

UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS Y FARMACÉUTICAS



**Encapsulación de antimicrobianos naturales y su
aplicación en una bebida proteica saborizada. Estudio de
la efectividad antimicrobiana y características sensoriales**

Tesis presentada a la Universidad de Chile para optar al grado de Magíster en
Alimentos, Mención Gestión, Calidad e Inocuidad de los Alimentos por:

Katherine Andrea Salas Campos

Director/a de Tesis: Dra. Cielo Char Aubry

Santiago – Chile

Diciembre 2024

UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS Y FARMACÉUTICAS

INFORME DE APROBACIÓN DE TESIS DE MAGÍSTER

Se informa a la Dirección de la Escuela de Postgrado de la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacéuticas que la Tesis de Magíster presentada por la candidata

Katherine Andrea Salas Campos

Ha sido aprobada por la Comisión de Evaluadora de Tesis como requisito para optar al grado de Magíster en Alimentos, Mención Gestión, Calidad e Inocuidad de los Alimentos, en el examen público rendido el día _____

Director de Tesis:

Dra. Cielo Char Aubry _____

Co-director de Tesis:

Andrea Bunger Timmermann _____

Comisión Evaluadora de Tesis:

Dra. Paz Robert Canales _____

Dra. Marcela Medel Maraboli _____

Dr. Nelson Caro Fuentes _____

En la vida, nos encontramos con desafíos y obstáculos que, en ocasiones, pueden hacer que nos desanimemos y nos hagan dudar de nuestras capacidades. Sin embargo, nadie dijo que sería fácil y realmente no lo fue.

Pero acá estoy, cerrando una etapa con mucho mérito propio y con el apoyo incondicional de mis padres, los cuales me brindaron palabras de aliento o me tendieron una mano cuando el camino iba cuesta arriba y me brindaron sus abrazos cuando el cansancio me ganaba. Sin ustedes el camino hubiese sido aún más difícil. Los amo.

AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer en estas líneas el apoyo que muchas personas y colegas me han prestado durante el proceso de investigación y redacción de este trabajo.

A mi directora de Tesis Cielo Char Aubry quien con sus conocimientos, apoyo y orientación me guio a través de cada una de las etapas de esta tesis para alcanzar los resultados que buscaba. Gracias por la confianza ofrecida desde el primer momento y quiero agradecer a mi Codirectora de Tesis Andrea Bunger Timmermann, quien, a pesar de dejarnos físicamente, siempre le agradeceré por haber tenido la mejor disposición para guiarme y aconsejarme, no tan sólo en el desarrollo de esta tesis, sino que cada vez que acudí a ella. También le agradezco por haberme incentivado a seguir luchando por cumplir metas y cerrar diferentes etapas de mi vida.

Agradezco a todos quienes participaron en el entrenamiento del panel de evaluación sensorial, contribuyendo con evaluaciones en los resultados de esta memoria, mostrando siempre compromiso y seriedad durante el proceso. También quiero mencionar a todos los consumidores que fueron partícipes de esta tesis, mostrando voluntad y entusiasmo durante la evaluación.

Quiero agradecer a todos los que han formado parte importante en el transcurso de mi carrera; al profesor Orlando Campos, quien en vida me incentivo para tomar nuevos desafíos. A Helem Eisele, por la buena disposición ante cualquier necesidad, por su gran contención y apoyo cada vez que fue necesario.

A mis amigas, sin ellas estos años no habrían sido lo mismo; a Melody Luengo por su gran amistad incondicional; a Carla Vegas por su amistad, apoyo y los interminables tiempos de estudios y risas, a Mónica Cabrales por creer en mí y nunca dudar de mis capacidades.

Finalmente quiero agradecer a mi familia, sin su apoyo nada de esto sería posible. A mis padres Yasna Campos y Segundo Salas, por darme los valores que tengo, por estar cada vez que los he necesitado y por nunca dejar de creer en mí. A mis hermanos, Karen Salas y Sebastian Salas, por su apoyo incondicional, su amor y preocupación.

A todos ellos muchas gracias.

ÍNDICE DE CONTENIDO

I. MARCO TEÓRICO	1
I.1. Consumidor actual.....	1
I.2. Antimicrobianos naturales	2
I.2.1. Vainillina.....	4
I.2.2. Cinamaldehído.....	5
I.3. Encapsulaciones	7
I.4. Estabilidad de las encapsulaciones.....	8
I.5. Proteínas como agente encapsulante	11
I.5.1. Suero de leche.....	12
I.6. Microorganismos	14
I.6.1. <i>Escherichia coli</i>	14
I.6.2. <i>Listeria spp</i>	15
I.7. Bebidas proteicas	17
I.8. Jugo de manzana	17
I.9. Evaluación sensorial.....	18
I.9.1. Análisis sensorial descriptivo.	18
I.9.2. Prueba con consumidores	19
II. HIPOTESIS.....	22
III. OBJETIVOS.....	22
III.1. Objetivo General.....	22
III.2. Objetivos específicos.....	22
III.2.1. Elaborar y caracterizar sistemas nanoencapsulados de cinamaldehído y vainillina utilizando proteína de suero de leche como agente encapsulante.	22
III.2.2. Determinar la efectividad antimicrobiana de los nanoencapsulados frente a <i>E. coli</i> y <i>L. innocua</i> inoculadas en una bebida proteica saborizada.....	22
III.2.3. Evaluar comparativamente la adición nano y microencapsulados de vainillina y cinamaldehído sobre los atributos sensoriales de la bebida proteica, tanto con un análisis descriptivo con panel entrenado, como con un estudio con consumidores....	22
IV. MATERIALES Y MÉTODOS	23
IV.1. Elaboración de los sistemas nanoencapsulados	23
IV.2. Caracterización de los compuestos micro y nanoencapsulados.	25

IV.3.	Elaboración de bebida proteica saborizada (BP).....	25
IV.4.	Evaluación de la efectividad antimicrobiana de cinamaldehído y vainillina nanoencapsulados.	26
IV.4.1.	Preparación de los inóculos	26
IV.4.2.	Efecto de los antimicrobianos nanoencapsulados sobre los microorganismos en la bebida proteica saborizada.....	26
IV.5.	Evaluación de la estabilidad microbiológica de las bebidas no inoculadas durante el almacenamiento en refrigeración.....	27
IV.6.	Perfil Sensorial Descriptivo.....	29
IV.6.1.	Reclutamiento	29
IV.6.2.	Elección de jueces	29
IV.6.3.	Análisis de panelistas.....	29
IV.6.4.	Entrenamiento	30
IV.6.5.	Test Descriptivo Cuantitativo QDA	34
IV.7.	Test con consumidores	34
IV.7.1.	Consumidores	34
IV.7.2.	Muestras y tiempo del test.....	35
IV.7.3.	Diseño del cuestionario	35
IV.8.	Análisis estadísticos	37
V.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	38
V.1.	Caracterización de los sistemas nanoencapsulados utilizando WPC como agente encapsulante	38
V.2.	Determinación de la efectividad de vainillina y cinamaldehído nanoencapsulados frente a <i>E. coli</i> y <i>L. innocua</i> en la bebida proteica saborizada.....	46
V.2.1.	Caracterización de la bebida proteica saborizada.....	46
V.2.2.	Ensayo de inactivación microbiana	47
V.3.	Evaluación de la estabilidad microbiológica de las bebidas no inoculadas durante el almacenamiento refrigerado	50
V.4.	Evaluar el efecto comparativo de la adición de vainillina y cinamaldehído nano y microencapsulado sobre los atributos sensoriales de una bebida proteica.....	54
V.4.1.	Elección de jueces	54
V.4.2.	Análisis de jueces.....	54
V.4.3.	Entrenamiento	56
V.4.4.	Test Descriptivo QDA cuantitativo.....	60

V.4.5.	Test con consumidores	69
VI.	CONCLUSIONES	84
V.	REFERENCIAS	86
VI.	ANEXOS.....	92

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Clasificación de alimentos de acuerdo con el proceso de elaboración.....	1
Figura 2. Molécula de Vainillina.	4
Figura 3. Molécula de Cinamaldehído.....	6
Figura 4. Tipos de inestabilidad en encapsulación.....	9
Figura 5. Clasificación y descripción de los diferentes encapsulantes.....	10
Figura 6. Mecanismos principales de estabilización de proteínas en encapsulación.....	11
Figura 7. Escalas hedónica de siete puntos.....	19
Figura 8. Escala de justo agrado.	20
Figura 9. Escala Likert para intención de compra.	20
Figura 10. cinamaldehído al 5% p/p encapsulado.	23
Figura 11. Encapsulación de la vainillina al 5% p/p.....	24
Figura 12. Elaboración de bebida proteica saborizada	26
Figura 13: Botellas de almacenamiento de las cinco condiciones diferentes para estudio de estabilidad microbiológica durante el tiempo de refrigeración.	28
Figura 14: Bandeja sesión 1.	32
Figura 15: Bandeja sesión 2 a 6	32
Figura 16. Distribución de tamaño de gota para NEvan 1:1 con 5 minutos de US ($n = 3$).	41
Figura 17. Distribución de tamaño de gota para NEvan 1:1 con 10 minutos de US ($n = 3$).	42
Figura 18. Distribución de tamaño de gota para NEvan 1:1 con 15 minutos de US ($n = 3$).	42
Figura 19. Distribución de tamaño de gota para NEcin 1:1 con 5 minutos de US ($n = 3$).	44
Figura 20. Distribución de tamaño de gota para NEcin 1:2 con 5 minutos de US ($n = 3$).	44
Figura 21. Distribución de tamaño de gota para NEcin 1:1 con 10 minutos de US ($n = 3$).	45
Figura 22. Distribución de tamaño de gota para NEcin 1:2 con 10 minutos de US ($n = 3$).	45

Figura 23. Distribución de tamaño de gota para NEcin 1:1 con 15 minutos de US ($n = 3$).	45
Figura 24. Distribución de tamaño de gota para NEcin 1:2 con 15 minutos de US ($n = 3$).	45
Figura 25. Inactivación de <i>E. coli</i> frente a las diferentes concentraciones de vainillina (NE-van) y cinamaldehído (NE-cin) nanoencapsulados.....	47
Figura 26. Inactivación de <i>L. innocua</i> frente a las diferentes concentraciones de vainillina (NE-van) y cinamaldehído (NE-cin) nanoencapsulados.	48
Figura 27. Recuento de aerobios mesófilos (RAM) de las bebidas durante el almacenamiento en refrigeración.....	51
Figura 28. Recuento de hongos de las bebidas durante el almacenamiento en refrigeración.	52
Figura 29. Recuento de levaduras de las bebidas durante el almacenamiento en refrigeración.....	53
Figura 30. Repetición de características percibidas por panelistas en sesión 1.	57
Figura 31. Estudio en el tiempo de conservación para muestras del grupo C.	63
Figura 32. Sabor residual de cada muestra del grupo C.....	64
Figura 33. Estudio en el tiempo de conservación para muestras del grupo V.....	66
Figura 34. Sabor residual de cada muestra del grupo V.	68
Figura 35. Gráfico de justo agrado para grupo C.....	74
Figura 36. Gráfico de justo agrado para grupo V.....	75
Figura 37. Análisis de correspondencia de datos CATA para grupo C.	80
Figura 38. Análisis de correspondencia de datos CATA para grupo V.....	81

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Clasificación de encapsulados de acuerdo con el tamaño de partícula.	8
Tabla 2. Condiciones de los ensayos microbiológicos.	27
Tabla 3: Muestras agrupadas para evaluación sensorial.	30
Tabla 4. Descriptores a evaluar por parte del panel entrenado.	32
Tabla 5. Tamaño de gota de los sistemas microencapsulados.	39
Tabla 6. Caracterización de vainillina nanoencapsulado.	40
Tabla 7. Caracterización cinamaldehído nanoencapsulado.	43
Tabla 8. Caracterización de los ingredientes y bebida proteica con pH ajustado.	46
Tabla 9. Porcentaje de acierto para test de gustos básicos, umbral de identificación, interrelación de los sentidos, test de diferencias y de ordenamiento de los jueces seleccionados.	55
Tabla 10. Criterios de selección.	56
Tabla 11. Análisis estadístico de las sesiones de entrenamiento (<i>p – valores</i>).	59
Tabla 12. Análisis estadístico de test descriptivo para muestras del grupo C.	61
Tabla 13. Análisis estadístico de cada sesión realizada en test descriptivo para muestras del grupo V.	65
Tabla 14. Resultados de aceptabilidad en test con consumidores para cada grupo evaluado.	70
Tabla 15. Resumen ANOVA para preguntas de justo agrado (JAR).	71
Tabla 16. Resumen resultados ANOVA para intención de compra de grupo C y V.	76
Tabla 17. Porcentaje de intención de compra para muestras del grupo C y V.	77
Tabla 18. Resultados de Prueba Cochran's Q para grupo V y C.	78

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1: Diámetro inhibitorio de los extractos de antimicrobianos contra microorganismos probados (n=3)	92
Anexo 2: Límites para el crecimiento de <i>L. monocytogenes</i> cuando las condiciones están cercanas al óptimo.....	92
Anexo 3: Diagrama de flujo de la elaboración de WPC en diferentes concentraciones. ..	93
Anexo 4: Estacionalidad de los diferentes géneros de manzana chilena	93
Anexo 5: Normas UNE de análisis sensorial	94
Anexo 6: Preguntas de la encuesta para convocatoria de panelistas.....	94
Anexo 7: Hoja de respuesta para sesión 1 de entrenamiento.	96
Anexo 8: Hoja de respuesta de sesión de entrenamiento y test descriptivo.	97
Anexo 9: Hoja maestra para análisis descriptivo.	98
Anexo 10: Aleatorización de muestras para test de perfil descriptivo.	98
Anexo 11: Primera parte cuestionario de consumidores.....	99
Anexo 12: Segunda parte de cuestionario para consumidores.....	99
Anexo 13: Resultados de las temperaturas registradas en la elaboración de encapsulaciones.	101
Anexo 14: Datos obtenidos para caracterización de bebida proteica.	101
Anexo 16: Datos panelistas test descriptivo.	102
Anexo 17: Resultados de test gustos básicos.	102
Anexo 18: Resultados test de interrelación de los sentidos.....	102
Anexo 19: Resultados de test de umbral de identificación.....	103
Anexo 20: Resultados de test de diferencias.....	103
Anexo 21: Resultados test de ordenamiento de colores.....	103
Anexo 22: Tarjetas para panelistas sesión 3.....	104
Anexo 23: Resumen ANOVA de test descriptivo para grupo C.....	105
Anexo 24: Resumen ANOVA de test descriptivo para grupo V.	105
Anexo 25: Genero de encuestados y consumidores fumadores.....	106
Anexo 26: Alergias o intolerancia alimenticias de encuestados.....	106
Anexo 27: Edad de consumidores.	107

Anexo 28: Gráficos de Justo agrado para grupo C.....	107
Anexo 29: Gráficos de Justo agrado para grupo V.	108

RESUMEN

Según diversos estudios, la elección de alimentos está fuertemente influenciada por los beneficios que estos ofrecen para la salud, con una clara preferencia por aquellos que no están procesados y son de origen natural. Los alimentos ricos en carbohidratos, proteínas y otros nutrientes son vulnerables a la contaminación por microorganismos como *L. innocua* y *E. coli*. En respuesta, la industria alimentaria emplea antimicrobianos sintéticos para combatir estos patógenos. Sin embargo, actualmente el uso de antimicrobianos químicos enfrenta un creciente rechazo por parte de los consumidores, lo que ha impulsado el interés de la industria alimentaria por utilizar antimicrobianos de origen natural. Aunque estos compuestos han sido ampliamente estudiados, su aplicación directa a menudo resulta ineficaz debido a incompatibilidades fisicoquímicas con la matriz alimentaria, lo que puede causar separación de fases o alterar las características sensoriales del producto final.

Este estudio tiene como objetivo desarrollar sistemas nanoencapsulados de vainillina y cinamaldehído (NE-cin y NE-van), evaluar su actividad antimicrobiana frente a *E. coli* y *L. innocua* inoculados en una bebida saborizada, y realizar un estudio comparativo del perfil sensorial y la percepción en la bebida por parte de los consumidores, respecto de los antimicrobianos microencapsulados (ME-cin y ME-van)

Los sistemas nanoencapsulados se caracterizaron a través del tamaño de gota, potencial Z e índice de polidispersidad para determinar la proporción más estable (1:1 o 1:2). Se evaluó la efectividad contra *E. coli* y *L. innocua* en bebidas proteicas durante 14 días, usando concentraciones de 0,75 y 1 g/L para NE-cin, y concentraciones 1 y 1,5 g/L para NE-van.

En cuanto a la evaluación sensorial, se entrenó a 9 panelistas para realizar un test descriptivo y obtener el perfil descriptivo de las muestras, que incluían bebidas con y sin antimicrobiano. Además, se llevó a cabo una prueba con consumidores para medir aceptabilidad, justo agrado, intención de compra y se realizó una prueba CATA (Check all that applies).

Los resultados mostraron que las proporciones 1:1 y 1:2 de NE-cin no presentaron diferencias significativas en tamaño de gota, pero sí en el índice de polidispersidad y potencial Z. En contraste, NE-van mostró diferencias en tamaño de gota, índice de

polidispersidad y potencial Z. En base a estos resultados se seleccionaron la proporción 1:1 de NE-cin con 5 minutos de ultrasonido (US) y la proporción 1:1 de NE-van con 10 minutos de US como los sistemas estimativamente más estables.

En cuanto a la actividad antimicrobiana, ambos antimicrobianos mostraron mayor eficacia contra *L. innocua* que contra *E. coli*. El cinamaldehído nanoencapsulado demostró una acción antimicrobiana significativamente más efectiva que la vainillina, logrando hasta 5 ciclos logarítmicos de reducción al día 12 para *L. innocua* y al día 14 para *E. coli*. La vainillina nanoencapsulada alcanzó entre 1,4 - 2,0 y 1,2 - 1,7 ciclos logarítmicos de reducción de *L. innocua* y *E. coli*, respectivamente. No hubo diferencias significativas entre las 2 concentraciones de cada nanoencapsulado evaluadas, por lo que se seleccionaron las concentraciones 1 g/L NE-van y 0,75 g/L NE-cin para los siguientes ensayos.

El análisis descriptivo reveló que la bebida proteica adicionada con antimicrobianos naturales experimentó cambios sensoriales durante el tiempo de almacenamiento. La muestra control se caracterizó por presentar un aroma y sabor a manzana cocida y lácteo, mientras que las muestras con antimicrobianos presentaron el aroma y sabor correspondientes a los nano o microencapsulados utilizados. No obstante, las muestras con nanoencapsulados lograron preservar mejor estas características en comparación con las muestras con microencapsulados.

En la prueba con consumidores, las muestras con vainillina fueron evaluadas de manera más favorable que aquellas que contenían cinamaldehído. En la prueba CATA, se observó que las muestras con cinamaldehído causaron sensaciones de picor y astringencia, mientras que las de vainillina se describieron con un aspecto lechoso. A pesar de esto, ninguna de las muestras fue recomendada a amigos o familiares.

En conclusión, el cinamaldehído y la vainillina nanoencapsulados en proporción 1:1 demostraron ser estables, siendo el cinamaldehído nanoencapsulado más efectivo frente a *L. innocua* y *E. coli*. Además, los antimicrobianos naturales aportaron características sensoriales distintivas a la bebida proteica, enmascarando el aroma y sabor del WPC y la manzana cocida.

ABSTRACT

According to various studies, food choices are strongly influenced by the health benefits they offer, with a clear preference for unprocessed and natural products. Foods rich in carbohydrates, proteins, and other nutrients are vulnerable to contamination by microorganisms such as *L. innocua* and *E. coli*. In response, the food industry employs synthetic antimicrobials to combat these pathogens. However, the use of chemical antimicrobials is currently facing increasing rejection from consumers, prompting the food industry to explore the use of natural antimicrobials. Although these compounds have been extensively studied, their direct application often proves ineffective due to physicochemical incompatibilities with the food matrix, which can lead to phase separation or alter the sensory characteristics of the final product.

This study aims to develop nanoencapsulated systems of vanillin and cinnamaldehyde (NE-cin and NE-van), evaluate their antimicrobial activity against *E. coli* and *L. innocua* inoculated in a flavored beverage, and conduct a comparative study of the sensory profile and consumer perception of the beverage regarding the microencapsulated antimicrobials (ME-cin and ME-van).

The nanoencapsulated systems were characterized by droplet size, Z potential, and polydispersity index to determine the most stable ratio (1:1 or 1:2). The effectiveness against *E. coli* and *L. innocua* in protein beverages was evaluated over 14 days, using concentrations of 0.75 and 1 g/L for NE-cin, and 1 and 1.5 g/L for NE-van.

For the sensory evaluation, nine panelists were trained to conduct a descriptive test and obtain the sensory profile of the samples, which included beverages with and without antimicrobials. Additionally, a consumer test was conducted to measure acceptability, just about right (JAR), and purchase intention, as well as a Check All That Applies (CATA) test.

The results showed that the 1:1 and 1:2 ratios of NE-cin did not present significant differences in droplet size, but did in the polydispersity index and Z potential. In contrast, NE-van exhibited differences in droplet size, polydispersity index, and Z potential. Based on these results, the 1:1 ratio of NE-cin with 5 minutes of ultrasound (US) and the 1:1 ratio of NE-van with 10 minutes of US were selected as the most stable systems.

Regarding antimicrobial activity, both antimicrobials showed greater efficacy against *L. innocua* than against *E. coli*. Nanoencapsulated cinnamaldehyde demonstrated significantly more effective antimicrobial action than vanillin, achieving up to 5 logarithmic cycles of reduction by day 12 for *L. innocua* and by day 14 for *E. coli*. Nanoencapsulated vanillin reached reductions of 1.4 - 2.0 and 1.2 - 1.7 logarithmic cycles for *L. innocua* and *E. coli*, respectively. There were no significant differences between the two concentrations of each nanoencapsulated compound evaluated, so the concentrations of 1 g/L NE-van and 0.75 g/L NE-cin were selected for the subsequent tests.

The descriptive analysis revealed that the protein drink with added natural antimicrobials underwent sensory changes during storage. The control sample was characterized by a cooked apple and dairy aroma and flavor, while the samples with antimicrobials exhibited the aroma and flavor corresponding to the nano or microencapsulation used. However, the samples with nanoencapsulation better preserved these characteristics compared to the samples with microencapsulation.

In the consumer test, the samples with vanillin were rated more favorably than those containing cinnamaldehyde. In the CATA test, it was observed that the cinnamaldehyde samples caused sensations of tingling and astringency, while the vanillin samples were described as having a milky appearance. Despite this, neither of the samples was recommended to friends or family.

In conclusion, the cinnamaldehyde and vanillin nanoencapsulated in a 1:1 ratio were stable, with nanoencapsulated cinnamaldehyde being more effective against *L. innocua* and *E. coli*. Furthermore, the natural antimicrobials contributed distinctive sensory characteristics to the protein drink, masking the aroma and flavor of the WPC and cooked apple.

I. MARCO TEÓRICO

I.1. Consumidor actual

El principal objetivo del procesamiento de alimentos es proveer bienestar al ser humano por medio de alimentos inocuos, nutricionalmente adecuados y que cubran las expectativas organolépticas. Es por esto que el deseo de la sociedad moderna es consumir alimentos frescos, aumentando la popularidad de los alimentos mínima o parcialmente procesados. Este tipo de alimentos siguen los pasos mínimos de preparación, tratando de cambiar lo menos posible las cualidades de “alimento fresco” en la medida que sea posible, pero al mismo tiempo haciéndolo un alimento seguro y con una vida de anaquel suficiente para llegar a ser consumido (Rodríguez, 2011). La **Figura 1** muestra la clasificación y definición de los alimentos según su proceso de elaboración.

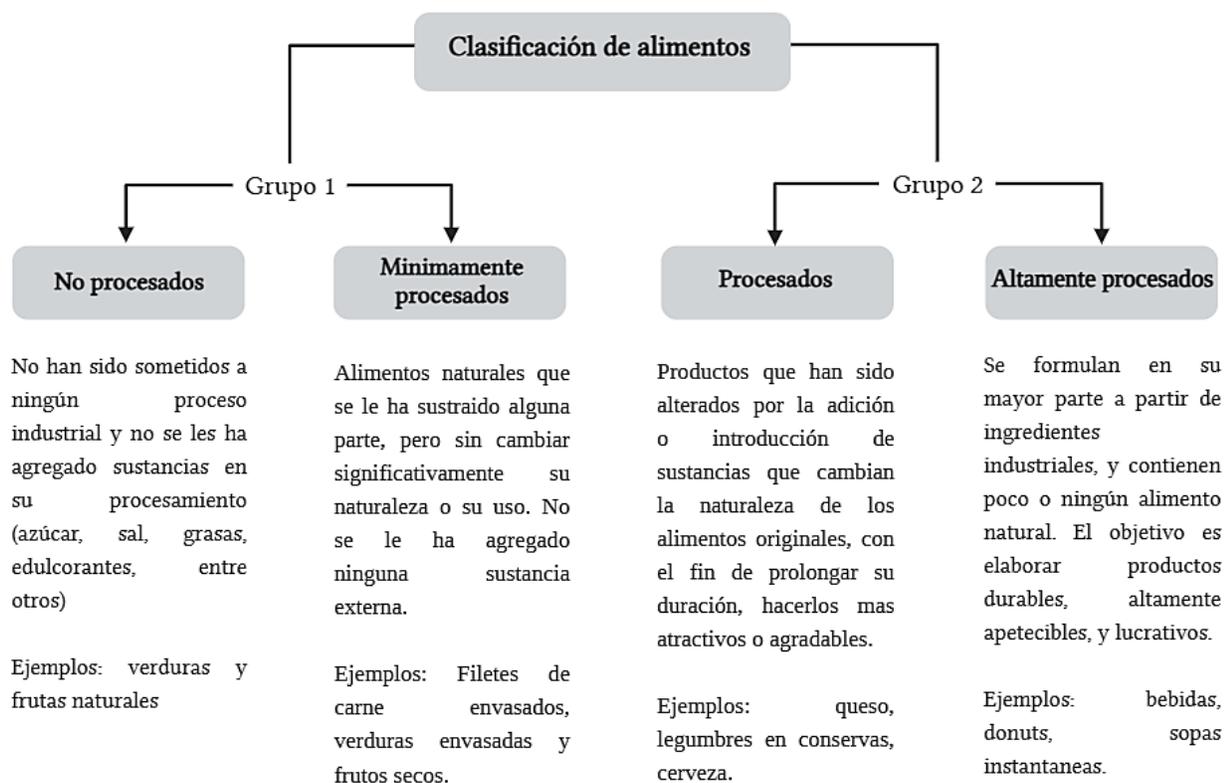


Figura 1. Clasificación de alimentos de acuerdo con el proceso de elaboración.

Fuente: Elaboración propia con información extraída de OPS Ecuador (2022). Realizado con Biorender.

Hoy en día existe un nuevo tipo de consumidor que opta por productos saludables y que se interesa por el consumo de productos más sustentables, que hayan sido producidos en condiciones amigables con el medio ambiente, que sean económicamente asequibles, naturales y con la menor cantidad de procesos (intervención). Según varios estudios realizados en países desarrollados, los factores que más sobresalen a la hora de explicar la elección por comprar comida son los beneficios de salud, la disponibilidad de los productos y factores demográficos como el sexo, la edad, y en algunos casos el nivel socioeconómico, principalmente relacionado con el mayor precio de los productos más naturales (Farías, 2018). Estos consumidores se destacan por buscar opciones que se adapten a su estilo de vida y necesidades. Además, prefieren seleccionar sus alimentos de manera cuidadosa, siendo los productos orgánicos, locales, sustentables y con empaques reciclables su primera opción (Carrillo, 2022).

La principal causa de deterioro de los alimentos es el ataque por diferentes tipos de microorganismos. El problema del deterioro microbiano de los alimentos tiene implicaciones económicas evidentes, tanto para los fabricantes como para distribuidores y consumidores. El uso de antimicrobianos (conservadores) es una práctica común en la industria de los alimentos, por muchos años se han utilizado antimicrobianos sintetizados químicamente que son muy efectivos. Sin embargo, éstos al ser de origen químico, no concuerda con lo exigido por los consumidores actuales, por lo cual ha surgido la necesidad de buscar otras opciones. En esta búsqueda se han encontrado nuevos agentes antimicrobianos de origen natural, como sustitutos de los tradicionalmente utilizados (Rodríguez, 2011). En este sentido, las fuentes naturales (plantas, microorganismos, algas, entre otros.) resultan de gran interés por la diversidad de compuestos químicos o metabolitos secundarios que ofrecen y por las probadas propiedades antimicrobianas que poseen muchos de ellos (Díaz et al., 2021).

I.2. Antimicrobianos naturales

Los antimicrobianos naturales son una serie de compuesto obtenidos de la naturaleza que tienen propiedades antimicrobianas y se pueden obtener de diversas fuentes, desde plantas

a animales, pasando por bacterias, algas y hongos, los cuales se pueden clasificar según su origen y estructura química (Guardiola y Jiménez, 2020). Se caracterizan por su contenido de fenoles y flavonoides totales, por ser compuestos muy volátiles e hidrofóbicos (Munera, 2020).

Los antimicrobianos de origen vegetal se han utilizado en la medicina tradicional como condimentos alimentarios y conservantes. Los compuestos utilizados son principalmente metabolitos secundarios de algunas plantas que poseen diversos beneficios, incluyendo las propiedades antimicrobianas (Guardiola y Jiménez, 2020). Algunos ejemplos de antimicrobianos naturales son la vainillina y el cinamaldehído, los cuales se pueden extraer de la vaina de vainilla (*Vanilla planifolia*) y de la corteza del canelo (*Cinnamomum verum*) respectivamente. Según el estudio realizado en Ben-Fadhel et al. (2019) algunos antimicrobianos naturales son efectivos frente a *Listeria monocytogenes*, *Staphylococcus aureus*, *Enterococcus faecium*, *Bacillus subtilis*, *Escherichia coli* y *Salmonella Typhimurium* (anexo 1).

Los aceites esenciales obtenidos de fuentes naturales son conocidos por su propiedad antimicrobiana, por su elevada volatibilidad, por ser fragantes y de consistencia aceitosa. Los aceites esenciales de varias plantas han demostrado, *in vitro*, capacidad antimicrobiana variable contra bacterias grampositivas y gramnegativas (Bermúdez et al., 2019). Además, según Barssolé y Juliani, (2012), estos aceites también han demostrado capacidad antimicrobiana al ser adicionados a diferentes tipos de alimentos como carnes, pescado, lácteos, entre otros, aunque en cantidades mucho mayores a las utilizadas *in vitro*. Perricone et al. (2015) indica que su aplicación como preservante en la industria de alimentos puede verse limitado, ya que su actividad biológica puede ser reducida por algunos componentes de los alimentos, además del pH, la temperatura, el tipo de procesamiento o el envase, al que son expuestos los alimentos, y por la flora microbiana acompañante, que juegan un papel importante en la modulación del efecto antimicrobiano de estos aceites esenciales.

La desventaja que presentan los antimicrobianos naturales es que su dosificación directa a la matriz alimentaria no es un método muy eficaz, ya que las propiedades fisicoquímicas, en ocasiones son incompatibles con la matriz alimentaria y a su vez, estos compuestos

naturales le aportan características sensoriales como diferente aroma o sabor al producto final. Debido a esto, una manera de incorporar un antimicrobiano natural a una matriz de alimentos acuosa, es a través de encapsulaciones, este sistema hace que se mejore y/o aumente su actividad antimicrobiana y estabilidad en el producto, a su vez minimiza el impacto en los atributos sensoriales del producto final. [Fernández y Talens \(2015\)](#) indican que el uso de una encapsulación con antimicrobianos naturales mejora la compatibilidad con la matriz de los alimentos, facilita el almacenamiento y utilización, retrasa la degradación química, enmascara olores extraños y/o aumenta su eficacia.

El mecanismo de ataque de los antimicrobianos dentro de una célula se lleva a cabo sobre partes y/o funciones importantes para la sobrevivencia. Puede afectar la pared celular, membrana celular, la síntesis de proteína, su material genético y en la síntesis de su ADN. Esto puede causar daños irreparables al microorganismo. De varios de los antimicrobianos no se conoce aún su modo de acción, pero al actuar de forma diferente, las combinaciones de estos pueden llevar a resultados aditivos o incluso sinérgicos ([Rodríguez, 2011](#)).

I.2.1. Vainillina

La vainillina (4-hidroxi-3-metoxibenzaldehído) es el principal compuesto fenólico extraído de las vainas de *Vanilla planifolia* dándole el aroma y sabor característico. Tiene propiedades bioactivas, antioxidantes y antibacterianas, y también se ha sugerido como un inhibidor eficaz de levaduras y mohos ([Ponce et al., 2022](#)). Su estructura química se muestra en la **Figura 2**.

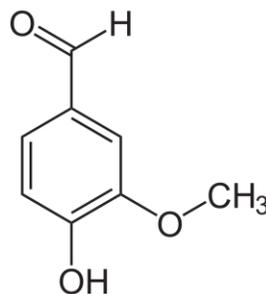


Figura 2. Molécula de Vainillina.

Fuente: Google.

Mendoza et al. (2016) indican que los extractos de *Vainillina planifolia* tienen un mayor efecto inhibitorio contra *S. aureus* en comparación con los extractos de *Vainilla insignis*, siendo las concentraciones al 3,1% las correspondientes a la concentración mínima inhibitoria. A su vez, Cava (2013) demostró a través de su estudio que la incorporación de vainillina en la leche pasteurizada disminuyó la termorresistencia de *Listeria monocytogenes*, incrementando la tasa de muerte, también se indica que tiene un efecto antimicrobiano frente a *Escherichia coli* O 157:H7.

La actividad antimicrobiana de los compuestos químicos presentes en la vainillina, tiene una actividad antimicrobiana que no se atribuye a un mecanismo específico; sin embargo, existen algunos sitios de acción en la célula donde puede ocurrir algún efecto como el daño a la membrana citoplasmática; la degradación de la pared celular; el daño a las proteínas; el daño en la filtración del contenido celular; la interferencia en la membrana celular, ya que al destruir su carácter semipermeable, inhibe el intercambio metabólico del microorganismo con el medio; la inhibición de la biosíntesis de los ácidos nucleicos o pared celular; y el daño del material genético (Ramírez, 2018).

La FAO y la OMS establecen una IDA condicional de 0 – 10 mg/kg de peso corporal. Estas organizaciones indican que en Europa hay una ingesta diaria per cápita de 55 mg de vainillina, en cambio, en EE. UU. hay una ingesta diaria per cápita de 150 mg de vainillina. Por otro lado, estos compuestos han demostrado que se absorben rápidamente en el intestino, se metabolizan en el hígado y se excretan en la orina (OMS, 2002). La FDA por su parte, autoriza este compuesto (CAS 121-33-5) como un aditivo seguro para ser utilizado en la producción de alimentos (SAG, 2006).

I.2.2. Cinamaldehído

El cinamaldehído (trans-3-fenilpropenal) se obtiene de plantas del género *Cinnamomum* y se puede extraer de la corteza de la canela. Este compuesto orgánico es viscoso, de color amarillento pálido y otorga el sabor y olor característico de la canela, presenta propiedades antimicrobianas y antidiabéticas (Sánchez, 2013). En la **Figura 3** se presenta la molécula de cinamaldehído, esta está formada por un grupo fenilo enlazado a un aldehído insaturado, razón por la cual tiene aromaticidad, a su vez presenta un doble enlace conjugado lo que le

proporciona geometría a este compuesto plano y además, es de baja solubilidad en medios acuosos (Carbajo, 2013).

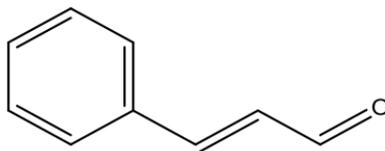


Figura 3. Molécula de Cinamaldehído.

Fuente: Sánchez, 2013.

Algunos estudios han demostrado ser eficaces frente a diferentes microorganismos, por ejemplo Cava (2013) demostró a través de su estudio que la incorporación de cinamaldehído en la leche pasteurizada presenta una mayor actividad inhibitoria frente a *E. coli* O157:H7 en comparación con los aceites esenciales de corteza de canela, eugenol, los aceites esenciales de clavo, los aceites esenciales de hojas de canela y la vainillina. Lara et al., (2016) han demostrado que el cinamaldehído posee una acción bactericida notable *in vitro* contra bacterias gram negativas aisladas de dalias comestibles.

Lizi et al., (2020) indican que el cinamaldehído tiene una fuerte actividad antibacteriana contra *A. hydrophila in vitro* y que su mecanismo bacteriostático se manifiesta principalmente destruyendo la integridad de la estructura celular e interfiriendo con la biosíntesis del ADN y el metabolismo de las proteínas, así como con el metabolismo celular.

La FAO y la OMS establecen una IDA condicional de 0 – 0,7 mg/kg de peso corporal, sin embargo, esta IDA condicional no se considera porque no hay estudios que demuestren que su consumo sea un riesgo para la salud de las personas. Estas organizaciones indican que en Europa se permite una ingesta diaria per cápita de 2,5 mg de cinamaldehído, en cambio, en EE.UU. se acepta una ingesta diaria per cápita de 59 mg de cinamaldehído. Por otro lado, estos compuestos han demostrado que se absorben rápidamente en el intestino, se metabolizan y se excretan principalmente en la orina y, en menor medida, en las heces (OMS 2001). La FDA por su parte, autoriza este compuesto (CAS 104-55-2) como un aditivo seguro para ser utilizado en la producción de alimentos (SAG, 2006).

I.3. Encapsulaciones

La encapsulación se define como el proceso en el que compuestos bioactivos quedan atrapados dentro de materiales de recubrimiento para formar cápsulas. La encapsulación puede ser usada en la industria alimentaria para estabilizar los ingredientes y/o aumentar la biodisponibilidad de los nutrientes, mejorar las propiedades sensoriales de los alimentos mediante el enmascaramiento de componentes, así como proteger compuestos bioactivos como los antimicrobianos naturales. La encapsulación permite reducir las interacciones de los compuestos encapsulados con agentes externos o componentes de los alimentos y permite tener un mayor control sobre las reacciones químicas y sobre la liberación de los compuestos en los lugares de acción. Además, permite aumentar la eficacia de los compuestos encapsulados debido a que estos consiguen una mayor estabilidad física y química y alcanzan una mayor compatibilidad con las matrices alimentarias, permitiendo por ejemplo que compuestos lipofílicos como son los aceites esenciales se dispersen uniformemente en fases acuosas ([Martínez et al., 2020](#)).

Las nanoemulsiones, microemulsiones, liposomas, nanopartículas de lípidos sólidos o nanofibras son diversos soportes orgánicos que pueden ser usados para la encapsulación de compuestos bioactivos.

Las emulsiones son sistemas de al menos dos fases donde un líquido se dispersa en otro líquido en forma de pequeñas gotitas, cabe mencionar que estos líquidos son inmiscibles. Dependiendo de la naturaleza de las fases dispersa y continua, las emulsiones se clasifican como O/W (aceite en agua) o W/O (agua en aceite), sin embargo, también hay casos donde se generan múltiples emulsiones como W/O/W y O/W/O ([Díaz, 2023](#)). Las encapsulaciones son termodinámicamente inestables y por ello se requiere aplicar energía para su formación, ya que tienden a la separación de fases ([Lendínez, 2015](#)).

Las diferentes propiedades de las encapsulaciones, tales como la estabilidad, el comportamiento reológico, la viscosidad y el color, van a depender directamente de diferentes parámetros como el tamaño de partícula. En la **Tabla 1**, se clasifican las encapsulaciones dependiendo de su tamaño de partícula.

Tabla 1. Clasificación de encapsulados de acuerdo con el tamaño de partícula.

Tipo de encapsulados	Tamaño de partícula
Macroencapsulados	10 – 100 [μm]
Microencapsulados	0,1 – 10 [μm]
Nanoencapsulados	0,1 – 500 [nm]

Fuente: Elaboración propia con información extraída de [Marquez y Aguirre, \(2018\)](#) y [Gómez \(2014\)](#).

La diferencia fundamental entre micro y nanoencapsulados se basa en la estabilidad termodinámica, donde se conoce que los nanoencapsulados son termodinámicamente inestables. No obstante, una vez alcanzado su equilibrio permanecen durante mucho tiempo sin ser alteradas ya que su estabilidad cinética aumenta ([Requena, 2018](#)).

Las nanoencapsulados dispersiones coloidales, que poseen un tamaño de gota muy pequeño y baja polidispersidad que, generalmente, les confiere alta estabilidad cinética y apariencia translúcida en comparación con los microencapsulados. Estas características han hecho a los nanoencapsulados objeto de numerosas aplicaciones, ya que pueden actuar como vehículos o sistemas de administración para compuestos lipofílicos tales como: nutracéuticos, fármacos, antioxidantes y agentes antimicrobianos ([Marquez y Aguirre, 2018](#)).

I.4. Estabilidad de las encapsulaciones

El término estabilidad de la encapsulación se refiere a la capacidad de una encapsulación para resistir los cambios en sus propiedades fisicoquímicas en el tiempo; cuanto mayor es la estabilidad, más extenso es el tiempo necesario para alterar sus propiedades ([Álvarez, 2013](#)). Las encapsulaciones son sistemas termodinámicamente desfavorables que tienden a romperse con el tiempo ([Fernández y Tales, 2015](#)), mediante una variedad de mecanismos fisicoquímicos ([Gómez, 2014](#)). En la **Figura 4** se muestra un esquema de los siguientes mecanismos:

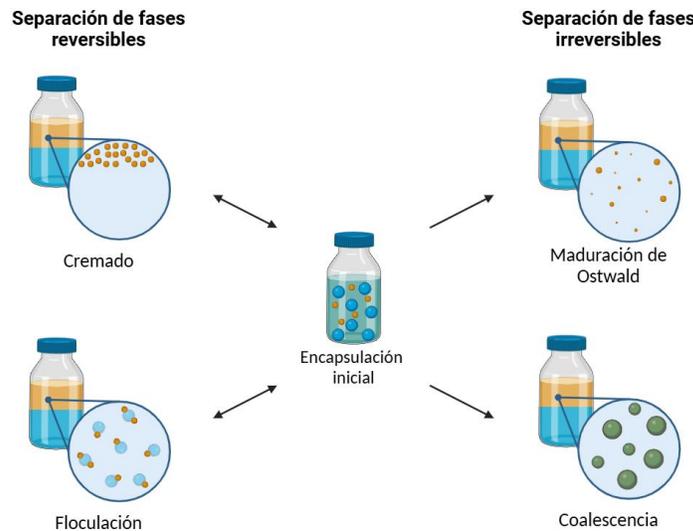


Figura 4. Tipos de inestabilidad en encapsulación

Fuente: Elaboración propia con información extraída de [Lendínez, 2015](#). Utilizando programa Biorender.

- a) Cremado/sedimentación: es un proceso causado por la acción de la gravedad en el que las gotas se concentran sin variar la distribución del tamaño de estas, ocurre cuando la fase dispersa se concentra en la parte superior, causada por el movimiento de las gotas que poseen una densidad inferior a la de la fase continua. Es un proceso reversible.
- b) Floculación: las gotas se adhieren sin fusionarse, ocurre debido a que la energía cinética que se libera por las colisiones lleva a las gotas hacia donde las fuerzas atractivas operan ocasionando que las gotas se peguen unas a otras. Es un proceso reversible
- c) Coalescencia: las gotas se fusionan formando otras más grandes. Es un proceso irreversible.
- d) Maduración de Ostwald: se debe a la difusión molecular del componente de la fase dispersa a través de la fase dispersante, ocurre desde las gotas pequeñas hacia las grandes, hasta que las pequeñas desaparecen. La velocidad de este proceso está en

función de la solubilidad de la fase dispersa en la fase continua, aumentando con la temperatura.

La inestabilidad de las encapsulaciones puede ocurrir como combinación de los cuatro mecanismos (Gómez, 2014). Sin embargo, este fenómeno se puede retardar incorporando agentes encapsulantes, moléculas tensioactivas, poliméricas o partículas sólidas (Lendínez, 2015). El uso de estos compuestos minimiza o evita la separación de fases, o la retrasa, ya que aumenta su estabilidad cinética (Gómez, 2014). En la **Figura 5** se describen los diferentes agentes encapsulantes.

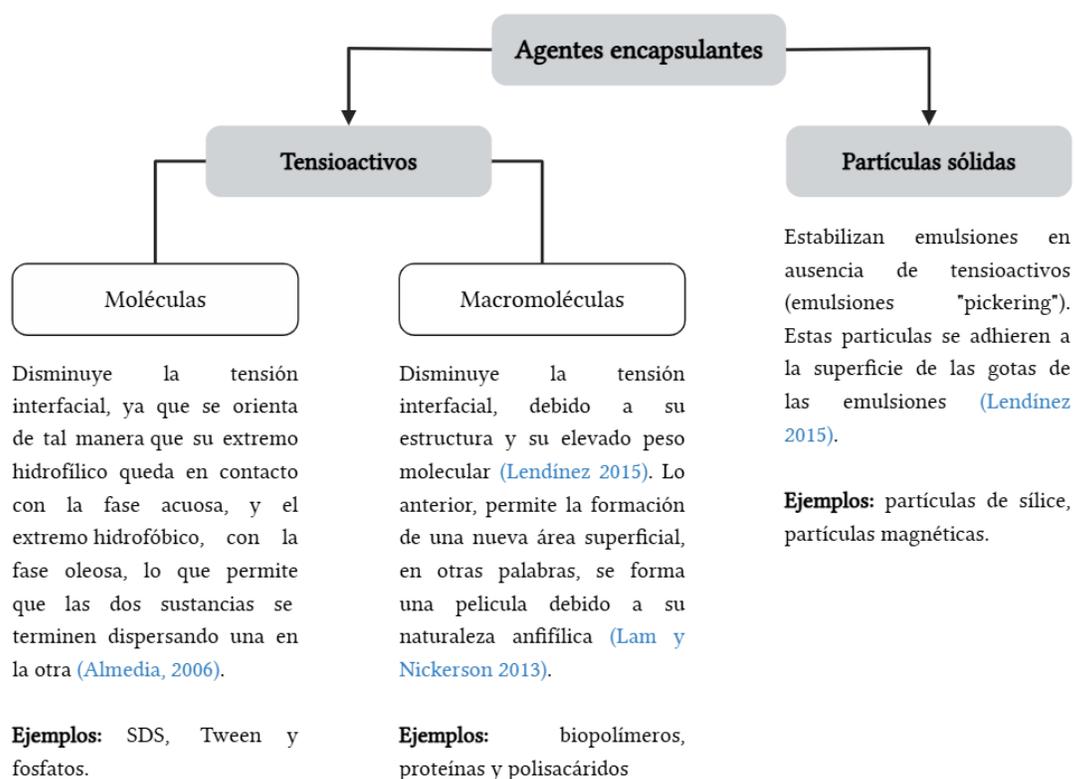


Figura 5. Clasificación y descripción de los diferentes encapsulantes.

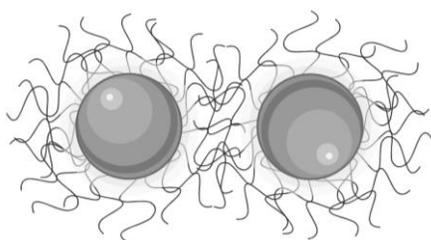
Fuente: Elaboración propia con información extraída de Almedia (2006), Lam y Nickerson (2013), y Lendínez (2015). Utilizando programa Biorender.

I.5. Proteínas como agente encapsulante

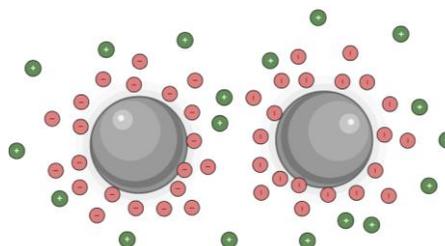
La mayoría de los compuestos aromáticos como la vainillina y el cinamaldehído son de naturaleza hidrofóbica, por lo que su interacción con las proteínas es predominante por unión hidrofóbica y reversible. A su vez, pueden unirse irreversiblemente a través de enlaces covalentes, incluida la formación de amidas y ésteres, la condensación de aldehídos con amino (formación de la “base Schiff”) y grupos sulfhidrilo (-SH) (Zhao et al., 2022).

Las proteínas son macromoléculas biológicas constituidas por aminoácidos y juegan un papel importante en la textura, el sabor, el color y la nutrición de los alimentos, ya que éstas interactúan química o físicamente con polisacáridos, compuestos aromáticos, polifenoles y ácidos grasos. Estas interacciones pueden alterar las características sensoriales, estructurales, funcionales y nutricionales de los alimentos (Zhao et al., 2022). Las proteínas en una encapsulación forman películas gruesas y flexibles que están fuertemente ancladas en la interfaz, teniendo dos mecanismos principales de estabilización, la estabilización estérica y la repulsión electrostática (Castro et al., 2017).

La estabilización estérica, se forma debido a la absorción de moléculas grandes como los polímeros en la superficie de la partícula (Villalpando, 2018), es decir que, dependiendo del tamaño de la proteína, su estructura y la libertad conformacional que posea va a restringir físicamente la unión de las gotas, aumentando la viscosidad de la encapsulación. Por otra parte, la repulsión electrostática es el resultado de la interacción entre las dobles capas eléctricas que rodean las partículas o gotas, cuando estas capas se comienzan a superponer es cuando ocurre la repulsión (Castro et al., 2017).



Estabilización estérica



Estabilización electrostática

Figura 6. Mecanismos principales de estabilización de proteínas en encapsulación.

Fuente: Elaboración propia con información extraída de (Villalpando, 2018). Utilizando programa Biorender.

I.5.1. Suero de leche

El lactosuero o suero de leche es el líquido que se separa durante la obtención del queso y contiene los componentes que no se integran en la coagulación de la caseína. Las grandes industrias lácteas utilizan el lactosuero para producir concentrado de proteína de suero de leche (WPC) y aislado de proteína de suero de leche (WPI). El WPC se puede elaborar (**anexo 3**) a diferentes concentraciones proteicas, en primera instancia, el lactosuero se somete a un pretratamiento que consisten en la microfiltración del suero ya pasteurizado y clarificado para eliminar al máximo las sustancias grasas y no perjudicar el proceso posterior de ultrafiltración, finalmente el concentrado es sometido a un proceso de secado por atomización en los que la temperatura del aire a la entrada está en el rango de 175°C – 190°C (Coto, 2014). La concentración de proteínas puede ir del 29 al 89%, cabe mencionar que el producto contiene cierto porcentaje de grasa e hidratos de carbono, por lo que es considerado una fuente de energía, nutrientes y proteínas de buena calidad, no está libre de lactosa. Su uso en la industria alimentaria aporta propiedades funcionales como encapsulante agente de volumen y textura, además enriquece las formulaciones aportando proteínas, se ha usado en la panificación, bebidas lácteas, yogurth, helados, suplementos alimenticios, entre otros (Pochteca, 2016). Este producto alimenticio tiene un pH entre 5,8 – 6,6, °Brix 6,6 y acidez titulable entre 0,1 – 0,4 (Hannibal et al., 2015). El WPI, por su parte, se puede obtener principalmente por dos métodos: tecnología de membranas o por intercambio iónico. Las membranas de microfiltración son diseñadas para retener las grasas presentes en el lactosuero concentrado y las membranas ultrafiltración se utilizan para retener las proteínas separándolas de lactosa y otras impurezas presentes en el lactosuero, lo anterior, difiere del WPI obtenido por intercambio iónico, ya que, en este caso no hay modificación química de las proteínas. Ambas tecnologías producen el WPI en un estado líquido que posteriormente es secado por atomización (Coto, 2014). La concentración de proteínas puede ir del 90 a 94%, cabe mencionar que el producto no contiene grasa, hidratos de carbono, lactosa ni colesterol por lo que es considerado una fuente de aminoácidos esenciales que promueven el crecimiento muscular, el cual es ideal para elaborar suplementos alimenticios especializados o alimentos funcionales aptos para consumidores con intolerancia a la lactosa (Pochteca, 2016).

Actualmente las grandes industrias lecheras pueden utilizar y transformar el lactosuero, pero no es el caso de las queseras artesanales y las pequeñas empresas, ya que no poseen la tecnología adecuada para su reutilización. Estas últimas lo usan como alimento para animales de granja y el restante es desechado, causando problemas de contaminación en ríos y suelos ([Hannibal et al., 2015](#)).

Por otro lado, es importante mencionar que las proteínas se aplican ampliamente en la industria alimentaria, debido a sus propiedades funcionales, estas propiedades incluyen el espesamiento, la formación de espuma, la gelificación, la retención de agua, la emulsión y la capacidad de unirse a sabores y grasas ([Zhang et al., 2022](#)). Las proteínas del suero de leche contienen regiones hidrofóbicas e hidrofílicas las cuales se adsorben rápidamente en la interfase aceite - agua en forma de una película protectora, que proporciona soporte estructural para las gotas de aceite a través de una combinación de interacciones electrostáticas y estéricas. La superficie hidrofóbica influye en la capacidad de la proteína para adsorberse en el lado del aceite de la interfaz, donde una mayor integración generalmente conduce a una mayor capacidad encapsuladora. Por el contrario, la carga superficial de una proteína influye en su solubilidad dentro de la fase acuosa, donde se desea una alta solubilidad por tener mayores tasas de difusión a la interfase. Entonces, después de la formación de la película, las gotas pueden asumir una carga negativa o positiva dependiendo de si el pH de la encapsulación está por encima o por debajo del punto isoeléctrico de la proteína, respectivamente. Finalmente, la alta repulsión electrostática entre las gotas de aceite tiende a conducir a una mayor estabilidad de la encapsulación, mientras que en condiciones de pH cercanas al punto isoeléctrico de las proteínas domina la floculación o agregación de gotas, lo que conduce a la coalescencia e inestabilidad ([Castro et al., 2017](#)).

Sin embargo, las propiedades funcionales de las proteínas naturales generalmente no pueden satisfacer completamente las demandas de la producción industrial ([Zhang et al., 2022](#)). Por lo tanto, para satisfacer la producción industrial, se destaca el uso de técnicas de procesamiento no térmico como el ultrasonido (US) con el fin de maximizar la calidad de las proteínas naturales. El estudio de [Zhang et al. \(2022\)](#), evaluó el efecto del US (0 – 500 W) sobre las estructuras y propiedades de diferentes tipos de proteínas (Caseinato de sodio,

CAS; aislado de proteína de suero, WPI; aislamiento de proteína de garbanzo, CPI; y aislado de proteína de guisante, IBP), obtuvo que, al aumentar la potencia del US, se formaban poros en la superficie de las proteínas, siendo la coalescencia/floculación el principal mecanismo de desestabilización en proteínas naturales. [Costa et al. \(2021\)](#) utilizó una concentración al 10% de cinamaldehído junto a proteína de suero (WPI), goma arábiga (GA) o maltodextrina (MD) en diferentes proporciones, en este estudio se indica que las emulsiones que contenían GA fueron más inestables que las que contenían MD o WPI, las cuales mostraron una reducción del tamaño y la viscosidad de las gotas, permaneciendo estables durante al menos 7 días. [Sepúlveda et al. \(2024\)](#) elaboró encapsulaciones de cinamaldehído y vainillina con WPC, en proporciones 1:1 y 1:2, dentro de este estudio se realizaron ensayos de estabilidad durante un periodo de almacenamiento de 8 días a 4 °C y se demostró que las encapsulaciones de cinamaldehído y vainillina ocurren los fenómenos de clarificación, floculación/coalescencia y sedimentación.

I.6. Microorganismos

I.6.1. *Escherichia coli*

Escherichia coli es una bacteria que se encuentra normalmente en el intestino del ser humano y de los animales de sangre caliente. La mayoría de las cepas de *E. coli* son inofensivas. Sin embargo, algunas de ellas, como *E. coli* productora de toxina Shiga, pueden causar graves enfermedades a través de los alimentos ([OMS, 2018](#)). La bacteria se transmite al hombre principalmente por el consumo de alimentos contaminados, como productos de carne picada cruda o poco cocida, leche cruda, hortalizas y semillas germinadas crudas ([OMS, 2018](#)).

Esta bacteria se caracteriza por ser bacilos gramnegativos, no esporulados, fermentan glucosa y lactosa produciendo CO₂. Al ser una bacteria gramnegativa, consta de tres elementos característicos: la membrana citoplasmática, la membrana externa y, entre ambas, el peptidoglucano y el espacio periplásmico. Esta última estructura confiere a la bacteria su forma y rigidez, y le permite resistir presiones osmóticas ambientales relativamente elevadas. *E. coli* es una bacteria mesófila, su óptimo desarrollo se encuentra en el entorno de la temperatura corporal de los animales de sangre caliente (35 – 43°C). La

temperatura límite de crecimiento se sitúa alrededor de 7 °C, lo que indica que un control eficaz de la cadena de frío en las industrias alimentarias es esencial para evitar el crecimiento de *E. coli* en los alimentos que corresponda. La congelación tiene pocos efectos sobre la población de *E. coli* en el alimento, y no garantiza la destrucción de un número suficiente de bacterias viables para asegurar su inocuidad. Sin embargo, *E. coli* es sensible a temperaturas superiores a 70 °C, a partir de la cual son fácilmente eliminadas; por ello, es muy importante la pasteurización de alimentos para garantizar su eliminación como en leche, jugos, etc. Además de la temperatura, el pH y la actividad de agua pueden influir en la proliferación de *E. coli*. Las condiciones óptimas de desarrollo para estos parámetros son de 7,2 y 0,99 respectivamente. El desarrollo de *E. coli* se detiene a pH extremos (inferiores a 3,8, o superiores a 9,5), y valores de aw inferiores a 0,94. Por ello, el grado de acidez de un alimento puede constituir un factor de protección y garantizar su seguridad (Canet, 2016).

La FAO menciona que, debido a su alta presencia en el intestino, la *E. coli* se utiliza como el indicador principal para detectar y medir la contaminación fecal en la evaluación de la inocuidad del agua y de los alimentos. Por ende, cuanto mayor es la cantidad de *E. coli* en el alimento, mayor es la contaminación fecal. Cabe mencionar que la presencia de esta bacteria, indica que la contaminación se dio en cualquier etapa de la producción del alimento (Chavarría, 2017).

En los alimentos, las infecciones se han relacionado más comúnmente con productos lácteos y jugos no pasteurizados, carnes manipuladas y cocinada insuficientemente, frutas, embutidos fermentados, agua contaminada y vegetales crudos como la espinaca y lechuga (Chavarría, 2017).

Según Sánchez, (2013) el cinamaldehído posee propiedades antimicrobianas sobre varias bacterias grampositivas y gramnegativas, *Escherichia coli* es relativamente resistente a este antimicrobiano, utilizando una concentración inhibitoria mínima (MIC) y concentración bactericida mínima (CBM) entre 25 a 100 mg/ml y 125 a 250 mg/ml respectivamente. Por otra parte, Ponce et al., (2022) utilizo vainillina encapsulada al 10% p/v que junto a un tratamiento térmico a 58°C logro reducir 3,84 ciclos logarítmicos *E. coli* (ATCC 35218).

1.6.2. *Listeria spp.*

Listeria spp. es un microorganismo ubicuo encontrándose en todo el medio ambiente, así como en alimentos crudos o procesados hechos con leche no pasteurizada (ACHIPIA, 2017). Debido a su amplia distribución, este microorganismo tiene muchas oportunidades de contaminar alimentos en distintos pasos de la producción alimentaria, siendo ésta la vía más frecuente por la que el ser humano adquiere la infección (Oteo y Alós, nd.).

La especie que ha demostrado ser patógeno para el humano es la *L. monocytogenes*, la cual genera listeriosis en humanos y animales, teniendo una incidencia de 0,1 a 10 casos anuales por millón de personas, dependiendo del país y la región, aunque el número de casos es pequeño, la alta tasa de mortalidad de esta infección la convierte en un importante problema de salud pública (OMS, 2018^a).

Estas bacterias son bacilos grampositivos cortos, no esporulados, son anaerobios facultativos, son catalasas positivas y oxidasa negativa, no tiene cápsula y no son formadoras de esporas. *Listeria spp.* tiene la capacidad de adaptarse y sobrevivir a entornos extremos, creciendo en un intervalo de temperatura de -1,5 y 45°C, con una temperatura óptima de 30-37°C. Las temperaturas por encima de los 50°C son letales para este patógeno y la congelación también puede conducir a una reducción en el número de este microorganismo. En cuanto al pH y la actividad de agua óptima, esta bacteria crece en un amplio rango de pH de 4,0 a 9,6, mientras que el a_w óptimo es de hasta 0,90 (anexo 2) (ACHIPIA, 2017).

Los productos con más probabilidades de ser contaminados por *Listeria* es la leche cruda y sus derivados, la carne de cerdo con cocción deficiente, diferentes productos cárnicos como embutidos cocidos o curados, pescados, entre otros alimentos. El Ministerio de Salud informa en el año 2023 la detección de la bacteria *Listeria monocytogenes* en queso mantecoso laminado (MINSAL, 2023).

Un estudio realizado por Cava, (2013) analiza el efecto antimicrobiano de vainillina y cinamaldehído en la leche de vaca pasteurizada muestra que el efecto antimicrobiano de ambos AE es similar frente a *L. monocytogenes* y *E. coli* O157:H7. La menor MIC frente a *E. coli* O157:H7 la presentó el cinamaldehído en comparación con la vainillina. Este estudio menciona que la incorporación de vainillina en la leche disminuyó la termorresistencia de *L.*

monocytogenes, incrementando la tasa de muerte y disminuyendo la longitud del hombro de las curvas de destrucción térmica. A su vez, una concentración de 1600 ppm de cinamaldehído logro disminuir el ATP celular de *L. monocytogenes*.

I.7. Bebidas proteicas

La industria alimentaria constantemente se enfrenta a desafíos para aprovechar los subproductos y crear productos innovadores que sean de bajo precio y que cubran las necesidades de los consumidores. La incorporación de proteínas derivadas de la leche, como los concentrados proteicos de suero de leche (WPC), la caseína y el caseinato de sodio en la formulación de una bebida funcional proteica, lo convierte en un producto ideal para personas dedicadas a la actividad física por su alto contenido nutricional. El consumo de estas bebidas reduce la pérdida de masa muscular durante periodos de restricción calórica y produce efectos saciantes en periodos de dieta (Bacuilima, 2021).

I.8. Jugo de manzana

La manzana es la tercera fruta más producida en el mundo con una producción anual de 87,2 millones de toneladas en 2019. La mayoría de las manzanas se consumen directamente, solo el 20% se procesan en productos de valor agregado, como jugo de manzana, mermelada, puré, vino de manzana, vinagre y productos de manzana deshidratados (Yingying et al., 2022). Chile exporta manzanas durante todo el año, ya que posee más de 40 variedades diferentes de manzanas con diferente estacionalidad (**anexo 4**) (South Pacific Logistics, 2022).

En el procesamiento de jugos, las dos demandas principales son preservar la calidad organoléptica y lograr una clarificación del jugo que se pueda mantener durante su almacenamiento (Castro y Xavier, n.d.), es por ello, que el jugo de manzana clarificado es uno de los alimentos procesados más populares del mundo, varios componentes químicos (azúcares, ácidos, compuestos fenólicos, pigmentos, entre otros.) están involucrados en la calidad del jugo. Sin embargo, los niveles de estos compuestos están influenciados por el proceso de producción (Sanhueza, 2019).

El mercado de jugo de manzana en Chile es variado, se pueden encontrar desde jugos concentrados hasta jugos clarificados. Sin embargo, los chilenos prefieren cada vez más productos de calidad, pero a precios más económicos. En este contexto, las marcas propias de las grandes cadenas de supermercados están jugando un papel fundamental, disponiendo al público una amplia gama de productos que relacionan precio y calidad (Bobadilla, 2023). En particular, el jugo de manzana Great Value® es elaborado a partir de jugo concentrado de manzana que posee 70°Brix, agua para la reconstitución de la mezcla y ácido ascórbico que cumple como preservante. El jugo clarificado como producto terminado contiene 10,5°Brix, alcanzando los mismos sólidos solubles (10°Brix) que una manzana según lo indicado por el RSA (artículo 487) (AduanasChile, 2021). A su vez, el jugo debe tener un pH de 3,0 – 4,0 (Sanhueza, 2019) y el *Codex Alimentarius* indica que la acidez titulable del jugo de manzana puede variar entre 0,2 a 0,6%.

I.9. Evaluación sensorial

El Instituto de Tecnólogos en Alimentos de los Estados Unidos (IFT), define la evaluación sensorial como la disciplina científica utilizada para evocar, medir, analizar e interpretar las reacciones a aquellas características de alimentos y otras sustancias, que son percibidas por los sentidos de la vista, gusto, tacto y oído (Severiano, 2021). Otra definición que también se le asocia es la caracterización y análisis de aceptación o rechazo de un alimento por parte del catador o consumidor, de acuerdo con las sensaciones experimentadas desde el mismo momento que lo observa y después que lo consume. La evaluación sensorial se ha utilizado a lo largo del tiempo para el desarrollo de nuevos productos alimenticios, optimización de productos, mejora de procesos, sustitución de ingredientes, estudios de vida útil, control de calidad, entre otros. Esta disciplina científica está regulada por normas UNE (anexo 5) (Cortés, 2013).

I.9.1. Análisis sensorial descriptivo.

El análisis descriptivo es reconocido como una técnica para determinar el perfil sensorial de los alimentos procesados, proporcionando resultados detallados y reproducibles.

De acuerdo a [Bunger, \(2022\)](#) se utiliza análisis descriptivo para obtener una descripción detallada de apariencia, aroma, sabor y textura de alimentos y bebidas, estas descripciones permiten determinar qué atributos sensoriales son importantes en la aceptabilidad por parte de consumidores, a su vez, permite realizar un seguimiento de cambios sensoriales en el tiempo, para analizar vida útil, efectos del envase o en este caso la adición de ingredientes. Los componentes del análisis descriptivo son ([Meilgaard et al., 2015](#)):

- Aspecto cualitativo: en esta etapa se deben seleccionar los descriptores y se deben definir relacionando las propiedades físicas o químicas reales del producto. Para este paso, usualmente se realiza una búsqueda bibliográfica de productos similares.
- Aspecto cuantitativo: en esta etapa se debe expresar o asignar algún valor en una escala de medición para evaluar la intensidad del descriptor. La escala más usada es la lineal no estructurada.

1.9.2. Prueba con consumidores

La prueba con consumidores es popular hoy en día, ya que no requiere de entrenamiento previo, optimiza el tiempo y proporcionan información útil. El estudio con consumidores se realiza para medir aceptabilidad, preferencia y percepción de los consumidores hacia los productos testeados.

Aceptabilidad

Para medir la aceptabilidad con relación a un descriptor se utiliza una escala hedónica, la cual se relaciona con el placer y el agrado personal, esta puede ser una de 7 puntos (el encuestado solo ve la escala verbal) como lo muestra la **Figura 7**.

Me disgusta mucho	Me disgusta	Me disgusta un poco	No me gusta ni me disgusta	Me gusta un poco	Me gusta	Me gusta mucho
1	2	3	4	5	6	7

Figura 7. Escalas hedónica de siete puntos.

Fuente: extraido de [Bunger*. \(2022\)](#).

Justo agrado

La escala balanceada de justo agrado permite inferir si el producto evaluado requiere de una reformulación o un cambio, debe ser impar, siendo simétrica a ambos lados desde el punto central de indiferencia. Esta puede ser como lo muestra la **Figura 8** (el encuestado solo ve la escala verbal).

Mucho más claro de lo que me gusta	Más claro de lo que me gusta	Está justo como me gusta	Más oscuro de lo que me gusta	Mucho más oscuro de lo que me gusta
-2	-1	0	+1	+2

Figura 8. Escala de justo agrado.

Fuente: extraído de Bunger A*. (2022).

Intención de compra

La intención de compra sirve para conocer el posible éxito del producto en el mercado, esta se puede evaluar mediante una escala Likert de 5 puntos (el encuestado solo ve la escala verbal), desde definitivamente si lo compraría hasta definitivamente no lo compraría, con un punto central de indiferencia como se muestra en la **Figura 9**.

Definitivamente no lo compraría	Probablemente lo compraría	Podría comprarla o no comprarla	Probablemente la compraría	Definitivamente la compraría
1	2	3	4	5

Figura 9. Escala Likert para intención de compra.

Fuente: extraído de Bunger A*. (2022).

Análisis CATA

Entre los métodos rápidos utilizados para el análisis descriptivo con consumidores se ha destacado los métodos de las opciones verbales, los métodos basados en similitudes y los métodos basados en referencias ([Esmerino et al., 2017](#)).

Dentro de los métodos de las opciones verbales, se encuentra la prueba Check All That Apply, conocido como test CATA donde se requieren entre 50 a 80 consumidores, este método ha sido reconocido por ser “una tarea fácil e intuitiva” sin requerir mucho esfuerzo cognitivo. Esta prueba consiste en presentar a los consumidores una lista predefinida de términos sensoriales (palabras o frases) junto con cada muestra, para pedirles que seleccionen los términos que se relacionan con la muestra evaluada, según su percepción

sensorial. Las preguntas de la prueba tienen un formato de respuesta binaria (Si/No), por lo tanto, no proporcionan una medición directa de la intensidad del atributo sensorial evaluado, pero se ha demostrado que el porcentaje de consumidores que seleccionan el término sensorial se relacionó positivamente con la intensidad del atributo de un panel entrenado (Yixun Xia et al., 2020).

II. HIPOTESIS

La adición de los antimicrobianos naturales, vainillina y cinamaldehído nanoencapsulados a una bebida proteica saborizada a base de proteína de suero de leche, retrasará el crecimiento microbiano extendiendo la vida útil del alimento. Además, el perfil sensorial descriptivo permitirá definir los atributos de las bebidas adicionadas con los antimicrobianos nano y microencapsulados, y las pruebas con consumidores permitirán demostrar que los antimicrobianos encapsulados no son percibidos de forma negativa.

III.OBJETIVOS

III.1. Objetivo General.

Desarrollar sistemas nanoencapsulados de vainillina y cinamaldehído, evaluar su actividad antimicrobiana frente a *E. coli* y *L. innocua* inoculados en una bebida saborizada, y realizar un estudio comparativo del perfil sensorial y la percepción en la bebida por parte de los consumidores, respecto de los antimicrobianos microencapsulados.

III.2. Objetivos específicos

III.2.1. Elaborar y caracterizar sistemas nanoencapsulados de cinamaldehído y vainillina utilizando proteína de suero de leche como agente encapsulante.

III.2.2. Determinar la efectividad antimicrobiana de los nanoencapsulados frente a *E. coli* y *L. innocua* inoculadas en una bebida proteica saborizada.

III.2.3. Evaluar comparativamente la adición nano y microencapsulados de vainillina y cinamaldehído sobre los atributos sensoriales de la bebida proteica, tanto con un análisis descriptivo con panel entrenado, como con un estudio con consumidores.

En los objetivos III.2.1 y III.2.2, se consideran sólo los sistemas nanoencapsulados porque los microencapsulados ya fueron desarrollados, caracterizados y evaluados microbiológicamente por trabajos previos del grupo de investigación ([Sepúlveda et al. 2024 a y b](#)).

IV. MATERIALES Y MÉTODOS

IV.1. Elaboración de los sistemas nanoencapsulados

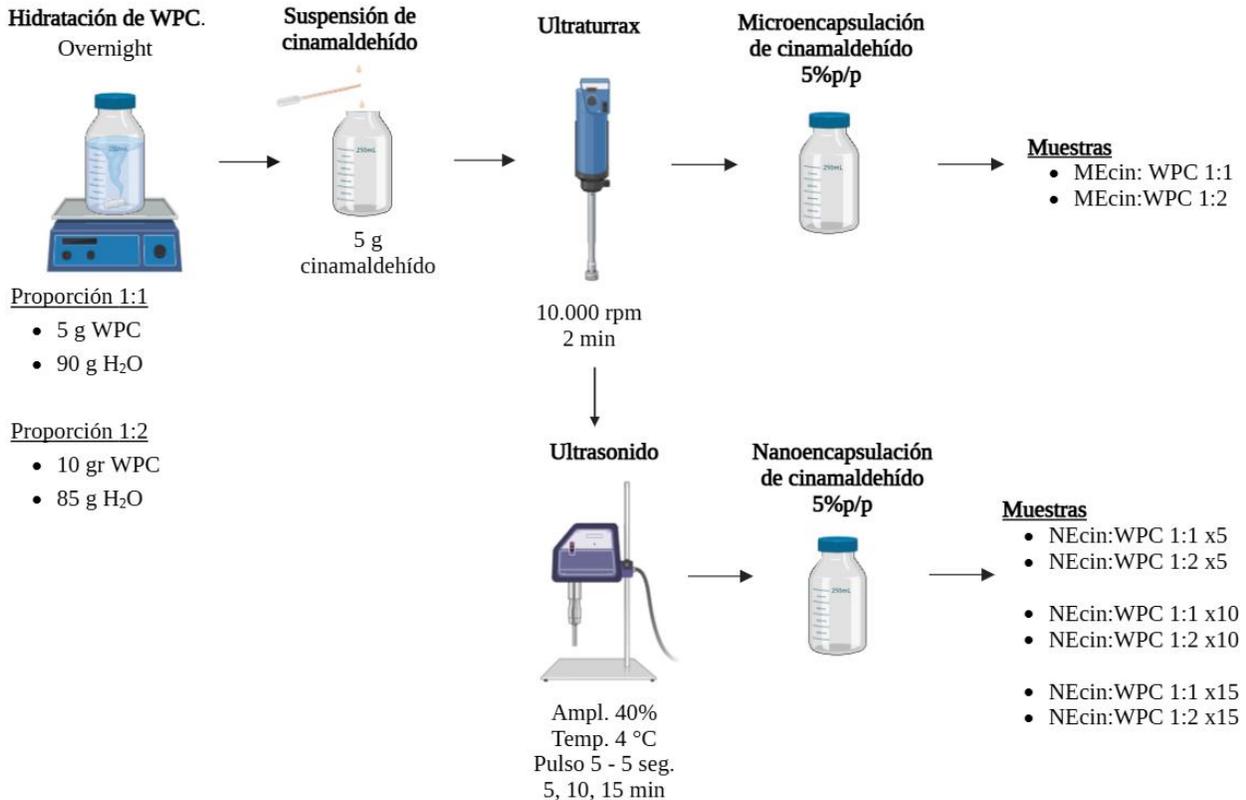


Figura 10. cinamaldehído al 5% p/p encapsulado.

Fuente: Elaboración propia utilizando programa Biorender.

El cinamaldehído (trans-3-fenilpropenal, peso molecular 132,16% g/mol) se adquiere como sustancia pura líquida (Merck, Santiago, Chile). La encapsulación de cinamaldehído al 5% p/p se preparó utilizando un concentrado de proteína de suero de leche (WPC) deshidratado (Lactoprin 80, Prinal, Santiago, Chile). Las encapsulaciones, se elaboraron en una proporción cinamaldehído – proteína de 1:1 y 1:2. Se prepara hidratando completamente la proteína en agua bajo agitación constante durante la noche como se indica en la **Figura 10**, luego se agrega el cinamaldehído y se lleva la suspensión a un Ultraturrax® (IKA® T25, Merck, Darmstadt, Alemania) a velocidad creciente hasta 10.000 rpm por 2 min, manteniendo la temperatura de la encapsulación entre 0 – 4°C utilizando un baño de agua – hielo para formar los microencapsulados. Posteriormente, se formó los nanoencapsulados

utilizando un equipo de ultrasonido (Sonics®, Connecticut, USA) a 40% de amplitud por 5, 10 o 15 min, con un pulso de 5s y 5s de tiempo de inactividad. Las encapsulaciones resultantes al 5% p/p se fraccionaron y almacenaron a -18°C sin exponer a la luz hasta su uso. Cabe mencionar que registró la temperatura en diferentes etapas del proceso con un termómetro de mercurio desde los $0 \pm 0,1$ a $100 \pm 0,1^{\circ}\text{C}$.

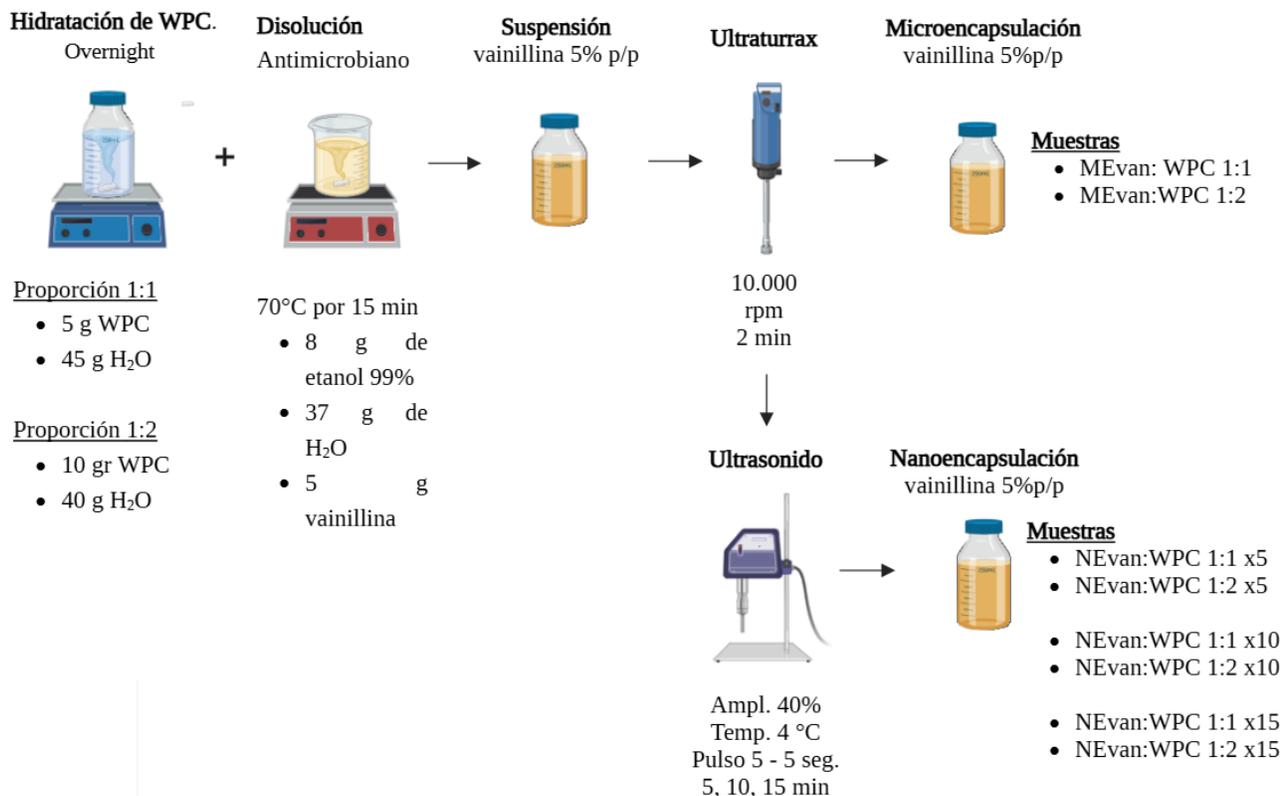


Figura 11. Encapsulación de la vainillina al 5% p/p

Fuente: Elaboración propia utilizando programa Biorender.

La vainillina (4-hidroxi-3-metoxibenzaldehído, peso molecular 152,15 g/mol) se adquirió como sustancia pura sólida (Merck, Santiago, Chile). La encapsulación de vainillina al 5% p/p se preparó utilizando un concentrado de proteína de suero de leche (WPC) deshidratado (Lactoprin 80, Prinal, Santiago, Chile). Las encapsulaciones, se elaboraron en una proporción de vainillina – proteína de 1:1 y 1:2. La encapsulación se preparó hidratando completamente la proteína en agua bajo agitación constante durante la noche. La vainillina se debe disolver en una solución etanol – agua en proporción 4:6 y luego mezclar con la

suspensión proteica como se indica en la **Figura 11**. Luego se lleva la suspensión a un Ultraturax® (IKA® T25, Merck, Darmstadt, Alemania) a velocidad creciente hasta 10.000 rpm por 2 min manteniendo la temperatura de la encapsulación entre 0 – 4°C utilizando un baño de agua – hielo para formar los microencapsulados. Posteriormente, se formó los nanoencapsulados utilizando un equipo de ultrasonido (Sonics®, Connecticut, USA) a 40% de amplitud por 5, 10 o 15 min, con un pulso de 5s, y 5s de tiempo de inactividad. Las encapsulaciones resultantes al 5% p/p se fraccionaron y almacenaron a – 18°C sin exponer a la luz hasta su uso. Cabe mencionar que se registró la temperatura en diferentes etapas del proceso con un termómetro de mercurio desde los $0 \pm 0,1$ a $100 \pm 0,1$ °C.

IV.2. Caracterización de los compuestos micro y nanoencapsulados.

Las muestras de cinamaldehído y vainillina microencapsulados (**Figura 10** y **11** respectivamente), se diluyeron en una proporción de 1:200 con respecto al medio de la encapsulación, es decir, agua destilada para cinamaldehído y agua-etanol para vainillina. El volumen total de la dilución para los microencapsulados fue de 10 ml y el de los nanoencapsulados fue de 1 ml.

El tamaño de gota de los encapsulados se midió utilizando un difractómetro láser de dispersión de luz dinámica, para los microencapsulados se utilizó el equipo Horiba la 960 (Horiba Scientific, Atlanta, Estados Unidos), mientras que para los nanoencapsulados se utilizó el equipo Mastersizer X nano (Malvern Instruments, Herrsching, Alemania), cabe mencionar que en el análisis de los nanoencapsulados también se obtuvieron los parámetros potencial Z e índice de polidispersidad. Esto con el fin de determinar la estabilidad de los encapsulados. La configuración de ambos equipos requirió del índice de refracción (IR) de vainillina y cinamaldehído, siendo estos 1,461 y 1,587 respectivamente.

IV.3. Elaboración de bebida proteica saborizada (BP)

Se preparó una solución con 70% de suspensión proteica (4 gr de WPC en 100 ml de agua hidratada overnight), 30% de jugo de manzana clarificado Great Value® el cual viene pasteurizado desde fábrica y se adicionan 5 gotas de estevia líquida Naturalist® (100% Stevia) por cada 100 ml de solución como se indica en la **Figura 12**. Se analizó el pH, la

acidez titulable y el contenido de sólidos solubles de cada ingrediente y de la mezcla con el fin de caracterizarla.

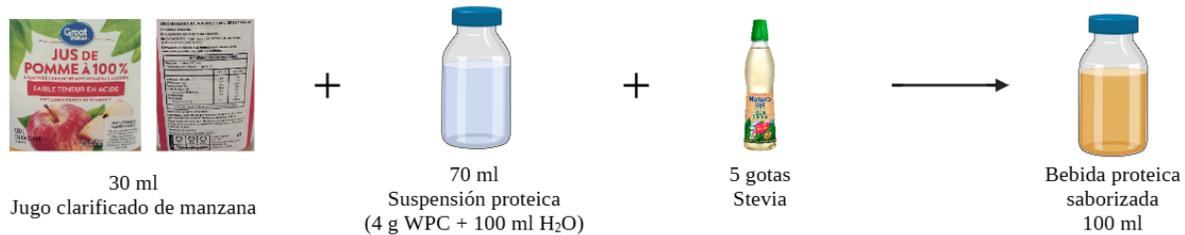


Figura 12. Elaboración de bebida proteica saborizada

Fuente: Elaboración propia utilizando programa Biorender.

IV.4. Evaluación de la efectividad antimicrobiana de cinamaldehído y vainillina nanoencapsulados.

La efectividad antimicrobiana de los compuestos nanoencapsulados en la matriz alimentaria acuosa (bebida proteica saborizada) se evaluó frente a *E. coli* y *L. innocua*.

IV.4.1.Preparación de los inóculos

Las cepas de *E. coli* ATCC 35218 y *L. innocua* ATCC 33090 se reactivaron transfiriendo una asada de un cultivo stock congelado (Cepario) a una botella de 50 ml con caldo Tripteína Soya suplementado con Extracto de Levadura 0,6% (TSB-0,6YE) e incubando a $35 \pm 1^\circ\text{C}$ por 24 h. A partir del cultivo activo se sembraron estrías en tubos de agar (TSA-0,6YE), se incubaron en las mismas condiciones y se guardaron en refrigeración para utilizar en cada ensayo.

Posteriormente, previo a cada ensayo se sembró el inóculo en una botella de 50 ml con caldo (TSB-0,6YE), y se incubó a $35 \pm 1^\circ\text{C}$ por 24 h. Se realizó un recuento en placa para determinar la densidad final de los inóculos, los cuales fueron de 1×10^8 UFC/ml para *E. coli* y 1×10^7 UFC/ml para *L. innocua*.

IV.4.2.Efecto de los antimicrobianos nanoencapsulados sobre los microorganismos en la bebida proteica saborizada

Se transfirió un volumen apropiado de cinamaldehído (0,75 y 1 g/L) o vainillina (1 y 1,5 g/L) nanoencapsulado a 50 mL de bebida proteica, luego se añadió 0,1 mL de inóculo a la bebida, y se tomaron muestras a tiempos regulares. Una vez que se agregó el inóculo, se tomó la muestra inicial (t = 0). Las muestras siguientes se analizaron cada 48 h durante 14 días. Adicionalmente, se realizó un control inoculado, pero sin antimicrobiano. Cabe mencionar que la bebida se almacena a 4°C sin exponer a la luz.

Los ensayos se realizaron por triplicado y se llevaron a cabo en cinco condiciones diferentes, las cuales se resumen en la **Tabla 2**.

Tabla 2. Condiciones de los ensayos microbiológicos.

Condiciones	Microorganismo	Antimicrobiano	Nanoencapsulados [g/L]
Control	-	-	-
NE – van 1,5	<i>E. coli</i>	Vainillina	1,5
NE – van 1,0			1,0
NE – cin 1,0	<i>L. innocua</i>	Cinamaldehído	1,0
NE – cin 0,75			0,75

Fuente: Elaboración propia.

Los datos obtenidos se utilizaron para construir un gráfico de supervivencia de los microorganismos versus el tiempo de análisis. Según los resultados frente a *E. coli* y a *L. innocua* se seleccionaron dos condiciones para desarrollar los test de evaluación sensorial.

IV.5. Evaluación de la estabilidad microbiológica de las bebidas no inoculadas durante el almacenamiento en refrigeración

En esta evaluación se utilizó las concentraciones de vainillina y cinamaldehído nanoencapsulados que demostraron ser más efectivas frente a *E. coli* (ATCC 35218) y *L. innocua* (ATCC 33090). De forma paralela se utilizó las mismas concentraciones con los antimicrobianos microencapsulados. Esta evaluación se realiza con el fin de determinar el tiempo para desarrollar el test descriptivo cuantitativo QDA y no someter a un posible peligro microbiológico a los jueces del panel entrenado.

Se realizó el recuento de aerobios mesófilos, hongos y levaduras cada 7 días durante 21 días de almacenamiento a 4°C, sin exponer a la luz. Los ensayos se realizaron por duplicado y se llevaron a cabo en cinco condiciones diferentes.

- **Control:** 150 mL de Bebida proteica saborizada.
- **NE-van 1,0:** 150 mL de Bebida proteica saborizada y 3 mL de vainillina nanoencapsulada
- **ME-van 1,0:** 150 mL de Bebida proteica saborizada y 3 mL de vainillina microencapsulada
- **NE-cin 0,75:** 150 mL de Bebida proteica saborizada y 2,25 mL de cinamaldehído nanoencapsulado
- **ME-cin 0,75:** 150 mL de Bebida proteica saborizada y 2,25 mL de cinalamdehido microencapsulado

Los 150 mL de cada bebida sin inocular se repartieron en 3 botellas de 50 mL, estas botellas estaban previamente autoclavadas y tapadas con papel aluminio para impedir la exposición a la luz (**Figura 13**). El fraccionamiento de la mezcla se realizó con el fin de abrir una botella diferente al día 7, 14 y 21, disminuyendo el riesgo de contaminación. El día cero se tomó muestra directamente de la mezcla, antes de fraccionar.



Figura 13: Botellas de almacenamiento de las cinco condiciones diferentes para estudio de estabilidad microbiológica durante el tiempo de refrigeración.

Las células se enumeraron a través del recuento en placa. Para ello, se realizaron diluciones seriadas en agua peptona 0,1% p/v. El recuento de microorganismos aerobios mesófilos (RAM) se realizó en Agar para recuento en placa (APC) y se incubó a $35 \pm 2^\circ\text{C}$ por 24 – 48 h. El recuento de hongos y levaduras se realizó en agar Papa Dextrosa (PDA) y se incubó a 27°C por 48 – 72 h. Se informó lo obtenido en UFC/mL.

Las pruebas sensoriales se realizaron después de obtener los resultados microbiológicos de las bebidas no inoculadas, los cuales deben cumplir con el Reglamento Sanitario de los Alimentos (RSA) vigente.

IV.6. Perfil Sensorial Descriptivo

El análisis descriptivo se utilizó para estudiar el cambio de los diferentes atributos en la bebida proteica saborizada adicionada con vainillina o cinamaldehído nano o microencapsulado, así como también la bebida sin antimicrobiano (control) durante su tiempo de almacenamiento en refrigeración. Para ello primero se aseguró la estabilidad microbiológica de las bebidas durante todo el tiempo de almacenamiento, el cual se determinó por el recuento de RAM y hongos y levaduras mencionado anteriormente.

IV.6.1.Reclutamiento

El reclutamiento del panel de evaluación sensorial se realizó entre los estudiantes del departamento de Ciencia de los Alimentos y Tecnología Química de la generación 2017 y 2018. Se les realizó una invitación de manera presencial en la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacéuticas de la Universidad de Chile, explicándoles el objetivo general del entrenamiento, en qué consistía el producto y la importancia del análisis. Cabe mencionar, que se seleccionó esa generación, ya que los panelistas debían tener aprobado el ramo de Evaluación Sensorial.

IV.6.2.Elección de jueces

Luego del reclutamiento se aplicó una encuesta (**anexo 6**) a todos los posibles panelistas, con el fin de obtener información de los interesados y determinar alguna incompatibilidad que interfiriera en el posterior desempeño del panel.

IV.6.3.Análisis de panelistas

Luego del reclutamiento, se obtuvo un total de 9 panelistas interesados en participar en el estudio. Estas 9 personas fueron analizadas de acuerdo a su desempeño en el ramo de Evaluación Sensorial para determinar si poseían aptitudes para evaluar los alimentos de

esta tesis. Las pruebas analizadas fueron: Gustos Básicos, Umbral de identificación, Interrelación de los Sentidos, Test de Diferencias y Ordenamiento de Colores. Finalmente se revisó la literatura y las normativas de evaluación sensorial para establecer los criterios de selección del panel. Sin embargo, no hay definiciones claras y quedaron a criterio del líder del panel.

IV.6.4. Entrenamiento

Los 9 panelistas seleccionados fueron entrenados en 6 sesiones durante 3 semanas para evaluar la bebida proteica saborizada.

- **Muestras**

Las muestras seleccionadas son las bebidas proteicas saborizadas con vainillina o cinamaldehído nanoencapsulados que demostraron ser más efectivas frente a *E. coli* y *L. innocua*. Además de la misma concentración seleccionada para los microencapsulados y la bebida proteica saborizada sin antimicrobiano (control). Las muestras fueron elaboradas el mismo día de la evaluación y se refrigeraron a 4°C. La presentación de las muestras se llevó a cabo en dos grupos, según se detalla en la **Tabla 3**, y a los panelistas se les entregaron 30 mL de cada muestra.

Tabla 3: Muestras agrupadas para evaluación sensorial.

Grupo V	Grupo C
<ul style="list-style-type: none"> ➤ C: Bebida proteica saborizada ➤ NV: Bebida proteica saborizada con vainillina nanoencapsulada (1g/L). ➤ MV: Bebida proteica saborizada con vainillina microencapsulada (1 g/L). 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ C: Bebida proteica saborizada ➤ NC: Bebida proteica saborizada con cinamaldehído nanoencapsulado (0,75 g/L). ➤ MC: Bebida proteica saborizada con cinamaldehído microencapsulado (0,75 g/L).

Fuente: Elaboración propia

Esta división de grupos se realizó para no agotar a los jueces durante el entrenamiento y evaluación, además de mantener esta condición para la prueba con consumidores. A su vez, se decidió dividir en grupos de acuerdo al sabor del antimicrobiano para determinar si había alguna diferencia sensorial al utilizar nano y microencapsulados.

- **Sesión 1: Presentación de muestras y discusión sobre posibles atributos.**

Se inició el entrenamiento en el laboratorio de Evaluación Sensorial, ubicado en la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacéuticas de la Universidad de Chile. Se les presento de forma monádica y en el mismo orden tres muestras (C, MV y MC), codificadas y tapadas con papel aluminio a una temperatura entre $1 - 3^{\circ}\text{C}$ ¹ en una bandeja de plástico color neutro (**Figura 14**), una hoja de respuestas (**anexo 7**), lápiz mina, goma de borrar y un vaso de agua². Los panelistas anotaron en la hoja de respuesta todos los descriptores que podían percibir. Al final de la sesión se hizo una discusión sobre las muestras evaluadas y las posibles mejoras en la evaluación. Las respuestas se traspasaron a una planilla Excel para codificar y analizar los descriptores que más predominaban en las muestras.

- **Sesión 2: Descriptores seleccionados y mejora en la evaluación.**

En la segunda sesión se les presentó de manera monádica y en el mismo orden tres muestras (C, NV y NC), codificadas y tapadas con papel aluminio a una temperatura entre $1 - 3^{\circ}\text{C}$ en una bandeja de plástico color neutro (**Figura 15**), una hoja de respuestas (**anexo 8**), lápiz mina, goma de borrar, un envase plástico blanco (escupidero), dos palitos de madera de 8 cm, taza de té negro 100% Ceylán sin azúcar ni endulzante a una temperatura entre $60 - 70^{\circ}\text{C}$ ³ y un vaso de agua. Los panelistas analizaron las muestras anotando la intensidad percibida de los diferentes descriptores (**Tabla 4**) en una escala de 10 cm no estructurada. Al finalizar la sesión, se midió la intensidad de cada descriptor con una regla de 1 decimal y se traspasó los resultados a la hoja maestra para cada muestra (**anexo 9**).

¹ Se escogió una muestra de manera aleatoria para medir la temperatura con un termómetro de mercurio con escala desde los $0 \pm 0,1$ a $100 \pm 0,1$ °C.

² El agua utilizada es la misma con la que se preparan las muestras.

³ El té se preparó sumergiendo durante 4 min una bolsita en 1L de agua hervida ([Supremo@, 2023](#)), se almaceno en un termo y se verificó la temperatura con un termómetro de mercurio desde los $0 \pm 0,1$ a $100 \pm 0,1$ °C.

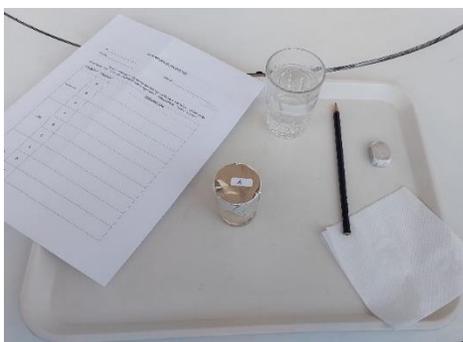


Figura 14: Bandeja sesión 1.

Fuente: Elaboración propia.



Figura 15: Bandeja sesión 2 a 6

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 4. Descriptores a evaluar por parte del panel entrenado.

Muestras	Atributos	Descriptores	Adjetivos límites por descriptor
C: Bebida proteica saborizada	Apariencia	Color blanco amarillento	Claro - Oscuro
NC: Bebida proteica saborizada con cinamaldehído 0,75 g/L nanoencapsulado		Homogeneidad Turbidez	Heterogéneo - Homogéneo Nada turbio – Muy turbio Nada consistente – Muy consistente
NV: Bebida proteica saborizada con vainillina 1g/L nanoencapsulada	Aroma	Consistencia al agitar	
MC: Bebida proteica saborizada con cinamaldehído 0,75 g/L microencapsulado		Manzana cocida Lácteo Canela Vainilla	Nada intenso – Muy intenso Nada intenso – Muy intenso Nada intenso – Muy intenso Nada intenso – Muy intenso
MV: Bebida proteica saborizada con vainillina 1g/L microencapsulada	Sabor	Manzana cocida Lácteo Canela Vainilla Dulzor Acidez	Nada intenso – Muy intenso Nada intenso – Muy intenso
		Sabor residual	Respuesta abierta: Indique cual es el sabor residual que percibe
	Textura / Consistencia	Consistencia en la boca	Nada intenso – Muy intenso
		Suavidad Aspereza residual	Muy áspero – Muy suave Nada intenso – Muy intenso

Fuente: Elaboración propia a través de discusión de sesión 1.

- **Sesión 3: Ajuste en la dispersión de la evaluación.**

En la tercera sesión se les presento las muestras del grupo V en las mismas condiciones descritas en la sesión dos, sin embargo, en esta sesión se les entrego a cada panelista una hoja con los descriptores donde presentaron diferencias significativas y se les anoto el promedio general para que la dispersión de la evaluación disminuyera. Los panelistas analizaron las muestras anotando la intensidad percibida de los diferentes descriptores (**Tabla 4**) en una escala de 10 cm no estructurada. Al término de la sesión se hizo una discusión sobre las muestras evaluadas y las posibles mejoras en la evaluación. Al finalizar la sesión, se midió la intensidad de cada descriptor con una regla de 1 decimal y se traspasaron los resultados a la hoja maestra para cada muestra (**anexo 9**).

- **Sesión 4: Referencias tangibles y aleatorización de muestras.**

En la cuarta sesión se les presento las muestras del grupo C en las mismas condiciones descritas en la sesión dos, pero esta vez aleatorizando las muestras. A su vez, en esta sesión se dejó al centro de la mesa cuatro vasos de vidrio tapados con papel Parafilm® como referencias tangibles para disminuir la dispersión de las evaluaciones de los jueces. Dos vasos contenían jugo de manzana marca del Valle®, el cual es la referencia al atributo de apariencia *color blanco amarillento* y los otros dos vasos contenían leche entera marca Soprole® como referencia al atributo de aroma *lácteo*. Al finalizar la sesión, se midió la intensidad de cada descriptor con una regla de 1 decimal y se traspasó los resultados a la hoja maestra para cada muestra (**anexo 9**).

- **Sesión 5 y 6: Desempeño de los panelistas**

La quinta y sexta sesión se utilizaron como método para evaluar el desempeño del panel sensorial en el test descriptivo cuantitativo QDA de una bebida proteica saborizada, ya que, al hacer uso de personas como instrumentos de medición en las evaluaciones sensoriales es importante validar la metodología sensorial y sus resultados. Es por ello que, en la sesión quinta y sexta se les presento las muestras del grupo V y C respectivamente (**Tabla 3**), de manera monádica, aleatorizadas, codificadas y tapadas con papel aluminio a una temperatura entre 1 – 3°C y con todas las condiciones ya mencionadas anteriormente. Al

finalizar la sesión, se midió la intensidad de cada descriptor con una regla de 1 decimal y se traspasaron los resultados a la hoja maestra para cada muestra (**anexo 9**). Luego de la sexta sesión se determinó iniciar el análisis del test descriptivo a través del tiempo de conservación en refrigeración.

IV.6.5. Test Descriptivo Cuantitativo QDA

Se realizó el test de perfil descriptivo cuantitativo QDA en 6 sesiones durante dos semanas, realizando dos sesiones por día en diferentes horarios (am y pm). Se realizó la evaluación al inicio (t = 0 días), a la semana (t = 7 días) y a las dos semanas (t = 14 días) con respecto a la elaboración de las muestras para determinar si hay cambios sensoriales en el tiempo durante su almacenamiento en refrigeración. Las muestras se elaboraron al día 0 y luego fueron almacenadas en envases autoclavados, sin exposición a la luz y refrigeradas entre 0 – 4°C.

En todas las sesiones, se les presento las muestras del grupo V o C (**Tabla 3**) de manera monádica, aleatorizadas, codificadas y tapadas con papel aluminio a una temperatura entre 1 – 4°C en una bandeja de plástico color neutro (**Figura 14**), una hoja de respuestas (**anexo 8**), lápiz mina, goma de borrar, un envase plástico blanco (escupidero), dos palitos de madera de 8 cm, taza de té negro 100% Ceylán sin azúcar ni endulzante a una temperatura entre 60 – 70°C y un vaso de agua. Los descriptores para evaluar son los presentados en la **Tabla 4**. Al finalizar cada sesión, se midió la intensidad de cada descriptor con una regla de 1 decimal y se traspasó los resultados a la hoja maestra para cada muestra (**anexo 9**).

IV.7. Test con consumidores

En este estudio se evaluó aceptabilidad, intención de compra y justo agrado, además de una prueba CATA para obtener las características sensoriales de las diferentes bebidas proteicas saborizadas. El objetivo de este test fue determinar si la adición de los antimicrobianos a la bebida proteica provoca un cambio sensorial negativo según la percepción de los consumidores

IV.7.1. Consumidores

Cuando se realiza una prueba sensorial de consumidores, se selecciona una muestra de consumidores que represente a la población objetivo con el fin de sacar alguna conclusión (Meilgaard et al., 2015). Para tener representatividad de la población objetivo, el tamaño muestral debe estar en un rango de 50 a cientos de consumidores (Meilgaard et al., 2015). Por lo que, considerando además la disposición de materiales, se optó por el límite de 82 personas (18 a 65 años) por cada grupo de muestras (**Tabla 3**) que cumplieran con el requisito de no presentar alergia a la caseína ni rechazo a productos con vainilla o canela.

IV.7.2.Muestras y tiempo del test

Las muestras son las bebidas proteicas saborizadas con vainillina o cinamaldehído nanoencapsulados que demostraron ser más efectivas frente a *E. coli* y *L. innocua*. Además de la bebida proteica saborizada sin antimicrobiano (control) y la misma concentración seleccionada para los microencapsulados. La presentación de muestras se realizó en dos grupos como se describe en la **Tabla 3** y el orden de las seis combinaciones posibles se aleatorizó (**anexo 10**).

El período de análisis fue de dos semanas, y el tiempo de análisis por consumidor es de aproximadamente 20 minutos

IV.7.3.Diseño del cuestionario

La primera parte del cuestionario (**anexo 11**) se diseñó para establecer filtros en el estudio, en donde se les preguntó si tenían alguna restricción alimentaria por alergia o intolerancia alimenticia, por tanto, quienes no tenían alergia a la caseína o intolerancia a la lactosa⁴, aprobaron el primer filtro. El segundo, correspondía a saber si el encuestado ingería productos con canela o vainilla. Quienes respondieron afirmativamente a esta pregunta aprobaron el segundo filtro. Se continuó con el último, el cual fue preguntar si poseían alguna enfermedad que disminuyera o alterará la percepción de alguno de los sentidos (visión, olfato, gusto). Quienes respondieron negativamente aprobaron los tres filtros de la encuesta y eran aptos para ser consumidores del estudio. Además, se realizaron preguntas

⁴ En este caso, los consumidores que tuvieron intolerancia a la lactosa quedo a su juicio continuar con la evaluación, ya que algunos de ellos prefirieron consumir lactasa.

para la caracterización general de los encuestados: rango de edad, género, ocupación y fumadores.

La segunda parte del formulario (**anexo 12**) se diseñó para que los consumidores pudieran evaluar cada una de las muestras en forma monádica, entregando las muestras en forma aleatoria. Los parámetros evaluados en esta segunda parte se preguntaron por orden de apariencia, aroma, sabor, agrado general, intención de compra y finalmente la prueba CATA. Los parámetros fueron los siguientes:

- **Aceptabilidad:** evaluada en escala hedónica de 7 puntos (**Figura 7**).
 - ¿Qué le parece la apariencia del producto?
 - ¿Qué le parece el aroma del producto?
 - ¿Qué le parece el sabor del producto?

- **Justo agrado:** evaluada en escala balanceada de justo agrado de -2 a +2 puntos (**Figura 8**).
 - ¿Cómo calificaría el color blanco amarillento del producto?
 - ¿Cómo calificaría la intensidad de aroma a manzana cocida del producto?
 - ¿Cómo calificaría la acidez del producto?
 - ¿Cómo calificaría la intensidad de sabor a lácteo?
 - ¿Cómo calificaría la intensidad de sabor a canela del producto? (Esto se preguntó solo cuando la muestra correspondía a sabor canela, en el caso de muestras con vainilla, se preguntaba por vainilla y en el caso de control, esta pregunta no se realizó)
 - ¿Cómo calificaría la uniformidad del producto?
 - ¿Cómo calificaría la intensidad de aroma a lácteo del producto?
 - ¿Cómo calificaría el dulzor del producto?
 - ¿Cómo calificaría la intensidad de sabor a manzana cocida del producto?

- **Intención de compra:** evaluada en escala Likert de 5 puntos, donde 1 correspondía a “Definitivamente no lo compraría” y 5 a “Definitivamente sí lo compraría” (**Figura 9**).

- **Análisis CATA:** evaluada por 12 palabras o frases que se obtuvieron a través de la sesión 1 del entrenamiento del panel sensorial.
 - Aspecto lechoso
 - Aspecto denso
 - Aspecto a jugo de manzana

- Sabor a caramelo
- Sabor a leche
- Aroma a manzana cocida
- Gusto ácido
- Gusto dulce
- Lo consumiría en mi dieta diaria
- Me deja un sabor astringente en la boca
- Me recuerda al kuchen o pie de manzana
- No lo recomendaría a mis amigos o familiares.

Una vez finalizada la evaluación de la primera muestra, el consumidor debió dar aviso para que se cambiara la muestra y seguir el mismo procedimiento con la segunda, y posteriormente la tercera.

IV.8. Análisis estadísticos

Los resultados de la caracterización de los encapsulados fueron analizados mediante un ANOVA de una vía (muestras) para los microencapsulados y un ANOVA de dos vías (muestras y tiempo) para los nanoencapsulados. Además, se realizó la prueba de Tukey cuando fue necesario.

Los datos del perfil descriptivo se analizaron mediante un análisis ANOVA de dos vías para jueces y muestras, un análisis de diferencias múltiples de Tukey y un análisis multivariado (PCA). Para estos análisis, se utilizó el programa InfoStat y Microsoft Excel®. Además, para la pregunta abierta (anexo 8), se llevó a cabo un análisis de correspondencia múltiple (ACM) utilizando el programa InfoStat.

Las respuestas del estudio con consumidores se codificaron de acuerdo a la escala utilizada para cada pregunta. Para las preguntas de aceptabilidad, justo agrado e intención de compra se realizaron análisis ANOVA de dos vías para muestras y consumidores haciendo uso del programa InfoStat. A su vez, en la pregunta de justo agrado se realizó una comparación de medias y un Penalty análisis utilizando Microsoft Excel®. En el caso del test CATA, se realizó un análisis de correspondencia para datos no paramétricos (CA) por medio de la prueba Cochran's Q y un Gráfico biplot utilizando XLStat.

V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

V.1. Caracterización de los sistemas nanoencapsulados utilizando WPC como agente encapsulante

En el proceso de elaboración de los sistemas micro y nanoencapsulados se registró la temperatura al utilizar el equipo de homogeneización Ultraturrax, y cada 5 min luego de someter la muestra al equipo de ultrasonido (**anexo 13**). Las temperaturas registradas estuvieron en un rango de $1,8 \pm 0,1$ a $2,1 \pm 0,2$ °C.

Lo anterior se llevó a cabo con el fin de registrar si ocurría un aumento de temperatura debido a la energía aplicada para formar la micro y posteriormente los nanoencapsulados, ya que este aumento de temperatura influye en la estabilidad de los sistemas. Al aumentar la temperatura, incrementa la difusión de la gota, disminuye la viscosidad de la fase externa y altera la película interfacial al cambiar las fuerzas de tensión superficiales y la solubilidad relativa de los agentes encapsulantes ([Cayros 2021](#)).

Una vez elaboradas los sistemas de micro y nanoencapsulados, estas se caracterizaron en el mismo día. En la **Tabla 5** se muestra el parámetro tamaño de gota para las muestras microencapsuladas. En las **Tablas 6 y 7** se muestran los parámetros: tamaño de partícula, índice de polidispersidad y potencial zeta, para los nanoencapsulados.

La distribución de tamaños depende, entre otras condiciones, de la energía aplicada para la formación de la encapsulación. Esta distribución determina otras propiedades como la viscosidad⁵, la estabilidad⁶, entre otras. Cabe mencionar que mientras menores sean los tamaños de gota, más viscosa y estable será la encapsulación. Además, esta distribución puede contener una o varias "modas", que consisten en máximos en las frecuencias de tamaños de gota; así, puede hablarse de distribuciones unimodales y bimodales ([Reyes y Di Scipio, 2012](#)).

⁵ Viscosidad: De manera general la viscosidad se define como la resistencia a la deformación que presenta un fluido sometido a un esfuerzo cortante, en consecuencia, la viscosidad de las emulsiones depende de las características de esta ([Reyes y Di Scipio 2012](#)).

⁶ Estabilidad: Este parámetro indica el tiempo que tarda en separarse un volumen fijo y depende directamente de la cantidad y del tamaño de gota ([Reyes y Di Scipio 2012](#)).

En la **Tabla 5** se observa que las muestras de vainillina microencapsulada de proporción 1:1 y 1:2 presentan un rango de tamaño de partícula de 0,470 a 1,186 [μm] y 0,334 a 0,665 [μm], respectivamente. Mientras que las muestras de cinamaldehído presentan un rango de tamaño de 9,978 a 15,323 [μm] y 2,750 a 8,984 [μm] para las proporciones 1:1 y 1:2, respectivamente.

La **Tabla 5** muestra que los sistemas de vainillina microencapsulada no presentan diferencias significativas por lo que se escoge la muestra E-van 1:1 para los próximos análisis. Por otro lado, las muestras de cinamaldehído presentan diferencias significativas de tamaño en sus proporciones 1:1 y 1:2. El menor tamaño de gota ocurre en la proporción 1:2, pero como ambas proporciones se encuentran dentro de los rangos para microencapsulados (**Tabla 1**), se escoge la muestra E-cin 1:1 para posteriores análisis

Tabla 5. Tamaño de gota de los sistemas microencapsulados.

Proporciones	Tamaño partícula [μm]	Proporciones	Tamaño partícula [μm]
E-van 1:1	1,19 \pm 3,3 ^a	E-cin 1:1	15,32 \pm 29 ^a
	0,47 \pm 0,9 ^a		9,98 \pm 16,3 ^a
	0,93 \pm 2,6 ^a		10,29 \pm 19,4 ^a
E-van 1:2	0,33 \pm 0,9 ^a	E-cin 1:2	2,75 \pm 3,9 ^b
	0,66 \pm 1,5 ^a		4,86 \pm 7,5 ^b
	0,65 \pm 1,3 ^a		8,98 \pm 13,2 ^b

E-van 1:1: vainillina – WPC en proporción 1:1 microencapsulada.

E-van 1:2: vainillina – WPC en proporción 1:2 microencapsulada.

E-cin 1:1: cinamaldehído – WPC en proporción 1:1 microencapsulado.

E-cin 1:2: cinamaldehído – WPC en proporción 1:2 microencapsulado.

a y b son los índices de diferencias significativas para cada caso con un 95% de confianza

Los datos obtenidos de la vainillina nanoencapsulada se presentan en la **Tabla 6**, el tamaño de gota presenta un rango de 322 a 595 [nm] y 393 a 747 [nm] para las proporciones 1:1 y 1:2, respectivamente. A su vez, estos nanoencapsulados presentan diferencias significativas, según el tiempo de proceso y la proporción utilizada. Con la proporción 1:1 el tamaño fue significativamente menor que a la proporción 1:2, y el tiempo de aplicación de US 15 minutos fue diferente a los tiempos 5 y 10 minutos, por lo que se estima que a mayor tiempo de US más pequeño será el tamaño de partícula.

El índice de polidispersidad es una medida adimensional del ancho de la distribución de tamaño, este parámetro indica que tan dispersa es la muestra. Según literatura, con valores de polidispersidad entre 0,000 – 0,200 la muestra se clasifica como *monodispersa*, mientras que se habla de *angosta* o *ancha* cuando los índices de polidispersidad son entre 0,200 – 0,800 y > 0,800 respectivamente, por lo que a menor valor del índice de polidispersidad, más estable será la emulsión (Castro, 2007). La **Tabla 6** indica que las proporciones 1:1 y 1:2 de nanoencapsulados de vainillina presentan un índice de polidispersidad entre 0,194 – 0,285 y 0,086 – 0,375 respectivamente, teniendo diferencias significativas entre proporciones y siendo más estable la proporción 1:1. Se infiere que los nanoencapsulados elaborados son monodispersos o angostos.

Tabla 6. Caracterización de vainillina nanoencapsulado.

Proporciones	Tiempo [min]	Tamaño partícula [nm]	Índice de polidispersidad	Potencial zeta [mV]
NEvan 1:1	5	595,0 ± 10,8 ^a	0,222 ± 0,005 ^a	-17,6 ± 0,7 ^a
		395,0 ± 8,4 ^a	0,258 ± 0,020 ^a	-35,9 ± 0,5 ^a
		356,7 ± 3,0 ^a	0,227 ± 0,003 ^a	-23,9 ± 0,5 ^a
	10	563,5 ± 11,1 ^a	0,285 ± 0,017 ^a	-25,2 ± 0,9 ^{ab}
		349,5 ± 13,0 ^a	0,219 ± 0,023 ^a	-42,9 ± 2,0 ^{ab}
		327,0 ± 7,1 ^a	0,210 ± 0,034 ^a	-29,8 ± 1,7 ^{ab}
	15	331,1 ± 5,3 ^b	0,202 ± 0,007 ^a	-40,5 ± 2,2 ^b
		322,4 ± 5,4 ^b	0,194 ± 0,030 ^a	-34,9 ± 0,5 ^b
NEvan 1:2	5	746,6 ± 9,3 ^b	0,086 ± 0,041 ^b	-20,5 ± 0,1 ^a
		479,8 ± 10,4 ^b	0,364 ± 0,018 ^b	-49,6 ± 3,5 ^a
		504,0 ± 4,2 ^b	0,375 ± 0,008 ^b	-23,0 ± 0,2 ^a
	10	740,4 ± 10,2 ^b	0,206 ± 0,049 ^b	-18,9 ± 0,2 ^{ab}
		431,4 ± 8,9 ^b	0,336 ± 0,009 ^b	-43,4 ± 0,0 ^{ab}
		452,6 ± 12,7 ^b	0,350 ± 0,033 ^b	-31,5 ± 0,9 ^{ab}
	15	393,1 ± 11,0 ^a	0,290 ± 0,043 ^b	-40,4 ± 2,0 ^b
		420,3 ± 0,3 ^a	0,317 ± 0,027 ^b	-43,9 ± 1,2 ^b

*a y b son los índices de diferencias significativas para cada caso con un 95% de confianza.

Al mismo tiempo, el potencial Z es la carga general adquirida por partículas en un medio específico, su valor es un índice de la potencial estabilidad física de la encapsulación. Si todas las partículas tienen un potencial Z grande, ya sea positivo o negativo, ellas se repelerán entre sí y el sistema se considera estable. Mientras más grande el potencial Z, mayor es la estabilidad del sistema (Ramírez et al., 2019). La proporción 1:1 presento a los 5 minutos un potencial Z entre -35,9 a -17,6 [mV], mientras que a los 10 y 15 minutos se obtuvieron valores entre -42,9 a -25,2 y -40,5 a -34,9 [mV] respectivamente. Por otro lado, la proporción 1:2 presento a los 5, 10 y 15 minutos un potencial Z entre -49,6 a -20,5, -43,4 a -18,9 y -43,9 a -40,4 [mV], respectivamente. En base a lo anterior, se observa que la vainillina nanoencapsulada presenta diferencias significativas en el potencial Z según el tiempo de proceso, siendo 5 y 15 minutos de US diferentes entre sí, pero 10 minutos no presenta diferencias con ninguna de las muestras. Se infiere que a medida que aumenta el tiempo del proceso de US, el valor absoluto del potencial Z aumenta.

En base a lo anterior, se escoge la proporción vainillina – WPC 1:1 como la óptima para los análisis posteriores, se infiere que la mejor opción es elegir el tiempo de 10 minutos; sin embargo, se analizaron los gráficos de distribución de tamaño de gota del sistema en los diferentes tiempos de análisis.

De la **Figura 16 a la 18** se observa que la distribución de tamaño de gota se mantiene en el rango 100 – 1000 nm, sin embargo, a los 10 minutos de aplicar el US, la población es más homogénea.

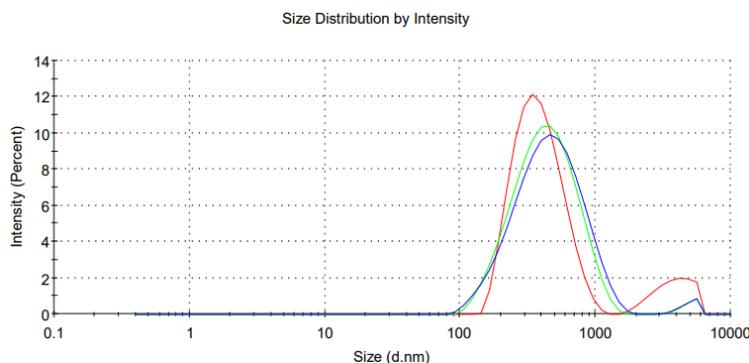


Figura 16.
Distribución de tamaño de gota para NEvan 1:1 con 5 minutos de US ($n = 3$).

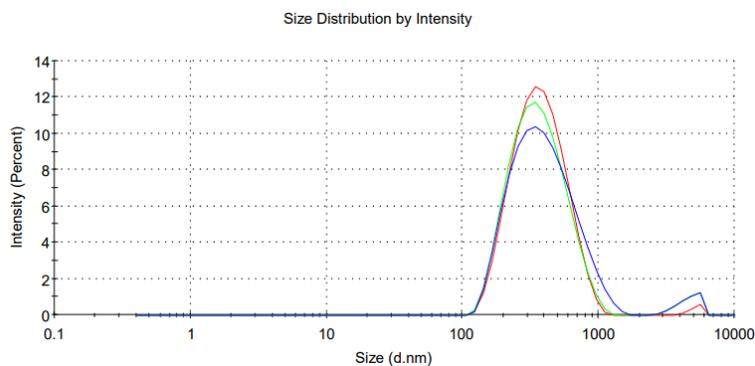


Figura 17.
Distribución de tamaño de gota para NEvan 1:1 con 10 minutos de US ($n = 3$).

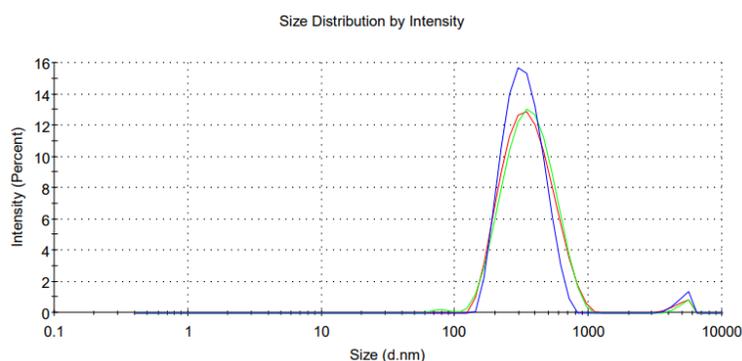


Figura 18.
Distribución de tamaño de gota para NEvan 1:1 con 15 minutos de US ($n = 3$).

Finalmente se escoge la combinación NE-van 1:1 10 minutos para continuar con los análisis.

En la **Tabla 7** se presentan los datos obtenidos para cinamaldehído nanoencapsulado. Se observa que, para el parámetro tamaño de partícula, las proporciones 1:1 y 1:2 presentan un valor entre 204,3 – 283,9 [nm] y 204,6 – 266,9 [nm] respectivamente. Según este parámetro, las proporciones no presentan diferencias significativas entre sí, pero si según el tiempo de proceso de US, siendo 5 minutos diferente a los 10 y 15 minutos de proceso. El cinamaldehído nanoencapsulado que menor tamaño de partícula presenta es NE-cin 1:1 a los 15 minutos de US.

Dentro de los resultados, se obtuvo que la proporción 1:1 y 1:2 presentan un índice de polidispersidad entre 0,246 – 0,422 y 0,304 – 0,476 respectivamente, con diferencias significativas entre proporciones y siendo más estable la proporción 1:1, ya que posee los menores valores. Se infiere que las muestras con nanoencapsulados son muestras angostas. Al mismo tiempo, la proporción 1:1 presento a los 5 minutos un potencial Z entre -41,1 a -17,4 mV, mientras que a los 10 y 15 minutos se obtuvieron valores entre -35,6 a -

17,8 y -54,2 a -31,0 mV respectivamente. Por otro lado, la proporción 1:2 presentó a los 5, 10 y 15 minutos un potencial Z entre -36,2 a -18,0, -39,2 a -18,4 y -51,0 a -34,9 mV respectivamente. En base a lo anterior, se observa que las muestras de cinamaldehído presentan diferencias significativas en el potencial Z según el tiempo de proceso, siendo 15 minutos de US diferente a 5 y 10 minutos. Se infiere que a medida que aumenta el tiempo del proceso de US, el valor absoluto del potencial Z aumenta.

Tabla 7. Caracterización cinamaldehído nanoencapsulado.

Proporciones	Tiempo [min]	Tamaño partícula [nm]	Índice de polidispersidad	Potencial zeta [mV]
NEcin 1:1	5	236,5 ± 3,4 ^a	0,246 ± 0,018 ^a	-17,4 ± 0,8 ^b
		283,9 ± 18,4 ^a	0,422 ± 0,022 ^a	-41,1 ± 0,2 ^b
		256,1 ± 4,1 ^a	0,340 ± 0,044 ^a	-22,7 ± 0,5 ^b
	10	212,9 ± 6,2 ^b	0,286 ± 0,023 ^a	-17,8 ± 0,6 ^b
		220,3 ± 8,0 ^b	0,376 ± 0,015 ^a	-35,6 ± 0,7 ^b
		226,2 ± 6,8 ^b	0,334 ± 0,037 ^a	-34,3 ± 0,4 ^b
	15	204,3 ± 5,8 ^b	0,382 ± 0,031 ^a	-31,0 ± 1,0 ^a
		224,0 ± 3,7 ^b	0,333 ± 0,069 ^a	-54,2 ± 1,0 ^a
	NEcin 1:2	5	238,7 ± 5,7 ^a	0,351 ± 0,012 ^b
246,3 ± 5,9 ^a			0,476 ± 0,076 ^b	-36,2 ± 0,9 ^b
266,9 ± 8,9 ^a			0,447 ± 0,008 ^b	-31,2 ± 0,3 ^b
10		212,6 ± 2,7 ^b	0,304 ± 0,016 ^b	-18,4 ± 0,8 ^b
		225,5 ± 11,1 ^b	0,421 ± 0,012 ^b	-39,2 ± 1,4 ^b
		238,0 ± 2,4 ^b	0,407 ± 0,030 ^b	-33,5 ± 0,9 ^b
15		204,6 ± 7,7 ^b	0,407 ± 0,038 ^b	-34,9 ± 0,4 ^a
		233,4 ± 7,5 ^b	0,445 ± 0,008 ^b	-51,0 ± 1,4 ^a

*a y b son los índices de diferencias significativas para cada caso con un 95% de confianza.

Respecto del tiempo de US, se infiere que la mejor opción es elegir el tiempo de 5 o 10 minutos, sin embargo, se analizará el tipo de distribución de tamaño de gota de la encapsulación en los diferentes tiempos de análisis y proporciones.

En las **Figuras 19 a 24**, se presentan las distribuciones de tamaño de gota de NE-cin 1:1 y 1:2 a los diferentes tiempos de proceso de US determinada por triplicado. Se observa que NE-cin 1:1 y 1:2 presentan dos poblaciones de gotas (Bimodal), la más numerosa presenta un tamaño de partícula entre los 100 – 1000 d.nm, mientras que la menor presenta un tamaño entre los 1000-10000 d.nm el cual se asocia a ruido por parte del análisis. Se observa que a los 5 minutos de US la muestra presenta más homogeneidad que a los 10 y 15 minutos. A su vez, la proporción 1:1 presenta una mayor uniformidad teniendo solo un pick de análisis, a diferencia de la proporción 1:2, lo que refuerza lo obtenido en la **Tabla 7**. Finalmente se escoge la combinación NE-cin 1:1 5 minutos para continuar con los análisis.

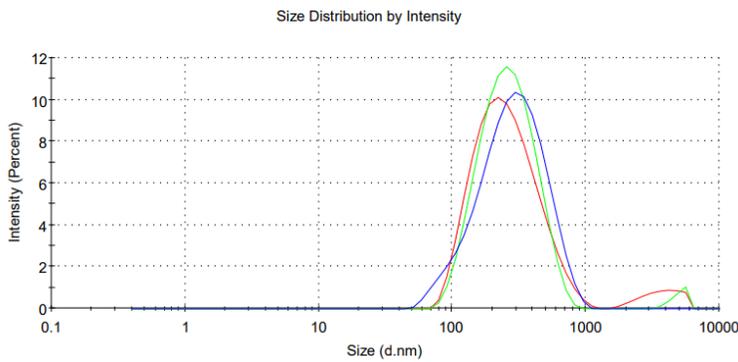


Figura 19. Distribución de tamaño de gota para NEcin 1:1 con 5 minutos de US ($n = 3$).

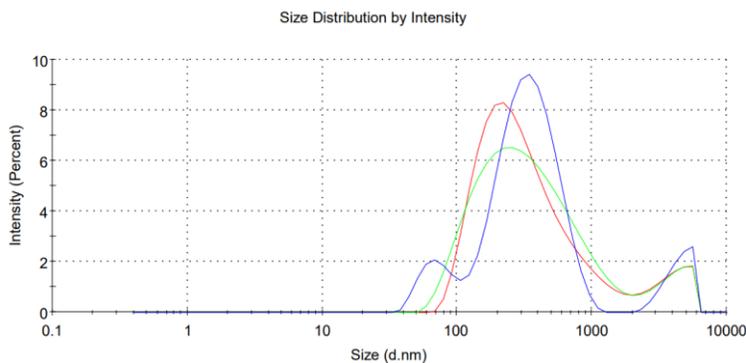


Figura 20. Distribución de tamaño de gota para NEcin 1:2 con 5 minutos de US ($n = 3$).

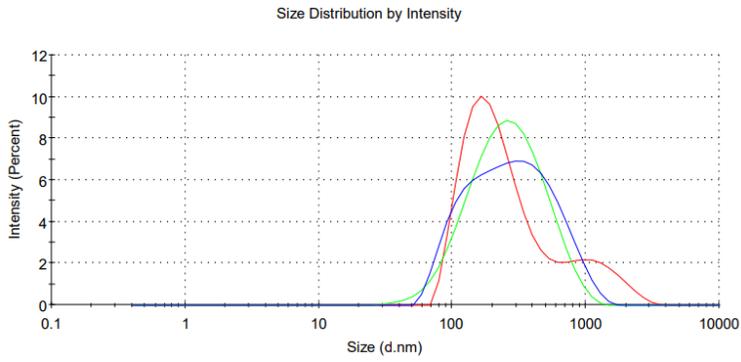


Figura 21. Distribución de tamaño de gota para NEcin 1:1 con 10 minutos de US ($n = 3$).

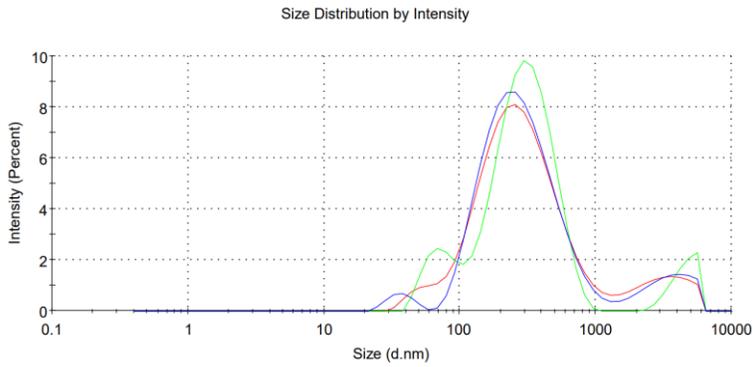


Figura 22. Distribución de tamaño de gota para NEcin 1:2 con 10 minutos de US ($n = 3$).

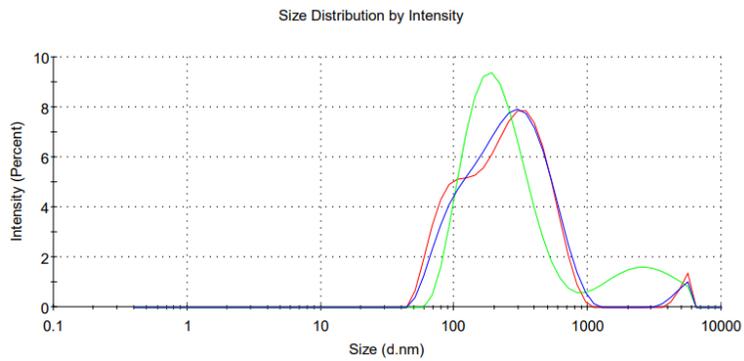


Figura 23. Distribución de tamaño de gota para NEcin 1:1 con 15 minutos de US ($n = 3$).

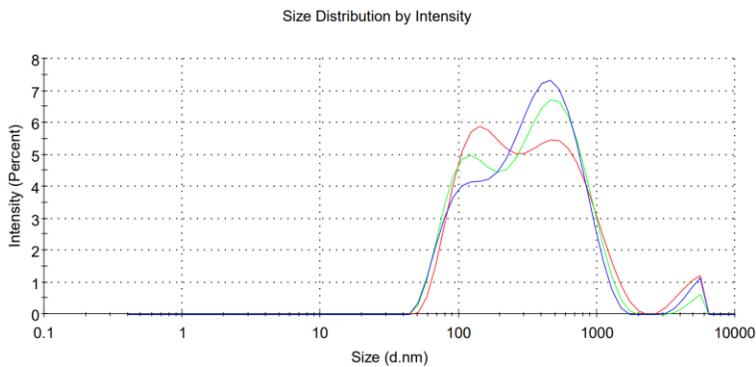


Figura 24. Distribución de tamaño de gota para NEcin 1:2 con 15 minutos de US ($n = 3$).

V.2.Determinación de la efectividad de vainillina y cinamaldehído nanoencapsulados frente a *E. coli* y *L. innocua* en la bebida proteica saborizada.

V.2.1. Caracterización de la bebida proteica saborizada

El pH inicial de la bebida proteica es de 4,96 por lo que se ajustó el pH con una solución de ácido cítrico 10% hasta $\text{pH} < 4,5$. En la **Tabla 8** se informa los resultados obtenidos para la caracterización de los ingredientes utilizados y de la bebida proteica (**anexo 14**).

Tabla 8. Caracterización de los ingredientes y bebida proteica con pH ajustado

	°Brix	Acidez titulable (g/mL ac. málico)	pH
Suspensión proteica WPC	6,33 ± 0,06	0,09 ± 0,02	5,97 ± 0,11
Jugo de manzana	10,83 ± 0,06	0,37 ± 0,01	3,44 ± 0,03
Bebida proteica saborizada	6,97 ± 0,06	0,24 ± 0,00	4,36 ± 0,02

Se agrega 0,2 ml de ac. cítrico 20% por cada 100 ml de bebida proteica saborizada

La **Tabla 8** presenta la caracterización de la suspensión proteica, jugo de manzana y bebida proteica saborizada determinada por triplicado. Se observa que la suspensión proteica WPC presenta $6,33 \pm 0,06$ °Brix, $0,09 \pm 0,02$ de acidez titulable con NaOH 0,1N y un pH de $5,97 \pm 0,11$. Lo anterior coincide con la literatura, que indica que un concentrado de proteínas de suero de leche posee $6,6^\circ\text{Brix}$, pH entre $5,8 - 6,6$ y una acidez titulable entre $0,1 - 0,4$ ([Hannibal et al., 2015](#)). Se infiere que el pH y la acidez titulable se ven influenciados por la variación de ácido láctico, mientras que los °Brix se ve afectado por el contenido lactosa, el cual puede variar entre $4,0 - 8,0\%$ en WPC.

Por otra parte, se obtuvo $10,83 \pm 0,06^\circ\text{Brix}$, pH $3,44 \pm 0,03$ y $0,37 \pm 0,01$ (g/ml ac. Málico) de acidez titulable para el jugo de manzana marca Great Value®. La aduana chilena, registra que esta marca de jugo de manzana clarificado posee $10,5^\circ\text{Brix}$ ([AduanasChile 2021](#)) y un pH de $3,0 - 4,0$ ([Sanhueza, 2019](#)). A su vez, el Codex Alimentarius indica que la acidez

titulable del jugo de manzana puede variar entre 0,2 – 0,6%. Por lo tanto, lo obtenido coincide con la literatura encontrada.

Finalmente, la bebida proteica saborizada posee $6,97 \pm 0,06^\circ\text{Brix}$, $0,24 \pm 0,00$ de acidez titulable y un pH de $4,36 \pm 0,02$. Cabe indicar que el pH fue ajustado ($< 4,5$) con ac. cítrico 20%, agregando 0,2 ml por cada 100 ml de bebida.

V.2.2. Ensayo de inactivación microbiana

Los resultados de los ensayos de inactivación de *E. coli* y *L. innocua* se presentan en las Figuras 25 y 26, los cuales se obtuvieron por triplicado en tres corridas independientes.

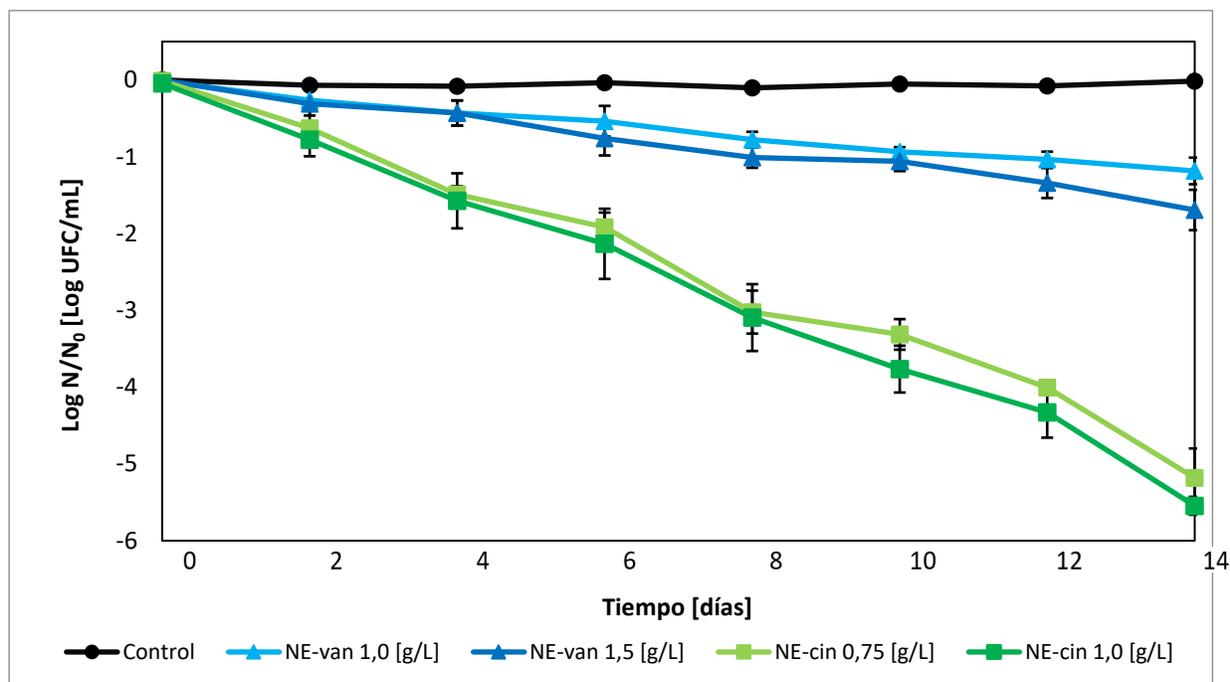


Figura 25. Inactivación de *E. coli* frente a las diferentes concentraciones de vainillina (NE-van) y cinamaldehído (NE-cin) nanoencapsulados.

La **Figura 25** presenta los resultados de inactivación para *E. coli* para las diferentes concentraciones de ambos antimicrobianos estudiados (**Tabla 2**). En esta figura se observa que ambas concentraciones de NE-cin alcanzan más de 5 ciclos logarítmicos de reducción al día 14 de análisis, mientras que la vainillina nanoencapsulada alcanzan entre 1,2 – 1,7

ciclos logarítmicos de reducción en el mismo tiempo. A su vez, se obtuvo que las dos concentraciones del mismo antimicrobiano presentan un comportamiento relativamente similar, pero los nanoencapsulados con diferente antimicrobiano presentan una efectividad antimicrobiana muy diferente. El cinamaldehído resulto marcadamente más efectivo que la vainillina frente a *E. coli*.

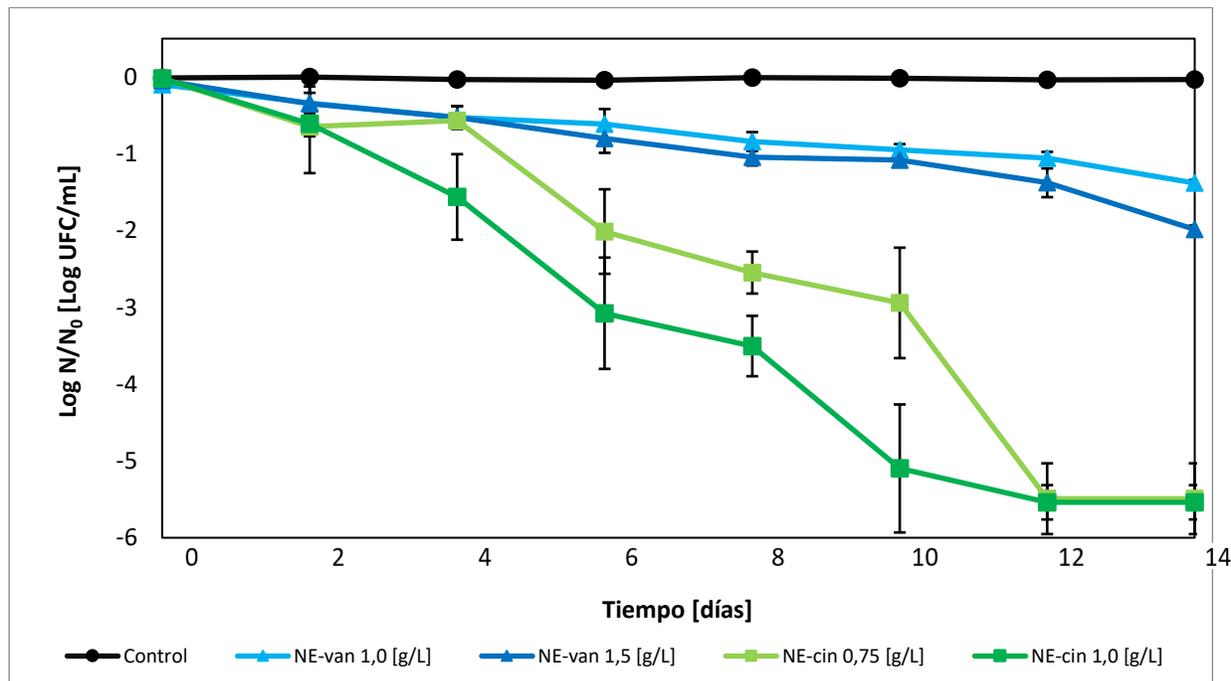


Figura 26. Inactivación de *L. innocua* frente a las diferentes concentraciones de vainillina (NE-van) y cinamaldehído (NE-cin) nanoencapsulados.

En la **Figura 26** se presentan los resultados de inactivación de *L. innocua* para las diferentes concentraciones de ambos antimicrobianos estudiados (**Tabla 2**). En esta figura se observa que ambas concentraciones de cinamaldehído alcanzan los cinco ciclos logarítmicos de reducción al día 12 de almacenamiento, mientras que la vainillina alcanza entre 1,4 – 2,0 ciclos logarítmicos de reducción al día 14 de análisis. A su vez, se observa que ambas concentraciones de vainillina presentan un comportamiento relativamente similar, pero las concentraciones de cinamaldehído difieren entre ellas.

Con la **Figura 26**, se demuestra nuevamente que el cinamaldehído tiene una acción antimicrobiana notablemente más efectiva que la vainillina. A su vez, se observó que se

puede establecer una relación entre la acción antimicrobiana y la concentración del antimicrobiano durante parte del tiempo de almacenamiento, teniendo así un mayor efecto contra las bacterias estudiadas a mayor concentración (Cava, 2013).

Al observar ambas figuras, se puede apreciar que las diferentes concentraciones de ambos antimicrobianos son más efectivas frente a *L. innocua* que a *E. coli*. Por lo que se infiere que debido a la morfología que presentan estas dos bacterias se genere una diferencia en la acción de los antimicrobianos utilizados.

Las bacterias grampositivas como *L. innocua* presentan una pared celular constituida por un 90% de peptidoglicano de un espesor de 20 a 80 nm, mientras que las bacterias gramnegativas como *E. coli* poseen una pared celular constituida por un 10% de peptidoglicano de un espesor de 2 nm y además poseen una membrana externa (Pérez, 2015) con porinas, las cuales son proteínas integrales de la membrana que la hacen más resistentes frente a los agentes antimicrobianos, ya que retrasan su acceso al interior de la bacteria (Jiménez, 2022).

Por otra parte, el cinamaldehído tiene una acción más efectiva que la vainillina frente a estos microorganismos. Por lo que, se cree que la matriz alimentaria y los componentes de la bebida proteica juegan un rol fundamental en la acción antimicrobiana de la vainillina y el cinamaldehído, siendo un factor importante a considerar las propiedades intrínsecas del alimento (grasa / proteínas / a_w / antioxidantes / conservantes / pH / sal) y las propiedades extrínsecas (temperatura / envasado al vacío / composición de la atmósfera), ya que estos afectan las propiedades antimicrobianas de los aceites esenciales y la resistencia bacteriana respectivamente (Cava, 2013). En este contexto, el contenido proteico de la bebida es el principal factor que podría afectar la actividad antimicrobiana de la vainillina y el cinamaldehído.

La actividad antimicrobiana del cinamaldehído se debe principalmente al grupo aldehído de la molécula (**Figura 3**), ya que tienen la habilidad de entrecruzarse de forma covalente con el ADN y las proteínas a través de grupos aminos (base Schiff) (Casado, 2016). Zhao et al., (2022) investigaron el efecto del cinamaldehído sobre la estructura y propiedades del aislado de proteína de suero de leche. Estos investigadores demostraron que a medida que

aumenta el contenido de cinamaldehído en una mezcla con proteína de suero de leche, la cantidad de grupos aminos libres disminuye, debido a la formación de la reacción de la base Schiff (**anexo 15**) entre el cinamaldehído y el WPC. A su vez, en sus ensayos de espectros de emisión de fluorescencia y dicroísmo circular se indica que la conformación de WPC cambia al adicionar cinamaldehído, entre estos cambios, destaca el aumento de la formación de láminas β y la disminución de las α hélices. Por otro lado, [Boeve y Joye, \(2020\)](#) exploraron el potencial de diferentes aldehídos de grado alimenticio como cinamaldehído y vainillina para estabilizar la matriz de partículas proteicas y dentro de su estudio se menciona que la adición de vainillina al WPC no disminuye el contenido de grupos aminos, como si lo hace el cinamaldehído, excluyéndose como mecanismo dominante la formación de bases de Schiff en el complejo vainillina – WPC. Considerando ambos estudios mencionados y lo obtenido en este trabajo, se plantea que la formación del complejo vainillina – WPC es débil, lo que coincide con [Houde et al., 2018](#) quienes, evaluaron la interacción de la vainillina con las proteínas del suero de leche.

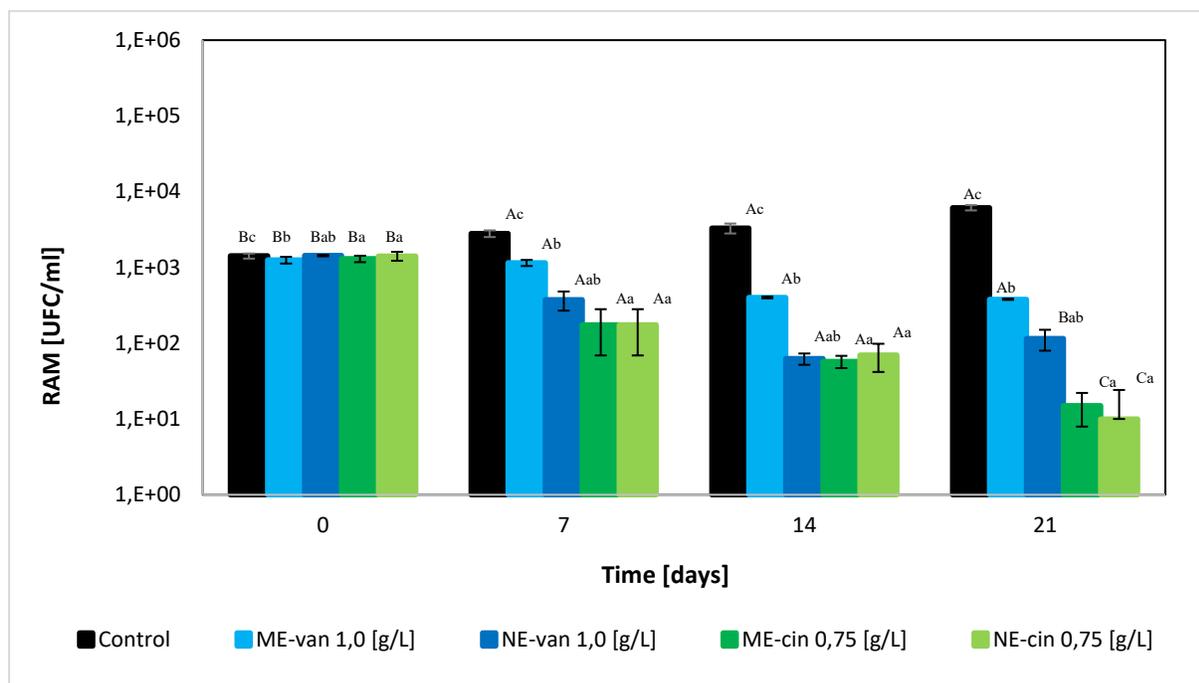
Cabe mencionar que pese a la estructura de ambos antimicrobianos, los estudios realizados sobre los mecanismos de acción del cinamaldehído y de la vainillina son poco concluyentes, ya que no se dispone de la suficiente información para predecir su efecto sobre los diferentes microorganismos y de cómo interactúa con los diferentes componentes en cada matriz alimentaria ([Casado, 2016](#)).

Finalmente, se observa en las **Figuras 25** y **26** que las diferentes concentraciones de los mismos antimicrobianos en estudio no presentaron diferencias significativas entre sí, por lo que se escoge la concentración 1g/L para vainillina y 0,75 g/L para cinamaldehído para los posteriores análisis.

V.3.Evaluación de la estabilidad microbiológica de las bebidas no inoculadas durante el almacenamiento refrigerado

Se realizaron las pruebas microbiológicas para determinar la estabilidad microbiológica de las bebidas no inoculadas durante el almacenamiento en refrigeración, para asegurar la inocuidad de las bebidas que se utilizaron en las evaluaciones sensoriales. En la **Figura 27**

se informan los resultados obtenidos del recuento de aerobios mesófilos en las cinco condiciones analizadas, por duplicado.



Medias con letras iguales no son significativamente diferentes ($p > 0,005$) según prueba Tuket HSD.
 Letras mayúsculas análisis entre tiempo
 Letras minúsculas análisis entre tratamientos

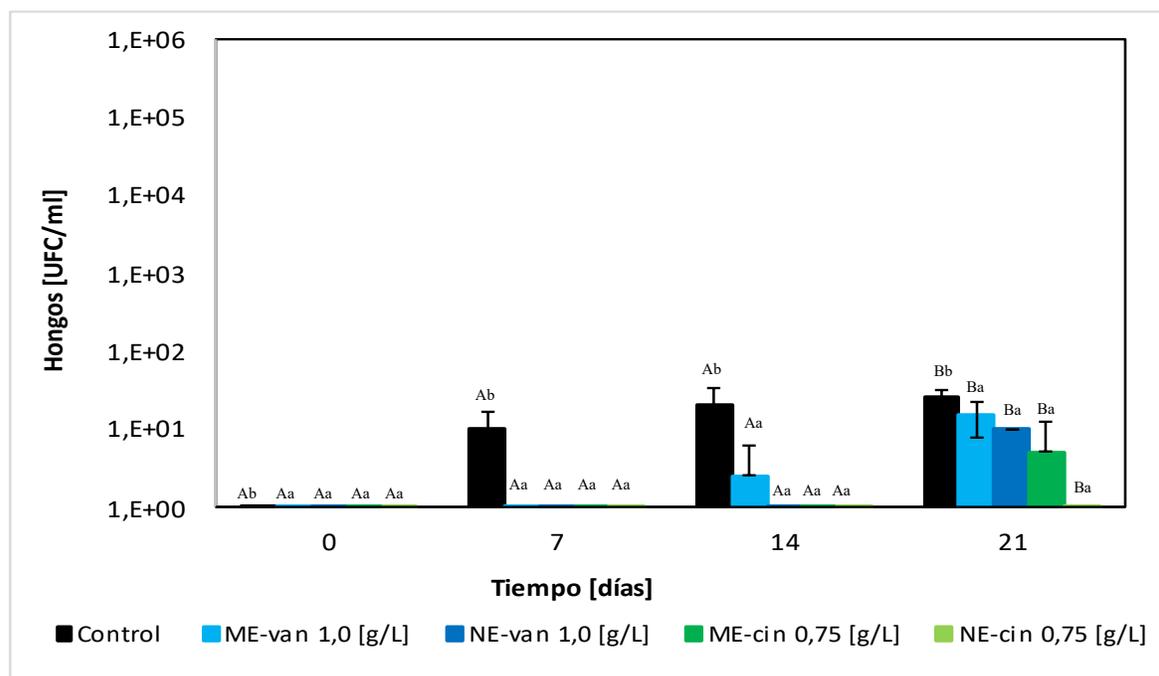
Figura 27. Recuento de aerobios mesófilos (RAM) de las bebidas durante el almacenamiento en refrigeración.

De manera general se observa que a medida que transcurren los días, el recuento de RAM aumentó en el control, alcanzando $6,2 \times 10^3$ UFC/ml al día 21 de análisis. En cambio, las condiciones con antimicrobiano una disminución, alcanzando concentraciones de hasta 10^1 UFC/ml. Esto indica que la adición antimicrobianos a la bebida proteica reduce la carga inicial de aerobios mesófilos, siendo los nanoencapsulados más efectivos que los microencapsulados para disminuir dicha carga. Además, el cinamaldehído nanoencapsulado resultó ser más efectivo frente al desarrollo de RAM en comparación con la vainillina nanoencapsulada.

El Reglamento Sanitario de los Alimentos (RSA) no establece un límite para RAM en el producto evaluado, sin embargo, se toma como referencia lo indicado para leches pasteurizadas (Párrafo III, art 173, 1.2) y bebidas alcohólicas no carbonatadas que incluye

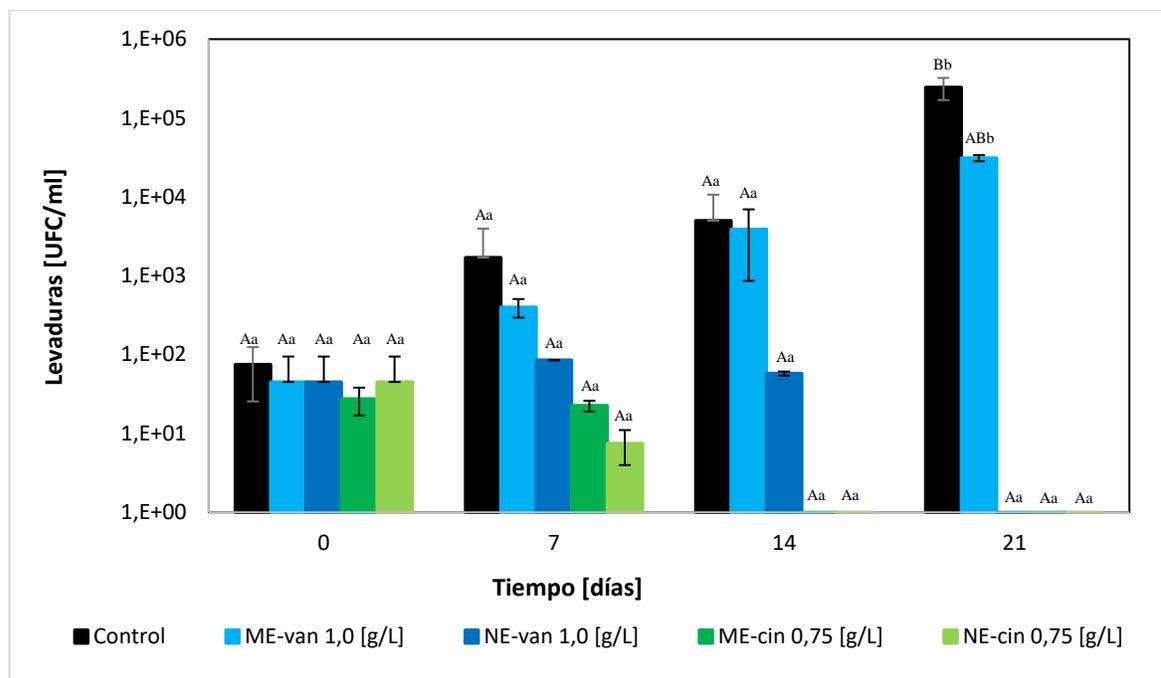
jugos y néctares pasteurizados (Párrafo III, art. 173, 16.2) donde el límite es 5×10^4 UFC/mL y 10^3 UFC/mL respectivamente. En base a esto, se considerará el límite menos exigente (5×10^4 UFC/mL) para extender el tiempo de evaluación sensorial, por lo que todas las muestras cumplen con lo establecido en el RSA hasta el día 21 para aerobios mesófilos.

En cuanto a los resultados de hongos y levaduras, estos se presentan las **Figuras 28** y **29** respectivamente. Se observa en la **Figura 28** que el crecimiento de hongos para el control se desarrolla durante los 21 días de análisis, en cambio las condiciones que poseen los antimicrobianos sólo comienzan a desarrollar hongos a partir del día 14. Al igual que en los resultados anteriores, las bebidas que poseen cinamaldehído son más efectivas que las que contienen vainillina. A su vez los microencapsulados son menos efectivos que los nanoencapsulados.



Medias con letras iguales no son significativamente diferentes ($p > 0,005$) según prueba Tuket HSD.
 Letras mayúsculas análisis entre tiempo
 Letras minúsculas análisis entre tratamientos

Figura 28. Recuento de hongos de las bebidas durante el almacenamiento en refrigeración.



Medias con letras iguales no son significativamente diferentes ($p > 0,005$) según prueba Tuket HSD.
 Letras mayúsculas análisis entre tiempo
 Letras minúsculas análisis entre tratamientos

Figura 29. Recuento de levaduras de las bebidas durante el almacenamiento en refrigeración.

En la **Figura 29** se observa que la bebida parte con una concentración inicial de $\sim 8 \times 10^1$ de levaduras. En el control y Me-van 1,0 g/L la concentración de levaduras va aumentando a medida que pasa el tiempo de almacenamiento. En cambio, para NE-van 1,0 g/L, ME-cin 1,0 g/L y NE-cin 1,0 g/L la concentración de levaduras disminuye y es prácticamente cero a los 21 días de almacenamiento. Algunos estudios coinciden con el comportamiento obtenido de los antimicrobianos nano y microencapsulados frente a levaduras. Por ejemplo, el estudio de [Bravo \(2024\)](#), quien evaluó vainillina (1 g/L) y cinamaldehído (1 g/L) micro y nanoencapsulados frente a *S. cerevisiae*, indica que esta levadura es más resistente a la vainillina que al cinamaldehído. Además, se indica que, el cinamaldehido micro y nanoencapsulado redujeron la población de la levadura en 5 ciclos logarítmicos en 6 horas de tratamiento en una bebida similar a la de esta Tesis. Por otro lado, [Sépulveda et al. \(2024\)](#) estudiaron la vainillina (1,0 y 1,5 g/L) y cinamaldehído (0,75 y 1,0 g/L) microencapsulado frente a *S. cerevisiae* inoculada en una bebida similar encontrando que la levadura mostró cierta resistencia a la vainillina logrando una reducción de 1,0 y 1,1 ciclos logarítmicos. El

cinamaldehído microencapsulado, en cambio, mostró una inactivación de la levadura superior a 5 ciclos logarítmicos en 6 días de almacenamiento.

Actualmente no existe en el RSA un límite para hongos y levaduras del producto analizado. Sin embargo, el Ministerio de Salud y Protección Social de Colombia (MSPS, 2020) establece que ningún jugo de fruta clarificado (5.15) puede sobrepasar las 10^2 UFC/ml, a su vez, el Código Alimentario Argentino (CAA, 2019) establece que el suero de leche (Capítulo VIII) no debe superar las 10^4 UFC/ml. Tomando como referencia lo mencionado anteriormente, la condición ME-van 1,0 gr/L y el control no son aptos para consumo después del día 14.

En base a los resultados obtenidos se determina que la ingesta del producto para el análisis sensorial debe realizarse los días 0, 7 y 14, dejando excluido el día 21.

V.4. Evaluar el efecto comparativo de la adición de vainillina y cinamaldehído nano y microencapsulado sobre los atributos sensoriales de una bebida proteica

Para facilitar la identificación de los jueces, se ordenaron alfabéticamente según sus nombres y se les asignó un número del 1 al 9, de manera respectiva.

V.4.1. Elección de jueces

En la encuesta realizada se obtuvo que el rango de edad de los jueces fue de 23 a 31 años. El juez 3 realizó el curso de evaluación sensorial de pregrado en el año 2022, mientras que los otros lo cursaron en el año 2023. A su vez, se obtuvo que los jueces 5 y 6 fuman entre 1 a 2 cigarrillos por día. Ningún juez poseía alguna restricción alimentaria que le impidiera participar de este estudio y todos estaban dispuestos a probar alimentos con leche de vaca, canela, manzana y vainilla (**anexo 16**).

V.4.2. Análisis de jueces

En la **Tabla 9** se presentan los resultados de las pruebas de gustos básicos, umbral de identificación, interrelación de los sentidos, test de diferencias y ordenamiento de colores para cada uno de los panelistas seleccionados. Estos datos se obtuvieron del curso de

evaluación sensorial de pregrado de la carrera ingeniería en alimentos de la Universidad de Chile del año 2022 y 2023.

Tabla 9. Porcentaje de acierto para test de gustos básicos, umbral de identificación, interrelación de los sentidos, test de diferencias y de ordenamiento de los jueces seleccionados.

Jueces	Porcentaje de acierto de cada test [%]					Promedio
	Gustos Básicos	Umbral de identificación	Interrelación de los Sentidos	Diferencias	Ordenamiento de colores	
1	70	100	71	100	57	81
2	80	100	100	67	47	77
3	70	80	86	100	43	72
4	70	80	100	67	57	72
5	100	80	86	67	43	79
6	100	80	86	100	47	78
7	70	80	86	100	40	75
8	80	80	100	100	73	77
9	90	80	71	67	51	74
Promedio	80	84	87	85	51	

Fuente: Elaboración propia con información extraída del curso de evaluación sensorial 2022 y 2023 de la universidad de Chile (**Anexo 17, 18, 19, 21, 21**).

La **Tabla 9** indica que el porcentaje de acierto para el test de gustos básicos tiene un rango entre 70 a 100%, según la tabla siendo el juez 1, 3, 4 y 7 los que obtuvieron el porcentaje mínimo de acierto. El umbral de identificación tiene un porcentaje de acierto entre 80 a 100%, desde el juez 3 al 9 obtuvieron el porcentaje mínimo de acierto. A su vez, el test de interrelación de los sentidos y test de diferencias tienen un porcentaje de acierto entre 71 a 100% y 67 a 100% respectivamente. Finalmente, el test de ordenamiento de colores tiene un rango de 40 a 73%. Por otro lado, el promedio de porcentaje de acierto para cada juez es sobre el 70% y el test que menor porcentaje de acierto obtuvo fue el test de ordenamiento de colores con un 51% de acierto en promedio.

En base a lo anterior, se revisó la literatura y las normativas de evaluación sensorial para establecer los criterios de selección del panel sensorial, sin embargo, no hay definiciones claras. [Meilgaard et al., 2015](#) menciona que en las pruebas de correspondencia o coincidencia (Matching tests), las cuales se utilizan para determinar la capacidad de un candidato para discriminar diferencias frente a diferentes estímulos como es el caso de los test de gustos básicos, umbral de identificación y de interrelación de los sentidos se deben

rechazar a los candidatos que obtengan menos del 75% de coincidencias correctas. A su vez, menciona que en las pruebas de detección/discriminación (Detection/Discrimination test), las cuales se utilizan para determinar la capacidad de un candidato para detectar diferencias entre productos similares a través de la aplicación de los test de diferencias se debe rechazar a los candidatos que obtengan una puntuación menor al 60%. Finalmente se menciona que en las pruebas de clasificación/calificación (Raking/Rating test), las cuales se utilizan para determinar la capacidad de los candidatos para discriminar niveles graduales de intensidad de un atributo determinado como es el caso del test de ordenamientos, no se menciona un porcentaje mínimo de acierto para rechazar u aceptar a un candidato.

Considerando que los criterios de evaluación de selección del panel de evaluación sensorial quedan a criterio del líder del panel y lo mencionado en [Meilgaard et al., 2015](#), en la **Tabla 10** se muestran los criterios de selección establecidos en este estudio.

Tabla 10. Criterios de selección.

Pruebas de evaluación sensorial	Porcentaje mínimo de selección [%]
Test gustos básicos	70
Test umbral identificación	70
Test interrelación de los sentidos	70
Test de diferencias	65
Test de ordenamiento de colores	40
Asistencia	100

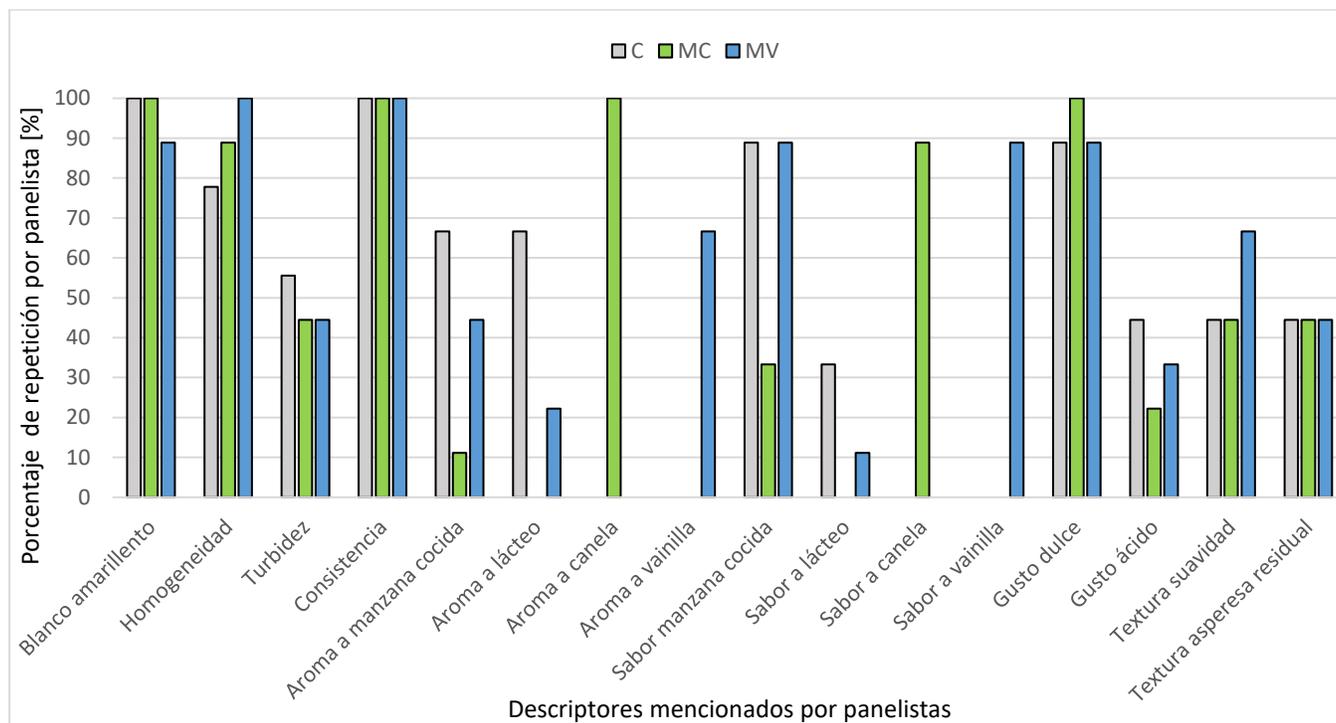
En base a lo anterior, los nueve panelistas analizados cumplen con los criterios de selección para este estudio.

V.4.3. Entrenamiento

Los panelistas que cumplieron con los criterios de evaluación establecidos en este estudio fueron entrenados para evaluar la bebida proteica saborizada.

❖ Sesión 1

En la **Figura 30** se presenta el porcentaje de repetición de los diferentes descriptores mencionados durante la discusión grupal que se realizó en la sesión 1 cuando se les presento las tres primeras muestras (C, MV, MC), de forma paralela, se consideró lo que informaron los panelistas en su hoja de respuesta (**anexo 7**).



C: Bebida proteica saborizada

MC: Bebida proteica saborizada con cinamaldehido microencapsulado (0,75 g/L).

MV: Bebida proteica saborizada con vainillina microencapsulada (1g/L).

Figura 30. Repetición de características percibidas por panelistas en sesión 1.

En base a la **Figura 30** se construyó la hoja de respuesta que se utilizó para las siguientes sesiones de entrenamiento y para el estudio en el tiempo de las bebidas proteicas saborizadas (**anexo 8**). Cabe mencionar que el atributo *consistencia* se evaluó en apariencia y textura en boca. A su vez, se determinó cambiar la presentación en las bandejas pasando de la **Figura 14** a la **Figura 15** presentadas en la sección de materiales y métodos, debido a la discusión final realizada en el laboratorio.

Para construir la **Figura 30** se consideró los siguientes términos como iguales:

- Color blanco amarillento: Blanco, amarillo, beige, amarillo pálido, blanquecino, blanco hueso.
- Homogeneidad: Separación de fases, partículas en la superficie, semi homogéneo, uniforme.
- Turbidez: Turbio, lechoso.
- Consistencia: concentrado, líquido, diluido, consistente, fluido, aguado, espeso.
- Aroma a manzana cocida: manzana cocida, manzana, kuchen o pure de manzana, manqueque.
- Aroma a lácteo: lácteo, leche.
- Aroma a canela: canela, rollos de canela.
- Aroma a vainilla: vainilla, queque de vainilla.
- Sabor manzana cocida: manzana, manzana cocida.
- Sabor lácteo: leche.
- Sabor canela: canela.
- Sabor vainilla: vainilla.
- Gusto dulce: dulce, dulzor, caramelo.
- Gusto ácido: ácido, acidez.
- Textura suavidad: sin grumos, suave.
- Textura aspereza residual: áspero, seco.

❖ Sesión 2 a la 6.

En la **Tabla 11** se presentan los p – valores obtenidos luego de un análisis ANOVA ($p < 0,05$) en los resultados de cada sesión de entrenamiento.

En dicha tabla se observa que 8 de los 18 descriptores evaluados en la sesión 2 presentan diferencias significativas con un 95% de confianza, lo que implica que el panel no está entrenado. Apariencia y sabor presentan 3 descriptores con diferencias, mientras que aroma y textura solo presenta un atributo cada uno. A su vez, se observa que los panelistas consideran que las muestras son homogéneas y de un líquido turbio, además que presentan

un aroma y sabor a manzana cocida. Finalmente, la aspereza residual que indicaron en la sesión 1 se logró disminuir a través de la incorporación de té como medio de neutralización.

Tabla 11. Análisis estadístico de las sesiones de entrenamiento (*p* – valores).

Atributos		Sesiones	2	3	4	5	6
		<i>p</i> - valor					
Apariencia	Color blanco amarillento	0,0096*	0,0018*	0,1972	0,0621	0,1430	
	Homogeneidad	0,0902	0,0001*	0,0532	0,0723	0,1406	
	Turbidez	0,0012*	0,0001*	0,6309	0,1045	0,0891	
	Consistencia al agitar	0,0000*	0,2664	0,0640	0,5382	0,7626	
Aroma	Manzana cocida	0,5014	0,1498	0,2750	0,5228	0,5964	
	Lácteo	0,0058*	0,0004*	0,1275	0,0718	0,0900	
	Canela	0,3431	-	0,7184	0,1510	-	
	Vainilla	0,3552	0,8523	-	-	0,1397	
Sabor	Manzana cocida	0,0824	0,0793	0,1391	0,0774	0,2677	
	Lácteo	0,0014*	0,0649	0,0507	0,2367	0,1176	
	Canela	0,2833	-	0,0700	0,2570	-	
	Vainilla	0,5450	0,1449	-	-	0,3077	
	Dulzor	0,0840	0,3704	0,1132	0,1223	0,2876	
	Acidez	0,0132*	0,0757	0,1799	0,2318	0,5076	
	Sabor residual	0,0138*	0,2101	0,4323	0,6988	0,7165	
Textura	Consistencia en boca	0,0839	0,7673	0,0856	0,0502	0,1627	
	Suavidad	0,0004*	0,0018*	0,2158	0,2312	0,2312	
	Aspereza residual	0,0811	0,0001*	0,1539	0,3239	0,4610	

Con asterisco (*) los *p* - valor que presentan diferencias significativas con un 95% de confianza.

En base a los resultados obtenidos de la sesión 2, se decide hacer tarjetas (**anexo 22**) para cada panelista indicando en que descriptor presentaron dispersión respecto al resto del panel y se les informo el promedio general de la evaluación para cada descriptor sin considerar los datos más dispersos.

En la sesión 3 se evaluaron únicamente las muestras del grupo V (C, NV y MV), obteniendo que solo 6 descriptores mostraron diferencias significativas ($p < 0,05$). De estos, 3

corresponden a atributos de apariencia, 2 a textura y 1 a aroma. En base a ello, se decidió presentar muestras tangibles en la próxima sesión para reducir la dispersión en los descriptores *color blanco amarillento* y *aroma a lácteo*. En el caso del descriptor *homogeneidad*, se les aclaró a los panelistas que debían evaluar dicho descriptor luego de revolver la muestra con las varillas disponibles en bandeja y no considerar la separación de fases que se generaba cuando se les entregaba la muestra. Para el descriptor de *turbidez*, se les pidió a los panelistas evaluar el descriptor luego de revolverlo y apuntar a una dirección a contraluz. Finalmente, para los descriptores *suavidad* y *aspereza residual* se optó por definir y explicar dichos términos de manera verbal antes de iniciar la evaluación.

La **Tabla 11** también muestra los *p* - valores obtenidos en la sesión 4, donde solo se evaluaron las muestras del grupo C (C, NC y MC), en dicha sesión no se obtuvieron diferencias significativas para ninguno de los descriptores evaluados, demostrando que el uso de referencias tangibles y las aclaraciones antes de comenzar el panel sensorial fueron útiles para entrenar el panel. Pese a que el panel no presenta diferencias ($p < 0,05$) entre jueces, se decide realizar dos sesiones más, para validar de alguna forma el entrenamiento de los panelistas.

En la sesión 5 se evalúan las muestras del grupo C (C, NC y MC) y en la sesión 6 se evalúan las muestras del grupo V (C, NV y MV). En ambas sesiones se obtiene que no hubo diferencias significativas en ninguno de los descriptores evaluados con un 95% de confianza. Por lo que se finaliza la etapa de entrenamiento y el panel se considera entrenado para evaluar las muestras del estudio.

V.4.4. Test Descriptivo QDA cuantitativo

Como ya se mencionó anteriormente, el análisis del perfil sensorial duro dos semanas y se realizó en 6 sesiones, teniendo 2 sesiones por día en un horario am y pm. Las muestras se prepararon en el día 0 y se mantuvieron refrigeradas a 4°C durante el tiempo de análisis. En la **Tabla 12** se presenta el *p* – valor obtenido del análisis ANOVA de dos vías para jueces y muestras realizada en cada sesión de las muestras del grupo C.

Tabla 12. Análisis estadístico de test descriptivo para muestras del grupo C.

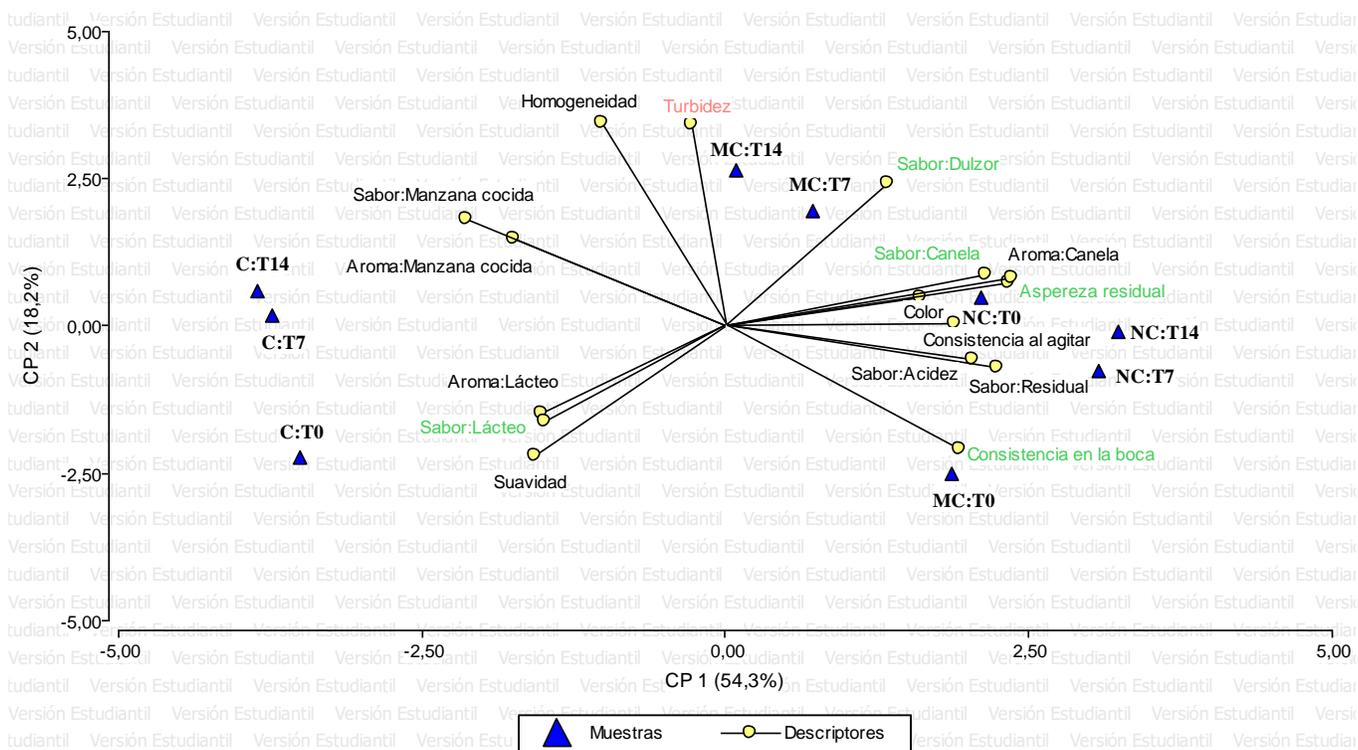
Atributos		0 días		7 días		14 días	
		<i>p</i> – valor jueces	<i>p</i> – valor muestras	<i>p</i> – valor jueces	<i>p</i> – valor muestras	<i>p</i> – valor jueces	<i>p</i> – valor muestras
Apariencia	Color blanco amarillento	0,2860	0,0412*	0,0523	0,0002*	0,4258	< 0,0001*
	Homogeneidad	0,3973	< 0,0001*	0,1131	0,0092*	0,0857	0,0112*
	Turbidez	0,0562	0,5270	0,1581	0,0602	0,5785	0,5053
	Consistencia al agitar	0,0686	0,0130*	0,0781	< 0,0001*	0,3822	< 0,0001*
Aroma	Manzana cocida	0,9547	< 0,0001*	0,1747	< 0,0001*	0,1103	< 0,0001*
	Lácteo	0,3250	< 0,0001*	0,1917	0,1721	0,3495	0,0269
	Canela	0,1637	< 0,0001*	0,0965	< 0,0001*	0,3860	< 0,0001*
Sabor	Manzana cocida	0,0637	< 0,0001*	0,9911	< 0,0001*	0,1470	< 0,0001*
	Lácteo	0,2819	< 0,0001*	0,3618	0,0005	0,5179	0,2190
	Canela	0,3297	< 0,0001*	0,1472	< 0,0001*	0,2401	< 0,0001*
	Dulzor	0,8476	0,0010*	0,4880	0,0003*	0,2644	< 0,0001*
	Acidez	0,4155	0,1517	0,1386	< 0,0001*	0,7178	< 0,0001*
	Sabor residual	0,3760	< 0,0001*	0,9388	< 0,0001*	0,5559	< 0,0001*
Textura	Consistencia en boca	0,0573	0,4832	0,3537	0,0064*	0,3937	< 0,0001*
	Suavidad	0,9083	0,0003*	0,1718	< 0,0001*	0,1751	< 0,0001*
	Aspereza residual	0,3967	0,0048*	0,5295	< 0,0001*	0,6489	< 0,0001*

Con “**” los *p* – valores que presentan diferencias significativas con un 95% de confianza.

En la **Tabla 12** se observa que los jueces no presentaron diferencias significativas entre ellos, lo cual corrobora que los jueces están entrenados. Por otro lado, los descriptores *Color blanco amarillento*, *Homogeneidad*, *Consistencia al agitar*, *aroma a manzana cocida*, *aroma a canela*, *sabor a manzana cocida*, *sabor a canela*, *dulzor*, *sabor residual*, *suavidad* y *Aspereza residual* presentaron diferencias significativas entre muestras ($p \leq 0,05$) durante todo el tiempo de análisis, por lo cual se infiere que el panel era capaz de percibir de manera

sensorial diferencias entre las muestras presentadas para dichos descriptores. Por otro lado, el atributo *Lácteo* tanto en aroma como en sabor al día 0 presenta diferencias significativas entre muestras, pero los otros días de análisis no presento diferencias. De forma contraria ocurre con los atributos *Acidez* y *Consistencia en boca*. Cabe mencionar, que el atributo *Turbidez* no presento diferencias significativas entre muestras durante todo el tiempo de análisis. Estos últimos descriptores mencionados se pueden relacionar netamente con el tiempo de almacenamiento, es decir, que de alguna manera las características sensoriales de las muestras cambian a medida que avanza el tiempo de almacenamiento.

Se realizó el PCA con el fin de averiguar el efecto del tiempo de almacenamiento en refrigeración de las diferentes muestras evaluadas. En la **Figura 31** se presenta el diagrama de dispersión de las muestras del grupo C (muestras con y sin cinamaldehído, **Tabla 3**). Se observa que los dos componentes principales explican el 72,5% de la varianza total. El primer componente principal (CP1) explica el 54,3%. Las variables color, consistencia al agitar, aroma:canela, sabor:dulzor, sabor:canela, sabor:acidez, sabor:residual, aspereza residual y consistencia en la boca se correlacionan positivamente, mientras que las variables homogeneidad, turbidez, aroma:manzana cocida, aroma:lácteo, sabor:manzana cocida, sabor:lácteo y suavidad se correlacionan negativamente. Por otra parte, el segundo componente (CP2) explica el 18,2%, este componente se relaciona de manera positiva con homogeneidad, turbidez, aroma: manzana cocida, aroma:canela, sabor:manzana cocida, sabor:dulzor, sabor:canela y aspereza residual, mientras que se relaciona de manera negativa con los atributos consistencia al agitar, aroma:lácteo, sabor:lácteo, sabor:acidez, sabor:residual, consistencia en la boca y suavidad. Todos los atributos a excepción de turbidez, presentaron diferencias entre muestras y los atributos sabor:lácteo, sabor:dulzor, sabor:canela, aspereza residual y consistencia en la boca no presentaron diferencias significativas entre el tiempo de análisis con una confianza del 95% (**anexo 23**).



*En color rojo el descriptor que NO presenta diferencias significativas entre muestras ($\alpha = 0,05$).

*En color verde el descriptor que NO presenta diferencias significativas entre el tiempo de evaluación ($\alpha = 0,05$).

Figura 31. Estudio en el tiempo de conservación para muestras del grupo C.

En base a la **Figura 31** se puede plantear los siguientes perfiles descriptivos de las muestras:

- Bebida proteica saborizada control (C): predominaron cinco descriptores a lo largo de todo el tiempo de análisis, siendo estos, aroma a lácteo, aroma a manzana cocida, sabor a lácteo, sabor a manzana cocida y textura:suavidad. Sin embargo, luego de los siete y catorce días de análisis destaca aroma y sabor a manzana cocida. Esto tiene sentido, ya que la muestra control no contiene cinamaldehído nano o microencapsulado.

- Bebida proteica saborizada con cinamaldehído microencapsulado (MC): En esta muestra predominó el sabor y aroma a canela; sin embargo, al inicio del estudio (MC:T0), la muestra se percibió ácida y con un intenso sabor residual que se asociaba al picor (**Figura 31**). Al día 7 (MC:T7), el aroma a canela se volvió más intenso, aunque esta intensidad disminuyó al día 14, momento en el que se acentuaron el aroma y sabor a manzana cocida.

- Bebida proteica saborizada con cinamaldehído nanoencapsulado (NC): Durante todo el tiempo de análisis predominaron 9 descriptores diferentes (se correlacionan de manera positiva entre sí), al estar tan cerca entre sí, no presentan una diferencia marcada. a diferencia de las muestras microencapsuladas.

De forma general las muestras MC y NC tienen características sensoriales similares entre sí y como es de esperar, ambas son diferentes a la muestra control. Se infiere, además, que la muestra nanoencapsulada preserva mejor las características sensoriales en el tiempo de estudio a diferencia de las muestras con microencapsulados. Por su lado, el control se caracterizó por tener un aroma y sabor a lácteo y a manzana cocida.

En cuanto a la pregunta abierta (*Indique cuál es el sabor residual que percibe*) de la hoja de respuesta (**anexo 8**), se presenta un análisis de correspondencia múltiple (AMC) en la **Figura 32**.

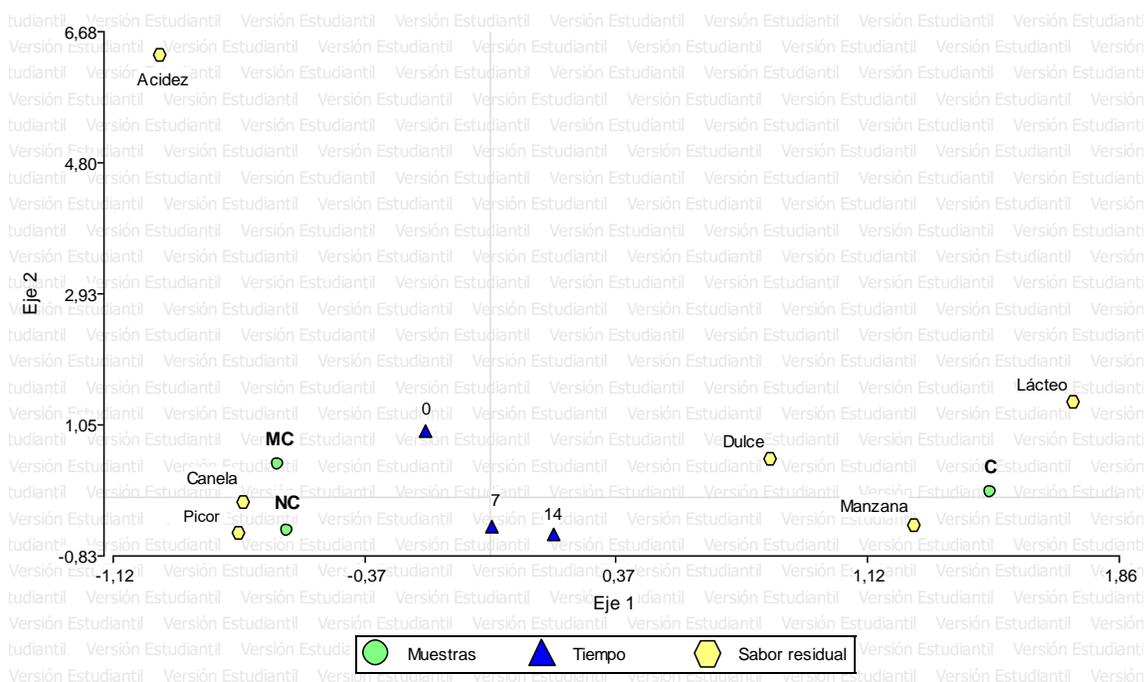


Figura 32. Sabor residual de cada muestra del grupo C.

En la **Figura 32** se observa que los residuales de sabor canela y picor residual se asocian a la muestra MC y NC, lo cual tiene sentido, ya que el cinamaldehído es el compuesto que

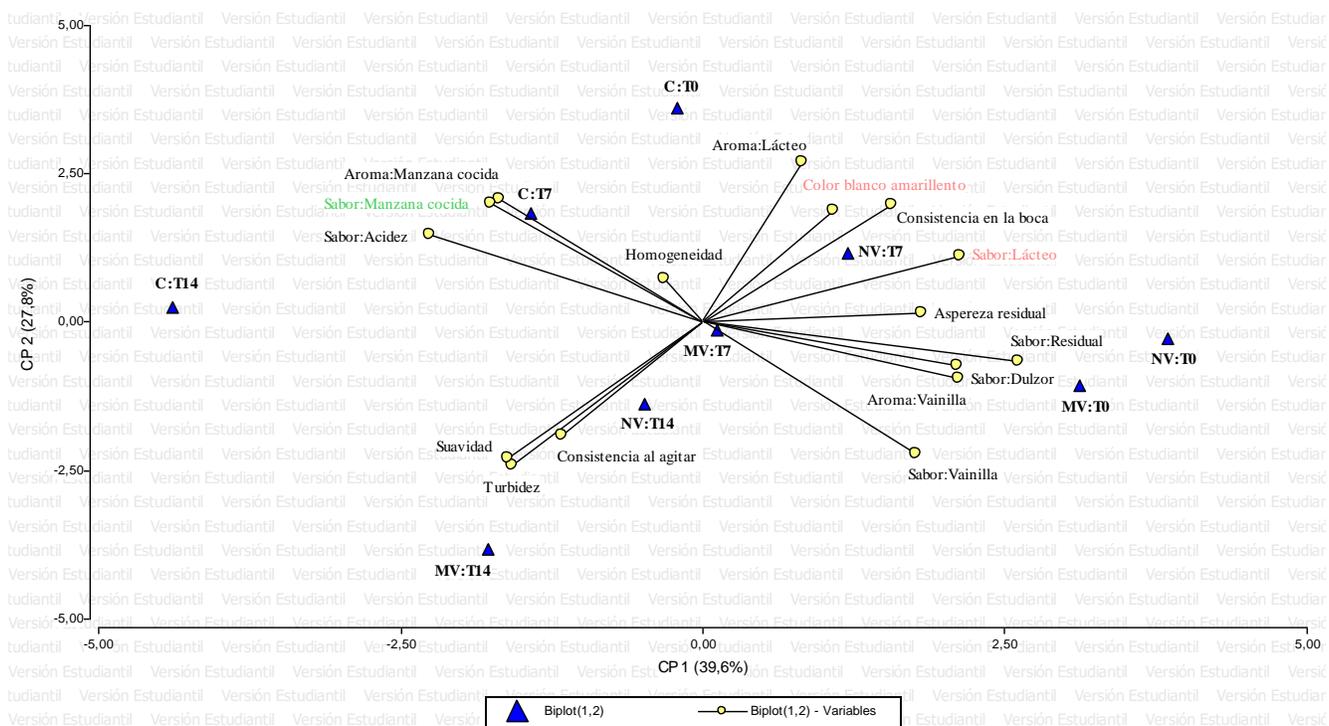
le otorga picor a la canela (Muñoz, 2021). Sin embargo, la intensidad del picor residual es más intenso en las muestras de NC, cabe mencionar que este picor aumenta con el tiempo. Lo anterior se puede explicar con el estudio de Sepúlveda et al. (2024) quienes explican que la tasa de liberación de cinamaldehído de una emulsión con WPC se va liberando de manera lenta en los tres primeros días y luego pasa a una fase lineal de liberación. Por lo tanto, se puede asociar esta liberación con la intensidad de picor residual que percibieron los panelistas. La muestra control C, presenta sabor residual lácteo, dulce y manzana, aumentando el sabor a manzana a medida que avanza el tiempo de análisis. En cuanto a la acidez, éste no aporta en el análisis, y no se asocia a una muestra.

Tabla 13. Análisis estadístico de cada sesión realizada en test descriptivo para muestras del grupo V.

Atributos		0 días		7 días		14 días	
		<i>p</i> – valor jueces	<i>p</i> – valor muestras	<i>p</i> – valor jueces	<i>p</i> – valor muestras	<i>p</i> – valor jueces	<i>p</i> – valor muestras
Apariencia	Color blanco amarillento	0,9206	0,0057*	0,7387	0,2627	0,2992	0,0801
	Homogeneidad	0,7015	0,8072	0,4348	0,0017*	0,2158	0,0002*
	Turbidez	0,0849	0,7570	0,2158	0,3315	0,8080	0,0195*
	Consistencia al agitar	0,4225	0,0931	0,3072	0,0092*	0,8246	< 0,0001*
Aroma	Manzana cocida	0,1315	< 0,0001*	0,4636	0,0052*	0,4795	0,0747
	Lácteo	0,0530	< 0,0001*	0,1602	0,2427	0,1041	0,1513
	Vainilla	0,9069	< 0,0001*	0,4580	< 0,0001*	0,5653	< 0,0001*
Sabor	Manzana cocida	0,4091	0,0398	0,2118	0,0232*	0,2087	< 0,0001*
	Lácteo	0,6827	0,8552	0,4069	0,1678	0,1159	0,0792
	Vainilla	0,5606	< 0,0001*	0,8929	< 0,0001*	0,8038	< 0,0001*
	Dulzor	0,2770	< 0,0001*	0,8837	0,1622	0,2576	0,1976
	Acidez	0,7445	0,0004*	0,5063	0,1839	0,7153	0,0006*
	Sabor residual	0,6207	< 0,0001*	0,5916	< 0,0001*	0,7432	< 0,0001*
Textura	Consistencia en boca	0,0627	0,7232	0,0517	0,2289	0,2077	0,0019*
	Suavidad	0,3024	0,0003*	0,4433	0,1381	0,0536	0,4005
	Aspereza residual	0,9401	< 0,0001*	0,1835	0,8358	0,5373	0,9503

Con “**” los *p* – valores que presentan diferencias significativas con un 95% de confianza.

Por otra parte, en la **Tabla 13** se presenta el p – valor obtenido del análisis ANOVA de dos vías para jueces y muestras realizada en cada sesión de las muestras del grupo V (C, NV y MV). Se observa que los jueces no presentan diferencias significativas entre ellos a lo largo de todo el estudio, lo cual corrobora que los jueces están entrenados. A su vez, los descriptores *aroma a vainilla*, *sabor a vainilla*, *acidez* y *sabor residual* presentaron diferencias significativas entre muestras ($p \leq 0,05$) durante todo el tiempo de análisis. Por otro lado, los atributos *aroma a manzana cocida*, *aroma a lácteo*, *dulzor*, *suavidad* y *aspereza residual* presentan diferencias significativas entre muestras solo al comienzo del estudio, pero los otros días de análisis no presentaron diferencias. De forma contraria ocurre con los atributos *homogeneidad*, *turbidez*, *consistencia al agitar*, *sabor a manzana cocida* y *textura*. Cabe mencionar, que el atributo *sabor a lácteo* no presentó diferencias significativas entre muestras durante todo el tiempo de análisis.



*En color rojo el descriptor que NO presenta diferencias significativas entre muestras ($\alpha = 0,05$).
 *En color verde el descriptor que NO presenta diferencias significativas entre el tiempo de evaluación ($\alpha = 0,05$).

Figura 33. Estudio en el tiempo de conservación para muestras del grupo V.

En la **Figura 33** se presenta el diagrama de dispersión de las muestras del grupo V (Muestras con y sin vainillina) y de los descriptores en los dos primeros componentes

principales. Se observa que estos dos componentes explican el 67,4% de la varianza total. El primer componente principal (CP1) explica el 39,6% de la variabilidad de los datos. Las variables color blanco amarillento, aroma:vainilla, aroma:lácteo, sabor:vainilla, sabor:dulzor, sabor:lácteo, sabor:residual, consistencia en la boca y aspereza residual se correlacionan positivamente, mientras que con las variables homogeneidad, consistencia al agitar, turbidez, aroma:manzana cocida, sabor:acidez, sabor:manzana cocida y suavidad se correlacionan negativamente con respecto a CP1. Por otra parte, la segunda componente (CP2) explica el 27,8% de la variabilidad de los datos, esta componente se relaciona de manera positiva con color blanco amarillento, homogeneidad, aroma:lácteo, aroma:manzana cocida, sabor:acidez, sabor:manzana cocida, sabor:lácteo y consistencia en la boca, mientras que se relaciona de manera negativa con los atributos turbidez, consistencia al agitar, aroma:vainilla, sabor:vainilla, sabor:dulzor, sabor:residual y suavidad. Cabe mencionar que todos los atributos a excepción de color blanco amarillento y sabor:lácteo presentaron diferencias entre muestras y el atributo sabor:manzana cocida tampoco presento diferencias significativas entre el tiempo de análisis con una confianza del 95% (**anexo 24**).

En base a la **Figura 33** se puede plantear los siguientes perfiles descriptivos:

- Bebida proteica saborizada control (C): predominaron seis descriptores a lo largo de todo el tiempo de análisis, siendo estos, sabor a acido, sabor a manzana cocida, aroma a manzana cocida, homogeneidad, aroma a lácteo y color blanco amarillento. A un inicio del análisis (C:T0) se caracterizó por tener una mayor intensidad a aroma a lácteo y color blanco amarillento, a los 7 días de análisis (C:T7) la muestra posee una gran intensidad a aroma a manzana cocida, sabor a manzana cocida y se percibe acidez en la muestra. Sin embargo a los 14 días de análisis (C:T14) la intensidad de estos descriptores disminuyeron.

Lo anterior coincide con la **Figura 31**, por lo tanto, de forma general las muestras control se caracterizan por poseer un intenso aroma a manzana cocida y lácteo con un sabor a manzana cocida que luego de los catorce días de análisis disminuyen levemente.

- Bebida proteica saborizada con vainillina microencapsulada (MV): al inicio del análisis (MV:T0), la muestra presenta un intenso aroma a vainilla, dulzor, sabor a vainilla, sabor

residual y aspereza residual. Sin embargo, a los 7 días (MV:T7), la intensidad de estos atributos disminuye, lo que hace que la muestra no presente un descriptor que la distinga, tal como se observa en su posición en el gráfico. Finalmente, a los 14 días de análisis (MV:T14), la muestra se vuelve más turbia, pero se percibe más suave, y su consistencia al agitarse es más intensa.

- Bebida proteica saborizada con vainillina nanoencapsulada (NV): al inicio del análisis (NV:T0) la muestra presenta aroma a vainilla, sabor residual, sabor dulce, sabor vainilla, sabor lácteo y aspereza residual. A los 7 días de análisis la muestra (NV:T7) presenta un aumento en el aroma y sabor a lácteo, y en la textura consistente en boca. Finalmente, a los 14 días (NV:T14) la muestra se vuelve más turbia, suave y más consistente al agitar.

De forma general que las muestras MV y NV tienen características sensoriales similares entre sí y como es de esperar, ambas son diferentes a la muestra control. Se infiere, además, que las muestras MV y NV presentan una mayor intensidad de *aroma* y *sabor a vainilla* al comienzo del análisis, siendo más intenso MV que NV. Sin embargo, al transcurrir el tiempo del estudio, las muestras pierden su intensidad en ambos descriptores, pero perdura más la intensidad en las muestras NV que en MV.

En cuanto a la pregunta abierta de la hoja de respuesta (**anexo 8**), se presenta un análisis de correspondencia múltiple en la **Figura 34**.

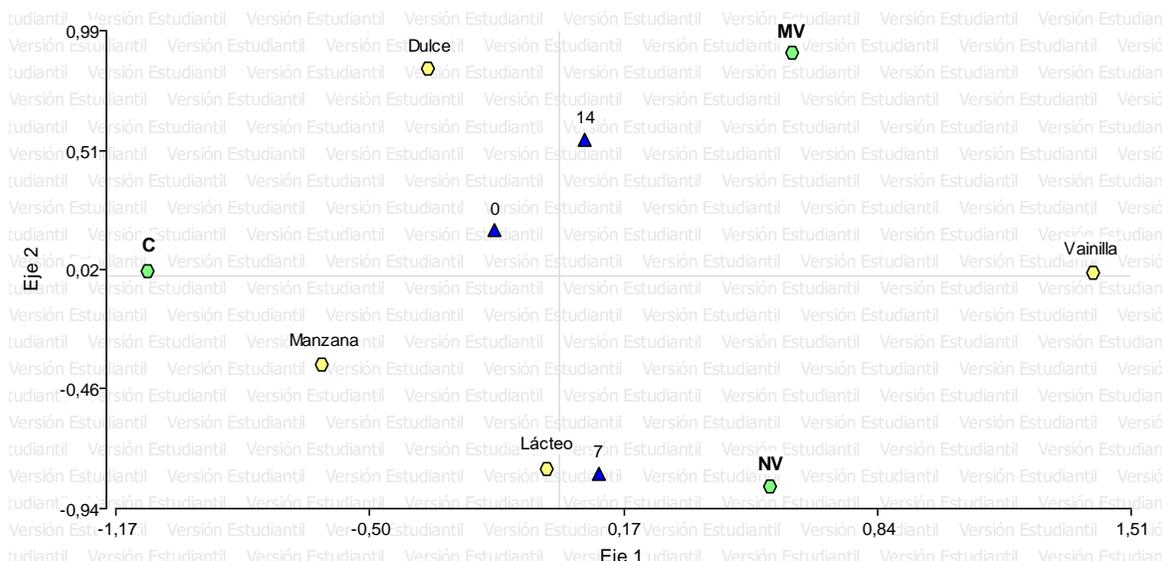


Figura 34. Sabor residual de cada muestra del grupo V.

En la **Figura 34** se observa que el residual sabor vainilla se asocia a las muestras MV y NV, lo cual tiene sentido, ya que son las muestras que contienen vainillina. Sin embargo, MV también posee residual dulce y NV residual a lácteo. En cuanto al control, inicialmente predominó el residual sabor manzana, a los 7 días el sabor lácteo y a los 14 días predomina el residual sabor dulce.

V.4.5. Test con consumidores

V.4.5.1. Características de los encuestados

Se encuestó a 164 personas (82 por cada grupo de **Tabla 3**) dividido equitativamente entre hombres y mujeres (**anexo 25**), estos consumidores debían cumplir con el requisito de ser consumidores de productos con vainilla y/o canela. El consumidor que no cumpliera este requisito no pudo participar en el estudio. A su vez, se les pidió a los consumidores seleccionar alguno de los productos de una lista que podrían estar relacionados con el producto de esta tesis (esta pregunta no era un requisito) (**anexo 25**), en base a esto, el 88% de los consumidores consume bebidas de fantasía, el 86% consume jugos saborizados, el 35% consume bebidas proteicas saborizadas y el 18% consume suplementos alimenticios. Por otra parte, el 90% de los consumidores no posee alergias o intolerancias alimenticias (**anexo 26**), sin embargo, el 6% es intolerante a la lactosa por lo que consumieron lactasa para realizar la evaluación, el 4% restante tiene otros tipos de alergias que no interfieren con el estudio. A su vez, el 84% de los consumidores no fuma (**anexo 25**), el 35% tiene entre 18 y 20 años (**anexo 27**), el 57% de los consumidores tiene entre 21 a 30 años, finalmente el 8% tiene entre 31 a 60 años.

V.4.5.2. Aceptabilidad.

En la **Tabla 14** se presentan los resultados del análisis ANOVA multifactorial de la evaluación de aceptabilidad de los dos grupos de muestras presentadas en la evaluación.

Se observa que los atributo *apariencia* y *aroma* no presentan diferencias significativas entre las muestras evaluadas para cada grupo. En el caso del grupo C, presentó diferencias significativas ($p \leq 0,05$) solo en dos de los cuatro atributos evaluados, éstos corresponden

a *sabor y agrado general*. La diferencia se estableció entre la muestra control (C) y las muestras con cinamaldehído (MC y NC). Esto es consistente con lo obtenido en el Test Descriptivo QDA cuantitativo de esta tesis, que indica que al añadir cinamaldehído encapsulado a la bebida proteica, ésta pierde sus características sensoriales típicas, prevaleciendo las del antimicrobiano. Lo obtenido también concuerda con otros estudios como el de [Alvarado \(2019\)](#), quien evaluó el capulí en almíbar con diferentes cantidades de cinamaldehído. encontrando que los cuatro tratamientos presentaron diferencias significativas, siendo la muestra sin cinamaldehído la mejor valorada, mientras que la muestra con la mayor cantidad de cinamaldehído (0,15 ml) fue la menos aceptada.

Tabla 14. Resultados de aceptabilidad en test con consumidores para cada grupo evaluado.

Tipo de escala	Atributos	Grupo V				Grupo C			
		C	MV	NV	<i>p</i> – valor muestras	C	MC	NC	<i>p</i> – valor muestras
Hedónica (7 = me gusta mucho a 1 = me disgusta mucho)	Apariencia	5,0	5,3	5,1	0,5321	5,0	4,9	5,2	0,3844
	Aroma	5,3	5,5	5,5	0,8056	5,4	5,5	5,4	0,8898
	Sabor	5,3	4,9	4,8	0,1410	5,5 ^b	4,2 ^a	4,5 ^a	<0,0001*
	Agrado General	5,5 ^b	5,1 ^{ab}	4,7 ^a	0,0036*	5,6 ^b	4,4 ^a	4,4 ^a	<0,0001*

Con “*” los *p* – valor con diferencias significativas ($p \leq 0,05$), los superíndices muestran diferencias entre muestras

A pesar de lo anterior, se observa que las bebidas con cinamaldehído nano y microencapsulado (MC y NC) presentan una aceptabilidad similar. Según las categorías de la escala hedónica utilizada (**Figura 7**), el puntaje obtenido de aceptabilidad para ambos atributos con diferencias significativas indica que estas muestras se encuentran en un rango entre las categorías “No me gusta ni me disgusta” y “Me gusta un poco”. Esto sugiere que la adición de estos encapsulados a la bebida no influye significativamente en la aceptación del consumidor, ya que, según su percepción, son muestras que resultan aceptables.

El grupo V, por su parte, solo tuvo diferencias significativas ($p \leq 0,05$) en uno de los cuatro atributos evaluados, siendo éste, el *agrado general*. En este caso, la muestra con vainillina microencapsulada (MV) no muestra diferencias con las otras dos muestras del grupo. En

cambio, la muestra control (C) presenta diferencias con la muestra adicionada con vainillina nanoencapsulada (NV). Sin embargo, según la escala de evaluación utilizada (**Figura 7**), el puntaje obtenido en el control corresponde a la categoría "Me gusta", mientras que para MV y NV corresponde a la categoría "Me gusta un poco". En base a lo anterior, se refuerza nuevamente lo inferido con las muestras del grupo C.

De manera general, se observa que las muestras del grupo V tienen mayor aceptabilidad por parte de los consumidores que las del grupo C.

V.4.5.3. Justo Agrado (JAR)

En la **Tabla 15** se presentan los resultados del análisis ANOVA multifactorial de la evaluación de justo agrado de los dos grupos de muestras presentadas en la evaluación.

Tabla 15. Resumen ANOVA para preguntas de justo agrado (JAR).

Tipo de escala	Atributos	Grupo V				Grupo C			
		C	MV	NV	<i>p – valor muestras</i>	C	MC	NC	<i>p – valor muestras</i>
Justo agrado (-2 = mucho menos intenso de lo que me gusta a +2 = mucho más intenso de lo que me gusta)	Apariencia: color	0,00	0,01	0,02	0,9808	-0,10	-0,11	0,01	0,5673
	Apariencia: uniformidad	-0,15	-0,09	-0,13	0,7443	-0,18	-0,18	-0,16	0,9288
	Aroma: manzana cocida	-0,20	-0,10	-0,20	0,2588	-0,33	-0,13	-0,33	0,2944
	Aroma: lácteo	-0,16	-0,12	-0,07	0,8399	-0,04	-0,29	-0,27	0,1171
	Aroma: vainilla o canela		0,17	0,26	0,5618		0,38	0,54	0,2988
	Sabor: acidez	0,01 ^a	0,26 ^{ab}	0,38 ^b	0,0079*	0,04 ^a	0,61 ^b	0,63 ^b	<0,0001*
	Sabor: dulzor	-0,13	0,01	-0,15	0,3871	-0,18 ^a	0,18 ^b	0,06 ^{ab}	0,0133*
	Sabor: lácteo	-0,26	-0,28	-0,12	0,4830	-0,13	-0,40	-0,20	0,1035
	Sabor: manzana cocida	0,04	-0,13	0,10	0,2591	-0,05	-0,07	0,05	0,6876
	Sabor: vainilla o canela		0,21	0,32	0,5050		0,65	0,74	0,5547

Con “*” los *p – valor* con diferencias significativas ($p \leq 0,05$), los superíndices muestran diferencias entre muestras

Se observa que las muestras del grupo C (C, NC y MC) hay diferencias significativas ($p \leq 0,05$) para los atributos *acidez* y *dulzor*. Se identificó que para el atributo *acidez* la diferencia se encontraba entre las muestras control (C) y las que contienen antimicrobiano (MC y NC), mientras que para el atributo *dulzor* la diferencia se encontraba entre la muestra C con MC, y la muestra NC no posee diferencias con ninguna de las muestras del grupo. Las muestras del grupo V (C, NV y MV) por su parte, solo presento diferencias significativas ($p \leq 0,05$) para el atributo *acidez*, se identificó que la diferencia se encontraba entre la muestra C con NV, y la muestra MV no posee diferencias con ninguna de las muestras del grupo.

Para los atributos *aroma* y *sabor a canela* para el grupo C y *aroma* y *sabor a vainilla* para el grupo V, la muestra control (C) no presenta un valor en la **Tabla 15**, ya que cuando el consumidor evaluaba la muestra control, no se le pregunta por *aroma y/o sabor a canela o vainilla*. En dichos descriptores, también se menciona, que no hubo diferencias significativas ($p \leq 0,05$) entre las muestras que contenían nano o microencapsulados de antimicrobianos del mismo grupo, esto concuerda con lo obtenido en el Test Descriptivo (**anexos 23 y 24**), ya que tampoco se obtuvieron diferencias significativas en estos dos atributos entre las muestras con antimicrobiano. Finalmente, es importante mencionar, que las muestras con antimicrobianos fueron percibidas sensorialmente por los consumidores, obteniendo una intensidad de valor positivo, según preguntas JAR. Se observa, además, que las muestras nanoencapsuladas presentan una mayor intensidad que las muestras con microencapsulados, a su vez, las muestras con antimicrobiano de cinamaldehído son más intensas que las muestras con vainillina para los descriptores mencionados.

Cabe mencionar que para los atributos *aroma* y *sabor a canela* para el grupo C y *aroma* y *sabor a vainilla* para el grupo V, la muestra control (C) no presenta un valor en la **Tabla 15**, ya que cuando el consumidor evaluaba la muestra control, no se le pregunta por *aroma y/o sabor a canela o vainilla*. En dichos descriptores, también se menciona, que no hubo diferencias significativas ($p \leq 0,05$) entre las muestras que contenían nano o microencapsulados de antimicrobianos del mismo grupo, esto concuerda con lo obtenido en el Test Descriptivo (**anexos 23 y 24**), ya que tampoco se obtuvieron diferencias significativas en estos dos atributos entre las muestras con antimicrobiano. Finalmente, es importante

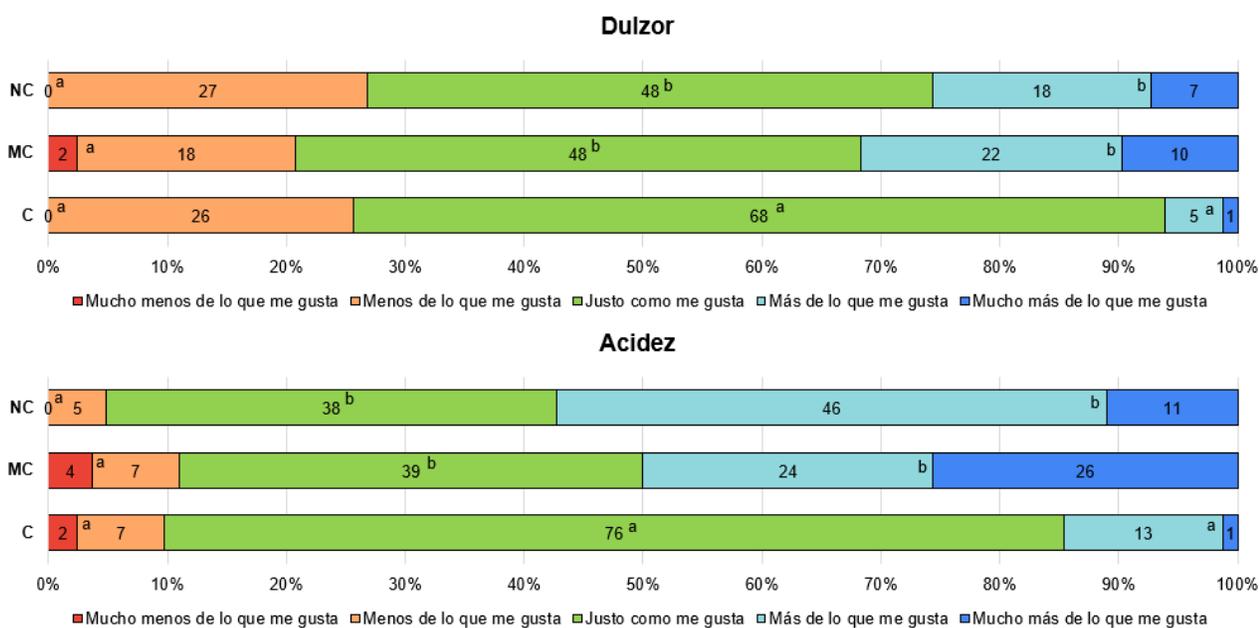
mencionar, que las muestras con antimicrobianos fueron percibidas sensorialmente por los consumidores, obteniendo una intensidad de valor positivo, según preguntas JAR. Se observa, además, que las muestras nanoencapsuladas presentan una mayor intensidad que las muestras con microencapsulados, a su vez, las muestras con antimicrobiano de cinamaldehído son más intensas que las muestras con vainillina para los descriptores mencionados.

Para complementar los resultados presentados en la **Tabla 15** se adjuntan gráficos de *Justo agrado* para dos atributos en el grupo C y V analizados en escala de justo agrado, se muestran los resultados de acidez y dulzor. No se incluye en ambos grupos los atributos de apariencia: uniformidad y color, ya que no presentaron diferencias significativas relevantes en el estudio, sino que el mayor porcentaje para todas las muestras se obtuvo en *justo como me gusta* (**anexo 28 y 29**), una explicación a esto podría ser que la uniformidad y el color eran muy similar entre las muestras evaluadas y los consumidores al no ser un panel entrenado, no logran percibir las diferencias, como si lo hicieron los jueces del test descriptivo. Por otro lado, los descriptores aroma: manzana cocida, lácteo y sabor: lácteo y manzana cocida no se incluyen, ya que no presentaron diferencias significativas en *justo como me gusta* (**anexo 28 y 29**), se infiere que esto ocurre debido a que los antimicrobianos utilizados en cada grupo enmascaran estos atributos, siendo más fácil para el consumidor percibir el aroma y sabor del antimicrobiano presente en la encapsulación utilizada. Esta idea se refuerza, con estudios como el de [Rodríguez, 2017](#) donde se indica que los compuestos bioactivos, tienen la capacidad de enmascarar sabores y olores. En el caso de los atributos aroma y sabor a canela y aroma y sabor a vainilla para los grupos C y V respectivamente, no se adjuntan, ya que no hubo diferencias significativas entre las muestras con micro y nanoencapsulados (**anexo 28 y 29**).

En la **Figura 35** se presentan los gráficos de *Justo agrado* de los atributos mencionados anteriormente para el grupo C (C, NC y MC). Se observa que en el atributo acidez y dulzor, la muestra control C presenta significativamente ($p \leq 0,05$) un mayor porcentaje en *justo como me gusta* (76 y 68% respect.) que la muestra NC (38 y 48% respect.) y MC (39 y 48% respect.). A su vez, las muestras MC y NC presentaron un elevado porcentaje ($> 50\%$) en la escala *demasiado* (más de lo que me gusta y mucho más de lo que me gusta) para el

atributo acidez. Esto no coincide con la literatura, ya que estudios como el de [González et al. 2021](#) muestra que, al utilizar tres concentraciones diferentes de aceite esencial de canela (0,13; 0,25 y 0,5 g/L) en la etapa postcosecha de la frutilla, se genera una disminución de la percepción de acidez a mayores concentraciones del aceite esencial. No obstante, lo obtenido en el presente estudio podría explicarse por un efecto del cinamaldehído, que podría estar aumentando la percepción de acidez del jugo de manzana utilizado en la formulación, o por una confusión entre *acidez* y otros descriptores sensoriales como agrio o astringente.

Figura 35. Gráfico de justo agrado para grupo C.

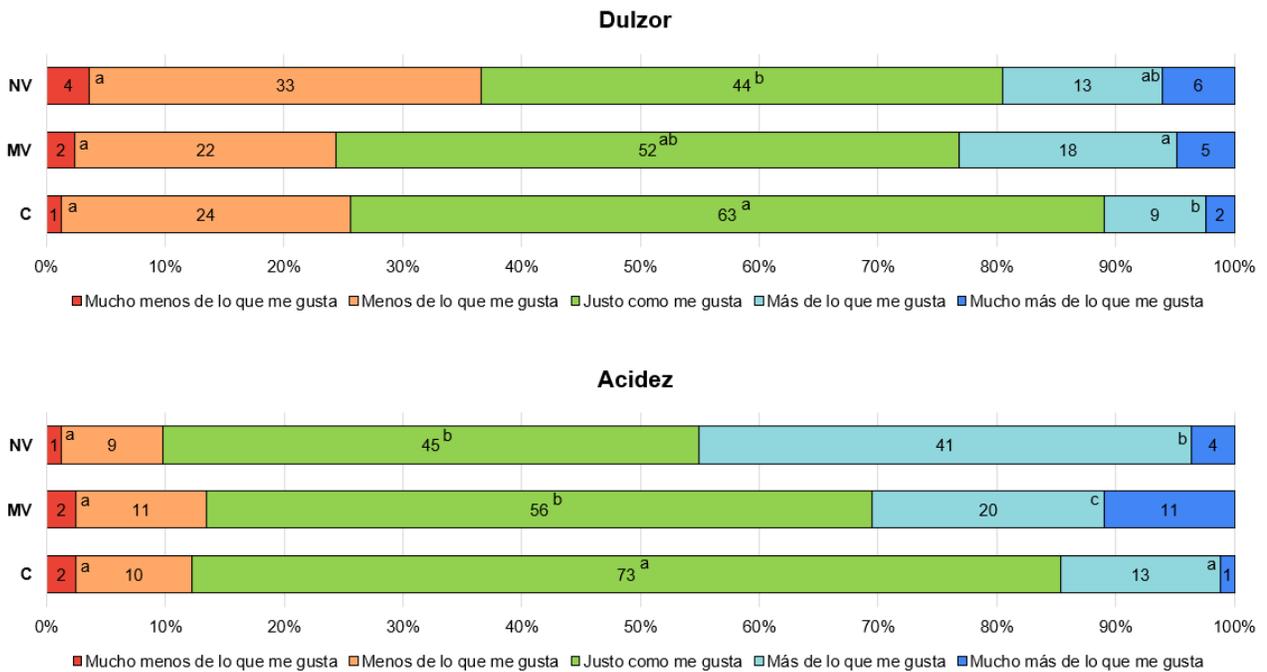


*Los superíndices muestran diferencias significativas entre muestras ($p \leq 0,05$).

En la **Figura 36** se presentan los gráficos de *Justo agrado* para los atributos acidez y dulzor para el grupo V. Se observa que en el atributo acidez y dulzor, la muestra control C presenta significativamente ($p \leq 0,05$) un mayor porcentaje en *justo como me gusta* (73 y 63% respect.) que la muestra NV (45 y 44% respect.) y MV (56 y 52% respect.). Nuevamente se observa que las muestras con antimicrobiano se perciben más ácidas que la muestra control. Sin embargo, esto no coincide con la literatura, ya que la vainillina es un producto dulce que no afecta la acidez del producto final ([Salas et al. 2017](#)). En este caso, la muestra MV presenta diferencias significativas en el atributo acidez para la escala de *justo como me*

gusta y demasiado, por lo que se podría proponer modificar levemente la formulación de la muestra MV desde una perspectiva sensorial.

Figura 36. Gráfico de justo agrado para grupo V



*Los superíndices muestran diferencias significativas entre muestras ($p \leq 0,05$).

De manera general, las muestras con cinamaldeído se perciben más ácidas que las muestras con vainillina. Cabe recordar que el cinamaldeído y vainilla son compuestos dulces, sin embargo, el cinamaldeído también es el responsable del *picor* que se percibe en la canela, por lo tanto, el consumidor percibe más dulce las muestras que contienen vainillina que las que contienen cinamaldeído.

V.4.5.4. Intención de compra

En la **Tabla 16** se presentan los resultados del análisis estadístico de intención de compra para los dos grupos evaluados. Se observa que, en ambos grupos, la muestra control (C) presenta diferencias significativas ($p \leq 0,05$) con las muestras a las que se les adicionaron antimicrobianos. Sin embargo, no se encuentran diferencias significativas entre las

muestras nano y microencapsuladas. En ambos grupos, la muestra control (C) obtuvo el mayor puntaje, con 3,49 para el grupo V y 3,56 para el grupo C, coincidiendo entre sí y asociándose a la categoría de “Probablemente la compraría” según la escala utilizada. Las muestras encapsuladas obtuvieron un puntaje cercano a 3 en ambos grupos, lo cual se asocia a la categoría “Podría comprarla o no comprarla”. A partir de estos resultados, se confirma que a los consumidores les es indiferente la adición de antimicrobianos, ya que no presentan una intención de compra clara, ni muestran una preferencia marcada por una muestra sobre otra.

Tabla 16. Resumen resultados ANOVA para intención de compra de grupo C y V.

Tipo de escala	Atributos	Grupo C				Grupo V			
		C	MC	NC	<i>p</i> – valor muestras	C	MV	NV	<i>p</i> – valor muestras
Escala Likert (1 = definitivamente no lo compraría a 5 = definitivamente la compraría)	Intención de compra	3,56 ^b	2,67 _a	2,90 _a	<0,0001*	3,49 ^b	3,04 _a	2,96 _a	0,0051*

Con “*” las muestras con diferencias significativas ($p \leq 0,05$).

C: Bebida proteica saborizada

MC: Bebida proteica saborizada con cinamaldehído microencapsulado 0,75 g/L.

MV: Bebida proteica saborizada con vainillina microencapsulado 1g/L.

NC: Bebida proteica saborizada con cinamaldehído nanoencapsulado 0,75 g/L.

NV: Bebida proteica saborizada con vainillina nanoencapsulado 1 g/L.

La **Tabla 17** muestra la suma de valoraciones positivas, neutras y negativas de la escala Likert (**Figura 9**). Se observa que más del 50% de las personas encuestadas en cada grupo muestra una intención de compra positiva hacia la muestra control; sin embargo, las muestras con antimicrobiano presentan un porcentaje de intención de compra positiva inferior al 40%. A pesar de lo anterior, este análisis refuerza lo obtenido en la **Tabla 16**, ya que los consumidores indican una intención de compra neutra y positiva hacia las muestras encapsuladas, y la suma de los dos primeros porcentajes es mayor al porcentaje de las respuestas de intención de compra negativa. Además, se observa que no existe una tendencia clara en la intención de compra entre las muestras con los antimicrobianos nano o microencapsulados.

Tabla 17. Porcentaje de intención de compra para muestras del grupo C y V. De acuerdo a escala de **Figura 9**

Muestras		Intención de compra [%]				
		Positiva		Neutra	Negativa	
		5	4	3	2	1
Grupo C	C	57		27	16	
	MC	27		42	31	
	NC	30		33	37	
Grupo V	C	51		30	18	
	MV	38		28	34	
	NV	35		29	35	

C: Bebida proteica saborizada

MC: Bebida proteica saborizada con cinamaldehído microencapsulado 0,75 g/L.

MV: Bebida proteica saborizada con vainillina microencapsulado 1g/L.

NC: Bebida proteica saborizada con cinamaldehído nanoencapsulado 0,75 g/L.

NV: Bebida proteica saborizada con vainillina nanoencapsulado 1 g/L.

V.4.5.5. Check All That Apply (CATA)

Los atributos escogidos para la prueba CATA se determinaron en base a lo discutido en la sesión 1 de entrenamiento con el panel entrenado. Se considero algunos atributos de la hoja de respuesta del test descriptivo (**anexo 8**), a su vez se consideraron los descriptores que no se escogieron para dicha prueba.

En la **Tabla 18** se presentan los resultados del método de CATA por medio de la Prueba Cochran's Q, en el cual se encontró diferencias significativas ($p \leq 0,05$). Para el atributo *aspecto a jugo de manzana*, ambos grupos presentaron diferencias entre la muestra control y las muestras con antimicrobianos naturales; por lo tanto, se establece que la adición de antimicrobianos micro o nanoencapsulados a la bebida disminuye el *aspecto a jugo de manzana*, a su vez, no hay diferencias entre los nano o microencapsulados del mismo grupo. En el atributo *aroma a manzana cocida*, las muestras del grupo V presentaron diferencias entre sí, mientras que las del grupo C hubo diferencias entre MC con C y NC. Para el atributo *aroma a vainilla o canela* (grupo V y C respectivamente) como era de esperar, hubo diferencias entre la muestra control y las que poseen antimicrobiano; sin

embargo, no hubo diferencias entre las bebidas con los antimicrobianos micro y nanoencapsulados. En cuanto al atributo *sabor a leche*, este solo presento diferencias significativas en el grupo C (C, NC y MC), presentando un mayor valor en la muestra control que las muestras con antimicrobiano, esto vuelve a confirmar que la adición de nano y microencapsulados a la formulación de la bebida enmascara el sabor a leche.

Tabla 18. Resultados de Prueba Cochran's Q para grupo V y C.

Atributos	Grupo C				Grupo V			
	C	MC	NC	<i>p</i> – valor muestras	C	MV	NV	<i>p</i> – valor muestras
Aspecto a jugo de manzana	0,585 ^b	0,366 ^a	0,280 ^a	<0,0001*	0,549 ^b	0,317 ^a	0,317 ^a	<0,0001*
Aspecto lechoso	0,646	0,720	0,780	0,1090	0,659	0,744	0,780	0,0910
Aspecto denso	0,183	0,268	0,256	0,2610	0,171	0,220	0,256	0,2410
Aroma a manzana cocida	0,585 ^b	0,354 ^a	0,549 ^b	0,0060*	0,720 ^c	0,341 ^a	0,524 ^b	<0,0001*
Aroma a vainilla o canela	0,000 ^a	0,939 ^b	0,841 ^b	<0,0001*	0,000 ^a	0,329 ^b	0,366 ^b	<0,0001*
Sabor a caramelo	0,061	0,110	0,146	0,1860	0,085	0,085	0,098	0,9490
Sabor a leche	0,293 ^b	0,098 ^a	0,098 ^a	<0,0001*	0,256	0,280	0,280	0,8980
Gusto dulce	0,646	0,488	0,549	0,1040	0,610	0,512	0,512	0,2180
Gusto ácido	0,195 ^a	0,476 ^b	0,549 ^b	<0,0001*	0,195 ^a	0,354 ^b	0,354 ^b	0,0200*
Me recuerda al queque de vainilla	-	-	-	-	0,000 ^a	0,073 ^{ab}	0,122 ^b	0,0020*
Me deja un picor en la boca	0,000 ^a	0,902 ^b	0,720 ^b	<0,0001*	-	-	-	-
Me deja un sabor astringente en la boca	0,171 ^a	0,329 ^b	0,293 ^{ab}	0,0420*	0,122	0,220	0,195	0,1350
Me recuerda al kuchen o pie de manzana	0,341 ^b	0,122 ^a	0,244 ^{ab}	0,0030*	0,329	0,220	0,220	0,1520
Lo consumiría en mi dieta diaria	0,585 ^b	0,171 ^a	0,268 ^a	<0,0001*	0,488	0,366	0,354	0,0800
No lo recomendaría a mis amigos o familiares	0,085 ^a	0,293 ^b	0,146 ^a	0,0010*	0,037 ^a	0,146 ^b	0,122 ^{ab}	0,0290*

Con “*” las muestras con diferencias significativas ($p \leq 0,05$), los superíndices muestran diferencias significativas entre muestras

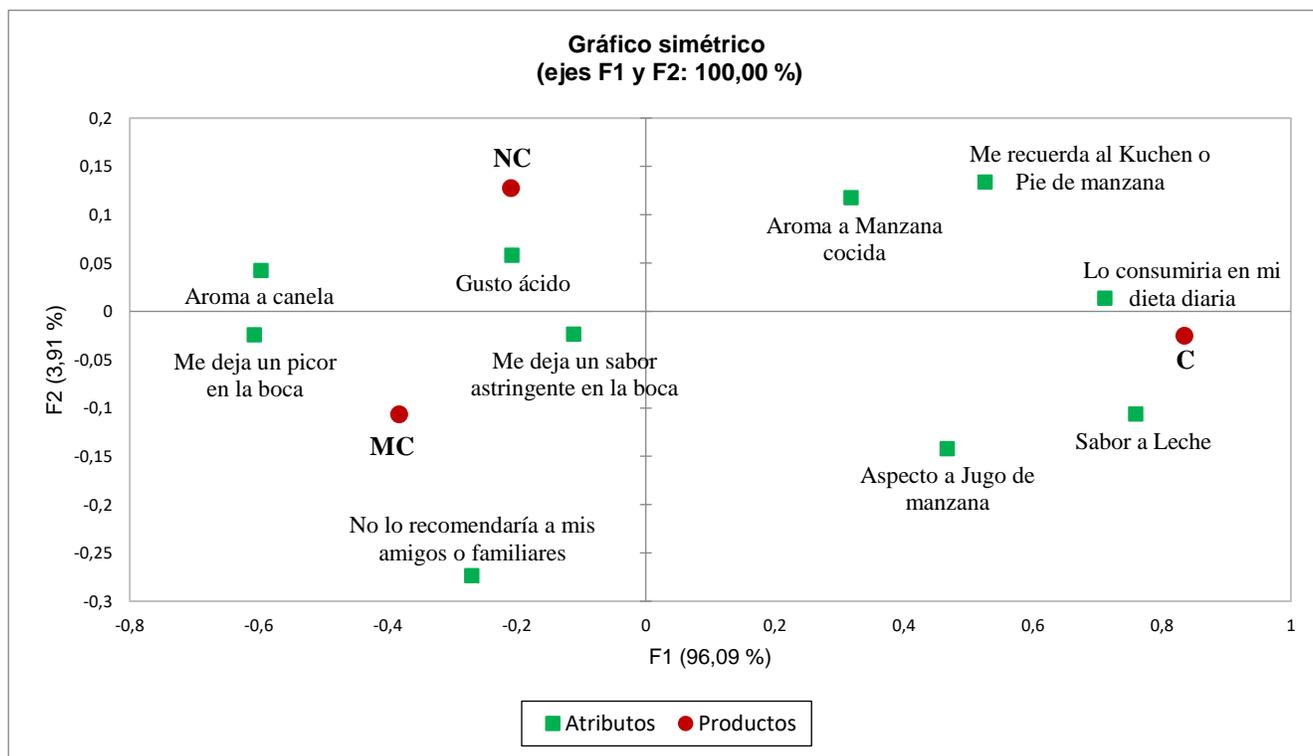
Los consumidores indican, además, que las muestras con antimicrobiano presentan similitud al control en los atributos *aspecto lechoso, aspecto denso, sabor a caramelo y gusto dulce*. Además, las muestras del grupo V se relacionan también de manera positiva con el control en los atributos *me deja un sabor astringente en la boca, me recuerda al kuchen o pie de manzana y lo consumiría en mi dieta diaria*, sin embargo, la muestra NV presenta de manera evidente diferencias significativas en el atributo *me recuerda al queque de vainilla* en comparación con el control, aunque la muestra MV no presenta esta diferencia. A su vez, la única muestra de este grupo que *no recomendarían a amigos o familiares* es la muestra MV. En el caso de las muestras del grupo C, la muestra que posee cinamaldehído nanoencapsulado presenta similitud con la muestra control para los atributos *me deja un sabor astringente en la boca, me recuerda al kuchen o pie de manzana, no lo recomendaría a mis amigos o familiares*. Cabe mencionar que para este último descriptor, tanto el control como NC obtuvieron el menor valor en comparación con MC. Por otra parte, los consumidores indicaron que las muestras con cinamaldehído les deja un *picor en la boca*, lo cual es evidente, ya que el cinamaldehído es el compuesto que le otorga picor a la canela (Muñoz, 2021).

En base a lo anterior, se establece que los consumidores perciben de manera más positiva las muestras con antimicrobianos nanoencapsulados que con microencapsulados, ya que relacionan las muestras nanoencapsuladas con el control en 8 y 9 atributos evaluados para el grupo C y V respectivamente. Esto podría deberse a que el tamaño de partícula de los nanoencapsulados y microencapsulados es percibido por el consumidor. Dado que las gotas de los nanoencapsulados son más pequeñas y, por lo tanto, menos perceptibles, estos tienden a asociarse más estrechamente con el control.

La **Figura 37** muestra el análisis de correspondencia para los datos CATA del grupo C donde el eje horizontal es más importante, ya que presenta un 96,09% de la variabilidad de los datos, así mismo se puede observar que este eje separa la muestra control (C) de las muestras NC y MC. El eje vertical representa el 3,91% de la variabilidad de los datos, separando la muestra NC de las muestras C y MC. Según la elección de los consumidores,

la muestra C se caracteriza por tener un aspecto a jugo de manzana, aroma a manzana cocida y un sabor a leche, estos aspectos hacen que la muestra le recuerde al kuchen o al pie de manzana y lo consumirían en su dieta diaria. A su vez, la muestra NC se caracteriza por poseer un aroma a canela y ser ácida. De forma paralela, la muestra MC se caracterizó por dejar un picor en la boca, dejar un sabor astringente en la boca y no lo recomendarían a amigos o familiares.

Figura 37. Análisis de correspondencia de datos CATA para grupo C.

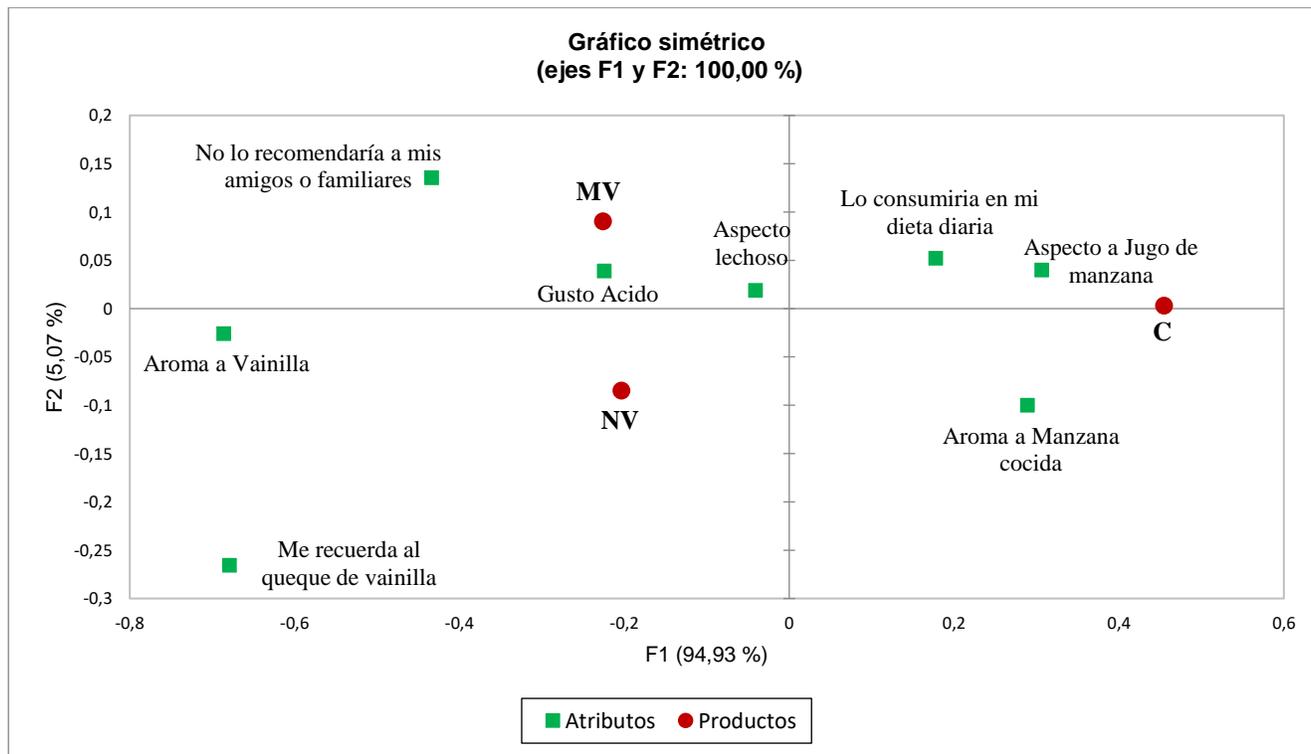


La **Figura 38** muestra el análisis de correspondencia para los datos CATA del grupo V donde el eje horizontal es más importante, ya que presenta un 94,93% de la variabilidad de los datos, se puede observar que este eje separa la muestra control (C) de las muestras NV y MV. El eje vertical representa el 5,07% de la variabilidad de los datos, separando la muestra NV de las muestras C y MC. Según la elección de los consumidores, la muestra C se caracteriza por tener un aspecto a jugo de manzana, aroma a manzana cocida y lo consumirían en su dieta diaria. A su vez, la muestra NV se caracteriza por poseer un aroma a vainilla y le recuerda al queque de vainilla, de forma paralela, la muestra MV se caracterizó

por ser ácida y de aspecto lechoso, esta muestra no la recomendarían a sus amigos o familiares.

Por lo tanto, la muestra control (C) en ambos grupos se consideró con un aroma a manzana cocida, un aspecto similar al jugo de manzana y es una opción que los consumidores estarían dispuestos a incluir en su dieta diaria. Estas elecciones son consideradas positivas en este estudio. En contraste, las muestras microencapsuladas de ambos grupos fueron seleccionadas con un descriptor común (no lo recomendaría a sus amigos o familiares), lo cual se interpreta de manera negativa. Por otro lado, las muestras nanoencapsuladas fueron asociadas con un descriptor que coincide con el análisis de componentes principales (PCA) obtenido, destacándose el aroma del antimicrobiano presente en dichas muestras. Por lo tanto, las muestras control y las nanoencapsuladas tienen una percepción positiva, mientras que las microencapsuladas presentan una percepción negativa.

Figura 38. Análisis de correspondencia de datos CATA para grupo V.



De formar general el PCA y AMC permitió atribuir descriptores como sabor y aroma a lácteo o manzana a la muestra control (bebida sin antimicrobiano). A su vez las muestras con antimicrobianos encapsulados se caracterizan por tener el aroma y sabor de los antimicrobianos, sin embargo, los nanoencapsulados preservan mejor las características sensoriales en el tiempo de estudio a diferencia de los microencapsulados. Las muestras con vainillina tienen un sabor residual dulce y lácteo, mientras que las muestras con cinamaldehído poseen un sabor residual a canela y un picor residual. En cuanto a la textura, estas no presentaron diferencias notables entre sí. [Vollmer et. al \(2021\)](#) realizaron un análisis sensorial descriptivo y un PCA a muestras de jugo de piña natural, pasteurizado y tratados a cambios de presión continua (PCT), estos análisis les permitió identificar un sabor desagradable en dicho producto, el cual se asocia a sabor a pescado. [Cliff et. al \(2013\)](#) plantean que el atributo *color* juega un papel importante en la aceptación de los alimentos, el análisis descriptivo y PCA les permitió identificar que la intensidad del color en yogures fermentados con jugo de zanahoria dependía de la concentración del jugo en la formulación. En el caso de esta tesis, esta misma prueba y PCA permitió atribuir descriptores como sabor y aroma a lácteo o manzana a la muestra control (bebida sin antimicrobiano), a su vez las muestras con antimicrobianos resultaron ser suaves y de un color amarillento que se fue intensificando (0, 7 y 14 días), estas muestras se volvieron turbias y opacas al finalizar el tiempo de análisis. Sin embargo, al inicio del estudio las muestras con microencapsulados se percibieron más turbias que las que contenían nanoencapsulados. Cabe mencionar que las muestras con vainillina presentaron un sabor residual a lácteo y dulce, pero las que contenían cinamaldehído presentaron un sabor residual a picor. Este análisis permite inferir que adicionar micro o nanoencapsulados de vainillina y cinamaldehído enmascara atributos como sabor o aroma a lácteo o manzana cocida.

El producto evaluado por parte de los consumidores contiene agua, WPC, jugo de manzana y/o antimicrobiano (cinamaldehído o vainillina). [Rekha et. al \(2024\)](#) estudiaron la aceptabilidad por parte del consumidor de un batido de desayuno a base de leche y sorgo, donde se obtuvo que más de la mitad de los consumidores les gustó el producto evaluado y estaban dispuestos a comprarlo. En esta tesis la prueba con consumidores permitió demostrar que no hay diferencias significativas en las preguntas de aceptabilidad ($p \leq 0,05$)

en las muestras evaluadas para los atributos de apariencia y aroma, a su vez, las muestras del grupo V no presentan diferencias en el atributo sabor. En cuanto al agrado general, los consumidores indicaron que no hay diferencias para las muestras con nano o microencapsulados. En el caso de JAR, los consumidores indicaron que hay similitud entre las muestras evaluadas del mismo grupo, a excepción de dos atributos; *acidez* y *dulzor*. En la prueba de intención de compra, los consumidores no presentan una tendencia clara entre las muestras con nano o microencapsulados, sin embargo, presentan una intención de compra positiva para ambas muestras de cada grupo.

[Qiushuang et. al \(2023\)](#) estudiaron la percepción del consumidor frente al jugo de naranja y de manzana procesados a alta presión. Encontraron que las condiciones de almacenamiento tuvieron un mayor impacto en la calidad sensorial de los jugos que el tratamiento. En sus resultados CATA infirieron que la temperatura de almacenamiento se relacionaba con el gusto general. En esta tesis la prueba CATA, demostró que los consumidores perciben de manera más positiva las muestras con nanoencapsulados que, con microencapsulados, ya que relacionan las muestras nanoencapsuladas con el control.

VI. CONCLUSIONES

El estudio de caracterización de los antimicrobianos naturales vainillina y cinamaldehído encapsulados utilizando diferentes proporciones de proteína de suero de leche (WPC) como agente encapsulante, permitió seleccionar los sistemas más estables, que fueron NE-van 1:1 y NE-cin 1:1 con 10 y 5 minutos de US, respectivamente.

Tanto el cinamaldehído como la vainillina nanoencapsulados fueron más efectivos frente *L. innocua* que frente a *E. coli* inoculados en una bebida proteica saborizada. A su vez, el cinamaldehído fue más efectivo que la vainillina frente a ambos microorganismos. Además, las dos concentraciones evaluadas de cada antimicrobiano no presentaron diferencias significativas entre sí, por lo que se escogieron las menores concentraciones de cada uno para los análisis sensoriales (NE-cin 0,75 g/mL y NE-van 1,00 g/mL).

La adición de cinamaldehído y vainillina encapsulados a la bebida proteica de suero de leche generó cambios sensoriales perceptibles por un panel entrenado. Las muestras con antimicrobianos presentaron el aroma y sabor característico de cada antimicrobiano agregado, enmascarando el aroma y sabor del WPC y del jugo de manzana clarificado. Mediante el análisis de componentes principales (PCA), se evidenció que las muestras con nanoencapsulados lograron mantener las características sensoriales de los antimicrobianos durante los 14 días de estudio, a diferencia de las muestras con microencapsulados.

La prueba con consumidores demostró que los encuestados se inclinaron en orden decreciente por las bebidas control, las que contienen vainillina y finalmente, las que contienen cinamaldehído. En las preguntas de aceptabilidad no se hallaron diferencias significativas ($p < 0,05$) entre las muestras micro y nanoencapsuladas de un mismo grupo, obteniendo que la adición de los antimicrobianos encapsulados a la bebida proteica “*no les disgusta ni les gusta*”. En cuanto a las preguntas de justo agrado, las muestras presentaron diferencias para los atributos *acidez* y *dulzor*, posiblemente debido a que los consumidores asociaron *acidez* con otro descriptor como el *picor residual*. No se observó una tendencia clara en la intención de compra entre las muestras con nano o microencapsulados, pero en ambas muestras se obtuvo una intención de compra positiva y neutra mayoritaria.

Finalmente, en la prueba CATA, se seleccionaron características positivas en las muestras nanoencapsuladas y la muestra control.

En base a lo anterior, se acepta la hipótesis planteada, ya que la incorporación de los antimicrobianos naturales (vainillina y cinamaldehído nanoencapsulados) a una bebida proteica saborizada a base de proteína de suero de leche, retrasó el crecimiento microbiano y aumentó el tiempo de estabilidad microbiológica de la bebida. También, se logró establecer un perfil descriptivo que permitió definir los atributos sensoriales de las bebidas con y sin los antimicrobianos micro y nanoencapsulados. Además, aunque los consumidores percibieron la presencia de vainillina y cinamaldehído micro y nanoencapsulados en la bebida, y notaron la modificación en los atributos sensoriales evaluados, estos no fueron percibidos de manera negativa.

V. REFERENCIAS

- ACHIPIA. (2017). *Listeria monocytogenes*. [en línea] <<https://www.achipia.gob.cl/wp-content/uploads/2018/03/Ficha-Peligro-04-Listeria-v01.pdf>> [consulta: 26 junio 2023]
- AduanasChile. (2021). Resolución anticipada Exenta N°165. [en línea] <https://www.aduana.cl/aduana/site/docs/20210118/20210118094855/ra_165_manzana_15_01_21.pdf> [consulta: 29 junio 2023].
- Almeida M., Armando J., Rodríguez R. y Neliana J. (2006). Estudio de la coalescencia y sedimentación de emulsiones de agua en aceite bajo efecto de campo eléctrico DC. [en línea] < <http://hdl.handle.net/10872/15535> > [consulta: 27 junio 2023].
- Alvarado A. (2019). Utilización de diversas cantidades (0, 0.05, 0.10 y 0.15 ml) de aceite esencial de canela (*Cinnamomum verum*) como conservante de capulí en almíbar (*Prunus serótina*). [en línea] < <http://dspace.espoeh.edu.ec/bitstream/123456789/11843/1/84T00643.pdf> > [consulta: 25 junio 2024].
- Babío B. (2019). Extracción de vainillina y ácido vanílico empleando disolventes eutécticos profundos. [en línea]. < <https://oa.upm.es/65458/> > [consulta: 11 noviembre 2023]
- Barssolé I. y Juliani H. (2012). Aceites esenciales en combinación y sus propiedades antimicrobianas. [en línea] < <https://www.mdpi.com/1420-3049/17/4/3989> > [consulta: 9 diciembre 2022]
- Ben-Fadhel Y, Maherani B. y Lacroix M. (2019). Antimicrobial properties of encapsulated antimicrobial natural plant products for ready to eat carrots. [en línea] < <https://doi.org/10.3390/foods8110535> > [consulta: 9 diciembre 2022]
- Bermúdez M, Chinchilla F. y Molina A. (2019). Composición química y actividad antimicrobiana del aceite esencial de *Psidium guajava* y *Cymbopogon citratus*. [en línea]. Universidad de Costa Rica: Agronomía Mesoamericana. 2019. Vol. 30, N°1. < <https://www.redalyc.org/journal/437/43757673010/html/> > [consulta: 15 octubre 2022].
- Boeve J. y Joye I. (2020). Food – grade strategies to increase stability of whey protein particles: Particle hardening through aldehyde treatment. [en línea] < <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2019.105353>> [consulta: 14 enero 2024].
- Bunger A. (2022). Testeo con consumidores (estudios de mercado). En: CLASES DOCENTES de Evaluación Sensorial: 26 junio 2022. Recoleta, Chile. Universidad de Chile, Facultad de ciencias Químicas y Farmacéuticas. N° páginas 68.
- Bunger A. (2022). Análisis Descriptivo. En: CLASES DOCENTES de Evaluación Sensorial: 14 junio 2022. Recoleta, Chile. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacéuticas. N° páginas: 40.
- Canet J. (2016). *Escherichia coli*: características, patogenicidad y prevención (I). [en línea]. <<https://www.betelgeux.es/blog/2016/01/19/escherichia-coli-caracteristicas-patogenicidad-y-prevencion-i/>> [consulta: 29 junio 2023].
- Carbajo L. (2013). El efecto del cinamaldehído (CA) en los canales de calcio tipo L de las células del músculo liso vascular. [en línea] < <http://uvadoc.uva.es/handle/10324/3623> > [consulta: 10 enero 2024].
- Carrizosa C. (2014). Cinamaldehído: no sólo un dulce aroma. [en línea]. Revista de Ciencias de la Universidad Pablo de Olavide. 2014. ISSN-e 2173-0903, N°13. < <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4736527>> [consulta: 11 noviembre 2023].
- Casado A. (2016). Propiedades antimicrobianas y liberación de cinamaldehído en films de PLA. [en línea] <<https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/71707/CASADO%20-%20Propiedades%20antimicrobianas%20y%20liberaci%C3%B3n%20de%20cinamaldehido%20en%20films%20de%20PLA.pdf?sequence=1>> [consulta: 11 noviembre 2023].

- Castro C. (2007). Preparación y caracterización de emulsiones de perfluorcarbono con variación en la viscosidad y la osmolaridad. [en línea] < <http://hdl.handle.net/1992/9595> > [consulta: 13 noviembre]
- Castro R, Fontenele M, Ohara A, Okuro P, Santos J, Brexó R. y Harumi H. (2017). Whey protein as a key component in food systems: Physicochemical properties, production technologies and applications. [en línea]. < <https://doi.org/10.1016/j.foostr.2017.05.004> > [consulta: 2 abril 2024].
- Cava R. (2013). Efecto antimicrobiano de vainillina y de aceites esenciales de canela y clavo en leche de vaca pasteurizada. [en línea] < <http://hdl.handle.net/10201/36692> > [consulta: 11 diciembre 2022]
- Cayros. (2021). Factores que intervienen en la estabilidad de una emulsión agua – aceite. [en línea] < <https://www.cayrosgroup.com/post/factores-que-intervienen-en-la-estabilidad-de-una-emulsi%C3%B3n-agua-aceite#:~:text=Al%20incrementar%20la%20temperatura%2C%20incrementa,la%20estabilidad%20de%20la%20emulsi%C3%B3n.> > [consulta: 29 junio 2023]
- Cliff M, Fan L, Sanford K, Stanich K, Doucette C. y Raymond N. (2013). Descriptive analysis and early – stage consumer acceptance of yogurts fermented with carrot juice. [en línea] <<https://doi.org/10.3168/jds.2012-6287>> [consulta: 07 julio 2024].
- Codex Alimentarius. (2005). Norma general para zumos (jugos) y néctares de frutas (Codex Stan 247 – 2005). [en línea] < https://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/sh-proxy/es/?Ink=1&url=https%253A%252F%252Fworkspace.fao.org%252Fsites%252Fcodex%252FStandards%252FCXS%2B247-2005%252FCXS_247s.pdf> [consulta: 30 octubre 2022].
- Cortés S. (2013). Técnica de análisis sensorial, fundamentos. [en línea]. Fondo social europeo. 09-09-13. V13010008<https://www.edu.xunta.gal/centros/cfrvigo/aulavirtual/pluginfile.php/9514/mod_resource/content/0/Tecnicas_Analise_Sensorial_1_V1301008-1.pdf> [consulta: 30 octubre 2022].
- Costa M., Ramalho F., Figueiredo G., Tomazini A., Betim C. y Dupas M. (2021). Cinnamon and paprika oleoresin emulsions: A study of physicochemical stability and antioxidant synergism. [en línea] < <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2021.110777>> [consulta: 30 enero 2024].
- Coto A. (2014). Microparticulación de proteínas a partir de concentrados proteicos: WPC-60. [en línea] < https://digibuo.uniovi.es/dspace/bitstream/handle/10651/28007/TFM_AlejandroCotoGarc%EDa.pdf;jsessionid=5E9E23FB825C2F3E933FF44D6E886B18?sequence=3> [consulta: 11 noviembre 2023].
- Chavarría S. (2017). Determinación de *Escherichia coli* en bebidas de frutas mixtas no pasteurizadas comercializadas en establecimientos especializados en San Ramón, Alajuela. [en línea]. <https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1409-14292017000200189#:~:text=coli%20se%20utiliza%20como%20el,mayor%20es%20la%20contaminaci%C3%B3n%20fecal.> [consulta: 29 junio 2023].
- Díaz L, Suárez Y, Rubio A. y Travieso M. (2021). Actualidad y perspectivas de los antimicrobianos naturales. [en línea]. Infomed: Revista cubana de farmacia. 2021. Vol. 54, N°3. < <http://revfarmacia.sld.cu/index.php/far/article/view/631>> [consulta: 10 octubre 2022].
- Díaz P. (2023). Emulsificantes y su papel en la formulación de alimentos. [en línea] Revista IAlimentos. 04 de mayo, 2023. < <https://www.revistaialimentos.com/es/informacion-comercial/emulsificantes-y-su-papel-en-la-formulacion-de-alimentos> > [consulta: 27 junio 2023]
- Esmerino E, Tavares E, Car T, Ferraz J, Silva H, Pinto L, Freitas M, Cruz A. y Bolini H. (2017). Consumer-based product characterization using Pivot Profile, Projective Mapping and Check – all – that – apply (CATA): A comparative case with Greek yogurt sample. [en línea] < <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2017.06.001>> [consulta: 30 octubre 2022].
- FAO. (2018). *E. coli*. [en línea] < [https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/e-coli#:~:text=Escherichia%20coli%20\(E.,pueden%20causar%20graves%20intoxicaciones%20alimentarias.](https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/e-coli#:~:text=Escherichia%20coli%20(E.,pueden%20causar%20graves%20intoxicaciones%20alimentarias.)> [consulta: 15 octubre 2022].

- Farías C. (2018). Comportamiento del consumidor e intención de compra por comida orgánica. [en línea] < <https://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/168050/Farias%20Sabras%20Camila.pdf?sequence=1> > [consulta: 10 enero 2024]
- Fernández P. y Talens P. (2015). Emulsiones como sistemas de liberación de antimicrobianos naturales en alimentos. [en línea] < <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/56384/FERN%C3%81NDEZ-SERRANO%20-%20EMULSIONES%20COMO%20SISTEMAS%20DE%20LIBERACI%C3%93N%20DE%20ANTIMICROBIANO%20NATURALES%20EN%20ALIMEN....pdf?sequence=1> > [consulta: 9 diciembre 2022].
- Gómez A. (2014). Formulación y caracterización de nano-emulsiones de aceite de parafina tipo agua-en-aceite (W/O). [en línea] < <https://cimav.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1004/472/1/Tesis%20Aurea%20Guadalupe%20G%C3%B3mez%20Vega.PDF> > [consulta: 27 junio 2023].
- Guardiola T. y Jiménez A. (2020). Antimicrobianos naturales presentes en colorantes alimentarios. [en línea] < <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/157845/Guardiola%20-%20Antimicrobianos%20naturales%20presentes%20en%20colorantes%20alimentarios.pdf?sequence=1> > [consulta: 10 octubre 2022].
- Hannibal B. (2015). Aprovechamiento del suero de leche como bebida energizante para minimizar el impacto ambiental. [en línea] < <https://core.ac.uk/download/pdf/236406128.pdf> > [consulta: 29 junio 2023].
- Houde M, Khodaei N. y Karboune S. (2018). Assessment of interaction of vanillin with barley, pea and whey proteins: Binding properties and sensory characteristics. [en línea] < <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2018.01.022> > [consulta: 14 enero 2024].
- Jiménez G. (2022). Las porinas de escherichia coli y su participación en la resistencia antibiótica. [en línea]. Dialnet: Revista Sanitaria de Investigación. 2022. Vol. 3, N°2. <<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8340785>> [consulta: 13 enero 2024].
- Lam R. y Nickerson M. (2013). Food proteins: A review on their emulsifying properties using a structure-function approach. [en línea] < <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2013.04.038> > [consulta: 28 junio 2023].
- Lara E, Troncoso R, Hernández M. y Bautista S. (2016). Evaluación del antimicrobiano cinalmadehído en la conservación de flores de dalia comestibles, bajo condiciones diferentes de almacenamiento. [en línea] < https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S1027-152X2016000300177&script=sci_arttext&lng=es#:~:text=han%20demostrado%20que%20principalmente%20el,negativas%20aisladas%20de%20dalias%20comestibles. > [consulta: 11 diciembre 2022].
- Lendínez C. (2015). Estudio de emulsiones altamente concentradas de tipo W/O: relación entre tamaño de gota y propiedades. [en línea] < <https://www.tdx.cat/handle/10803/301276#page=1> > [consulta: 28 junio 2023].
- Lizi Y, Jiehao C, Kaiyu W, Yi G, Weiming L, Xiaoli H, Defang C, Hongrui G, Jing F, Zhengli C, Li T, Chao H, Ningqiu L. y Ping O. (2020). Study the antibacterial mechanism of cinnamaldehyde against drug-resistant *Aeromonas hydrophila in vitro*. [en línea]. < <https://doi-org.uchile.idm.oclc.org/10.1016/j.micpath.2020.104208> > [consulta: 13 diciembre 2022].
- Márquez R. y Aguirre A. (2018). Formación de nanoemulsiones por ultrasonido a partir de almidón de malanga modificada químicamente con anhídrido octenil succínico (OSA). [en línea] <https://www.unpa.edu.mx/tesis_Tux/tesis_digitales/maestria_biotecnologia/MB38-Roc%C3%ADO_M%C3%A1rquez_Reyes.pdf> [consulta: 13 marzo 2023].
- Meilgaard M, Civille G. y Carr B. (2015). Sensory evaluation techniques. 5ta edición. International Standard Book. CRC Press by Taylor & Francis Group. Pág. 168 – 172, 202 – 203.
- Mendoza N, Lobato C. y Reyes D. (2016). Evaluación de la actividad antimicrobiana de extractos de vainilla spp. [en línea] < https://www.researchgate.net/publication/303651954_Evaluacion_de_la_actividad_antimicrobiana_de_extractos_de_Vanilla_spp > [consulta: 11 diciembre 2022].

- Munera G. (2020). Encapsulación de antimicrobianos naturales en sistemas nano y microestructurados: técnicas y aplicaciones en tecnología de alimentos. [en línea] < <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/148962/Munera%20-%20Encapsulaci%C3%B3n%20de%20antimicrobianos%20naturales%20en%20sistemas%20nano%20y%20microestructurados%3A%20t%C3%A9cnicas....pdf?sequence=2&isAllowed=y> > [consulta: 10 octubre 2022].
- ODEPA (2012). Manzanas. [en línea]. < <https://www.odepa.gob.cl/odepaweb/publicaciones/doc/7808.pdf> > [consulta: 15 octubre 2022].
- OMS. (2001). Evaluation of certain food additives and contaminants. [en línea] < https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/42388/WHO_TRS_901.pdf > [consulta: 29 junio 2023].
- OMS. (2002). Evaluation of certain food additives and contaminants. [en línea] < https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/42578/WHO_TRS_909.pdf > [consulta: 29 junio 2023].
- OMS. (2018). *E. coli*. [en línea] <<https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/e-coli>> [consulta: 29 junio 2023].
- OMS. (2018^a). *Listeriosis*. [en línea] < <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/listeriosis> > [consulta: 29 junio 2023].
- Oteo J. y Alos J. (nd.). *Listeria y Listeriosis*. [en línea] <<https://www.seimc.org/contenidos/ccs/revisionestematicas/bacteriologia/listeria.pdf>> [consulta: 29 junio 2023].
- Perricote M, Arace E. y Bevilacqua A. (2015). Bioactivity of essential oils: a review on their interaction with food components. [en línea] < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4321600/> > [consulta: 9 diciembre 2022].
- Ponce E, Char C, Sepúlveda F. y Ortiz-Viedma J. (2022). Heat sensitization of *Escherichia coli* by the natural antimicrobials vanillin and emulsified citral in blended carrot-orange juice. [en línea] < <https://doi.org/10.1016/j.fm.2022.104058> > [consulta: 15 octubre 2022].
- Qiushuang S, Birke C, Thybo A, Clausen M, Orlén V. y Giacalone D. (2023). Sensory quality and consumer perception of high pressure processed Orange juice and apple juice. [en línea] <<https://doi.org/10.1016/j.lwt.2022.114303>> [consulta: 07 julio 2024].
- Ramírez A. (2018). Aplicación de métodos combinados para la inactivación de *Salmonella Typhimurium* en agua de coco (*cocos nucifera* L.). [en línea] < <https://repositorioinstitucional.buap.mx/bitstream/handle/20.500.12371/8373/384618T.pdf?sequence=1&isAllowed=y> > [consulta: 11 diciembre 2022].
- Ramírez N, Baena Y. y Osorio C. (2019). Caracterización fisicoquímica de emulsiones aceite/agua a partir de uchuva (*Physalis peruviana*) como ingrediente para la industria alimenticia. [en línea] <[https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-07642019000300147#:~:text=En%20la%20industria%20es%20conocido,del%20surfactante%20\(Rahn%2DChique%20y](https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-07642019000300147#:~:text=En%20la%20industria%20es%20conocido,del%20surfactante%20(Rahn%2DChique%20y) > [consulta: 29 junio 2023].
- Rekha R, Latha S. y Sathish K. (2024). Storage stability, nutritional profiling and consumer acceptability of a milk – sorghum – based breakfast smoothie. [en línea] <<https://doi.org/10.1039/D4FB00038B>> [consulta: 06 julio 2024].
- Requena A. (2018). El mundo de las nanoemulsiones por el prof. Dr. D. Alberto Requena Rodríguez, académico de número. [en línea] < <https://www.um.es/acc/el-mundo-de-las-nanoemulsiones/> > [consulta: 29 junio 2023].
- Reyes P. y Di Scipio S. (2012). Caracterización fisicoquímica de emulsiones de aceite de maíz en agua. [en línea] <http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0798-40652012000100007#:~:text=Entre%20las%20propiedades%20f%C3%ADsico%2Dqu%C3%ADmicas,y%20la%20fase%20dispersa%20no.> [consulta: 28 junio 2023].
- Rico G. (2015). Metabolismo del peptidoglicano de salmonella en el interior de células eucariotas. [en línea] <<http://hdl.handle.net/10486/669431>> [consulta: 13 enero 2024].

- Rodríguez A. (2011). Uso de agentes antimicrobianos naturales en la conservación de frutas y hortalizas. [en línea]. RaXimhai: revista de sociedad, cultura y desarrollo sustentable. 2011. Vol. 7, N°7. < http://www.uaim.edu.mx/webraximhai/Ej-19articulosPDF/14-USO%20DE%20AGENTES%20ANTIMICROBIANOS%20%20NATURALES%20EN%20LA%20%20CONSERVACION_Elvia%20Rguez.pdf> [consulta:10 octubre 2022]
- Rodríguez M. (2017). Estudio de los parámetros fisicoquímicos de los complejos de timol, carvacrol y linalol en ciclodextrinas y evaluación del efecto de la complejación en su actividad antimicrobiana. [en línea] <<https://repositorio.ucam.edu/bitstream/handle/10952/2441/Tesis.pdf?sequence=1&isAllowed=y>> [consulta: 10 mayo 2024].
- SAG. (2006). Establece nómina de aditivos autorizados para la producción de alimentos completos, suplementos, ingredientes y aditivos formulados para animales y deroga resolución exenta N°1.992 de 2006. [en línea] < https://www.sag.gob.cl/sites/default/files/Resolucion_Aditivos_Autorizados_Produccion_de_Alimentos_Suplementos.pdf> [consulta: 29 junio 2023].
- Sánchez L. (2013). Determinación de compuestos funcionales en Canela (*Cinnamomun zeylanicum*). [en línea] < <https://tesis.ipn.mx/bitstream/handle/123456789/25267/S%C3%81NCHEZ%20MIRANDA%20LUIISA.pdf?sequence=1&isAllowed=y>> [consulta: 15 octubre 2022]
- Sanhueza E. (2019). Fundamentos para la producción de sidra y destilado de manzana en Chile. [en línea] <<https://repositorio.uc.cl/xmlui/bitstream/handle/11534/26978/LISTO.%20PDF%20FINAL%20MARCE.%20.pdf>> [consulta: 29 junio 2023].
- ^aSepúlveda F, Oyarzun F, Matiacevich S, Ortiz J, Lemus R. y Char C. (2024). Use of whey protein concentrate to encapsulate hydrophobic natural antimicrobials to improve their incorporation into high moisture foods enhancing their antimicrobial activity. [en línea] < <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2024.103687> > [consulta: 20 junio 2024].
- ^bSepúlveda F, Puente L, Ortiz J, Rodríguez A. y Char C. (2024). Encapsulation of Cinnamaldehyde and Vanillin as a Strategy to Increase Their Antimicrobial Activity. *Foods* 2024, 13, 2032. <<https://doi.org/10.3390/foods13132032>> [consulta: 26 agosto 2024].
- Severiano P. (2021). What is and how is the sensory evaluation used? [en línea]. Inter disciplina: Centro de Investigaciones Interdisciplinarias en Ciencias y Humanidades de la Universidad Nacional Autónoma de México. 2021. Vol. 7 N°19. < https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S2448-57052019000300004&script=sci_arttext#B45 > [consulta: 11 diciembre 2022]
- South Pacific Logistics. (2022). Exportación de manzanas chilenas. [en línea] < <https://web.splogistics.com/es/logistica-chile/exportacion-de-manzanas-chilenas#:~:text=La%20manzana%20tiene%20antioxidantes%20y,manzanas%20en%20el%20hemisferio%20sur.>> [consulta: 15 octubre 2022].
- Vollmer K, Czerny M, Vásquez A, Iglesias S, Frank J, Carle R. y Björn C. (2021). Non-thermal processing of pineapple (*Ananas comosus* [L.] Merr.) juice using continuous pressure change technology (PCT): HS – SPME – GC – MS profiling, descriptive sensory análisis, and consumer acceptance. [en línea] <<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.128786>> [consulta: 06 julio 2024].
- Yingying H, Yan W, Jie L, Jinhua D. y Zhicong S. (2022). Evaluating the effect of bentonite, malic acid and pectin methyl esterase, methanol in fermented apple juice. [en línea] < <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2022.104468>> [consulta: 30 octubre 2022].
- Yixun X, Jiahui S, PuiYee L, Huijuan S, Jiaoliang H, Jian Y, Boyang G. y Fang Z. (2020). Impacto f consumption frequency on generations of sensory product profiles using CATA questions: Case studies with two drink categories. [en línea] < <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2020.109378>> [consulta: 30 octubre 2022].
- Zhang M., Fan L., Liu Y. y Li J. (2022). Relationship between protein native conformation and ultrasound efficiency: For improving the physicochemical stability of water-in-oil emulsions. [en línea]. < <https://doi.org/10.1016/j.colsurfa.2022.129737>> [consulta: 30 enero 2024].

Zhao R, Fu W, Chen Y, Li V, Liu S. y Li Y. (2022). Structural modification of whey protein isolate by cinnamaldehyde and stabilization effect on β - carotene - loaded emulsions and emulsion gels. [en línea] <<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2021.130602>> [consulta: 14 enero 2024].

VI. ANEXOS

Anexo 1: Diámetro inhibitorio de los extractos de antimicrobianos contra microorganismos probados (n=3)

		Inhibition Diameter: Mean \pm std.dev (mm)								
		Gram Positive			Gram Negative			Yeast	Molds	
		<i>L. monocytogenes</i>	<i>B. subtilis</i>	<i>E. faecium</i>	<i>S. aureus</i>	<i>S. Typhimurium</i>	<i>E. coli</i>	<i>C. albicans</i>	<i>A. flavus</i>	<i>P. chrysogenum</i>
1	Biosecur F440D	16.6 \pm 1.9	18.9 \pm 1.0	12.3 \pm 0.7	25.4 \pm 2.4	12.5 \pm 1.1	13.7 \pm 0.9	22.8 \pm 1.6	14.1 \pm 0.7	13.6 \pm 3.0
2	Cranberry juice	8.7 \pm 0.9	9.3 \pm 1.6	6.0 \pm 0.0	6.0 \pm 0.0	6.0 \pm 0.0	7.0 \pm 1.2	6.0 \pm 0.0	6.0 \pm 0.0	6.0 \pm 0.0
3	Bergamote EO	6.0 \pm 0.0	13.7 \pm 1.2	6.0 \pm 0.0	6.0 \pm 0.0	6.0 \pm 0.0	6.0 \pm 0.0	10.7 \pm 0.4	6.0 \pm 0.0	8.5 \pm 0.3
4	Citrus EO *	8.4 \pm 0.6	68.7 \pm 4.9	13.9 \pm 0.4	35.6 \pm 2.8	13.8 \pm 1.0	14.8 \pm 2.0	36.2 \pm 5.5	22.4 \pm 5.2	45.7 \pm 4.0
5	Cloves EO	14.8 \pm 1.2	24.9 \pm 3.4	19.0 \pm 1.9	22.0 \pm 2.5	20.0 \pm 0.8	20.1 \pm 3.3	27.2 \pm 0.7	38.6 \pm 1.2	41.7 \pm 1.2
6	Marjoram EO	13.9 \pm 0.9	17.4 \pm 3.5	16.1 \pm 0.7	17.1 \pm 0.8	17.3 \pm 1.1	19.1 \pm 2.4	13.0 \pm 0.2	6.0 \pm 0.0	11.2 \pm 0.4
7	Pepper menthe EO	7.8 \pm 0.4	19.1 \pm 3.4	15.5 \pm 0.9	18.9 \pm 3.3	13.3 \pm 0.4	14.4 \pm 1.9	31.3 \pm 1.8	6.0 \pm 0.0	9.9 \pm 1.1
8	Sweet orange EO	6.0 \pm 0.0	14.0 \pm 1.5	6.0 \pm 0.0	6.0 \pm 0.0	6.0 \pm 0.0	6.0 \pm 0.0	11.1 \pm 0.9	6.0 \pm 0.0	8.5 \pm 0.1
9	Mediterranean EO	23.8 \pm 0.5	44.3 \pm 4.1	33.9 \pm 4.4	42.7 \pm 4.0	28.5 \pm 3.6	27.2 \pm 2.5	52.0 \pm 1.6	59.0 \pm 2.6	80.0 \pm 0.0
10	Tea tree EO	12.2 \pm 0.4	17.2 \pm 1.6	16.5 \pm 0.8	18.3 \pm 3.9	16.7 \pm 2.2	17.3 \pm 1.7	12.3 \pm 1.3	6.0 \pm 0.0	9.5 \pm 0.4
11	Thyme savory leaves EO	11.3 \pm 0.3	21.3 \pm 3.7	16.0 \pm 0.9	27.6 \pm 2.6	17.7 \pm 1.5	19.3 \pm 3.6	30.6 \pm 1.9	20.5 \pm 1.9	33.4 \pm 0.5
12	Myrte EO	8.6 \pm 0.4	11.0 \pm 1.7	6.8 \pm 0.9	9.3 \pm 0.9	10.1 \pm 2.4	8.7 \pm 0.6	12.8 \pm 1.2	6.0 \pm 0.0	11.3 \pm 1.3
13	Ginger EO	6.0 \pm 0.0	6.0 \pm 0.0	6.0 \pm 0.0	7.8 \pm 2.9	6.0 \pm 0.0	7.1 \pm 1.3	12.4 \pm 0.6	16.3 \pm 1.4	11.4 \pm 0.4
14	Pan tropical EO	31.1 \pm 3.4	30.6 \pm 2.1	23.7 \pm 0.3	25.4 \pm 2.1	32.0 \pm 6.4	29.2 \pm 1.3	61.0 \pm 5.8	70.3 \pm 3.4	63.0 \pm 0.2
15	Citral EO	12.5 \pm 1.4	10.2 \pm 1.3	11.8 \pm 1.6	18.4 \pm 0.8	11.5 \pm 1.4	10.4 \pm 0.6	80.0 \pm 0.0	23.0 \pm 3.0	80.0 \pm 0.0
16	Asian EO	8.8 \pm 0.3	10.3 \pm 2.6	9.2 \pm 0.6	22.5 \pm 1.2	9.6 \pm 1.0	10.2 \pm 0.7	42.7 \pm 1.6	62.6 \pm 6.1	80.0 \pm 0.0
17	Thyme thymol EO	32.1 \pm 2.2	41.4 \pm 4.0	26.9 \pm 3.4	31.3 \pm 4.0	27.2 \pm 3.7	30.5 \pm 4.0	53.9 \pm 2.6	38.3 \pm 2.3	44.2 \pm 5.3

* EO: Essential oil.

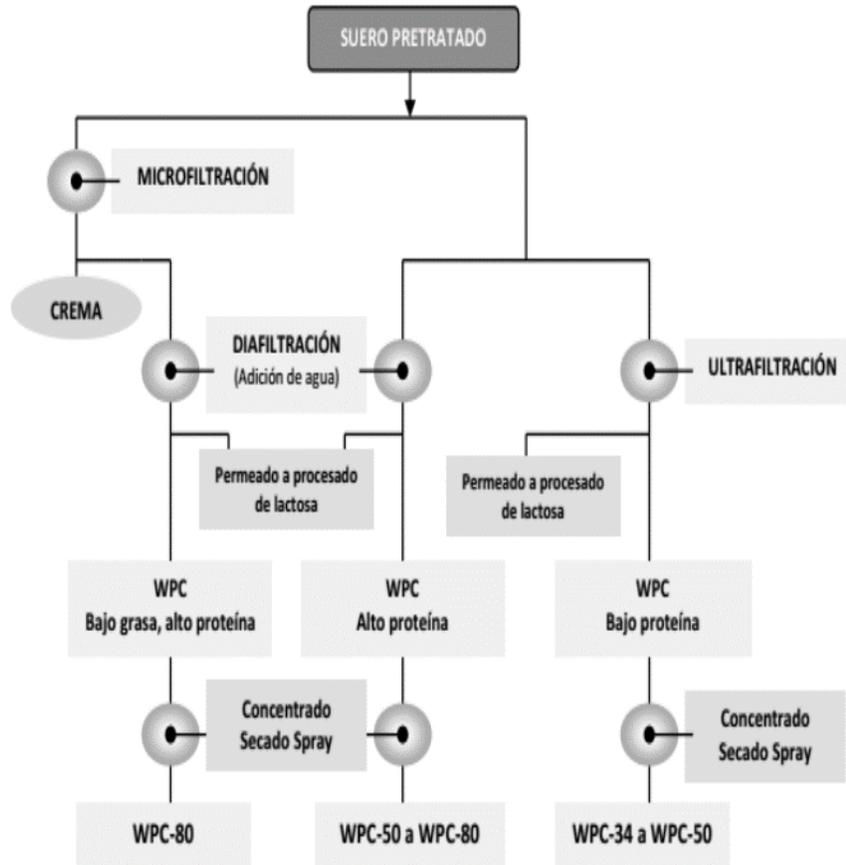
Fuente: Ben-Fadhel et al. (2019).

Anexo 2: Límites para el crecimiento de *L. monocytogenes* cuando las condiciones están cercanas al óptimo.

VARIABLES	Mínimo	Óptimo	Máximo
Temperatura (°C)	-1,5	30-37	45
pH	4,0	6,0–8,0	9,6
Actividad de agua	0,90	0,97	-

Fuente: ACHIPIA. (2017).

Anexo 3: Diagrama de flujo de la elaboración de WPC en diferentes concentraciones.



Fuente: Extraído de [Coto, 2014](#).

Anexo 4: Estacionalidad de los diferentes géneros de manzana chilena

VARIEDAD	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Royal Gala		■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Richared Delicious			■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Cripss Pink					■	■	■	■	■	■	■	■
Fuji				■	■	■	■	■	■	■	■	■
Pink Lady					■	■	■	■	■	■	■	■
Red Chief			■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Gala		■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Raku Raku			■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Braeburn			■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Granny Smith			■	■	■	■	■	■	■	■	■	■

Fuente: [South Pacific Logística \(2022\)](#).

Anexo 5: Normas UNE de análisis sensorial

UNE 4-070	Estadística. Vocabulario y Símbolos
UNE 87-001 (ISO 5492)	Vocabulario
UNE 87-004	Guía para la instalación de una sala de cata
UNE 87-022-2	Utensilios. Copa de Vino
UNE 87-008 (ISO 6658)	Análisis Sensorial de alimentos. Guía general
UNE 87-017 (ISO 6564)	Método para establecer el perfil olfato-gustativo
UNE 87020-1	Evaluación de los productos alimentarios por métodos que utilizan escalas
UNE 87 024-1	Guía general para la selección, entrenamiento y control de jueces. Parte 1: Catadores
UNE 87024-2	Guía general para la selección, entrenamiento y control de jueces. Parte 2: Expertos
UNE 87-003 (ISO 3972)	Método de investigación de la sensibilidad gustativa
UNE 87-013	Identificación y entrenamiento de jueces para la detección y reconocimiento de olores
UNE 87-016	Prueba "A"-no "A"
UNE 87-006 (ISO 4120)	Prueba triangular
UNE-87-005 (ISO 5495)	Prueba de comparación por parejas
UNE 87-010 (ISO 10399)	Prueba dúo-trío
UNE 87023	Ensayo de clasificación por ordenación
UNE 87026 (ISO 11037)	Guía general y método para la evaluación del color de los alimentos
UNE 87027	Identificación y selección de descriptores para la elaboración de un perfil sensorial por métodos multivariantes
UNE 87030 (ISO 11056)	Método de estimación de la magnitud

Fuente: Cortés S. (2013).

Anexo 6: Preguntas de la encuesta para convocatoria de panelistas

* Indica que la pregunta es obligatoria

1. Correo electrónico *

Sección 1: Evaluación sensorial

A continuación, se le realizarán preguntas que lo podrían excluir de su participación en el panel se favor responda con total sinceridad.

2. ¿Usted ha participado en algún curso de evaluación sensorial? *

Marca solo un óvalo.

Sí

No Ir a la pregunta 24

3. De haber cursado el ramo de evaluación sensorial dictado por la facultad de ciencias químicas y farmacéuticas de la universidad de Chile, por favor indicar en que año asistió.

4. ¿Usted tiene conocimientos sobre el test sensorial descriptivo? *

Marca solo un óvalo.

Sí

No

No recuerdo

5. ¿Usted ha participado en otros paneles sensoriales? *

Marca solo un óvalo.

Sí

No

Sección 2: Datos personales

La información obtenida, será utilizada exclusivamente para el desarrollo de las sesiones, bajo la modalidad de un estudio científico, y no será divulgada.

6. Nombre completo *

7. Correo *

8. Número telefónico

9. Edad *

10. Ocupación *

Marca solo un óvalo.

- Estudiante de la Universidad de Chile *Ir a la pregunta 11*
- Trabajador dependiente *Ir a la pregunta 12*
- Trabajador independiente *Ir a la pregunta 12*
- Otros: _____

Ir a la pregunta 12

11. ¿Actualmente usted es estudiante de...? (Puede marcar más de una opción)

Selecciona todas las opciones que correspondan.

- 5to año pregrado
- 5to año enlace
- Está realizando memoria de título o tesis
- Otros: _____

Ir a la pregunta 12

Sección 3: Salud**12. ¿Usted sufre de resfriados crónicos que disminuye su capacidad para percibir olerosidad?**

Marca solo un óvalo.

- Sí *Ir a la pregunta 24*
- No

13. ¿Usted tiene alguna enfermedad que disminuye o altera la percepción de algunos sentidos (gusto, olfato, visión, audición)?

Marca solo un óvalo.

- Sí *Ir a la pregunta 16*
- No

14. ¿Usted fuma? *

Marca solo un óvalo.

- Sí *Ir a la pregunta 15*
- No *Ir a la pregunta 17*
- Ir a la pregunta 17*

15. Indicar cuántos cigarrillos fuma en un día.

Ir a la pregunta 17

16. Explique cuál

Sección 4: Alimentación**17. ¿Usted posee alguna de las siguientes restricciones alimentarias? Puede escoger una alternativa.**

Marca solo un óvalo.

- No poseo ninguna restricción
- No consumo lácteos *Ir a la pregunta 24*
- No consumo carnes
- Soy intolerante a la lactosa *Ir a la pregunta 24*
- Soy alérgico a la caseína, canela o vainilla *Ir a la pregunta 24*
- Poseo una dieta vegana *Ir a la pregunta 24*
- Poseo una dieta vegetariana

18. ¿Usted está dispuesto a probar productos con leche de vaca para este estudio?

Marca solo un óvalo.

- Sí
- No *Ir a la pregunta 24*

19. ¿Usted está dispuesto a probar productos con canela para este estudio? *

Marca solo un óvalo.

- Sí
- No *Ir a la pregunta 24*

20. ¿Usted está dispuesto a probar productos con vainilla para este estudio? *

Marca solo un óvalo.

- Sí
- No *Ir a la pregunta 24*

21. ¿Usted está dispuesto a probar productos con manzana para este estudio? *

Marca solo un óvalo.

- Sí
- No *Ir a la pregunta 24*

Sección 5: Compromiso

22. **Indique que día de la semana le acomoda para asistir a las pruebas sensoriales (marcar más de una)**

Considere que la primera sesión se establecerá en la quincena de agosto

Selecciona todas las opciones que correspondan.

- Lunes AM
- Lunes PM
- Martes AM
- Martes PM
- Miércoles AM
- Miércoles PM
- Jueves AM
- Jueves PM
- Viernes AM
- Viernes PM

23. **¿Usted se compromete a participar en el panel sensorial? ***

Al marcar la respuesta, el formulario será automáticamente enviado.

Marca solo un óvalo.

- Sí
- No *Ir a la pregunta 24*

Muchas gracias por su interés en participar

Lamentablemente no cumple con los requisitos para participar en el panel sensorial. Le agradezco su interés.

Fuente: elaboración propia con Formularios de Google™.

Anexo 7: Hoja de respuesta para sesión 1 de entrenamiento.

DESCRIPCIÓN DE PRODUCTOS

Set: _____ Nombre: _____

Fecha: _____

Por favor describa lo más detalladamente que pueda cada una de las características del alimento. NO COLOQUE PALABRAS como "agradable", "desagradable", "bueno" o "malo".

ATRIBUTO	Producto	DESCRIPCIÓN
Apariencia / Textura	A	
	B	
	C	
Olor	A	
	B	
	C	
Sabor	A	
	B	
	C	

Fuente: Elaboración propia.

Anexo 8: Hoja de respuesta de sesión de entrenamiento y test descriptivo.

PERFIL DE BEBIDA PROTEICA SABORIZADA

Nombre: _____ Fecha: ____/____/____

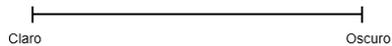
Muestra: _____ Muestra: _____ Muestra: _____

Por favor evalúe cada una de las muestras siguiendo las instrucciones, y marque la intensidad percibida de cada descriptor en la línea correspondiente. Use el medio de neutralización antes de comenzar y entre muestras, el orden correcto de neutralización es té y luego agua.

Antes de evaluar, revuelva la muestra utilizando la varilla disponible en su bandeja de evaluación en forma de círculos.

APARIENCIA

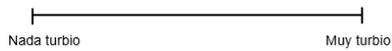
Color blanco amarillento



Homogeneidad



Turbidez¹



Consistencia al agitar²



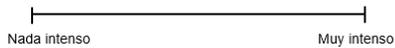
¹ Def.: Falta de transparencia, debido a la presencia de partículas en suspensión.

² Def.: Resistencia al flujo

Canela



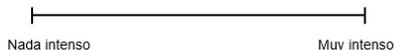
Vainilla



Dulzor



Acidez



Sabor residual

Evaluar después de tragar



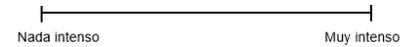
Indique cual es el sabor residual que percibe:

Muestra: _____ Muestra: _____ Muestra: _____

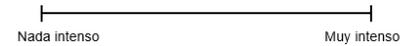
Ahora destape la muestra y acerque su nariz al producto sintiendo el aroma.

AROMA

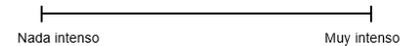
Manzana cocida



Lácteo



Canela



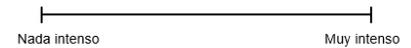
Vainilla



Ingiera una cantidad de muestra suficiente para evaluar lo siguiente.

SABOR

Manzana cocida



Lácteo



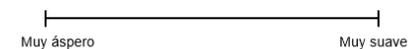
Con el producto en la boca, evalúe lo siguiente:

TEXTURA / CONSISTENCIA

Consistencia en la boca



Suavidad



Aspereza residual

Evaluar después de tragar



Al finalizar la primera muestra, neutralice su boca con té y agua, para luego continuar con la otra muestra, siguiendo la misma secuencia de evaluación.

Fuente: Elaboración propia.

Anexo 11: Primera parte cuestionario de consumidores

Cuestionario de Evaluación

Hola. Bienvenido al test de consumidores de la tesis Katherine Salas Campos. Agradeciendo su participación, le comento que esta evaluación dura aproximadamente 20 minutos y deberá responder cada una de las preguntas y seguir las instrucciones que se le irán indicando a través de este medio. Si tiene alguna duda o inquietud durante la evaluación, le pido que levante la mano.

*Indica que la pregunta es obligatoria

1. Correo electrónico*

2. ¿Presenta usted alguna restricción alimentaria por alergia o intolerancia alimentaria? *

Marca solo un óvalo

- Sí *Ir a la sección 2*
 No *Ir a la pregunta 3*

Sección 2

Como su respuesta fue "sí", por favor especificar brevemente. Si su caso es tener alergia a la caseína, usted **NO es apto para este test**, en el caso de tener intolerancia a la lactosa, queda a su juicio continuar con el test.

3. ¿Usted posee rechazo a los productos con canela o vainilla? *

- Sí *Ir a la sección 10*
 No *Ir a la pregunta 4*

4. ¿Usted posee alguna enfermedad que disminuye o altera la percepción de alguno de los sentidos (visión, olfato, gusto)? *

- Sí *Ir a la sección 10*
 No *Ir a la pregunta 5*

5. ¿Consumo alguno de los siguientes productos (imágenes referenciales)? *
 (Fuente marcar más de una opción)



Bebidas proteicas saborizadas



Suplementos Alimenticios Saborizados



Bebidas de Fantasías



Jugos Saborizados

6. Indique con qué frecuencia consume los productos seleccionados anteriormente*

7. Nombre y Apellido*

8. Indique su edad*

9. ¿Cuál es su género? *

- Femenino
 Masculino
 Otro

10. Ocupación*

- Estudiante de la Universidad de Chile
 Funcionario
 Académico
 Otros

11. ¿Usted tiene conocimientos sobre evaluación sensorial? *

- Sí
 No

12. ¿Usted fuma? *

- Sí
 No

Anexo 12: Segunda parte de cuestionario para consumidores

Sección 3: Instrucciones para iniciar la evaluación

A continuación, se le presentarán un total de tres muestras de bebida proteica saborizada, las cuales deberá evaluar una a la vez a medida que se le entreguen en la bandeja. Antes de iniciar la evaluación **verifique que la muestra a evaluar coincida con el código de la muestra del formulario**.

Sección 4: Muestra 154

Antes de comenzar, beba sorbos de agua abarcando toda la boca, si se le acaba puede pedir más levantando su mano.

13. Según la siguiente escala ¿Qué le parece la APARIENCIA del producto? *

Instrucciones: Destape el vaso y utilizando un lado de la varilla disponible en bandeja agite la muestra en forma de círculo, hasta que quede uniforme.

- Me gusta mucho
 Me gusta
 Me gusta un poco
 No me gusta ni me disgusta
 Me disgusta un poco
 Me disgusta
 Me disgusta mucho

14. Según la siguiente escala ¿Cómo calificaría el COLOR blanco amarillento del producto? *

- Mucho más oscuro de lo que me gusta
 Mas oscuro de lo que me gusta
 Esta justo como me gusta
 Más claro de lo que me gusta
 Mucho más claro de lo que me gusta

15. Según la siguiente escala ¿Cómo calificaría la UNIFORMIDAD del producto? *

- Mucho más uniforme de lo que me gusta
 Mas uniforme de lo que me gusta
 Esta justo como me gusta
 Menos uniforme de lo que me gusta
 Mucho menos uniforme de lo que me gusta

16. Según la siguiente escala ¿Qué le parece la AROMA del producto? *

- Me gusta mucho
 Me gusta
 Me gusta un poco
 No me gusta ni me disgusta
 Me disgusta un poco
 Me disgusta
 Me disgusta mucho

17. Según la siguiente escala ¿Cómo calificaría la INTENSIDAD DE AROMA A MANZANA COCIDA del producto? *

- Mucho más intensidad de aroma a manzana cocida de lo que me gusta
 Mas intensidad de aroma a manzana cocida de lo que me gusta
 Esta justo como me gusta
 Menos intensidad de aroma a manzana cocida de lo que me gusta
 Mucho menos intensidad de aroma a manzana cocida de lo que me gusta

18. Según la siguiente escala ¿Cómo calificaría la INTENSIDAD DE AROMA A LÁCTEO del producto? *

- Mucho más intensidad de aroma a lácteo de lo que me gusta
 Mas intensidad de aroma a lácteo de lo que me gusta
 Esta justo como me gusta
 Menos intensidad de aroma a lácteo de lo que me gusta
 Mucho menos intensidad de aroma a lácteo de lo que me gusta

19. Según la siguiente escala ¿Qué le parece el SABOR del producto? *

Instrucciones: Ingiera una cantidad de muestra suficiente para evaluar, la muestra debe abarcar toda la superficie de su boca. Tiene la opción de ingerir completamente la muestra o desecharla en el recipiente blanco disponible en su bandeja.

- Me gusta mucho
- Me gusta
- Me gusta un poco
- No me gusta ni me disgusta
- Me disgusta un poco
- Me disgusta
- Me disgusta mucho

20. Según la siguiente escala ¿Cómo calificaría la ACIDEZ del producto? *

- Mucho más ácido de lo que me gusta
- Mas ácido de lo que me gusta
- Esta justo como me gusta
- Menos ácido de lo que me gusta
- Mucho menos ácido de lo que me gusta

21. Según la siguiente escala ¿Cómo calificaría el DULZOR del producto? *

- Mucho más dulce de lo que me gusta
- Más dulce de lo que me gusta
- Esta justo como me gusta
- Menos dulce de lo que me gusta
- Mucho menos dulce de lo que me gusta

22. Según la siguiente escala ¿Cómo calificaría la INTENSIDAD DE SABOR A LA LÁCTEO del producto? *

- Mucho más intensidad de sabor a lácteo de lo que me gusta

- Sabor a Leche
- Gusto Dulce
- Gusto Ácido
- Me deja un sabor astringente en la boca
- Me recuerda al Kuchen o Pie de manzana
- Lo consumiría en mi dieta diaria
- No lo recomendaría a mis amigos o familiares

26. De acuerdo a su INTENCIÓN DE COMPRA para la muestra 154 usted: *

- Definitivamente si la compraría
- Probablemente la compraría
- Podría comprarla o no comprarla
- Probablemente no la compraría
- Definitivamente no la compraría

Sección 5: Neutralización antes de continuar

Instrucciones: Para continuar, debe tapar el vaso evaluado y dejarlo a un costado de la bandeja. Luego tome unos sorbos de té abarcando toda la boca y posteriormente agua. Finalmente levante la mano para pedir la SEGUNDA muestra.

Sección 6: Muestra 215

Antes de iniciar la evaluación verifique que la muestra a evaluar coincida con el código de la muestra del formulario.

33. Según la siguiente escala ¿Cómo calificaría la INTENSIDAD DE AROMA A CANELA del producto? *

- Mucho más intensidad de aroma a canela de lo que me gusta
- Mas intensidad de aroma a canela de lo que me gusta
- Esta justo como me gusta
- Menos intensidad de aroma a canela de lo que me gusta
- Mucho menos intensidad de aroma a canela de lo que me gusta

- Mas intensidad de sabor a lácteo de lo que me gusta
- Esta justo como me gusta
- Menos intensidad de sabor a lácteo de lo que me gusta
- Mucho menos intensidad de sabor a lácteo de lo que me gusta

23. Según la siguiente escala ¿Cómo calificaría la INTENSIDAD DE SABOR A MANZANA COCIDA del producto? *

- Mucho más intensidad de sabor a manzana cocida de lo que me gusta
- Mas intensidad de sabor a manzana cocida de lo que me gusta
- Esta justo como me gusta
- Menos intensidad de sabor a manzana cocida de lo que me gusta
- Mucho menos intensidad de sabor a manzana cocida de lo que me gusta

24. De acuerdo a todos los atributos evaluados anteriormente, evalúe el AGRADO GENERAL del producto según la siguiente escala. *

- Me gusta mucho
- Me gusta
- Me gusta un poco
- No me gusta ni me disgusta
- Me disgusta un poco
- Me disgusta
- Me disgusta mucho

25. A continuación, se le presenta un listado de atributos que pueden estar presentes en la muestra 154. SELECCIONE las palabras o frases que usted considere apropiadas para describir el producto que recién probó. *

- Aspecto a Jugo de manzana
- Aspecto lechoso
- Aspecto Denso
- Aroma a Manzana Cocida
- Sabor a Caramelo

39. Según la siguiente escala ¿Cómo calificaría la INTENSIDAD DE SABOR A CANELA del producto? *

- Mucho más intensidad de sabor a canela de lo que me gusta
- Mas intensidad de sabor a canela de lo que me gusta
- Esta justo como me gusta
- Menos intensidad de sabor a canela de lo que me gusta
- Mucho menos intensidad de sabor a canela de lo que me gusta

Sección 7: Neutralización antes de continuar

Instrucciones: Para continuar, debe tapar el vaso evaluado y dejarlo a un costado de la bandeja. Luego tome unos sorbos de té abarcando toda la boca y posteriormente agua. Finalmente levante la mano para pedir la TERCERA muestra.

Sección 8: Muestra 487

Antes de iniciar la evaluación verifique que la muestra a evaluar coincida con el código de la muestra del formulario.

49. Según la siguiente escala ¿Cómo calificaría la INTENSIDAD DE AROMA A CANELA del producto? *

- Mucho más intensidad de aroma a canela de lo que me gusta
- Mas intensidad de aroma a canela de lo que me gusta
- Esta justo como me gusta
- Menos intensidad de aroma a canela de lo que me gusta
- Mucho menos intensidad de aroma a canela de lo que me gusta

55. Según la siguiente escala ¿Cómo calificaría la INTENSIDAD DE SABOR A CANELA del producto? *

- Mucho más intensidad de sabor a canela de lo que me gusta
- Mas intensidad de sabor a canela de lo que me gusta
- Esta justo como me gusta
- Menos intensidad de sabor a canela de lo que me gusta
- Mucho menos intensidad de sabor a canela de lo que me gusta

Sección 9: Terminó de evaluación

Instrucciones: Al finalizar la evaluación de las tres muestras, deje todo dentro de la bandeja y retirese del laboratorio. Por favor asegúrese de dar clic en "Enviar formulario" antes de irse.

Sección 10: Fin del cuestionario

Lamentablemente usted no es apto para realizar la evaluación sensorial de este estudio. Le agradezco por la intención de participar.

Anexo 13: Resultados de las temperaturas registradas en la elaboración de encapsulaciones.

Antimicrobiano	Proporción	Tiempo [min]	Temperatura [°C]	Antimicrobiano	Proporción	Tiempo [min]	Temperatura [°C]
Cinamaldehído	1:1	0	2,1 ± 0,2	Vainillina	1:1	0	2,1 ± 0,2
		5	1,9 ± 0,1			5	2,0 ± 0,2
		10	1,8 ± 0,1			10	1,9 ± 0,1
		15	1,8 ± 0,1			15	1,9 ± 0,1
	1:2	0	2,0 ± 0,1		1:2	0	2,0 ± 0,2
		5	1,9 ± 0,1			5	2,0 ± 0,1
		10	1,9 ± 0,2			10	2,1 ± 0,2
		15	1,8 ± 0,1			15	2,0 ± 0,1

Tiempo 0: se refiere al proceso después de utilizar el equipo de ultraturrax.

Tiempo 5: se refiere al proceso después de utilizar 5 minutos el equipo de ultrasonido.

Tiempo 10: se refiere al proceso después de utilizar 10 minutos el equipo de ultrasonido.

Tiempo 15: se refiere al proceso después de utilizar 15 minutos el equipo de ultrasonido.

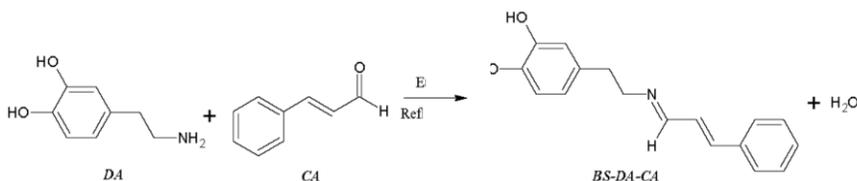
Fuente: Elaboración propia.

Anexo 14: Datos obtenidos para caracterización de bebida proteica.

	Pruebas	pH	ml NaOH 0,1 N	g a titular	°Brix	Acidez titulable
Suspensión proteica WPC	N1	5,85	0,30	1,67	6,40	0,11
	N2	6,07	0,20	1,69	6,30	0,08
	N3	5,98	0,20	1,68	6,30	0,08
	Promedio	5,97	0,23	1,68	6,33	0,09
Jugo de manzana	N1	3,47	4,60	8,09	10,80	0,36
	N2	3,44	4,60	8,00	10,80	0,37
	N3	3,42	4,70	8,01	10,90	0,38
	Promedio	3,44	4,63	8,03	10,83	0,37
Bebida proteica saborizada	N1	4,35	3,70	10,06	7,00	0,24
	N2	4,36	3,70	10,09	6,90	0,23
	N3	4,38	3,80	10,02	7,00	0,24
	Promedio	4,36	3,73	10,06	6,97	0,24

Fuente: Elaboración propia.

Anexo 15: Reacción de base Schiff.



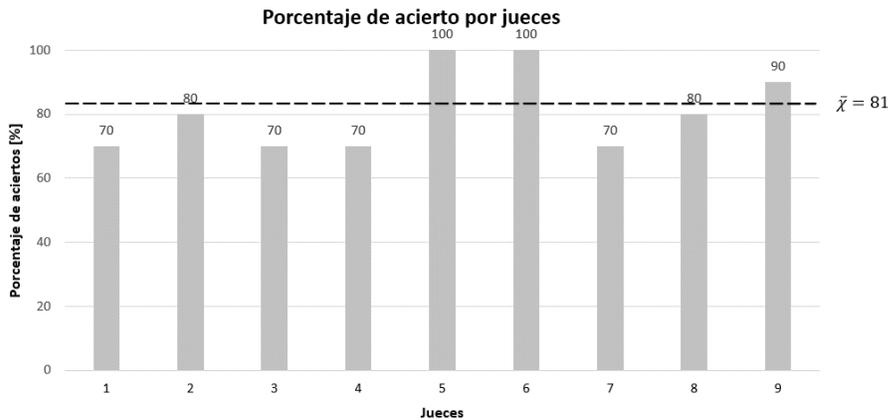
Fuente: Google

Anexo 16: Datos panelistas test descriptivo.

Juez	Edad	Evaluación Sensorial	Fumar	Cigarro/día	Restricción Alimentaria	¿Está dispuesto a probar alimentos con...?			
						Leche de vacas	Manzana	Canela	Vainilla
1	23	2023	No	0	No	Si	Si	Si	Si
2	24	2023	No	0	No	Si	Si	Si	Si
3	26	2022	No	0	No	Si	Si	Si	Si
4	23	2023	No	0	No	Si	Si	Si	Si
5	26	2023	Sí	1 - 2	No	Si	Si	Si	Si
6	39	2023	Sí	0	No	Si	Si	Si	Si
7	31	2023	No	0	No	Si	Si	Si	Si
8	24	2023	No	0	No	Si	Si	Si	Si
9	24	2023	No	0	No	Si	Si	Si	Si

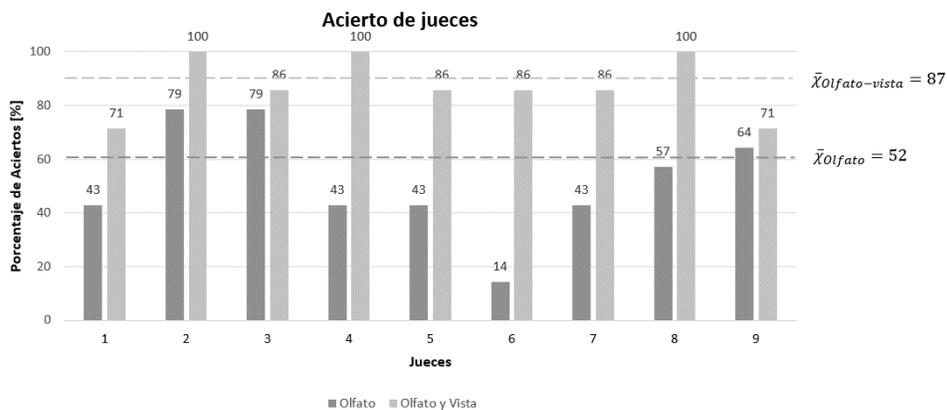
Fuente: Elaboración propia.

Anexo 17: Resultados de test gustos básicos.



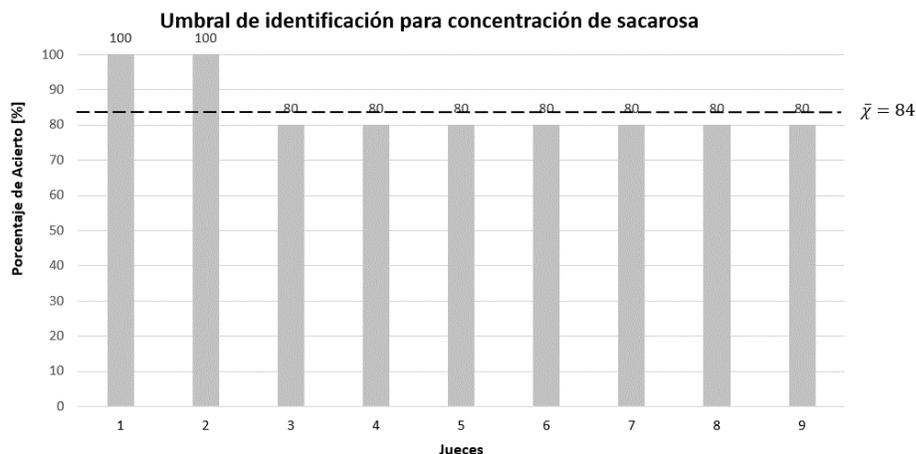
Fuente: Elaboración propia con información extraída del curso de evaluación sensorial 2022 y 2023 de la universidad de Chile.

Anexo 18: Resultados test de interrelación de los sentidos.



Fuente: Elaboración propia con información extraída del curso de evaluación sensorial 2022 y 2023 de la universidad de Chile.

Anexo 19: Resultados de test de umbral de identificación.



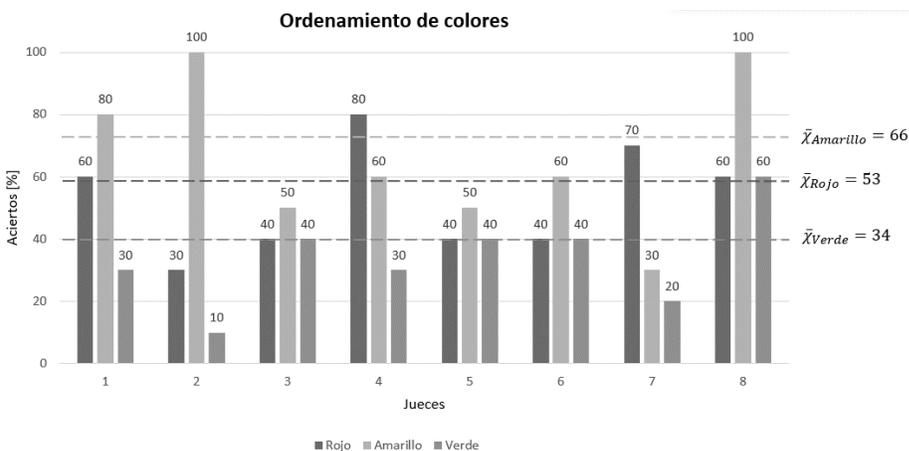
Fuente: Elaboración propia con información extraída del curso de evaluación sensorial 2022 y 2023 de la universidad de Chile.

Anexo 20: Resultados de test de diferencias.

Juez	Triangular	Pareado	Dúo Trío	% aciertos
1	A	A	A	100
2	F	A	A	67
3	A	A	A	100
4	A	A	F	67
5	F	A	A	67
6	A	A	A	100
7	A	A	A	100
8	A	A	A	100
9	F	A	A	67

Fuente: Elaboración propia con información extraída del curso de evaluación sensorial 2022 y 2023 de la universidad de Chile.

Anexo 21: Resultados test de ordenamiento de colores.



Fuente: Elaboración propia con información extraída del curso de evaluación sensorial 2022 y 2023 de la universidad de Chile.

Anexo 22: Tarjetas para panelistas sesión 3.

JUEZ 1

A continuación, se presentan algunos de los descriptores en los que se obtuvieron diferencias significativas al 95% de confianza y usted necesita un ajustarse al promedio de evaluación en alguno de ellos.

- **Apariencia Color blanco amarillento:** Usted coloco un puntaje de 4.2, sin embargo, el promedio de jueces fue de **2.2**. Le pido ajustarse al promedio de la evaluación.

- **Sabor Acidez:** Usted coloco un puntaje de 4.6, sin embargo, el promedio de jueces fue de **1.3**. Puede comparar el descriptor con la acidez de un limón, si este es parecido, entonces la muestra sería muy ácida.

Si usted cree que el promedio esta erróneo según su perspectiva sensorial, indíquelo al final de la evaluación para discutirlo como panel.

JUEZ 4

A continuación, se presentan algunos de los descriptores en los que se obtuvieron diferencias significativas al 95% de confianza y usted necesita un ajustarse al promedio de evaluación en alguno de ellos.

- **Sabor Acidez:** Usted coloco un puntaje de 4.1, sin embargo, el promedio de jueces fue de **4.3**. Puede comparar el descriptor con la acidez de un limón, si este es parecido, entonces la muestra sería muy ácida.

- **Textura Suavidad:** Usted coloco un puntaje de 8.1, sin embargo, el promedio de jueces fue de **4.8**. Le pido ajustarse al promedio de la evaluación, recuerde que suavidad es el antónimo de aspereza, también se puede asociar a la falta de granulosidad de la muestra.

- **Textura Aspereza residual:** Usted coloco un puntaje de 2.2, sin embargo, el promedio de jueces fue de **5.1**. Le pido ajustarse al promedio de la evaluación, recuerde que este descriptor se evalúa después de tragar la muestra y se puede asociar a la granulosidad de la muestra.

Si usted cree que el promedio esta erróneo según su perspectiva sensorial, indíquelo al final de la evaluación para discutirlo como panel.

JUEZ 7

A continuación, se presentan algunos de los descriptores en los que se obtuvieron diferencias significativas al 95% de confianza y usted necesita un ajustarse al promedio de evaluación en alguno de ellos.

- **Apariencia Color blanco amarillento:** Usted coloco un puntaje de 4.4, sin embargo, el promedio de jueces fue de **2.2**. Le pido ajustarse al promedio de la evaluación.

- **Apariencia Turbidez:** Usted coloco un puntaje de 3.7, sin embargo, el promedio de jueces fue de **7.9**. Le pido ajustarse al promedio de la evaluación, recuerde que la turbidez se asocia a la transparencia del fluido. Puede comparar la muestra con el agua potable, si este se parece, la muestra sería menos turbia.

- **Sabor Acidez:** Usted coloco un puntaje de 5.2, sin embargo, el promedio de jueces fue de **1.3**. Puede comparar el descriptor con la acidez de un limón, si este es parecido, entonces la muestra sería muy ácida.

- **Textura Suavidad:** Usted coloco un puntaje de 8.1, sin embargo, el promedio de jueces fue de **4.8**. Le pido ajustarse al promedio de la evaluación, recuerde que suavidad es el antónimo de aspereza, también se puede asociar a la falta de granulosidad de la muestra.

- **Textura Aspereza residual:** Usted coloco un puntaje de 1.2, sin embargo, el promedio de jueces fue de **5.1**. Le pido ajustarse al promedio de la evaluación, recuerde que este descriptor se evalúa después de tragar la muestra y se puede asociar a la granulosidad de la muestra.

Si usted cree que el promedio esta erróneo según su perspectiva sensorial, indíquelo al final de la evaluación para discutirlo como panel.

JUEZ 2

A continuación, se presentan algunos de los descriptores en los que se obtuvieron diferencias significativas al 95% de confianza y usted necesita un ajustarse al promedio de evaluación en alguno de ellos.

- **Apariencia Color blanco amarillento:** Usted coloco un puntaje de 4.2, sin embargo, el promedio de jueces fue de **2.2**. Le pido ajustarse al promedio de la evaluación.

- **Apariencia Consistencia al agitar:** Usted coloco un puntaje de 7.7, sin embargo, el promedio de jueces fue de **2.4**. Le pido ajustarse al promedio de la evaluación, recuerde que la consistencia se define como la resistencia al flujo, es decir, que tanta fuerza se necesita para mover la muestra con la varilla.

- **Sabor Sabor residual:** Usted coloco un puntaje de 10, sin embargo, el promedio de jueces fue de **3.8**. Le pido ajustarse al promedio de la evaluación.

Si usted cree que el promedio esta erróneo según su perspectiva sensorial, indíquelo al final de la evaluación para discutirlo como panel.

JUEZ 5

A continuación, se presentan algunos de los descriptores en los que se obtuvieron diferencias significativas al 95% de confianza y usted necesita un ajustarse al promedio de evaluación en alguno de ellos.

- **Apariencia Consistencia al agitar:** Usted coloco un puntaje de 8.5, sin embargo, el promedio de jueces fue de **2.4**. Le pido ajustarse al promedio de la evaluación, recuerde que la consistencia se define como la resistencia al flujo, es decir, que tanta fuerza se necesita para mover la muestra con la varilla.

- **Aroma Lácteo:** Usted coloco un puntaje de 6.1, sin embargo, el promedio de jueces fue de **2.6**. Le pido ajustarse al promedio de la evaluación, puede comparar el producto con leche entera de vaca.

Si usted cree que el promedio esta erróneo según su perspectiva sensorial, indíquelo al final de la evaluación para discutirlo como panel.

JUEZ 8

A continuación, se presentan algunos de los descriptores en los que se obtuvieron diferencias significativas al 95% de confianza y usted necesita un ajustarse al promedio de evaluación en alguno de ellos.

- **Textura Suavidad:** Usted coloco un puntaje de 8.3, sin embargo, el promedio de jueces fue de **4.8**. Le pido ajustarse al promedio de la evaluación, recuerde que suavidad es el antónimo de aspereza, también se puede asociar a la falta de granulosidad de la muestra.

Si usted cree que el promedio esta erróneo según su perspectiva sensorial, indíquelo al final de la evaluación para discutirlo como panel.

JUEZ 3

A continuación, se presentan algunos de los descriptores en los que se obtuvieron diferencias significativas al 95% de confianza y usted necesita un ajustarse al promedio de evaluación en alguno de ellos.

- **Aroma Lácteo:** Usted coloco un puntaje de 5.3, sin embargo, el promedio de jueces fue de **2.6**. Le pido ajustarse al promedio de la evaluación, puede comparar el producto con leche entera de vaca.

- **Sabor Lácteo:** Usted coloco un puntaje de 5.7, sin embargo, el promedio de jueces fue de **2.5**. Le pido ajustarse al promedio de la evaluación, puede comparar el producto con leche entera de vaca.

- **Textura Suavidad:** Usted coloco un puntaje de 9.3, sin embargo, el promedio de jueces fue de **4.8**. Le pido ajustarse al promedio de la evaluación, recuerde que suavidad es el antónimo de aspereza, también se puede asociar a la falta de granulosidad de la muestra.

Si usted cree que el promedio esta erróneo según su perspectiva sensorial, indíquelo al final de la evaluación para discutirlo como panel.

JUEZ 6

A continuación, se presentan algunos de los descriptores en los que se obtuvieron diferencias significativas al 95% de confianza y usted necesita un ajustarse al promedio de evaluación en alguno de ellos.

- **Apariencia Consistencia al agitar:** Usted coloco un puntaje de 4.5, sin embargo, el promedio de jueces fue de **2.4**. Le pido ajustarse al promedio de la evaluación, recuerde que la consistencia se define como la resistencia al flujo, es decir, que tanta fuerza se necesita para mover la muestra con la varilla.

- **Sabor Acidez:** Usted coloco un puntaje de 5.1, sin embargo, el promedio de jueces fue de **1.3**. Puede comparar el descriptor con la acidez de un limón, si este es parecido, entonces la muestra sería muy ácida.

Si usted cree que el promedio esta erróneo según su perspectiva sensorial, indíquelo al final de la evaluación para discutirlo como panel.

JUEZ 9

A continuación, se presentan algunos de los descriptores en los que se obtuvieron diferencias significativas al 95% de confianza y usted necesita un ajustarse al promedio de evaluación en alguno de ellos.

- **Apariencia Consistencia al agitar:** Usted coloco un puntaje de 6.1, sin embargo, el promedio de jueces fue de **2.4**. Le pido ajustarse al promedio de la evaluación, recuerde que la consistencia se define como la resistencia al flujo, es decir, que tanta fuerza se necesita para mover la muestra con la varilla.

- **Aroma Lácteo:** Usted coloco un puntaje de 8.9, sin embargo, el promedio de jueces fue de **2.6**. Le pido ajustarse al promedio de la evaluación, puede comparar el producto con leche entera de vaca.

- **Sabor Lácteo:** Usted coloco un puntaje de 7.0, sin embargo, el promedio de jueces fue de **2.5**. Le pido ajustarse al promedio de la evaluación, puede comparar el producto con leche entera de vaca.

Si usted cree que el promedio esta erróneo según su perspectiva sensorial, indíquelo al final de la evaluación para discutirlo como panel.

Anexo 23: Resumen ANOVA de test descriptivo para grupo C.

		Control			Mcin			Ncin			p - valor	
		T0	T7	T14	T0	T7	T14	T0	T7	T14	Muestras	Tiempo
Apariencia	Color blanco amarillento	2,8 ab	3,1 bc	2,1 a	3,1 bcd	3,9 de	3,8 cde	2,5 ab	4,3 e	5,6 f	< 0,0001	< 0,0001
	Homogeneidad	8,3 bc	9,0 d	8,7 bcd	7,5 a	8,7 bcd	8,9 cde	8,6 bcd	8,2 b	8,4 bcd	0,0386	< 0,0001
	Turbidez	7,6 a	8,4 bc	8,8 c	7,6 a	8,6 c	8,8 c	7,8 ab	8,2 abc	8,6 c	0,6157	< 0,0001
	Consistencia al agitar	1,2 a	1,4 ab	1,5 ab	1,9 ab	1,8 ab	2,2 b	1,9 ab	3,8 c	3,7 c	< 0,0001	< 0,0001
Aroma	Manzana cocida	6,4 d	5,9 cd	5,2 c	1,8 a	5,7 cd	5,9 cd	1,6 a	3,5 b	3,6 b	< 0,0001	< 0,0001
	Lácteo	2,7 b	1,1 a	1,0 a	0,7 a	0,7 a	1,1 a	0,7 a	0,8 a	0,7 a	< 0,0001	< 0,0001
	Canela	0,0 a	0,0 a	0,0 a	7,7 c	7,5 bc	6,7 b	7,8 c	7,8 c	7,1 bc	< 0,0001	0,0039
Sabor	Manzana cocida	6,4 cd	6,5 cd	6,9 d	3,5 a	5,9 bc	6,2 cd	5,1 b	3,7 a	3,6 a	< 0,0001	0,0066
	Lácteo	2,6 c	1,6 b	1,1 ab	0,7 a	0,8 a	1,1 ab	0,8 a	1,1 ab	1,2 ab	< 0,0001	0,0914
	Canela	0,0 a	0,0 a	0,0 a	7,0 b	6,9 b	6,7 b	7,5 b	7,5 b	7,4 b	< 0,0001	0,8521
	Dulzor	4,8 ab	4,4 a	4,8 ab	5,1 abc	5,9 cd	6,4 d	6,4 d	5,2 abc	5,3 bc	< 0,0001	0,0779
	Acidez	1,3 abc	0,9 a	1,0 ab	1,6 c	1,5 bc	1,6 c	1,5 bc	2,3 d	2,6 d	< 0,0001	0,0134
	Sabor residual	2,9 a	2,8 a	2,0 a	6,5 c	4,7 b	4,0 b	7,4 d	6,1 c	5,8 c	< 0,0001	< 0,0001
Textura	Consistencia en la boca	2,0 bcd	1,3 ab	1,0 a	2,3 cd	1,9 abcd	1,4 abc	2,0 bcd	2,5 d	2,6 d	< 0,0001	0,0518
	Suavidad	7,9 cd	8,5 de	9,0 e	8,2 d	6,5 ab	6,2 a	6,9 ab	7,3 bc	6,8 ab	< 0,0001	0,0559
	Aspereza residual	1,5 ab	0,7 a	0,5 a	2,2 abc	3,8 cde	3,0 bcd	5,0 e	4,6 de	3,7 cde	< 0,0001	0,1395

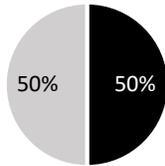
Anexo 24: Resumen ANOVA de test descriptivo para grupo V.

		Control			Mvan			Nvan			p - valor	
		T0	T7	T14	T0	T7	T14	T0	T7	T14	Muestras	Tiempo
Apariencia	Color blanco amarillento	3,3 cd	3,3 cd	1,7 a	2,7 bc	3,7 d	2,2 ab	2,7 bc	3,5 d	2,3 ab	0,8416	< 0,0001
	Homogeneidad	8,3 bc	8,4 bc	8,6 c	8,4 bc	7,7 a	8,0 ab	8,3 bc	8,4 bc	8,5 bc	0,0001	0,0488
	Turbidez	8,4 a	8,4 a	8,7 ab	8,4 ab	8,6 ab	9,1 b	8,3 a	8,2 a	8,6 ab	0,0340	0,0019
	Consistencia al agitar	1,9 a	2,1 ab	2,3 ab	2,2 ab	2,6 bc	3,0 c	1,8 a	2,0 a	1,9 a	< 0,0001	0,0002
Aroma	Manzana cocida	5,5 de	5,3 de	5,3 de	4,2 ab	4,8 bcd	4,6 abc	4,0 a	5,5 e	5,0 cde	< 0,0001	< 0,0001
	Lácteo	2,3 c	1,2 ab	1,0 ab	1,0 ab	1,3 b	0,7 a	1,5 b	1,5 b	0,6 a	0,0003	< 0,0001
	Canela	0,0 a	0,0 a	0,0 a	5,3 e	2,6 c	1,7 b	5,7 e	6,8 e	4,6 d	< 0,0001	< 0,0001
Sabor	Manzana cocida	5,9 abc	6,2 bc	6,6 c	5,5 ab	5,6 ab	5,1 a	5,2 a	5,5 ab	5,2 a	< 0,0001	0,2766
	Lácteo	1,5 b	1,0 ab	0,6 a	1,4 b	1,3 b	1,0 ab	1,5 b	1,3 b	0,6 a	0,2442	< 0,0001
	Canela	0,0 a	0,0 a	0,0 a	7,2 cd	5,6 b	7,7 d	8,4 e	7,6 d	7,0 c	< 0,0001	< 0,0001
	Dulzor	4,3 a	4,4 a	4,0 a	5,7 b	3,9 a	4,4 a	5,6 b	4,2 a	4,3 a	0,0002	< 0,0001
	Acidez	1,5 cd	1,2 bc	1,7 d	0,8 ab	1,0 ab	1,1 abc	0,8 a	1,1 abc	0,9 ab	< 0,0001	0,0197
	Sabor residual	3,2 cd	2,5 b	1,1 a	6,3 f	4,4 e	3,8 d	6,9 g	4,7 e	2,7 bc	< 0,0001	< 0,0001
Textura	Consistencia en la boca	2,2 b	2,0 ab	1,6 ab	2,0 ab	2,0 ab	1,2 a	2,1 b	2,3 b	2,3 b	0,0132	0,0114
	Suavidad	7,7 a	8,1 ab	9,0 cd	8,2 ab	8,2 ab	9,2 d	7,8 a	8,5 bc	9,0 cd	0,0280	< 0,0001
	Aspereza residual	1,4 b	0,9 ab	0,8 ab	2,6 c	0,8 ab	0,8 ab	1,4 b	0,9 ab	0,7 a	0,0015	< 0,0001

Anexo 25: Genero de encuestados y consumidores fumadores.

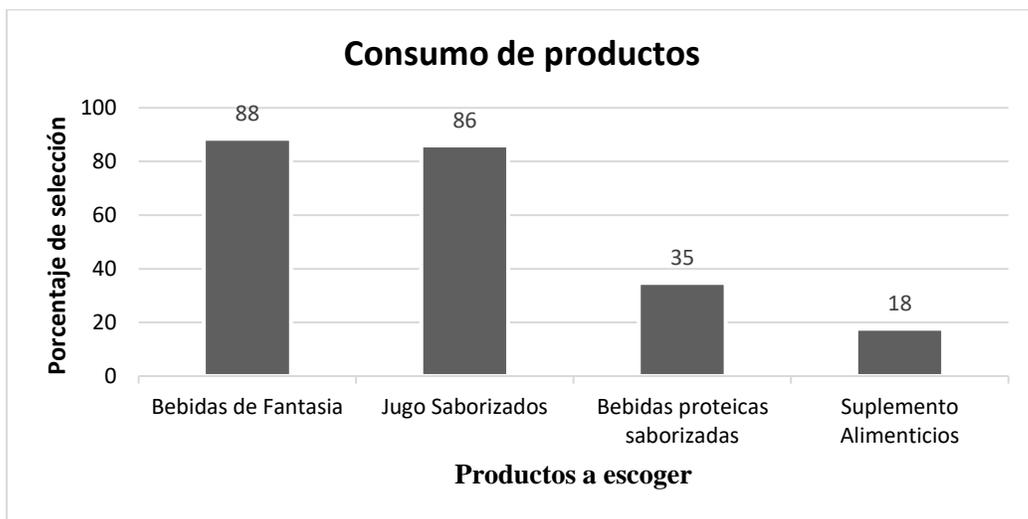
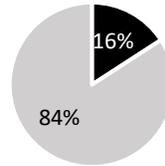
¿Cuál es su genero?

■ Femenino ■ Masculino



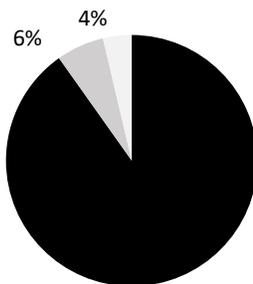
¿Usted fuma?

■ Si fuma ■ No fuma



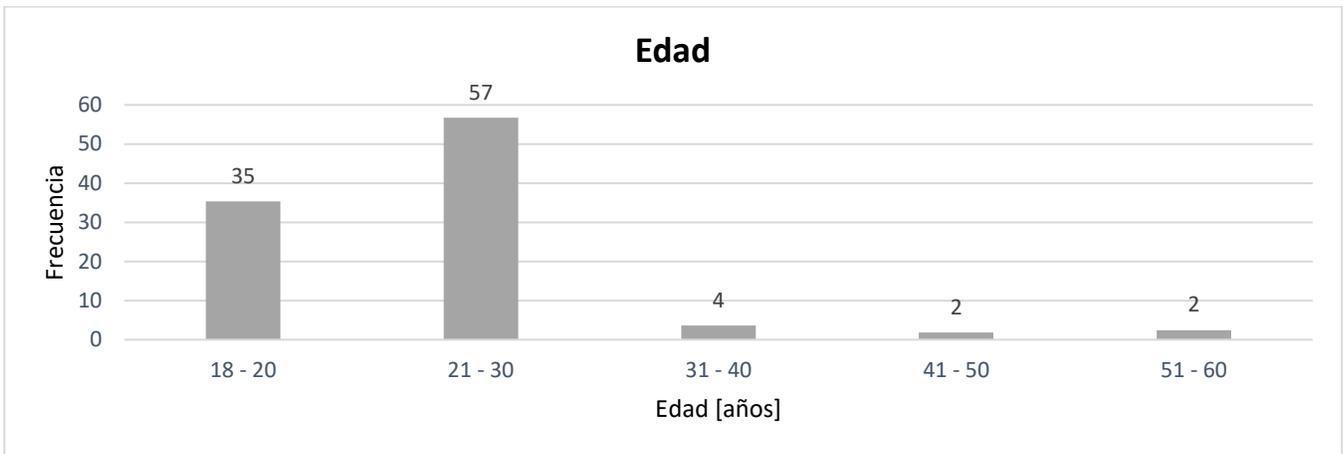
Anexo 26: Alergias o intolerancia alimenticias de encuestados.

¿Presenta usted alguna restricción alimentaria por alergia o intolerancia alimenticia? Si su respuesta es SÍ, por favor especificar.



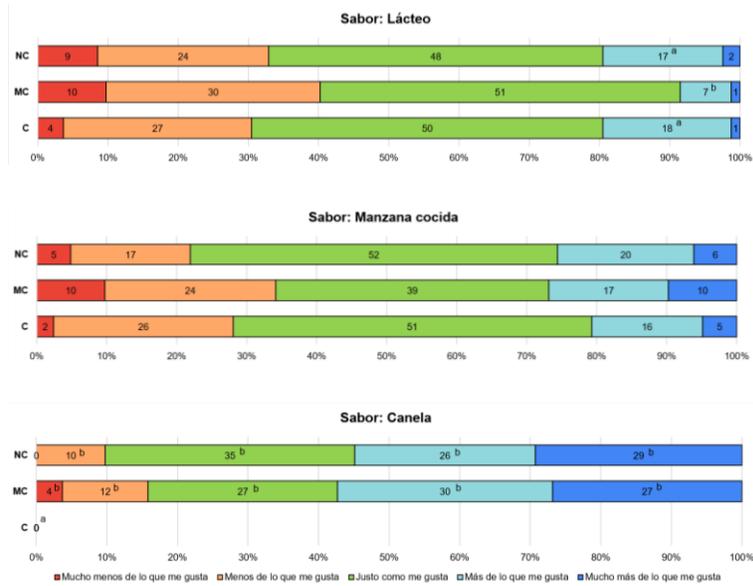
■ No
 ■ Intolerancia a la lactosa
 ■ Otros

Anexo 27: Edad de consumidores.



Anexo 28: Gráficos de Justo agrado para grupo C.





Anexo 29: Gráficos de Justo agrado para grupo V.

