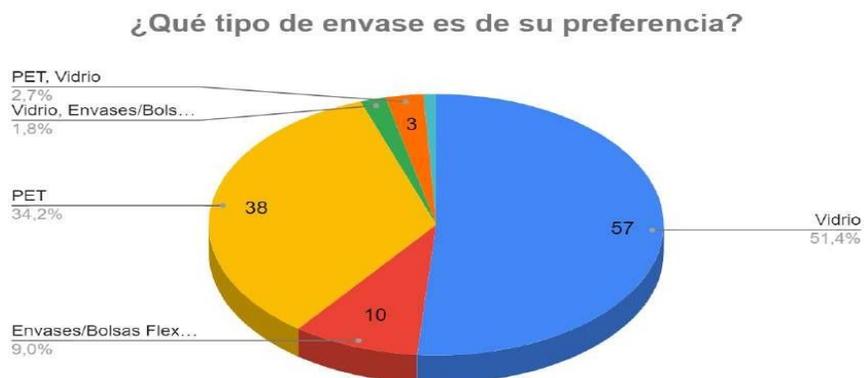


Figura 51. Preferencia de envase para una bebida vegetal de garbanzo, de acuerdo con

los encuestados en el estudio de mercado.

Es muy importante que los productos se vendan en lugares de fácil acceso, que no sean tan selectivos, pues así podrían estar al alcance de mayor población. En la figura 52 se observa que la población prefiere encontrar la bebida vegetal en una tienda de abarrotes, seguido del supermercado siendo lugares comunes en los que se suele hacer la despensa necesaria para la semana, mes, etc.

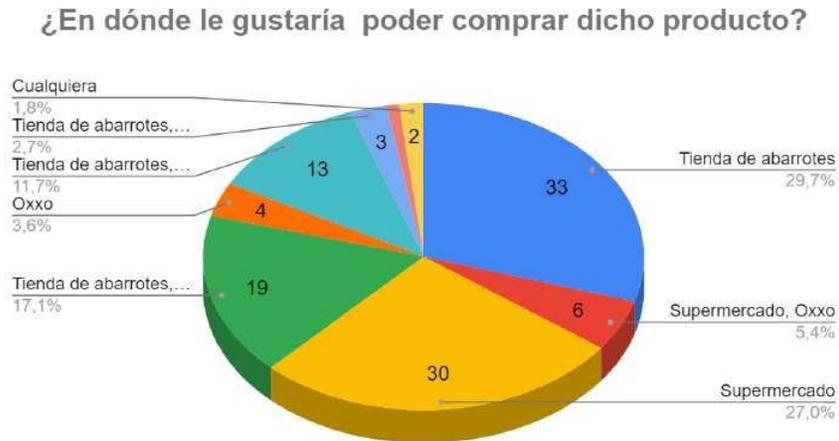


Figura 52. Respuesta del lugar preferido de compra de la bebida vegetal de garbanzo por parte de los encuestados del estudio de mercado.

Las bebidas vegetales dependen de la materia prima y estas elevan su costo según el costo de la materia prima, por lo general son productos accesibles, en la figura 53 se observa que la mayoría de la población está dispuesta pagar \$15 por una bebida de 230-300 ml, lo cual beneficiaría para que las ventas del producto sean exitosas.

¿Cuánto estaría dispuesto a pagar por una bebida vegetal (230-300 mL) con alto contenido nutricional a base de ga...

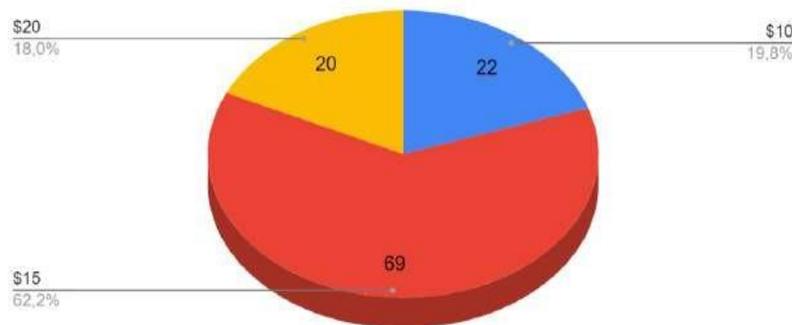


Figura 53. Representativo para \$ para una presentación pequeña en estudio de mercado de una bebida vegetal

Como se mencionaba anteriormente los productos dependen del costo de la materia prima, el garbanzo es una leguminosa de bajo costo por lo que el producto final no tendría un costo tan elevado, en la figura 54 se observa que la población está dispuesta a pagar \$30 por una bebida vegetal en su presentación de 1 litro.

¿Cuánto estaría dispuesto a pagar por una bebida vegetal (1 L) con alto contenido nutricional a base de garbanzo...

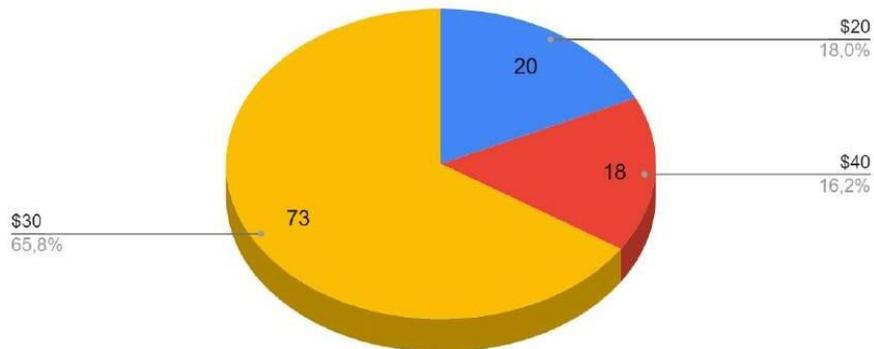


Figura 54. Representativo para \$ para una presentación de 1 L en estudio de mercado de una bebida vegetal.

De acuerdo con los resultados obtenidos en el estudio de mercado, la bebida vegetal de garbanzo es una opción viable para cubrir una proporción del mercado, puesto que es una alternativa a los productos ya existentes, considerando que el costo del grano es menor comparado con algunos otros como las almendras, nueces, etc. El elaborar una bebida vegetal de garbanzo traerá beneficios a la salud que es lo que la población también busca, aumentaría el consumo de esta leguminosa en México y por otro lado dentro de la población encuestada en general están dispuestos a consumir este producto.

5.1. SELECCIÓN DE CONDICIONES PARA LA ELABORACIÓN DE LA BEBIDA VEGETAL DE GARBANZO

5.1.1. PRUEBA DE REMOJO TRADICIONAL Y SELECCIÓN DE GARBANZO

Para iniciar con el desarrollo de la bebida vegetal fue necesario estandarizar el proceso realizando diferentes pruebas evaluar el efecto de las condiciones para el remojo tradicional en donde se propuso que el agua de remojo estuviera caliente a 50°C y a temperatura ambiente, así como mantener esa variación de condiciones para el agua de proceso en la elaboración de la bebida y así observar que cambios fisicoquímicos se presentaban. Las pruebas se realizaron utilizando 2 tipos de garbanzo: Costa 2004 y El Patrón. Los resultados

obtenidos se muestran en la figura 55.

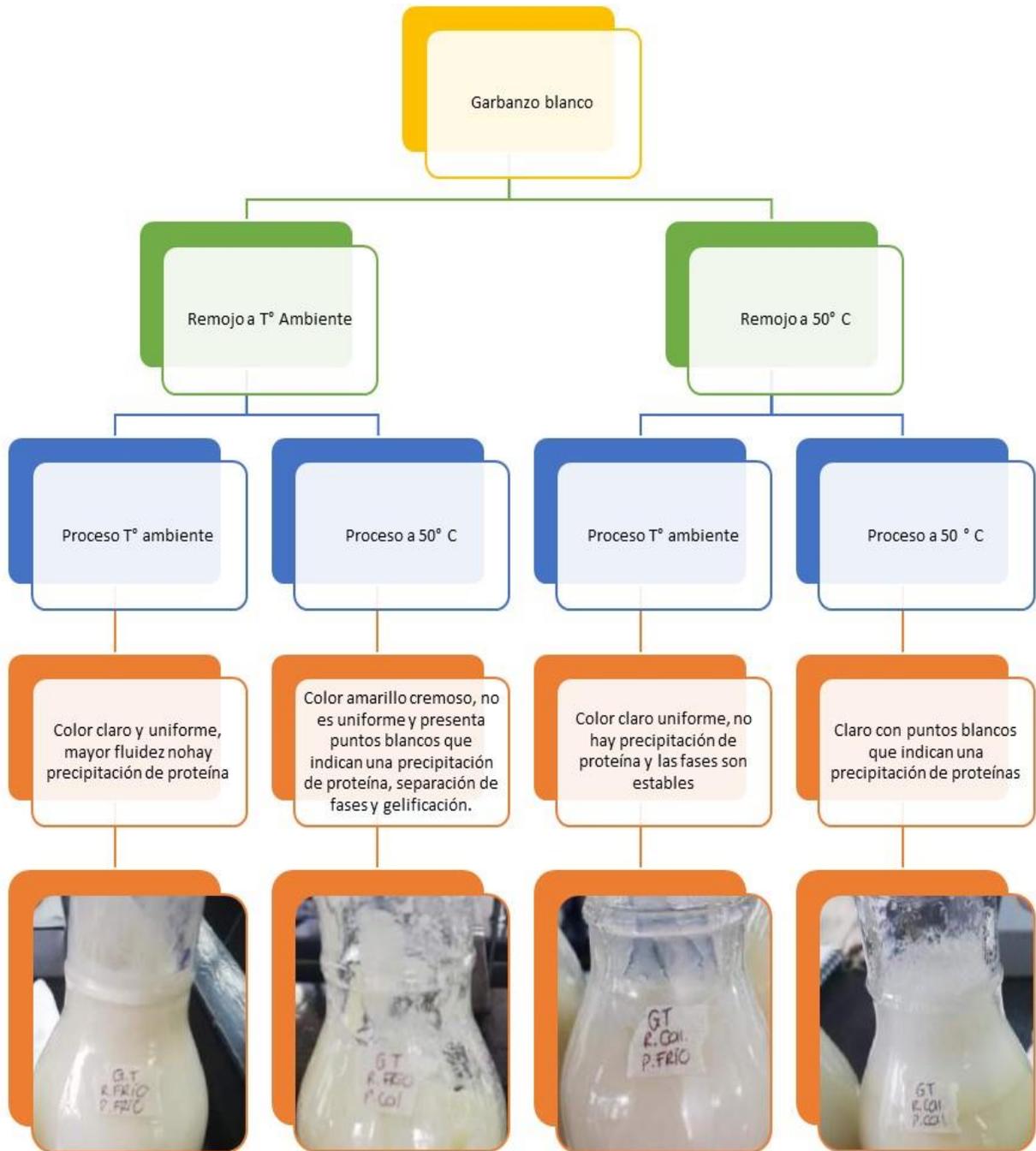


Figura 55. Evaluación visual del efecto en una bebida a base de garbanzo Costa 2004 (garbanzo blanco) de las diferentes condiciones de proceso en el remojo previo del grano.

Como se observa en la figura 56, el aumentar la temperatura durante el proceso favorece la precipitación de las proteínas del garbanzo, lo cual se traduce en una mala estabilización

de la bebida y una visible separación de fases, lo cual no concuerda con los productos similares a lo que se propone en este proyecto, mientras que elaborar la bebida a temperatura ambiente ayuda a una mejor homogenización y no se observan estos fenómenos.



Figura 56. Evaluación visual del efecto en una bebida a base de garbanzo El Patrón (garbanzo forrajero) de las diferentes condiciones de proceso en el remojo previo del grano.

En cuanto al efecto evaluado para la bebida elaborada con el garbanzo “El patrón”, se observó que en general el color de la bebida tiende a ser un poco más oscuro, comparado con la bebida elaborada con el garbanzo Costa 2004, por otra parte, presenta un comportamiento similar al observado, ya que hay una precipitación de proteínas y separación de fases al realizar el producto con temperatura de 50°C. Por otro lado, realizar el remojo del grano a temperatura ambiente o a 50° C no tiene impacto sobre las características físicas de la bebida con ninguna de las dos variedades evaluadas. El efecto de la temperatura sobre el remojo se observa en la eliminación de algunos compuestos no nutricionales, según Hernández, (1993) el remojo previo del frijol no tiene efecto sobre el inhibidor de tripsina, mientras que un tratamiento con agua a 80 °C durante 5-6 horas o 100 °C por 2 horas permitió una inactivación casi completa.

- **Evaluación de las propiedades fisicoquímicas de la bebida vegetal de garbanzo elaborada con dos variedades de grano**

Observados los cambios producidos por las condiciones de proceso se procedió a evaluar los parámetros fisicoquímicos de las bebidas para comparar si existe diferencia significativa entre las bebidas elaboradas con las dos variedades de garbanzo. Es importante mencionar que debido a la precipitación de proteínas acelerada utilizando el agua de proceso a 50°C, se decidió dejar constante el agua a T° ambiente. En la figura 57 se observan los valores de pH de la bebida elaborada a partir del garbanzo variedad ‘Costa 2004’ y El Patrón.

En el caso de la bebida de garbanzo elaborada con la variedad Costa 2004, se observó que hubo diferencia significativa ($p \leq 0.05$) en el pH obtenido de las dos condiciones de remojo, presentando un valor de pH menor de 6.5 con remojo a 50°C, esto puede ser debido a que cuando aumenta la temperatura, las moléculas tienden a separarse en sus elementos: hidrógeno y oxígeno. Al aumentar la proporción de moléculas descompuestas se produce más hidrógeno, lo cual por supuesto aumenta a su vez el potencial de hidrógeno pH (Hanna Instruments, 2014), en el caso de la bebida elaborada con el garbanzo variedad El Patrón la medida de pH no presentó diferencia significativa ($p \geq 0.05$), obteniendo valores de entre 6.8 y 6.9. Juárez et al., (2018) evaluaron los cambios de pH durante el almacenamiento de una bebida de almendra adicionada con *Lactobacillus brevis*, en donde observaron que durante los 21 días de almacenamiento el pH se mantuvo constante variando entre 6.2 al inicio del almacenamiento a 6.6 al final de este. Por lo anterior, el pH obtenido en el presente estudio es característico de las bebidas vegetales no fermentadas con lo que la bebida

vegetal de garbanzo está dentro de los mismos valores.

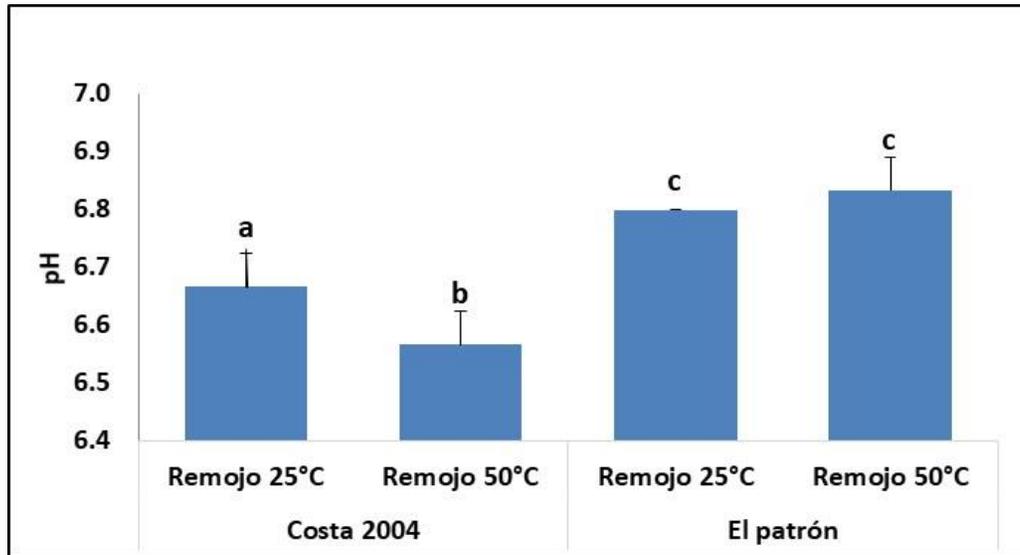


Figura 57. Efecto de las temperaturas de remojo y proceso de molienda en el pH de la bebida elaborada a base del garbanzo variedad 'Costa 2004' y forrajero.

En la figura 58 se presentan los resultados correspondientes a la evaluación de ° Brix de la bebida vegetal de garbanzo elaboradas con diferentes condiciones de remojo y variedad de grano. Al remojar los granos de garbanzo a 50°C se observa disminución de los sólidos solubles presentes en la bebida. En el caso de la bebida elaborada con el garbanzo Costa 2004 presento 25% menos °Brix la bebida con remojo a 50°C, mientras que la bebida obtenida con el remojo a temperatura ambiente presento alrededor de 3.5 °Brix, mientras que en el caso de la bebida elaborada con el garbanzo variedad El Patrón, presentó un comportamiento similar, en donde la bebida elaborada con un remojo a 50° C presento 30% menos solidos solubles comparado con la bebida elaborada con remojo a temperatura ambiente, presentando diferencia significativa ($p \geq 0.05$) en ambos casos, sin embargo, el grano de garbanzo presenta carbohidratos dentro de su composición, lo que puede estar relacionado con el efecto observado. Siendo más probable que al aumentar la temperatura del medio en el remojo, los sólidos solubles presentes en el grano se disuelvan en mayor medida.

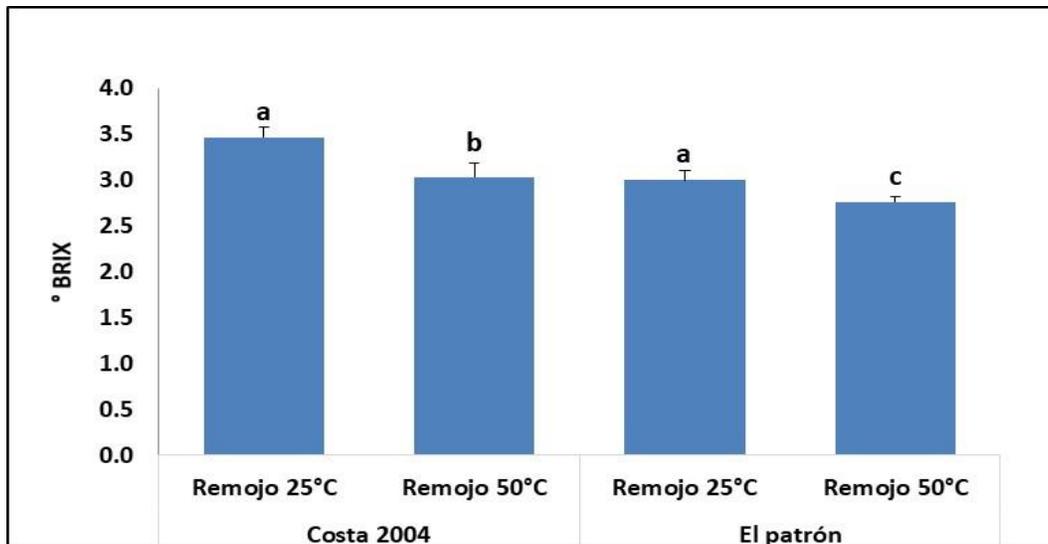


Figura 58. Efecto de las temperaturas de remojo y proceso de molienda en los sólidos solubles de la bebida elaborada a base del garbanzo variedad ‘Costa 2004’ y forrajero.

En la figura 59 se representan los resultados de % de acidez para las diferentes condiciones de proceso y remojo en los distintos tipos de garbanzo. Se puede observar que al incrementar la temperatura de remojo hay un incremento de acidez en las muestras, siendo aproximadamente 0.13% mayor en el remojo a 50°C, presentando diferencia significativa ($p \geq 0.05$) una tendencia mayor para condiciones de remojo a 50°C para ambos tipos de garbanzo y en cuanto al remojo a temperatura ambiente la acidez tiende a ser menor 0.13% aproximadamente considerando los valores más altos. Es importante mencionar que para todas las muestras existen diferencias significativas, ya que ninguna tiene resultados parecidos entre sí, también es importante mencionar que el % de acidez se mantiene en 0.1-0.35% por lo que se considera que todas las muestras no son ácidas. (Juárez *et al.*, 2018) mencionan que la acidez, al igual que el pH se mantuvo estable para una bebida vegetal de almendra, con un porcentaje de acidez de 0.2 después del día 3 de almacenamiento a 4 °C, con lo que confirmamos que nuestros valores son característicos de las bebidas vegetales.

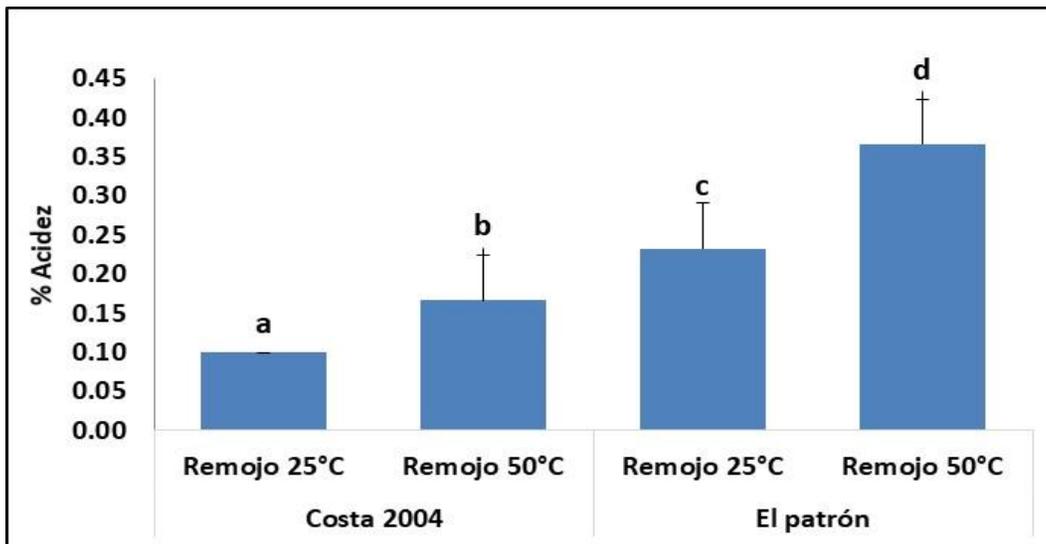


Figura 59. Efecto de las temperaturas de remojo y proceso de molienda en la acidez de la bebida elaborada a base del garbanzo variedad 'Costa 2004' y forrajero.

En cuanto al color de las muestras en la tabla 18 se observan los valores obtenidos, encontramos que el garbanzo tradicional tiene valores más altos en cuanto a b^* lo cual indica una tendencia hacia los amarillos, de L^* lo cual indica una mayor luminosidad y claridad en el color, esto quiere decir que nuestra muestra tiende mayormente al blanco y el Croma, lo cual indica la cantidad de pureza o saturación del color. Para los valores de Hue, se observan valores negativos, lo cual indica una ligera tendencia a colores azul verdosos, al ser valores muy pequeños no existen esas tonalidades reflejadas en la bebida, se podría observar si los valores fueran más grandes.

Por lo que las muestras con garbanzo forrajero resultan ser más oscuras con tendencia al color café.

Tabla 16. Efecto de las temperaturas de remojo y proceso de molienda en los parámetros de color de la bebida elaborada a base del garbanzo variedad 'Costa 2004' y El patrón.

PROMEDIO	Garbanzo Costa 2004 Remojo 50°C/ Proceso T. Ambiente	Garbanzo Costa 2004 Remojo T.Ambiente/ Proceso T. Ambiente	Garbanzo El Patrón Remojo 50°C/ Proceso T. Ambiente	Garbanzo El Patrón Remojo T.Ambiente/ Proceso T. Ambiente
L*	71.685	67.136	61.564	61.736
Hue	-0.284	0.496	-0.021	-0.272
Croma	7.491	7.691	3.944	3.249

Dilución $<10^{-1}$ = Menor a 0,1

5.1.2. IRRADIACIÓN UV APLICADO A LOS GARBANZOS ANTES DEL PROCESO DE REMOJO Y ESTANDARIZACIÓN DE PROCESO

En la figura 60 se observa el proceso global de la elaboración de la bebida vegetal de garbanzo, en donde se dio una fermentación en el remojo, con lo cual se toman acciones para evitar la fermentación.



Figura 60. Proceso global de elaboración de la bebida vegetal

Una vez seleccionado el garbanzo “Costa 2004” y con las condiciones de remojo establecidas, se comenzó con la estandarización del proceso, en esa etapa existieron cambios debido a la presencia de una fermentación durante el remojo, por lo cual se realizaron diferentes pruebas para localizar la fuente de contaminación (Figura 61).



Figura 61. Fermentación presentada en el remojo de garbanzo durante 24 horas.

El proceso para detectar y dar solución a la fuente de contaminación que causó la fermentación se puede observar en la figura 62.

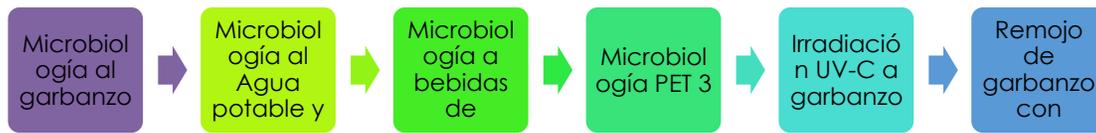


Figura 62. Proceso para detectar y dar solución al problema de fermentación

Una vez realizadas las pruebas los resultados obtenidos para cada una fueron las siguientes

Tabla 17. Análisis microbiológico general de materia prima y producto terminado.

M.O	GARBANZO	GARBANZO RADIAL	AGUA POTABLE	AGUA DE GARRAFÓN	BEBIDA DE GARBANZO	GARBANZO PET 3	GARBANZO IRRADIADO
COLIFORMES TOTALES	<10 ⁻¹	<10 ⁻¹	<10 ⁻¹				
BACTERIAS AEROBIAS	36 UFC	3 UFC	25 UFC	10 UFC	INCONTABLE	<10 ⁻¹	<10 ⁻¹
MOHOS Y LEVADURAS	27 UFC	2 UFC	2 UFC	3 UFC	INCONTABLE	2 UFC	<10 ⁻¹

*DILUCIÓN = <10⁻¹ =0.1

Como se observa en el análisis microbiológico presenta carga microbiana el agua potable, agua de garrafón, mientras que el grano de garbanzo presentó una cantidad importante de mesófilos mohos y levaduras, estos son los microorganismos que pudieron causar la fermentación de la bebida, la cual en la tabla presenta resultados incontables.

Es importante mencionar que se encontraron 3 diferentes tipos de microorganismos, se considera diferente debido a la forma de la que se desarrolló el crecimiento, los cuales se desarrollaron tanto en Agar Papa Dextrosa, Agar Nutritivo y Rojo Bilis Violeta, para lo cual se realizaron diferentes pruebas para identificar a que temperatura de pasteurización los microorganismos presentes en la bebida se eliminaban, para lo cual se realizó una escala de McFarland, la cual ayudó a mantener la misma concentración de microorganismos en cada prueba. Las pruebas se realizaron con los microorganismos previamente aislados (Figura 63).

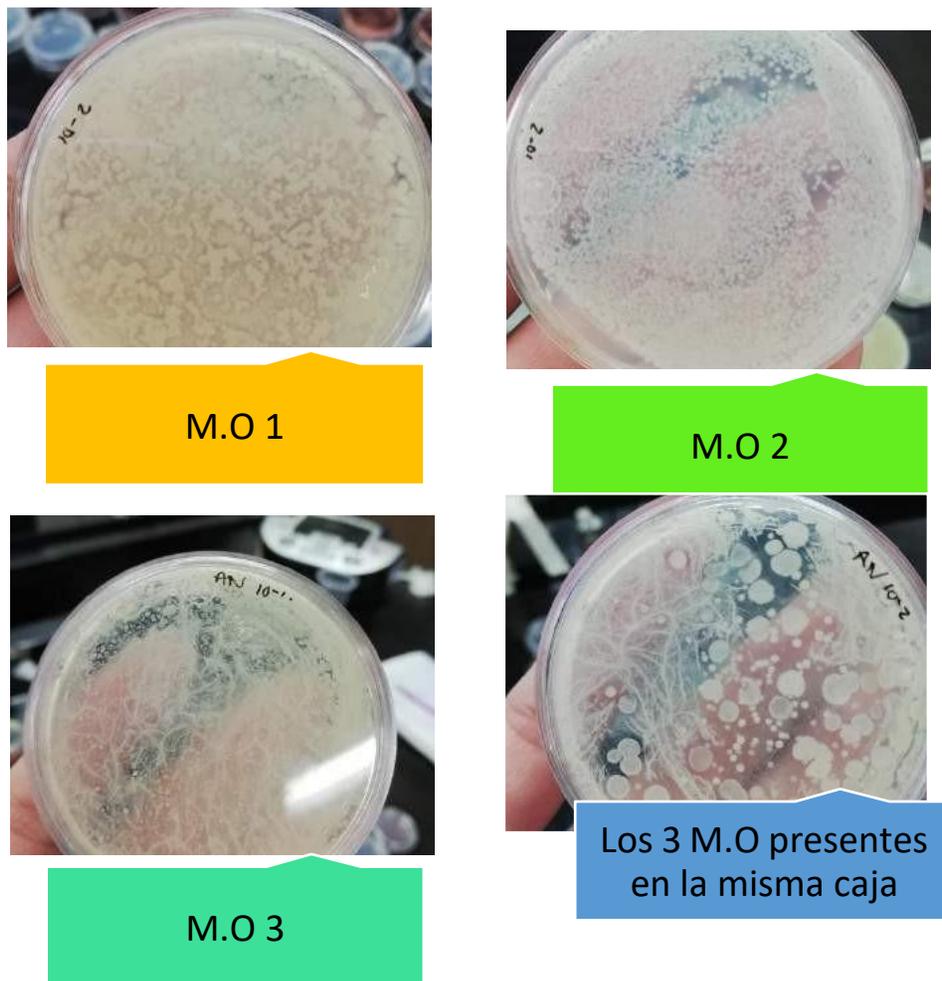


Figura 63. Microorganismos con diferente morfología de crecimiento contaminantes en el garbanzo

En la tabla 18 se muestra la escala de McFarland utilizada y elaborada en laboratorio para las pruebas (Figura 64).

Tabla 18. Escala de McFarland

ESTÁNDAR	H ₂ SO ₄ (1%)	BaCl ₂ (1.175%)	# de Bacterias /ml
0.5	9.95	0.05	1.5x10³
1	9.9	0.1	3x10³
2	9.8	0.2	6x10³
3	9.7	0.3	9x10³



Figura 64. Escala de McFarland

Una vez preparadas las muestras se realizaron las siguientes pruebas:

Tabla 19. Pruebas de temperatura y tiempo para la eliminación de microorganismos presentes en garbanzo.

PRUEBA 1		PRUEBA 2	
TEMPERATURA	TIEMPO	TEMPERATURA	TIEMPO
60° C	5 minutos	90° C	5 min
90° C			10 min
			15 min

Los resultados obtenidos para cada bacteria en las diferentes pruebas fueron las siguientes. El inóculo sembrado corresponde a la bacteria 1, 2 y 3, respectivamente (Figura 65).

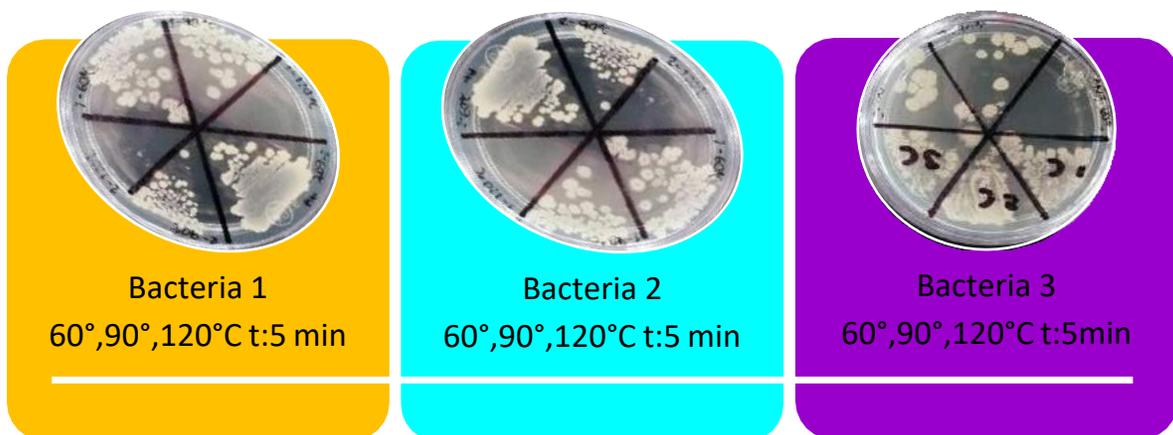


Figura 65. Resultados de prueba de temperatura para bacteria 1, 2 y 3 presentes en garbanzo.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la figura 66 se observa que para los 3 diferentes microorganismos la temperatura la que mueren es a 120°C en un tiempo de 5 minutos. Es importante mencionar que a 90°C si se observa una disminución en cuanto a las UFC, sin embargo, no es temperatura suficiente para eliminarlas.



Figura 66. Resultados de prueba de tiempo (5, 10 y 15 min) a 90°C para bacteria 1,2 y 3 presentes en garbanzo.

En la prueba de temperatura se mantuvo una temperatura constante de 90°C variando el tiempo a 5, 10, 15 minutos, en la figura anterior se observa que para el microorganismo 1, 10 minutos son suficientes para eliminarlo.

Para solucionar el problema se decidió irradiar el garbanzo por UV-C antes de utilizarlo durante 30 min, lo cual en resultados de la tabla 20 se observa que se logró reducir o controlar la carga microbiana, posteriormente se realizó un remojo con ultrasonido a 50°C durante 60 min, lo cual aparte de disminuir la poca carga microbiana que pudo quedar después de la irradiación disminuyó el tiempo de remojo (Figura 67).



Figura 67. Irradiación y remojo de garbanzo

5.2. SELECCIÓN DE LA MEJOR FORMULACIÓN DE LA BEBIDA VEGETAL

Una vez resueltos los problemas con el remojo del garbanzo, se pudo realizar la elaboración de la bebida vegetal con las formulaciones propuestas utilizando frutos secos y saborizante de nuez, se realizaron pruebas fisicoquímicas y 2 evaluaciones sensoriales para determinar la mejor formulación y realizar el proceso de pasteurización por ultrasonido.

■ Pruebas fisicoquímicas Nuez y Almendra 1 y 2%

En la figura 68 se observan los resultados del porcentaje de acidez en una comparación de 2 diferentes frutos secos a diferentes concentraciones en la bebida vegetal. Para ambos frutos secos (nuez y almendra) a concentración del 1% no existe diferencia significativa, sin embargo, para las concentraciones de 2% resultan valores más elevados en comparación con la concentración del 1%, sin embargo, los valores permanecen en cero debido a que son frutos alcalinos. Tomando en cuenta la acidez de los garbanzos se registraron resultados de acidez y sólidos solubles, los garbanzos presentan valores de acidez de 0.107 a 0.18% de ácido málico, por lo que se mantiene el rango de acidez del garbanzo propio, sin verse modificado por agregar fruto seco (Rangel, 2017). Para una bebida vegetal de almendra (Juárez *et al.*, 2018) reporta un porcentaje de acidez de 0.2 después del día 3 de almacenamiento a 4 °C y compara con el porcentaje de acidez de una bebida vegetal a base de soya con resultados de 0.4- 0.9, se confirma que los valores de acidez obtenidos se encuentran en el intervalo de este tipo de productos.

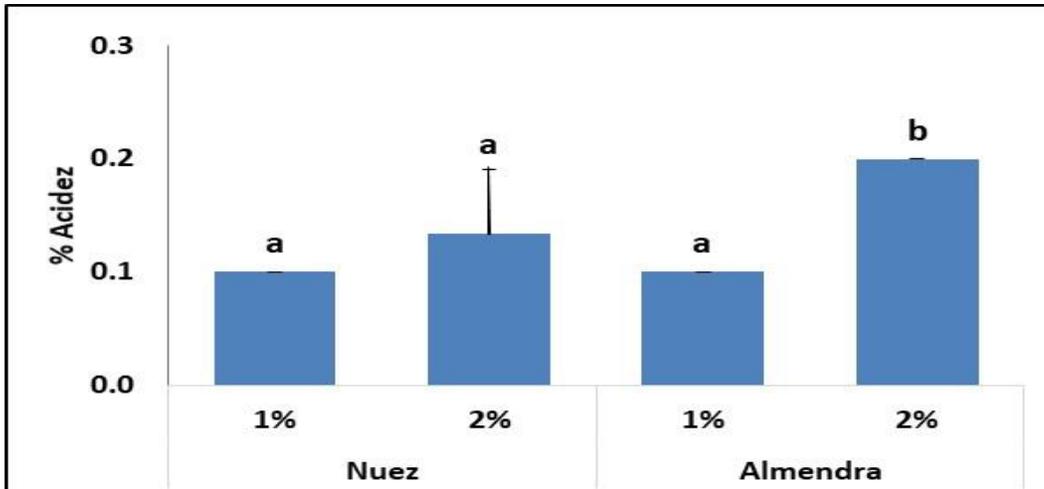


Figura 68. Porcentaje de Acidez de la bebida elaborada a base del garbanzo sabor nuez y almendra a diferentes porcentajes.

En la figura 69 se observa los resultados obtenidos para pH de diferentes concentraciones de 2 diferentes frutos secos, en donde se observa que en ninguno de los casos se presenta diferencia significativa ($p \geq 0.05$), en general todas las muestras mantienen el pH entre 4.5 y 5.0 en la escala de pH. El valor de pH del garbanzo es de 6, lo que indica que al formular la bebida hay una ligera disminución en este parámetro, como se mencionaba anteriormente pudo ser debido al incremento de temperatura en el remojo y/o en la pasteurización.



Figura 69. Evaluación de pH de la bebida elaborada a base de garbanzo sabor nuez y almendra con diferentes porcentajes.

En la figura 70 se observan los resultados obtenidos de °Brix para las diferentes concentraciones de los 2 tipos de frutos secos en donde se observa que no hay diferencia

significativa ($p \geq 0.05$) entre la variación de concentración en cuanto a la nuez, mientras que para bebida adicionada con almendra existe diferencia en los °Brix, den donde la bebida adicionada con 2% de almendra presento menor cantidad de sólidos solubles, con alrededor de 4.5, mientras que la bebida de garbanzo adicionada con almendra al 1% presento alrededor de 5.0 °Brix.

En cuanto a la bebida de almendra al 1% presenta similitud con la bebida de nuez al 1%, lo cual entendemos como una relación proporcional entre el contenido de fruto seco y los °Brix. (González, 2016) encontró en su estudio de bebida de almendras resultados de sólidos solubles similares a los de Dhakal (2013) con quien compara, los resultados están entre 4.8 +/- 0.42, comparado con los resultados obtenidos en este estudio los °Brix son semejantes a los de la bebida vegetal de almendras.

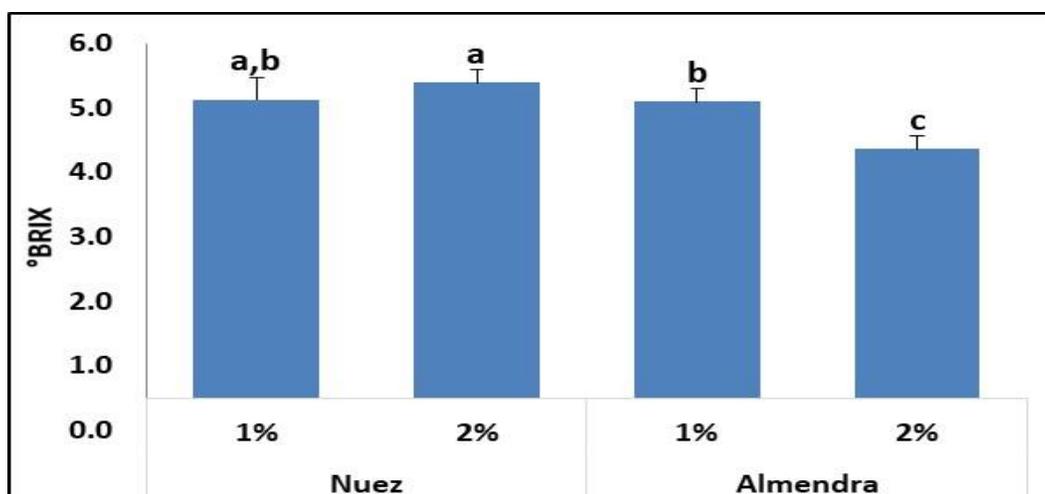


Figura 70. Contenido de sólidos solubles de la bebida elaborada a base del garbanzo sabor nuez y almendra a diferentes porcentajes.

En cuanto al color se observa en la tabla 20 que a mayor concentración del fruto seco hay un aumento en la coloración de las bebidas, se puede ver representado por el aumento de los valores de Croma que es la saturación o pureza del color. Los valores de L* indican que existe una tendencia hacia los blancos, b* que existe una tendencia hacia el color amarillo, H que representa el tono nos muestra que los tonos son colores claros, por lo que observamos la tendencia de la bebida de nuez a una coloración café claro y la de almendras a una coloración color beige.

Tabla 20. Parámetros de color de la bebida elaborada a base del garbanzo sabor nuez y almendra a diferentes porcentajes.

PROMEDIO	NUEZ 1%	NUEZ 2%	ALMENDRA 1%	ALMENDRA 2%
L*	62.880	66.025	65.263	66.742
H	1.111	1.091	-1.513	1.433
C	11.544	29.558	8.249	13.110

■ **EVALUACIÓN SENSORIAL DE LA BEBIDA VEGETAL DE GARBANZO SABORIZADA CON NUEZ Y ALMENDRA**

La evaluación sensorial se realizó a 20 panelistas no entrenados de la FESC-1, para bebidas de nuez y almendra (naturales) al 1% y 2% cada una.

En la figura 71 se observan los resultados en cuanto al olor de las muestras de frutos secos a diferentes concentraciones, no existe diferencia significativa ($p \geq 0.05$) en el olor presentado entre las bebidas vegetales de garbanzo adicionadas con los frutos secos. La muestra mejor evaluada fue la de almendra al 2% seguida de la de nuez al 2%, pues a mayor cantidad de fruto seco presentaba una mayor intensidad en el olor.

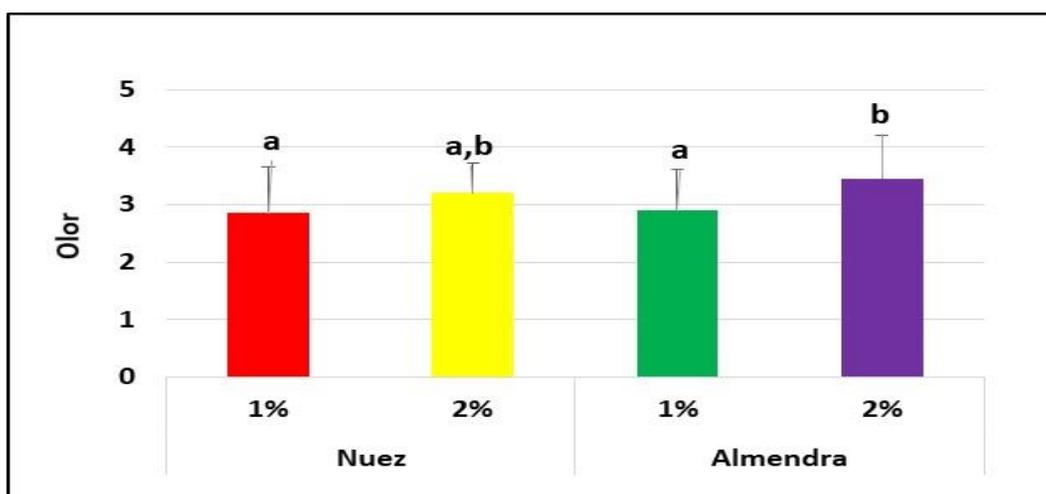


Figura 71. Atributo de olor de la bebida elaborada a base del garbanzo sabor nuez y almendra a diferentes porcentajes.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la figura 72 se observan los resultados en cuanto al color de las muestras, observando que los panelistas detectaron diferencia significativa ($p \leq 0.05$) en el color para la bebida adicionada con nuez a diferentes concentraciones, mientras que en el caso de la bebida adicionada con almendra los panelistas calificaron las muestras entre 3 y 3.5 lo cual es “ni me gusta ni me disgusta” para las bebidas con almendra al 1 y 2%. Siendo la bebida de garbanzo mejor calificada la adicionada con nuez al 2% con una calificación de 4 “me gusta moderadamente”, seguida de la de nuez al 1% calificada con 3 “ni me gusta ni me disgusta” y por último la bebida adicionada con almendra al 2%. Algunos panelistas comentaron que la bebida de nuez al 2% tenía un color natural y homogéneo con lo que se antojaba probarla.

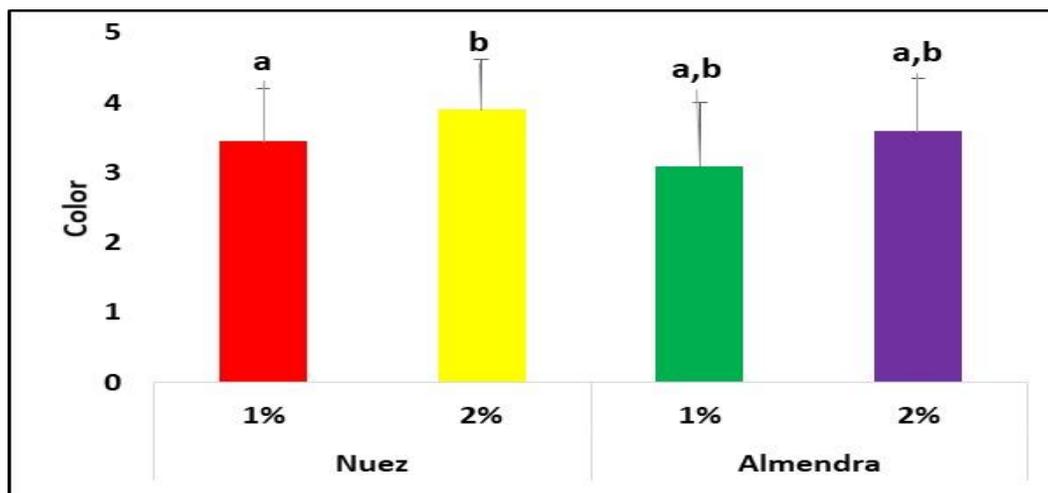


Figura 72. Atributo de color de la bebida elaborada a base del garbanzo sabor nuez y almendra a diferentes porcentajes.

En la figura 73 se representan los resultados obtenidos para el sabor de las bebidas de garbanzo adicionada con las dos semillas propuestas, en donde se observa que no hubo diferencia significativa ($p \geq 0.05$) en las bebidas de garbanzo con nuez y almendra al 1%, con una calificación de 3 “ni me gusta ni me disgusta”, mientras que la bebida de nuez al 2% fue la que obtuvo la calificación más alta que fue 4 “Me gusta moderadamente”.

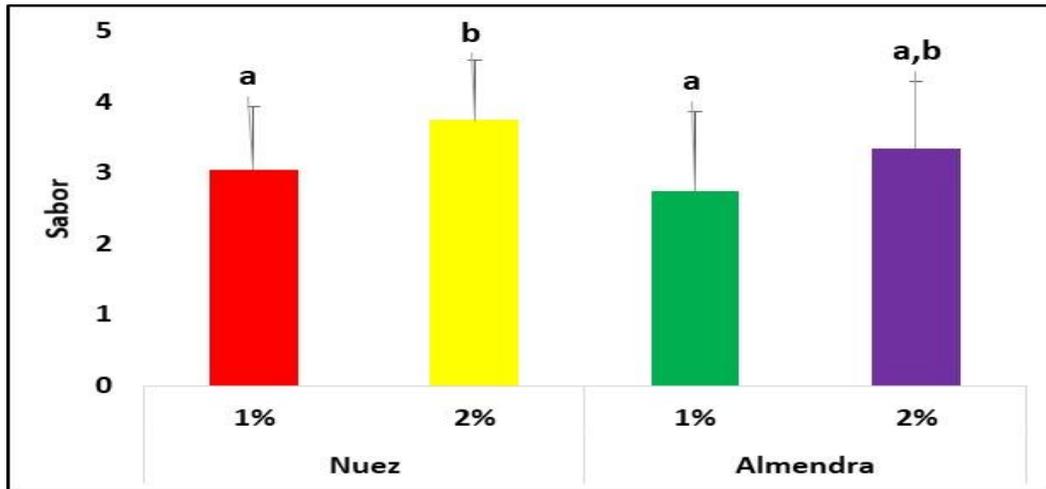


Figura 73. Atributo de sabor de la bebida elaborada a base de garbanzo sabor nuez y almendra a diferentes porcentajes

En el gráfico 74 en donde se observó que la bebida de garbanzo adicionada con el 2% de nuez fue la que obtuvo la calificación más alta 3.5 que esta entre “ni me gusta ni me disgusta” y “me gusta moderadamente”, seguida, cabe destacar que la muestra presenta diferencia significativa ($p \leq 0.05$) con respecto a la bebida elaborada con almendra al 1%. La cual obtuvo una calificación de 3 “ni me gusta ni me disgusta”.

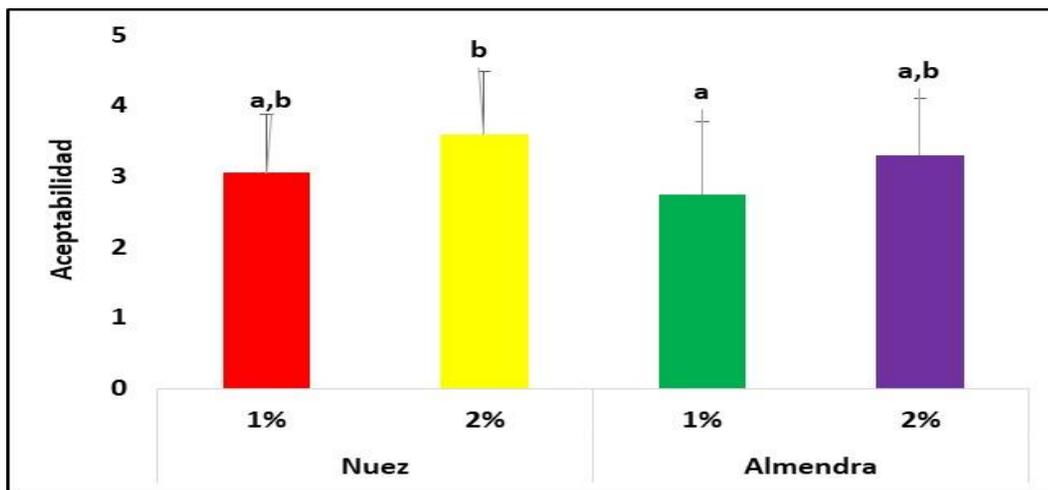


Figura 74. Aceptabilidad de la bebida elaborada a base del garbanzo sabor nuez y almendra a diferentes porcentajes.

De esta evaluación sensorial se seleccionó la bebida de nuez al 2% debido a que fue la mejor evaluada, para la segunda evaluación sensorial en donde se realizó con la bebida de garbanzo, con la finalidad de probar la aceptabilidad de la bebida de garbanzo sola.

5.3. EVALUACIÓN SENSORIAL DE LA BEBIDA VEGETAL DE GARBANZO NATURAL Y SABORIZADA

Una segunda evaluación sensorial se realizó a 87 panelistas no entrenados del CCH Vallejo para bebidas de nuez 2% y garbanzo 5%, obteniendo los siguientes resultados:

En la figura 75 se observan los resultados obtenidos de la bebida de garbanzo natural con la bebida de garbanzo adicionada con nuez al 2%, en donde se observa que en el parámetro de olor, los panelistas detectaron diferencia significativa ($p \leq 0.05$), en donde la bebida de nuez fue calificada con 4 correspondiente a “me gusta moderadamente”, mientras que la bebida de garbanzo natural se calificó con 3 “ni me gusta ni me disgusta”, implicando que la presencia de la nuez mejora este parámetro haciéndolo más atractivo para los posibles consumidores.

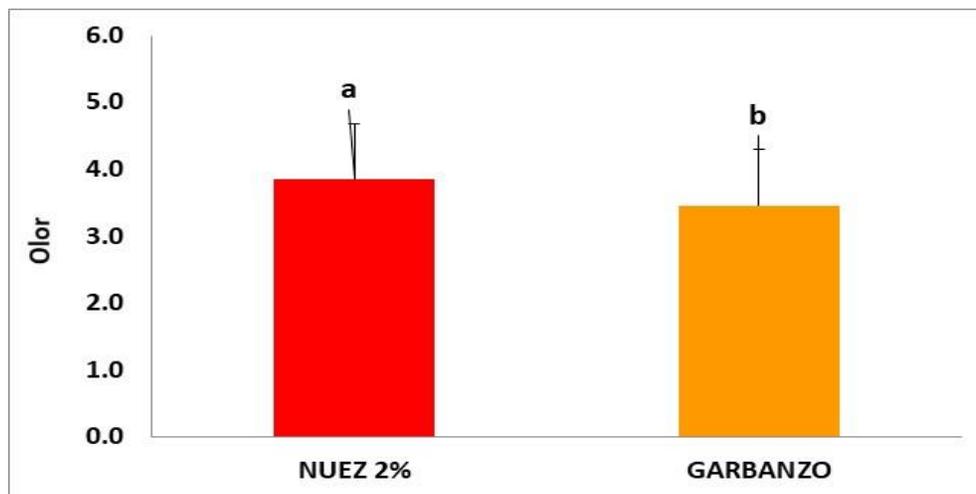


Figura 75. Resultados de olor en la evaluación sensorial de muestras de bebidas de garbanzo y garbanzo+ nuez (5% y 2%)

En la figura 76 se muestran los resultados obtenidos de la evaluación sensorial en el parámetro de color, en donde se encontró que hay diferencia significativa ($p \leq 0.05$) en el color de ambas muestras, teniendo una calificación de 4 “me gusta moderadamente” en la bebida de garbanzo adicionada con nuez al 2%, mientras que la bebida de garbanzo natural fue calificada con 3.5 “ni me gusta ni me disgusta”. Indicando que para los panelistas el

color proporcionado por la adición de la nuez es visualmente más atractiva.

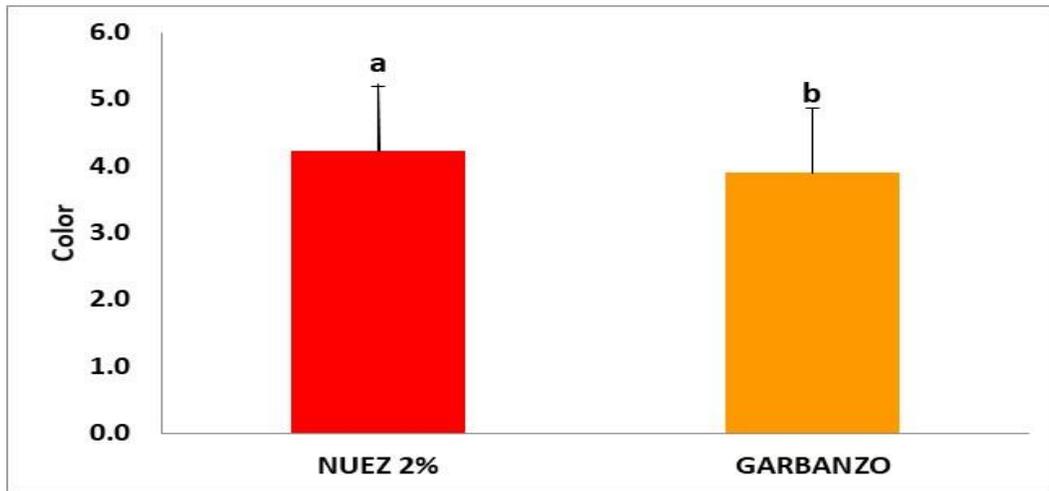


Figura 76. Resultados de color en la evaluación sensorial de muestras de bebidas de garbanzo y garbanzo+ nuez (5% y 2%)

Para la evaluación de sabor en la figura 77 se observa que los panelistas encontraron diferencia entre la bebida de garbanzo natural y la adicionada con nuez al 2%, en donde esta última obtuvo una calificación de 4 “me gusta moderadamente”, comparado con la calificación de 3 obtenida por la bebida de garbanzo natural “ni me gusta ni me disgusta”. Lo cual indica que los panelistas percibieron el sabor de nuez dentro de la bebida y que esto fue agradable al paladar.

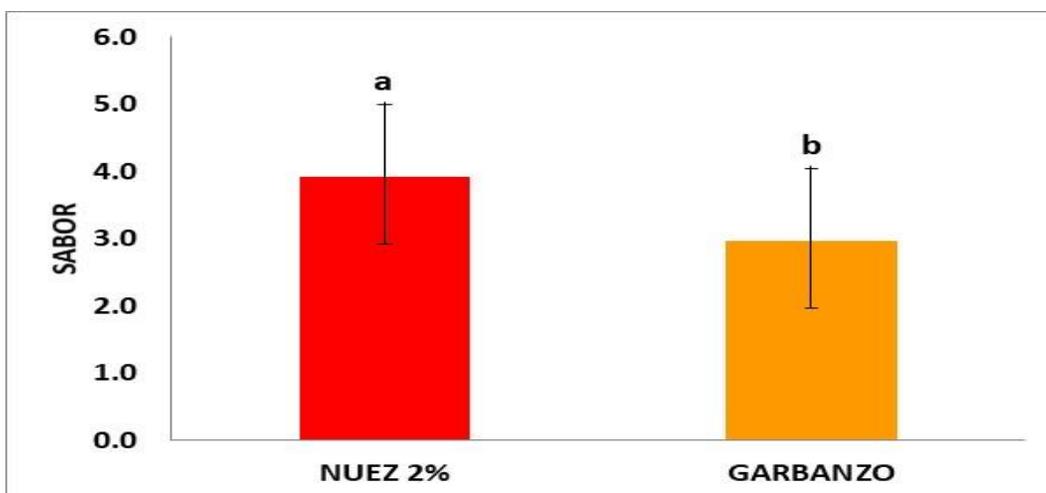


Figura 77. Resultados de sabor en la evaluación sensorial de muestras de bebidas de garbanzo y garbanzo+ nuez (5% y 2%)

En cuanto a los resultados de aceptabilidad en la figura 78, se observó que la bebida de garbanzo adicionada con nuez fue la que presentó una mayor aceptabilidad obteniendo una calificación de 4 “me gusta moderadamente” presentando diferencia significativa ($p \leq 0.05$) en la aceptabilidad comparada con la bebida de garbanzo natural, la cual obtuvo una calificación de 3 “ni me gusta ni me disgusta”.

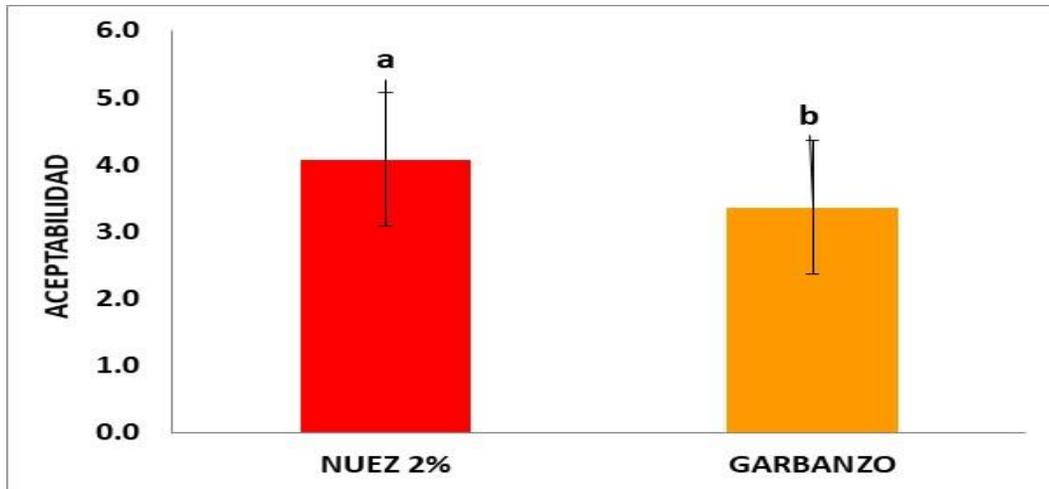


Figura 78. Resultados de aceptabilidad en la evaluación sensorial de muestras de bebidas de garbanzo y garbanzo+ nuez (5% y 2%)

En función a los resultados obtenidos de la evaluación sensorial es mejor calificada la bebida de garbanzo adicionada con nuez, comparado a la bebida natural, que a pesar de no ser un producto que genere disgusto a los panelistas solo alcanzó una calificación de 3 “ni me gusta ni me disgusta”. Sin embargo, es importante señalar que la presencia de nuez dentro de la formulación es un factor de riesgo en el desarrollo del producto, esto ya que se sabe que la nuez es una posible fuente de aflatoxinas, además de ser un alimento alergeno para ciertos miembros de la población, por lo que se decidió hacer una propuesta con saborizante de este sabor, con lo que se podría disminuir estos riesgos.

5.4. SELECCIÓN DE LA FORMULACIÓN CON MAYOR ACEPTABILIDAD SABORIZANTE DE NUEZ vs NUEZ NATURAL

■ Pruebas fisicoquímicas

En la figura 79 se observan los resultados obtenidos para °Brix de la bebida vegetal sabor

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

nuez (saborizante) y con nuez natural, siendo la bebida con nuez natural la que presenta más sólidos solubles, debido a que la nuez natural proporcionó partículas que no fueron desintegradas completamente, a comparación de la de saborizante de nuez que no confiere sensorialmente sólidos, por lo que existen diferencias significativas ($p \leq 0.05$) para esta prueba, los resultados los encontramos entre 4 y 6 °Brix.

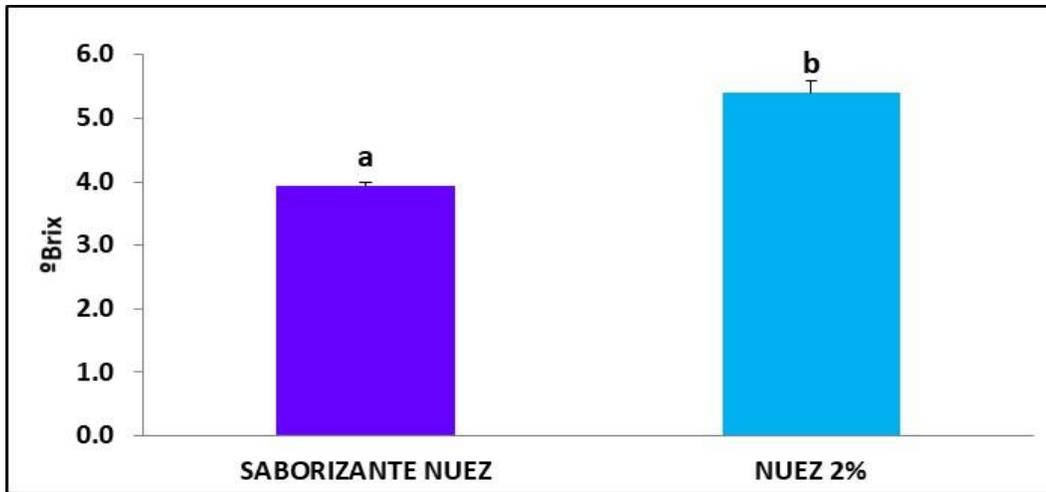


Figura 79. Evaluación de los °Brix de la bebida vegetal saborizante de nuez y la bebida con nuez natural

Para el color tenemos grandes diferencias significativas ($p \leq 0.05$) debido a que la nuez natural al 2% si proporciona una tonalidad café a la bebida a diferencia del saborizante que no confiere algún color; esto podemos observar en la tabla 24 en Croma que es la cantidad de pureza o saturación de color, L^* que mientras más alto el valor mayor cercanía a la tonalidad blanca, b^* la cual positivamente presenta tonalidad amarilla y a^* positivamente tonalidades rojas, estos últimos 3 datos se pueden ver englobados en °Hue (Tabla 21).

Tabla 21. Resultados obtenidos de color

PROMEDIO	SABORIZANTE NUEZ	NUEZ 2%
L^*	80.789	66.025
°Hue	1.477	1.091
Croma	1.825	29.558

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la figura 80 se observan los resultados para el porcentaje de acidez en los que los resultados permanecen en 0%, sin embargo, para nuez al 2% los resultados son más altos 0.04 más a comparación de la muestra con saborizante de nuez, pero no existen diferencias significativas ($p \geq 0.05$).

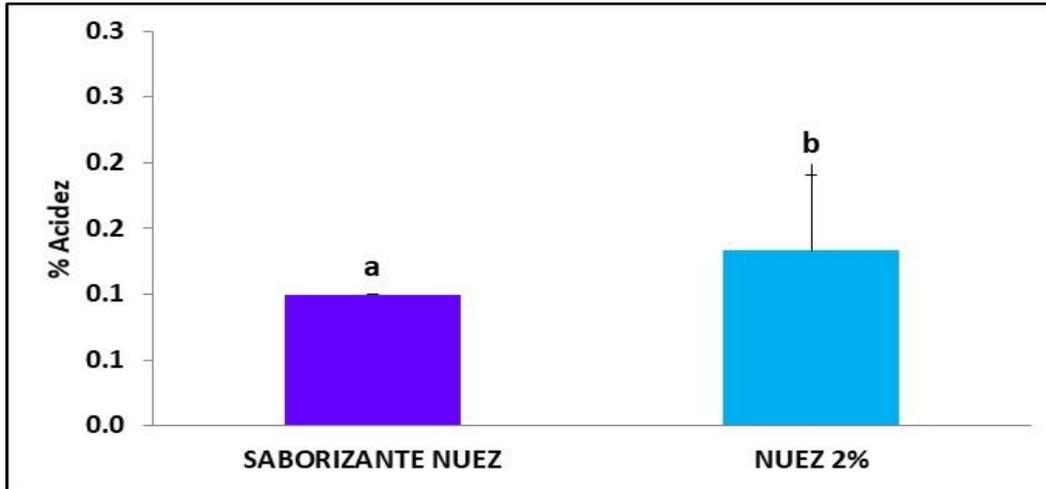


Figura 80. Evaluación del % Acidez de la bebida vegetal saborizante de nuez y la bebida con nuez natural.

En la figura 81 se observan los resultados de pH de las muestras con saborizante de nuez y nuez al 2%, la bebida vegetal con saborizante presenta un mayor pH, casi llegando a la neutralidad, mientras que la bebida con nuez al 2% presenta un pH casi de 5, por lo que si existen diferencias significativas ($p \leq 0.05$), la diferencia de pH la podemos atribuir a el pH conferido del saborizante ya que es artificial.

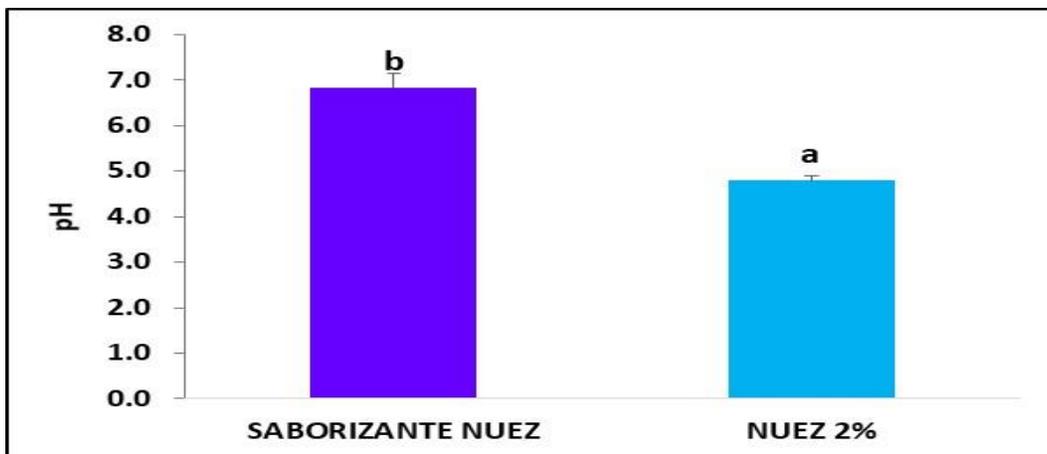


Figura 81. Evaluación de pH de la bebida vegetal con saborizante de nuez y la bebida con nuez natural.

5.4.1. EVALUACIÓN SENSORIAL DE LA BEBIDA VEGETAL DE GARBANZO CON SABORIZANTES, NUEZ Y NATURAL

En la figura 82 se observan los resultados obtenidos para olor en una evaluación de muestras con nuez al 2%, saborizante de nuez y garbanzo al 5% adicionado con azúcar. En donde se observa que la bebida de garbanzo natural y la adicionada con nuez natural al 2% no presentaron diferencia significativa ($p \geq 0.05$) obteniendo una calificación de 3.5, mientras que la bebida con saborizante de nuez obtuvo una calificación cercana a 5 “me gusta mucho”.

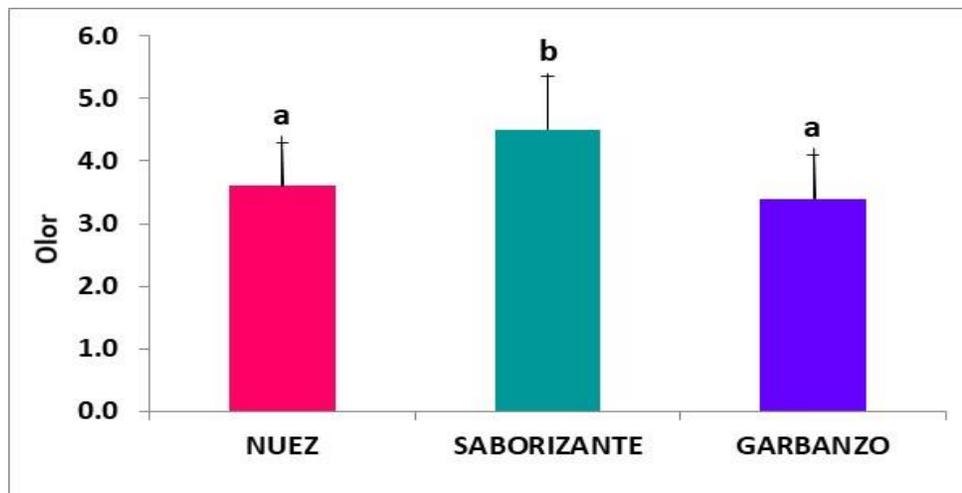


Figura 82. Resultados de olor en la evaluación sensorial de muestras de bebidas de garbanzo + nuez, garbanzo+ saborizante de nuez y garbanzo.

En cuanto a color (figura 83) se observó que, para color en la evaluación sensorial, la bebida de garbanzo fue la que obtuvo menor calificación con alrededor de 3.5, mientras que la bebida de garbanzo con saborizante presento una calificación de 4 “me gusta moderadamente”, presentando diferencia significativa ($p \leq 0.05$) en el color con respecto a las otras dos muestras. Con esto se puede observar que la bebida de garbanzo con saborizante es más aceptada por los panelistas.

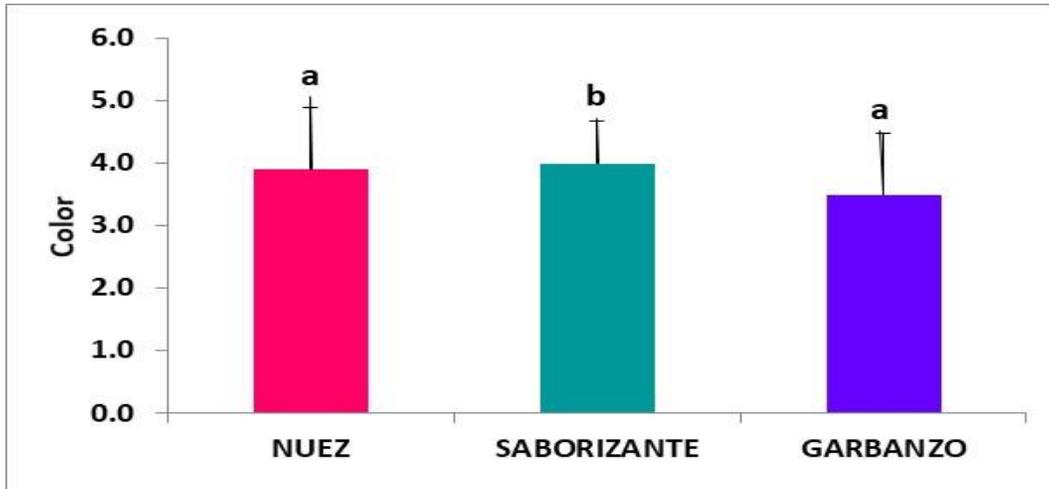


Figura 83. Resultados de color en la evaluación sensorial de muestras de bebidas de garbanzo + nuez, garbanzo+ saborizante de nuez y garbanzo.

En la figura 84 se observa que la bebida con saborizante de nuez fue la mejor calificada en cuanto a sabor presentando una calificación cercana a 5 de “me gusta mucho”, en comparación con la bebida con nuez natural al 2% y la bebida de garbanzo natural pues el saborizante proporcionó una intensidad mayor que la nuez natural. Por lo que se puede decir que existe diferencia significativa ($p \leq 0.05$) en el sabor de las tres bebidas analizadas.

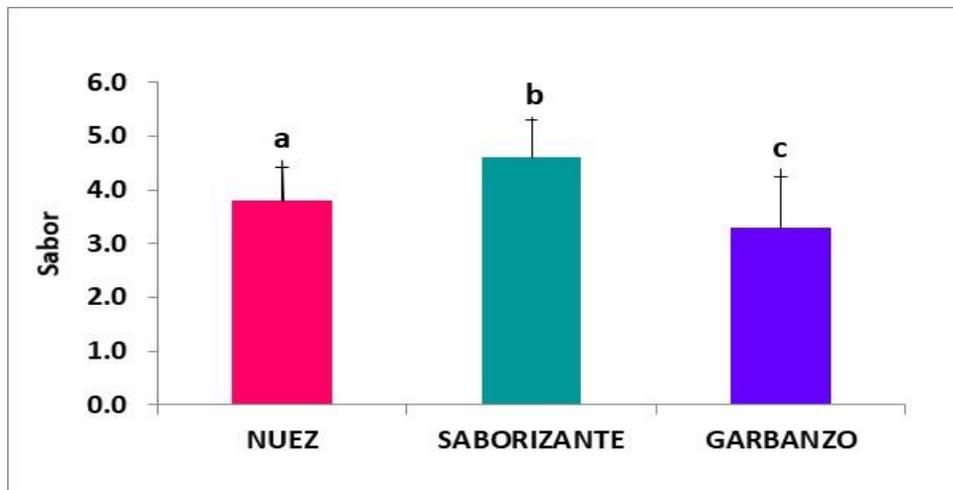


Figura 84. Resultados de sabor en la evaluación sensorial de muestras de bebidas de garbanzo + nuez, garbanzo+ saborizante de nuez y garbanzo.

En la figura 85 se presentan los resultados de aceptabilidad de las bebidas de garbanzo, en donde se observa que la bebida con saborizante obtuvo la calificación más alta con 4.5

cercana a cinco que es “me gusta mucho”, mientras que la bebida de garbanzo natural y la adicionada con nuez 2%, presentaron una calificación de 4 “me gusta moderadamente”. En general la bebida vegetal de garbanzo mejor evaluada fue la adicionada con saborizante de nuez, a partir de estos resultados se optó por emplear esta formulación como aquella a evaluar con el tratamiento alternativo de pasteurización.

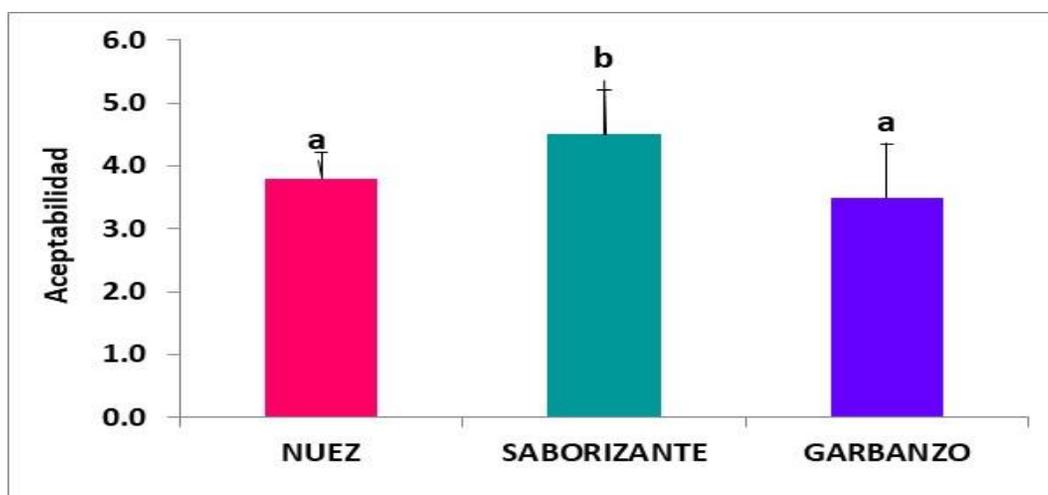


Figura 85. Resultados de aceptabilidad en la evaluación sensorial de muestras de bebidas de garbanzo + nuez, garbanzo+ saborizante de nuez y garbanzo.

5.5. PASTEURIZACIÓN POR ULTRASONIDO

En la figura 86 de superficie de respuesta para pH se observa la influencia del tiempo de ultrasonido sobre este parámetro, disminuyendo conforme aumenta el tiempo, sin embargo, es importante mencionar que la disminución no es significativa ($p < 0.05$), se encuentra en valores de 7. Se puede decir que el tiempo no tiene una influencia significativa suficiente como para modificar los valores de pH en la bebida vegetal. Entonces, la ventaja de aplicar una radiación ultrasónica para reducir la microbiota, radica en que el pH y la acidez no varían (Delgado, 2011). Wang *et al.*, (2017) menciona que los niveles de energía aplicados y la duración del tiempo en el procesamiento de ultrasonido podría no haber sido suficiente para interrumpir los enlaces químicos en las estructuras moleculares de los componentes presentes en un jugo de fresa con tiempo de ultrasonido de 16 min., por lo que se puede decir que el ultrasonido aun aumentando tiempos de proceso no afecta de manera violenta los componentes químicos dentro de la bebida vegetal de garbanzo.

Dicho fenómeno de ultrasonido genera un proceso de micro-evaporación en los líquidos tratados, con lo cual se libera el ion hidrogeno del agua de este, lo que con llevaría al

incremento del pH; efecto más visible a mayor tiempo y temperatura de exposición.

El ultrasonido puede causar daño a la estructura celular, liberando iones en el citosol y por el cambio en la estructura de la proteína de leche de vaca que conduce a una modificación en la posición de algunos grupos iónicos; incrementando el pH. El aumento de los valores del pH podría deberse a la liberación de sustancias volátiles aromáticas durante la cavitación que causa el aumento de la temperatura, lo cual podría favorecer aspectos organolépticos (Campos *et al.*, 2015). Por lo cual, puedo decir que el uso de temperatura en conjunto con tiempo muy prolongados de ultrasonido influirá en el pH en la bebida.

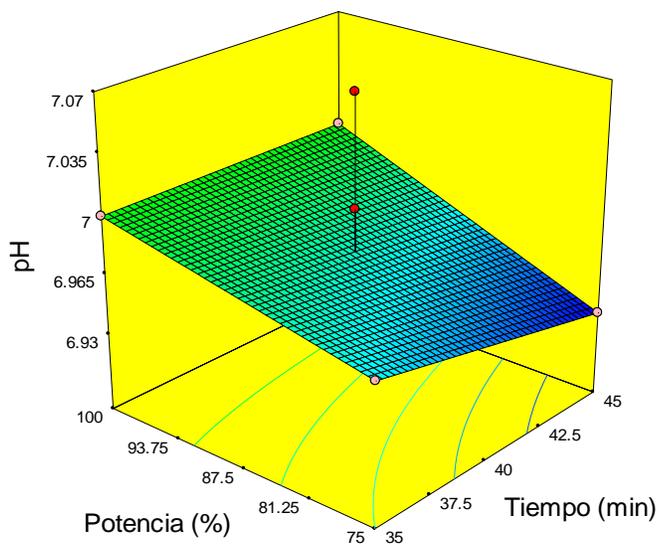


Figura 86. Efecto de los tratamientos de ultrasonido sobre el pH de la bebida de garbanzo

En la figura 87 superficie de respuesta para los valores de °Brix obtenidos de la bebida vegetal de garbanzo se observa la influencia de la potencia sobre la refracción de azúcares, pues conforme aumenta la potencia de ultrasonido los °Brix disminuyen, sin embargo, la disminución no es significativa ($p < 0.05$), los valores van desde de 4.2 a 4.1. El pH, la acidez y los ° Brix no cambiaron significativamente bajo el tratamiento de pasteurización por ultrasonido (Firouz, 2019). Por lo que se puede decir que el tratamiento de ultrasonido bajo las condiciones utilizadas en este proyecto como alternativa a la pasteurización térmica no afectan este parámetro.

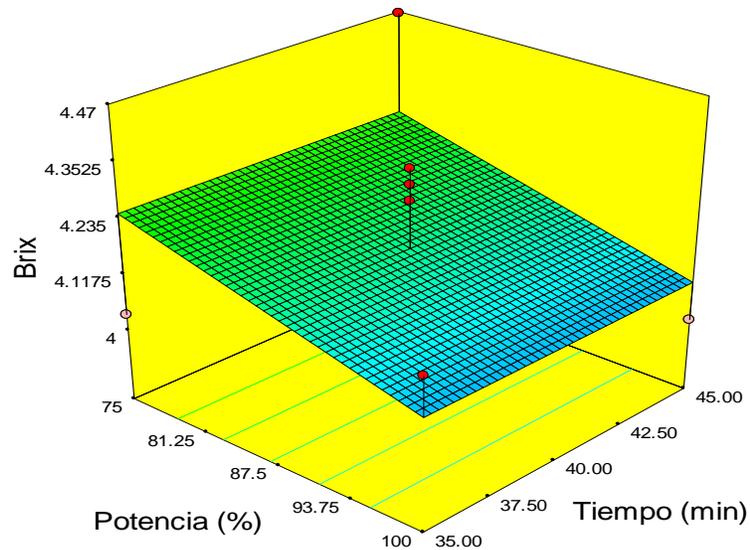


Figura 87. Efecto de los tratamientos de ultrasonido sobre los sólidos solubles de labebida de garbanzo

Para el porcentaje de acidez obtuvimos resultados que permanecen en 0 por ciento, por lo que al ser resultados tan bajos no se grafican y no hay diferencia significativa ($p < 0.05$). Sin embargo, es importante mencionar que la potencia y el tiempo utilizados en este proyecto no presentan influencia en el parámetro antes mencionado pues los resultados como ya se dijo se mantienen en 0.0-0.1 por ciento para todas las condiciones realizadas, entonces, la ventaja de aplicar una radiación ultrasónica para reducir la microbiota, radica en que el pH y la acidez no varían (Delgado, 2011). Es importante mencionar que los niveles de acidez en la bebida vegetal y las condiciones pueden no tener un efecto debido a los componentes de la bebida, por el contrario, si tuviéramos un jugo de frutas quizás las condiciones tendrían influencia sobre la acidez. El análisis de varianza determinó que existió efecto significativo ($p < 0.05$) del tiempo de exposición al ultrasonido y la temperatura sobre la acidez titulable en pulpa de "zarzamora". (Pérez, 2019) La explicación de la variación observada de la acidez titulable es por el efecto amortiguador que ejercen los componentes presentes en el jugo de la fruta, los cuales equilibran el contenido de ácidos titulables en el jugo (Chenget al., 2007).

Las propiedades reológicas de los jugos están directamente relacionadas con la estructura,

el tamaño de partícula y composición, sin olvidar las condiciones de procesamiento. La consistencia del producto alimenticio se puede cambiar de forma permanente o temporalmente, ya sea aumentando o disminuyendo la consistencia, dependiendo de la energía y tiempo del proceso de ultrasonido. Además, en un jugo de melocotón con comportamiento newtoniano se analizó la fase continua (suero), mostrando una reducción de la viscosidad con la aplicación de ultrasonido. La bebida vegetal de garbanzo antes de la pasteurización es muy fluida por lo que es relacionada con un comportamiento newtoniano, el cual se mantiene después de la pasteurización (Rojas *et al.*, 2017). En la figura 88 se observa la influencia tanto del tiempo como de la potencia sobre la viscosidad de la bebida vegetal de garbanzo, en donde, a menor potencia y menor tiempo de pasteurización por ultrasonido la viscosidad es mayor, disminuyendo proporcionalmente conforme aumenta el tiempo y potencia durante el tratamiento. Es importante mencionar que existe una disminución en los valores y esta no es significativa ($p < 0.05$) pues los resultados van descendiendo de 4.2 a 3.2. Este fenómeno en la estabilidad de la bebida está relacionado con la cavitación generada por la aplicación de las ondas ultrasónicas, las burbujas generadas colapsan cerca a la interface existente entre los dos líquidos y este choque resulta en la mezcla eficiente de las dos fases (Delgado, 2011), por lo que habrá una mayor dispersión de las partículas generando una estabilidad de la bebida.

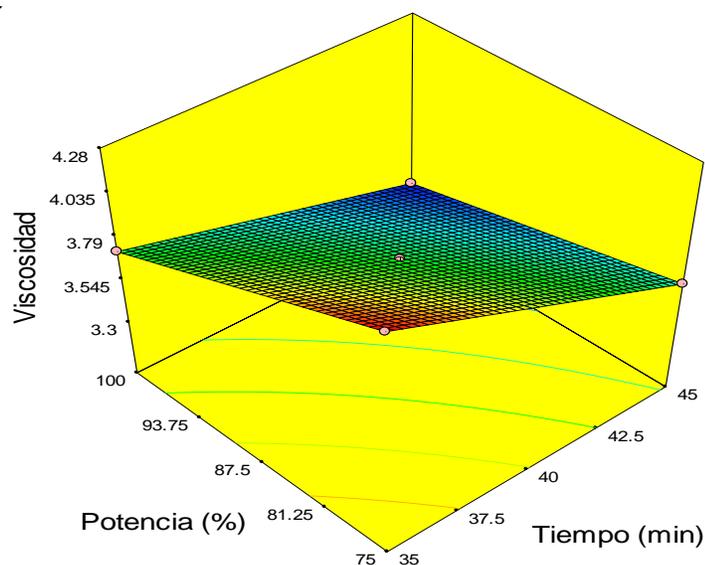


Figura 88. Efecto de los tratamientos de ultrasonido sobre la viscosidad de la bebida de garbanzo

Rojas *et al.*, (2017) mencionan en un estudio de jugo de tomate que el comportamiento del flujo fue influenciado por el contenido de pulpa [un mayor contenido de pulpa aumenta la

viscosidad aparente, además, un aumento en la amplitud de onda de 25 a 75 mm en 24 kHz también aumentó la viscosidad aparente jugo de tomate, por lo que puedo decir que al no tener pulpa ni muchos componentes que se relacionen dentro de la bebida, no existe un aumento en la viscosidad de la bebida, sin embargo se notaron cambios en la estabilidad de la misma debido a la velocidad de sedimentación, que es directamente proporcional al diámetro de la partícula, la aceleración impuesta, y la diferencia entre la partícula y el densidad del medio dispersante, siendo inversamente proporcional a la dispersión viscosidad media. (Rojas *et al.*,2017).

En la figura 89 se observa que al aumentar el tiempo durante el proceso de pasteurización por ultrasonido la bebida aumenta su luminosidad, estos resultados presentan diferencias significativas ($p \geq 0.05$). Por otro lado, se reportaron variaciones de color para jugo de frutas procesado con ultrasonido, esto probablemente se deba al oxígeno disuelto, que es eliminado por ultrasonido. El valor de luminosidad comúnmente aumenta después de la aplicación de ultrasonido, como se informó para diferentes jugos de frutas. Esto se puede explicar por el aumento de la luz de reflexión debido a partículas pequeñas, que tienen un área más grande. (Rojas *et al.*, 2017). En este caso las partículas pequeñas pueden ser de grasa proveniente del garbanzo. Sin embargo, el tratamiento también puede causar una alteración celular que conduce a la liberación de compuestos intracelulares que pueden afectar el color del producto final y con esto una disminución de la luminosidad. (Wang *et al.*, 2017).

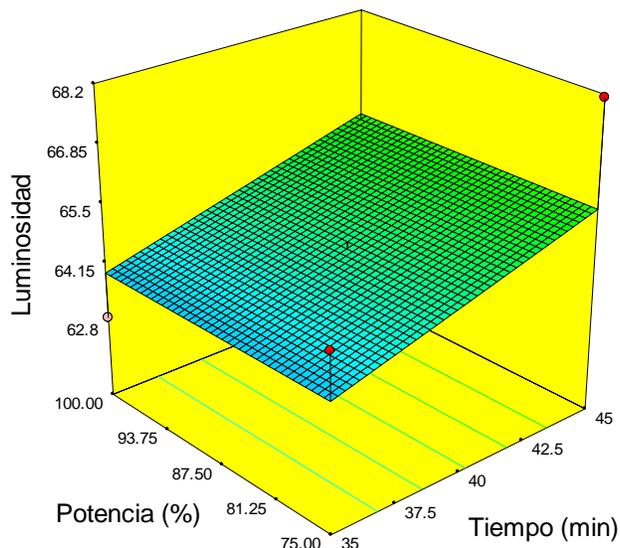


Figura 89. Efecto de los tratamientos de ultrasonido sobre L de la bebida de garbanzo

En la figura 90 superficie de podemos observar los resultados obtenidos para el tono en la bebida vegetal de garbanzo adicionada con saborizante de nuez, en donde el efecto principal esta dado por el tiempo del tratamiento no por la potencia, la cual no tiene influencia, observando que al aumentar el tiempo hay un valor mayor de tono (que se visualiza va de .01 en .01), esto puede ocurrir debido a una oxidación de los componentes del garbanzo debido a la cavitación, por lo que a mayor tiempo de exposición mayor oxidación. Es importante mencionar que existen diferencias significativas ($p > 0.05$) en los resultados.

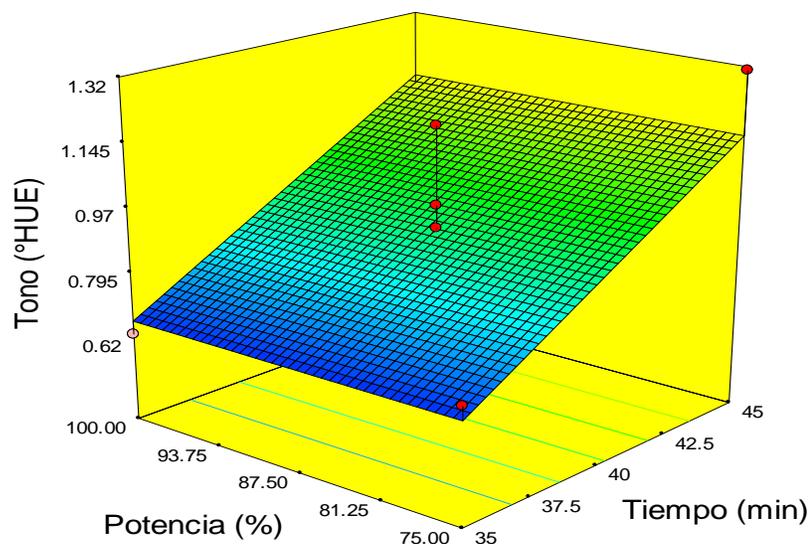


Figura 90. Efecto de los tratamientos de ultrasonido sobre °Hue de la bebida de garbanzo

En la figura 91 se puede observar que la potencia del tratamiento de ultrasonido no tiene influencia en la medición del croma de la bebida vegetal de garbanzo, sin embargo, el tiempo sí, a medida que aumenta el tiempo de tratamiento el croma aumenta, es importante mencionar que si existen diferencias significativas ($p \geq 0.05$) en los resultados de este parámetro. Este parámetro está ligado al tono y luminosidad evaluados anteriormente, al presentar una oxidación de compuestos, esto puede afectar la pureza e intensidad del color, por lo que, a mayor tiempo de exposición, existen más afectaciones sobre el color en general de la bebida.

Tendencia similar en el croma de la muestra de un jugo de fresa con un ligero aumento en

el tratamiento de 12 min. Un ligero aumento sin diferencia significativa en el valor del índice amarillo (YI) en todas las muestras tratadas con ultrasonido fue observado, que puede ser el resultado de la formación de reacciones de pardeamiento durante el tratamiento de ultrasonido. (Wang *et al.*, 2017)

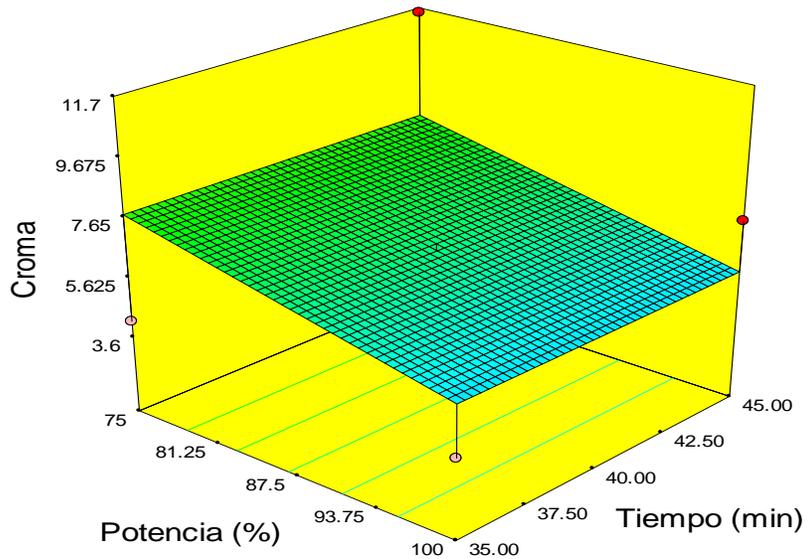


Figura 91. Efecto de los tratamientos de ultrasonido sobre el croma de la bebida de garbanzo

En la tabla 22 se observan los resultados microbiológicos obtenidos en pasteurización por ultrasonido y pasteurización térmica. Para hongos y levaduras en agar papa dextrosa el tiempo y potencia mantienen el mismo comportamiento aun aumentando los valores de las variables. El efecto obtenido del ultrasonido sobre los microorganismos depende de factores externos e intrínsecos y también del tipo y características del microorganismo. El ultrasonido solo, sin combinación de algún otro proceso/factor rara vez es efectivo para la inactivación de los microorganismos. Por lo tanto, para obtener mejores resultados en el procesamiento del jugo, esta tecnología ha combinado con otras tecnologías especialmente, la combinación con un proceso térmico (entonces llamado termosonicación) (Rojas *et al.*, 2017). Es importante mencionar que antes de la elaboración de la bebida se ha realizado un remojo con un baño de ultrasonido a 50°C lo cual ayudó a eliminar carga microbiana en el garbanzo. Se pueden utilizar temperaturas que según las características de la materia prima no tengan efecto sobre sus componentes, así en conjunto con ultrasonido existirá un sinergismo para la destrucción de microorganismos.

Para mesófilos aerobios en agar nutritivo se observa que el tiempo y potencia mantienen el

mismo comportamiento aun aumentando los valores de las variables; en los resultados no hubo un crecimiento de bacterias aerobias y por lo tanto podemos decir que el tratamiento previo de ultrasonido para el remojo del garbanzo fue sinérgico con el de pasteurización por ultrasonido, pues se logró un producto inocuo sin hongos y levaduras.

Para coliformes totales en rojo bilis violeta podemos observar que el tiempo y potencia mantienen el mismo comportamiento conforme aumentan los valores, en los resultados hubo un crecimiento de 2 UFC/mL. Se podría usar el ultrasonido en combinación de temperaturas no tan altas para lograr una destrucción completa de microorganismos, durante la termosonicación, el ultrasonido aumenta la destrucción celular y es más evidente a bajas temperaturas (es decir, a altas temperaturas la severa destrucción celular por efecto del calor no permite evidencia del efecto del ultrasonido) (Rojas *et al.*, 2017).

Tabla 22. Resultados microbiológicos de pasteurización por ultrasonido

TRATAMIENTO	Mohos y levaduras	Mesófilos aerobios	Coliformes
ULTRASONIDO 45'75%	<10 ⁻¹	<10 ⁻¹	<10 ⁻¹
ULTRASONIDO 35'100%	<10 ⁻¹	<10 ⁻¹	<10 ⁻¹
ULTRASONIDO 40'87% 1	<10 ⁻¹	<10 ⁻¹	<10 ⁻¹
ULTRASONIDO 35'75%	<10 ⁻¹	<10 ⁻¹	<10 ⁻¹
ULTRASONIDO 40'87% 2	<10 ⁻¹	<10 ⁻¹	<10 ⁻¹
ULTRASONIDO 40'87% 3	<10 ⁻¹	<10 ⁻¹	<10 ⁻¹
ULTRASONIDO 45'100%	<10 ⁻¹	<10 ⁻¹	<10 ⁻¹
PASTEURIZACIÓN TÉRMICA	<10 ⁻¹	<10 ⁻¹	<10 ⁻¹

*DILUCIÓN = <10⁻¹ = 0.1

Después de la realización de las corridas de pasteurización por ultrasonido, se decidió que la corrida para comparar con la pasteurización térmica es 35' 75%, pues a pesar de que es la condición con parámetros más bajos, demuestra su efectividad a lo largo de las pruebas que hemos visto. Mantiene la inocuidad de la bebida vegetal, los parámetros fisicoquímicos entre corridas son similares, en cuanto a las propiedades físicas también son similares, por lo que se ha elegido también por la cuestión del ahorro en tiempo y energía que representa esta condición

5.6. COMPARACIÓN DE MÉTODOS DE PASTEURIZACIÓN

En las siguientes figuras se observan los comparativos de métodos de pasteurización (por ultrasonido y térmica) de las propiedades fisicoquímicas evaluadas anteriormente. Para la comparación se utiliza la mejor condición de ultrasonido, la cual es 35'75%

En la figura 92 se observan los resultados obtenidos de °Brix en la comparación de pasteurizaciones, siendo similares en un intervalo de 4°Brix sin diferencia significativa ($p < 0.05$) (González, 2016) en una bebida vegetal de almendra obtuvo valores máximos de sólidos solubles de 4.88 y los más bajos de 4.66, si comparamos con los resultados obtenidos en el presente estudio se está 0.22 por debajo de los obtenidos en la bebida de almendras, sin embargo, no existen diferencias significativas ($p < 0.05$)

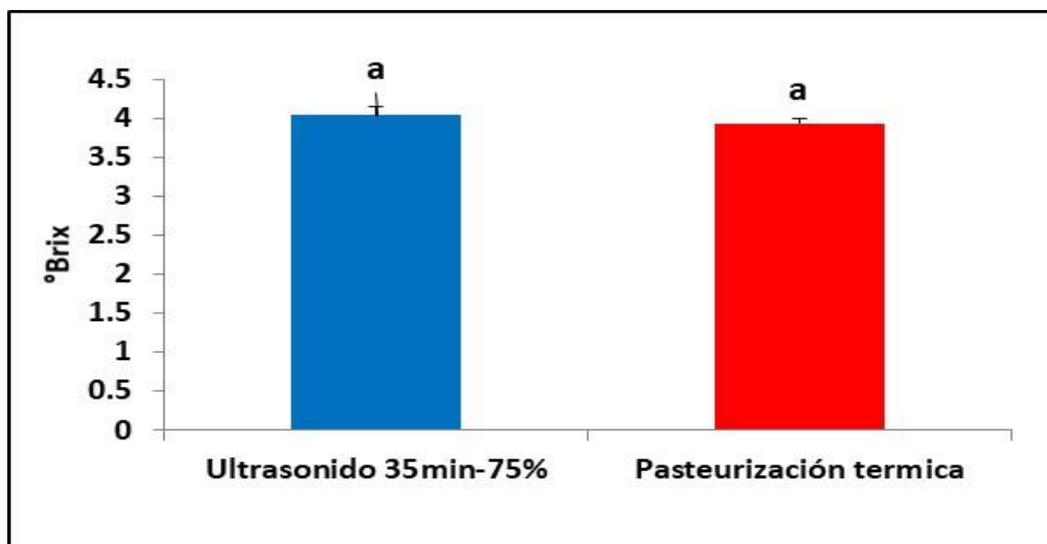


Figura 92. Evaluación de °Brix en la bebida vegetal de garbanzo saborizada con nuez, pasteurizada por ultrasonido y tratamiento térmico tradicional

En la figura 93 se observan los resultados de pH para la comparación de métodos de pasteurización, siendo muy similares con valores de 7 y sin diferencia significativa ($p \leq 0.05$). En una bebida vegetal de almendras se obtuvo un valor máximo de 6.29 y el más bajo de 6.11 (González, 2016), con lo que, comparando con esa bebida vegetal de almendras, nos encontramos 0.71 por encima de los valores reportados, sin embargo, es un pH similar.

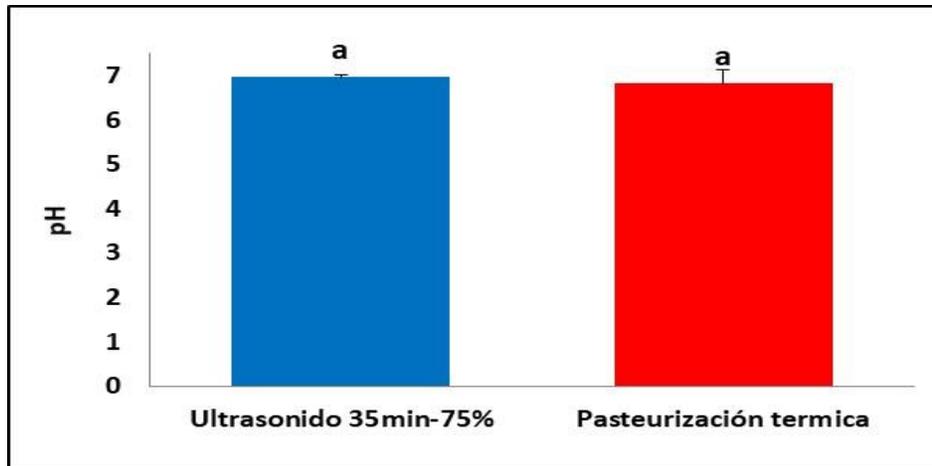


Figura 93. Evaluación de pH de la bebida vegetal de garbanzo saborizada con nuez, pasteurizada por ultrasonido y tratamiento térmico tradicional.

En la figura 94 se observan los resultados para viscosidad de la comparación de las pasteurizaciones a la bebida, siendo los resultados de la pasteurización por ultrasonido más bajos que con el uso de pasteurización térmica, debido a que el ultrasonido ayuda a la estabilización de la bebida, pues ayuda a generar una mayor dispersión de las partículas generando con esto la estabilidad de la bebida. Hablando de la pasteurización térmica, genera una precipitación de proteínas lo cual genera una viscosidad más alta, lo que esperamos de una bebida vegetal es que tenga características sensoriales similares a la leche de vaca, por lo que si la viscosidad aumenta de forma considerable podría entrar en otra categoría en cuestión productos.

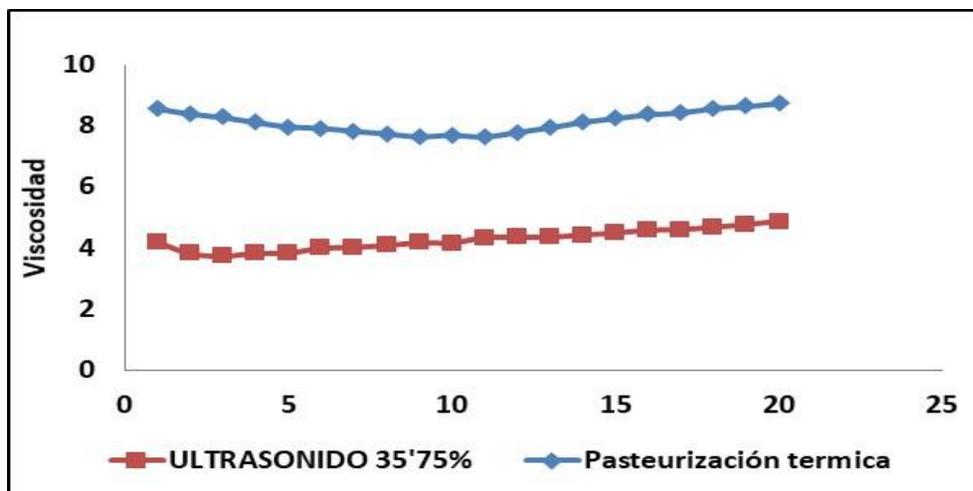


Figura 94. Evaluación de la viscosidad aparente de la bebida vegetal de garbanzo pasteurizada por ultrasonido y el tratamiento térmico tradicional.

En la figura 95 se observan los resultados para luminosidad de la comparación de métodos de pasteurización, la pasteurización térmica muestra un valor de 15.77 más alto que la pasteurización por ultrasonido,

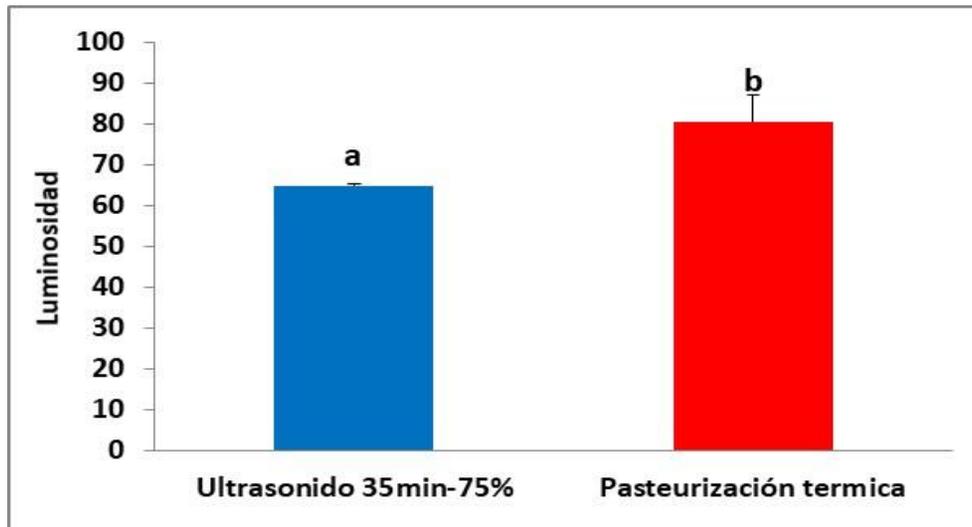


Figura 95. Evaluación de la luminosidad de la bebida vegetal de garbanzo pasteurizada por ultrasonido y tratamiento térmico tradicional.

En la figura 96 se muestran los resultados para croma de la comparación de métodos de pasteurización, se observa que los resultados para pasteurización por ultrasonido son más altos que los de pasteurización térmica existiendo diferencia significativa, esto dependerá siempre de las características de color de la materia prima base para la elaboración de la bebida, por lo que en este caso al usar garbanzo los valores son más bajos. El croma al representar la saturación, pureza e intensidad nos muestra que en pasteurización por ultrasonido existe una mayor pureza del color inicial de la bebida, debido a la precipitación de proteínas en la pasteurización térmica se pierde esa pureza y tiende a tener un color heterogéneo blanco-amarillo.

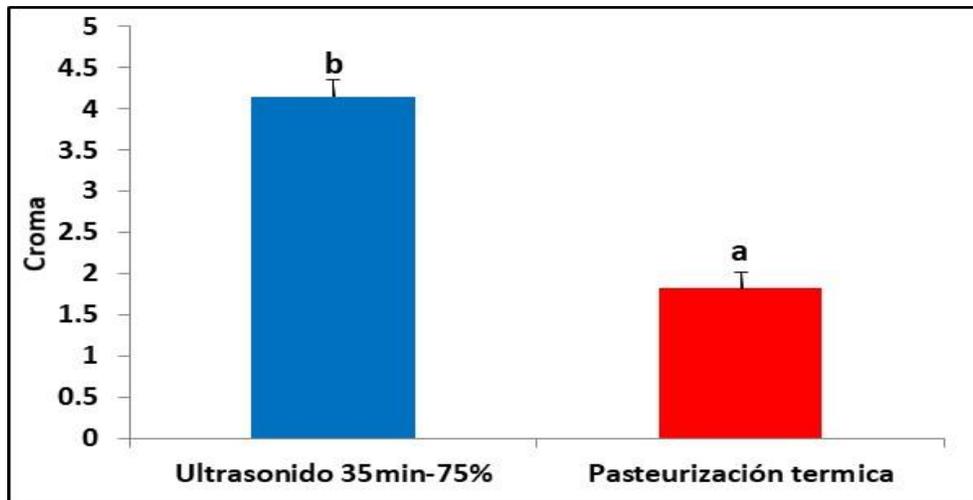


Figura 96. Evaluación de la cromaticidad de la bebida de garbanzo saborizada con nuez pasteurizada por ultrasonido y tratamiento térmico tradicional.

En el gráfico 97 se observan los resultados obtenidos para H que es el tono, tinte, matiz, color, los valores más altos los tiene la pasteurización por ultrasonido, con lo que confirmamos los valores anteriores para C y L* pues la precipitación de proteínas en esta pasteurización son una parte fundamental en el cambio de éstos atributos, el color se incrementa de amarillo muy claro y pálido a un amarillo fuerte, para la pasteurización por ultrasonido el color permanece en un amarillo claro y pálido casi llegando al blanco.

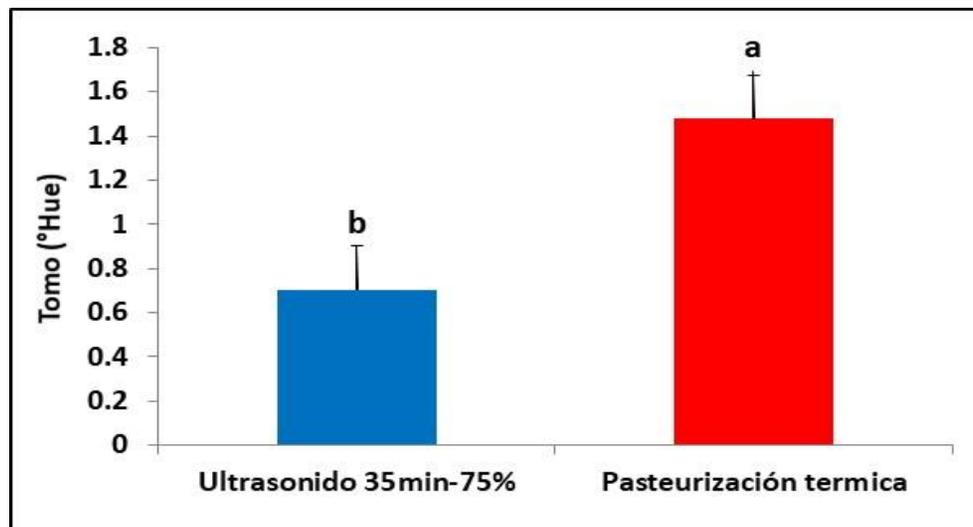


Figura 97. Evaluación del tono de la bebida vegetal de garbanzo saborizada con nuez pasteurizada con ultrasonido y tratamiento térmico tradicional.

En la tabla 23 se muestran los resultados microbiológicos de la comparación entre métodos

de pasteurización, en donde se observa que ambos tratamientos son efectivos para eliminar la carga microbiana en la bebida vegetal, cada tratamiento con sus respectivas condiciones. La presencia de mohos y levaduras en los alimentos genera acción deteriorante, que pudre y malogra materias primas y productos manufacturados, sino también por la capacidad de algunos hongos para sintetizar gran variedad de micotoxinas, para provocar infecciones y, incluso, para provocar reacciones alérgicas en personas hipersensibles a los antígenos fúngicos. (Acero *et al.*, 2017), Con respecto a los coliformes totales, inicialmente la carga microbiana era $<10^{-1}$, por lo que no existe una diferencia significativa entre los tratamientos, ni con respecto a los valores iniciales, los resultados se mantienen en los mismos valores. Las bacterias aerobias si presentan diferencias significativas, pues inicialmente se contaba con gran carga microbiana (véase Tabla 17), la cual se logra eliminar satisfactoriamente con los tratamientos de pasteurización.

Tabla 23. Resultados microbiológicos de pasteurización térmica y por ultrasonido

PRUEBA M.B	ULTRASONIDO 35'75%	P.TÉRMICA
HONGOS Y LEVADURAS	$<10^{-1}$	$<10^{-1}$
MESÓFILOS AEROBIOS	$<10^{-1}$	$<10^{-1}$
COLIFORMES TOTALES	$<10^{-1}$	$<10^{-1}$

La comparación de métodos de pasteurización nos permite conocer los puntos a favor y en contra que tenemos al usar cierto tipo de pasteurización, hay que considerar las características en general del producto que queremos y la susceptibilidad de los componentes de nuestro productos a ciertas condiciones, por lo que sin duda para este producto la pasteurización por ultrasonido es efectiva, manteniendo la inocuidad en el producto, las características sensoriales, propiedades fisicoquímicas y físicas. La pasteurización térmica por el contrario afecta considerablemente las propiedades fisicoquímicas. físicas y organolépticas de la bebida, sin embargo, es efectiva para la destrucción de microorganismos, por lo que usar cualquier tipo de tratamiento tendría ventajas y desventajas, es recomendable seleccionar el mejor tratamiento de acuerdo con las materias primas y al producto terminado que se quiera obtener. Es importante mencionar que en ambos métodos de pasteurización la materia prima contaba con una carga microbiana INCONTRABLE, la cual se logró eliminar.

6. CONCLUSIONES

Con base en los resultados del presente trabajo se concluye lo siguiente:

- En el estudio de mercado se conoció la aceptabilidad y disposición de los consumidores para probar una bebida vegetal a base de garbanzo con sabor nuez, interesados en el aporte nutricional y en consumir esta leguminosa en otros productos que no sean guisados comunes de la vida diaria.
- Diferentes formulaciones con frutos secos se desarrollaron con éxito obteniendo las proporciones adecuadas para cada bebida, sin embargo, la formulación con garbanzo y nuez natural fue la más aceptada; debido a que la nuez es un alimento con características alergénicas aumentaría considerablemente el precio de elaboración de la bebida, por lo que se propuso una bebida con sabor nuez esto considerando que fue el sabor elegido en las evaluaciones sensoriales.
- En cuanto a la aceptabilidad de las bebidas vegetales con garbanzo, garbanzo nuez natural y garbanzo con sabor nuez, siendo la mejor evaluada la de saborizante de nuez pues el saborizante de la a la bebida atributos sensoriales más intensos.
- Las condiciones de proceso para la pasteurización con ultrasonido mostraron ser efectivas para la eliminación de la carga microbiana, en cuanto a las propiedades fisicoquímicas en todas las condiciones son muy similares, variando en .1, en los valores obtenidos, etc, para el color también permanecen similares, por lo que se decidió escoger las condiciones que representan ahorro en tiempo y energía en este caso es 35 minutos y 75% de potencia.
- En la comparación de métodos de pasteurización los resultados microbiológicos son iguales, se logra eliminar satisfactoriamente la carga microbiana, es importante mencionar que existe una ayuda para esto con el remojo por ultrasonido + la irradiación del garbanzo y de las demás materias primas, debido a la gran carga microbiana que se tenía inicialmente y que causaba la fermentación y los problemas en el remojo, por lo que en este punto de remojo también se elimina carga microbiana. Existen diferencias considerables para las propiedades físicas, pues la temperatura de la pasteurización térmica afecta componentes del garbanzo, como las proteínas, lo cual trae cambios generales en color, viscosidad y estabilidad, lo que por el contrario con la pasteurización por ultrasonido se mantiene sin afectaciones, con lo que aseguramos un producto inocuo y con mejores características fisicoquímicas, físicas y sensoriales, por lo que sí se puede sustituir la pasteurización térmica por la pasteurización por ultrasonido.

Como conclusión general, es importante mencionar que existirán o no efectos sobre el producto final dependiendo de su composición química, esto de la materia prima o materias primas a utilizar. También es importante seleccionar las condiciones adecuadas tomando en cuenta las características deseadas en el producto final sobre la susceptibilidad de los materiales presentes en el producto. En este proyecto notamos la posibilidad potencial de destacar en el mercado mediante el estudio a consumidores, la pasteurización por ultrasonido resulta ser bastante eficaz y eficiente sobre la bebida vegetal, pues obtenemos un producto con buenas características e inocua, la pasteurización térmica para este producto puede ser sustituida.

7. RECOMENDACIONES

Con base en los resultados del presente trabajo se recomienda:

- Realizar un análisis microbiológico inicial para conocer la carga microbiana inicial y tomar las acciones pertinentes, así evitar perder tiempo para el desarrollo del producto.
- Comparar las características del producto desarrollado contra un producto comercial, con la finalidad de saber el porcentaje de probabilidad de compra extra al estudio de mercado.

8. BIBLIOGRAFÍA

- Aedeseo, (2015). Bebidas vegetales, Asociación española de esofagitis eosinofílica, España.
- Aguilar J., (2012). Métodos de conservación de alimentos, Red tercermilenio, Estado de México
- Aguilar R. y Vélez J, (2013), Propiedades nutricionales y funcionales del garbanzo (*Cicer arietinum* L.), Universidad de las Américas Puebla, Cholula Puebla, México, Disponible en: <https://tsia.udlap.mx/propiedades-nutricionales-y-funcionales-del-garbanzo-cicer-arietinum-l/>
- Aguilar y Vélez (2013) Propiedades funcionales y nutricionales del garbanzo, Universidad de las Américas Puebla, San Andrés Cholula Puebla. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/319185894_Propiedades_nutricionales_y_funcionales_del_garbanzo_Cicer_arietinum_L
- Aparicio E. (2017). Técnicas colorimétricas, Colegio Libre de Estudios Universitarios, Campus Oaxaca, VISIÓN CRIMINOLÓGICA-CRIMINALÍSTICA: http://revista.cleu.edu.mx/new/descargas/1703/articulos/Articulo08_Tecnicas_colorimetricas.pdf
- Buzo R. (s/f) ¿Qué es el veganismo?, argumentos y razones. Disponible en: https://vegetarianismo.net/material/que_es_el_veganismo_ROCIO_BUZO.pdf
- Campos-Pérez S- J-, Chavarría-Hernández N., Alfaro-Rodríguez R. H. (2016). Ultrasonido: tecnología emergente en la extracción de biomoléculas de interés para la industria de alimentos y farmacéutica. Boletín de Ciencias Agropecuarias. 2 (3). DOI: <https://doi.org/10.29057/icap.v2i3.998>
- Cheng L. H., Soh C. Y., Liew S. C., The F. F. (2007). Effects of sonication and carbonation on guava juice quality. Food Chemistry, 104 (4), 1396:1401. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2007.02.001>
- Cheng, X.F., Zhang, M. y Adhikari B., Islam, MD., Xu. B. (2014). Effect of ultrasound irradiation on some freezing parameters of ultrasound-assisted immersion freezing of strawberries. International Journal of Refrigeration. 44. 49:55. <https://doi.org/10.1016/j.ijrefrig.2014.04.017>
- Dávila E., (2017), Bebidas vegetales y leches de otros mamíferos, Archivos Venezolanos de Puericultura y Pediatría, 80 (3): 96-101.
- Delgado J, (2011). Aplicación del Ultrasonido en la Industria de los Alimentos. Revista especializada en Ingeniería de Procesos en Alimentos y Biomateriales.6. 141:152. <https://doi.org/10.22490/25394088.1098>
- Fellows, P. (2000). Tecnología del procesado de los alimentos: principios y prácticas. Zaragoza: Acribia.
- Frazier, W. (1993). Microbiología de los alimentos. Zaragoza: Acribia
- Garza-López, J. G., Soria-Ruiz, J., & Aguilar-Perez, H. (1996). Susceptibility to foliage and fruit diseases in some pecan cultivars at Coahuila, North Mexico. *Tropical Agriculture*, 73(4), 270–274. Retrieved from <http://www.cabdirect.org/abstracts/19980303019.html>
- González Vargas C. A. (2016). Determinación de un perfil de calidad sensorial aplicado a

- bebida de almendras (*Prunus amygdalus dulcis*) considerando la incidencia de variaciones en el proceso de fabricación. Tesis de Licenciatura en Ingeniería Agroindustrial. Universidad Católica de Santiago Guayaquil. Ecuador.
- Gómez G., R. M., R. A. Salinas P. (2001). Progreso 95 variedad erecta de garbanzo para exportación. INIFAP-CIRNO-CEVACU. Folleto Técnico No. 19.
- Gómez G., R. M. (1990). Mocerito-88: Nueva variedad de garbanzo blanco para Sinaloa INIFAP-CIFAP-Sinaloa-CEVACU. Folleto Técnico No. 12.
- Gómez G., R. M., I. Gómez G., R. A. Salinas P. (2003). Blanco Sinaloa-92, variedad de garbanzo blanco de exportación. INIFAP-CIRNO-CEVACU. Folleto Técnico No. 24.
- Gómez G., R. M., R. A. Salinas P. (2001). Jamu 96 variedad de garbanzo blanco cremoso de hábito erecto. INIFAP-CIRNO-CEVACU. Folleto Técnico No. 20
- Gómez, G. R. M., R. A. Salinas, P. y L. Gómez G. (2003). Suprema-03, Variedad de Garbanzo Para Exportación. SAGARPA-INIFAP-CIRNO-C. E. Valle de Culiacán. Folleto Técnico No. 25.
- Gómez, Andaverde, Santoyo, Urquiza. (2009) Determination of the viscosity and its uncertainty in drilling fluids used for geothermal well completion: application in the Los Humeros field, Puebla, Mexico, Rev. mex. cienc. geol vol.26 no.2 Ciudad de México ago. 2009
- Great Value, garbanzos enchilados (2021) Sitio web: <https://super.walmart.com.mx/botanas-y-fruta-seca/garbanzos-great-value-enchilados-85-g/00750179163805>
- HEB Sitio web: <https://staging.hebdigital.net/heb-pasta-sedanini-garbanzo-250-gr-738415.html>, 2020.
- Hanna Instruments (2014). La Temperatura afecta el pH del Agua, sitio web: <https://www.hannacolombia.com/blog/post/39/la-temperatura-afecta-el-ph-del-agua>
- Herdez (2021). Garbanzos enlatados. Sitio web: <https://super.walmart.com.mx/enlatados-y-conservas/garbanzos-herdez-400-g/00750100312427>
- Herrera, T. Moreno M., Licea de Anda E., Arratia A. (2019). Tasas de crecimiento económico de leguminosas de bajo consumo de agua. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas. 10(5). 987:998. <https://doi.org/10.29312/remexca.v10i5.1852>
- Hoover D.G (2000), Ultrasound, Food Science, Institute of Technologist mprovement. ICRISAT, 28 Feb.- 2 Mar. 1979, Hyderabad, India. p 171-178. Disponible en: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1111/j.1750-3841.2000.tb00624.x>
- HUMMUS OBELA (2021). Sitio web: https://www.walmart.com/ip/Sabra-Classic-Hummus-10-oz/10850129?wmlspartner=wlpa&selectedSellerId=0&wl13=5866&&adid=2222222227000000000&wl0=&wl1=g&wl2=c&wl3=42423897272&wl4=pla-51320962143&wl5=9026807&wl6=&wl7=&wl8=&wl9=pla&wl10=120643079&wl11=local&wl12=10850129&veh=sem&gclid=EAlaIqobChMI95e4rceG8wIVHW1vBB0BTgGJEAQYASABEgLO9PD_BwE&gclidsrc=aw.ds
- Lahoz, (2018), Bebidas Vegetales VS. Leche y 3 Recetas para Prepararlas en Casa, PROKEY, Disponible en: <https://prokeydrinks.com/bebidas-vegetales-vs-leche-recetas-caseras-faciles/>
- Larios J., (2017), Mercado del garbanzo mexicano de exportación, Sonora, México.
- Martín O. (2010). Tecnologías Emergentes en la Conservación de Alimentos, Universidad de Lleida, Benasque.
- Moraleja N., (2017). Bebidas vegetales, Universidad Complutense, Facultad de Farmacia.

- Moreiras, O., Carbajal, A., Cabrera, L. y C. Cuadrado. (2013). Tablas de Composición de Alimentos. (GARBANZO). Disponible en: https://catedraalimentacioninstitucional.files.wordpress.com/2014/09/3-l-tablas_de_composicion_de_alimentos.pdf
- NMX-F-317-S-1978. Determinación de pH en alimentos. Determination of pH in foods. Normas mexicanas. Dirección general de normas.
- NMX-FF-011-1982. Productos alimenticios no industrializados, para uso humano. Fruta fresca. Determinación de acidez titulable. Método de titulación. Non industrialized food products for human use. Fresh fruit. Determination of titrable acidity. Titration method. Normas mexicanas. Dirección general de normas.
- Ordóñez-Santos, Martínez-Girón y Arias-Jaramillo (2017). Efecto del tratamiento con ultrasonido sobre el color visual, la vitamina C, los fenoles totales y el contenido de carotenoides en el jugo de grosella espinosa. Tesis de la Universidad Nacional de Colombia-Sede Palmira, Facultad de Ingeniería y Administración.
- Panorama Agroalimentario. (2017). Garbanzo. Revista Panorama Agro. Disponible en: https://panorama-agro.com/?page_id=1436
- Peralta y Veas (2014). Garbanzo: Usos alternativos para generar valor agregado al descarte. Área de consolidación Gestión de la Producción de Agroalimentos. Facultad de Ciencias Agropecuarias Universidad Nacional De Córdoba.
- Pérez, C. (2019) Efecto del tiempo de exposición al ultrasonido y la temperatura en las propiedades fisicoquímicas, contenido de vitamina C y recuento de mohos y levaduras del mesocarpio de "zarzamora" *Rubus floribundus Kunth* (Rosaceae). Tesis de Ingeniera en Industrias Alimentarias, Universidad Privada Antenor Orrego, Trujillo, Perú
- PETA, Deutschland V., Benzstr., (2014). ¿Por qué vegano?, Gerlingen Phytopathology, 12: 172-175.
- PROFECO, (2016) ¿Cuál es mejor: leche de vaca o de almendra? Publicado por El financiero, disponible en: <https://www.elfinanciero.com.mx/food-and-drink/2022/05/31/cual-es-mejor-leche-de-almendra-o-de-vaca/>
- Rangel M., Verdugo M., Osuna T., Báez M., Basilio J., Valdez B., Contreras R., Sañudo J. y Campos J., (2011). Caracterización del garbanzo verde (*Icer arietinum*L.) y tecnologías poscosecha para mantener su calidad. *Revista Chapingo. Serie horticultura*, 17(1), 39:45.
- Rettig K M., Ah-Hen K. (2014). El color en los alimentos un criterio de calidad medible, *AGRO SUR*. 42(2). 57:66. <https://doi.org/10.4206/agrosur.2014.v42n2-07>
- Robles L. y Ochoa L., (2012) Ultrasonido y sus aplicaciones en el procesamiento de los alimentos. *Revista iberoamericana de tecnología y postcosecha*, 13(2). 109:122. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/813/81325441002.pdf>
- Rojas L. M., Miano A. C., Augusto E. D. P. (2017). Ultrasound Processing of Fruit and Vegetable Juices. University of Sao Paulo (USP), Piracicaba, Brazil, Elsevier Inc. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-804581-7.00007-5>
- Ruiz I., Lafarga T., Abadías M., Aguiló I., Villaró S., Bobo G., Viñas I. (2018). Tecnologías alternativas de pasteurización en zumos principales ventajas e inconvenientes. *Biblioteca horticultura*, Artículo técnico, Disponible en: https://issuu.com/horticulturaposcosecha/docs/20181102_ru_z_aguirre_tecnolog_as
- Salinas R., Cortez E., Macías J. (2008). Guía para producir garbanzo en el norte de Sinaloa. Folleto Técnico No. 29. Centro de Investigación Regional del Noroeste Campo

- Experimental Valle del Fuerte, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Sinaloa,
- Salinas R., Pérez E., Cortez Mondaca J., Cervantes, M. (2008). Guía para producir Garbanzo en el norte de Sinaloa. Folleto técnico No. 29. INIFAP, Centro de Investigación Regional del Noroeste Campo Experimental Valle del Fuerte, MÉXICO. Disponible en:<http://biblioteca.inifap.gob.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/1662/Guia%20para%20producir%20garbanzo%20en%20el%20norte%20de%20Sinaloa.pdf?sequ>
- Secretaría-Economía. (2015). SIAVI, Sistema de Información Arancelaria Vía Internet. <http://www.economia-snci.gob.mx/>
- SIAP (2020). Avance de Siembras y Cosechas resumen por estado de la Producción Agrícola del Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). Diciembre, 2020 Disponible en: http://infosiap.siap.gob.mx:8080/agricola_siap_gobmx/ResumenProducto.do
- SIAP (2018). Avance de Siembras y Cosechas resumen por estado de la Producción Agrícola del Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). Diciembre, 2018 Disponible en:
http://infosiap.siap.gob.mx:8080/agricola_siap_gobmx/ResumenProducto.do;jsessionid=E6C2F9BD0F5E1A911940154D11D679D5
- SIAP (2016). Anuario Estadístico de la Producción Agrícola del Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). Retrieved October 21, 2016
- SIAP-SAGARPA. (2015). *Atlas Agroalimentario 2015*, Sinaloa. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias
- Soltero L., Andrade E., Grageda O. y Pérez J., (2006). Guía para producir garbanzo forrajero de riego en la Ciénega de Chapala, Centro de Investigación Regional de Pacífico Centro, INIFAP, SAGARPA, Jalisco, México.
- Wanga Yea, Vangaa, Raghavana (2019), Influencia de los ultrasonidos de alta intensidad en los compuestos bioactivos del jugo de fresa: Perfiles de ácido ascórbico, fenólicos, actividad antioxidante y microestructura, Universidad de Guanajuato, México.