

# UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE CIENCIA ANIMAL



**Desarrollo y evaluación de un pan funcional tipo muffin a base de residuos de *Agave salmiana* adicionado con probióticos**

Por:

**Abril Alejandra Carlos Delgado**

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

**INGENIERO EN CIENCIA Y TECNOLOGIA DE ALIMENTOS**

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.

Diciembre 2022.

Muffin funcional de harina de Agave

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA "ANTONIO NARRO"  
DIVISIÓN DE CIENCIA ANIMAL

Departamento de Ciencia y Tecnología de Alimentos

Desarrollo y evaluación de un pan funcional tipo muffin a base de residuos de *Agave salmiana* adicionado con probióticos

TESIS

Presentada por

ABRIL ALEJANDRA CARLOS DELGADO

y que somete a consideración del H. Jurado Examinador como requisito parcial para obtener el título profesional de

INGENIERO EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS

APROBADA

Dr. Mario Alberto Cruz Hernández  
Presidente

Dra. Ruth Elizabeth Belmares Cerda  
Vocal

Dra. Sonia Noemí Ramírez Barrón  
Vocal

MC. Jacqueline Renovato Núñez  
Vocal

Dr. Ricardo Vázquez Aldape

Coordinador de la División de Ciencia Animal



Buenavista, Saltillo, Coahuila, México

Diciembre 2022

*Muffin funcional de harina de Agave*

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA "ANTONIO NARRO"  
DIVISIÓN DE CIENCIA ANIMAL

Departamento de Ciencia y Tecnología de Alimentos

Desarrollo y evaluación de un pan funcional tipo muffin a base de residuos de *Agave salmiana* adicionado con probióticos

TESIS

Presentada por

ABRIL ALEJANDRA CARLOS DELGADO

Y que somete a consideración del H. Jurado Examinador como requisito parcial para obtener el título profesional de

INGENIERO EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS

Fue dirigida por el siguiente comité:



Dr. Mario Alberto Cruz Hernández  
Asesor principal



Dr. Ruth Elizabeth Belmares Cerda  
Co-asesor



Dra. Sonia Noemí Ramírez Barrón  
Co-asesor



MC. Jacqueline Renovato Núñez  
Co-asesor

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México

Diciembre 2022

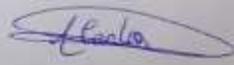
### Declaración de no plagio

Declaración de no plagio. El autor quien es responsable directo, jura bajo protesta decir la verdad, que no se incurrió en plagio o conducta académica incorrecta en los siguientes aspectos:

Reducción de fragmentos o textos sin citar la fuente o autor original (copiado y pegado); reproducir un texto propio publicado anteriormente sin hacer referencia al documento original (auto plagio); comprar, robar o pedir prestado los datos o la tesis para presentarla como copia; omitir referencias bibliográficas o citar textualmente sin comillas; utilizar material digital como imágenes, videos, ilustraciones, gráficas, mapas o datos sin citar al autor original y/o la fuente.

En este sentido, lo anterior puede ser confirmado por el lector, estando consciente de que, en caso de comprobarse plagio en el texto, no respetar los derechos del autor, edición o modificación, será sancionado por las autoridades correspondientes. Por lo anterior me responsabilizo de las consecuencias generadas en caso de existir cualquier tipo de plagio y declaro que este trabajo es original.

ATENTAMENTE

 Abril Alejandra Carlos Delgado

---

Abril Alejandra Carlos Delgado.

## Contenido

Índice de figura .....	7
Resumen .....	8
Introducción.....	9
Objetivos.....	12
Justificación.....	13
Antecedentes:.....	15
Harinas y pan:.....	15
Muffin's:.....	18
Agave salmiana .....	20
Microorganismos Probióticos .....	22
Alimentos funcionales endulzados con otro tipo de sustitutos de azúcares.....	24
Metodología: .....	29
Obtención y caracterización del bagazo: .....	29
Elaboración del muffin de harina de agave.....	30
Caracterización de las materias primas .....	32
Análisis bromatológicos de la harina de <i>Agave salmiana</i> .....	33
Determinación de Humedad y sólidos totales por método de secado en estufa.....	33
Determinación de cenizas totales por calcinación.....	34
Determinación de lípidos (Método de Soxhlet). .....	34
Determinación de proteínas por método de Kjeldahl .....	36
Evaluación de las propiedades fisicoquímicas del muffin.....	38
Evaluación de colorimetría .....	38
Análisis bromatológicos .....	39
Cultivo en medio líquido.....	39
Caracterización morfológica.....	40
Conservación de las cepas.....	41
Preparación del inóculo.....	41
Microorganismos evaluados.....	42
Determinación de viabilidad celular.....	42
Resultados y discusión.....	42
Colorimetría.....	43
<b>Abril Carlos, 2022</b>	<b>5</b>

Textura.....	45
Resultados de análisis bromatológicos .....	46
Contenido de grasa.....	46
Contenido de fibra.....	47
Contenido de proteína .....	48
Evaluación sensorial.....	49
Fermentación de microorganismos probióticos.....	50
Determinación de color de los panes fermentados con probióticos.....	52
Análisis de factibilidad del producto desarrollado .....	53
Conclusiones: .....	55
Referencias:.....	56

## Índice de figura

Figura 1. Tipos de harinas .....	15
Figura 2. Panes típicos .....	17
Figura 3. Muffin.....	19
Figura 4. Harinas funcionales.....	20
Figura 5. Agave salmiana .....	20
Figura 6. Microorganismos probióticos usos y presentaciones.....	23
Figura 7. Alimentos con probióticos .....	24
Figura 8. Uso de endulzantes.....	25
Figura 9. Sustitutos comerciales derivados de plantas.....	26
Figura 10. Composición química de la sucralosa. ....	27
Figura 11. Proceso de extracción del bagazo de Agave Salmiana .....	29
Figura 12. Bagazo de Agave salmiana seco.....	30
Figura 13. Fermentación de la masa.....	31
Figura 14. Muffin´s horneados.....	32
Figura 15. Equipo de extracción y determinación de grasa.....	35
Figura 16. Equipo de Kjeldahl para determinar proteína .....	37
Figura 17. Colorímetro .....	39
Figura 18. Gráfica de tamaños de muffins.....	43
Figura 19. Gráfica de resultados de luminosidad .....	44
Figura 20. Gráfica de resultados de valores de a y b de luminosidad .....	45
Figura 21. Gráfica de resultados de textura .....	46
Figura 22. Determinación de grasa en las formulaciones de muffin con harina de A. salmiana.....	47
Figura 23. Análisis de contenido de fibra en las formulaciones .....	48
Figura 24. Determinación de proteína en las formulaciones .....	49
Figura 25. Datos de análisis sensorial de las formulaciones del muffin .....	50
Figura 26. Evaluación microscópica de los microorganismos probióticos a) Cocos b) Bacilos.....	51
Figura 27. Evaluación cinética de los microorganismos probióticos a) Cocos b) Bacilos.....	52

## Resumen

La panadería desde tiempos antiguos ha formado parte de la alimentación del ser humano por lo que ha tenido un gran consumo. Actualmente, con los avances y desarrollos tecnológicos se ha buscado crear una gran variedad de panadería a partir de distintas harinas, algunas de estas se buscan sean harinas funcionales, es decir, que confieran beneficios a la salud del consumidor. Dentro de este amplio concepto se plantea el desarrollo tecnológico y la evaluación de un muffin con harina obtenida del bagazo de *Agave salmiana*; esta especie de agave es la usada principalmente para la producción de aguamiel. El bagazo de *Agave salmiana* puede representar una opción innovadora al ser un producto valioso por sus componentes bioactivos los cuales pueden ser aprovechados en diferentes industrias dando hincapié en la industria de la panadería. Al disponer de la materia prima para obtener harina, se llevó a cabo la ejecución de un pan tipo muffin. En este proyecto se realizó la evaluación de dicho pan en distintas concentraciones de bagazo de *Agave salmiana* para poder seleccionar la que presente mayor aceptabilidad sensorial y posteriormente, evaluar sustituyendo el endulzante sacarosa por sucralosa; Por último, se añadieron probióticos a la formulación de mayor aceptabilidad sensorial y se realizaron estudios para determinar que la fermentación fue óptima.

Se realizó el análisis bromatológico de dichas formulaciones, así como de la harina de bagazo, con el presente proyecto se crea una alternativa de panadería con características más saludables para el consumidor. Además ofrece a los productores

de aguamiel una opción al uso del bagazo de *Agave salmiana* para su aprovechamiento

**Palabras Clave:** harina de bagazo, probióticos, Agave Salmiana, muffin

## **Introducción**

Las harinas son un polvo fino el cual es obtenido de granos, hortalizas y otros alimentos ricos en almidón, éstas además pueden ser ricas en proteínas.

Los agaves se han utilizado desde hace siglos como materia prima en áreas de tierras secas para alimentos y bebidas. Desde tiempos prehispánicos y a la fecha en México el maguey tiene varios usos siendo uno de los principales la elaboración, de la tradicional bebida conocida como el pulque, el resultado de la fermentación del aguamiel.

Al aprovechar el agave, los pueblos de México se tomaron como su centro de domesticación y diversificación mediante la selección humana, pues seleccionaron el agave por sus fibras, el aguamiel o las altas cantidades de azúcares que les proporcionaba, esto sería lo que posteriormente se denominaría como *Mexcalli* que se traduce “el tallo” y las bases de las hojas (cabezas) cocidos.

En el estado de Coahuila la región sureste es caracterizada por la producción de maguey, principalmente de la especie *salmiana* y que se utiliza muy comúnmente para la obtención del “Aguamiel” que es el producto principal. Variedad de estudios han demostrado que los usos del agave para productos alimenticios generan un aporte beneficioso a la salud del consumidor.

Recientemente el uso de harinas con propiedades funcionales que representan beneficios para la salud con fines determinados en ciertos padecimientos o bien por sus características nutrimentales, han tenido un gran auge.

Las harinas funcionales son aquellas que presentan compuestos naturales y con beneficios a la salud, sin contenido químico adicionalmente tienen muchas propiedades entre las cuales se destacan una fina textura, mejoran el proceso digestivo, más nutritivas, entre otras.

Dentro de los alimentos funcionales, están los probióticos; La OMS refiere que los probióticos son microorganismos vivos que cuando son administrados en cantidad adecuada confieren un efecto beneficioso sobre la salud del huésped.

Entonces, los alimentos probióticos son aquellos que una vez fermentados, contienen levaduras y bacterias vivas las cuales son beneficiosas para el sistema digestivo. El consumo regular contribuye a mejorar la microbiota intestinal, conocida coloquialmente como flora.

Es decir, tomar probióticos es principalmente beneficioso para el conjunto de microorganismos vivos que residen en nuestros intestinos y que influyen en nuestra salud desde distintas formas como: mejora de digestión, una metabolización óptima en los carbohidratos y una mayor absorción de nutrientes; asimismo en la síntesis de vitaminas como lo son la K y el complejo B (principalmente la tiamina) las cuales refuerzan el sistema inmune.

El pan de pulque es un producto tradicional en la región norte de nuestro estado y es considerado como parte de la cocina saltillense (Sánchez y Salas, 2018), este se

obtiene mediante el aprovechamiento de esta bebida fermentada durante la elaboración del pan le proceso de fermentación con la microbiota nativa del pulque le dará a la masa una buena calidad organoléptica, con volumen suficiente, apariencia atractiva al consumidor en cuanto al color y la forma, que tenga una miga fina y uniforme y sea lo suficientemente suave al paladar, pero al mismo tiempo mejores propiedades nutrimentales y con bajo índice glicémico en comparación con los existentes en el mercado, haciéndolo potencialmente apto para el consumo de personas diabéticas.

Por lo tanto, en el presente proyecto se plantea el desarrollo tecnológico y evaluación de un pan de pulque tipo muffin con harina obtenida del bagazo de *Agave salmiana* con propiedades funcionales el cual está adicionado con probióticos, que sea aceptable para el consumidor y tenga características favorables a la salud.

## Objetivos

### **Objetivo General:**

Desarrollar un pan tradicional de pulque con innovaciones en la forma de tipo muffin adicionado con residuos de la obtención del aguamiel para la elaboración de una harina de *Agave salmiana*, evaluando el endulzado con distintos tipos de azúcares y además evaluar el proceso de fermentación láctica utilizando microorganismos probióticos que permitan elevar las propiedades benéficas a la salud.

### **Objetivos específicos:**

- Obtener y caracterizar el bagazo residuo del proceso de elaboración del aguamiel para procesarlo en harina de *Agave salmiana*.
- Establecer y probar las formulaciones utilizando distintas concentraciones de harina de *Agave salmiana* en los muffins.
- Elaborar y evaluar las diferentes formulaciones utilizando bajo contenido en azúcares, y comparar con el uso de splenda como sustituto del azúcar.
- Analizar las formulaciones desarrolladas para el muffin determinando las propiedades nutrimentales (fibra, grasa, proteína) y sensoriales (textura, sabor, regusto, dureza y color).

- Realizar una fermentación láctica mediante el uso de microorganismos probióticos e incorporarlos en la formulación que presente las mejores características nutrimentales y sensoriales.
- Realizar un análisis de factibilidad económica en el sector productivo de los muffins desarrollados.

### **Justificación**

Los avances científicos sugieren que los fructanos de agave tienen un gran potencial uso para tratar y prevenir enfermedades dentro de las cuales se puede mencionar el cáncer colorrectal, el sobrepeso, la obesidad, la diabetes, la osteoporosis además de que tiene propiedades de protección cerebral (Espinosa,2021). Gracias a estos estudios se aceleran el desarrollo de nuevos productos alimenticios funcionales que busquen satisfacer y expectativas de los consumidores.

Al disponer del bagazo como materia prima se busca crear un alimento que tenga un aporte nutrimental y que ayude a resolver una necesidad o una problemática.

Una planta que posee propiedades para ayudar a problemas de este tipo es el *Agave salmiana*, la cual ha tenido muy pocas aplicaciones dentro de la industria alimentaria dejando de lado sus grandes beneficios; principalmente fuente de fitomoléculas por lo que es considerada con gran potencial para el desarrollo de diferentes productos alimenticios funcionales.

El bagazo de la planta de *Agave salmiana* tiene un potencial de aprovechamiento favorable en la industria agroalimentaria. Por ende, puede ser utilizado para la

elaboración de una harina funcional en un producto tradicional como el pan de pulque y favorezca al consumo humano por su valor nutricional.

El uso del residuo es una alternativa amigable con el medio ambiente, sin efectos nocivos a la salud de las personas y puede ayudar puesto que se está dando un aprovechamiento a lo que se ha considerado por tanto tiempo un desecho.

El desarrollo de un producto innovador como lo resulta ser este muffin utilizando algo que los productores consideran desperdicio representa un gran impacto en estas regiones, de modo que abre las puertas para una nueva oportunidad de mercado, así como la generación de empleos en estas comunidades aumentando la calidad de vida en la sociedad.

## Antecedentes:

### Harinas y pan:

Las harinas pueden ser obtenidas de distintos granos y cereales, usualmente la harina es de trigo y está se utiliza principalmente para la elaboración del pan, también es común el uso del centeno de cebada, avena, de maíz y de arroz.



Figura 1. Tipos de harinas

La harina es el producto final que se obtiene mediante un proceso de molienda de granos a través de molinos de rodillos. Primero se separa el salvado del grano y del germen del espodermo y luego se reduce hasta obtener la harina con el menor contenido de salvado.

Cuando se habla de la fuerza de una harina, se refiere al contenido de proteína y gluten siendo este último el responsable de retener el aire en la masa y que los productos horneados no pierdan su forma y a su vez tengan un mayor volumen de leudado.

En Europa la clasificación más utilizada, se basa en la cantidad de gluten o proteínas que contiene la harina y se puede encontrar en (Sifre María, 2018)

Harina extrafuerte: contiene un alto porcentaje de proteínas (sobre el 13%). Su uso principal es la elaboración de pastas alimenticias.

Harina fuerte: el porcentaje de proteína varía entre un 10% y 12%. Se utiliza para la elaboración de productos de panificación.

Harina débil: contiene un porcentaje del 7 y 9% , su principal uso es la elaboración de repostería y galletas. No es apta para el pan por que no mantiene una estructura firme, por su bajo contenido en gluten.

El contenido de gluten como el de fibra de una harina determinan la cantidad de agua que está absorberá. De manera general, cuanta más fuerza (gluten) tenga la harina, más agua absorberá. El denominador común de las diversas harinas vegetales es carbohidrato complejo conocido como almidón.

Hablar de la harina es hablar de la panificación. Los egipcios fueron los creadores de este producto, elaboraban la masa con grano molido de manera rudimental y le añadían únicamente agua. Con el transcurso del tiempo fue variando tanto en el proceso como en la cocción. Al pasar el tiempo, la elaboración del pan se extendió por el mundo hasta ser fundamental en la alimentación por sus beneficios nutricionales, fácil digestión y exquisito sabor.



Figura 2. Panes típicos

En la actualidad, el pan es uno de los alimentos básicos que es posible encontrar en casi cualquier tienda de alimentación. La mezcla, mayormente suele contener levaduras para que se fermente la masa y esta contenga un mayor índice de leudado y tierna. La adición de la levadura provoca la fermentación de la masa antes de pasar al proceso de horneado y como consecuencia proporciona un mayor volumen y esponjosidad debido a la producción de pequeñas burbujas de dióxido de carbono que se quedan inmersas entre la masa húmeda de la harina.

El proceso de panificación comprende de dos sustancias fundamentales las cuales son:

Gluten: es el conjunto de proteínas insolubles en agua procedentes de los cereales molidos, estos proporcionan a la masa un aspecto viscoso similar al del chicle. El gluten es también el responsable de retener el dióxido de carbono liberado durante la fermentación y provocar el hinchamiento de la masa. Cuando estas proteínas se encuentran en un medio seco son inertes, pero en un medio acuoso las cadenas de

aminoácidos empiezan a alinearse formando así redes de proteínas las cuales dan la textura fina a la masa.

Almidón: este representa el 70% de peso de la harina y posee como funcionalidad la energía necesaria para que la masa para crecer. El almidón tiene como función de distribuir la humedad de forma homogénea durante el amasado y a su vez proporcionar una estructura semisólida a la masa.

### **Muffin's:**

Dentro de las categorías de pan dulce, existe una gran variedad, con distintas características y variabilidades entre las cuales se puede mencionar como el tipo de harina, componentes del pan, proceso de elaboración, aditivos y/o algunos otros ingredientes.

El muffin es un tipo de pan caracterizado por su gran esponjosidad así como su peculiar forma cilíndrica con una superficie más ancha; en forma de un hongo.



**Figura 3. Muffin**

Es importante mencionar la diferencia existente entre un muffin y un cupcake es que el muffin presenta un aporte nutritivo y este puede ser dulce o salado, mientras que el cupcake es dulce y generalmente presenta decoración en la parte superior.

Gracias a los desarrollos tecnológicos en la industria alimentaria, se ha buscado crear y desarrollar harinas a partir de diferentes granos o productos hortofrutícolas que favorecen la alimentación por su contenido nutrimental y a su vez puedan tener una aceptabilidad en el mercado.



**Figura 4. Harinas funcionales**

Generalmente, este tipo de harinas se encuentran principalmente en productos horneados como los muffins, debido a que de esta manera puede contener la cantidad proporcional para una dieta saludable y proporcionar beneficios a la salud.

### **Agave salmiana**



**Figura 5. Agave salmiana**

El “maguey pulquero” (*Agave salmiana*) es la planta más característica del altiplano de México y tiene como subproducto principal el pulque, los cuales forman parte de la tradición cultural del pueblo nacional. Parte de las tierras semiáridas y templadas del altiplano central fueron adaptadas para el cultivo del agave, sin embargo, dos factores influyeron en la localización de las zonas

productoras de pulque: la cercanía de abastos a los grandes centros de consumo y la antigua zona de plantación magueyera.

Al año, generalmente son 72 toneladas de agave las que extraen los productores, de estos se generan 12 toneladas de bagazo y dicho residuo o las fibras que se quedan a la intemperie y se vuelven una fuente de contaminación, después de extracción del jugo del agave. (Tecnológico nacional de México, 2018).

El uso comúnmente de dicho bagazo es para la alimentación de ganado o en su defecto, se desperdicia. Diversos estudios han demostrado que los fructanos del *agave salmiana* promueven el crecimiento de bacterias probióticas por lo cual puede usarse como un ingrediente funcional para la prevención de enfermedades gastrointestinales (Andrade, 2019).

Estos fructanos de agave son carbohidratos fotosintéticos que son utilizados por las plantas de agave como sustancias osmoprotectoras durante condiciones de sequía, pero también actúan como carbohidratos de reserva para la obtención de energía para diversos procesos metabólicos (Barreto, 2010). Las Normas Oficiales Mexicanas (NMX-F-591-SCFI, 2010) definen a los fructanos de agave como “todos los polímeros de fructanos con o sin unidades de glucosa internas o terminales unidas por enlaces. La gran solubilidad de dichos fructanos del agave, hacen que sean ingredientes ideales para una gran variedad de aplicaciones entre las cuales están los productos horneados, productos lácteos, bebidas y conservas de frutos.

Además de los fructanos también este contiene un alto contenido de hemicelulosa, celulosa, inulina y lignina lo que esto lo convierte en una excelente fuente natural de biopolímeros.

## **Microorganismos Probióticos**

La demanda del mercado nacional e internacional ha impulsado en los últimos años una nueva línea de alimentos funcionales probióticos, que además de su valor intrínseco, ayuda a mantener el estado de salud general del organismo y además puede tener un efecto benéfico adicional o preventivo en el huésped.

Los productos comerciales que contiene probióticos utilizan como vehículo a suplementos y alimentos.

El aumento en el consumo de granos enteros es una buena oportunidad para utilizarlos como vehículos para probióticos, debido a su contenido de carbohidratos complejos, antioxidantes, fotoquímicos y otros compuestos bioactivos (Castillo-Escandón y col. 2019)

Los carbohidratos complejos sirven de fuente de carbono a los probióticos, aumentando con ellos sus posibilidades de supervivencia.



Figura 6. Microorganismos probióticos usos y presentaciones

Otra posibilidad de incorporar los probióticos es barra de cereales, galletas y pan (entre otras). Algunos de estos productos indican una vida de anaquel entre los 6 y 12 meses. La incorporación de probióticos en pan y otros productos horneados (pizzas, muffins, galletas, pastelillos) resulta de gran interés debido a que son alimentos económicos, consumidos por las poblaciones de todo el mundo. Sin embargo, representa un reto tecnológico debido a las temperaturas de cocimiento y a la pérdida de viabilidad que ocurre al almacenar estos productos a temperatura ambiente. (Castillo-Escandón y col. 2019)



Figura 7. Alimentos con probióticos

### **Alimentos funcionales endulzados con otro tipo de sustitutos de azúcares.**

El consumo de alimentos y bebidas que contienen edulcorantes no calóricos ha aumentado significativamente en los últimos años. Entre la amplia variedad de edulcorantes podemos mencionar a la sacarina, aspartame, sucralosa, asulfame, la recién agregada Stevia, entre otros.

Los edulcorantes artificiales o sustitutos del azúcar se utilizan habitualmente en personas con problemas a la salud como el sobrepeso, diabetes y personas con síndromes metabólicos debido al poder edulcorante que poseen, a sus valores no calóricos y a su metabolización independiente de la insulina.

El xilitol, un edulcorante natural con estas aplicaciones, se utiliza principalmente en la industria alimentaria y farmacéutica, en productos alimenticios para la prevención de

las caries, así como sustituto de endulzante para personas diabéticas insulino dependientes. Su poder edulcorante se encuentra en un rango de 0,87 – 1 y tiene aproximadamente un 40% (2,4 cal/g) menos de calorías respecto a la sacarosa. Los alcoholes de azúcar, especialmente el xilitol es reconocido como edulcorantes más saludables puesto que su forma de extracción es natural, son bajos en calorías y tienen numerosos efectos positivos sobre la salud: son agentes terapéuticos en la anemia hemolítica, previenen la osteoporosis y enfermedades respiratorias. Por otro lado, se destacan sus propiedades organolépticas dado que poseen un buen sabor sin retrogusto desagradable, aportan sensación de frescura y aumentan el flujo salival.



**Figura 8. Uso de endulzantes**

La Stevia, conocida también como el edulcorante milagroso es considerada el mejor sustituto del azúcar debido a que es hasta trescientos veces más dulce y no contiene un aporte calórico.

Los compuestos responsables del dulzor de la *Stevia rebaudiana* son los glucósidos de esteviol aislados e identificados como esteviósido, esteviolbiónido, rebaudiósido A, B, C, D, E y F y dulcósido. Éstos se encuentran en las hojas de la planta en porcentajes variables según sea la especie y de la planta y el cuidado agronómico.

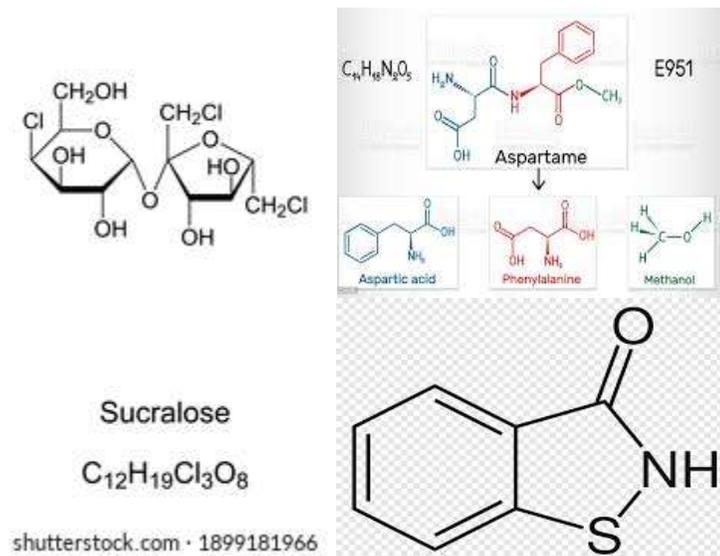
Mientras que la Splenda es una endulzante artificial derivada de la sacarosa específicamente la sucralosa, la cual es modificada químicamente, el endulzante Splenda funciona como alternativa para el azúcar, al disminuir las calorías no deseadas de los azúcares agregados sin perder el dulzor.



**Figura 9. Sustitutos comerciales derivados de plantas**

Descubierta en 1976 la sucralosa es un endulzante si calorías y con un sabor muy similar al del azúcar, dado que proviene de ella. La sucralosa como tal se obtiene de un proceso en el que a través de varios pasos se modifica la molécula del azúcar.

Se considera uno de los a endulzantes más utilizados luego del azúcar, debido a su gran poder de dulzor que es 600 veces más que el azúcar, lo que significa que puede alcanzar el mismo dulzor del azúcar con una cantidad considerablemente menor.



**Figura 10. Composición química de la sucralosa.**

Existen muy pocas *PATENTES* que se refieran al desarrollo de alimentos usando Agave, como MX/a/2015/006009 que se refiere a una bebida no láctea y no alcohólica elaborada a base de jugo de *Agave salmiana*, adicionada con bacterias ácido-lácticas con potencial probiótico. La patente MX/a/2017/016141 se refiere a un producto a base de aguamiel de maguey para su uso en el control de la glucosa en personas con

síndrome metabólico y/o diabetes. Así mismo, la patente MX/a/2007/008741 habla del proceso para la obtención y conservación de una pasta de maguey comestible derivado de la cocción de las bases de las pencas y del corazón de la piña del maguey y preparación de harinas, tortillas y tostadas a base de pasta de maguey comestible. Fuera de esto no existe más información de propiedad intelectual registrada al menos en las que se encuentra de acceso abierto en nuestro país. Haciendo este proyecto un proceso innovador.

**Metodología:**

**Obtención y caracterización del bagazo:**

Para la obtención del bagazo primeramente se extrae el aguamiel del corazón del *agave salmiana*, posteriormente las paredes de la piña del *agave salmiana* son raspadas con una espátula, el residuo extraído es el bagazo, que luego de ser extraído pasa bajo el sol durante un día.



**Figura 11. Proceso de extracción del bagazo de Agave Salmiana**

El bagazo luego pasa por un proceso de secado en un desecador a una temperatura de 50°C por 24 horas. Una vez secado el bagazo, se realiza la molienda en un molino pulverizador de granos por un minuto y pasa por un proceso de tamizado con malla del número cuarenta para obtener como producto final una harina fina.



Figura 12. Bagazo de Agave salmiana seco

### **Elaboración del muffin de harina de agave**

Se mezclan los ingredientes (250 mL de pulque, 50 mL de miel de agave, 15 g de levadura, 100 g de azúcar, 2 huevos, 1 cucharada de vainilla, 5 g de canela previamente molida, 150 g de mantequilla, 400 gr de harina de trigo, 5 g de mejorador de pan).

De acuerdo a las distintas formulaciones establecidas, varía el porcentaje de cantidad de harina de agave.

**Tabla 1. Concentración de harina de Agave para formulaciones.**

ingredientes	control	F1	F2	F3
Harina de trigo	100%	90%	80%	70%
Harina de agave	0	10%	20%	30%

Posteriormente de mezclado pasa por un proceso de fermentación durante 24 horas, para mejorar resultados, la masa debe estar tapada.



**Figura 13. Fermentación de la masa**

Como etapa final del proceso, se hornea a 180° C durante 18 minutos.



Figura 14. Muffin's horneados

## Caracterización de las materias primas

### Evaluación de colorimetría

Se realizó por triplicado la evaluación de color en las harinas obtenidas. Se seleccionó el área de medición.

Para la medición se utilizó un colorímetro manual (PCE-CSM 2), centrando el dispositivo de manera uniforme sobre la superficie de lectura. Se registraron los valores  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ , H y C. Realizando 3 repeticiones sobre la muestra.

Siendo cada uno de los valores lo siguiente:

- $L^*$ = Luminosidad
- $a^*$ = Tendencia a color Rojo
- $b^*$ = Tendencia a color Amarillo
- H= Saturación

- C= Tonalidad

### **Análisis bromatológicos de la harina de *Agave salmiana***

Se realizó el análisis bromatológico para las materias primas por triplicado de cada muestra usando las metodologías de la AOAC descritas a continuación:

### **Determinación de Humedad y sólidos totales por método de secado en estufa.**

Pesar de 2 a 3 g de muestra en un crisol de porcelana (previamente pesado después de tenerlo a peso constante 2 horas a 130 °C aproximadamente). Secar la muestra en la estufa 2 horas a 100-110 °C. Retirar de la estufa, tapar, dejar enfriar en el desecador y pesar tan pronto como se equilibre con la temperatura ambiente. Repetir hasta peso constante.

Calcular el porcentaje de humedad, reportándolo como pérdida por secado a 100-110 °C y el residuo del polvo como sólidos totales.

Cálculos

$$\% \text{ Humedad} = \frac{(A - B) \times 100}{W}$$

% Sólidos totales = 100 - % Humedad

A = Peso de la caja con muestra en g

B = Peso de la caja con muestra desecada en g

W = Peso de la muestra en g.

### **Determinación de cenizas totales por calcinación.**

Poner a peso constante un crisol 2 horas aproximadamente en la mufla a 600 °C.

Pesar de 3 a 5 g de muestra en el crisol (la muestra no debe sobrepasar la mitad del crisol) previamente pesado. Calcinar la muestra, primeramente, con un mechero en la campana hasta que no se desprendan humos y posteriormente meter a la mufla 2 horas cuidando que la temperatura no pase de 550 ° C. Repetir la operación anterior si es necesaria, hasta conseguir unas cenizas blancas o ligeramente grises, homogéneas. Enfriar en desecador y pesar.

Calcular el porcentaje de cenizas:

$$\% \text{ cenizas} = \frac{(P - p) \times 100}{W}$$

P= Peso del crisol con las cenizas en gramos

p = peso del crisol vacío en gramos

W = Peso de la muestra en g

### **Determinación de lípidos (Método de Soxhlet).**

Colocar a peso constante un matraz bola de fondo plano con perlas o piedras de ebullición en la estufa a 100°C, aproximadamente 2 horas. Pesar de 4 a 5 g de muestra sobre un papel, enrollarlo y colocarlo en un cartucho de celulosa, tapar con un algodón (No apretar el algodón contra la muestra) y colocar el cartucho en el extractor.



**Figura 15. Equipo de extracción y determinación de grasa**

Conectar el matraz al extractor, en el que se debe encontrar el cartucho con la muestra, y posteriormente conectar éste al refrigerante. (No poner grasa en las juntas). Agregar dos cargas del disolvente (generalmente éter etílico) por el refrigerante y calentar el matraz con parrilla a ebullición suave. Para verificar que se ha extraído toda la grasa, dejar caer una gota de la descarga sobre papel filtro, al evaporarse el disolvente no debe dejar residuo de grasa.

Una vez extraída toda la grasa, quitar el cartucho con la muestra desengrasada, seguir calentando hasta la casi total eliminación del disolvente, recuperándolo antes de que se descargue. Quitar el matraz y secar el extracto en la estufa a 100°C por 30 minutos, enfriar y pesar.

Calcular el porcentaje de grasa:

$$\% \textit{grasa} = \frac{(m_2 - m_1) \times 100}{W}$$

M2 = matraz con extracto etéreo en g.

M1 = matraz a peso constante vacío en g.

W = peso de la muestra en g.

### **Determinación de proteínas por método de Kjeldahl**

Pesar de 0.1-0.2 g de muestra e introducir en un tubo de Kjeldahl, y agregar 0.15 g de sulfato de cobre pentahidratado, 2.5 g de sulfato de potasio o sulfato de sodio y 10 mL de ácido sulfúrico concentrado.

Encender el aparato y precalentar a la temperatura de 360 °C. Colocar los tubos en el portatubos del equipo Kjeldahl y colocarlo en el bloque de calentamiento. Poner la unidad de evacuación de gases con las juntas colocadas sobre los tubos de digestión. Accionar la trampa de succión de gases antes de que se produzcan estos. Calentar hasta total destrucción de la materia orgánica, es decir hasta que el líquido quede transparente, con una coloración azul verdosa.

Una vez finalizada la digestión, sin retirar la unidad de evacuación de gases, colgar el portatubos para enfriar. Después del enfriamiento, terminar la digestión con la tecla “stop” y desconectar la trampa. En un matraz Erlenmeyer de 250 mL adicionar 50 mL de HCl 0.1 N y unas gotas de indicador fenolftaleína.

Conectar el aparato de destilación y esperar unos instantes para que se genere vapor. Colocar el tubo de digestión con la muestra diluida y las sales disueltas en un volumen

no mayor de 10 mL de agua destilada, en el aparato de destilación cuidando de introducir la alargadera hasta el fondo de la solución.

Adicionar sosa caustica (NaOH) al 36% (hasta 40 mL aproximadamente). Colocar la palanca de vapor en posición "ON" hasta alcanzar un volumen de destilado en el matraz Erlenmeyer de 100-150 mL, lavar la alargadera con agua destilada, recoger el agua de lavado sobre el destilado. Una vez finalizada la destilación, regresar la palanca de vapor a la posición original.



**Figura 16. Equipo de Kjeldahl para determinar proteína**

Titular el exceso de ácido (en el caso de recibir el destilado en HCl 0.1N) con una solución de NaOH 0.1 N. En el caso de recibir con ácido bórico, con una solución de HCl 0.1N. Calcular el % de proteína considerando las reacciones que se llevan a cabo.

$$\%N = (A - B) * N * \frac{14}{P} * 10$$

Dónde:

A= ml gastados de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> al titular la muestra

N= normalidad del H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>

P= peso de la muestra

10= factor para convertir en porcentaje

14= peso equivalente del N

B= 5.1 ml gastados de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> al titular el blanco

## **Evaluación de las propiedades fisicoquímicas del muffin**

### **Evaluación de colorimetría**

Se evaluó el color para cada una de las formulaciones de muffin de las cuales se seleccionó el área de medición. Para la medición se utilizó un colorímetro manual (PCE-CSM 2), centrando el dispositivo de manera uniforme sobre la superficie de lectura. Se registraron los valores L\*, a\*, b\*, H y C. Realizando 3 repeticiones de cada muestra.



Figura 17. Colorímetro

### Análisis bromatológicos

Se determinó la cantidad de proteínas, grasas, fibra, cenizas y humedad siguiendo los métodos antes descritos de la AOAC para su correcto análisis y carbohidratos por diferencia.

### Cultivo en medio líquido

Los microorganismos aislados en este estudio fueron inoculados en caldo y agar MRS cuya composición por litro se presenta en la siguiente tabla:

Tabla 2. Composición para agar MRS

Composición	gr/L
Peptona universal	10
Extracto de carne	5
Extracto de levadura	5

**Abril Carlos, 2022**

Dextrosa	20
Fosfato de potasio	2
Citrato de sodio	2
Sulfato de magnesio	0.1
Sulfato de manganeso	0.05
Acetato de sodio	5
Tween 80	1 mL

Preparación del medio:

Se preparó el medio de cultivo que fue MRS (la composición por 1L se muestra en la tabla anterior) disolviendo 62.15 gr en 1 L de agua destilada y se añadió 1 mL de tween 80, posteriormente se calentó en un agitador constante hasta llegar a la disolución, después de haber obtenido el medio se esterilizo en autoclave 15 minutos a 120 libras de atm. Se esperó a que se enfriará el medio de cultivo y luego se vació 10 mL en cada caja Petri.

### **Caracterización morfológica**

La caracterización de las cepas se realizó mediante una tinción de Gram para luego ser observadas en el microscopio. La aplicación de esta tinción permite clasificar las bacterias de los grupos Gramm positivas y Gramm negativas.

Este comportamiento diferencial frente a la tinción de Gramm obedece a la distinta composición de la pared celular de estos grupos bacterianos, mientras las bacterias Gramm positivas poseen una gruesa malla peptidoglicano, en su parte más externa,

**Abril Carlos, 2022**

las bacterias Gram negativas poseen solo una fina capa de peptidoglicano, que esta además envuelta por una membrana, la membrana externa (Gamazo, 2005).

### **Conservación de las cepas**

Para mantener las cepas viables se almacenaron en tubos Ependorff, se elaboró una solución de 100 mL de leche descremada con 10 mL de glicerol, posteriormente se esterilizo en el autoclave y se tomó la solución esteril 500  $\mu$ L y 500  $\mu$ L del cultivo de cepas, colocándolas en los tubos de Ependorff, a continuación se almacenaron en congelación para mantenerlas.

Para la realización del otro método de conservación se llevó a cabo el proceso de liofilizaron, debido a que es un benéfico sistema de conservación de microorganismos por que la operación es compatible con el procesamiento en condiciones que evitan o minimizan las posibilidades de contaminación (Mafart y Beliard, 1994).

Se agregaron 500  $\mu$ L de leche descremada y 500  $\mu$ L de cultivo de cepas. Se centrifugó a 4500 revoluciones por 30 minutos, más adelante se almacenaron en un ultra-congelador a  $-80^{\circ}\text{C}$  durante 24 horas, transcurrido el tiempo se colocó en el liofilizador (Labconcon de 6 litros) durante 72 horas.

### **Preparación del inoculo**

En un matraz Erlenmeyer de 500  $\mu$ L se preparó el medio de cultivo liquido de MRS, a continuación se esterilizo a  $121^{\circ}\text{C}$  durante 15 minutos.

En condiciones asépticas, se preparó añadiendo a 30 mL del medio en cada frasco que anteriormente fue sometido a esterilización; 1 mL de cada una de las cepas. Se

incubo durante 24 horas en condiciones de anaerobiosis a 37°C , para garantizar el máximo crecimiento exponencial.

### **Microorganismos evaluados**

Para la presente investigación se emplearon las cepas de *Lactobacillus Casei* y *Enterococcus faecium* , estas cepas fueron añadidas a la masa antes del proceso de fermentación de la formulación F1, una vez añadidas se continuo con el proceso de fermentación durante 24 horas, pasado el tiempo de fermentación se procedió al horneado bajo las mismas condiciones que anteriormente se establecieron para las distintas formulaciones.

### **Determinación de viabilidad celular**

Se verifico la viabilidad celular mediante el conteo de unidades formadoras de colonias (UFC) para determinar el número presente de bacterias en las colonias, se realizaron diluciones seriadas , sembrando por el método de estrías por agotamiento 100 µL de cada muestra en frascos con MRS con la finalidad de tener colonias aisladas para poder realizar el conteo de colonias.

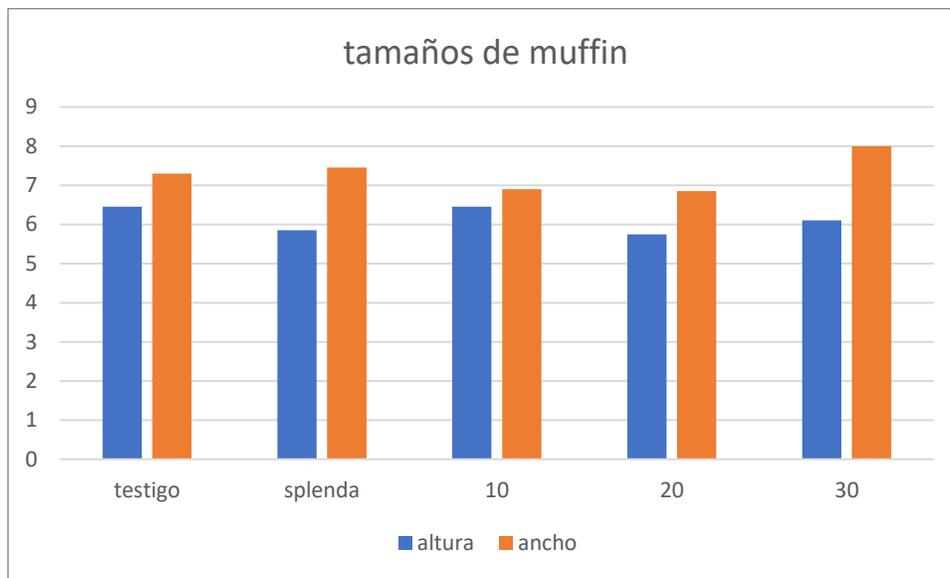
Se evaluaron distintas características en el muffin horneado adicionado con probióticos como la colorimetría en distintas cinéticas (6 horas, 9 horas, 12 horas y 24 horas).

### **Resultados y discusión**

Se hornearon formulaciones en moldes para pan (muffin) grande.

El testigo es la formulación que presenta un contenido de 0% de harina de bagazo de Agave salmiana, la formulación de Splenda tiene un contenido de 20% de harina de bagazo.

Posteriormente, se realizaron mediciones en cuanto a sus medidas y se obtuvieron los resultados a continuación:



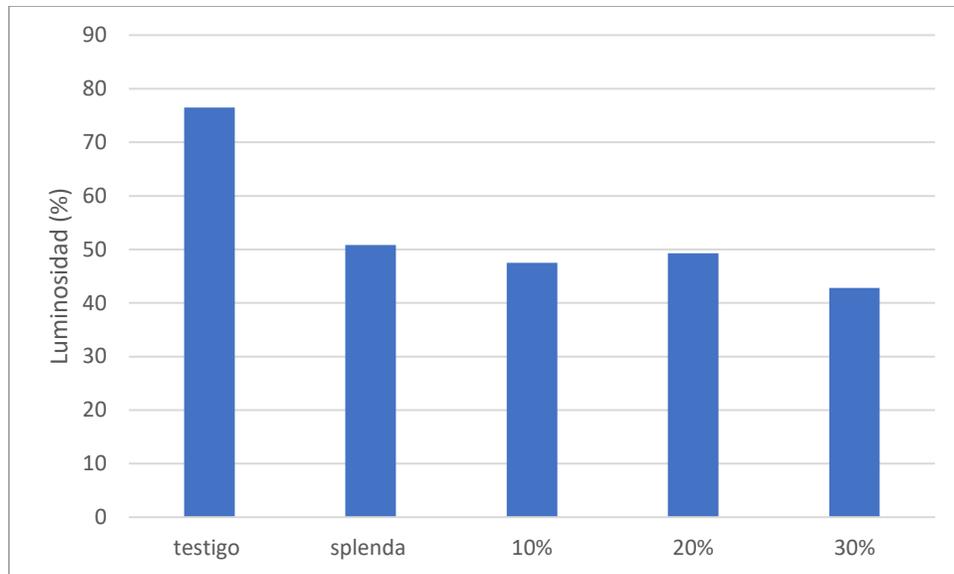
**Figura 18. Gráfica de tamaños de muffins**

En la parte superior, presentaba un mayor tamaño y mayor leudado que en un cuerpo inferior. La formulación testigo presenta un mayor tamaño debido a que la harina de trigo es rica en gluten y este es el responsable de atrapar el dióxido de carbono liberado durante la fermentación y provoca el inchamiento de la masa.

## **Colorimetría**

Se obtuvieron los siguientes resultados en pruebas por triplicado en el muffin.

**Abril Carlos, 2022**



**Figura 19. Gráfica de resultados de luminosidad**

El porcentaje de luminosidad de las formulaciones con harina de *Agave salmiana* fue bajo debido a que la harina, confiere un color café oscuro al muffin. Por lo tanto a mayor concentración de harina de *agave salmiana* en el pan, menor porcentaje de luminosidad.

Respecto a los valores de a y b se obtuvieron los resultados que a continuación se presentan en la gráfica

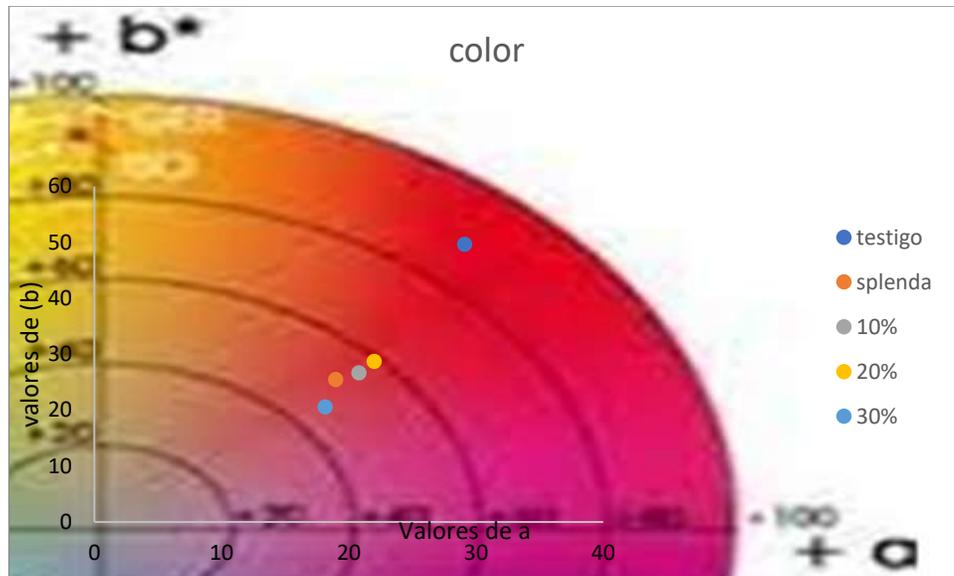


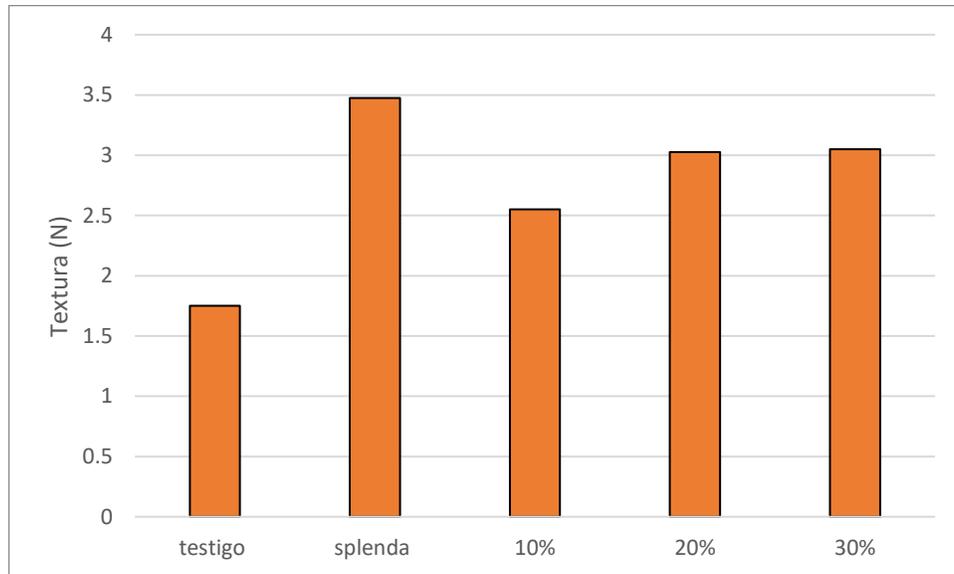
Figura 20. Gráfica de resultados de valores de a y b de luminosidad

En la figura numero 20 podemos observar que de acuerdo al diagrama cielab la formulación testigo presenta una variabilidad de color con las formulaciones que contienen harina de *Agave salmiana*. Dichas formulaciones presentan un color similar, a excepción de la formulación del 30% ya que está llega al nivel del 60 en el eje de las b.

## Textura

Las pruebas de textura se realizaron con un texturometro el cual previamente fue calibrado. Se llevaron a cabo con el fin de obtener los valores en Newtons. Está gráfica nos muestra que el pan con mayor índice de acuerdo a las pruebas con el texturometro es el muffin endulzado con Splenda y concentración del 20% de harina de *Agave salmiana*. De acuerdo a los valores obtenidos, podemos decir, que las formulaciones que contienen harina de bagazo de agave salmiana presentan una menor suavidad que la formulación testigo además de tener una mayor firmeza por lo que tienen la

ventaja de mantener su estructura física. Se observó que esta propiedad física se mantiene durante el tiempo determinado la prueba.



**Figura 21. Gráfica de resultados de textura**

## Resultados de análisis bromatológicos

Para poder caracterizar las formulaciones desarrolladas se realizaron pruebas nutricionales obteniendo los siguientes gráficos como resultados:

### Contenido de grasa

Se evaluaron las formulaciones de muffin sustituyendo el contenido de harina de trigo por harina de maguey. En la figura 22 se puede observar como las concentraciones de harina sustituida presentan diferencias en cuanto a la forma y el color, pero para el caso de grasas se observa un aumento en la muestra de 10 y 30 % mientras que en

las de 20 se muestra una disminución. Todas las muestras presentaron mayor contenido de grasa.

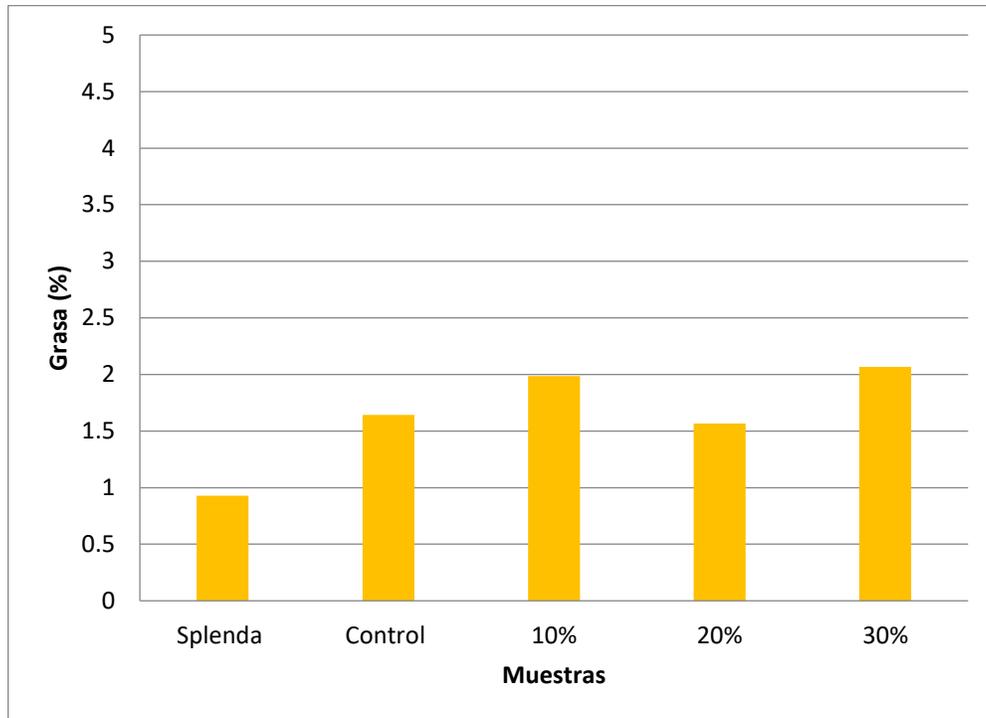


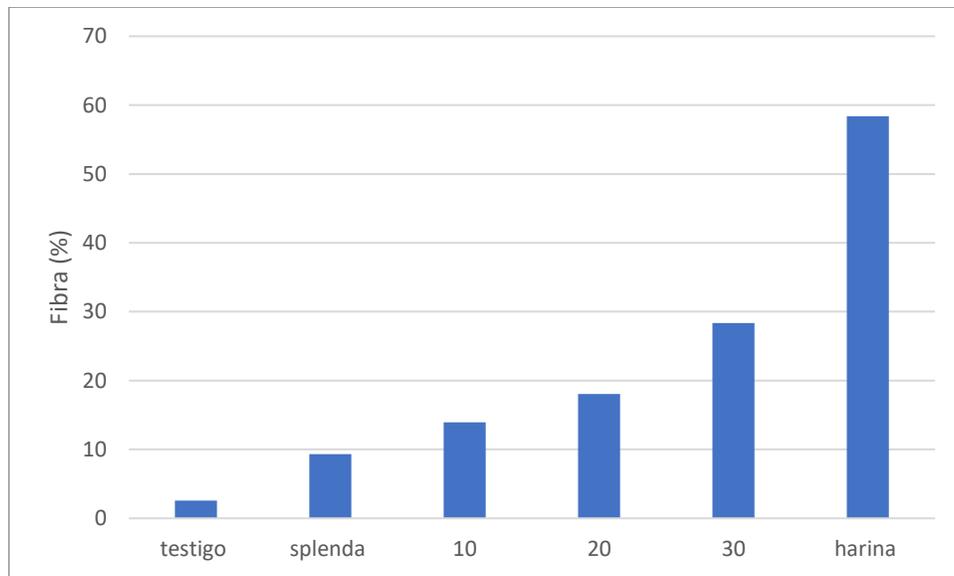
Figura 22. Determinación de grasa en las formulaciones de muffin con harina de *A. salmiana*

### **Contenido de fibra**

Otro aspecto muy importante a determinar en este prototipo que se propone es la cantidad de fibra que se añade al utilizar este tipo de materiales ya que los beneficios que se obtiene son aprovechados en la salud.

Este comportamiento se observa claramente en la ilustración 23 donde se presentan los resultados obtenidos de la determinación de fibra en las diferentes formulaciones analizadas.

Es importante resaltar que la harina de Agave salmiana es rica en contenido de fibra y está aporta fibra las formulaciones 10, 20 y 30%. Mientras que la formulación testigo, la cual es harina de trigo tiene un muy bajo contenido de fibra.



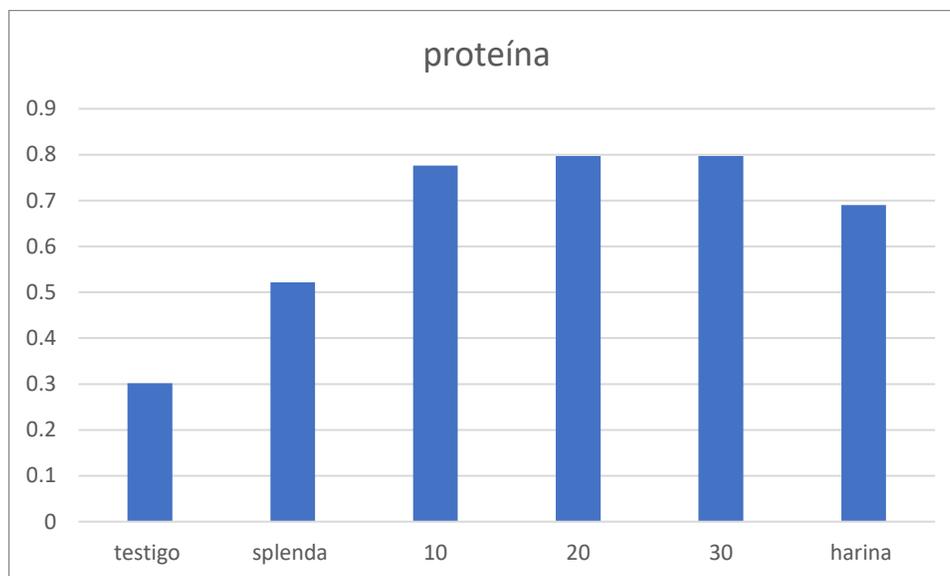
**Figura 23. Análisis de contenido de fibra en las formulaciones**

### **Contenido de proteína**

En la gráfica siguiente se puede observar los resultados del contenido de proteína en las distintas formulaciones.

Ésta gráfica demuestra que los muffins del 20 y 30% por ciento presentan un contenido similar de proteína, mientras que la formulación del 10% presenta una diferencia mínima respecto las formulaciones anteriormente mencionadas.

Es importante mencionar, que la harina de agave confiere un aporte en cuanto a la proteína, debido a que el prototipo testigo presento un contenido mínimo en cuanto a la proteína. Al realizar la fermentación de la masa sucede que los microorganismos se desarrollan y se multiplican, por lo cual estos microorganismos aportan proteína a la fermentación. Posiblemente exista mayor crecimiento de microorganismos en las formulaciones con *Agave salmiana* por que pueden ser formulaciones altamente fermentables.



**Figura 24. Determinación de proteína en las formulaciones**

### **Evaluación sensorial**

Se realizó un análisis sensorial con un panel de consumidores de 50 personas con las formulaciones desarrolladas y se obtuvo lo siguiente:

En la Figura 25 se observa claramente que la formulación que tuvo una mayor aceptación entre el público fue la formulación con un 20 % de harina de maguey está a su vez presentaba un mejor sabor y una dureza baja.

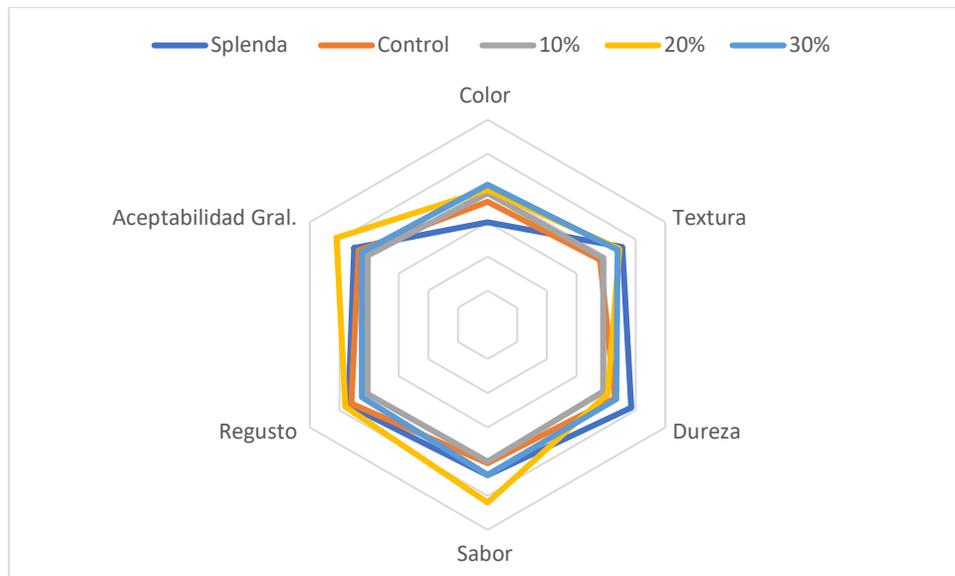


Figura 25. Datos de análisis sensorial de las formulaciones del muffin

### **Fermentación de microorganismos probióticos**

Se evaluaron 2 microorganismos probióticos para la fermentación de la masa con harina de agave. Las características microscópicas para estos microorganismos fueron ser Gram + y una cepa presento sus formas morfológicas en forma de cocos y la otra cepa con forma de bacilo.

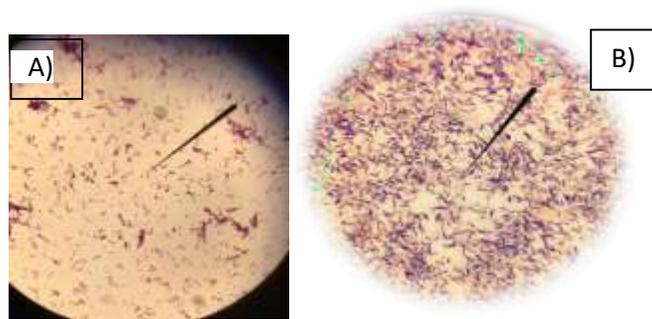


Figura 26. Evaluación microscópica de los microorganismos probióticos a) Cocos b) Bacilos

Los probióticos tienen estas características principales ya que la mayoría de este tipo de microorganismos presenta una membrana celular.

Una vez que se identificaron los microorganismos y se realizó la purificación, estas cepas fueron probadas en los panes que se obtuvieron con la harina de maguey.

Se determinó el crecimiento cinético de los microorganismos en la masa por un periodo de fermentación de 3, 6, 9, 12 y 24 horas.

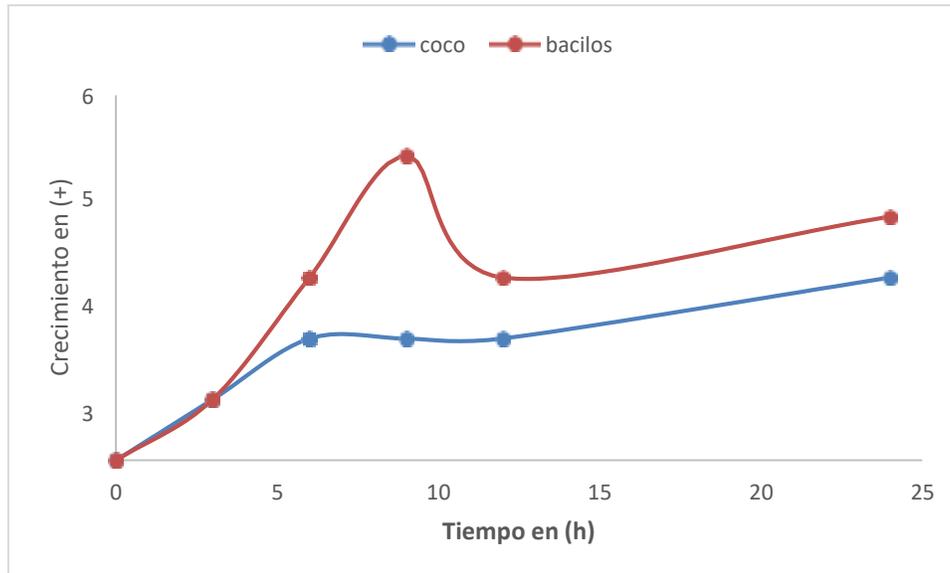


Figura 27. Evaluación cinética de los microorganismos probióticos a) Cocos b) Bacilos

### Determinación de color de los panes fermentados con probióticos.

Se obtuvieron los valores de  $L^*$ = Luminosidad,  $a^*$ = Tendencia a color Rojo  $b^*$ = Tendencia a color Amarillo, en los panes fermentados durante las 3, 6, 9, 12 y 24h de fermentación utilizando los 2 microorganismos probióticos las de la morfología de Cocos y las de Bacillus.

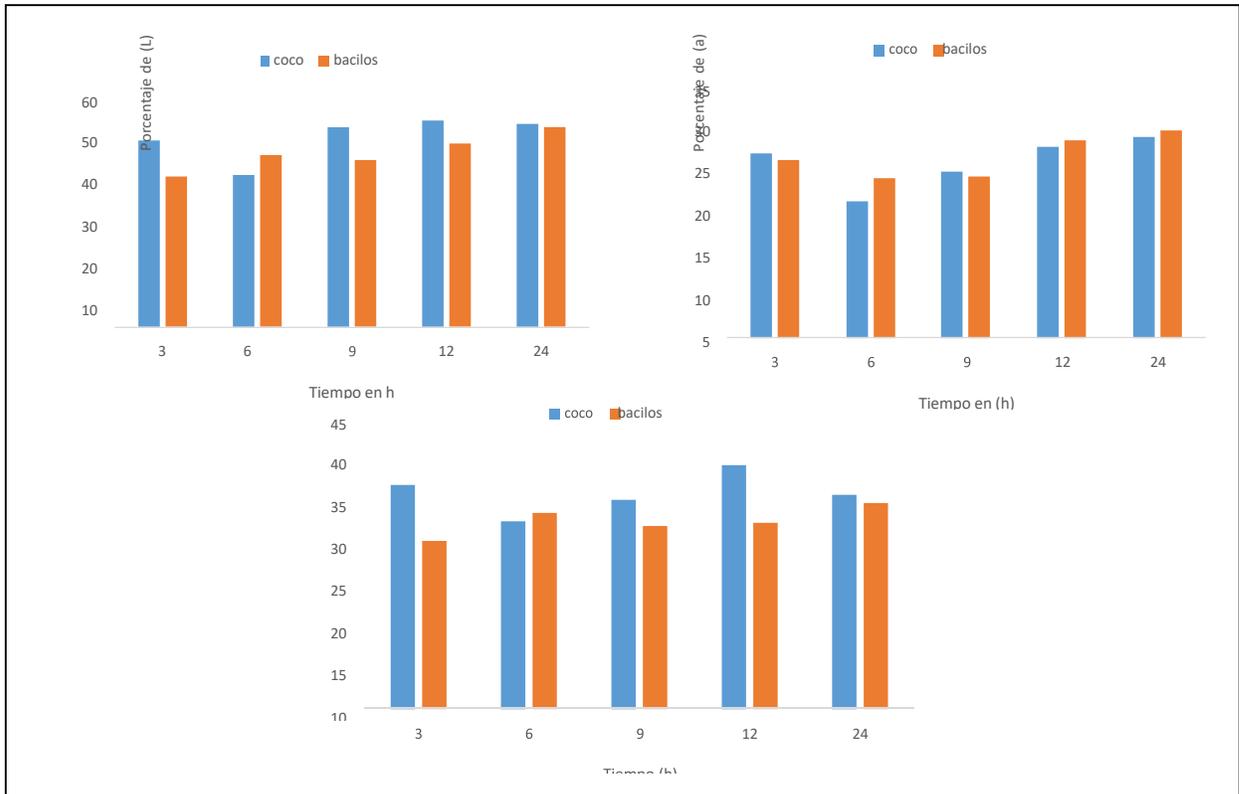


Figura 3. Evaluación cinética de los microorganismos probióticos en la masa fermentada con bacilos y cocos en la escala de L\* ab de color

### Análisis de factibilidad del producto desarrollado

De acuerdo a los costos de las materias primas se obtuvieron los siguientes datos tomando en cuenta los gastos fijos y gastos variables con lo que se puede tener un precio sugerido.

Tabla 3. Contenido de ingredientes y cantidades del muffin

INGREDIENTES	CANTIDAD	UNIDAD
Harina (trigo)	400	g
Harina (Agave)	100	g
Huevo	2	pz
Azucar ABC	100	g
Mantequilla	150	g
Miel de agave	50	g o mL
Vainilla	1	Cucharada
Canela	5	G
Levadura	15	G
Pulque	250	mL
Mejorador	5	g

Tabla 4. Estudio de mercado

<b>Costo por Unidad</b>	<b>6.56</b>	
<b>Mano de Obra</b>	6.00	
<b>Empaque /Etiqueta</b>	0.29	
<b>Servicios (gas)</b>	1.00	
<b>Equipos (mantenimiento)</b>		
	0.50	
<b>COSTO TOTAL /GASTO</b>	14.35	
<b>Total Costo / Gasto =</b>		
<b>Precio de Venta =</b>	20.00	
MARGEN DE RENTABILIDAD (MR).		
<b>MR = (Precio Venta - Costo y Gasto)</b>		
MR	5.65	

Abril Carlos, 2022

**Conclusiones:**

De un residuo agroindustrial que para los productores de aguamiel del estado de Coahuila era un desecho; el cual permitió el desarrollo de una harina funcional y fue base para la obtención de tres formulaciones de harina para el muffin de *Agave salmiana*.

La formulación con 20% de harina de *Agave salmiana* presentó mayor aceptabilidad y mejor sabor.

Este prototipo se desarrolló en colaboración con los productores con la meta de apoyarlos al crear un producto que les genere ingresos y además sea benéfico a la salud.

En este proyecto desarrollé la habilidad de colaboración y trabajo en equipo para crear un producto innovador que brinde una alternativa saludable a la población y ayude a los productores al abrir nuevas ventanas de mercado teniendo un mayor aprovechamiento de sus recursos disponibles mediante el uso de la tecnología y el manejo de la información científica y tecnológica.

**Referencias:**

- Andrade, AIC, Bautista, CR, Cabrera, MAR, Guerra, RES, Chávez, EG, Ahumada, CF, & Lagunes, AG (2019). Fructanos de agave salmiana como promotores de la salud intestinal: actividad prebiótica y respuesta inflamatoria en ratas Wistar sanas. *Revista internacional de macromoléculas biológicas*, 136, 785-795. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2019.06.045>
- R. Barreto *et al.* **Influence of plant growth regulators and water stress on ramet induction, rosette engrossment, and fructan accumulation in Agave tequilana Weber var. Azul** *Plant Cell, Tissue and Organ Culture*(2010) DOI: [10.1007/s11240-010-9758-9](https://doi.org/10.1007/s11240-010-9758-9)
- Espinosa-Andrews, H., Urías-Silvas, JE, & Morales-Hernández, N. (2021). El papel de los fructanos del agave en aplicaciones de salud y alimentos: una revisión. *Tendencias en ciencia y tecnología de los alimentos*, 114, 585–598. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2021.06.022>
- Gamazo C., Lopez Goñi I., Dias R “manual practico de microbiología” Barcelona, España. 3º edición. Editorial Masson SA. Gallardo 2005 pp 29-43, 2005.
- Mafart P. y Beliard E. 1994. Ingeniería Industrial Alimentaria. Volumen 1. Procesos físicos de conservación. Editorial Acribia, S.A. Zaragoza pp 27, 1999.
- Ávila-Quezada, G., Sánchez, E., Muñoz, E., Martínez, L. R., & Villalobos, E.(2008).

Diagnóstico de la calidad microbiológica de frutas y hortalizas en Chihuahua, México. *Phyton (Buenos Aires)*, 77, 129-136.

- Arroyo, J. V., Ávila, D. M. V., Sánchez, W. M., Loredó, A. M., & Ojeda, G. Á. (2009). Calidad microbiológica de dos plantas procesadoras de cárnicos de la comarca lagunera, Mexico. *Revista Chapingo Serie Zonas Áridas*, 8(2), 63-68.
- Castillo-Escandón, V., Fernández-Michel, S. G., Cueto-Wong, M. C., & Ramos-Clamont Montfort, G. (2019). Criterios y estrategias tecnológicas para la incorporación y supervivencia de probióticos en frutas, cereales y sus derivados. *TIP. Revista especializada en ciencias químico- biológicas*, 22.
- Dudek, K., Buitrón, G., & Valdez-Vazquez, I. (2021). Nutrient influence on acidogenesis and native microbial community of Agave bagasse. *Industrial Crops and Products*, 170, 113751.
- DOMECCQ, I. V. P., DEL VALLE, J. U. G. O. S., CONASUPO, L. I., & LICONSA, S. (2016). anexo 2. norma oficial mexicana nom-110-ssa1-1994, bienes y servicios. preparación y dilución de muestras de alimentos para su análisis microbiológico. *facultad de ciencias químicas e ingeniería maestría en ciencias de la salud*, 119.
- | norma oficial Mexicana NOM-131-SSA1-1995, bienes y servicios. alimentos para lactantes y niños de corta edad. disposiciones y especificaciones sanitarias y nutrimentales.
- Enríquez-Sánchez, L. B., García-Salas, J. D., & Carrillo-Gorena, J. (2018). Colecistitis crónica y aguda, revisión y situación actual en nuestro entorno. *Cirujano general*, 40(3), 175-178.
- Lau, T., Clayton, T., Harbourne, N., Rodríguez-García, J., & Oruna-Concha, M. J. (2022). Sweet corn cob as a functional ingredient in bakery products. *Food Chemistry: X*, 13, 100180.
- López Vázquez, D. E. (2019). Viabilidad de *Lactobacillus plantarum* atrapado empleando fructanos de agave, bajo condiciones gastrointestinales simuladas.
- Muñoz-Márquez, D. B., Rodríguez-Jasso, R. M., Rodríguez-Herrera, R., Contreras-Esquivel, J. C., & Aguilar-González, C. N. (2013). Producción artesanal del aguamiel: una bebida tradicional mexicana. *Revista*

*Científica*, 5(10).

- Orrabalís, C. J., Gorostegui, H., Calandri, E., & Guzmán, C. (2013). Parámetros funcionales y contenido de glucosa en harinas obtenidas de fruto maduro de " chañar"(Geoffroea decorticans) de la zona semiárida y árida de la provincia de Formosa. *Multequina*, 22(1), 15-22.
- Pérez-Herrera, A., Martínez-Gutiérrez, G. A., León-Martínez, F. M., & Sánchez-Medina, M. A. (2020). The effect of the presence of seeds on the nutraceutical, sensory and rheological properties of *Physalis* spp. Fruits jam: A comparative analysis. *Food chemistry*, 302, 125141.
- PLACA, B. A. E. 12-12-95 NORMA Oficial Mexicana NOM-092-SSA1-1994, Bienes y servicios. Método para la cuantificación de bacterias aerobias en placa.
- Raya, F. T., Marone, M. P., Carvalho, L. M., Rabelo, S. C., de Paula, M. S., Campanari, M. F. Z., ... & Pereira, G. A. G. (2021). Extreme physiology: Biomass and transcriptional profiling of three abandoned Agave cultivars. *Industrial Crops and Products*, 172, 114043.
- Rivera-Espinoza, Y., & Gallardo-Navarro, Y. (2010). Non-dairy probiotic products. *Food microbiology*, 27(1), 1-11.
- Salvador-Reyes, R., Sotelo-Herrera, M., & Paucar-Menacho, L. (2014). Estudio de la Stevia (*Stevia rebaudiana* Bertoni) como edulcorante natural y su uso en beneficio de la salud. *Scientia Agropecuaria*, 5(3), 157-163.
- Shozib, H. B., Islam, M. M., Mahmud, S. A. S., Bari, M. N., Akter, N., Jahan, S., ... & Haque, M. M. (2021). Application of Cyanidin-3-Glucosides as a functional food ingredient in rice-based bakery products. *Saudi Journal of Biological Sciences*, 28(12), 7472-7480.
- Solís, D. G. V., Escamilla, C. A. V., Contreras, N. M., Valle, G. A. G., Gilés- Gómez, M., Bolívar, F., & Escalante, A. (2022). Sustainable Production of Pulque and Maguey in Mexico: Current Situation and Perspectives. *Sustainable Production of Ethnic Alcoholic Beverages*.
- Taranto, M. P., Medici, M. G., & Font, G. M. (2005). Alimentos funcionales probióticos.
- Valderrama Artunduaga, J. J., & Correal Rey, I. M. (2021). diseño y formulación de un producto alimenticio funcional reemplazando el azúcar añadido con xilitol.
- Villarreal-Morales, S. L., Muñoz-Márquez, D. B., Michel-Michel, M., González-Montemayor, Á. M., Escobedo-García, S., Salas-Tovar, J. A., ... & Rodríguez-Herrera, R. (2019). Aguamiel a fresh beverage from Agave spp. sap with functional properties. In *Natural Beverages* (pp. 179-208). Academic Press

- Xu, L., Echeverria-Jaramillo, E., & Shin, W. S. (2022). Physicochemical properties of muffins prepared with lutein & zeaxanthin-enriched egg yolk powder. *LWT*, 156, 113017.
- Zuleta, Á., Binaghi, M. J., Greco, C. B., Aguirre, C., De la Casa, L., Tadini, C., & Ronayne de Ferrer, P. A. (2012). Diseño de panes funcionales a base de harinas no tradicionales. *Revista chilena de nutrición*, 39(3), 58-64.
- (S/f-b). Gob.mx. Recuperado el 31 de mayo de 2022, de [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/6539/173013\\_DESARROLLOS\\_AGROPECUARIOS\\_DEL\\_ALTIPLANO.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/6539/173013_DESARROLLOS_AGROPECUARIOS_DEL_ALTIPLANO.pdf)