

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE CIENCIA ANIMAL

**PROGRAMA DOCENTE DE INGENIERÍA EN CIENCIA Y
TECNOLOGÍA DE ALIEMENTOS**



**DESARROLLO DE UN YOGURT A BASE DE LECHE DE SOYA
CON MICROENCAPSULADO DE COMPUESTOS BIOACTIVOS DE
SUBPRODUCTOS DE BETABEL**

Por:

ANDREA AQUETZALLI RUIZ RUIZ

TESIS

Presentada como Requisito Parcial para obtener el título de:
INGENIERO EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS

Saltillo, Coahuila, México

Diciembre, 2022

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE CIENCIA ANIMAL

PROGRAMA DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS

**DESARROLLO DE UN YOGURT A BASE DE LECHE DE SOYA
CON MICROENCAPSULADO DE COMPUESTOS BIOACTIVOS DE
SUBPRODUCTOS DE BETABEL**

Por:

ANDREA AQUETZALLI RUIZ RUIZ

TESIS

Presentada como Requisito Parcial para Obtener el Título de
INGENIERO EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS

La cual fue revisada y aprobada por:



Dra. Xochitl Ruelas Chacón

Director



Dr. Neymar Camposeco Montero

Codirector

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE CIENCIA ANIMAL
PROGRAMA DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS

DESARROLLO DE UN YOGURT A BASE DE LECHE DE SOYA CON
MICROENCAPSULADO DE COMPUESTOS BIOACTIVOS DE
SUBPRODUCTOS DE BETABEL

Por:

ANDREA AQUETZALLI RUIZ RUIZ


TESIS

Presentada como Requisito Parcial para Obtener el Título de

INGENIERO EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS

La cual fue revisada y aprobada por:

COMITÉ ASESOR



Dra. Xochitl Ruelas Chacón

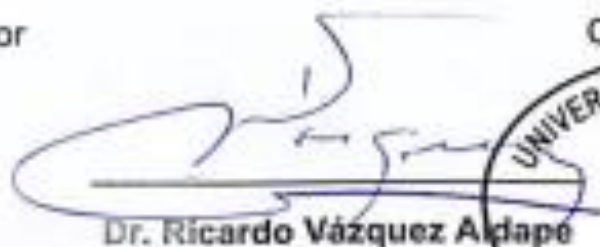
Asesor principal



Dr. Neymar Camposeco Montejo
Coasesor



Q.F.B. María del Carmen Julia García
Coasesor



Dr. Ricardo Vázquez Aldape

Coordinador Interino de la División de Ciencias Exactas y Naturales



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE CIENCIA ANIMAL

PROGRAMA DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS

**DESARROLLO DE UN YOGURT A BASE DE LECHE DE SOYA CON
MICROENCAPSULADO DE COMPUESTOS BIOACTIVOS DE
SUBPRODUCTOS DE BETABEL**

Por:

ANDREA AQUETZALLI RUIZ RUIZ

TESIS

Presentada como Requisito Parcial para Obtener el Título de

INGENIERO EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS

JURADO EXAMINADOR



Dra. Xochitl Ruelas Chacón

Presidente



Q.F.B. María del Carmen Julia García

Vocal



Dr. Neymar Camposeco Montejo

Vocal



M.C. Oscar Noé Reboloso Padilla

Vocal

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a **Dios** por darme la oportunidad de poder realizar este sueño, de ponerme los medios para que se pudiera cumplir y por nunca dejarme sola cuando más lo necesite.

A mis padres **Isaac Ruiz Ramírez y Paula Ruiz Velasco** que siempre estuvieron conmigo a pesar de la distancia, por brindarme su apoyo, sus valores, sus conocimientos y por siempre tener las palabras adecuadas en los momentos exactos de mi vida.

A mis **tíos** por brindarme la confianza de poder cumplir este sueño y por su apoyo incondicional.

A mi alma mater, la **Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro** por abrirme sus puertas para poder cumplir este sueño. Por formarme, enseñarme y darme todos sus conocimientos.

A mi tutora y asesora, **Dra. Xochitl Ruelas Chacón** por tenerme la paciencia y dedicación por compartir sus conocimientos durante mi estancia en esta institución y por su gran apoyo para poder realizar este proyecto de investigación.

Al **M.C Oscar Noé Reboloso Padilla** por apoyarme y asesorarme durante mi formación académica en esta universidad.

A la **Q.F.B. Carmen Julia García** por apoyarme y asesorarme durante mi formación académica en esta universidad.

Al **Dr. Neymar Camposeco Montejo** por su valioso apoyo y sugerencias para que mi trabajo de investigación fuera posible.

Al **Q.F.B. Luis Carlos Olvera Ríos** por compartir sus conocimientos y apoyarme en la realización de esta tesis.

A las familias **Covarrubias Cárdenas y Cárdenas Soto** por aceptarme en su familia y por brindarme su apoyo incondicional.

A mis amigas **Michelle Santiago, Jennifer Guajardo y Jazmín Ramírez** por brindarme su apoyo, su amistad, su tiempo, pero sobre todo por estar ahí apoyándome en los momentos importante de mi vida.

DEDICATORIA

El presente trabajo va dedicado a mi abuela Brígida Velasco Ruiz que me vio empezar este sueño y que lamentablemente no lo podrá ver concluir y a mi abuelo Renato Ruiz Bórquez por darme su apoyo siempre.

A mis padres que me apoyan siempre y me brindan su amor y sus consejos cuando lo necesito

A mi hermana Paola de Jesús Ruiz Ruiz que siempre creyó en mí y por brindarme su apoyo a pesar de la distancia

En la memoria de mis abuelos Nazaria Ramírez Carmona y Miguel Ruiz García que siempre los tengo presente y aunque no pudieron estar conmigo en esta aventura sé que siempre estuvieron acompañándome y cuidándome.

INDICE GENERAL

AGRADECIMIENTOS	4
DEDICATORIA	7
INDICE DE FIGURAS	11
INDICE DE CUADROS	13
RESUMEN	14
CAPITULO I. INTRODUCCION	16
1.1 Justificación	17
1.2 Hipótesis	18
1.3 Objetivos	18
CAPITULO II. REVISION DE LA LITERATURA	19
2.1 Desperdicios alimenticios	19
2.1.1 Perdida de alimentos	19
2.1.2 Recuperación de compuestos bioactivos en los desperdicios alimenticios	20
2.2 Betabel	21
2.2.1 Componentes bioactivos presentes en el Betabel	23
2.3 Extractos Vegetales	24
2.3.1 Clasificación de los extractos vegetales	25
2.3.2 Métodos extractivos	26
2.3.3 Extracto de betabel	29
2.3.4 Efecto antioxidante del betabel	30
2.4 Microencapsulación	31
2.4.1 Síntesis de microcápsulas de alginato	32
2.5 Leche	32
2.5.1 Propiedades nutricionales	33
2.5.2 Tipos de leche	35
2.5.3 Productos lácteos	37
2.6 Yogurt de soya	40
2.6.1 Valor nutricional	40
2.6.2 otros ingredientes	41
2.7 Evaluación sensorial	41

2.7.1 Clasificación de la evaluación sensorial	42
2.7.2 tipos de jueces	42
CAPITULO III. MATERIALES Y METODOS	44
3.1 Materiales y equipos utilizados	45
3.1.1 Equipos.....	45
3.1.2 Reactivos	46
3.1.3 Materiales para la evaluación sensorial.....	46
3.2 Recuperación de componentes funcionales de subproductos del betabel	46
3.3 Microcápsulas	47
3.3.1 Preparación del cloruro de calcio	47
3.3.2 Preparación del alginato de sodio con extracto de betabel.....	48
3.3.3 Preparación del alginato de sodio.....	48
3.3.4 Elaboración de las microcápsulas naturales y con extracto de subproducto de betabel	48
3.4 Leche de soya	49
3.5 Yogurt de soya	49
3.6 Mermelada	49
3.7 Preparación de los tratamientos de yogurt de soya y fresa	49
3.8 Análisis bromatológico	50
3.8.2 Cenizas totales.....	51
3.8.3 Proteína	51
3.8.4 Grasa.....	53
3.8.5 Fibra cruda	54
3.8.6 Carbohidratos	55
3.9 Polifenoles	55
3.10 Flavonoides	55
3.11 Capacidad antioxidante.....	56
3.12 Cuantificación de minerales.....	56
3.13 Análisis sensorial.....	56
CAPITULO IV. RESULTADOS Y DISCUSION	58
4.1 Análisis bromatológico	61
4.1.1 Materia seca y porcentaje de humedad	61

4.1.3 Proteína	64
4.1.4 Grasa.....	64
4.1.5 Fibra	65
4.1.6 Materia orgánica	66
4.1.7 Carbohidratos (Extracto libre de nitrógeno)	67
4.2 Polifenoles	68
4.3 Flavonoides	71
4.4 Capacidad antioxidante.....	72
4.6 Evaluación sensorial	76
4.6.1 Apariencia global	76
4.6.2 Color	77
4.6.3 Olor	78
4.6.4 Consistencia	79
4.6.5 Sabor.....	80
4.6.6 Aceptación global	81
CAPITULO V. CONCLUSIONES	82
CAPITULO VI. BIBLIOGRAFIA	83
ANEXO	92

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Remolacha (Betabel).....	22
Figura 2. Extractos vegetales	25
Figura 3. Métodos de Extracción	27
Figura 4. Capacidad antioxidante determinada por DPPH (% de inhibición) en 10 bebidas papilares de frutas y verduras	31
Figura 5. Microencapsulación.....	31
Figura 6. Leche.....	33
Figura 7. Tipos de quesos	38
Figura 8. Mantequilla	39
Figura 9. Crema comestible	39
Figura 10. ¿Cuánto tiempo dura el yogurt?	40
Figura 11. Análisis de alimentos.....	42
Figura 12. Microcápsulas naturales.....	48
Figura 13. Microcápsulas con extracto se subproducto de betabel	48
Figura 14. Digestión, etapa para la determinación de proteína	52
Figura 15. Destilación, etapas para la determinación de proteína.....	52
Figura 16. Titulación, etapas para la determinación de proteína	53
Figura 17. Difractómetro de rayos X.....	56
Figura 18. Muestras codificadas.....	57
Figura 19. Panelista evaluando	57
Figura 20. Cantidad de polifenoles en los diferentes métodos de extracción de subproducto de betabel.....	58
Figura 21. Cantidad de antocianinas en los diferentes métodos de extracción de subproducto de betabel	59
Figura 22. Cantidad de flavonoides en los diferentes métodos de extracción de subproducto de betabel	60
Figura 23. Capacidad antioxidante en los diferentes métodos de extracción de subproducto de betabel	60
Figura 24. Comportamiento del parámetro materia seca total.....	61
Figura 25. Comportamiento del parámetro porcentaje de humedad	62
Figura 26. Comportamiento del parámetro cenizas.....	63

Figura 27. Comportamiento del parámetro de proteína	64
Figura 28. Comportamiento del parámetro de grasa	65
Figura 29. Comportamiento del parámetro de fibra	66
Figura 30. Comportamiento del parámetro de materia orgánica	67
Figura 31. Comportamiento del parámetro de extracto libre de nitrógeno.....	68
Figura 32. Cantidad de polifenoles en microcápsulas	69
Figura 33. Cantidad de polifenoles en yogurt de soya.....	70
Figura 34. Cantidad de flavonoides en microcápsulas	71
Figura 35. Cantidad de flavonoide en yogurt de soya	71
Figura 36. Capacidad antioxidante de microcápsulas	72
Figura 37. Capacidad antioxidante de yogurt de soya.....	73
Figura 38. Medias del contenido de calcio en los tres tratamientos de yogurt de soya.....	74
Figura 39. Medias del contenido de hierro en los tres tratamientos de yogurt de soya.....	74
Figura 40. Medias del contenido de magnesio en los tres tratamientos de yogurt de soya.....	75
Figura 41. Medias del contenido de zinc en los tres tratamientos de yogurt de soya.....	75
Figura 42. Comparaciones de medias con las diferentes muestras de yogurt de soya sabor fresa en cuanto a la aparaciencia global.....	76
Figura 43. Comparaciones de medias con las diferentes muestras de yogurt de soya sabor fresa en cuanto al color.....	77
Figura 44. Comparaciones de medias con las diferentes muestras de yogurt de soya sabor fresa en cuanto al olor	78
Figura 45. Comparaciones de medias con las diferentes muestras de yogurt de soya sabor fresa en cuanto a la consistencia.....	79
Figura 46. Comparaciones de medias con las diferentes muestras de yogurt de soya sabor fresa en cuanto al sabor	80
Figura 47. Comparaciones de medias con las diferentes muestras de yogurt de soya sabor fresa en cuanto a la aceptación global.....	81

INDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Composición general de la leche en diferentes especies (por cada 100gr).....	33
Cuadro 2. Composición en aminoácidos esenciales de las proteínas de la leche y la proteína del huevo de gallina	34
Cuadro 3. Concentraciones minerales y vitaminas en la leche	34
Cuadro 4. Contenido nutricional de la leche de soya	35
Cuadro 5. Perfil de nutrientes de la leche de almendra en comparación con la leche de vaca sin grasa, baja en grasa y entera	36
Cuadro 6. Perfil de nutrientes de la leche de coco sin azúcar en comparación con la leche de vaca sin grasa, baja en grasa y entera	37
Cuadro 7. Características de las bebidas de soya estudiadas	41
Cuadro 8. Clasificación de las pruebas sensoriales	42
Cuadro 9. Identificación de los tratamientos analizados.....	44
Cuadro 10. Proporción en porcentaje de los ingredientes de cada tratamiento....	50

RESUMEN

Hoy en día el mundo está adaptando una nueva tendencia que es regresar a la alimentación de nuestros antepasados. La alimentación orgánica, consta de consumir alimentos lo más naturalmente posible, de esta tendencia surgen diferentes tipos de alimentos como los superfoods, que son alimentos mínimamente procesados pero que tiene un gran aporte nutricional para el ser humano. Otro tipo son los alimentos funcionales que son todos aquellos que se les ha modificados, cambiado, adicionado o extraído algún componente con la finalidad de que sea de beneficio para la salud del ser humano y a su vez reducir el riesgo de contraer enfermedades.

El yogurt de soya es un alimento rico en proteína y en grasas, calificado como un alimento funcional, ya que aporta gran cantidad de antioxidantes para el ser humano, actualmente no hay muchas marcas que elaboren y comercialicen este tipo de yogurt, pero si hay gran variedad de mercado que lo consuma como serían los veganos, vegetarianos e intolerantes a la lactosa entre muchos otros.

En el presente proyecto se trabajó en la elaboración de un yogurt a base de leche de soya. Con el objetivo de brindar la mayor cantidad de nutrientes y beneficios a la salud del ser humano por este motivo se utilizó la técnica de microencapsulación a base de productos bioactivos de subproducto de betabel. Esta técnica hará que el producto tenga más aporte nutricional que un yogurt de soya convencional. Para comprobar se desarrollaron 3 formulaciones: el primer tratamiento es el control que es el yogurt de soya, el segundo tratamiento es el yogurt de soya con microcápsulas sin extracto de betabel y el tercer tratamiento es el yogurt de soya con microcápsulas con extracto de betabel. En la primera etapa se evaluó el método de extracción y se estandarizó la técnica de microencapsulación. En la segunda etapa se desarrollaron los tres tratamientos de yogurt con microencapsulado. En la tercera etapa se realizaron los análisis bromatológicos, de viscosidad, de contenido de flavonoides, polifenoles, cuantificación de la actividad antioxidante y la evaluación sensorial de cada tratamiento.

El análisis de resultados de llevo a cabo con un diseño completamente al azar con tres formulaciones y tres repeticiones.

Los resultados del análisis bromatológico señalan que el yogurt de soya con microcápsulas con extracto de betabel tiene poca cantidad de grasa, altas cantidades de fibra, y no presento diferencia significativa a una $p > 0.05$ de contenido de proteína, cenizas y humedad, sin embargo, si hubo diferencia significativa en el porcentaje de carbohidratos y materia seca comparado con los otros dos tratamientos. Cabe mencionar que el tratamiento control presento el menor porcentaje de los parámetros de materia seca, ceniza, fibra, materia orgánica y carbohidratos.

El yogur de soya con microcápsulas con extracto de betabel (tratamiento 3) mostro un alto contenido de flavonoides y polifenoles comparado con los otros dos tratamientos. Si presento diferencia significativa a una $p > 0.05$ en cuanto a la capacidad antioxidante. La capacidad antioxidante se mantuvo estable durante los 6 días de evaluación a 0.6 mmol ET/100g.

Para la evaluación sensorial se hizo una prueba de grado de satisfacción o hedónica donde los atributos evaluados fueron: apariencia global, color, olor, consistencia en la boca, sabor, y aceptación global. La muestra de mayor agrado para los panelistas es el tratamiento de yogurt de soya con microcápsulas con el extracto de betabel (YMcB).

Palabras claves: yogurt de soya, yogurt funcional, subproductos de betabel, análisis sensorial de yogurt

Correo electrónico: **tesista** Andrea Aquetzalli Ruíz Ruíz
andi_quechi@hotmail.com **asesora principal** Dra. Xochitl Ruelas Chacón
xruelas@yahoo.com,

CAPITULO I. INTRODUCCION

Debido a la gran demanda de productos que tienen, las industrias se han visto en la necesidad de aumentar su producción cada año y por consecuencia sus residuos van creciendo cada día. La industria alimentaria es una de las que más impacto ha tenido en el mundo, esto trae como consecuencia grandes cantidades de desechos algunos afectan seriamente al medio ambiente y otros podemos convertirlos en subproductos.

Los subproductos son sustancia o compuestos, resultantes de un proceso de producción, cuya finalidad primaria no sea la producción del mismo, y no son considerados como residuo (desechos) para ser eliminados. Los subproductos deben ser seguros para que se puedan utilizar directamente en la elaboración de alimentos sin tener que someterse a una transformación distinta a la práctica industrial habitual (Conesa, 2018).

Se han elaborado nuevos productos alimenticios funcionales mediante la fortificación o adición de nutrientes y bioactivos deseables que incluyen vitaminas, minerales, antioxidantes, ácidos grasos, omega-3, extracto de plantas, prebióticos y probióticos, enriquecimiento de fibra, muchos de los cuales se derivan de plantas y/o subproductos de los frutos o vegetales (Nwanna & Eguavoen, 2019).

El betabel es un vegetal cuya importancia radica en que es objeto de la presente investigación. Pertenece a la familia de las amarantáceas, posee un sabor muy dulce que se aprovecha para la obtención de azúcar y su pulpa para colorantes, puede consumirse cruda o cocida, en jugos, licuados, ensalada y postres etc. Principalmente se consume la pulpa, desechando la cascara, pero se puede dar uso a la cascara para obtener infusiones, exfoliantes, y extractos (Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural, 2018).

Dentro de las leguminosas importantes podemos mencionar a la soya, considerada como un alimento altamente utilizado por aquellos que llevan una dieta vegetariana. Es una fuente nada despreciable de vitaminas, pero sobre todo

proteínas, lo cual les ayuda a no depender de productos como la carne, o los productos de origen animal, para mantener la salud. Una de sus cualidades principales es que debido a su sabor neutro puede combinarse fácilmente con muchos ingredientes que impregnan su sabor en ella haciendo una excelente fusión de texturas sabores y olores. La soya contiene un excelente porcentaje en proteína, vitaminas, fibra y mil beneficios más. Además, es muy versátil y se puede preparar en muchas modalidades muy diferentes tales como: ceviche, tortitas, tinga, chorizo, yogurt, leche, etc. (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera, 2020).

1.1 Justificación

Los nuevos estilos de vida, las nuevas tendencias, la falta de información y la información falsa, entre otros, hace que el ser humano adquiera diferentes enfermedades.

En los últimos años se han realizados diferentes investigaciones y estudios, como resultados se ha dicho que México es uno de los principales países con altos índice de sobrepeso y obesidad, al igual se reportan altos índices de diabetes y cáncer, y esto es consecuencia de tener una mala alimentación.

En la presente investigación se desarrolló un yogurt no convencional dado que fue elaborado con “leche de soya”, pero de gran aporte nutricional, adicionado componentes funcionales y antioxidantes, utilizando la microencapsulación como medio de transporte y protección de dichos componentes.

El yogurt a base de leche de soya es de los productos que actualmente no se conoce ni se comercializa mucho, por lo que no hay gran variedad de marcas en el mercado. La finalidad de la investigación fue desarrollar un yogurt enriquecido en antioxidantes y compuestos funcionales con aporte nutricional que sea de gran beneficio para la salud del ser humano.

Dada la situación actual se planteó la siguiente hipótesis:

1.2 Hipótesis

Los componentes funcionales recuperados de subproductos de betabel y microencapsulado influyen positivamente en las propiedades de calidad en el yogurt funcional a base de leche de soya beneficiando el valor nutricional del mismo.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo general

Estudiar las propiedades físico, nutrimentales, funcionales, sensoriales y capacidad antioxidante del yogurt de soya con microencapsulado de compuestos bioactivos de subproductos de betabel.

1.3.2 Objetivos específicos

1. Obtener extractos de los subproductos de betabel (corteza externa y punta del betabel) mediante la técnica de calentamiento & agitación, y de ultrasonido.
2. Establecer las formulaciones de las microcápsulas (control) y las microcápsulas con extractos de compuestos bioactivos.
3. Evaluar las propiedades de los microencapsulado (estabilidad, color, tiempo de retención, polifenoles, antocianinas, flavonoides y capacidad antioxidante).
4. Analizar las propiedades físico, nutrimentales, funcionales, sensoriales, y capacidad antioxidante del yogurt de soya con y sin microencapsulado.

CAPITULO II. REVISION DE LA LITERATURA

2.1 Desperdicios alimenticios

El desperdicio de alimentos se refiere a la disminución en la cantidad o calidad de los alimentos como resultado de las decisiones y acciones de los minoristas, proveedores de servicios alimentarios y consumidores (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, 2019).

Cuando desperdiciamos alimentos desperdiciamos el trabajo, el esfuerzo, la inversión y los preciosos recursos (como agua, semillas, pienso, etc.) empleados en su producción, de los recursos empleados en su transporte y elaboración. Resumiendo, el desperdicio alimenticio aumenta las emisiones de gases de efecto invernadero y contribuye al cambio climático (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, 2020).

Aproximadamente un tercio de todos los alimentos producidos a nivel mundial se pierden o se desperdician. A escala mundial se pierden o se desperdician a diario toneladas de alimentos comestibles. Solo entre la cosecha y el nivel minorista se pierden cerca del 14% del total de alimentos producidos en todo el mundo. De acuerdo con el estudio presentado por el Banco Mundial, la pérdida de alimentos en México alcanza unos 20 millones de toneladas anuales que en el mercado generarían ingresos superiores a 400 mil millones de pesos esto según la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (2018).

2.1.1 Pérdida de alimentos

La pérdida de alimentos es la merma que existe en cualquier parte de la cadena suministro, ya sea en la etapa de producción, postcosecha, almacenamiento o procesamiento de los alimentos, antes de llegar a su fase de producto final, es decir, la parte de alimentos que se pierde desde la cosecha hasta el nivel minorista. La parte que se desperdicia en el nivel minorista o del consumidor se denomina desperdicio de alimentos. Se hace esta distinción para abordar las últimas causas del problema, a cuya solución pueden contribuir agentes de todo tipo, desde

agricultores, productores hasta clientes y propietarios de tiendas (ODEPA, 2019; Organización de la Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, 2020).

2.1.2 Recuperación de compuestos bioactivos en los desperdicios alimenticios

Los compuestos bioactivos o fitoquímicos se encuentran en frutas (uvas, mango, granada, cítricos), vegetales (repollo, papa, cebolla, pimientos), cereales (cebada, arroz, lino) y hierbas (té verde, romero, orégano), y comprenden una serie de compuestos fenólicos (flavonoles, antocianinas, catequinas), polisacáridos (azúcares, almidón, hemicelulosas, celulosa), y otros como los alcaloides, aceites esenciales, entre otros.

Dentro de los residuos que se han aprovechado podemos mencionar:

- **2.1.2.1 Residuos de mora (*Rubus fruticosus* L.)**

En la industria alimentaria, las moras se usan para producir suplementos dietéticos, zumos, yogures, helados, jaleas y otros dulces, considerando que es una fruta con fuentes importantes de compuestos fenólicos, como ácidos fenólicos, taninos, elagitaninos, flavonoides y antocianinas. Se realizó un estudio sobre la extracción de compuestos bioactivos de los residuos de la mora con diferentes solventes para saber con qué tipo se pueden obtener la mayor cantidad de compuestos bioactivos (Arciniegas, 2020).

- **2.1.2.2 Residuos de cascara de maracuyá**

La cascara de maracuyá, corresponde a casi el 90% del peso del fruto, que se descarta como residuo durante el procesamiento para la producción del zumo de esta fruta. El maracuyá es un fruto que pertenece al género *Passiflora*, los cuales son ricos en compuestos bioactivos con funciones antioxidantes, antimicrobianos y antivirales. También contienen pectinas, un tipo de carbohidratos que se usa en la industria alimentaria como agente gelificantes, espesante y estabilizante para elaborar mermeladas, jaleas y confituras. En una de las investigaciones sobre la recuperación de compuestos bioactivos de la cascara de maracuyá, se analizó el efecto de la

adición de etanol en la extracción líquida a presión con agua (Arciniegas, 2020).

- **2.1.2.3 Orujo de uva (*Vitis vinífera* L. CV. *Syrah*)**

El orujo de uvas es el principal residuo sólido de las industrias vinícolas, corresponde al 50 % de la masa total de la uva, rico en compuestos bioactivos, especialmente de antocianinas. Es el resultado del proceso de fermentación de la uva, contiene semillas y piel como componentes principales. Actualmente se utiliza como fertilizante, alimento para animales y como sustrato para la extracción de ácidos tartáricos.

El proceso de PLE secuencial permite recuperar antocianinas y compuestos fenólicos con altos rendimientos utilizando condiciones de extracción adecuadas para cada grupo de compuestos (Arciniegas, 2020).

- **2.1.3.4 Salvado de trigo**

El salvado de trigo es un subproducto de la molienda del grano de trigo que se acumula en grandes cantidades durante la producción de harina de trigo blanco. El ácido ferúlico es el compuesto fenólico más abundante en el salvado de trigo, tiene aplicaciones comerciales en alimentos (agente conservante, propiedades formadoras de gel, precursor del sabor), salud (antioxidante, antimicrobiano, antiinflamatorio) y cosmético (Arciniegas, 2020).

2.2 Betabel

Se cree que el origen del betabel se remonta a la edad de piedra en el norte de África, y que creció de manera silvestre a lo largo de las costas de Asia y Europa. También conocido como remolacha, el betabel (*Beta vulgaris* L.) es un tubérculo comestible de color púrpura intenso y que tiene forma de bulbo; prefiere los climas fríos para su desarrollo y en México puede cosecharse durante todo el año, es una planta de la familia de las amarantáceas, su variedad roja hace que sea un alimento especialmente rico en vitamina C, flavonoides y antioxidantes (Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural, 2016; Gómez & Duque, 2018)

El betabel pertenece a la familia *Chenopodiaceae* y su nombre botánico es *beta vulgaris L.* (Fig. 1). Es una planta bienal; florece y produce semillas en el segundo año, excepto bajo condiciones especiales, es rico en fibra (2.9%), como en azúcares (6.6%), con un valor calórico moderado 42.6 cal/100g de producto fresco. Posee contenido de vitamina A (1%), calcio (2%), vitamina C (11%) y hierro (6%) (Castro, 2014).



Figura 1. Remolacha (Betabel). Fuente: Leyva, 2019

Se consume la raíz engrosada y las hojas con menos frecuencia. La remolacha es un alimento de moderado contenido calórico, ya que detrás del agua, los hidratos de carbono son el componente más abundante, lo que hace que esta sea una de las hortalizas más rica en azúcares. Es una hortaliza de uso versátil que aporta amplios beneficios a la salud por lo cual se ha utilizado como terapias en diversas enfermedades, debido a su alto contenido en vitaminas, minerales, fibra y antioxidantes. Una de las propiedades medicinales que se destaca es ser un potente anticancerígeno, virtud que deriva de su riqueza en flavonoides, principalmente por el pigmento rojo betalaína. En sus hojas abunda la beta – caroteno y minerales como el hierro y el calcio (Sistema Nacional de Vigilancia y Monitoreo de Plagas, 2010; Gómez et al., 2022).

El betabel se cultiva principalmente en Europa, algunas partes de Asia y Estados Unidos. En el año 2020 se registró en México una producción de alrededor de 23 mil toneladas de betabel, cuyo mayor productor fue el estado de Puebla. Es

importante mencionar que este producto se exporta principalmente a Estados Unidos (Castro, 2014; Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural, 2016).

Es una planta bianual que para florecer requiere vernalización, tiene sistemas de raíces profundo y ramificado, donde la raíz principal puede llegar a medir de 1.8 a 2.0 m y lateralmente 60 cm, la altura del tallo floral puede alcanzar de 1.9 a 1.20 m, la temperatura de germinación es de 10 a 30°C, siendo la óptima entre 20 y 25°C, la temperatura para el desarrollo es de 16 a 21°C. esta hortaliza tolera bien las heladas, a temperaturas mayores de 25°C se forman anillos concéntricos de color blanco en el tallo bulboso y baja el contenido de azúcares. El betabel es sensible a suelos ácidos, se desarrolla mejor en suelos neutros y alcalinos, prefiriendo un pH de 6.5 a 7.4, es totalmente tolerante a la salinidad; en cuanto a textura, se desarrolla mejor en suelos ligeros (arenosos), ya que en suelos arcillosos se deforman los bulbos (Flores & Barragán, 2016; Castro, 2014).

2.2.1 Componentes bioactivos presentes en el Betabel

Los componentes bioactivos de los alimentos son los que influyen en la actividad celular y en los mecanismos fisiológicos y con efectos beneficiosos para la salud (Martínez & Carbajal, 2012). Estos se encuentran generalmente en pequeñas cantidades en productos de origen vegetal y en alimentos ricos en lípidos. El betabel es una hortaliza rica en componentes bioactivos tales como polifenoles, antocianinas y sales de nitrato.

- **Polifenoles**

En la naturaleza existe una amplia variedad de compuestos que presentan una estructura molecular caracterizada por la presencia de uno o varios anillos fenólicos, se originan principalmente en las plantas, estos compuestos se denominan polifenoles (Quiñones et al., 2012).

Los polifenoles contenidos en los alimentos son uno de los principales antioxidantes consumidos por el ser humano, posee un efecto vaso-dilatador y vaso – protector, anti – trombóticos, antiinflamatorios, anti – apoptóticos, efecto cardio – protector, anti – lipémicos y antiaterogénico.

La betarraga (*Beta vulgaris L.*) es una rica fuente de polifenoles, sus valores fluctúan entre 218,00 mg.kg-1 y 887,75 mg.kg-1 según la variedad botánica (Fuentes, 2018).

- **Flavonoides**

Flavo proviene del latín *flavus* y significa de color entre amarillo y rojo, como la miel o el oro. Son los grupos aromáticos o pigmentos heterocíclicos que contienen oxígeno y están ampliamente distribuidos en las plantas, constituyendo la mayoría de los colores amarillos, rojo y azul de las plantas y frutas. Su estructura común consiste en dos anillos aromáticos enlazados a través de 3 carbonos que a su vez se encuentran formando un compuesto heterocíclico oxigenado. Se dividen en antocianinas y antoxantinas (Bautista, 2019).

- **Antocianinas**

Las antocianinas, también están clasificadas dentro de los compuestos bioactivos, estas corresponden a pigmentos vegetales hidrosolubles, los cuales se encuentran en una gran variedad de frutas y verduras con un amplio esquema de colores que van desde el rojo brillante hasta el púrpura y azul oscuro (Fuentes, 2018). Son pigmentos rojos, naranjas, azules y púrpuras presentes en las plantas cuya estructura fenólica les confiere la capacidad de donar o transferir átomos de hidrógeno (Bautista, 2019). El contenido total de antocianinas en el betabel es variable, este fluctúa entre $14,48 \pm 0,40$ mg.kg-1 a $84,50 \pm 4,71$ mg.kg-1 según variedad botánica (Fuentes, 2018).

2.3 Extractos Vegetales

Los extractos son preparados concentrados de consistencia sólida, líquida o intermedia, derivados generalmente de materia vegetal desecada, se obtiene al evaporar parcial o totalmente el disolvente en los líquidos extractivos de origen vegetal (Fig. 2). Los extractos son preparaciones líquidas o en polvo obtenidas por

la retirada de los principios activos de los vegetales. La extracción puede realizarse a partir de plantas frescas, secas, semisecas o fermentadas, consiste en separar las sustancias y se obtiene dos componentes: el extracto y el residuo también conocido como bagazo (Carrión & García, 2010; Josivan et al., 2008; Dimefar, 2021).

Los extractos vegetales son compuestos producidos de la obtención de sustancias biológicamente activas presentes en los tejidos de plantas, por el uso de un solvente (alcohol, agua, mezcla de estos u otros solventes selectivo) y un proceso de extracción adecuado (Santamaria et al., 2015).



Figura 2. Extractos vegetales. Fuente: Herbolario casa Pía, 2018

2.3.1 Clasificación de los extractos vegetales

Los extractos según su consistencia y concentración de principio activo se clasifican en:

- **Extractos fluidos**

También conocidos como extractos líquidos, son preparaciones de drogas vegetales que contienen alcohol como disolvente o como preservante, o ambos (Amaguaña & Churuchumbi, 2018). La extracción con líquidos se basa en el empleo de disolventes a elevadas presiones y temperaturas, de manera que estos se mantienen en estado líquido durante todo el proceso (Rodríguez, 2015).

- **Extractos secos**

Son aquellos que tiene una consistencia seca y son fácilmente pulverizable, se obtienen por evaporación del disolvente y desecación del residuo (Carrión & García, 2010), tiene una consistencia de polvo. El extracto seco presenta una concentración superior de principios activos que la planta original (García, 2020)

- **Extractos blandos**

Tienen una riqueza superior a la droga de partida, se obtiene evaporando el disolvente hasta obtener un producto de textura semisólida (Amaguaña & Churuchumbi, 2018).

- **Crioextractos**

Se obtiene por molturación de la droga vegetal correctamente desecada, sometida a condiciones de congelación (-196°C), mediante inyección de nitrógeno líquido, de forma que los principios activos no se ven alterados por la acción del calor desprendido en un proceso de molturación y que dependiendo de la droga vegetal puede llegar hasta 70°C (Carrión & García, 2010). Son muy útiles para la obtención de proteína y enzimas de cierta especie (Amaguaña & Churuchumbi, 2018).

2.3.2 Métodos extractivos

Los extractos vegetales se pueden obtener por procesos físicos, químicos y microbiológicos, a partir de una fuente vegetal.

En la figura 3 se muestran métodos de extracción de fuentes vegetales como ejemplo de los diferentes procesos.



Figura 3. Métodos de Extracción. Fuente: López, 2021.

- **2.3.2.1 Fluidos supercríticos (FSC)**

Es una sustancia, mezcla o elemento que, mediante operaciones mecánicas, bajo unas buenas condiciones operativas de presión y temperatura, se sitúa por encima de su punto crítico, pero por debajo de la presión que hace falta para condensarlo en un sólido (Palomino, 2001).

Un fluido supercrítico es cualquier sustancia a una temperatura y presión por encima de su punto crítico termodinámico. Tiene la propiedad de difundirse a través de los sólidos como un gas, y de disolver los materiales como un líquido. Adicionalmente, puede cambiar rápidamente la densidad con pequeños cambios en la temperatura o presión. Estas propiedades lo hacen conveniente como un sustituto de los solventes orgánicos en los procesos de extracción. Los fluidos supercríticos tienen la capacidad de extraer ciertos compuestos químicos con el uso determinado de solventes específicos bajo la combinación de temperatura y presión (Velasco et al., 2007).

Entre las aplicaciones industriales actuales se pueden mencionar la determinación de compuestos mediante cromatografía de FSC, mejora de parámetros de calidad, conservación de productos, diseño de partículas (recristalización, micronización de principios activos, encapsulación, etc.), producción de biodiesel y extracción siendo a última una de las más utilizadas en la industria de los alimentos (Domínguez & Parzanese, 2019)

- **2.3.2.2 Extracción con membranas**

Tecnología usada para la clarificación, separación de componentes, concentración, desalación y purificación de muestras líquidas. El proceso requiere energía, es necesario ejercer presión o aplicar un potencial eléctrico para mantener un gradiente de concentración en ambos lados de la membrana (López, 2011).

- **2.3.2.3 Extracción con pulsos eléctricos de alto voltaje (PEF)**

Los campos del pulso eléctrico es actualmente una de las tecnologías de procesamiento de alimentos no térmicos más populares, es un método alternativo de pretratamiento de matrices alimentarias, con gran potencial de inactivación microbiana, extensión de vida útil y propiedades nutricionales, sensoriales y compuestos asociados al sabor. La tecnología de campos de pulso eléctrico usa pulso de alto voltaje de corta duración, los cuales varían entre mil y microsegundos y que pueden ir, generalmente, de 1 a 80 kV/cm, pero estos pueden variar dependiendo del equipo que se tenga y la metodología a realizar (Vivanco et al., 2021).

- **2.3.2.4 Extracción con ultrasonido**

La extracción por ultrasonido permite recuperar sustancias bioactivas de los residuos agroindustriales, además es una técnica rápida, limpia y amigable con el medio ambiente (Rojas et al., 2019).

La extracción asistida por ultrasonido utiliza sonidos de alta frecuencia, con el fin de desprender el compuesto buscado del material vegetal. Las partículas sólidas y líquidas vibran y se aceleran ante la acción ultrasónica como el resultado el soluto para rápidamente de la fase sólida al solvente. Esta técnica es la más económica y tiene los requerimientos instrumentales más bajos entre las últimas técnicas de extracción desarrolladas. La extracción por ultrasonido no ha sido muy explorada por lo que usar diferentes solventes para la extracción podrían dar una composición distinta de compuestos en los extractos, ya que la solubilidad de cada compuesto fenólico en un disolvente dado es diferente y como consecuencia la bioactividad de un extracto puede ser afectada (Azuola & Vargas, 2007; Corona et al., 2016).

Algunas de las ventajas de la extracción por ultrasonidos es que puede ser realizada a presión atmosféricas y a temperatura ambiente, lo que permite la extracción compuestos termolábiles, usa pequeños volúmenes de solventes orgánicos (1-15 mL), versatilidad y seguridad en el uso del solvente, es económico y tiene un funcionamiento sencillo. Una desventaja es que la

eficiencia de la extracción depende de la matriz de la planta por lo que se necesita una investigación previa (Barrera, 2015).

- **2.3.2.5 Extracción por microondas**

La extracción de productos naturales a partir de material vegetal utilizando las microondas como fuente de energética se logra a partir de una tecnología muy particular. Esta tecnología consiste en que el calentamiento producido por la absorción de la radiación eleva la temperatura en el interior del material vegetal, aumentando así la presión interna de las células en un corto periodo de tiempo se expanden las paredes celulares y se origina la excreción de los metabolitos (Romeu et al., 2000).

Las microondas por su naturaleza son radiaciones electromagnéticas no ionizantes, con una frecuencia entre los 0.3 y 300 GHz, su principal efecto cuando interactúa con un material receptivo es de naturaleza térmica. Durante la extracción por microondas sucede una alineación de moléculas dipolares de la mezcla solvente-muestra debido a la exposición al componente eléctrico de las microondas, lo que produce migración de iones y rotación de moléculas con momentos dipolares generando consecuentemente energía en forma de calor (Salomón et al., 2013; Rodríguez & Heredia, 2014).

2.3.3 Extracto de betabel

El extracto de betabel contiene un alto nivel biológico accesible de antioxidantes. Sin embargo, su consumo no es tan popular como el de otros vegetales como el jitomate, la zanahoria, la manzana o el mango, tal vez por los problemas de percepción de sabor y textura, además de que genera coloración en la orina (Castro, 2014).

El extracto de betabel se ha empleado exitosamente como colorante en productos tales como: caramelos duros, malvaviscos, postres de gelatina, yogures y helados, productos cárnicos, aderezos para ensaladas, mezcla de pastel y mermeladas (Flores, 2020)

2.3.4 Efecto antioxidante del betabel

El residuo de betabel ha llamado la atención entre la comunidad científica por su composición nutrimental principalmente por sus antioxidantes. Estos componentes son importantes en la dieta de las personas, ya que estos disminuyen el daño celular generado por los radicales libres que se generan normalmente en el metabolismo y durante el estrés oxidativo de enfermedades transmitibles. Sin embargo, este residuo no es consumido ni comercializado (Hernández et al., 2019).

Los pigmentos más abundantes en el betabel son las betalainas, que son químicamente definidas como derivados del ácido betalámico. La capacidad antioxidante del jugo de betabel está fuertemente relacionada con la cantidad de pigmentos rojos y amarillos, que conforman a las betalainas, así como el alto contenido de compuestos fenólicos totales. Las betalainas por naturaleza son inestables en presencia de la luz, altas temperaturas, pH alcalinos, actividad enzimática y presencia de oxígeno o metales. El betabel contiene aproximadamente 2.62 mg/g de betalainas (Castro, 2014; Flores, 2022; Gómez et al., 2022)

En algunos estudios se ha comparado la capacidad antioxidante del jugo de betabel con otros jugos de frutas y verduras, mediante la utilización de diferentes técnicas como DPPD y FRAP (Fig.4). Se encontró que el jugo de betabel presenta capacidad antioxidante comparable o más alta que otras frutas o vegetales conocidos por su efecto antioxidante. Únicamente el jugo de granada mostró una mayor capacidad antioxidante por la técnica FRAP (Morales, 2018).

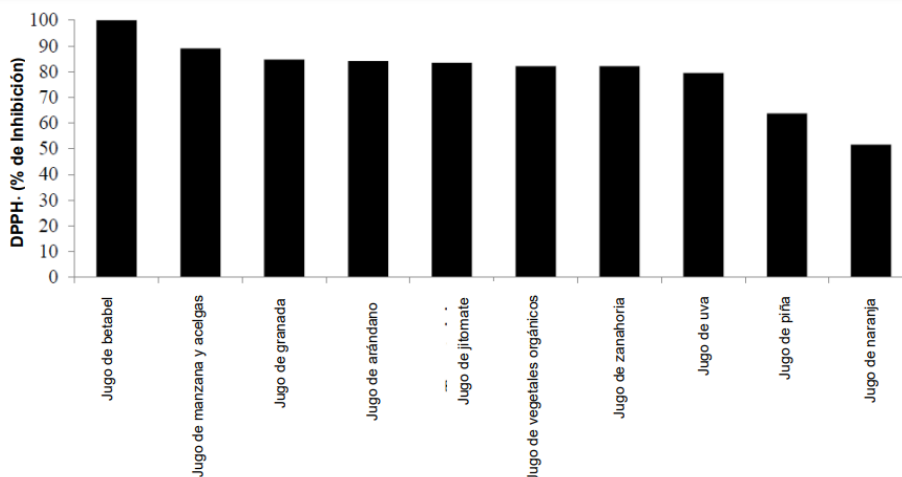


Figura 4. Capacidad antioxidante determinada por DPPH (% de inhibición) en 10 bebidas populares de frutas y verduras (Morales, 2018)

2.4 Microencapsulación

La microencapsulación protege diferentes compuestos bioactivos de factores ambientales, aumentando su vida media (Espinosa et al., 2019).

Las microcápsulas con excelentes medios para introducir compuestos bioactivos en alimentos o bebidas para desarrollar nuevos alimentos funcionales. Existen diferentes técnicas para producir microcápsulas, como métodos físicos, que incluyen liofilización, secado por aspersion, evaporación de solventes y precipitación con fluidos supercríticos. Los métodos fisicoquímicos incluyen gelificación iónica interna y externa, coaceveración compleja y liposomas. Además, la microencapsulación puede llevarse a cabo por métodos químicos, como por polimerización interfacial (Carine & Ragagnin, 2021).

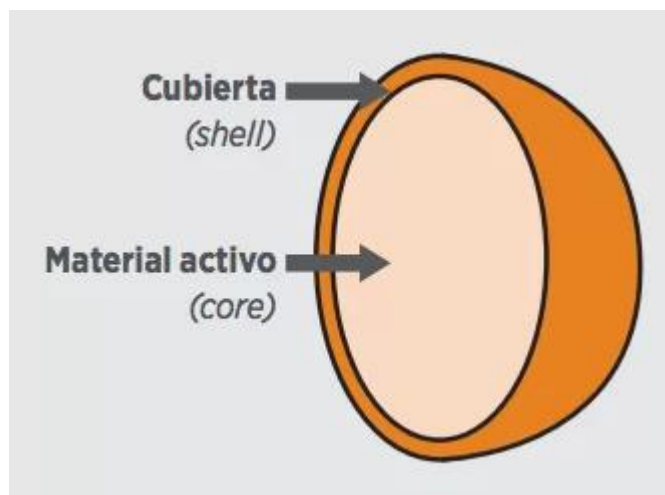


Figura 5. Microencapsulación. Fuente: avicultura.info, 2019

La microencapsulación puede definirse como un proceso de envoltura de una sustancia dentro de otra, en una escala muy pequeña (Fig.5), obteniendo capsulas desde menos de $1\mu\text{m}$ a varios cientos de ellos. Las microcápsulas pueden ser esféricas, con una pared continua envolviendo el material encapsulado o presentar

una gran diversidad de formas, simétricas o no, con multitud de gotitas del material incrustado en el material de soporte; además, pueden ser encapsulados materiales en los tres estados: sólido, líquido y gaseoso (Instituto Tecnológico del Calzado y Conexa, 2022).

2.4.1 Síntesis de microcápsulas de alginato

El proceso utilizado para fabricar las partículas de alginato implica dos pasos básicos: la dispersión en gotitas del alginato en una solución que contiene iones de calcio, y la gelificación para solidificar estas gotitas. Básicamente, existen tres métodos de dispersión tales como:

- **Líquido – aire:** implica generalmente la dispersión de una solución de alginato en gotitas de líquidos en la fase de aire usando un sistema de boquilla.
- **Líquido – líquido:** este método se conoce también como métodos de emulsificación y se usa generalmente para producir partículas de alginato entre 1 y 1000µm, dependiendo de factores como la concentración de alginato, las condiciones del gelificante y la formulación de agente tensioactivo.
- **Auto ensamblado:** la clave es la formación de partículas coloidales de alginato a través de procesos químicos antes de permitir que estos bloques se auto ensamblen en nanopartículas de alginato (Instituto Tecnológico del Calzado y Conexa, 2022).

2.5 Leche

En su acepción más general, la leche es un alimento primordial segregado por las glándulas mamarias de los mamíferos con la finalidad de nutrir las crías en su primera fase de vida (Fig.6).

Las leches utilizadas en la alimentación desde tiempos ancestrales son las leches de oveja, cabra y vaca; siendo la de burra, yegua, reno y camello las menos relevantes (Dirección General de Promoción Agraria, 2005).



Figura 6. Leche. Fuente: abc.es, 2019

2.5.1 Propiedades nutricionales

La leche es una compleja mezcla de distintas sustancias, presentes en suspensión o emulsión y otras en forma de solución y presentan sustancias definidas: agua, grasa, proteína, lactosa, vitaminas, minerales (Agudelo & Bedoya, 2005).

En el cuadro 1 se muestran las composiciones nutricionales de la leche de diferentes fuentes

Cuadro 1. Composición general de la leche en diferentes especies (por cada 100g.)

Nutrientes (gr.)	Vaca	Búfala	Mujer
Agua	88	84	87.5
Energía (Kcal)	61	97	7.0
Proteína	3.2	3.7	1.0
Grasa	3.4	6.9	4.4
Lactosa	4.7	5.2	6.9
Minerales	0.72	0.79	0.20

Fuente: Agudelo & Bedoya, 2005.

La composición de la leche de vaca es cercana al 90% de agua (Fernández et al., 2015). Desde el punto de vista del valor nutritivo, las proteínas de la leche son de excelentes calidades, contenido todos los aminoácidos esenciales para la vida humana; compiten con la calidad de las proteínas de la carne y solo son superadas ligeramente por las proteínas del huevo que se constituido en el patrón de la FAO (Cuadro 2) (Dirección General de Promoción Agraria, 2005).

Cuadro 2. Composición en aminoácidos esenciales de las proteínas de la leche y la proteína del huevo de gallina.

(mg/g de proteína)				
Aminoácido esencial	Proteína de la leche entera (1)	Proteína del suero (2)	Caseína	Proteína del huevo (3)
Isoleucina	112	117	119	129
Leucina	199	234	179	172
Lisina	168	191	160	125
Fenilalanina	104	82	98	114
Tirosina	106	62	123	81
Metionina	51	35	55	61
Cistina	9	23	6	46
Treonina	89	103	96	99
Triptófano	42	57	33	31
Valían	123	98	140	141
(1) Leche de vaca Holstein				
(2) Patrón de la Secretaría de Agricultura de los EEUU				
(3) Patrón de la FAO				

Fuente: Dirección General de Promoción Agraria, 2005.

La leche es un alimento con muchas propiedades nutricionales y una fuente excelente para la mayoría de los minerales requeridos para el crecimiento (Infocarne, 2006).

Algunas vitaminas y minerales presentes en la leche son: calcio, potasio, fosforo, magnesio y vitamina A, tal como se muestra en el cuadro 3.

Cuadro 3. Concentraciones minerales y vitaminas en la leche (mg/100 ml)

Minerales	Mg/100 mL	Vitaminas	Ug/100 mL¹
Potasio	138	Vit. A	30.0
Calcio	125	Vit. D	0.06
Cloro	103	Vit. E	88.0
Fosforo	96	Vit. K	17.0
Sodio	58	Vit. B1	37.0
Azufre	30	Vit. B2	180.0
Magnesio	12	Vit. B6	46.0
Minerales trazas	<0.1	Vit. B12	0.42
		Vit. C	1.7
1 ug = 0.001 gramo			
2 incluye cobalto, cobre, hierro, manganeso, molibdeno, zinc, selenio, yodo y otros			

Fuente: Infocarne, 2006.

2.5.2 Tipos de leche

- **2.5.2.1 Leche de soya**

La leche de soya, es el alimento líquido blanquecino que se obtiene de la emulsión acuosa resultante de la hidratación de granos de soya entero, seleccionado y limpio, seguido de un procesamiento tecnológico adecuado. Su fórmula puede contener azúcar, colorantes, saborizantes y conservantes (Chavarría, 2010).

En el cuadro 4 se muestra el contenido nutricional de la leche de soya.

Cuadro 4. Contenido nutricional de la leche de soya

Nutrimento	Contenido (%)
Proteína	3.6
Lípidos	2.0
Carbohidratos	2.9
Calorías	44

Fuente: Chavarría, 2010

- **2.5.2.2 Leche de almendra**

La leche de almendra, una alternativa a la leche de origen vegetal, se produce a partir de almendras y agua. La leche de almendras tiene su origen en la región mediterránea y se consume desde hace muchos años (Torna et al., 2020). En el cuadro 5 se muestra un comparativo que la leche se almendra con otros tipos de leche.

Cuadro 5. Perfil de nutrientes de la leche de almendras en comparación con la leche de vaca sin grasa, baja en grasa y entera (Torna et al., 2020)

	Leche de almendras sin azúcar (1taza)	Leche descremada (1 taza)	Leche semidescremada (1taza)	Leche entera (1taza)
Energía (calorías)	30	83	102	150
Proteína (g)	1	8	8	8
Grasa total (g)	2.5	0	2.4	8
Grasa saturada (g)	0	0.1	1.5	4.5
Carbohidratos (g)	1	12	12	12
Fibra (g)	<1	0	0	0
Azúcares totales (g)	0	12	12	12
Vitamina A (mcg)	150	149	142	112
Vitamina B12 (mcg)	NR	1	1	1
Vitamina D (mcg)	2.5	3	3	3
Calcio	450	298	305	276
Sodio	125	102	107	105
Potasio	170	381	366	322
NR No reportado; Fuente: Silk (n.d). USDA (n.d.)				

Fuente: Torna et al., 2020)

- **2.5.2.3 Leche de coco**

La leche de coco es una de las muchas variedades de alternativas vegetales a la leche de vaca. Las razones que pueden llevar a los consumidores hacia alternativas a la leche no láctea incluyen la adherencia a una dieta vegana, la intolerancia a la lactosa, la alergia a la leche de vaca o simplemente preferencia. La bebida de leche de coco contiene agua y crema de coco, una forma concentrada de leche de coco (Andreo et al., 2020).

En el cuadro 6 se muestra un perfil de nutrientes de la leche de coco comparándola con diferentes tipos de leche de vaca.

Cuadro 6. Perfil de nutrientes de la leche de coco sin azúcar en comparación con la leche de vaca sin grasa, baja en grasa y entera

	Leche de coco sin azúcar (1taza)	Leche descremada (1 taza)	Leche semidescremada (1taza)	Leche entera (1taza)
Energía (calorías)	40	83	102	150
Proteína (g)	0	8	8	8
Grasa total (g)	4	0	2.4	8
Grasa saturada (g)	3	0.1	1.5	4.5
Carbohidratos (g)	1	12	12	12
Fibra (g)	0	0	0	0
Azúcares totales (g)	0	12	12	12
Vitamina A (mcg)	180	149	142	112
Vitamina B12 (mcg)	0.9	1	1	1
Vitamina D (mcg)	2	3	3	3
Calcio	460	298	305	276
Sodio	45	102	107	105
Potasio	310	381	366	322
NR No reportado; Fuente: Silk (n.d). USDA (n.d.)				

Fuente: Andreo et al., 2020.

2.5.3 Productos lácteos

Los productos lácteos se obtienen a partir de la leche y están presentes en la mayor parte de la civilizaciones y cultura (Bonet et al., 2020).

Estos productos pueden ser elaborados a partir de leche entera, parcialmente descremada, descremada y con grasa vegetal, por lo que en algunos casos se emplean aditivos emulsificantes, estabilizantes o espesantes para restituir o añadir consistencia, manteniendo las cualidades organolépticas y nutricionales del producto (Estrada, 2011).

- **2.5.3.1 Queso**

El queso es una de las formas más antiguas que se conoce para conservar la leche (Fig. 7). Es sabroso y variado, y con una gran tradición en todas las culturas (Bonet et al., 2020).

Es un producto que resulta de coagular la leche y de separar la mayor parte del suero. Existen infinidad de variedades de queso según la leche de origen, el contenido en agua y los microorganismos característicos involucrados en

su maduración, el tratamiento térmico y el porcentaje de grasa (Bello et al., 2004).



Figura 7. Tipos de quesos. Fuente: Rodríguez, 2019.

- **2.5.3.2 Mantequillas**

Desde un punto de vista físico – químico, la mantequilla (Fig.8) está constituida esencialmente por la grasa de la leche en forma de una emulsión del tipo agua en aceite. Su proceso de fabricación se basa precisamente en invertir la emulsión original de la leche y la nata, productos en los que los glóbulos grasos están dispersos en el suero. La composición media de una mantequilla salada es: 80% de materia grasa, 16.5% de agua, 2.3% de sal y 1.2% de suero que contiene proteínas y minerales (Pineda, 2014).



Figura 8. Mantequilla. Fuente: Mortagua, 2020.

- **2.5.3.3 Crema**

La crema (Fig. 9) es el producto en el que se ha reunido una fracción determinada de grasa y sólidos no grasos de la leche, ya sea por reposo, por centrifugado o reconstitución, sometida a pasteurización o cualquier otro tratamiento térmico que asegure su inocuidad. Existen diferentes denominaciones que dependen principalmente del contenido de grasa butírica: crema extra grasa (min. 35%), crema (30%), media crema (min. 20%) y crema ligera (min. 14%) (Estrada, 2011).



Figura 9. Cremas comestibles. Fuente: El Universal, 2019.

- **2.5.3.4 Yogurt**

El yogurt se define como el producto de leche coagulada obtenida por la fermentación láctica producida por la acción de las bacterias *Lactobacillus bulgaricus* y *Streptococcus thermophilus* (Fig.10). Para poder utilizar el término yogurt, los microorganismos productores de la fermentación láctica deben ser viables y estar presentes en el producto terminado en una cantidad mínima de 1×10^7 colonias por gramo o mililitro (Babio et al., 2017).



Figura 10. Yogurt natural. Fuente: Recetasis, 2022

2.6 Yogurt de soya

El yogurt de soya es un producto innovador en el mercado, surge como una alternativa en respuesta a satisfacer un sector concreto y limitado de consumidores, principalmente las personas que adoptan una dieta vegana o bien los que presentan una intolerancia a la lactosa, por lo que pueden consumir yogurt a base de lactosa (Guasti & Sandoval, 2020).

El yogurt de leche de soya se elabora fermentando leche de soya con bacterias principalmente *Lactobacillus bulgaricus* y *Streptococcus thermophilus*, que se encuentran en cultivos de yogurt liofilizado, las cuales convierten las azúcares, rafinosa y estaquiosa, en ácido láctico ocasionando la formación del sabor característico del yogurt.

Dentro de los pasos principales de elaboración de este producto se encuentran: preparación de la leche de soya, formulación, pasteurización, homogenización, inoculación, incubación y refrigeración (Lehr, 2009).

2.6.1 Valor nutricional

De acuerdo con la investigación realizada por la revista colombiana de biotecnología, donde se analizó el valor nutricional de un yogurt de soya, en base a los sólidos solubles se obtuvieron los siguientes resultados (Cuadro 7):

Cuadro 7. Características de las bebidas de soya estudiadas

Bebidas Sólidos solubles (°Brix)	Características				
	% Humedad	% Sólidos totales	% Proteína	% Grasa	Densidad (g/cm ³)
8.0	91.21	8.79	2.84	1.65	1.0219
7.5	91.90	8.10	2.78	1.7	1.0204
7.0	92.18	7.81	2.74	1.7	1.0180
6.5	92.90	7.10	2.63	1.7	1.0166
6.0	93.20	6.80	2.46	1.8	1.0156
5.5	93.72	6.28	2.20	1.8	1.0139
5.0	94.21	5.79	1.86	1.9	1.0117

Fuente: Quicazan et al., 2020.

Según la USDA el yogurt de soya natural por cada 100g de producto contiene: agua 84.7g, proteína 2.64g, lípidos totales 1.76g, ceniza 1,24g, carbohidratos 9.69g, fibra 0.4g, calcio 132 miligramos, sodio 13 miligramos, vitamina C 13.2 miligramos, vitamina D 53 IU y energía 66 Kcal (Departamento de Agricultura de los Estados Unidos, 2019).

Para el yogur de soya con fresa por cada 100g de producto contiene: agua 77g, proteína 2.35g, lípidos totales 1.18g, ceniza 1.24g, carbohidratos 18.2g, fibra 0.6g, calcio 176 miligramos, hierro 0.64 miligramos, sodio 15 miligramos, vitamina C 17.6 miligramos y energía 94 Kcal (USDA, 2019).

2.6.2 Otros ingredientes

Los yogures veganos tienen un halo de salud, pero aún pueden contener gomas, estabilizadores, edulcorantes de alta intensidad y colorantes artificiales. Los ingredientes de los yogures a base de plantas varían ampliamente y pueden incluir fosfato tricalcico, agar dextrosa, goma de algarrobo, almidón de maíz, dióxido de titanio y maltodextrina (Webb, 2018).

2.7 Evaluación sensorial

La evaluación sensorial es 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, olfato, gusto, tacto y oído (Fig. 11).

El análisis sensorial o evaluación sensorial es el análisis de los alimentos u otros materiales a través de los sentidos (Carretero, 2014).



Figura 11. Análisis de alimentos. Fuente: Curso teórico – práctico en la evaluación sensorial de alimentos, 2020.

2.7.1 Clasificación de la evaluación sensorial

Existen tres tipos de pruebas sensoriales tal como se muestra en el cuadro 8, las cuales se aplican de acuerdo al objetivo o aspecto que queremos evaluar en el alimento o preparación (Liria, 2007).

Cuadro 8. Clasificación de las pruebas sensoriales

Clasificación	Objetivo	Preguntas de interés	Tipo de prueba	Características de panelista
Discriminatoria	Determinar si dos productos son percibidos de manera diferente por el consumidor	¿Existen diferencias entre los productos?	Analítica	Reclutados por agudeza sensorial, orientados al método usado, algunas veces entrenados
Descriptiva	Determinar la naturaleza de las diferencias sensoriales	¿En que tipos de características específicas difieren los productos?	Analítica	Reclutados por agudeza sensorial y motivación, entrenados o altamente entrenados
Afectiva	Determinar la aceptabilidad de consumo de un producto	¿Qué productos gustan más y cuáles son los preferidos?	Hedónica	Reclutados por uso del producto, no entrenados

Fuente: Liria, 2007.

2.7.2 tipos de jueces

Los jueces son los instrumentos de medición de las propiedades sensoriales de los alimentos. Se llama juez al individuo que para evaluar un producto se vale de la capacidad perceptiva de uno o varios de sus sentidos.

Existen cuatro tipos de jueces:

- Juez experto

Es el que tienen gran experiencia en probar un determinado alimento, posee una gran sensibilidad para percibir las diferencias entre muestras y para distinguir y evaluar entre características de alimentos. Su habilidad, experiencia y criterio son tales que en las pruebas que efectúan solo es necesario contar su respuesta.

- Juez entrenado

Un juez entrenado es una persona que posee bastante habilidad de alguna propiedad sensorial o algún sabor o textura en particular, que ha recibido cierta enseñanza teórica y práctica acerca de la evaluación sensorial y que sabe que es exactamente lo que se desea medir en una prueba.

- Juez semientrenado

Son personas que han recibido un entrenamiento teórico similar al de los jueces entrenados, que realizan pruebas sensoriales con frecuencia y poseen cierta habilidad pero que generalmente solo participan en pruebas discriminativas sencillas.

- Juez consumidor

Son personas tomadas al azar, que emplean solamente para pruebas afectivas o de preferencia, es importante conseguir jueces que sean consumidores habituales del producto a probar, o en el caso de productos completamente nuevos que sean los consumidores potenciales de dicho alimento. Las pruebas con jueces consumidores generalmente se llevan a cabo en lugares tales como tiendas, escuelas o en la calle (Solís, 2008).

CAPITULO III. MATERIALES Y METODOS

La fase experimental de esta investigación se llevó a cabo en el laboratorio 1 del Departamento de Ciencia y Tecnología de Alimentos, en la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, ubicada en Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.

Se elaboraron tres muestras de yogurt de soya (cuadro 1). A las tres muestras de les realizaron análisis para determinar flavonoides, polifenoles y capacidad antioxidantes.

Cuadro 9. Identificación de los tratamientos analizados.

Tratamientos	Identificación
Yogur de soya con mermelada de fresa	Y
Yogur de soya con mermelada y microcápsulas naturales	YMc
Yogur de soya con mermelada de fresa y microcápsulas con extracto de betabel	YMcB

En análisis bromatológico se realizó en el Departamento de Ciencias Básicas. Los parámetros analizados fueron porcentaje de materia seca, porcentaje de humedad, porcentaje de cenizas, proteínas, grasa, fibra, materia orgánica y extracto libre de nitrógeno.

El análisis de minerales se realizó en la Universidad Autónoma de Coahuila en la Facultad de Ciencias Químicas

También se llevó a cabo la evaluación sensorial, donde se aplicó una prueba de nivel de satisfacción o hedónica y los parámetros sensoriales a evaluar fueron: apariencia global, color, olor, consistencia en la boca, sabor y aceptación global.

El diseño experimental para los análisis físicos, funcionales y bromatológicos fue completamente al azar con tres repeticiones por tratamiento. Los datos que se analizaron con el programa estadístico Infostat versión 2018, realizando el análisis de varianza de cada una de las variables en estudio a una $p > 0.05$, en caso que llegara a existir una diferencia significativa se realizara un estudio por medias de Tukey.

Y el diseño experimental para la evaluación sensorial fue un diseño por bloques completamente al azar teniendo como variables de estudio los atributos de apariencia global, color, olor, consistencia en la boca, sabor y aceptación global. Los datos se analizaron con el programa estadístico Infostat versión 2018, aplicando una prueba de Kruskal-Wallis a una $p > 0.05$.

3.1 Materiales y equipos utilizados

3.1.1 Equipos

A continuación, se muestra la lista de equipos utilizados en las diferentes etapas de elaboración del yogurt.

- Balanza electrónica BAPRE – 3
- Balanza electrónica I – 2000
- Balanza analítica HR – 250A
- Parrilla de agitación MS – 300HS
- Extractor
- Micropipetas JOANLAB
- Ultrasonido
- Espectrofotómetro GENESYS 5
- Estufa de sacado NOVATECH
- Baño de calentamiento WJ-HH2-2305
- Bomba
- Licuadora
- Material de vidrio de uso común en el laboratorio

3.1.2 Reactivos

- ❖ Ácido cítrico JALMEK
- ❖ Alginato de sodio SAFC
- ❖ Cloruro de calcio JALMEK
- ❖ Ácido sulfúrico JALMEK
- ❖ Ácido bórico JALMEK
- ❖ Hidróxido de sodio JALMEK
- ❖ Mezcla reactiva de selenio JALMEK
- ❖ Zinc JALMEK
- ❖ Fenolftaleína
- ❖ Indicador mixto
- ❖ Agua destilada
- ❖ Hexano FERMONT
- ❖ Perlas de vidrio

3.1.3 Materiales para la evaluación sensorial

- ❖ Vasos pequeños de plástico con tapa
- ❖ Platos de unicel
- ❖ Cucharas pequeñas
- ❖ Servilletas
- ❖ Vasos de unicel
- ❖ Popote
- ❖ Bolígrafo
- ❖ Formato de evaluación
- ❖ Mesas

3.2 Recuperación de componentes funcionales de subproductos del betabel

Para la recuperación de los componentes funcionales de subproductos de betabel se evaluaron 4 métodos:

1. Método de agitación, temperatura y agua destilada. Se emplearon 10 g de los subproductos de betabel limpios y desinfectados en un reactor enchaquetado, al cual se le añadió 100 mL de agua destilada. Se realizó la extracción durante 20 minutos a 3,000 rpm y una temperatura de 50 °C.
2. Método de agitación, temperatura y etanol: ácido cítrico. Se emplearon 10 g de los subproductos de betabel limpios y desinfectados en un reactor enchaquetado, al cual se le añadió 50 mL de etanol al 50% y 50 mL de ácido cítrico al 1.5%. Se realizó la extracción durante 20 minutos a 3,000 rpm y una temperatura de 50 °C.
3. Método de ultrasonido con etanol: agua. Se emplearon 10 g de los subproductos de betabel limpios y desinfectados en un reactor enchaquetado, al cual se le añadió 50 mL de etanol al 50% y 50 mL de agua destilada. Se realizó la extracción durante 20 minutos a una temperatura de 50 °C.
4. Método de ultrasonido con agua destilada: ácido cítrico. Se emplearon 10 g de los subproductos de betabel limpios y desinfectados en un reactor enchaquetado, al cual se le añadió 50 mL de ácido cítrico al 1.5 % y 50 mL de agua destilada. Se realizó la extracción durante 20 minutos a una temperatura de 50 °C.

Una vez obtenido los extractos recuperados por cada método se cuantificaron polifenoles por el método de Folin-Ciocalteu, flavonoides por la técnica ácido clorhídrico-terbutanol, antocianinas y capacidad antioxidante por ABTS. Todo se analizó por triplicado para cada tratamiento. El resto del extracto se colocaron durante 24 horas en refrigeración y protegidos de la luz.

3.3 Microcápsulas

Se elaboraron dos tipos de microcápsulas: microcápsulas naturales y microcápsulas con extracto de subproducto de betabel.

3.3.1 Preparación del cloruro de calcio

Se preparó una solución de cloruro de calcio al 30% en agua destilada.

3.3.2 Preparación del alginato de sodio con extracto de betabel

Se preparo una solución de alginato de sodio al 1.5% en agua destilada.

3.3.3 Preparación del alginato de sodio

La solución de alginato de sodio se preparó al 1.5% con agua destilada: extracto de subproductos de betabel en una proporción de 50:50, v/v.

3.3.4 Elaboración de las microcápsulas naturales y con extracto de subproducto de betabel

Colocar en una caja Petri 5ml de cloruro de calcio, llenar una jeringa de 5ml con alginato de sodio con extracto de betabel, gotear detenidamente sobre el cloruro de calcio de tal manera que se formen pequeñas bolitas, dejarlas reposar por 2 minutos y filtrar.



Figura 12. Microcápsulas naturales



Figura 13. Microcápsulas con extracto de subproducto de betabel

3.4 Leche de soya

Pesar 250 g de soya y lavarla, después colocarla en un recipiente grande y agregar 1L de agua y tapar, se deja reposar durante 24 horas, pero se debe cambiar el agua cada 7 horas.

Una vez pasado el tiempo de remojo tirar esa agua y lavar la soya.

Poner a calentar 1, 250 L de agua a 80°C, después se molera la soya con el agua caliente esto evitar que queden olores desagradables en la soya, colocar en un colador grande con un paño limpio y se pone sobre un bol y se filtra la soya previamente molida, una vez que se haya filtrado toda la soya colocarla en una olla y calentar hasta su ebullición; durante la ebullición se va a crear una gran cantidad de espuma cremosa, esto se tiene que retirar. Se deja cocer durante 10 minutos desde el momento en que comience a hacer ebullición, dejamos enfriar a temperatura ambiente y una vez enfriado se guarda en refrigeración.

3.5 Yogurt de soya

Calentar 1L de leche de soya a 50°C y agregar 75 mL de yogurt natural sin azúcar y enfriar a temperatura ambiente, después colocar el baño maría el yogurt durante 24 horas para que se lleve a cabo la fermentación.

3.6 Mermelada

Picar 426 g de fresas lavadas y desinfectadas en pequeños trozos, y se mezclaron con la misma cantidad de azúcar en una olla onda de acero inoxidable. Se calentó a 104 °C hasta que tenga una consistencia viscosa y pegajosa, enfriar a temperatura ambiente y guardar bajo refrigeración.

3.7 Preparación de los tratamientos de yogurt de soya y fresa

Se Elaboraron tres tratamientos de yogurt (Cuadro 1), siendo uno el control (Y) y los otros dos los tratamientos en estudio.

Cuadro 10. Proporción en porcentaje de los ingredientes de cada tratamiento

Tratamiento	Ingredientes, %
Y	<ul style="list-style-type: none"> • 23.08 de mermelada • 76.92 de yogurt de soya
YMc	<ul style="list-style-type: none"> • 22.81 de mermelada • 76.05 de yogurt de soya • 1.14 de microcápsulas naturales
YMcB	<ul style="list-style-type: none"> • 22.82 de mermelada • 76.05 de yogurt de soya • 1.14 de microcápsulas con extracto de subproductos de betabel

3.8 Análisis bromatológico

El análisis bromatológico del yogurt de soya en sus diferentes tratamientos, se realizó por la metodología de la AOAC del año 1984, donde se realizaron tres repeticiones de cada tratamiento.

3.8.1 Materia seca total y Porcentaje de humedad

Colocar los crisoles en la estufa de secado a una temperatura entre 80°C a 110°C, durante 24 horas. Retirar los crisoles de la estufa y colocarlos en un desecador por 10 minutos para obtener el peso constante. Después de pasar los 10 minutos pesar y registrar los pesos uno por uno de los crisoles.

Agregar aproximadamente 1 mL de muestra a los crisoles, colocarlos en la estufa de secado a una temperatura entre 95°C a 100°C durante 12 horas. Sacar los crisoles de la estufa de secado y colocarlos en un desecador de 10 a 15 minutos, pesar el crisol y registrar el peso de cada uno. Los cálculos correspondientes se hicieron con la siguiente fórmula.

$$Materia\ seca\ total = \frac{\text{peso del crisol con muestra seca} - \text{peso del crisol}}{\text{peso de la muestra humeda}} * 100$$

$$\% \text{ de humedad} = 100 - \text{materia seca total}$$

3.8.2 Cenizas totales

Colocar los crisoles en una mufla a 600°C durante 1 hora, con mucho cuidado sacar los crisoles de la mufla y colocarlos en el desecador y dejar enfriar por una hora para obtener el peso constante, pesar los crisoles uno por uno y registrar su valor.

Agregar 1gr de muestra seca y calcinar la muestra hasta que deje de salir humo, introducir a la mufla los crisoles a una temperatura de 600°C durante 3 horas, retirar con cuidado los crisoles de la mufla y colocarlos en el desecador por 1 hora, pesar los crisoles uno por uno y registrar su valor. Para obtener el valor de cenizas se utilizó la siguiente formula:

$$\% \text{ de Ceniza} = \frac{\text{peso del crisol con ceniza} - \text{peso del crisol solo}}{\text{gramos de muestra}} * 100$$

3.8.3 Proteína

Para el procedimiento de la determinación de proteína consta de tres etapas que son la digestión acida, destilación y titulación.

- **3.8.3.1 Digestión acida**

Pesar un 1g de muestra en papel filtro, doblar el papel filtro de forma que todo el contenido quede dentro del mismo, colocar el papel filtro en un matraz Kjeldahl, agregar 5 perlas de vidrio, una cucharada de mezcla de selenio y sulfato de cobre, por último, agregar 25 mL de ácido sulfúrico concentrado al matraz, colocar el matraz en el equipo Kjeldahl, encender (Fig. 14) y digerir la muestra hasta que de un color claro.



Figura 14. Etapa de digestión para la determinación de proteína

- **3.8.3.2 Destilación**

Añadir 50 mL de ácido bórico al 4%, 10 gotas de colorante mixto al matraz Erlenmeyer, colocar el matraz Erlenmeyer debajo del condensador para recibir el producto de la destilación. Añadir 300 mL de agua destilada fría en el matraz Kjeldahl, al igual añadir zinc metálico y 110 mL de hidróxido de sodio el 40%, cerrar las trampas del matraz Kjeldahl, abrir llaves de agua y encender al máximo y una vez que la mezcla hierva bajar al nivel 5, recuperar de 200 a 250 mL (Fig. 15).



Figura 15. Matraz Kjeldahl preparado para la destilación

- **3.8.3.3 Titulación**

Colocar en una bureta ácido sulfúrico al 0.1 N, en el matraz Erlenmeyer de la segunda etapa colocarlo debajo de la bureta, añadir gota a gota de ácido sulfúrico al 0.1 N hasta que cambie de color la solución (Fig.16).



Figura 16. Tratamientos titulados para cálculo de porcentaje de proteína

Los cálculos se realizaron con la siguiente fórmula:

$$\% \text{ de nitrógeno} = \frac{(\text{ml de ácido})(N \text{ de ácido}) - (\text{ml blanco})(N \text{ blanco}) * 0.014}{\text{gramos de muestra}} * 100$$

3.8.4 Grasa

Colocar los matraces bola con 5 perlas de vidrio en la estufa de 100 a 103°C durante toda la noche, al día siguiente colocarlos en el desecador y enfriar por 30 minutos, pesar y registrar.

Pesa en un papel filtro 4 g de muestra, colocar el papel filtro con muestra en un dedal limpio e identificado, colocar el dedal con la muestra en el sifón, fijarlo bajo en condensado del aparato de extracción, agregar al matraz de extracción 200 mL de solvente, colocar el matraz de bajo del sifón y sobre la parrilla de calentamiento, encender la bomba de agua fría y prender las parrillas de calentamiento. La extracción dura 12 horas.

Saca el dedal del sifón y guardar la muestra para fibra cruda, recuperar el solvente y poner los matraces en la estufa a 80°C por 24 horas. Al siguiente día coloca en un desecador los matraces y dejarlos enfriar por 30 minutos pesar y registrar.

La determinación de grasa se hace bajo la siguiente formula:

$$\% \text{ de grasa} = \frac{\text{peso del matraz con grasa} - \text{peso de matraz solo}}{\text{gramos de muestra}} * 100$$

3.8.5 Fibra cruda

Este procedimiento consta de 4 etapas: digestión acida, digestión alcalina, secado y calcinación

- **3.8.5.1 Digestión acida**

Pesar 2 g de muestra seca y desgrasada, colocarla en un vaso de Berzelius, agregar 100 mL de solución sulfúrico 0.255 N, calentar hasta que comience a hervir, una vez que empiece a hervir tomar el tiempo de 30 minutos y bajar la temperatura, filtrar el contenido del vaso de Berzelius en una tela de lino con un embudo de filtración, realizar lavados con agua destilada caliente hasta quitar el ácido.

- **3.8.5.2 Digestión alcalina**

Colocar el residuo del filtrado anterior en un matraz Erlenmeyer, agregar en el vaso de Berzelius 100 mL de solución de hidróxido de sodio al 0.313 N, calentar hasta que comience a hervir, tomar el tiempo de 30 minutos una vez que comience a hervir y bajar la temperatura, filtrar el contenido del vaso a través de la tela de lino con un embudo, realizar lavados con agua destilada hasta quitar el hidróxido.

- **3.8.5.3 Secado**

Colocar la muestra en un crisol previamente pesado a peso constante, introducir el crisol con la muestra en la estufa durante 24 horas, dejar enfriar en el desecador y pesar a peso constante, registrar el dato.

Quemar la muestra, colocar el crisol dentro de la mufla y calcinar a 600°C por 2 horas, enfría en un desecador por 1 hora y pesar a peso constante, anotar los datos obtenidos.

Calcular el porcentaje de fibra con la siguiente formula:

$$\% \text{ de fibra} = \frac{\text{peso del crisol estufa} - \text{peso del crisol mufla}}{\text{peso de la muestra}} * 100$$

3.8.6 Carbohidratos

El extracto libre de nitrógeno se calculó por diferencia al 100% de la muestra para realizar el cálculo total de nutrientes digestibles. Para realizar el cálculo de hizo bajo la siguiente formula:

$$ENL = 100 - (\% \text{ cenizas} + \% \text{ extracto etereo} + \% \text{ proteina cruda} + \% \text{ fibra cruda})$$

3.9 Polifenoles

La determinación del contenido en polifenoles por método Folin–Ciocalteu se realizó según la metodología descrita por Medina–Morales et al., (2012) y Fuentes – Lara (2020).

3.10 Flavonoides

La determinación del contenido en flavonoides o taninos condensados por la técnica HCL-butanol se realizó según la metodología descrita por Medina-Morales et al., (2012) y Fuentes-Lara (2020).

3.11 Capacidad antioxidante

La determinación del contenido en la capacidad antioxidantes por método ABTS se realizó según la metodología descrita por Medina-Morales et al., (2012) y Fuentes-Lara (2020).

3.12 Cuantificación de minerales

La identificación y cuantificación de minerales se realizó por el método de sensibilidad elemental utilizando un analizador de fluorescencia de rayos X epsilon 1 (Fig. 17) Se emplearon 15 g del producto deshidratado de cada tratamiento por triplicado y así obtener las lecturas de cada mineral detectado.



Figura 17. Difractómetro de rayos X

3.13 Análisis sensorial

En la evaluación sensorial participaron 11 jueces entrenados donde evaluaron los siguientes parámetros: apariencia global, color, olor, consistencia en la boca, sabor y aceptación global.

Se identificaron y codificaron las muestras de cada tratamiento (Fig. 18), a continuación, se colocaron en los cubículos con todo el material necesario para que los jueces evaluaran las muestras de acuerdo a los atributos: apariencia global, color, olor, consistencia en la boca, sabor y aceptación global (Fig. 19).



Figura 18. Muestras codificadas

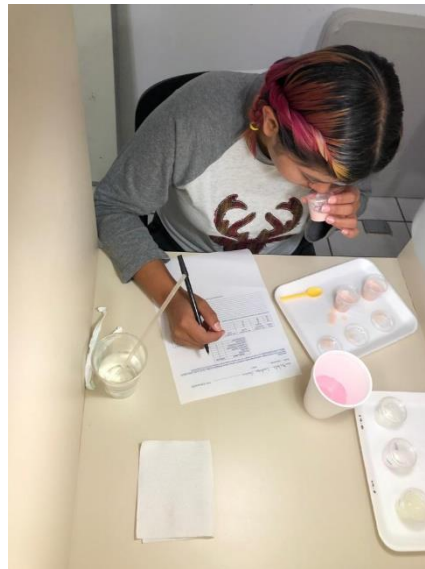


Figura 19. Panelista evaluando

CAPITULO IV. RESULTADOS Y DISCUSION

4.1 Recuperación de componentes funcionales de subproductos de betabel

De los subproductos del betabel (piel) se extrajeron componentes funcionales mediante cuatro métodos: agitación-temperatura-agua, agitación-temperatura-etanol, ultrasonido-agua, y ultrasonido-etanol. Los resultados obtenidos se muestran a continuación.

4.1.1 Polifenoles

El contenido de polifenoles extraído por cada método no mostró diferencia significativa a una $p > 0.05$ (Fig.20), es decir que por cualquiera de los cuatro métodos la cantidad de polifenoles extraídos es similar.

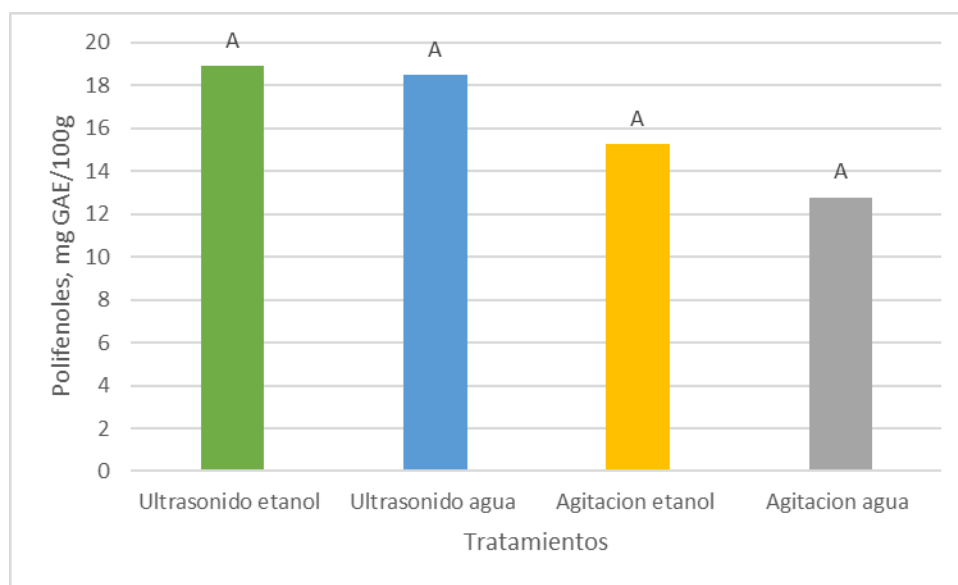


Figura 20. Cantidad de polifenoles en los diferentes métodos de extracción de subproducto de betabel.

4.1.2 Antocianinas

Como se muestra en la figura 21, la cantidad de antocianinas extraídas por ultrasonido con etanol, ultrasonido con agua y agitación con etanol no mostraron

diferencia significativa a una $p > 0.05$, sin embargo, sí hubo diferencia significativa en la cantidad de antocianina extraída por el método de agitación con agua.

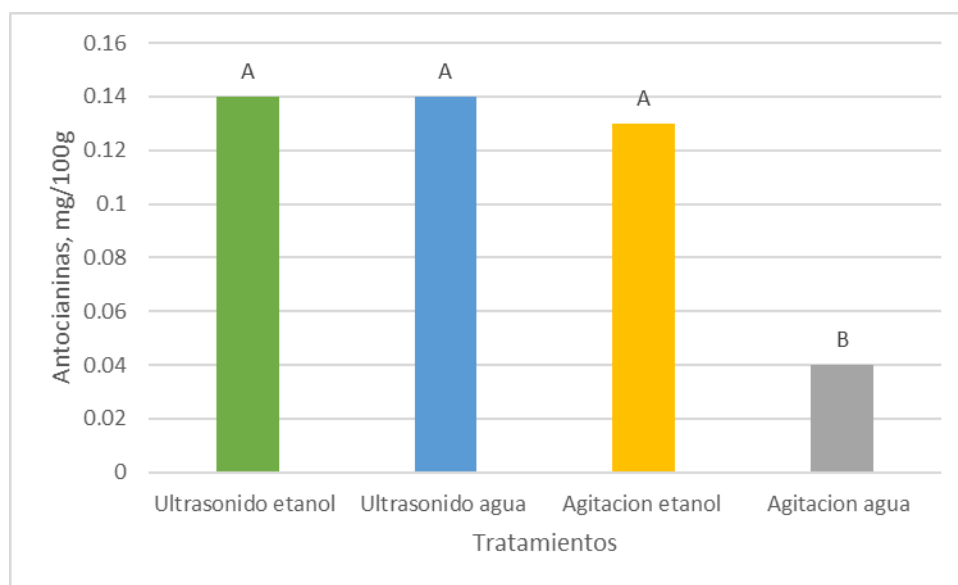


Figura 21. Cantidad de antocianinas en los diferentes métodos de extracción de subproducto de betabel.

4.1.3 Flavonoides

En cuanto al contenido de flavonoides extraídos sí hubo diferencia significativa a una $p > 0.05$ en cuanto al métodos de extracción (Fig.22).

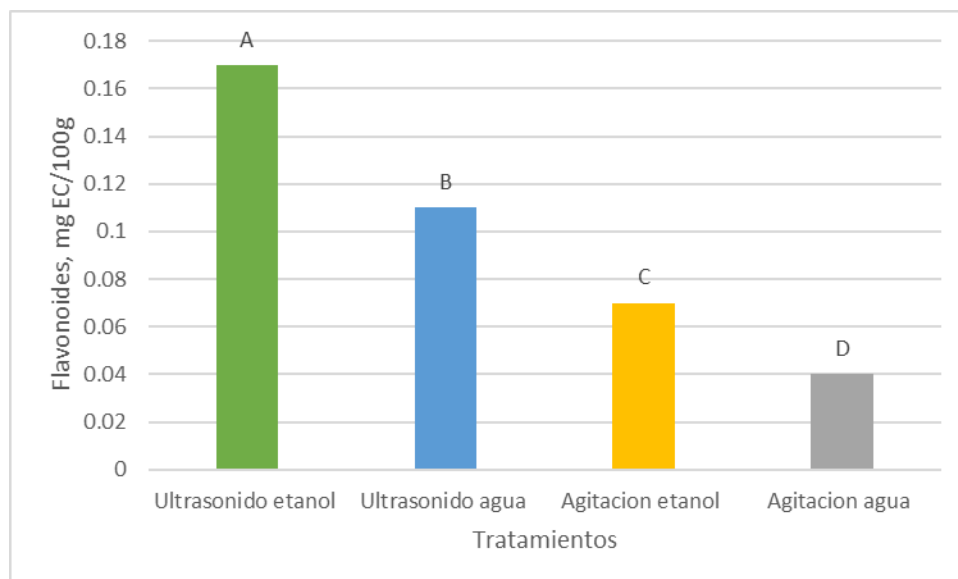


Figura 22. Cantidad de flavonoides en los diferentes métodos de extracción de subproducto de betabel.

4.1.4 Capacidad antioxidante

Como se muestra en la figura 23, no hubo diferencia significativa a una $p > 0.05$ en cuanto a la capacidad antioxidante al emplear el método de extracción por ultrasonido con etanol, ultrasónico con agua y agitación con etanol, sin embargo, si hubo diferencia significativa con el método de extracción de agitación con agua.

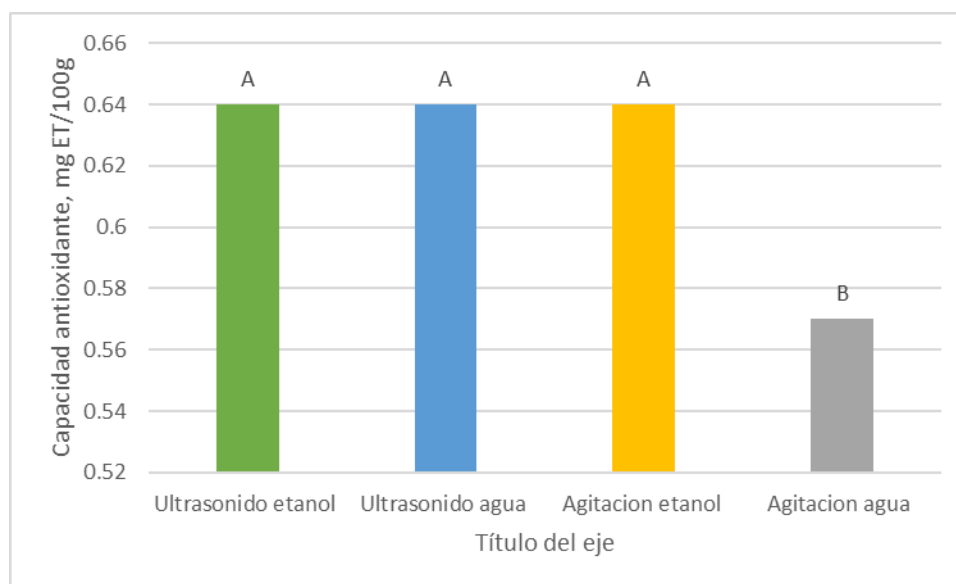


Figura 23. Capacidad antioxidante en los diferentes métodos de extracción de subproducto de betabel.

La extracción por ultrasonido permite recuperar sustancias bioactivas de los residuos agroindustriales, además de una técnica rápida y limpia, este método ha reportado resultados superiores en comparación con los métodos de extracción convencionales, además de ser amigable con el medio ambiente. Puede ser aplicada de dos maneras: por contacto directo con la muestra, o a través de las paredes del recipiente que contiene muestra (indirecta), como los sistemas de baño de ultrasonidos, este método debe ser aplicado si los compuestos que se piensan extraer son polifenoles, antocianinas o flavonoides, no importa si se utiliza algún

solvente o no lo que hace la diferencia es el tiempo que se aplica el ultrasonido (Rojas et al., 2019; Ramon & Gil-Garzón, 2021; Medina-Torres, 2017).

Con base a los resultados obtenidos en los análisis de polifenoles, antocianinas, flavonoides y capacidad antioxidantes se decidió utilizar el método de extracción por ultrasonido con agua. El tener un extracto acuoso facilita la incorporación a un alimento para consumo humano, además que en algunos de los parámetros que se evaluaron no hay diferencia significativa entre ultrasonido con alcohol y ultrasonido con agua.

4.1 Análisis bromatológico

4.1.1 Materia seca y porcentaje de humedad

El contenido de materia seca de los tres tratamientos en estudio presentó una diferencia significativa ($p > 0.05$). La muestra Y con 13.88 % de materia seca fue significativamente diferente a YMc y YMcB con 23.71 % y 24.2 %, respectivamente (Fig. 24).

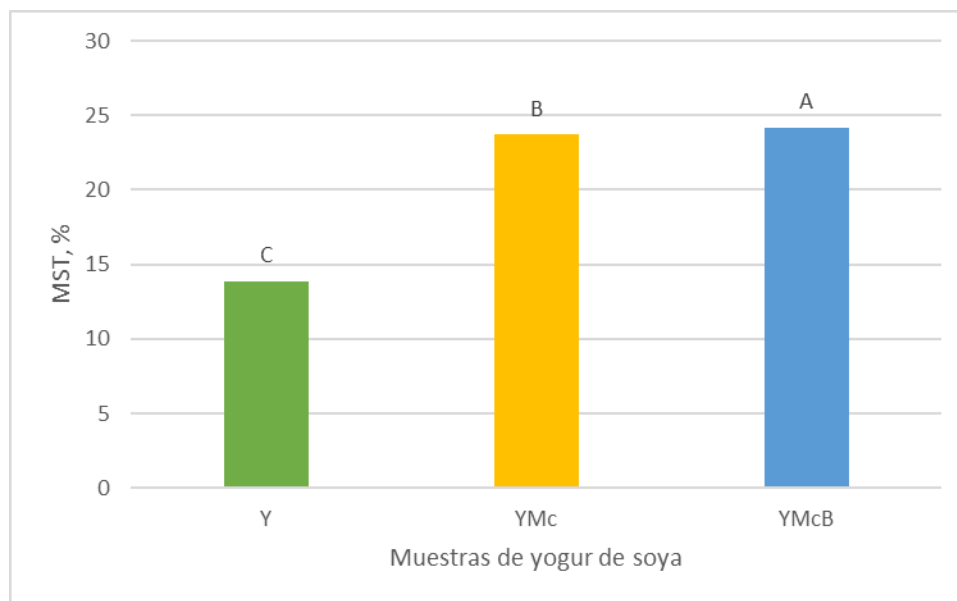


Figura 24. Comportamiento del parámetro materia seca total

En una investigación se elaboraron tres yogures de sabores diferentes (mora, durazno y fresa) y a los cuales se les realizó el análisis bromatológico. Los valores de la materia seca que reportaron fueron 10.51% para el de mora, 10.51 % para el de durazno y 10.23 % para el de fresa (Peñafiel, 2014).

En la investigación realizada por Santiago & Patricio (2004) elaboraron un yogurt enriquecido con calcio como resultado del análisis de materia seca obtuvieron un 23.90%.

El porcentaje de materia seca que se obtuvo en el yogurt de soya con microcápsulas con subproducto bioactivos de betabel es de 24.2%, es muy similar a las investigaciones de Santiago y Patricio (2004) al igual que la de Peñafiel (2014).

En cuanto al porcentaje de humedad se puede observar (Fig.25) que las muestras YMc y YMcB no muestran diferencia significativa a una $p > 0.05$, pero con la muestra Y si hubo diferencia significativa. En la figura 21 la muestra Y tuvo mayor porcentaje de humedad con el 86.12%, mientras que las muestras YMc con 76.29% y YMcB con 76.1% siendo resultados muy similares.

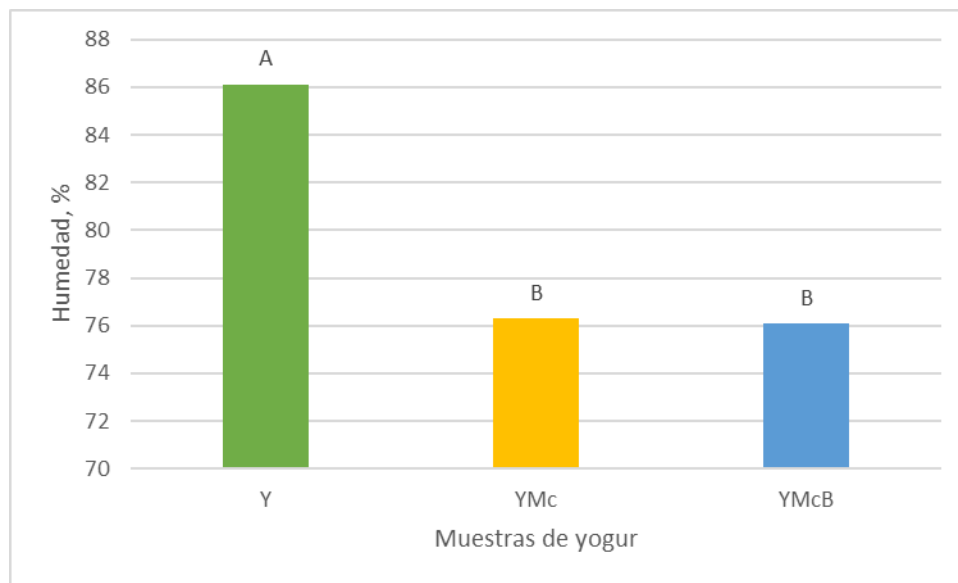


Figura 25. Comportamiento del parámetro porcentaje de humedad

De acuerdo con la investigación realizada por la Universidad Técnica de Cotopaxi, donde analizaron 3 muestras de yogurt de soya con diferentes sabores (mora y guanábana), algunos se les adiciono salvado de trigo y a otros no, donde la muestras t5 (yogurt de soya con salvado de trigo sabor mora) presento un porcentaje de humedad del 80.83%, la muestra t6 (yogurt de soya con salvado de

trigo sabor guanábana) mostro 80.84% de humedad y la muestras t2 (yogurt de soya con linaza sabor guanábana) contenía 80.83% de humedad (Guaña, 2015).

Haciendo una comparación entre estos resultados de otras investigaciones con los resultados en la figura 25, el porcentaje de humedad de los tratamientos YMc y YMcB es un poco bajo debido posiblemente por la presencia de las microcápsulas.

4.1.2 Cenizas

Las tres muestras tienen una diferencia significativa a una $p > 0.05$ (Fig.26). Se puede observar que la muestra YMcB es la de mayor porcentaje siendo el 0.46% pero la muestra YMc (0.045%) es muy similar.

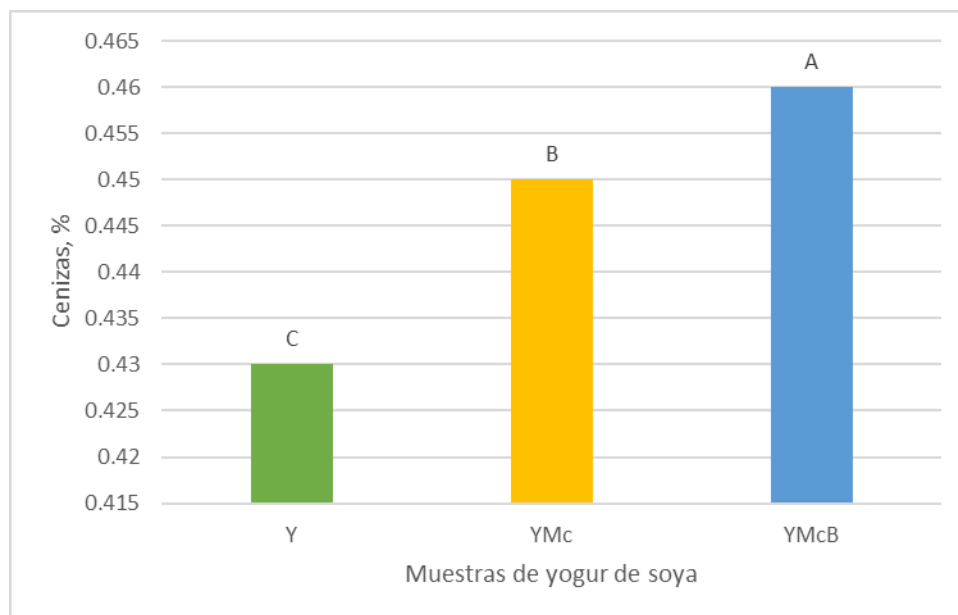


Figura 26. Comportamiento del parámetro de cenizas

En la investigación realizada por Constante (2012), se elaboró un yogurt de soya y el porcentaje de ceniza que reporta es de 0.576%. En la figura 26 podemos ver que las tres muestras tienen aproximadamente el 0.4% de cenizas esto es muy similar al resultado que se obtuvo en la investigación.

4.1.3 Proteína

No hubo diferencia significativa en el contenido de proteína a una $p > 0.05$ (Fig.27) entre las muestras YMcB (2.72 %) y YMc (2.68 %), sin embargo, ambos tratamientos si son significativamente diferentes con la muestra Y (3.16%).

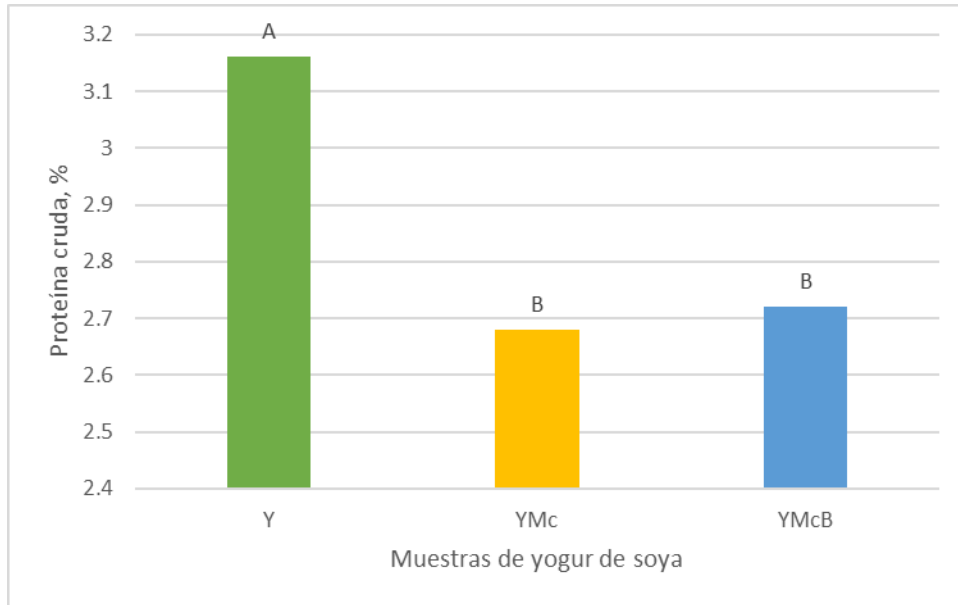


Figura 27. Comportamiento del parámetro de proteína

Como se puede observar en la figura 27 la muestra que contenía mayor cantidad de proteína fue la muestra Y con un 3.16%, mientras que la muestra YMc presento un 2.68% y la muestra YMcB un 2.72.

En la investigación realizada por Saltos (2009) evaluaron diferentes productos a base de soya, tales como un dulce de leche, yogurt y granola; en el yogurt hicieron análisis bromatológicos y microbiológicos, obteniendo un 5.2% de proteína.

De acuerdo con la NOM-181-SCFI-2010 el yogurt debe tener como mínimo el 2.9% de proteína, la única muestra que cumple con la norma es la Y, ya que contiene 3.16%.

4.1.4 Grasa

Las tres muestras tienen una diferencia significativa a una $p > 0.05$. La muestra que tuvo una menor cantidad de grasa es la YMcB con un 0.52% mientras que las muestras Y (1.63%) y YMc (1.68%) (Fig. 28).

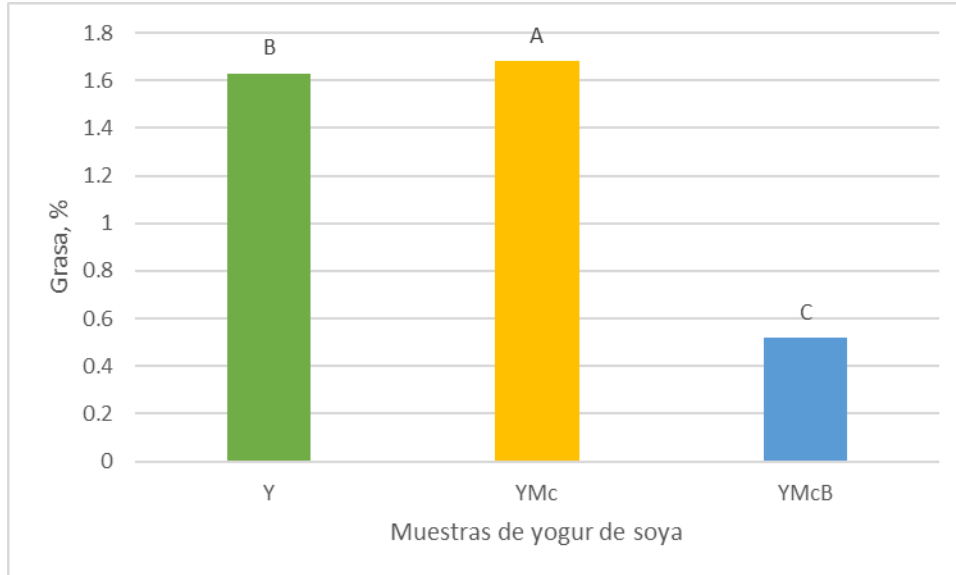


Figura 28. Comportamiento del parámetro de grasa

En la investigación realizada por Loor et al. (2010) donde elabora un yogurt de maíz con soya, se determinó el contenido de grasa a diferentes muestras mostrando un promedio de 1.20% de grasa. Comparando estos resultados con los resultados de la presente investigación la muestras Y (1.63%) y YMcB (1.68%) contenían altos porcentajes de grasa en comparación con los resultados de la investigación de Loor et al. (2010). Los resultados de la muestra YMcB muestra un porcentaje muy bajo de grasa, esto es debido posiblemente a que esta muestra contiene compuestos bioactivos de subproducto del betabel.

De acuerdo con el CODEX STAN 234-2003 las leches fermentadas deben tener menos del 10% de grasa. La NOM-181-SCFI-2010 dice que el yogurt debe tener como máximo el 15% de grasa, comparando los resultados de la figura 24 podemos decir que las tres muestras están dentro de los límites establecido en el porcentaje de grasa.

4.1.5 Fibra

La muestra que mostró un mayor porcentaje de fibra fue la muestra YMcB (1.22%) mientras que el porcentaje de fibra de la muestra Y (0.67%) y YMc (0.77%) fue

similar (Fig. 29), y estadísticamente no hubo diferencia significativa entre los tratamientos a una $p > 0.05$.

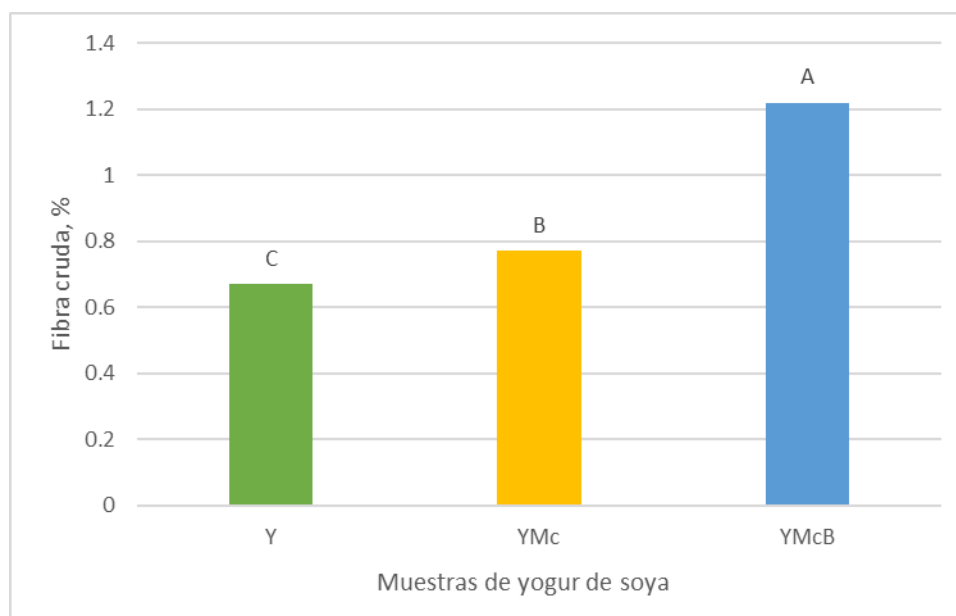


Figura 29. Comportamiento del parámetro de fibra

En una investigación se realizó un yogurt de soya con chocolate amargo y chía donde obtuvo el 11.69% (Sosa, 2018), comparando estos resultados con los de la figura 29 podemos decir que es muy bajo el porcentaje en las tres muestras, pero según la USDA el yogurt de soya debe tener 0.2% de fibra por lo que podemos decir que los resultados obtenidos en esta investigación están dentro del rango normal.

4.1.6 Materia orgánica

La muestra que obtuvo un mayor porcentaje de materia orgánica es la YMc con el 23.1%, la muestra YMcB tuvo un 21.14% y la muestra Y obtuvo un 13.48% como se aprecia en la figura 30, de acuerdo al análisis estadístico hubo diferencia significativa a un $p > 0.05$ entre los tratamientos.

En una investigación realizada por Parra et al. (2012) se elaboró un yogurt, evaluando parámetros de proteína, grasa, fibra cruda, materia orgánica, ceniza y humedad. El valor de materia orgánica fue de 17.32%.

Peñafiel (2014) elaboro un yogurt sabor fresa y como parte de su investigación realizo el análisis bromatológico siendo el resultado de la materia orgánica de 99.37%.

La norma NOM-181-SCFI-2010 establece que un yogurt de cualquier origen debe tener como mínimo 8.25% de solidos lácteos no grasos, por lo tanto, los resultados representados en la figura 30 encuentran dentro de lo establecido por la NOM-181-SCFI-2010.

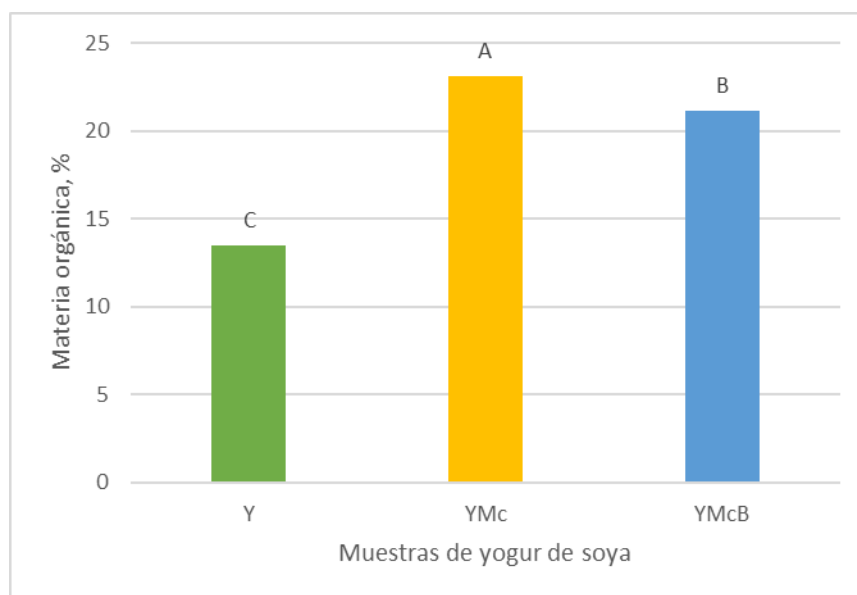


Figura 30. Comportamiento del parámetro de materia orgánica

4.1.7 Carbohidratos (Extracto libre de nitrógeno)

La muestra que obtuvo un mayor porcentaje de extracto libre de nitrógeno fue la YMcB con un 76.44%, mientras que la muestra YMc tuvo un 75.63% y la que obtuvo el menor porcentaje es la muestra Y con un 57.83% (Fig.31), lo que se puede observar es que hubo diferencia significativa a una $p > 0.05$.

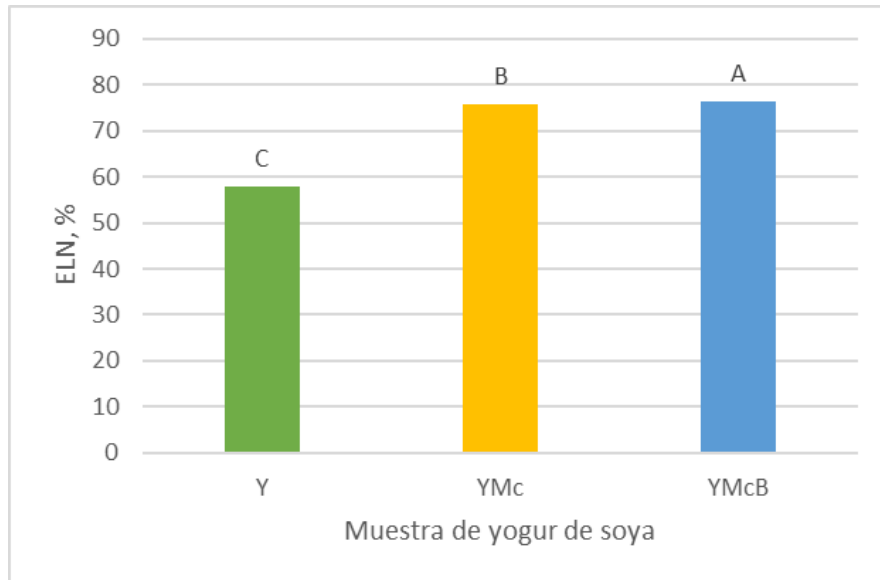


Figura 31. Comportamiento del parámetro de extracto libre de nitrógeno

En una recopilación de información nutrimental de varios productos alimenticios elaborada por Herrera (2010), un yogurt de soya sabor fresa de marca comercial reporta que contiene 15.4% de carbohidratos, esto está muy por debajo de los resultados obtenidos en la presente investigación.

En la investigación realizada por Soria et al. (2017), se menciona que elaboraron un yogurt a base de soya adicionado con quinoa y camote, mostrando un 10.54% de carbohidratos. Los valores altos en el porcentaje de carbohidratos de los tratamientos posiblemente se deben a la naturaleza de las materias primas utilizadas como la fresa, el betabel y soya.

4.2 Polifenoles

Se evaluaron muestras de microcápsulas, la muestra MS son microcápsulas solas y la muestras MB son microcápsulas con extracto bioactivo de betabel. Se analizaron las muestras anteriores por un período de 6 días, los resultados se representan en la siguiente figura.

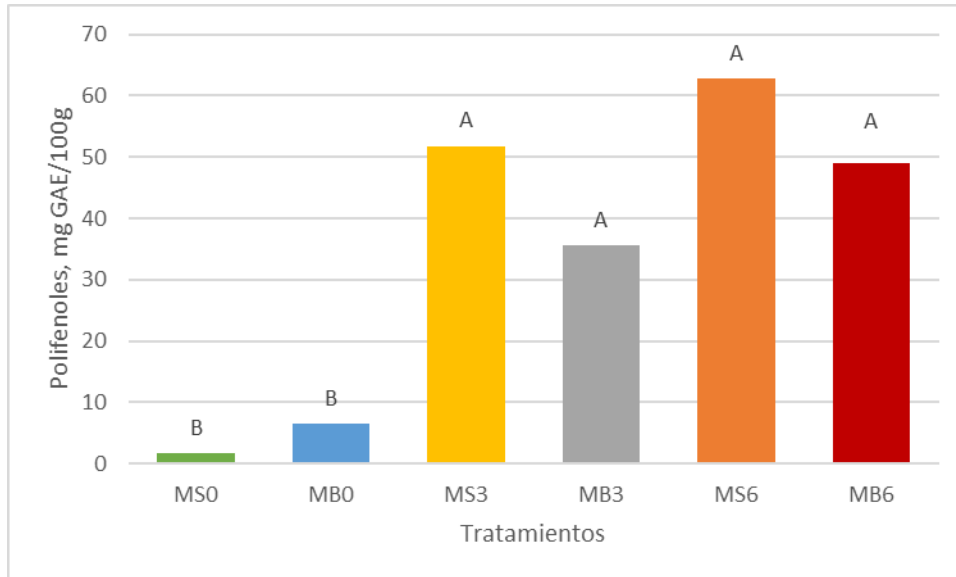


Figura 32. Cantidad de polifenoles en microcápsulas

Las muestras MS y MB mostraron una tendencia creciente del contenido de polifenoles conforme pasaban los días de muestreo (Fig.32). Los tratamientos no mostraron una diferencia significativa a una $p > 0.05$, durante el período de estudio (6 días).

Las muestras de yogurt se evaluaron durante 6 días, en el día 0 no hubo diferencia significativa a una $p > 0.05$ en los tratamientos YMc y YMcB, pero si hubo con el tratamiento Y. En el día tres no hubo diferencia significativa, sin embargo, en el día 6 si hubo diferencia significativa a una $p > 0.05$ entre las tres muestras (Fig.33). La muestra con mayor cantidad de polifenoles fue la YMcB3 con 94,156 mg GAE/100g.

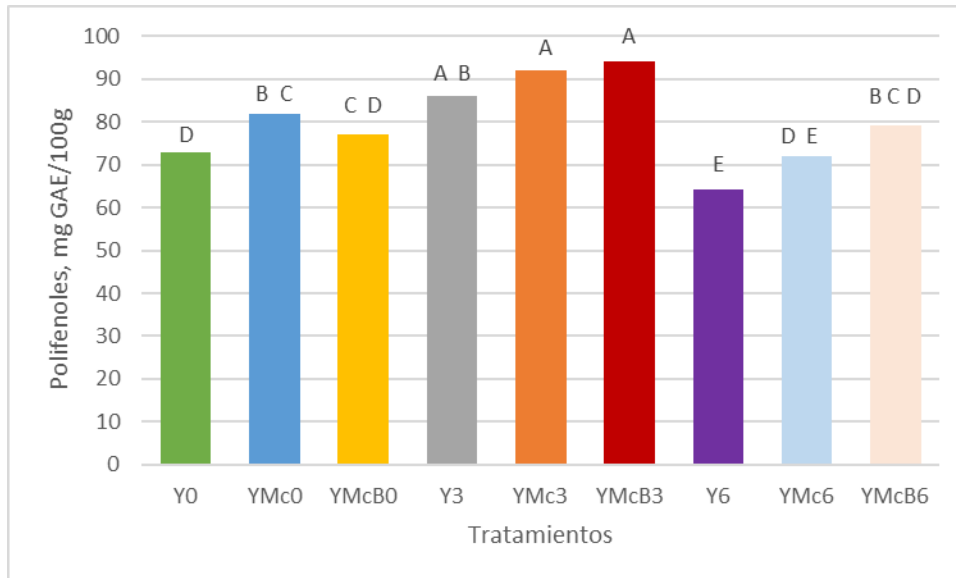


Figura 33. Cantidad de polifenoles en yogurt de soya

En la investigación de Castro (2014) se obtuvo extracto de diferentes partes del betabel mediante diferentes tratamientos térmicos. El tratamiento que obtuvo mayor cantidad de polifenoles fue el de la cascara previamente tostada teniendo la cantidad de 633.24 mg GAE/100g.

Según Fuentes et al. (2018) el betabel es una fuente rica de polifenoles y aproximadamente tiene de 218 mg – 887.75 mg GAE/100g.

Haciendo un comparativo entre los resultados obtenidos en la figura 32 con los resultados obtenidos en las investigaciones antes mencionadas, la muestra MB6 (48,990 mg GAE/100g) comparándolas con el extracto de cascara tostada tiene un alto contenido en polifenoles.

Fuentes et al. (2018) menciona que los extractos de subproductos de betabel deben contener ente 218 mg–887.5 mg GAE/100g, y al comparar los resultados de la presente investigación la muestra YMcB3 y YMcB6 mostraron alto contenido en polifenoles, 94.156 mg GAE/100g y 79.26 mg GAE/100g.

4.3 Flavonoides

La cuantificación de flavonoides en las muestras de microcápsulas no mostró diferencia significativa a una $p > 0.05$ durante los 6 días de muestreo (Fig. 34).

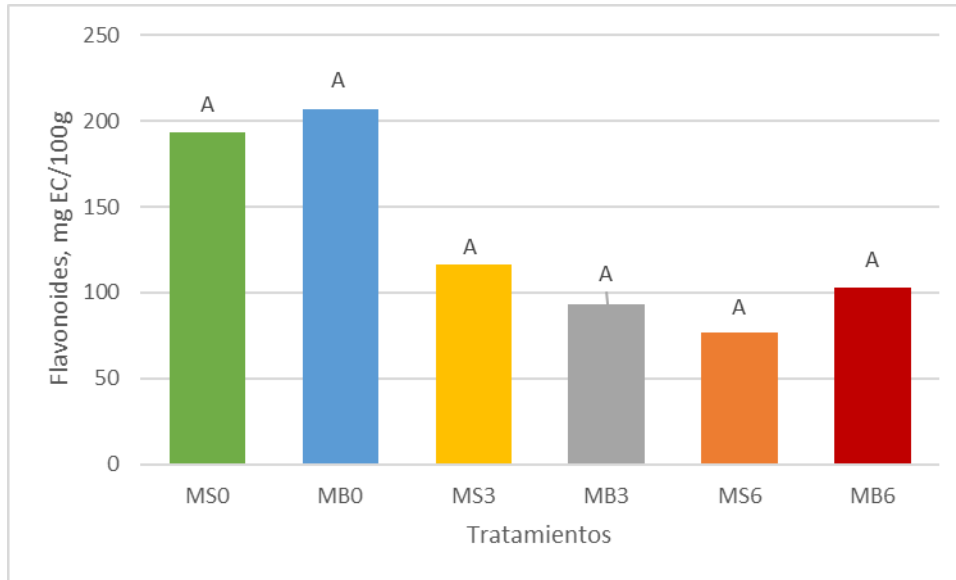


Figura 34. Cantidad de flavonoides en microcápsulas

En las muestras de yogurt de soya analizadas no hubo diferencia significativa a una $p > 0.05$ (Fig.35), prácticamente la cantidad de flavonoides no mostró variación alguna al pasar los días de análisis.

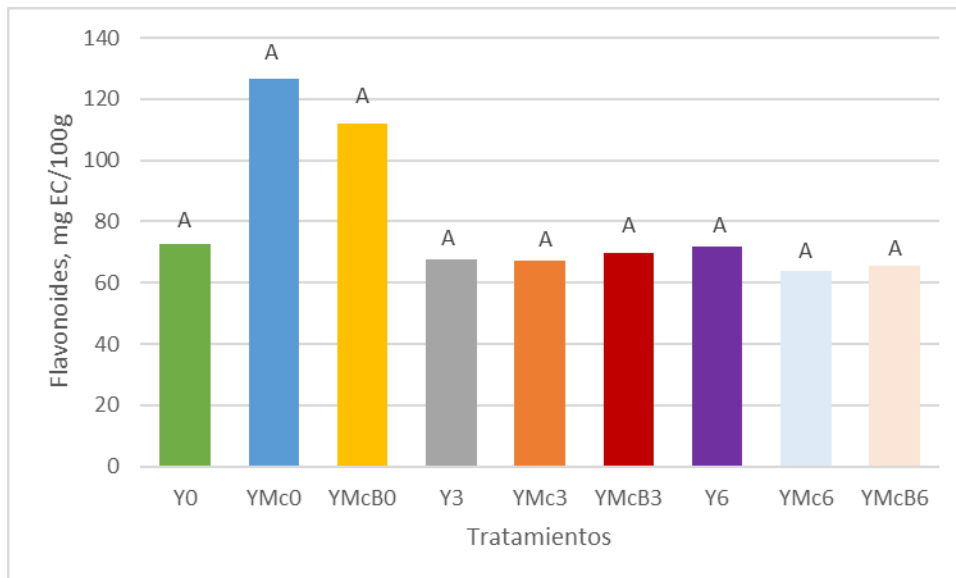


Figura 35. Cantidad de flavonoides en yogurt de soya

Calderón et al. (2016) obtuvo extracto de betabel, primero por deshidratación ósmica y posteriormente realizó la extracción por el método de agitación teniendo una concentración de 6 mg EC/100g de flavonoides.

Los datos obtenidos que se encuentran en la figura 34 y 35 comparados con los datos obtenidos de Calderón et al., (2016) son diferentes y las muestras de la presente investigación mantuvieron la cantidad de flavonoides durante el período de muestreo.

4.4 Capacidad antioxidante

En la figura 36 se muestra que si hubo diferencia significativa entre todas las muestras ($p > 0.05$) en el análisis de microcápsulas.

De acuerdo con la figura 36 se observa que la muestra que mostro mayor capacidad antioxidante es la MB3 con 0.6095 mg ET/100g, mientras que la muestra MB0 tuvo 0.4936 mg ET/100g y la MB6 0.5443 mg ET/100g, por lo tanto, el día que se alcanzó el máximo punto de retención de capacidad antioxidante es día tres.

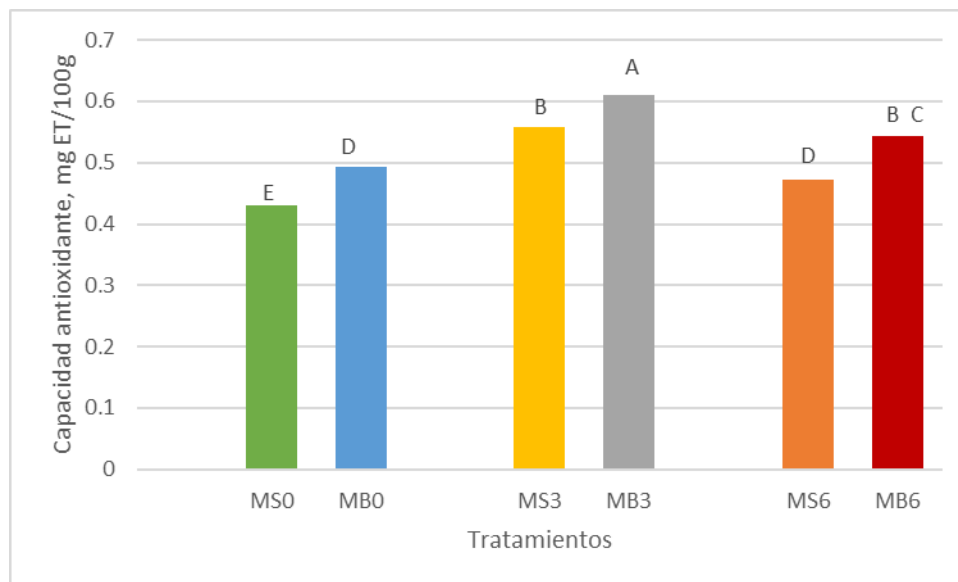


Figura 36. Capacidad antioxidante de microcápsulas

Se observa en la figura 37 que no hubo diferencia significativa a una $p > 0.05$ entre las muestras de yogurt de soya, únicamente con el tratamiento Y3, sin embargo, al

sexto día Y6 la capacidad antioxidante ya no mostro diferencia significativa manteniéndose estable durante los 6 días de monitoreo.

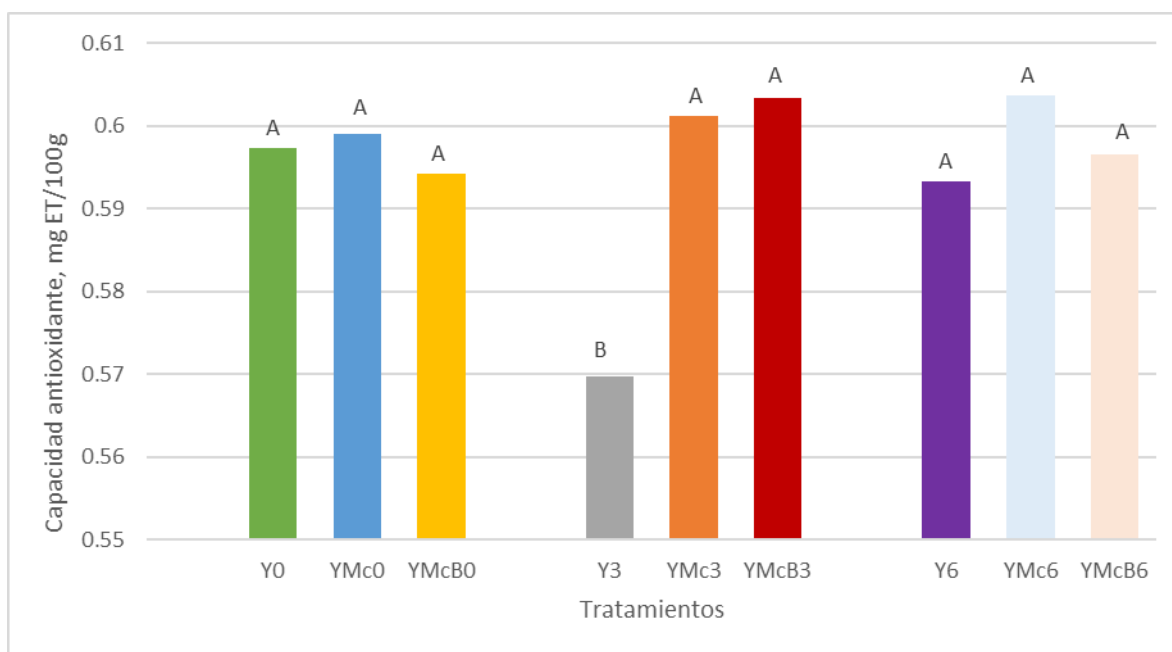


Figura 37. Capacidad antioxidante de yogurt de soya

En una investigación se realizó extracción de betabel por ultrasonido, donde se midió la capacidad antioxidante por diferentes métodos entre ellos ABTS como resultado se obtuvo entre 0.41 a 80.45 mg ET/100g (Hernández et al., 2018).

Flores (2020) estudio tres tratamientos de yogurt con extracto de betabel liofilizado, el tratamiento uno fue yogurt con extracto de betabel sin encapsular, el tratamiento 2 fue yogurt con extracto de betabel encapsulado con maltodextrina y el tratamiento 3 fue yogurt con extracto de betabel encapsulado con inulina. Se analizó la capacidad antioxidante por el método de ABTS, y el tratamiento que obtuvo mayor capacidad antioxidantes fue el tratamiento 1 teniendo un rango de 0.90 a 1.00 mg ET/100g.

La capacidad antioxidante de las muestras de la presente investigación es cercana a los resultados que menciona Hernández et al. (2018), ya que las muestras se encuentran por arriba del 0.4 mg ET/100g, además que también son valores dentro del rango que Flores (2020) menciona en la experimentación realizada con el yogurt de soya.

4.5 Minerales

Como se observa en la Fig. 38 si hay diferencia significativa a una $p > 0.05$ entre las 3 muestras.

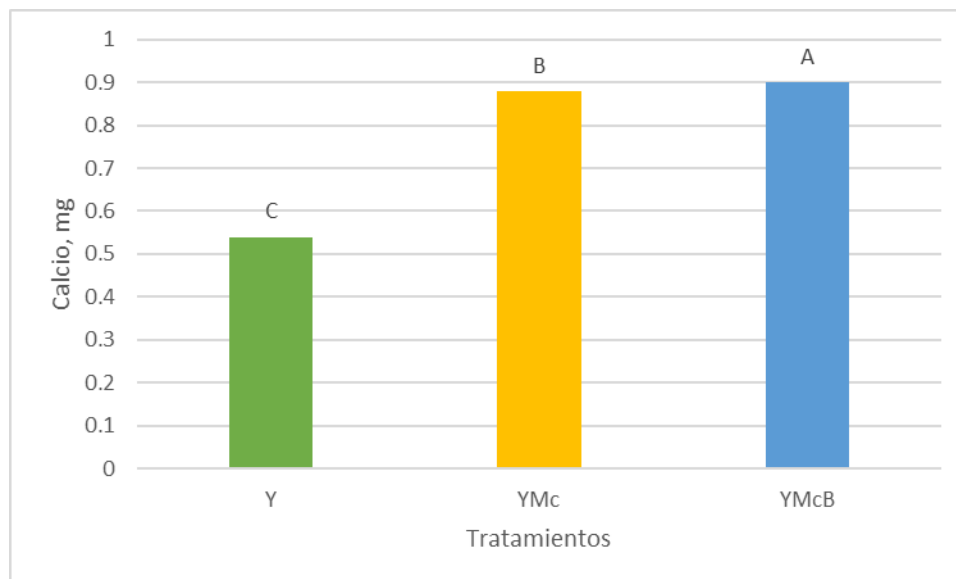


Figura 38. Medias del contenido de calcio en los tres tratamientos de yogurt de soya

Como se observa en la Fig.39 hay diferencia significativa a una $p > 0.05$ entre las muestras YMc y YMcB, pero no hay diferencia significativa con la muestra Y.

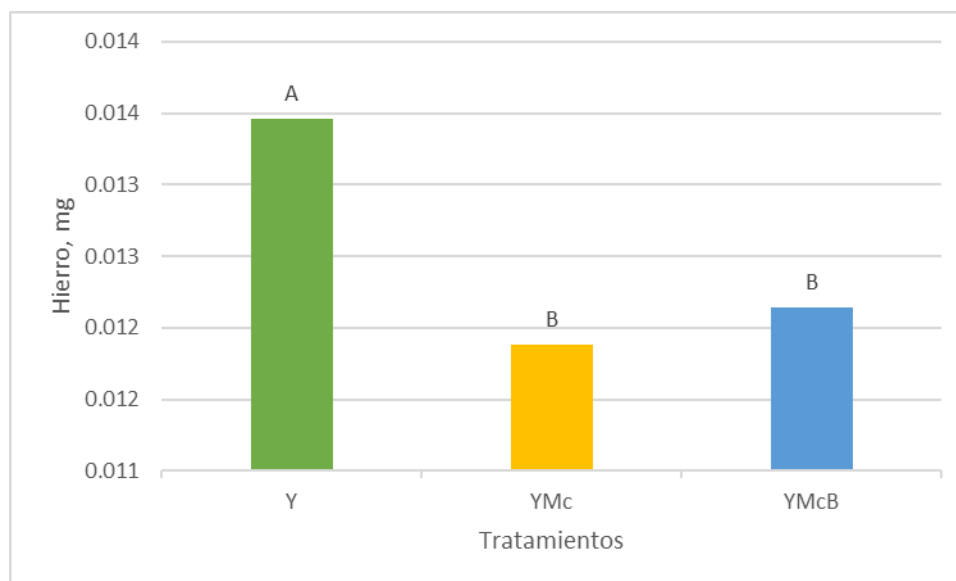


Figura 39. Medias del contenido de hierro en los tres tratamientos de yogurt de soya

De acuerdo con la Fig. 40 si hay diferencia significativa a una $p > 0.05$ entre las muestras.

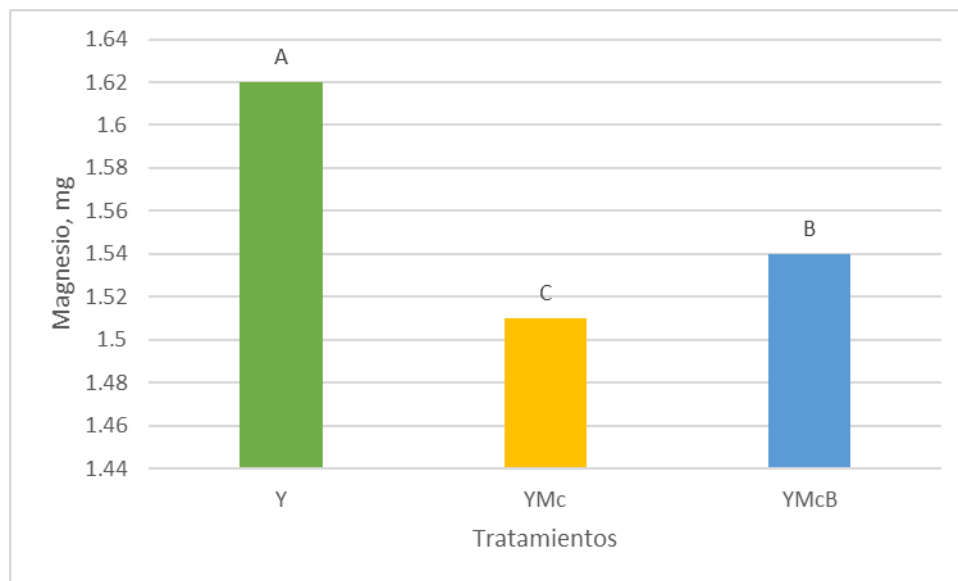


Figura 40. Medias del contenido de magnesio en los tres tratamientos de yogurt de soya

Con base a la Fig. 41 si hay diferencia significativa a una $p > 0.05$ entre las 3 muestras

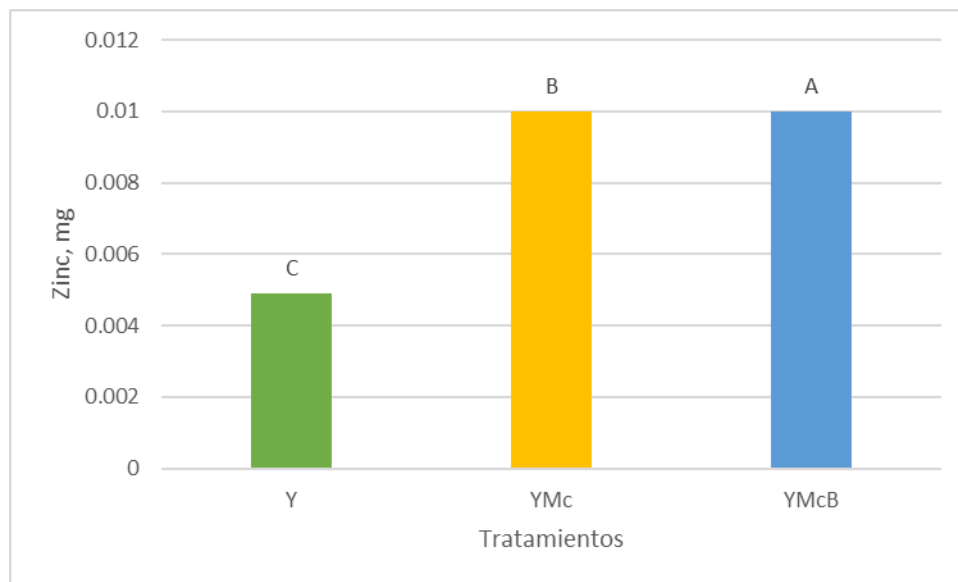


Figura 41. Medias del contenido de zinc en los tres tratamientos de yogurt de soya

Los lácteos como el yogurt contienen múltiples minerales tales como: calcio, sodio, fósforo, magnesio, zinc, yodo y potasio (Babio et al., 2017).

En la investigación de Ortega (2016) como resultados de minerales establece que de calcio debe tener 3 mg, potasio 191 mg y fosforo 47 mg.

En una recopilación de información nutricional del yogurt elaborada por Herrera (2009) se menciona que la cantidad de calcio presente en un yogurt frutado oscila entre 110 y 150 mg.

De acuerdo con los resultados obtenidos en esta investigación y los de Herrera (2009), Ortega (2016) la cantidad de calcio que se presentó en los tres tratamientos de yogurt de soya (Y, YMc y YMcB) es algo bajo, pero cuenta con la presencia de otros minerales tales como hierro, magnesio y zinc, cabe destacar que ninguna marca de yogurt reporta la presencia de estos minerales.

4.6 Evaluación sensorial

4.6.1 Apariencia global

Las tres muestras no presentan diferencia significativa con una $p > 0.05$ como se observa en la figura 42.

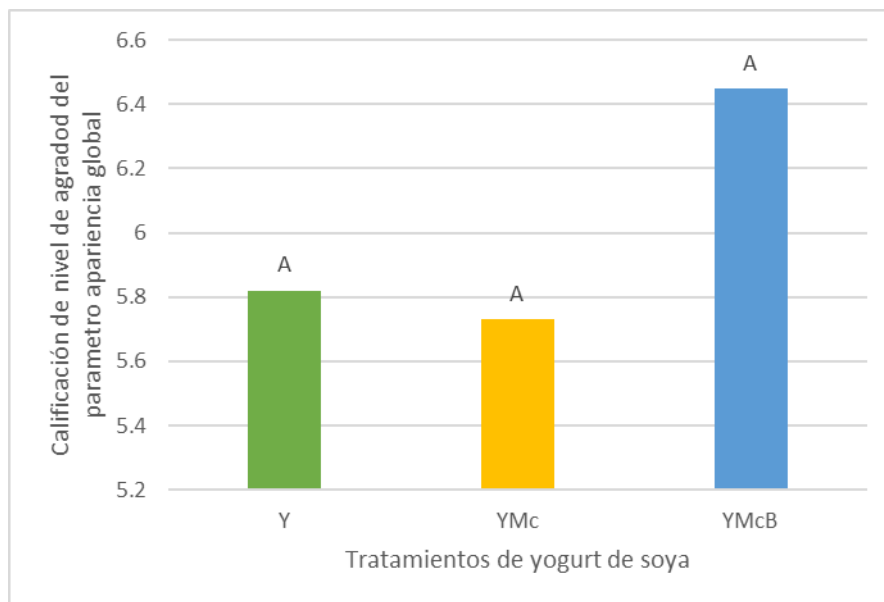


Figura 42. Comparaciones de medias con las diferentes muestras de yogurt de soya sabor fresa en cuanto a la apariencia global

De la Rosa (2009) en su investigación elaboró yogurt de soja con diferentes concentraciones (15%, 30%, 45% y 60%) de leche de soja. Las muestras fueron evaluadas por jueces no entrados por medio de una prueba de preferencia, donde la gran mayoría selecciono la muestra con el 15% de concentración de yogurt de soja, los comentarios de los jueces señalaron que la muestra con 15% de concentración de yogurt de soja es similar a la de un yogurt de leche de vaca.

De acuerdo con los resultados de la figura 42 y los De la Rosa (2009) un yogurt de soja si puede ser aceptado, esto debido a los buenos atributos tales como el color, sabor, textura y consistencia

4.6.2 Color

Las muestras Y y YMc tienen diferencia significativa con la muestra YMcB con una $p > 0.05$ (Fig.43). La muestra que más agrado fue YMcB (Fig.43), esto es debido a que el extracto de betabel le da una coloración intensa, asemejando la coloración de un yogurt comercial sabor fresa.

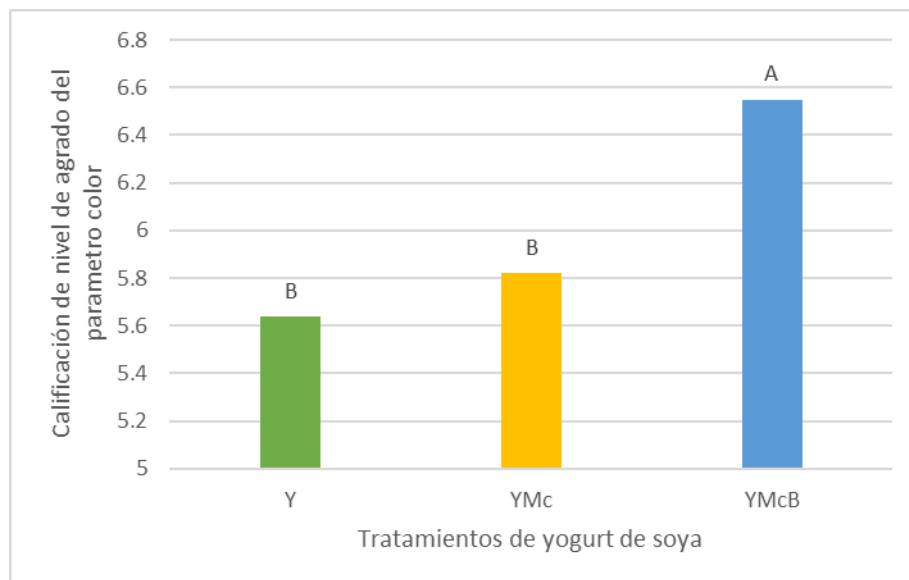


Figura 43 Comparaciones de medias con las diferentes muestras de yogurt de soja sabor fresa en cuanto al color

En una investigación se elaboró un yogurt con diferentes concentraciones de mermelada de fresa, como resultado se obtuvo que entre mayor era la concentración de mermelada, mayor es la aceptación del color (Ramos et al., 2019). Comparando

estos resultados con los de la figura 43 podemos decir que la concentración de mermelada es la misma pero lo que influyo en el color fue el adicionarle betabel ya que apporto un buen color al yogurt.

4.6.3 Olor

Como se observa en la figura 44 la muestra Y tiene diferencia significativa con las muestras YMc y YMcB con una $p > 0.05$. Las muestras de mayor agrado por la mayoría de los panelistas son las YMc y YMcB esto es debido a que las muestras contienen microcápsulas que están hechas a base de alginato de sodio, siendo el sodio un potenciador, esto brindándole un mejor olor.

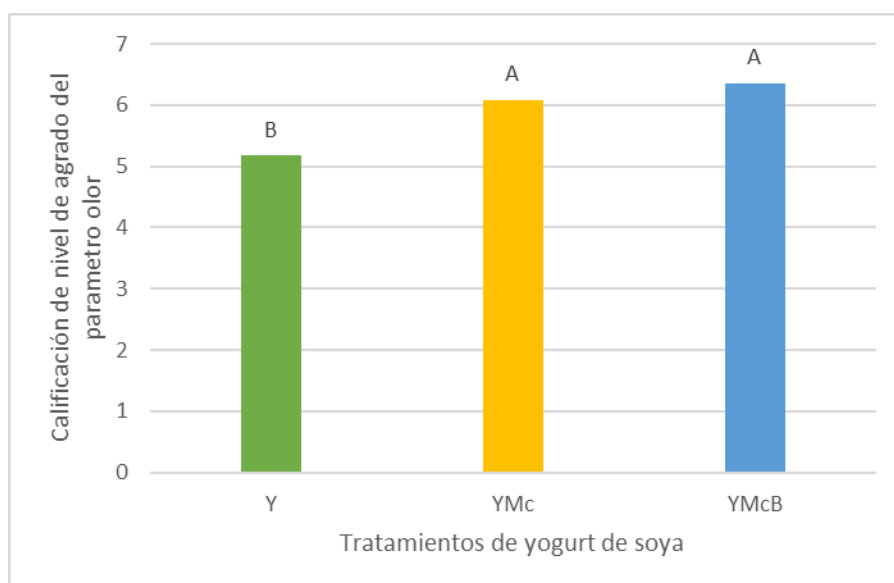


Figura 44. Comparaciones de medias con las diferentes muestras de yogurt de soya sabor fresa en cuanto al olor.

En una investigación realizada por Sosa (2018), se elaboró un yogurt de soya con chocolate amargo y chíá. Se realizó la evaluación sensorial comparándolo con un yogurt comercial, donde participaron 50 panelistas no entrenados, en el aspecto de olor aproximadamente 20 de los panelistas dijeron que les gusta moderadamente y 13 panelistas dijeron que les gustaba mucho el yogurt de soya con chocolate y chíá. Un factor determinante del nivel de agrado del olor es el lavado correcto de la soya,

ya que si no se hace correctamente el lavado puede desprender olores desagradables.

4.6.4 Consistencia

En las tres muestras no hay diferencia significativa ($p>0.05$) como se muestra en la figura 45, las muestras tuvieron un nivel de agrado similar (figura 45), pero se hizo la observación por la gran mayoría de los panelistas, que la consistencia era un poco grumosa en las muestras YMc y YMcB.

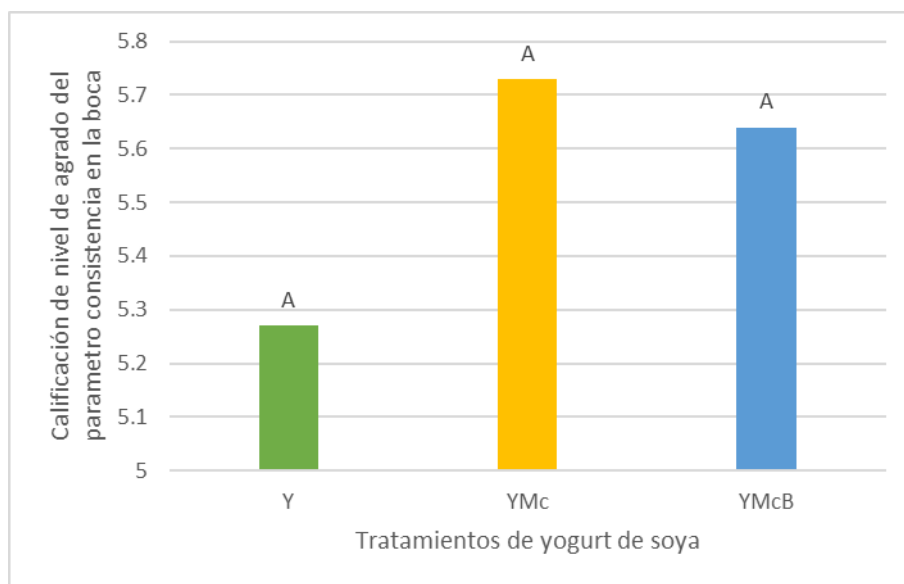


Figura 45. Comparaciones de medias con las diferentes muestras de yogurt de soya sabor fresa en cuanto a la consistencia.

La microestructura para el yogurt batido, admite una ligera presencia de granulosidad. En la investigación se evaluó un yogurt natural adicionado con harina de quinoa con 10 jueces entrenado aplicando una prueba de perfil de sabor donde la consistencia presento mayor intensidad esto es debido que el yogurt batido por naturaleza tiene consistencia viscosa y es granuloso (Ramírez, 2016). Las muestras de yogurt de soya de la presente investigación no fueron diferentes estadísticamente sin embargo los panelistas mencionaron que las muestras presentaron una consistencia granulosa, esto es debido a que es un yogurt artesanal y además por la presencia de las microcápsulas.

4.6.5 Sabor

Las muestras Y y YMcB tiene diferencia significativa, esto quiere decir que ambas muestras son muy diferentes, pero las muestras Y y YMc son muy similares al igual que las muestras YMc y YMcB esto de acuerdo con la figura 46.

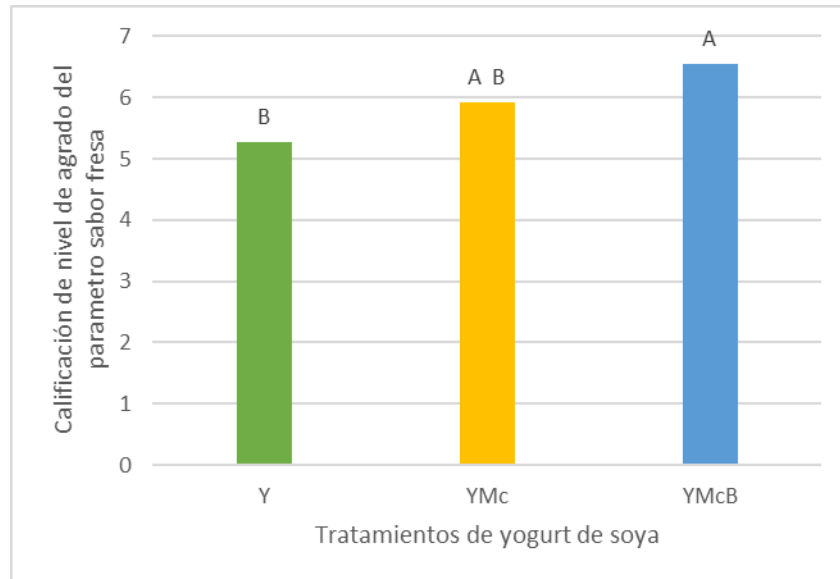


Figura 46. Comparaciones de medias con las diferentes muestras de yogurt de soya sabor fresa en cuanto al sabor.

La muestra que los evaluadores prefirieron fue la YMcB, esta es la muestras que contiene microcápsulas con betabel; las microcápsulas están elaboradas con alginato de sodio por lo que este compuesto ayuda a realzar los sabores del yogurt de soya sabor fresa como se observa en la figura 46.

En una investigación se avaluaron 2 muestra, la muestra 1 es un yogurt de soya sabor cereza y la muestra 2 es un yogurt bebible natural y se le adiciono almíbar de cereza. Dicha evaluación la realizaron 100 jueces consumidores mediante la prueba descriptiva cuantitativa, como resultados se dijo que ambos yogures tenían un sabor muy similar, no encontraron diferencia significativa (Diaz & Rubio, 2016). Comparando estos resultados con los de la figura 46 podemos decir que el sabor de las muestras YMc y YMcB son muy similares.

4.6.6 Aceptación global

Las tres muestras no tienen diferencia significativa con una $p > 0.05$ (Fig.47). La muestra de mayor agrado es la muestra YMcB (Fig. 47), esto es debido a que de las tres muestras esta tiene un mejor olor, color y sabor.

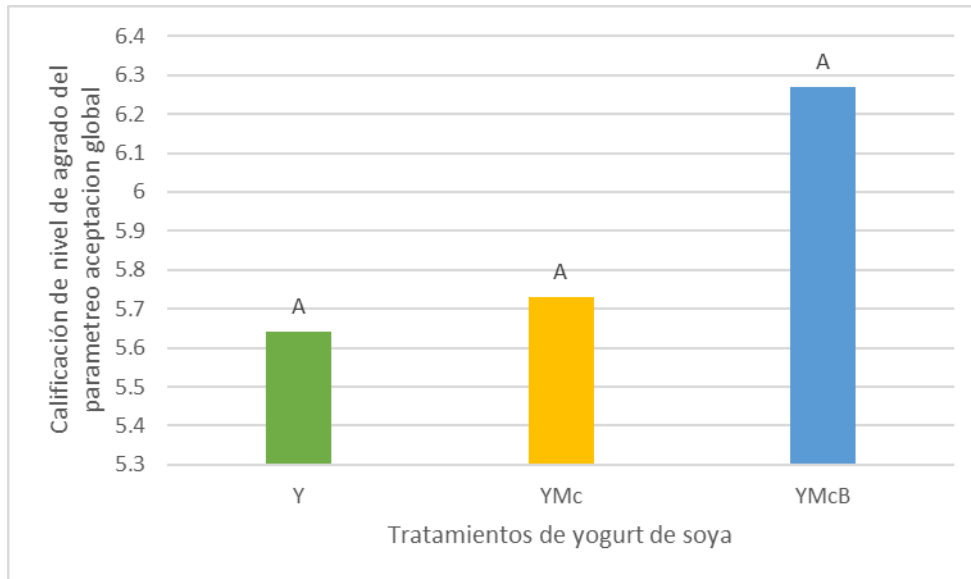


Figura 47. Comparaciones de medias con las diferentes muestras de yogurt de soya sabor fresa en cuanto a la aceptación global.

En una investigación se realizó un yogurt con leche de soya en polvo donde se evaluó el producto por medio de una prueba hedónica, donde el yogurt fue aceptado por la mayoría de los panelistas teniendo una buena aceptación global (Lehr, 2009).

En un panel de evaluación sensorial donde la mayoría de los jueces no consumía frecuentemente productos veganos se evaluó un yogurt de soya con chocolate amargo y chía, y tuvo un buen agrado, ya que el 58% de los panelistas le agrado el producto (Sosa, 2018).

Comparando estos resultados con los de la figura 44 podemos decir que a los jueces les agrado el producto, aunque la mayoría no sean consumidores de productos veganos.

CAPITULO V. CONCLUSIONES

El emplear el extracto recuperado de subproductos de betabel añade componentes bioactivos e incrementa el contenido nutricional del yogurt de soya.

Se hace evidente que el tratamiento YMcB que es yogurt de soya con microcápsulas con extracto de betabel es el que tiene mayor contenido nutricional siendo un yogurt bajo en grasa, alto en fibra y con contenido suficiente de proteína en comparación con los otros dos tratamientos.

En la cantidad de polifenoles la muestras que tuvo mayor contenido fue la YMcB en el día tres de los 6 días que se evaluó. En el contenido de flavonoides la muestra YMcB en el día cero fue la de mayor cantidad. La capacidad antioxidante se mantuvo de manera constante a partir de día 3 hasta el día 6.

En los minerales presentes se obtuvieron dos en cantidades bajas como el zinc (0.005 mg) y el magnesio (1.5-1.6 mg), ambos minerales no es muy común encontrarlos en el yogurt.

En la evaluación sensorial reflejo que la muestra YMcB fue de mayor agrado en cuanto al sabor, color y olor, con poca grumosidad y una consistencia muy semejante a la de un yogurt comercial en comparación con las muestras Y y YMc.

Esto demuestra que al agregar las microcápsulas con extracto de subproducto de betabel incrementa el valor nutricional del yogurt de soya.

CAPITULO VI. BIBLIOGRAFIA

Agudelo Gómez, D. A., & Bedoya Mejía, O. (2005). Composición nutricional de la leche de ganado vacuno. *Revista Lasallista de Investigación*, 2(1).

Amaguaña Rojas, F. J., & Churuchumbi Rojas, E. F. (2018). Estandarización fitoquímica del extracto de caléndula (Licenciatura). Universidad Politécnica Salesiana.

Andreo, C., Rivero Mendoza, D., & Dahl, W. J. (2020, junio). Leche a base de plantas: coco. <https://edis.ifas.ufl.edu>. Recuperado 13 de marzo de 2022.

Arciniegas Cabrera, V. (2020). Recuperación de compuestos bioactivos de subproductos de la industria alimentaria mediante el empleo de mezclas etanol/aguas presurizadas (Maestría). Universidad de Burgos, Facultad de Ciencias.

Azuola, R., & Vargas, P. (2007). Extracción de sustancias asistida por ultrasonido (EUA). *Tecnología en marcha*, 20(4).

Babio, N., Mena Sánchez, G., & Salas Salvado, J. (2017). Más allá del valor nutricional del yogur: ¿un indicador de la calidad de la dieta? *Nutrición hospitalaria*, 34(4).

Barrera Vásquez, F. (2015). Métodos alternativos para la extracción y purificación de productos naturales de interés para la industria farmacéutica (Doctorado). Universidad Nacional de Córdoba.

Bautista Estrada, K. G. (2019). *Beta vulgaris L.* (Betabel) y *Psidium guajava L.* (Guayaba): complemento de yogurt, un posible alimento funcional (Licenciatura). Universidad Autónoma de Querétaro.

Bello L., J. M., V. Lizeldi, B., González V., E., Manzo S., A., Nochebuena P., X., Quiñones Ramírez, E. I., & Vázquez Salinas, C. (2004). Productos lácteos: la ruta de la metamorfosis. *Revista Digital Universitaria*, 5(7), 4–9.

Bonet Serra, B., Dalmau Serra, J., Gil Canalda, I., Gil Gregorio, P., Juárez Iglesia, M., Matía Martín, P., & Ortega Anta, R. M. (2020). Libro blanco de los lácteos.

Calderón Chui, C., Pineda Pineda, J. M., Torruco Uco, J. G., Martínez Sánchez, C. E., Carmona García, R., & Herman, E. (2016). Efecto de la deshidratación osmótica sobre las propiedades químicas del betabel (*Beta vulgaris L.*). <https://archivos.ujat.mx>. Recuperado 6 de mayo de 2022.

Carine Raddatz, G., & Ragagnin De Menezes, C. (2021). Microencapsulación y coencapsulación de compuestos bioactivos de aplicación en alimentos: retos y perspectivas. *Ciencia Rural*, 51(3).

Carretero Domínguez, M. A. (2014). Análisis Sensorial. *UPAEP*, 121(1), 5–13.

Carrión Jara, A. V., & García Gómez, C. R. (2010). Preparación de extractos vegetales: determinación de eficiencia de metódica (Licenciatura). Universidad de Cuenca Ecuador.

Castro Miranda, A. G. (2014). Efecto del procesamiento térmico sobre el contenido de betalainas y la actividad antioxidante del Betabel (*Beta vulgaris L.*) (Licenciatura). Universidad Autónoma del Estado de México.

Chavarría Morbioni, M. L. (2010). Determinación del tiempo de vida útil de la leche de soya mediante el estudio de tiempo real (Licenciatura). Escuela Superior Politécnica del Litoral.

Conesa Domínguez, D. C. (2018). Aprovechamiento de residuos en la industria hortofrutícola [Diapositivas]. postcosecha. <https://www.postcosecha.com>

Constante Manzano, P. S. (2012). Elaboración y conservación de leche y yogurt de soya utilizando métodos combinados en la planta de lácteos de la universidad estatal de bolívar (Licenciatura). Universidad Estatal de Bolívar.

Corona Jiménez, E., Martínez Navarrete, N., Ruiz Espinosa, H. & Carranza Concha, J. (2016). Extracción asistida por ultrasonido de compuestos fenólicos de semillas de chia (*Salvia hispanica L.*) y su actividad antioxidante. *Agrociencia*, 50(4).

De la Rosa Matilde, A. M. (2009). Análisis Sensorial de yogurt adicionado con leche de soya (Licenciatura). Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.

Díaz Alvarado, T., & Rubio Salgado, Ángel A. (2016). Desarrollo de un producto de yogurt bebible a base de leche de soya con sabor cereza (Licenciatura). Universidad Autónoma del estado de México.

Dirección General de Promoción Agraria. (2005). Aspectos nutricionales y tecnológico de la leche. Ministerio de agricultura.

Domínguez, L. & Parzanese, M. (2019). Fluidos supercríticos. Alimentos Argentinos, 1.

Espinosa Álvarez, C., López Contreras, J., Escobar Rodríguez, D., Jiménez Rondón, D., Bagueño Muñoz, W., & Cerezal Mezquita, P. (2019, 6 junio). Aplicación de antocianina microencapsulada extraída de col morada en bebidas de leche fermentada. Acta Agronómica, 68(2), 134–141.

Estrada Martínez, M. A. (2011). El libro blanco de la leche y los productos lácteos (1.a ed., Vol. 1). CANILEC.

FAO. (2020). 15 consejos breves para reducir el desperdicio de alimentos y convertirse en héroe del sector alimentario. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Recuperado 10 de febrero de 2022, de <https://www.fao.org/fao-stories/article/es/c/1310221/>

Flores Herrera, A., & Barragán García, J. A. (2016). Efecto de dos biofertilizantes sobre la producción de betabel cardenal (*Beta vulgaris*) (Licenciatura). Instituto Tecnológico de la Zona Maya.

Flores Mancha, M. A. (2020). efecto de la adición de extracto de betabel (*beta vulgaris*) liofilizado sobre las características fisicoquímicas, actividad antioxidante, contenido y estabilidad de betalainas y polifenoles en yogurt batido (Maestría). Universidad Autónoma de Chihuahua.

Flores Mancha, M. A. (2020). Efecto de la adición de extracto de betabel (*beta vulgaris*) liofilizado sobre las características fisicoquímicas, actividad antioxidante,

contenido y estabilidad de betalainas y polifenoles en yogurt batido (Maestría). Universidad Autónoma de Chihuahua.

Fuentes Barría, H., Muñoz Peña, D., Aguilera Eguía, R., & González Wong, C. (2018, 5 enero). Influence of the bioactives compounds of beetroot (*Beta vulgaris* L) on the cardioprotective effect: A narrative review. *Revista chilena de nutrición*, 45(2).

Fuentes-Lara, L.O. 2020. Manual de Practicas de Laboratorio de Curso de Alimentos Funcionales. Departamento de Nutrición Animal. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Saltillo, Coahuila, México. P.18.

Gomez Cipriano, J., Zafra Rojas, Q. Y., Cruz Cansino, N. S., Martínez Román, M. E., Ramírez Moreno, E. & García Rosales, R. U. (2022). Use of beetroot (*Beta vulgaris*) as an alternative for treatment of iron deficiency anemia. *Salud y Educación*, 10(20).

Gómez, M. N. & Duque Cifuentes, A. L. (2018). Chemical Physical Characterization and Phenolic Content of Beet (*Beta vulgaris* L.) in Fresh and Subjected to Thermal Treatment. *Ion*, 31(1).

Guaña Guaña, E. R. (2015). “Estudio de la adición de las fibras linaza (*linum usitatissimum*) y salvado de trigo (*triticumaestivum*), en la elaboración de yogurt de soya (*glycine max*) de tres sabores taxo (*passifloratripartita*), mora (*rubus glaucus*) y guanábana (*annonamuricata*), en el laboratorio académico delácteos de la carrera de ingeniería agroindustrial, en el período 2014-2015.” (Licenciatura). Universidad Técnica de Cotopaxi.

Guasti, R. D., & Sandoval, Y. E. (2020). Producción de yogurt de soja (Licenciatura). Universidad Tecnológica Nacional.

Guillén Serra, A. (2006). Procesamiento de datos: Paquetes estadísticos (Licenciatura). Instituto Politécnico Nacional.

Hernández Traspeña, J. L., Ramírez Melo, L. M., Cruz Cansino, N. S., Delgado Olivares, L., Ramírez Moreno, E., Araiza Ortega, J. A., & Alanís García, E. (2019). Extracción de antioxidantes del residuo de betabel (*Beta vulgaris*) por ultrasonido:

comparación con métodos convencionales. Educación y Salud Boletín Científico de Ciencias de la Salud del ICSa, 14. Recuperado 5 de marzo de 2022, de <https://Extraccindeantioxidantesdelresiduodebetabel.pdf>

Herrera, T. (2010). Información nutricional de productos elaborados a partir de los datos suministrados por la etiqueta. *Nutrición pública*, 4(11), 553–570.

Infocarne. (2006). Composición de la leche y su valor nutritivo. www.produccion-animal.com.ar. Recuperado 13 de marzo de 2022.

Información y Servicios del United States Department of Agriculture. (2019). Plain soy yogurt. <https://Fdc.Nal.USda.Gov>. Recuperado 22 de enero de 2022.

Información y Servicios del United States Department of Agriculture. (2019). Soy yogurt with strawberry. <https://Fdc.Nal.USda.Gov>. Recuperado 23 de enero de 2022.

Instituto Tecnológico del Calzado y Conexas. (s. f.). Técnicas de microencapsulación. INESCOP.COM. Recuperado 12 de marzo de 2022, de <https://www.inescop.es/images/Proyectos/Regionales/2016/MICROCAPS/E1-TECNICAS%20DE%20MICROENCAPSULACION.pdf>

Iturrioz, M. G. (2014). *Extracto estandarizado en Fitoterapia*. Apuntes de Salud. <https://www.misohinutricion.com/blog/extracto-estandarizado/>

Jenifer, R., Humberto, B., & Melissa, P. (2019). Evaluación sensorial de un yogurt probiótico aplicando pruebas de consumidores. <https://revistas.uclave.org>. Recuperado 4 de mayo de 2022, de <https://revistas.uclave.org/index.php/asa/article/view/2380/1359>

Liria Domínguez, M. R. (2007). Guía para la Evaluación Sensorial de Alimentos. *Agrosalud*, 2(3), 3–4.

Loor Cusme, R. K., García Paredes, R. I., Avellaneda Cevallos, J. H., Rivera Fernández, R. D., & Mesías Gallo, F. W. (2010). Bebida nutricional a partir de la mezcla fermentada maíz-soya. <http://revistasespam.espam.edu.ec>. Recuperado 28 de abril de 2022.

López Giral, N. (2011). Obtención y aplicación de extractos naturales [Diapositivas]. anfacó.

<http://www.anfaco.es/fotos/biblioteca/docs/congresos/transferencia2011.pdf>

Martínez Roldán, C., & Carbajal Azcona, Á. (2012). Componentes bioactivos de los alimentos. El Manual práctico de nutrición y salud (Exlibris Ediciones, S. L. ed., Vol. 1, pp. 31–36).

Medina Torres, N. C. (2017). Efecto del ultrasonido en la extracción y nanoencapsulación de polifenoles de limón persa (*Citrus latifolia*) (Maestría). Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco.

Medina-Morales, M.A., Rojas-Molina, R., Rodríguez-Herrera, R. & Aguilar, C.N. 2012. Manual de Métodos de Laboratorio del Departamento de Investigación en Alimentos de la Universidad Autónoma de Coahuila. DIA-UAdeC. Vol 1. Saltillo, Coahuila, México. P.73

Morales Hernández, J. M. (2018). Evaluación del efecto del consumo de jugo de betabel sobre estrés oxidativo y el rendimiento de nadadores master durante una etapa de resistencia lactácida (Maestría). Universidad Autónoma de Querétaro.

Nascimento, F. J., Diniz Filho, E. T., Mesquita, L. X., Martinis de Oliveira, A. & Costa Pereira, T. F. (2008). Extractos vegetales en el control de plagas. *Verde de agroecología y desenvolvimiento sustentable*, 3(3).

NOM-181-SCFI-2010, Yogurt-Denominación, especificaciones fisicoquímicas y microbiológicas, información comercial y métodos de prueba.

Oficina de Estudios y Políticas Agrarias. (2019). *Pérdida y desperdicio de alimentos*. ODEPA | Oficina de Estudios y Políticas Agrarias. <https://www.odepa.gob.cl/publicaciones/noticias/agro-en-la-prensa/perdida-y-desperdicio-de-alimentos>

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y Agricultura. (2020). Plataforma técnica sobre la medición y la reducción de las pérdidas y el desperdicio de alimentos | Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la

Agricultura. fao.org. Recuperado 10 de febrero de 2022, de [https://www.fao.org/platform-food-loss-waste/es/#:%7E:text=El%20desperdicio%20de%20alimentos%20se,consumidores%20\(SOFA%2C%202019\).](https://www.fao.org/platform-food-loss-waste/es/#:%7E:text=El%20desperdicio%20de%20alimentos%20se,consumidores%20(SOFA%2C%202019).)

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y Agricultura. (2018). México desperdicia 20 millones de toneladas de alimentos al año |Agronoticias |FAO www.fao.org. Recuperado 10 de febrero de 2022, de <https://www.fao.org/in-action/agronoticias/detail/es/c/1129784/>

Organización Mundial de la Salud & Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2010). Leche y productos lácteos. Codex Alimentarius, 3(2), 6–16. <https://www.fao.org/3/i2085s/i2085s00.pdf>

Ortega Gálvez, R. A. (2016). Elaboración de yogurt de soya (Maestría). Universidad de Guayaquil.

Palomino, O. (2001). Análisis químico de plantas aromáticas y medicinales. En *Uso industrial de plantas aromáticas y medicinales* (pp. 108–120).

Parra H., R. A., Medinar R., M. F., & Moreno, D. C. (2012). Propiedades sensoriales, físicas y bromatológicas de yogurt suplementado con yacón. *Vitae*, 19(1). Recuperado 22 de junio de 2022, de <https://www.redalyc.org/pdf/1698/169823914056.pdf>

Peñafiel Ojeda, A. E. (2014). Elaboración de yogurt light con Stevia como edulcorante (Licenciatura). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Pineda Portugal, M. M. (2014). Importancia de la leche y productos lácteos (Licenciatura). Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa.

Quicazán, M. C., Sandoval, A., & Padilla, G. (2020). Evaluación de la fermentación de bebida de soya con un cultivo láctico. *Revista colombiana de biotecnología*, 3(2), 92–99.

Quiñones, M., Miguel, M. & Aleixandre, A. (2012). Los polifenoles, compuestos de origen natural con efectos saludables sobre el sistema cardiovascular. *Nutrición Hospitalaria*, 27(1).

Ramírez Rocha, A. E. (2016). Desarrollo de perfil sensorial de yogurt natural adicionado harina de quinua (Licenciatura). Universidad Tecnológica Equinoccial.

Ramon, C. & Gil Garzón, M. A. (2021). Efecto de los parámetros de operación de la extracción asistida por ultrasonido en la obtención de polifenoles de uva: una revisión. *Tecnológicas*, 24(51).

Rodríguez Sánchez, S. (2015). Nuevos métodos de obtención y análisis de extractos vegetales enriquecidos en iminoazúcares bioactivos (Doctorado). Consejo Superior de Investigaciones Científica.

Rojas, T., Fuentes Campo, M. E., Contreras López, E., Gómez, S. & Muñoz Jauregui, A. M. (2019). Extracción asistida por ultrasonido de compuestos fenólicos de la cáscara de sanky (*Corryocactus brevistylus*). *Química de Perú*, 85(3), 258-267.

Saltos Arana, L. E. (2009). Aprovechamiento del grano de soya para el desarrollo de alimentos funcionales (Licenciatura). Escuela Politécnica del Litoral.

Santamaria, C., Martin Gonzales, A., & Astorga, F. (2015). Extractos vegetales, aplicación para la reducción del estrés. En *Extractos vegetales: uso en la reducción del estrés* (2.a ed., Vol. 3, pp. 75–80).

Santiago, C., & Patricio, J. (2004). Utilización de Diferentes Niveles de Caseinato de Calcio para la Producción de Yogurt Dietético (Licenciatura). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural. (2016). Betabel, un vegetal con mucha historia. Gobierno de México. Recuperado 16 de febrero de 2022, de <https://www.gob.mx/agricultura/es/articulos/betabel-un-vegetal-con-mucha-historia>

Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural. (2018). El betabel gran fuente de nutrientes. Gobierno de México. Recuperado 17 de enero de 2022, de <https://www.gob.mx/agricultura/articulos/betabel>

Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. (2020). La soya, una alternativa al pescado en esta cuaresma. Gobierno de México. Recuperado 17 de enero de 2022, de <https://www.gob.mx/siap/articulos/la-soya-una-alternativa-al-pescado-en-esta-cuaresma>

Sistema Nacional de Vigilancia y Monitoreo de Plagas. (2010). Beta vulgaris. Argentina.gob.ar

Solís Montiel, Y. L. (2008). Evaluación sensorial: Selección de jueces (Licenciatura). Instituto Politécnico Nacional.

Soria Chico, M. Y., Bravo Romero, B. I., Cermeño Hernández, E. B., & Ruiz García, A. J. (2017). Elaboración de yogurt a base de soya enriquecido con quinoa y camote. <http://www.fcb.uanl.mx>.

Sosa de Holwerda, J. A. (2018). Desarrollo de un yogurt funcional a base de soya, chocolate amargo y chía (Maestría). Universidad del Valle de Guatemala.

Study of the microwave-assisted extraction technique for its application to the determination of total petroleum hydrocarbons in soils. (2014). *Analítica*, 1, 67-80.

Torna, E., Rivero Mendoza, D., & Dahl, W. J. (2020). Leche a base de plantas: Almendras. IFAS.com. Recuperado 14 de marzo de 2022, de <https://edis.ifas.ufl.edu>.

Vivanco, D., Ardiles, P., Castillo, D., & Puente, L. (2021, 6 abril). Tecnología emergente: Campo de pulsos eléctricos (PEF) para el tratamiento de alimentos y su efecto en el contenido de antioxidantes. *Revista chilena de nutrición*, 48(4).

ANEXO

Anexo 1. ANOVA de polifenoles de los extractos de subproducto de betabel

Polifenoles

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Polifenoles	8	0.37	0.00	28.45

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	50.54	3	16.85	0.78	0.5646
Muestras	50.54	3	16.85	0.78	0.5646
Error	86.65	4	21.66		
Total	137.20	7			

Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=12.92260

Error: 21.6632 gl: 4

Muestras	Medias	n	E.E.
Ultrasonido etanol	18.92	2	3.29 A
Ultrasonido agua	18.51	2	3.29 A
Agitación etanol	15.25	2	3.29 A
Agitación agua	12.78	2	3.29 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Anexo 2. ANOVA de antocianinas de los extractos de subproducto de betabel

Antocianinas

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Antocianinas	8	0.86	0.76	20.72

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0.01	3	4.6E-03	8.49	0.0329
Muestras	0.01	3	4.6E-03	8.49	0.0329
Error	2.2E-03	4	5.4E-04		
Total	0.02	7			

Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=0.06479

Error: 0.0005 gl: 4

Muestras	Medias	n	E.E.
Ultrasonido etanol	0.14	2	0.02 A
Ultrasonido agua	0.14	2	0.02 A
Agitación etanol	0.13	2	0.02 A
Agitación agua	0.04	2	0.02 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Anexo 3. ANOVA de flavonoides de los extractos de subproducto de betabel

Flavonoides lecturas

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Flavonoides lecturas	12	1.00	0.99	4.53

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0.03	3	0.01	540.80	<0.0001
Muestras	0.03	3	0.01	540.80	<0.0001
Error	1.5E-04	8	1.9E-05		
Total	0.03	11			

Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=0.00828

Error: 0.0000 gl: 8

Muestras	Medias	n	E.E.	
Ultrasonido etanol	0.17	3	2.5E-03	A
Ultrasonido agua	0.11	3	2.5E-03	B
Agitación etanol	0.07	3	2.5E-03	C
Agitación agua	0.04	3	2.5E-03	D

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Anexo 4. ANOVA de capacidad antioxidante de los extractos de subproducto de betabel

ABTS

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
ABTS	12	0.89	0.85	1.86

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0.01	3	3.0E-03	22.56	0.0003
Muestras	0.01	3	3.0E-03	22.56	0.0003
Error	1.1E-03	8	1.3E-04		
Total	0.01	11			

Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=0.02174

Error: 0.0001 gl: 8

Muestras	Medias	n	E.E.	
Ultrasonido etanol	0.64	3	0.01	A
Agitación etanol	0.64	3	0.01	A
Ultrasonido agua	0.64	3	0.01	A
Agitación agua	0.57	3	0.01	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Anexo 5. ANOVA de materia seca total

Nueva tabla_1 : 2/4/2022 - 8:17:51 PM - [Versión : 9/20/2018]

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
MST, %	27	1.00	1.00	1.31

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	609.47	2	304.74	4201.65	<0.0001
Muestras	609.47	2	304.74	4201.65	<0.0001
Error	1.74	24	0.07		
Total	611.21	26			

Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=0.26202

Error: 0.0725 gl: 24

Muestras	Medias	n	E.E.	
YMcB	24.20	9	0.09	A
YMc	23.71	9	0.09	B
Y	13.88	9	0.09	C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)

Anexo 6. ANOVA de porcentaje de humedad

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Humedad, %	27	1.00	1.00	0.32

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	590.46	2	295.23	4580.94	<0.0001
Muestras	590.46	2	295.23	4580.94	<0.0001
Error	1.55	24	0.06		
Total	592.01	26			

Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=0.24699

Error: 0.0644 gl: 24

Muestras	Medias	n	E.E.	
Y	86.12	9	0.08	A
YMc	76.29	9	0.08	B
YMcB	76.10	9	0.08	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)

Anexo 7. ANOVA de cenizas

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Cenizas, %	27	0.80	0.78	1.67

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0.01	2	2.7E-03	48.40	<0.0001
Muestras	0.01	2	2.7E-03	48.40	<0.0001
Error	1.3E-03	24	5.5E-05		
Total	0.01	26			

Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=0.00723

Error: 0.0001 gl: 24

Muestras	Medias	n	E.E.	
YMcB	0.46	9	2.5E-03	A
YMc	0.45	9	2.5E-03	B
Y	0.43	9	2.5E-03	C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)

Anexo 8. ANOVA de proteína

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Proteína cruda, %	27	0.54	0.51	7.37

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	1.26	2	0.63	14.30	0.0001
Muestras	1.26	2	0.63	14.30	0.0001
Error	1.06	24	0.04		
Total	2.32	26			

Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=0.20438

Error: 0.0441 gl: 24

Muestras	Medias	n	E.E.	
Y	3.16	9	0.07	A
YMcB	2.72	9	0.07	B
YMc	2.68	9	0.07	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)

Anexo 9. ANOVA de grasa

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Grasa, %	27	1.00	1.00	1.64

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	7.70	2	3.85	8758.80	<0.0001
Muestras	7.70	2	3.85	8758.80	<0.0001
Error	0.01	24	4.4E-04		
Total	7.72	26			

Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=0.02040

Error: 0.0004 gl: 24

Muestras	Medias	n	E.E.	
YMc	1.68	9	0.01	A
Y	1.63	9	0.01	B
YMcB	0.52	9	0.01	C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)

Anexo 10. ANOVA de fibra

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Fibra, %	27	0.99	0.99	2.39

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	1.55	2	0.77	1720.88	<0.0001
Muestras	1.55	2	0.77	1720.88	<0.0001
Error	0.01	24	4.5E-04		
Total	1.56	26			

Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=0.02063

Error: 0.0004 gl: 24

Muestras	Medias	n	E.E.	
YMcB	1.22	9	0.01	A
YMc	0.77	9	0.01	B
Y	0.67	9	0.01	C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)

Anexo 11. ANOVA de materia orgánica

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Materia orgánica, %	9	1.00	1.00	3.4E-07

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	154.98	2	77.49	17744949332268700.00	<0.0001
Muestras	154.98	2	77.49		sd sd
Error	0.00	6	0.00		
Total	154.98	8			

Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=0.00000

Error: 0.0000 gl: 6

Muestras	Medias	n	E.E.	
YMc	23.10	3	0.00	A
YMcB	21.14	3	0.00	B
Y	13.48	3	0.00	C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)

Anexo 12. ANOVA de carbohidratos (Extracto libre de nitrógeno)

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
ELN, %	9	1.00	1.00	2.0E-07

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	664.17	2	332.09	17019412784690100.00	<0.0001
Muestras	664.17	2	332.09		sd sd
Error	0.00	6	0.00		
Total	664.17	8			

Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=0.00000

Error: 0.0000 gl: 6

Muestras	Medias	n	E.E.	
YMcB	76.44	3	0.00	A
YMc	75.63	3	0.00	B
Y	57.83	3	0.00	C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)

Anexo 13. ANOVA de polifenoles en microcápsulas

Medias

TRATAMIENTO	N	Media	Desv.Est.	IC de 95%
MB0	3	6.469	1.541	(-14.124, 27.063)
MB3	3	35.65	1.95	(15.06, 56.25)
MB6	3	48.99	2.60	(28.39, 69.58)
MS0	3	1.68	2.91	(-18.91, 22.27)
MS3	3	51.8	39.2	(31.3, 72.4)
MS6	3	62.86	6.93	(42.27, 83.46)

Desv.Est. agrupada = 16.3708

Comparaciones en parejas de Fisher

Agrupar información utilizando el método LSD de Fisher y una confianza de 95%

TRATAMIENTO	N	Media	Agrupación
MS6	3	62.86	A
MS3	3	51.8	A
MB6	3	48.99	A
MB3	3	35.65	A
MB0	3	6.469	B
MS0	3	1.68	B

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Anexo 14. ANOVA de polifenoles en yogurt de soya

Medias

TRATAMIENTO	N	Media	Desv.Est.	IC de 95%
Y0	3	73.00	1.77	(66.75, 79.25)
Y3	3	86.06	5.44	(79.81, 92.31)
Y6	3	64.09	3.42	(57.84, 70.34)
YMc0	3	81.84	7.67	(75.59, 88.09)
YMc3	3	91.91	6.06	(85.66, 98.16)
YMc6	3	71.98	2.65	(65.73, 78.23)
YMcB0	3	77.15	8.57	(70.90, 83.40)
YMcB3	3	94.156	1.559	(87.905, 100.407)
YMcB6	3	79.26	4.01	(73.01, 85.51)

Desv.Est. agrupada = 5.15349

Comparaciones en parejas de Fisher

Agrupar información utilizando el método LSD de Fisher y una confianza de 95%

TRATAMIENTO	N	Media	Agrupación
YMcB3	3	94.156	A
YMc3	3	91.91	A
Y3	3	86.06	A B
YMc0	3	81.84	B C
YMcB6	3	79.26	B C D
YMcB0	3	77.15	C D
Y0	3	73.00	D
YMc6	3	71.98	D E
Y6	3	64.09	E

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Anexo 15. ANOVA de flavonoides en microcápsulas

Medias

TRATAMIENTO	N	Media	Desv.Est.	IC de 95%
MB0	3	207	236	(11, 403)
MB3	3	93.0	55.5	(-103.2, 289.1)
MB6	3	102.8	112.1	(-93.4, 298.9)
MS0	3	193	258	(-4, 389)
MS3	3	116.3	72.9	(-79.9, 312.4)
MS6	3	76.8	52.1	(-119.4, 273.0)

Desv.Est. agrupada = 155.934

Comparaciones en parejas de Fisher

Agrupar información utilizando el método LSD de Fisher y una confianza de 95%

TRATAMIENTO	N	Media	Agrupación
MB0	3	207	A
MS0	3	193	A
MS3	3	116.3	A
MB6	3	102.8	A
MB3	3	93.0	A
MS6	3	76.8	A

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Anexo 16. ANOVA de flavonoides en yogurt de soya

Medias

TRATAMIENTO	N	Media	Desv.Est.	IC de 95%
Y0	3	72.8	74.2	(-15.7, 161.3)
Y3	3	67.8	69.2	(-20.8, 156.3)
Y6	3	72.0	70.5	(-16.5, 160.6)
YMc0	3	126.8	116.4	(38.3, 215.4)
YMc3	3	67.4	73.7	(-21.1, 155.9)
YMc6	3	63.7	61.0	(-24.8, 152.3)
YMcB0	3	112.0	29.5	(23.5, 200.5)
YMcB3	3	69.6	69.8	(-19.0, 158.1)
YMcB6	3	65.6	65.1	(-22.9, 154.2)

Desv.Est. agrupada = 72.9947

Comparaciones en parejas de Fisher

Agrupar información utilizando el método LSD de Fisher y una confianza de 95%

TRATAMIENTO	N	Media	Agrupación
YMc0	3	126.8	A
YMcB0	3	112.0	A
Y0	3	72.8	A
Y6	3	72.0	A
YMcB3	3	69.6	A
Y3	3	67.8	A
YMc3	3	67.4	A
YMcB6	3	65.6	A
YMc6	3	63.7	A

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Anexo 17. ANOVA de capacidad antioxidante en microcápsulas

Medias

TRATAMIENTO	N	Media	Desv.Est.	IC de 95%	
B0	3	0.3426	0.0000	(0.3274,	0.3578)
B3	3	0.5245	0.0000	(0.5093,	0.5397)
B6	3	0.3707	0.0000	(0.3555,	0.3859)
MB0	3	0.4936	0.0309	(0.4784,	0.5088)
MB3	3	0.609567	0.001206	(0.594359,	0.624774)
MB6	3	0.54437	0.00946	(0.52916,	0.55957)
MS0	3	0.43140	0.00799	(0.41619,	0.44661)
MS3	3	0.558133	0.001079	(0.542926,	0.573341)
MS6	3	0.4731	0.0174	(0.4579,	0.4883)

Desv.Est. agrupada = 0.0125375

Comparaciones en parejas de Fisher

Agrupar información utilizando el método LSD de Fisher y una confianza de 95%

TRATAMIENTO	N	Media	Agrupación
MB3	3	0.609567	A
MS3	3	0.558133	B
MB6	3	0.54437	B C
B3	3	0.5245	C
MB0	3	0.4936	D
MS6	3	0.4731	D
MS0	3	0.43140	E
B6	3	0.3707	F
B0	3	0.3426	G

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Anexo 18. ANOVA de capacidad antioxidante en yogurt de soya

TRATAMIENTO	0.01	8	9.5E-04	13.37	<0.0001
Error	0.01	72	7.1E-05		
Total	0.01	80			

Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=0.00793

Error: 0.0001 gl: 72

TRATAMIENTO	Medias	n	E.E.	
YMc6	0.60	9	2.8E-03	A
YMcB3	0.60	9	2.8E-03	A
YMc3	0.60	9	2.8E-03	A B
YMc0	0.60	9	2.8E-03	A B
Y0	0.60	9	2.8E-03	A B
YMcB6	0.60	9	2.8E-03	A B
YMcB0	0.59	9	2.8E-03	B
Y6	0.59	9	2.8E-03	B
Y3	0.57	9	2.8E-03	C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Anexo 19. ANOVA de cantidad de calcio del yogurt de soya

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
minerales	18	1.00	1.00	4.6E-07

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0.48	2	0.24	19285030283088500.00	<0.0001
Tratamiento	0.48	2	0.24		sd sd
Error	0.00	15	0.00		
Total	0.48	17			

Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=0.00000

Error: 0.0000 gl: 15

Tratamiento	Medias	n	E.E.	
YMcB	0.90	6	0.00	A
YMc	0.88	6	0.00	B
Y	0.54	6	0.00	C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)

Anexo 20. ANOVA de cantidad de hierro del yogurt de soya

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Fe, Unidades de medida agr..	18	1.00	1.00	6.7E-08

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	8.6E-06	2	4.3E-06	60748161527049000.00	<0.0001
Tratamiento	8.6E-06	2	4.3E-06		sd sd
Error	0.00	15	0.00		
Total	8.6E-06	17			

Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=0.00000

Error: 0.0000 gl: 15

Tratamiento	Medias	n	E.E.	
Y	0.01	6	0.00	A
YMcB	0.01	6	0.00	B
YMc	0.01	6	0.00	C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)

Anexo 21. ANOVA de cantidad de magnesio del yogurt de soya

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Mg, Unidades de medida agr..	18	1.00	1.00	2.3E-08

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0.04	2	0.02	148952174922057000.00	<0.0001
Tratamiento	0.04	2	0.02		sd sd
Error	0.00	15	0.00		
Total	0.04	17			

Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=0.00000
 Error: 0.0000 gl: 15

Tratamiento	Medias	n	E.E.
Y	1.62	6	0.00 A
YMcb	1.54	6	0.00 B
YMc	1.51	6	0.00 C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)

Anexo 22. ANOVA de cantidad de zinc del yogurt de soya

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Zn, Unidades de medida agr..	18	1.00	1.00	5.7E-09

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	1.3E-07	2	6.4E-08	776727304566249000.00	<0.0001
Tratamiento	1.3E-07	2	6.4E-08		sd sd
Error	0.00	15	0.00		
Total	1.3E-07	17			

Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=0.00000
 Error: 0.0000 gl: 15

Tratamiento	Medias	n	E.E.
YMcb	0.01	6	0.00 A
YMc	0.01	6	0.00 B
Y	4.9E-03	6	0.00 C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)

Anexo 23. ANOVA de apariencia global

Apariencia global

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Apariencia global	33	0.10	0.04	16.82

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	3.45	2	1.73	1.70	0.2005
Muestra	3.45	2	1.73	1.70	0.2005
Error	30.55	30	1.02		
Total	34.00	32			

Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=0.87871

Error: 1.0182 gl: 30

Muestra Medias n E.E.

YMcB	6.45	11	0.30	A
Y	5.82	11	0.30	A
YMc	5.73	11	0.30	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Anexo 24. ANOVA de color

Color

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Color	33	0.20	0.14	13.91

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	5.09	2	2.55	3.65	0.0381
Muestra	5.09	2	2.55	3.65	0.0381
Error	20.91	30	0.70		
Total	26.00	32			

Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=0.72701

Error: 0.6970 gl: 30

Muestra Medias n E.E.

YMcB	6.55	11	0.25	A
YMc	5.82	11	0.25	B
Y	5.64	11	0.25	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Anexo 25. ANOVA de olor

Olor

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Olor	33	0.21	0.16	17.32

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	8.42	2	4.21	4.06	0.0274
Muestra	8.42	2	4.21	4.06	0.0274
Error	31.09	30	1.04		
Total	39.52	32			

Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=0.88652

Error: 1.0364 gl: 30

Muestra Medias n E.E.

Muestra	Medias	n	E.E.	
YMcB	6.36	11	0.31	A
YMc	6.09	11	0.31	A
Y	5.18	11	0.31	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Anexo 26. ANOVA de consistencia en la boca

Consistencia en la boca

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Consistencia en la boca	33	0.02	0.00	25.69

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	1.27	2	0.64	0.31	0.7333
Muestra	1.27	2	0.64	0.31	0.7333
Error	60.91	30	2.03		
Total	62.18	32			

Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=1.24083

Error: 2.0303 gl: 30

Muestra Medias n E.E.

Muestra	Medias	n	E.E.	
YMc	5.73	11	0.43	A
YMcB	5.64	11	0.43	A
Y	5.27	11	0.43	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Anexo 27. ANOVA de sabor

Sabor

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Sabor	33	0.24	0.19	16.30

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	8.91	2	4.45	4.80	0.0155
Muestra	8.91	2	4.45	4.80	0.0155
Error	27.82	30	0.93		
Total	36.73	32			

Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=0.83856

Error: 0.9273 gl: 30

Muestra Medias n E.E.

Muestra	Medias	n	E.E.	
YMcB	6.55	11	0.29	A
YMc	5.91	11	0.29	A B
Y	5.27	11	0.29	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)

Anexo 28. ANOVA de aceptación global

Aceptacion global

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Aceptacion global	33	0.06	0.00	19.86

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	2.61	2	1.30	0.96	0.3960
Muestra	2.61	2	1.30	0.96	0.3960
Error	40.91	30	1.36		
Total	43.52	32			

Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=1.01691

Error: 1.3636 gl: 30

Muestra Medias n E.E.

Muestra	Medias	n	E.E.	
YMcB	6.27	11	0.35	A
YMc	5.73	11	0.35	A
Y	5.64	11	0.35	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)