



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE QUÍMICA

**TESIS. ESTUDIO DE TRICLOROGALACTOSUCROSA PARA ADICIONAR A
LOS ALIMENTOS COMO SUSTITUTO DE AZÚCAR LIBRE DE VALOR
CALÓRICO**

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
QUÍMICO DE ALIMENTOS**

PRESENTA

JORGE ALBERTO SOLIS BADILLO



CIUDAD UNIVERSITARIA, CD. MX., AÑO 2022



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

JURADO ASIGNADO:

PRESIDENTE: Profesor: **FRANCISCO JAVIER CASILLAS GOMEZ**

VOCAL: Profesor: **CARLOS IVÁN MENDEZ GALLARDO**

SECRETARIO: Profesor: **JOSÉ PABLO PÉREZ-GAVILÁN
ESCALANTE**

1er. SUPLENTE: Profesor: **ANA KARINA ELIAS PATIÑO**

2do. SUPLENTE: Profesor: **JONATHAN TRAPALA REYNA**

SITIO DONDE SE DESARROLLÓ EL TEMA:

INSTITUTO DE INVESTIGACIONES BIOMÉDICAS, CIUDAD UNIVERSITARIA.

ASESOR DEL TEMA:

DR. JOSÉ PABLO PÉREZ-GAVILÁN ESCALANTE.

SUSTENTANTE:

JORGE ALBERTO SOLIS BADILLO.

ÍNDICE

RESUMEN	1
ANTECEDENTES	3
Percepción de los sabores	3
Edulcorantes	5
Edulcorantes naturales	7
Sacarosa	7
Otros edulcorantes naturales	10
Edulcorantes artificiales	12
Sucralosa	13
Otros edulcorantes artificiales	16
Consumo de edulcorantes en México	19
Madera	21
Composición química de la madera	22
Características sensoriales	24
Tipos de agua presente en la madera	25
Producción de madera en México	25
OBJETIVOS	27
MÉTODOS Y MATERIALES	28
Efecto del tiempo y la temperatura en la cantidad de agua absorbida en agitadores de madera	29
Determinación del tiempo de secado en agitadores de madera con agua absorbida	30
Efecto de la concentración de una solución de sucralosa en la cantidad de edulcorante fijado a un agitador de madera	31
Efecto del tiempo de agitación en el nivel de dulzor percibido en agua con jugo de limón, agua con jugo de naranja, agua con café y leche usando un agitador con sucralosa fijada	33

RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	38
Efecto del tiempo y la temperatura en la cantidad de agua absorbida en agitadores de madera	38
Determinación del tiempo de secado en agitadores de madera con agua absorbida	45
Efecto de la concentración de una solución de sucralosa en la cantidad de edulcorante fijado a un agitador de madera.....	49
Efecto del tiempo de agitación en el nivel de dulzor percibido en agua con jugo de limón, agua con jugo de naranja, agua con café y leche usando un agitador con sucralosa fijada	52
PROYECTO DE PREINVERSIÓN	61
Planeación de la producción.....	61
Tamaño de la producción	61
Diagrama de flujo de proceso	62
Diagrama de Gantt	64
Distribución de la planta	66
Estados financieros	68
CONCLUSIONES	77
BIBLIOGRAFÍA.....	79
ANEXOS.....	84
Lista de figuras	84
Lista de tablas	85
Lista de gráficas	86
Lista de ANOVAS	87

RESUMEN

El gusto básico dulce, presente en una gran cantidad de alimentos y bebidas, es considerado uno de los más preferidos alrededor del mundo al estar relacionado normalmente con respuestas hedónicas positivas, es decir, provoca una sensación agradable al ser consumido. Los compuestos químicos responsables de proporcionar dulzor a los alimentos son denominados edulcorantes y se clasifican, según su origen, en naturales (o calóricos) y artificiales (o no calóricos).

El edulcorante natural más consumido a nivel mundial es la sacarosa, sin embargo, un alto consumo (aunado a otros factores como lo son una vida sedentaria, una dieta inadecuada y la baja o nula actividad física), puede tener consecuencias negativas en la salud de las personas al desencadenar padecimientos como obesidad, diabetes y enfermedades cardiovasculares, llegando a ser uno de los principales países con mayor índice de sobrepeso y obesidad en adultos y niños a nivel mundial.

Dicha problemática de salud pública dio pauta a la investigación y desarrollo de nuevos productos alimenticios más saludables para los consumidores usando edulcorantes artificiales como sustitutos parciales o totales de la sacarosa (o edulcorantes naturales) en la formulación de alimentos y bebidas reduciendo su aporte calórico sin afectar su perfil de sabor o prohibir su consumo, y disminuyendo la posibilidad de contraer problemas relacionados con la salud. Entre los edulcorantes artificiales más usados se encuentran la sucralosa, acesulfame K o aspartame.

Con respecto a lo planteado, se propone una nueva manera de llevar un control del consumo calórico de sacarosa (y en general, de edulcorantes naturales) a través del desarrollo de un nuevo producto que consta de dispositivo ecológico (agitador

de madera) con edulcorante artificial fijado (sucralosa) capaz de endulzar bebidas sin aportar calorías al organismo. Para ello, se realizaron pruebas a fin de estudiar la cantidad de agua absorbida en agitadores de madera en función del tiempo y la temperatura, el tiempo de secado de agitadores con agua absorbida, y la cantidad de sucralosa fijada a un agitador de madera usando soluciones de diferente concentración. Posteriormente se realizaron pruebas sensoriales para evaluar el efecto del tiempo de agitación en el nivel de dulzor percibido en cuatro bebidas diferentes, así como el diseño de un proyecto de preinversión para determinar su viabilidad económica.

Percepción de los sabores

El sabor de los alimentos está definido, en principio, por los compuestos organolépticos que percibimos a través de los sentidos del gusto y el olfato, siendo el olfato el responsable de hasta el 60 % del sabor de algún alimento. No obstante, también pueden llegar a participar los sentidos de la vista, tacto y oído que en conjunto dan una percepción global de los alimentos. Por ejemplo, al observar vapor de una taza de café, sentir la temperatura de un tarro de cerveza con la mano o escuchar el sonido crujiente de una galleta, lo asociamos directamente con alguna característica que esperamos de dicho alimento o bebida, que aunado a la memoria sensorial son los factores más importantes que influyen en la toma de decisiones al momento de elegir algún alimento o bebida.

Considerando solamente el sentido del gusto durante la percepción del sabor, es posible detectar o discernir entre cinco gustos básicos: dulce, salado, ácido, amargo y umami. Dichos gustos son percibidos debido a un proceso de percepción sensorial (ver Figura 1) en donde los compuestos químicos del alimento (considerados como estímulos) son solubilizados en la saliva para poder formar una interacción con los botones gustativos (considerados receptores) que están dentro de las papilas gustativas ubicados alrededor de toda la cavidad bucal (principalmente en la lengua). Esta interacción produce un impulso eléctrico que viaja por el sistema nervioso hasta llegar a la corteza cerebral en donde es traducida como una sensación para posteriormente ser expresada como una percepción sensorial (Espinosa-Manfugás, 2007) (Severiano, 2016).

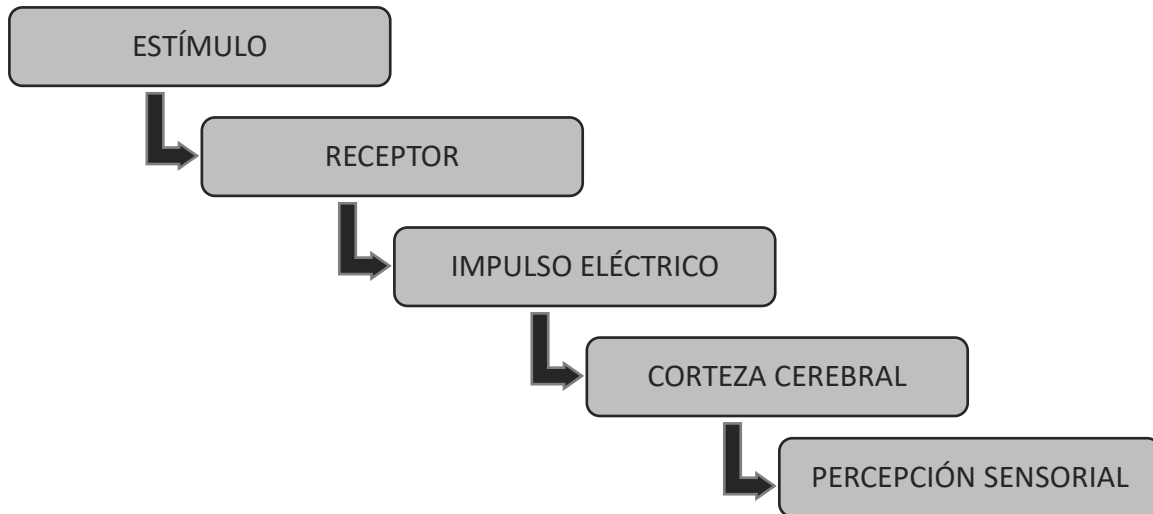


Figura 1. Proceso de percepción sensorial

Así, el gusto dulce es percibido por la interacción con hidratos de carbono, aldehídos, cetonas o alcoholes; el gusto salado cuando el receptor se estimula con cationes hidrógeno; el gusto salado cuando la interacción se realiza con sales ionizadas; el gusto amargo cuando los estímulos se tratan de alcaloides o compuestos orgánicos de cadena larga; y el gusto *umami* (que significa “sabroso”) se percibe cuando ocurre una interacción con el glutamato monosódico. Es importante mencionar que, aunque anteriormente se consideraba que la lengua tenía regiones específicas para percibir cada gusto básico, se ha demostrado que es posible detectar cada uno de ellos alrededor de toda la cavidad bucal sin encontrar diferencia significativa, como lo muestran los resultados obtenidos por Collings, V. (1974) (Collings, 1974) (Kurihara, 2015).

De estos, el sabor dulce es uno de los más importantes al estar relacionado comúnmente a respuestas hedónicas positivas, es decir, provoca una sensación agradable en las personas, lo que hace que lo encontremos en una gran variedad de productos alimenticios, por ejemplo, bebidas, postres, productos de panificación, dulces, lácteos, etc.

Si bien la percepción del dulzor ocurre a través de la interacción con los receptores ubicados en las papilas gustativas, en 1967, Shallenberger y Acree plantearon una teoría del dulzor explicando que el sabor dulce se origina debido a una configuración estérica particular de la molécula del edulcorante (denominada “estructura glucófora”) más que por la propia molécula en sí; por ejemplo, la D-glucosa es dulce, mientras que la L-glucosa es ligeramente salada (ver Figura 2) (Hough & Khan, 1978) (Martínez & Román, 2002).

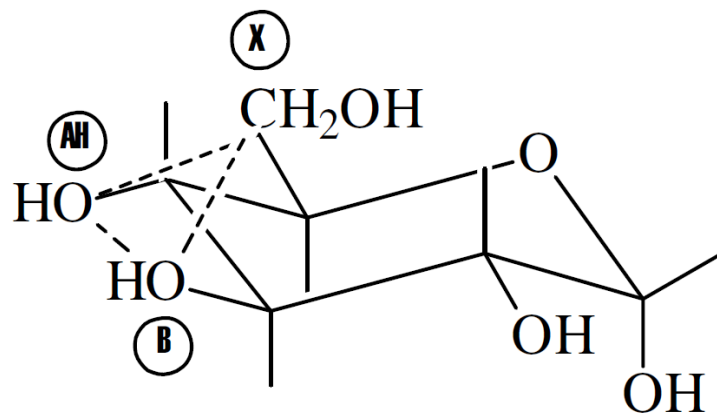


Figura 2. Estructura glucófora de D-glucosa (Martínez & Román, 2002)

Edulcorantes

El gusto dulce es uno de los más importantes al estar relacionado comúnmente a respuestas hedónicas positivas, es decir, provoca una sensación agradable al ser consumido, siendo el primer gusto con el que estamos en contacto a partir de la lactosa presente en la leche materna.

Los compuestos químicos que proporcionan dulzor a los alimentos se denominan edulcorantes y se clasifican en naturales (o calóricos) y artificiales (o no calóricos).

Los **edulcorantes naturales** son aquellos que proceden de plantas o son sintetizados por animales, siendo absorbidos y metabolizados por nuestro organismo aportando energía a razón de 4 kcal/g. En esta clasificación encontramos a la sacarosa (conocido como el edulcorante natural por excelencia), la glucosa o la fructosa, entre otros. En cambio, los **edulcorantes artificiales** son sintetizados industrialmente mediante un proceso químico surgiendo como una alternativa para sustituir edulcorantes naturales al tener un aporte nulo de calorías debido a su elevado dulzor que les permite usarse en menores cantidades pudiendo disminuir costos de producción (Branen, Davidson, Salminen, & Thorngate-III, 2002) (COFEPRIS, 2012) (EUFIC, 2015).

Debido a que cada edulcorante tiene un nivel de dulzor particular, se estableció el término “poder edulcorante” que permite comparar su intensidad de dulzor característico considerando como base la sacarosa con valor de uno. En la Tabla 1 se presentan algunos edulcorantes utilizados en la industria alimentaria, así como su poder edulcorante correspondiente (Severiano, 2016).

EDULCORANTE NATURAL	PODER EDULCORANTE	EDULCORANTE ARTIFICIAL	PODER EDULCORANTE
Sacarosa	1	Ciclamato	30
JMAF*	1.3	Acesulfame K	200
Fructosa	1.7	Aspartame	200
Sorbitol	0.5	Sacarina	300
Manitol	0.7	Sucralosa	600
Xilitol	1		

*Jarabe de Maíz Alto en Fructosa

Tabla 1. Edulcorantes usados en la industria alimentaria (Severiano, 2016)

Edulcorantes naturales

Sacarosa

La sacarosa, comúnmente llamada “azúcar de mesa” o solo “azúcar”, es el edulcorante natural más conocido y usado alrededor del mundo con una producción mundial que oscila entre los 180 millones de toneladas al año. Se obtiene principalmente de la caña de azúcar, aunque también puede ser producida a partir de la remolacha azucarera, pero en menor proporción, contribuyendo hasta con el 20 % de la producción anual. Los mayores productores de caña de azúcar son Brasil, la India, China, Tailandia y Pakistán, mientras que los principales exportadores son Brasil, Tailandia y Australia, siendo EE. UU., China y Bangladesh los países con mayor importación (OCDE/FAO, 2017).

La producción industrial de azúcar a partir de la caña incluye una serie de etapas que inician con la cosecha, lavado y trituración de los asentamientos. Luego se extrae el jugo que contiene la sacarosa por compresión obteniendo como residuo bagazo que puede ser usado como combustible en etapas posteriores. Dicho jugo es aclarado y evaporado para aumentar su concentración y propiciar la cristalización, de donde se obtiene melaza. Por último, los cristales son separados por centrifugación, secados y envasados. La melaza, entendida como la miel que contiene sacarosa no cristalizable, puede emplearse para la producción de alcohol, levadura, ácido cítrico o biocombustibles. Aunque la caña de azúcar se cultiva principalmente para la producción de sacarosa, también es usada como materia prima para la elaboración de papel, abono o alimento animal (Cooper, 2006) (Ramírez, 2008) (OCDE/FAO, 2017) (SAGARPA, 2017) (Salgado-García, Córdoba-Sánchez, & Turrado-Saucedo, 2017) (Simoës, 2017) (SMIA, 2018).

La producción de azúcar a partir de la remolacha azucarera sigue el mismo principio que a partir de la caña, solo que, a diferencia de esta, la extracción del jugo (que contiene sacarosa, compuestos nitrogenados y sales que formarán parte de la

melaza) se lleva a cabo por difusión llevando a cabo también una etapa de filtración precedida por la adición de un agente floculante (por ejemplo, la cal) y de decoloración con anhídrido sulfuroso. Los principales productores son Francia, Rusia, Alemania, EE. UU. y Turquía. Su producción aumentó después de que Napoleón emitiera un decreto de promoción debido a la escasez de caña de azúcar del Caribe por bloqueos británicos (Cooper, 2006) (Baquero, 1987).

Se pueden obtener diferentes tipos de azúcar según el nivel de refinación y purificación por el que es sometida la caña o remolacha azucarera durante su producción. Entre los más comunes se encuentran azúcar blanca, que no contiene melaza; azúcar morena, que contiene cierta cantidad de melaza; azúcar glass, que lleva un proceso de tamizado que disminuye el tamaño de partícula; y azúcar invertido, que se trata de un jarabe formado por la mezcla de sacarosa con sus respectivos monosacáridos (glucosa y fructosa) por un proceso de hidrólisis parcial debido a un tratamiento químico o enzimático que rompe el enlace glucosídico que los mantiene unidos. De acuerdo con organizaciones internacionales como el Codex Alimentarius, la calidad de la azúcar blanca es determinada por el color (expresado en unidades ICUMSA, International Commission for Uniform Methods of Sugar Analysis), contenido de sacarosa, humedad, cenizas y contenido de azúcares reductores (Cooper, 2006).

Cada tipo de azúcar tiene características particulares que le otorgan diferentes propiedades a los alimentos en los que son utilizados. Por ejemplo, el azúcar invertido es utilizado en productos horneados o de confitería para la obtención de sabores y colores siguiendo la reacción de Maillard entre azúcares reductores (glucosa y fructosa) y aminoácidos presentes (aminas primarias) que forman melanoidinas, entre otros compuestos. Este tipo de azúcar es llamado “azúcar invertido” por el cambio de signo de rotación óptica de dextrorrotatorio (+66 °) a levorrotatorio (-20 °) (Ordoñez, 1998) (Badui, 2006) (Cooper, 2006).

En nuestro país, el Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP) registró en el periodo 2018-2019 una producción de 6 millones de toneladas de sacarosa a partir de la cosecha de 56 millones de toneladas de caña de azúcar sembradas en alrededor de 850 mil hectáreas, lo que equivale a un rendimiento de 75 t/ha, destinando el 25 % a la exportación (principalmente a EE. UU) y el resto al consumo nacional. La producción de sacarosa solo estuvo por debajo de la producción de maíz que fue de 26 millones de toneladas, siendo Veracruz y Jalisco los principales estados productores contribuyendo en conjunto con el 50 % del total nacional (OECD/FAO, 2018) (SIAP, 2018) (UNC-CNPR, 2018).

El nombre químico de la sacarosa es β -D-fructofuranosil- α -D-glucopiranososa. Se trata de un hidrato de carbono formado por la unión del carbono aldehídico de una molécula de glucosa con el carbono cetónico de una molécula de fructosa mediante un enlace glucosídico β -(1,2) (ver Figura 3), obteniendo una molécula no reductora que presenta un enlace con baja energía de activación que lo hace propenso a hidrólisis para obtener sus correspondientes monosacáridos con propiedad reductora (Badui, 2006).

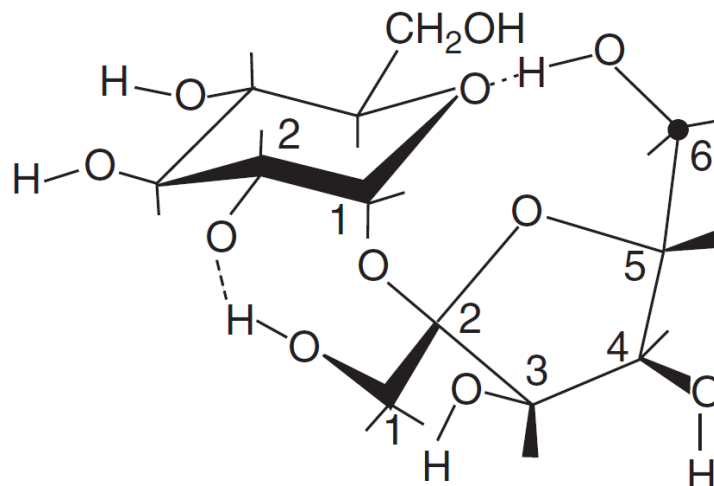


Figura 3. Estructura química de la sacarosa (Badui, 2006)

La molécula de sacarosa es soluble en agua debido a la presencia de ocho grupos hidroxilo, tres átomos de oxígeno y catorce de hidrógeno que permiten la solvatación de la molécula por la presencia de cargas parciales formando un tipo de enlace denominado puentes de hidrógeno, facilitando su uso al momento de preparar alimentos o bebidas. Los puentes de hidrógeno son considerados un tipo de enlace o interacción intermolecular que presentan moléculas que contienen átomos de hidrógeno y átomos electronegativos como oxígeno, nitrógeno o flúor. Esta solubilidad aumenta cuando se eleva la temperatura, así como con la presencia de impurezas (Cooper, 2006).

La sacarosa es un compuesto multifuncional que contribuye a las características de una gran variedad de productos alimenticios como consecuencia de sus propiedades fisicoquímicas y su interacción con el resto de los ingredientes. Es empleada en bebidas como azúcar invertido para complementar el sabor y disminuir la acidez percibida de refrescos que presenta pH ácido; como sustrato de fermentación en bebidas alcohólicas para producir etanol; en confitería para proporcionar dulzor y textura a dulces debido a su cristalización; en panadería como agente de relleno, contribuyendo a la textura de galletas, o proporcionando sabor y color a productos horneados vía reacción de Maillard. Además de sus aplicaciones en alimentos, es usado en la industria farmacéutica como excipiente para mejorar el sabor de fármacos y asegurar el consumo por parte de los pacientes (Cooper, 2006).

Otros edulcorantes naturales

Si bien la sacarosa es el edulcorante natural más conocido en el mundo, no es el único que se usa en la industria alimenticia. El jarabe de maíz alto en fructosa (JMAF), la glucosa, la fructosa, el xilitol, el manitol o el lactitol también son utilizados durante la elaboración de alimentos y bebidas (Lipinski, 2002).

1. *Jarabe de maíz alto en fructosa (JMAF)*. Edulcorante que contiene una mezcla de fructosa y glucosa. Se obtiene a partir del procesamiento del almidón presente en el maíz utilizando las enzimas alfa amilasa y glucosa isomerasa. Según la concentración de fructosa, puede ser ligeramente más dulce que la sacarosa. Se emplea en alimentos y bebidas principalmente por motivos económicos.

2. *Stevia*. Son los glucósidos de esteviol que provienen de las hojas de la planta *Stevia rebaudiana* y que otorgan un nivel dulzor a los alimentos de 100-300 veces mayor que la sacarosa. A pesar de ser un edulcorante natural, se considera como artificial (o no calórico) debido a que su nivel de dulzor elevado ocasiona un aporte calórico mínimo en alimentos y bebidas (Vázquez-Hernández, 2017).

3. *Fructosa*. Es un monosacárido que se encuentra normalmente en las frutas, siendo el único hidrato de carbono con un dulzor mayor que la sacarosa con valor de 1.7. No estimula la insulina al ser absorbida más lentamente en comparación con la sacarosa y la glucosa, pudiendo ser recomendada para diabéticos sin olvidar su aporte calórico. No tiene restricciones de uso, llegando a ser considerado como un ingrediente más que un aditivo al no observar ningún efecto adverso (Branen, Davidson, Salminen, & Thorngate-III, 2002).

4. *Xilitol*. El xilitol es un pentitol que presenta el mismo dulzor y aporte calórico que la sacarosa. Se encuentra en la naturaleza o se produce comercialmente a partir del xilano. Su principal aplicación es en confitería y gomas de mascar no cariogénicas. Es metabolizado mayormente por microorganismos intestinales debido a su lenta absorción. La Administración de Alimentos y Medicamentos (FDA, por sus siglas en inglés) asignó una Ingesta Diaria Admisible (IDA) “no especificada”, lo que significa que el consumo diario potencial no representa un peligro para la salud (Branen, Davidson, Salminen, & Thorngate-III, 2002).

5. *Sorbitol*. Es una hexosa que presenta la misma configuración estérica que la glucosa, usando este último como materia prima para su producción comercial. Tiene la mitad del dulzor de la sacarosa y es usado principalmente en alimentos dietéticos, gomas de mascar o como humectante. La FDA le confirió un IDA de “no especificado” y se considera como GRAS (Generalmente Reconocido Como Seguro, por sus siglas en inglés) siendo usado como nutriente y suplemento dietético (Branen, Davidson, Salminen, & Thorngate-III, 2002).

Edulcorantes artificiales

Este tipo de edulcorantes surgieron para sustituir de manera parcial o total el uso de sacarosa (y en general, de edulcorantes naturales) en la formulación de productos alimenticios, siendo una excelente opción para personas que necesitan llevar un control en su consumo calórico, por ejemplo, personas con sobrepeso, obesidad, diabetes o alguna enfermedad cardiovascular, además de evitar caries dental o simplemente para ampliar la gama de productos disponibles o productos “light” (Branen, Davidson, Salminen, & Thorngate-III, 2002).

Aunque son una buena alternativa en la industria alimentaria para disminuir la cantidad de calorías presentes en alimentos y bebidas, algunos pueden presentar resabios amargos o metálicos cuando se usan en grandes cantidades, limitando su uso. Como solución a este problema, se realizan mezclas de edulcorantes que generen un efecto sinérgico descartando resabios desagradables y procurando siempre obtener un perfil de dulzor similar al de la sacarosa, por ejemplo, acesulfame K y aspartame (Branen, Davidson, Salminen, & Thorngate-III, 2002).

Sucralosa

Es un polvo cristalino blanco, no higroscópico e inodoro de fórmula molecular $C_{12}H_{19}Cl_3O_8$ y masa molar de 397.64 g/mol. Se obtiene a partir de la sacarosa sustituyendo los grupos hidroxilo de las posiciones 4, 1 y 6 por átomos de cloro para formar el compuesto 4, 1', 6'-triclorogalactosacarosa, como se muestra en la Figura 4.

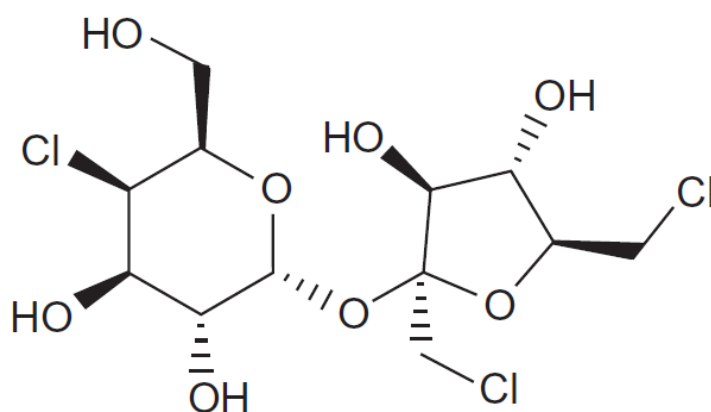


Figura 4. Estructura química de sucralosa

El proceso de cloración selectiva produce una molécula estable a pH ácido y temperaturas elevadas con un perfil de dulzor similar al de la sacarosa y poder edulcorante de 600. No puede ser digerida por mamíferos o microorganismos de la placa dental, considerándola como no calórica y no cariogénica (Brittain, 2013).

Fue descubierta accidentalmente en 1976 como resultado de un programa de investigación llevado a cabo por la empresa azucarera británica Tate & Lyle que tenían como objetivo principal descubrir nuevos usos no alimenticios para el azúcar, como detergentes y plásticos, sintetizando y probando azúcares halogenados. En colaboración con el Prof. Les Hough del Queen Elizabeth College de la Universidad de London, durante una parte del experimento, un estudiante extranjero de nombre

Shashikant Phadnis, debido a su dificultad para interpretar el idioma inglés, respondió a la “prueba” de un azúcar clorado (“*test it*”) como una solicitud de “degustación” (“*taste it*”), sorprendiendo a todos, pero descubriendo su dulzor. Esto condujo una nueva línea de investigación que eventualmente llevó a la clasificación de la sucralosa como un edulcorante artificial (Ophardt, 2003) (O'Donnell & Kearsley, 2012).

Después de su descubrimiento, su toxicidad y farmacocinética fue evaluada en más de cien estudios alrededor del mundo. Una investigación realizada por Roberts *et al.* (2000) demostró que la ruta de eliminación principal de sucralosa administrada de manera oral en humanos es a través del tracto intestinal (heces) sin cambios significativos en su estructura, similar a los perfiles encontrados en ratas, perros y ratones. Pruebas de citotoxicidad llevadas a cabo por Sámano *et al.* (2015) concluyeron que la sucralosa no es tóxica para un sistema de células humanas MCF-7. En 2019, Bueno-Hernández *et al.* efectuaron una revisión exhaustiva de la literatura relacionada al consumo de edulcorantes no calóricos y la salud gastrointestinal publicada en el periodo de 1969-2018, argumentando que no existe evidencia contundente que relaciona a la sucralosa con problemas de salud digestiva como lo son inflamación del intestino, motilidad intestinal, potencial carcinógeno o cambio en la microbiota, sin embargo, es necesario que se realicen más estudios para definir su toxicidad de manera exacta (Rodero, Rodero, & Azoubel, 2009) (Sámano-Salazar, 2015) (Bueno-Hernández, 2019).

En 1990, el Comité FAO/WHO de Expertos en Aditivos Alimentarios (JECFA, por sus siglas en inglés), asignó una Ingesta Diaria Admisible (IDA) de 15 mg/kg p.c. Posteriormente, en 1999, la FDA aprobó la sucralosa como edulcorante de uso general debido a su seguridad, estabilidad y nivel de uso estimado, siendo aceptado en más de 80 países, incluyendo México (O'Brien-Nabors, 2001).

Respecto a sus propiedades fisicoquímicas, la sucralosa presenta un punto de fusión elevado (125 °C) debido al aumento del peso molecular originado por la

sustitución de tres grupos hidroxilo por átomos de cloro. Es altamente soluble en agua debido a la cantidad de grupos hidroxilo presentes que permiten la formación de puentes de hidrógeno con moléculas de agua, teniendo valores de 28.3 % p/V a 20 °C y de 66 % p/V a 60 °C. Además, es químicamente inerte debido a que la cloración selectiva ocupa los sitios más reactivos de la molécula, por lo tanto no presenta interacciones con compuestos que normalmente se encuentran en fórmulas para la elaboración de alimentos, bebidas o fármacos como lo son bases (ej. glutamato monosódico), agentes oxidantes y reductores (ej. peróxido de hidrógeno), aldehídos y cetonas (ej. acetaldehído), o sales metálicas (ej. cloruro férrico) (O'Brien-Nabors, 2001) (Carey, 2006).

Es uno de los edulcorantes más versátiles para la industria alimentaria al poder emplearse en una gran variedad de alimentos y bebidas por su estabilidad molecular que le permite ser usada en productos de pH bajo y neutro, así como en alimentos procesados térmicamente. Algunas de sus aplicaciones son: productos horneados y mezclas para hornear, bebidas y base de bebidas, goma de mascar, café y té, confitería y glaseados, productos lácteos análogos, grasas y aceites (aderezos), postres, lácteos congelados, gelatinas, mermeladas y jaleas, productos lácteos, frutas procesadas y jugo de frutas, sustitutos de azúcar y salsas dulces, entre otros (O'Brien-Nabors, 2001) (O'Donnell & Kearsley, 2012).

A pesar de su gran estabilidad, se han llegado a reportar dos productos de hidrólisis, el 4-clorogalactosa y el 1,6-diclorofruktosa que se muestran en la Figura 5, sin embargo, la cantidad formada con el paso del tiempo es mínima. Como ejemplo, un líquido comercial concentrado al 25 % p/p a pH 4.4 con un sistema doble de conservadores (benzoato de sodio y sorbato de potasio) no presenta cambios físicos, químicos, o microbiológicos después de ser almacenado por 3 años (O'Brien-Nabors, 2001).

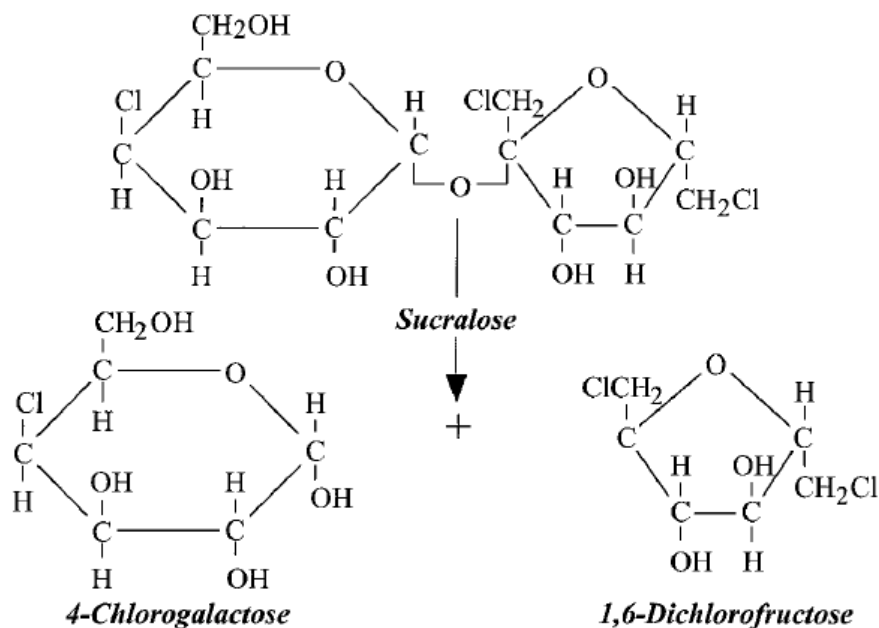


Figura 5. Productos de hidrólisis de la sucralosa (O'Brien-Nabors, 2001)

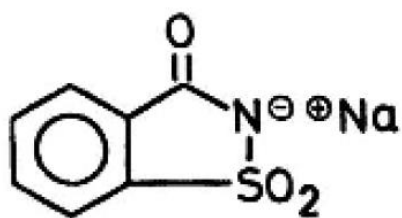
Otros edulcorantes artificiales

1. **Sacarina.** Fue sintetizada por primera vez en EE. UU. por los químicos Remsen y Fahlberg en 1879. Su fórmula molecular es $C_7H_5NO_3S$ y químicamente es un 1,2-benzisotiazol-3(2H)-ona-1,1-dióxido y sus sales de sodio y calcio. Es un polvo cristalino blanco estable a bajas y altas temperaturas (hasta 300 °C) que inicialmente fue usado como antiséptico y conservador. Es soluble en agua y etanol, presentando un dulzor 300 veces mayor que el de la sacarosa. Se emplea principalmente en bebidas carbonatadas, endulzantes de mesa y alimentos dietéticos, sin embargo, tiende a tener un resabio metálico o amargo que puede ser enmascarado cuando se combina con otros edulcorantes, consiguiendo además un efecto sinérgico. El Comité Mixto FAO/OMS de Expertos en Aditivos Alimentarios (JECFA, por sus siglas en inglés) ha establecido un valor de IDA igual a 2.5 mg/kg p.c. y es usada en casi todo el mundo (Branen, Davidson, Salminen, & Thorngate-III, 2002).

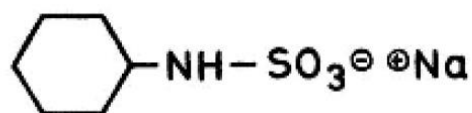
2. *Ciclamato*. Agrupa a los compuestos ácido ciclámico, ciclamato de sodio y ciclamato de calcio, este último con fórmula molecular $C_{12}H_{24}CaN_2O_6S_2 \cdot 2 H_2O$. El ciclamato de sodio fue sintetizado en 1937. Son compuestos solubles en agua estables a altas y bajas temperatura que proporcionan un dulzor 30 veces mayor que la sacarosa. Es utilizado en alimentos como bebidas carbonatadas, postres, frutas y vegetales procesados presentando un efecto sinérgico cuando se combina con sacarina. En los EE. UU. fue aprobado para su uso como edulcorante no nutritivo en 1950, sin embargo, fue prohibido a partir de 1969 por su posible relación con el cáncer. En 1984, la Comisión de las Comunidades Europeas estableció un valor de IDA para el ciclamato de 7 mg/kg p.c. Asimismo, más de 40 países en Europa, Asia, América y África han aprobado el ciclamato como edulcorante artificial (Branen, Davidson, Salminen, & Thorngate-III, 2002).

3. *Aspartame*. Fue descubierto accidentalmente en la década de 1960 por J. M. Schlatter en los laboratorios G. D. Searle y aprobado para su uso como edulcorante en muchos países hasta 20 años después, incluyendo países de Europa, EE. UU. y Canadá. Químicamente, es un metil éster L-aspartil-L-fenilalanina producido a partir de los aminoácidos fenilalanina y ácido aspártico. Es un polvo cristalino blanco que proporciona energía al organismo a razón de 4 kcal/g, ligeramente soluble en agua y alcohol con un sabor dulce de 150-200 veces mayor que la sacarosa. Es un excelente edulcorante para productos secos como bebidas en polvo o edulcorantes de mesa. También puede ser usado fácilmente en gomas de mascar, café instantáneo, té, refrescos y productos lácteos. A menudo se usan mezclas de sacarina con aspartame para aumentar la estabilidad del dulzor, o con povidexrosa como agente de relleno para complementar propiedades funcionales. Se reporta un valor de IDA de 40 mg/kg p.c. recomendado por la FDA. Los productos que contienen este edulcorante usualmente son etiquetados con la declaración del contenido de fenilalanina debido a la posible ingesta por parte de personas que padecen fenilcetonuria, un trastorno genético donde se altera el metabolismo de la fenilalanina acumulándose en sangre y tejidos, teniendo efectos nocivos para la salud (Branen, Davidson, Salminen, & Thorngate-III, 2002).

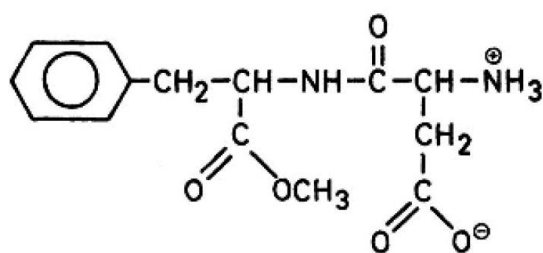
4. *Acesulfame K*. Es el nombre utilizado para la sal de potasio de 6-metil-1,2,3-oxatiazin-4(3)-ona-2,2-dioxi con fórmula molecular $C_4H_4NO_4KS$ y peso molecular de 210.2 g/mol. Fue desarrollado por la Compañía Hoechst en Alemania Occidental en 1967. Es un polvo cristalino blanco inodoro de 150-200 veces más dulce que la sacarosa, no higroscópico y lábil a temperaturas mayores a 235 °C. Se usa principalmente en refrescos, endulzantes de mesa, gomas de mascar, enjuague bucal, y pasta de dientes. Se ha establecido su seguridad con base en su información toxicológica permitiendo un IDA de 0-9 mg/kg p.c. (Branen, Davidson, Salminen, & Thorngate-III, 2002).



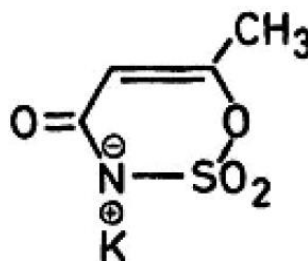
Sal sódica de sacarina



Ciclamato de sodio



Aspartame



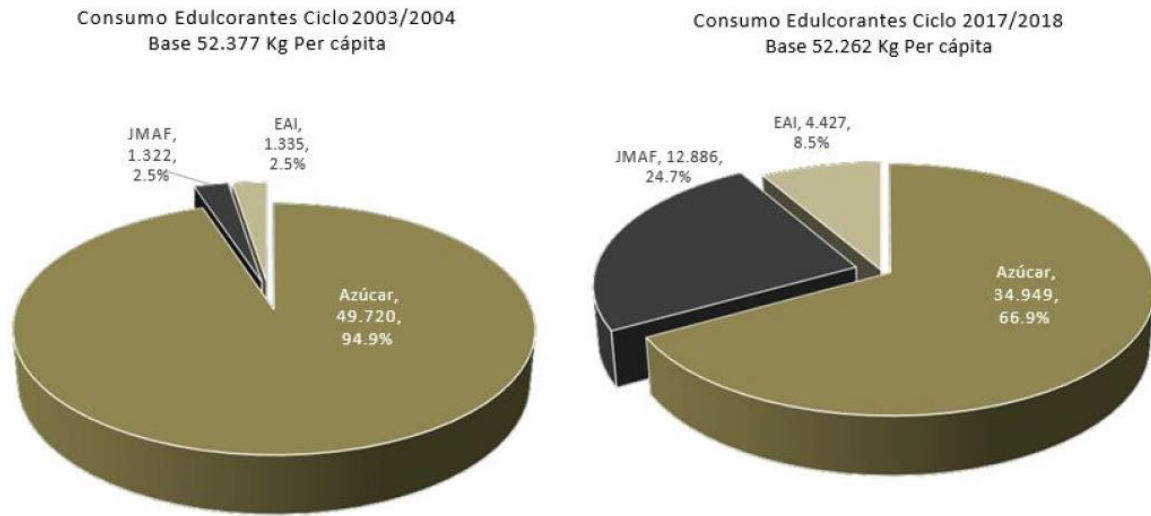
Acesulfame K

Figura 6. Estructura química de edulcorantes artificiales

Consumo de edulcorantes en México

La sacarosa es el principal edulcorante consumido en el país con un valor per cápita de 36.7 kg/año. Sin embargo, la ingesta de otros edulcorantes ha ido aumentando a lo largo de los últimos años como los son el Jarabe de Maíz Alto en Fructosa (JMAF) y los edulcorantes artificiales, principalmente por motivos económicos, políticos y de salud.

En el año 2019, López-Medel reportó un consumo total de edulcorantes per cápita de 52 kg durante el periodo 2017/2018, de los cuales el 67 % provino de azúcar de caña, el 25 % de JMAF y el 8 % de edulcorantes artificiales; en contraste con el año 2003, donde el consumo de azúcar de caña representó el 95 % y el 5 % restante provino del JMAF y los edulcorantes artificiales con un 2.5 % cada uno (ver Gráfica 1). Además, datos reportados por la Comisión Nacional para el Desarrollo Sustentable de la Caña de Azúcar (CONADESUCA) indican que, a partir del año 2011, el consumo de azúcar de caña ha disminuido a un ritmo promedio del 3 % anual, mientras que el consumo de JMAF y edulcorantes artificiales ha ido incrementado a razón del 40 y 10 % respectivamente, en un mismo periodo de tiempo. Esta información concuerda con la inclusión de sustitutos de azúcar bajos en calorías (así como de otros aditivos y coadyuvantes para alimentos, bebidas y suplementos alimenticios) por parte de la Secretaría de Salud (SSA) desde el año 2012 (CONADESUCA, 2017) (SAGARPA, 2017) (Vázquez-Hernández, 2017).



Gráfica 1. Consumo de edulcorantes en México (López-Medel, F., 2019)

Los datos más recientes reflejan el impacto que han tenido los sustitutos de azúcar en la dieta de los mexicanos y el sector agrícola, teniendo consecuencias sociales y económicas que abren la oportunidad de utilizar la caña de azúcar en otros procesos como lo son el sector energético (elaboración de biocombustibles) o la fabricación de etanol (CONADESUCA, 2017) (López-Medel, 2019).

Por otro lado, el crecimiento eventual del consumo de edulcorantes artificiales en la dieta mexicana a lo largo de los últimos años ha sido una medida para combatir el problema de salud pública relacionada con el alto índice de obesidad y sobrepeso en adultos y niños que puede desencadenar en enfermedades como diabetes, hipertensión o problemas cardiovasculares. Cifras de la OMS, reportan que 7 de cada 10 mexicanos padecen sobrepeso, y una tercera parte sufre de obesidad. Además, datos de la Encuesta Nacional de Salud y Nutrición (ENSANUT) de 2018 realizada por el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), reportaron 8.6 millones de personas diabéticas mayores de 20 años (1 de cada 10), a tal grado de ser la segunda causa de muerte en el país (15 % del total de defunciones en adultos), tan solo después de enfermedades del corazón (con un valor del 20 %) (INEGI, 2018) (SSA, 2018).

Entre las causas relacionadas con dichos problemas de salud se encuentran una vida más sedentaria, la baja o nula actividad física, el estrés o una dieta inadecuada. La dieta del mexicano es alta en hidratos de carbono, categoría en la que entran los edulcorantes naturales, consumidos principalmente a través de bebidas azucaradas (refrescos, jugos, café, etc.). Estudios de la Organización Mundial de la Salud (OMS), el Instituto Nacional de Salud Pública (INSP) y la Universidad de Yale reportan a México como el líder en consumo de refrescos con un valor per cápita de 163 litros/año, es decir, 445 mL diarios, cifra 3 veces superior al promedio mundial. Esto ha provocado que se tomen medidas como el reajuste de impuestos para reducir el consumo de este tipo de bebidas y mejorar la salud y calidad de vida de las personas (SAGARPA, 2017) (Vázquez-Hernández, 2017) (Delgado, 2019) (INSP, 2019) (OMS, 2019).

Madera

La madera es un material considerado como recurso renovable que se obtiene principalmente del tronco de vegetales leñosos. Presenta una estructura longitudinal compuesta por células alargadas en forma de tubos huecos con diferente longitud y espesor paralelas al eje del árbol, unidas con otro tipo de células alargadas huecas o no en posición perpendicular (ver Figura 7). Es un material ligero, poroso y resistente que le permite ser usado como materia prima en sectores como construcción, carpintería, producción de papel o como combustible (Gutiérrez, 1981) (Vignote & Martínez, 2006).

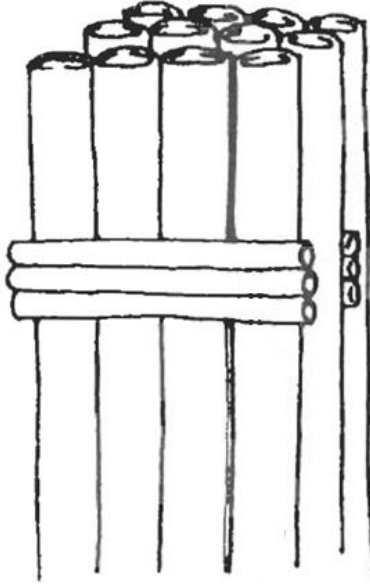


Figura 7. Esquema de la estructura tubular de la madera (Peraza, 1976)

Composición química de la madera

La madera está compuesta por celulosa, hemicelulosa, lignina y un ligero porcentaje de otras sustancias en proporciones diferentes según la especie, tales como terpenos, ácidos resínicos, etc. (Peraza, 1976).

La celulosa es un biopolímero lineal formado a partir de entre 7 000 y 13 000 moléculas de glucosa unidas a través de enlaces glucosídicos β -(1-4) como se observa en la Figura 8. Es el principal componente la madera, formando parte de la pared celular en donde cumple una función estructural que da sostén y soporte. Si bien es insoluble en agua, puede formar puentes de hidrógeno debido a la presencia de grupos hidroxilo en las moléculas de glucosa que le otorgan un carácter polar. Esta característica participa en la retención y anclaje de moléculas polares tanto en el lumen como en la pared celular, por ejemplo, moléculas de agua, adhesivos o barnices (Vignote & Martínez, 2006) (Valero-Valdivieso, 2013).

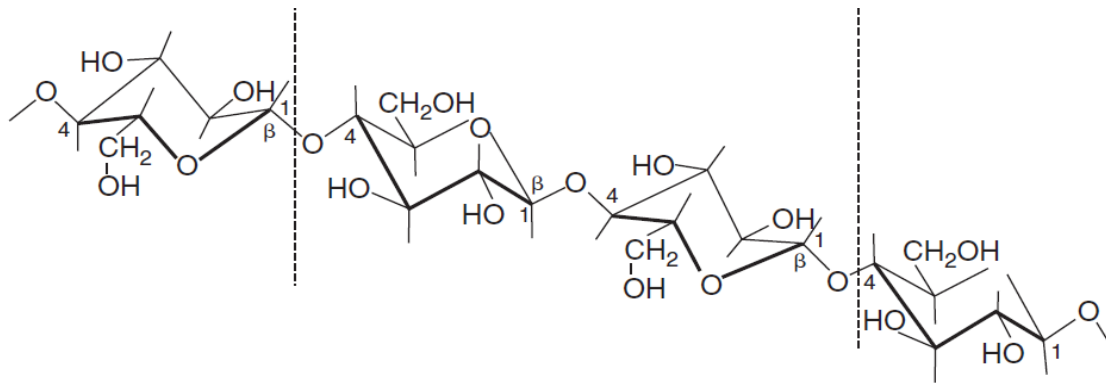


Figura 8. Molécula de celulosa (Badui, 2006)

La hemicelulosa es un polisacárido lineal de 70 – 200 unidades de pentosas o hexosas de menor resistencia que la celulosa que contribuye a la polaridad de la madera. Se pueden unir entre sí o a las cadenas de celulosa, normalmente en la superficie de la pared celular. La lignina es una mezcla de sustancias de composición química similar pero diferente estructura, principalmente fenilpropano y guayacil, que rodea y une las cadenas exteriores de celulosa de la pared celular dándole cierto carácter hidrofóbico y durabilidad a la madera al no disponer de grupos polares y ser una sustancia inerte. Además, pueden contener diferentes sustancias que varían con el tipo de especie y que en general cumplen la función de prevención de ataques de organismos patógenos. Algunos ejemplos son ácidos resínicos, terpenos, ceras y taninos (Vignote & Martínez, 2006).

Se ha reportado que la densidad de la pared celular sin considerar los huecos tiene un valor de 1.5 g/mL. Por otra parte, la densidad aparente de la madera, que incluye los huecos, se reporta especificando la humedad a la que se ha determinado y varía según la especie, las condiciones de crecimiento y la posición en el árbol, encontrando valores de entre 0.2 g/mL (madera de balsa) y 1.4 g/mL (madera de palo de hierro) (Peraza, 1976) (Gutiérrez, 1981).

Características sensoriales

Las características sensoriales de la madera (color, olor y sabor) dependen de los compuestos que se encuentran en el lumen de las células o en su pared celular; mientras que la estructura, textura y densidad, dependen de la forma y distribución de las células que constituyen la madera.

El color es debido a la presencia de taninos o pigmentos y varía con la especie, edad, condiciones de crecimiento y el clima, ya que los componentes principales de la madera no tienen color. El olor y sabor de la madera es más notorio en madera verde (recién cortada) que en madera seca y su exposición prolongada al aire o al agua elimina los compuestos adheridos. Algunos compuestos que producen olores en la madera son el alcanfor, limoneno o sándalo, mientras que, por ejemplo, la madera del *Podocarpus epicatus* da un sabor astringente.

Algunas de las características sensoriales que puede ofrecer la madera son deseables durante la elaboración de alimentos o bebidas. Por ejemplo, durante la producción de vinos la madera juega un papel importante en la formación de aromas y sabores durante la etapa de maduración o envejecimiento que implica almacenar el líquido en barricas hechas generalmente de roble por un cierto periodo de tiempo permitiendo una microoxigenación e intercambio de moléculas por disolución debido a su porosidad. También diferentes productos cárnicos pueden llevar un proceso de ahumado durante su elaboración que, aunque originalmente fue utilizado como método de conservación, llega a proporcionar sabores y aromas particulares, además de efectos antioxidantes por la presencia de compuestos fenólicos. Las maderas más comunes para este proceso son el roble, el mezquite y el manzano (Möhler, 1980) (Rivero-Pérez et al., 2008) (GIENOL, 2015).

Tipos de agua presente en la madera

El agua es el vehículo de transporte que usan las plantas para su crecimiento. En la madera puede existir agua de constitución, higroscópica (o de impregnación) y libre. El agua de constitución forma parte de la materia leñosa y no puede modificarse sin destruir la propia madera. El agua de higroscópica (conocida como la humedad de equilibrio higroscópica, HEH) es captada de la atmósfera según las condiciones del ambiente (humedad relativa del aire y temperatura), siendo responsable de los fenómenos de hinchazón (sorción) y merma (desorción) de la madera. El agua libre está contenida en el lumen de las células cuando hay una inmersión de la madera en agua y no tiene más repercusión que la ocupación física.

Las moléculas de agua pueden ingresar y subir a través del lumen de las células de madera a través de un fenómeno denominado capilaridad, en donde el tamaño estrecho de dichas células permite la formación de fuerzas de cohesión entre las moléculas de celulosa de la pared celular con moléculas de agua, llegando a ser mayores que las fuerzas de adhesión entre moléculas de agua provocando el ascenso del líquido. Ambas fuerzas se tratan de puentes de hidrógeno, pero de diferente magnitud hasta que se alcanza un equilibrio cuando el peso del agua del interior de las células es equivalente a las fuerzas de cohesión. La humedad máxima higroscópica se ha fijado técnicamente en 30 %, y puede aumentar hasta un 200 % considerando el agua libre (Peraza, 1976) (Gutiérrez, 1981) (Vignote & Martínez, 2006) (Chang, 2010).

Producción de madera en México

Datos de la Comisión Nacional Forestal (CONAFOR) del 2019 reportan que México cuenta con una superficie forestal de casi 140 millones de hectáreas que representan el 70 % del total de su territorio. De esta cifra, 220 mil hectáreas (alrededor del 0.16 % del área forestal total) son consideradas plantaciones

productivas destinadas para la obtención de madera como combustible (39 millones de m³), madera en rollo (5 millones de m³), madera aserrada (2.5 millones de m³), tableros de madera (1.2 millones de m³), y celulosa (238 toneladas métricas), entre otros.

La madera en rollo hace referencia a los troncos de árboles apeados, sin copa y desramados. La madera aserrada son piezas de dimensiones estandarizadas empleadas como material base para la elaboración de productos como puertas, ventanas, muebles o artículos de uso común. Los tableros de madera se pueden dividir en madera contrachapada o aglomerados, y son usados principalmente para construcción. La celulosa es el biopolímero principal de la madera empleado para la producción de papel (CONAFOR, 2019).

Objetivo General

Estudiar las propiedades fisicoquímicas y sensoriales de un edulcorante artificial (sucralosa) en interacción con un dispositivo ecológico (agitador de madera), para diseñar el desarrollo un nuevo producto (agitador de madera con sucralosa fijada) que pueda ser usado para llevar un control en el consumo calórico de las personas.

Objetivos Particulares

1. Evaluar el efecto del tiempo y la temperatura en la cantidad de agua absorbida en agitadores de madera.
2. Evaluar el tiempo de secado de agitadores de madera con agua absorbida.
3. Evaluar el efecto de la concentración de una solución de sucralosa en la cantidad del edulcorante fijada a un agitador de madera.
4. Evaluar la relación entre el tiempo de agitación y el nivel de dulzor percibido de diferentes bebidas endulzadas con agitadores de madera con sucralosa fijada.
5. Diseñar un proyecto de preinversión de una planta piloto que produzca agitadores de madera con sucralosa fijada evaluando su factibilidad económica.

MÉTODOS Y MATERIALES

Se usaron agitadores de madera con dimensiones de 180 x 6 x 1.6 mm y peso igual a 1 ± 0.1 g fabricados por Desechables Martín S.A. de C.V., sucralosa en polvo de Safe Iberoamericana S.A. de C.V., y tubos termoencogibles producidos por Alibaba Group de 6 mm de diámetro con temperatura de encogimiento de 70 °C y relación de contracción 2:1.

Los equipos utilizados fueron una balanza analítica *Sartorius CP225D* con sensibilidad de 0.001 g, un termoagitador *Corning PC-420*, un baño de agua con temperatura controlada y una secadora para cabello.

Efecto del tiempo y la temperatura en la cantidad de agua absorbida en agitadores de madera

Se preparó una gradilla con 5 tubos de ensayo de 13 x 100 mm. A cada tubo se le agregaron 5 mL de agua destilada a temperatura ambiente (21 °C). Se pesaron individualmente cinco agitadores en una balanza analítica y se colocaron cada uno dentro de uno de los tubos de ensayo durante 1 min. Luego se retiraron y se pesaron de nuevo. El procedimiento se repitió evaluando cinco agitadores diferentes para cada uno de los tiempos de sumersión restantes (2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 12, 14, 16, 18 y 20 min). La serie completa se evaluó con agitadores distintos a 32 °C y 40 °C usando un baño de agua con temperatura controlada.

La cantidad de agua absorbida para cada serie tiempo/temperatura se determinó promediando la diferencia entre el peso final e inicial de cada agitador. Con los datos obtenidos se trazó una gráfica de agua absorbida (expresado en miligramos “mg”) en función del tiempo de sumersión para cada temperatura evaluada, se calculó su línea de tendencia y su coeficiente de determinación (R^2). Igualmente, se realizó un análisis estadístico de varianza (ANOVA) con el fin de determinar diferencia significativa entre la cantidad de agua absorbida para un mismo tiempo de sumersión entre los pares 21 °C vs 32 °C, 32 °C vs 40 °C y 21 °C vs 40 °C.

Del mismo modo, se determinó promediando el porcentaje de agua absorbida con respecto al peso inicial del agitador correspondiente para cada serie tiempo/temperatura. Con los valores calculados se trazó una gráfica del porcentaje de agua absorbida en función del tiempo de sumersión para cada temperatura evaluada. Asimismo, se realizó un análisis estadístico de varianza (ANOVA) con el fin de determinar diferencia significativa entre el porcentaje de agua absorbida para un mismo tiempo de sumersión entre los pares 21 °C vs 32 °C, 32 °C vs 40 °C y 21 °C vs 40 °C.

Determinación del tiempo de secado en agitadores de madera con agua absorbida

Se tomaron 5 agitadores de madera y se pesaron para registrar su peso (denominado como peso seco). Luego se colocaron cada uno dentro de un tubo de ensayo de 13 x 100 mm con 5 mL de agua destilada a 32 °C durante 10 min (condiciones de absorción establecidas en la prueba anterior). Después se retiraron, se pesaron nuevamente (denominado como peso inicial) y se acomodaron en una gradilla donde se dejaron secar a temperatura ambiente (21 °C) sin flujo de aire. Durante el proceso de secado, se registró el peso individual de los agitadores cada 10 min hasta un tiempo final de 180 min.

Se determinó la cantidad total de agua absorbida promedio mediante la diferencia entre el peso inicial y el peso seco de cada agitador asignándole un valor de 100 %. Se calculó el porcentaje de agua retenida promedio en cada tiempo de secado registrado por diferencia entre el peso del agitador al tiempo "t" y su peso seco correspondiente. Con estos datos, se trazó una gráfica del porcentaje de agua retenida en función del tiempo de secado, se calculó su línea de tendencia y su coeficiente de determinación (R^2). Asimismo, se realizó un análisis estadístico de varianza (ANOVA) para establecer diferencia significativa entre el último porcentaje de agua registrado y los demás valores obtenidos.

Efecto de la concentración de una solución de sucralosa en la cantidad de edulcorante fijado a un agitador de madera

Se calculó la cantidad de agua absorbida por un agitador de madera sumergido en un tubo de ensayo de 13 x 100 mm con 5 mL de agua destilada a 32 °C durante 10 min usando la ecuación de la línea de tendencia correspondiente, como se muestra a continuación:

$$H_2O_{abs}(mg) = 50.682 \ln(t) + 88.675; R^2 = 0.9084$$

$$H_2O_{abs}(mg) = 50.682 \ln(10 \text{ min}) + 88.675 = \mathbf{205 \text{ mg}}$$

Con esto, se evaluó el rendimiento de absorción del edulcorante en un agitador de madera en tres soluciones de sucralosa de diferente concentración tomando en cuenta un volumen de 200 mL de agua (considerado como el volumen mínimo de una porción en un vaso o taza), su poder edulcorante (valor igual a 600) y el nivel de dulzor reportado en bebidas azucaradas comerciales, como jugos o refrescos (reportando en 10 % de sacarosa). Los datos obtenidos se muestran en la Tabla 2 (Profeco, 2012).

SOLUCIÓN SUC (% p/V)	SUC FIJADA TEÓRICA (mg/AGITADOR)	DULZOR TEÓRICO MÁX. (% SAC)
20 %	41	12
25 %	51	15
30 %	62	19

Tabla 2. Datos teóricos de sucralosa fijada en cada agitador de madera en función de la concentración de la solución del edulcorante

A continuación, se muestra el cálculo para la solución a 20 % p/V:

$$205 \text{ mg SUC/H}_2\text{O} \cdot \frac{20 \text{ mg SUC}}{100 \text{ mg SUC/H}_2\text{O}} = \mathbf{41 \text{ mg SUC}}$$

$$\frac{41 \text{ mg SUC}}{200 \text{ mL H}_2\text{O}} \cdot \frac{600 \text{ mg SAC}}{1 \text{ mg SUC}} \cdot \frac{1 \text{ g SAC}}{1000 \text{ mg SAC}} \cdot 100\% = \mathbf{12 \% \text{ SAC}}$$

Con los datos calculados, se pesó la cantidad necesaria del edulcorante para preparar un volumen de 50 mL de cada solución. Se tomaron 60 agitadores de madera, se pesaron para registrar su peso inicial y se dividieron en tres series (20 agitadores para cada concentración de sucralosa). Cada agitador se sumergió en un tubo de ensayo de 13 x 100 mm con 5 mL de la solución de sucralosa a evaluar a 32 °C durante 10 min. Se dejaron secar a temperatura ambiente durante 24 h sin flujo de aire y se registró el peso obtenido de cada uno (denominado como peso final).

La cantidad de sucralosa fijada en un agitador se calculó promediando la diferencia entre el peso final e inicial de cada agitador para cada concentración evaluada. Se realizó un análisis estadístico de varianza (ANOVA) para determinar diferencia significativa entre la cantidad de sucralosa fijada para los pares 20 % vs 25 %, 20 % vs 30 % y 25 % vs 30 %. Además, se determinó el rendimiento de sucralosa fijada y el dulzor teórico máximo en un volumen de 200 mL de agua para cada concentración de sucralosa usando la ecuación de agua absorbida a 32 °C.

Efecto del tiempo de agitación en el nivel de dulzor percibido en agua con jugo de limón, agua con jugo de naranja, agua con café y leche usando un agitador con sucralosa fijada

Preparación de agitadores con sucralosa fijada.

Se prepararon agitadores con sucralosa fijada sumergiendo cada uno dentro de un tubo de ensayo de 13 x 100 mm con 5 mL de una solución de sucralosa al 25 % p/V a 32 °C durante 10 min, y dejándolos secar a temperatura ambiente sin flujo de aire durante 24 h. Posteriormente, a cada uno se le colocó una sección de tubo termoencogible de 2 cm en el extremo no sumergido ajustado con aire caliente usando una secadora de cabello con el fin de señalar el extremo que debió ser sujetado con la mano para poder preparar las muestras a evaluar.

Preparación de muestras estándar.

Se preparó una solución de agua con jugo de limón a una concentración de 2.5% V/V usando limones agrios, una de agua con jugo de naranja al 30 % V/V con naranjas Valencia, una de agua con café soluble Clásico marca Nescafé al 0.25 % p/V y una de sucralosa al 2.5 % p/V. Se usó leche entera marca Santa Clara.

Se tomaron 2 mL de la solución de sucralosa al 2.5 p/V y se agregaron a 998 mL de la solución de agua con jugo de limón para obtener un volumen total de 1 litro con sucralosa al 5×10^{-3} % p/V (equivalente al 3 % de sacarosa). Del mismo modo, se prepararon las muestras estándares restantes usando 4, 6 y 9 mL de la solución de sucralosa al 2.5 % p/V para obtener 1 litro de agua con jugo de limón con concentraciones de sucralosa iguales a 1×10^{-2} , 1.5×10^{-2} y 2.25×10^{-2} % p/V, respectivamente (equivalentes a 6, 9 y 14 % de sacarosa). El blanco usado fue una solución de agua con jugo de limón sin sucralosa. Las muestras estándar con jugo de naranja, café y leche, así como su blanco correspondiente, fueron preparadas de la misma manera.

Preparación de muestras a evaluar.

Se endulzaron volúmenes de 200 mL de agua con jugo de limón a temperatura ambiente usando agitadores de madera con sucralosa fijada agitando la bebida durante 30 segundos con movimientos circulares constantes. De igual forma, se prepararon las muestras a evaluar restantes endulzando con diferentes agitadores durante 45 y 60 segundos, respectivamente. El blanco utilizado fue agua con jugo de limón sin endulzar. Las muestras con jugo de naranja fueron preparadas de la misma manera usando como blanco una solución de agua con jugo de naranja sin endulzar.

Evaluación sensorial.

Las pruebas sensoriales se realizaron en el Laboratorio de Análisis Sensorial de la Facultad de Química de la UNAM invitando a los estudiantes universitarios a participar en la evaluación. A partir de esto, se formó un panel para la evaluación de cada bebida compuesto por 12 evaluadores (8 mujeres y 4 hombres) de entre 20 y 29 años para el caso de agua con jugo de limón, uno con 20 evaluadores (10 mujeres y 10 hombres) de entre 20 y 30 años para la evaluación de jugo de naranja, uno con 28 evaluadores (14 mujeres y 14 hombres) de entre 21 y 27 años para la evaluación de agua con café, y uno de 29 evaluadores (19 mujeres y 10 hombres) de entre 19 y 35 años para la evaluación de leche.

Se realizó una prueba cuantitativa de intervalo con escala de estándares para evaluar la intensidad de dulzor percibida en función del tiempo de agitación. A cada evaluador se le presentaron 5 muestras de referencia (0, 3, 6, 9 y 14 % sacarosa), y 4 muestras a evaluar (0, 30, 45 y 60 segundos de agitación para el caso de agua con jugo de limón y agua con jugo de naranja; y 0, 60, 90 y 120 segundos de agitación para la evaluación de agua con café y leche) codificadas en vasos de policarbonato de 30 mL colocados de manera aleatoria. Se les solicitó que probaran las muestras a evaluar y seleccionaran la muestra de referencia en la cual percibían

el mismo dulzor o el más cercano. Al mismo tiempo, se llevó a cabo una prueba de preferencia en donde a cada evaluador se le solicitó que seleccionara la muestra de referencia con el nivel de dulzor que más les agradó con el objetivo de tener una idea general de los agitadores elaborados, ya que no se recomienda preguntar agrado/preferencia a los evaluadores de pruebas cuantitativas. El cuestionario usado se muestra en la Figura 9.

Análisis estadístico.

La intensidad de dulzor percibida por los evaluadores en cada muestra a evaluar fue asociada a un valor numérico de acuerdo con la muestra de referencia elegida asignándole un valor de % de sacarosa. Con estos datos, se determinó el nivel de dulzor percibido promedio para cada tiempo de agitación, su porcentaje de error, su desviación estándar (s) y su coeficiente de variación (CV). Se trazó una gráfica de nivel de dulzor percibido (expresado en % de sacarosa) en función del tiempo de agitación para los pares jugo de limón-jugo de naranja y café-leche. Además, se realizó un análisis estadístico de varianza (ANOVA) para determinar diferencia significativa entre los tiempos de agitación para cada bebida evaluada. Para la prueba de preferencia se contabilizó el número de veces que se eligió cada muestra de referencia y se trazó una gráfica de frecuencia relativa para cada bebida.

Se analizó el porcentaje de error del nivel de dulzor percibido en cada tiempo de agitación para cada bebida tomando en cuenta que la sumersión de un agitador en agua provoca un proceso de absorción. Para ello, se utilizó la ecuación de absorción de agua a temperatura ambiente (21°C) para los casos de agua con jugo de limón y agua jugo de naranja, la concentración de sucralosa empleada (25 % p/V) y el rendimiento promedio de fijación del edulcorante (85 %) para determinar un nivel de dulzor teórico. Con los datos de absorción a 21, 32 y 40 °C, se extrapoló la cantidad de agua absorbida a 4 °C para poderlo comparar con los datos experimentales a 60, 90 y 120 segundos de agitación para los casos de agua con café y leche.

Igualmente, se determinaron los tiempos de agitación teóricos para conseguir un nivel de dulzor equivalentes al 10 % de sacarosa (valor reportando en bebidas azucaradas comerciales), y al 14 % de sacarosa (nivel de dulzor teórico máximo en un agitador de madera) usando las ecuaciones de línea de tendencia calculadas para cada bebida.

Consideraciones.

La evaluación sensorial se realizó únicamente para dar una primera idea del uso de agitadores con sucralosa fijada como endulzante de bebidas, ya que las pruebas cuantitativas deben realizarse idealmente con un panel conformado por jueces entrenados (en este caso, con el gusto dulce), mientras que las pruebas de preferencia tienen que realizarse con consumidores potenciales siguiendo una serie de criterios de acuerdo con el objetivo que se desea conseguir (tamaño de muestra, target del consumidor, lugar de prueba, forma de presentación, entre otros). En este caso, se pretendieron obtener valores estimados de cómo se aprecia el nivel de dulzor por un grupo de personas que tienen la capacidad de discriminar.

CUESTIONARIO

EDAD: _____ SEXO: M | H

NOMBRE: _____

INSTRUCCIONES:

Frente a usted tiene 5 muestras de agua con jugo de limón y 4 muestras a evaluar. Pruebe las muestras de referencia de izquierda a derecha y enjuáguese la boca. Después pruebe la primera muestra a evaluar y marque con una "X" la muestra de referencia a la que el dulzor percibido sea el mismo o el más cercano. Enjuáguese la boca y repita el procedimiento con las muestras a evaluar restantes.

		Muestras a evaluar			
Muestras de referencia					

¿Qué muestra de referencia de las que probó le gustó más? _____

¡MUCHAS GRACIAS!

Figura 9. Cuestionario usado para las pruebas sensoriales

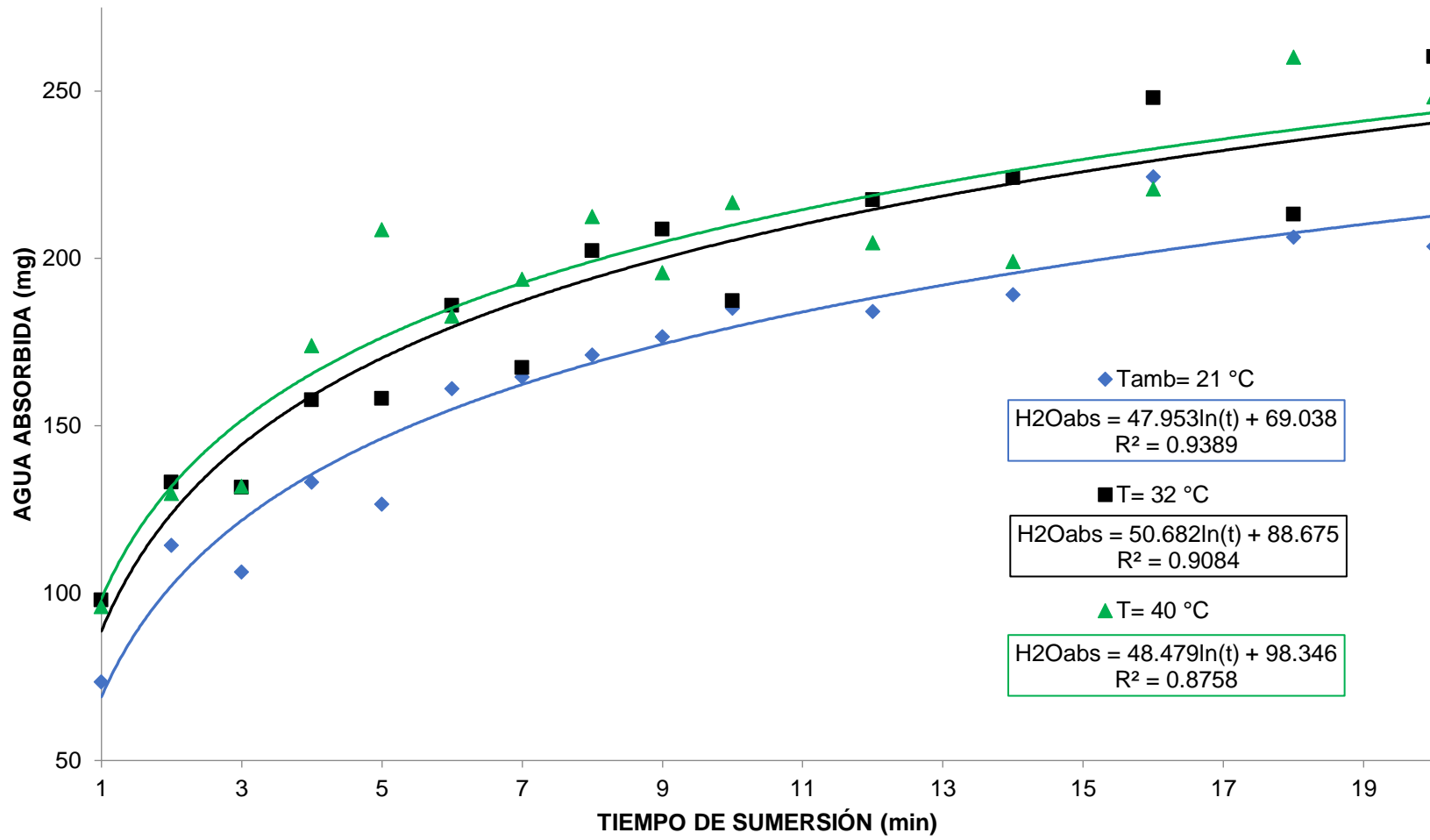
RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Efecto del tiempo y la temperatura en la cantidad de agua absorbida en agitadores de madera

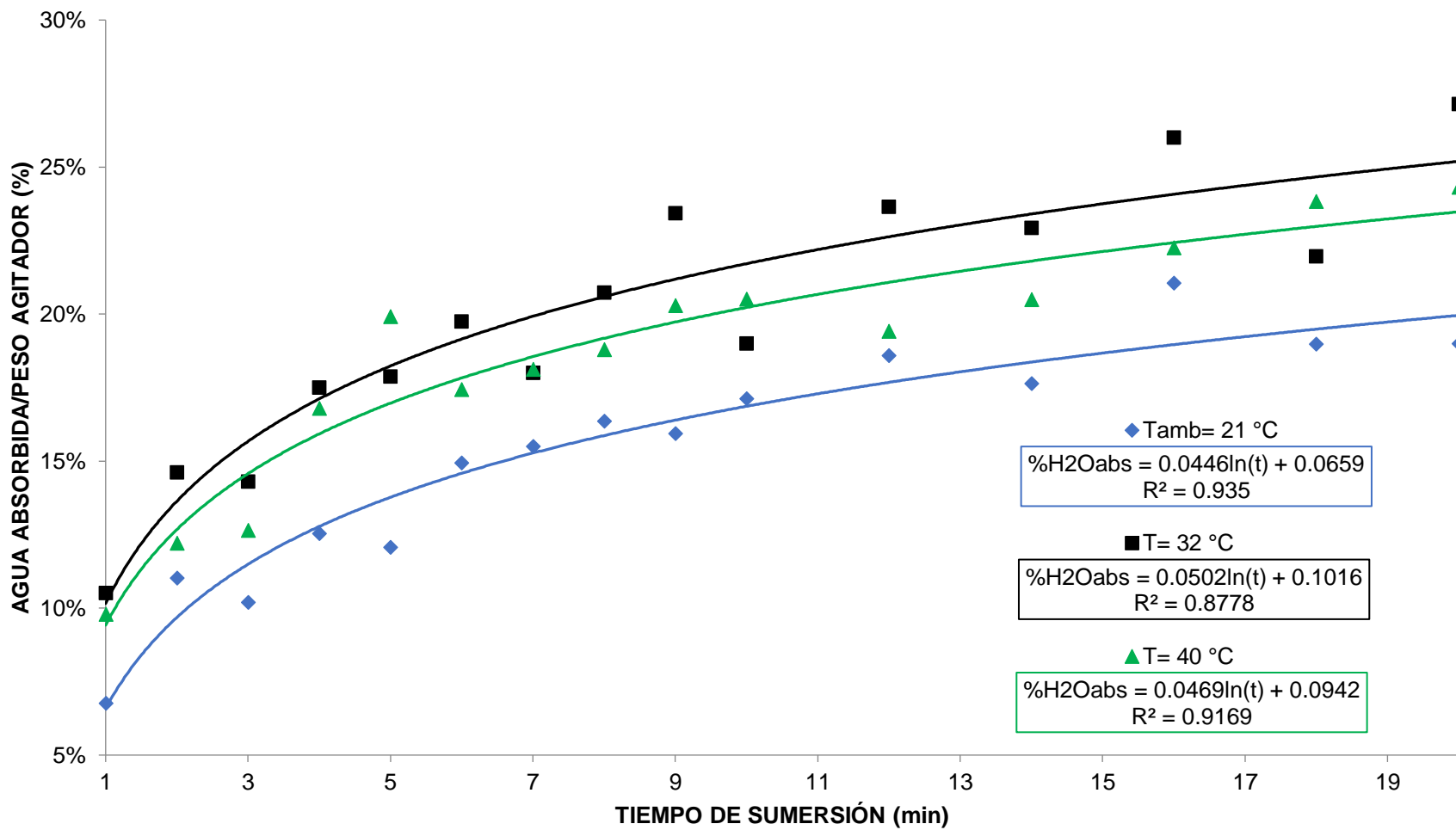
De acuerdo con los resultados obtenidos, la cantidad de agua absorbida en un agitador de madera aumentó con el tiempo de sumersión siguiendo una tendencia logarítmica, como se muestra en la Gráfica 2. La serie evaluada a temperatura ambiente (21 °C) presentó los valores más bajos, siguiendo los valores a 32 °C y 40 °C, respectivamente, demostrando que el incremento de la temperatura provocó una mayor absorción de agua, sin embargo, la diferencia entre las series a 32 °C y 40 °C es mínima, sugiriendo que existe una temperatura máxima de absorción.

El análisis estadístico (ANOVA) indicó que, a pesar del efecto que tiene la temperatura, no existe diferencia significativa en la cantidad de agua absorbida para la mayoría de los tiempos de sumersión entre los pares 21 °C vs 32 °C, 21 °C vs 40 °C y 32 °C vs 40 °C (ver ANOVAS en las páginas 88, 89 y 90). Esto puede atribuirse al tamaño de la muestra empleado para cada serie tiempo/temperatura ($n= 5$) y a las características propias de la madera, ya que se trata de un material poroso no homogéneo con células tubulares de diferente grosor y tamaño que provoca dispersión en los datos. La estructura celular de la madera depende de varios factores como lo son la especie, condiciones climáticas, época de tala o posición en el tronco, entre otros (Gutiérrez, 1981).

Debido a esto, se optó por realizar el análisis del porcentaje de agua absorbida conforme al peso inicial de un agitador con el fin de disminuir el efecto de la madera y saber si es posible encontrar diferencia significativa entre las temperaturas evaluadas. Los resultados obtenidos se muestran en la Gráfica 3.



Gráfica 2. Efecto del tiempo y la temperatura en la cantidad de agua absorbida en agitadores de madera



Gráfica 3. Rendimiento de agua absorbida en función del tiempo y la temperatura

Conforme a los datos de la Gráfica 3, el porcentaje de agua absorbida en función del peso inicial de un agitador aumentó con el tiempo de sumersión siguiendo una tendencia logarítmica. En este caso, se obtuvieron los valores más altos a 32 °C, seguido de los valores a 40 °C y a 21 °C, respectivamente. Aunado a esto, el análisis estadístico (ANOVA) indicó diferencia significativa en un número mayor de tiempos de sumersión para los pares 21 °C vs 32 °C y 21 °C vs 40 °C, en comparación con los datos de cantidad de agua absorbida, siendo el par 21 °C vs 32 °C quien presentó diferencia significativa en la mayoría de los tiempos de sumersión con 8 de 15 tiempos evaluados. El par 32 °C vs 40 °C presentó el mismo comportamiento estadístico para los datos de cantidad de agua y porcentaje de agua absorbida, infiriendo que no hubo diferencia entre ambas temperaturas (ver ANOVAS en las páginas 91, 92 y 93).

A pesar de esto, los datos no brindaron una evidencia contundente de la relación entre la absorción de agua en agitadores de madera con el tiempo de sumersión y la temperatura usada. Sin embargo, el análisis del porcentaje de agua absorbida en función del peso inicial de un agitador fue mejor para explicar el proceso de absorción, puesto que disminuyó la variación de los datos ocasionada por la estructura celular de la madera sobre el tamaño de la muestra. Como complemento, sería adecuado realizar un experimento similar que incluya un tamaño de muestra mayor (por ejemplo, con un tamaño de muestra igual a 20 agitadores) para minimizar el efecto de la madera y obtener resultados convincentes.

De esta manera, con los datos conseguidos experimentalmente se eligió la serie a 32 °C como la temperatura a usar durante la producción de agitadores de madera con sucralosa fijada, dado que se consiguieron los valores más altos de cantidad de agua absorbida promedio (semejantes a la serie a 40 °C), así como de porcentaje de agua absorbida conforme al peso de un agitador. No obstante, no es posible descartar totalmente la serie a 21 °C, ya que también se puede escoger tomando en cuenta que se trataría de un proceso más práctico y menos costoso al tratarse de la temperatura ambiente, con el inconveniente de que aumentaría el tiempo de

producción porque que el tiempo de sumersión sería mayor para conseguir una misma cantidad de agua absorbida.

Para determinar el tiempo de sumersión dentro de la serie a 32 °C, se analizó el nivel de dulzor teórico, expresado en % de sacarosa, esperado en un volumen de 200 y 250 mL de agua (considerados como el volumen mínimo y máximo de una porción contenida en un vaso o taza estándar) tomando en cuenta una solución de sucralosa al 28.3 % p/V (solubilidad reportada a 20 °C) y su poder edulcorante (valor igual a 600). Los valores calculados se presentan en la Tabla 3, tomando como base la cantidad de agua absorbida experimental y la obtenida con la línea de tendencia correspondiente.

De este modo, se seleccionó el tiempo de sumersión de 10 min para producir agitadores con sucralosa fijada debido a que el nivel de dulzor teórico es mayor al reportado en bebidas azucaradas comerciales (igual al 10 % de sacarosa) sin llegar al extremo superior de 20 min de sumersión optimizando tiempos de producción y dando un ligero margen de pérdida del edulcorante sin que el dulzor sea menor al 10 % de sacarosa, ya que los datos teóricos consideran una fijación y solubilización ideales, así como una nula disminución de sucralosa por manipulación de los agitadores (debido a que la variación de dulzor en 200 mL de agua es igual a 0.3 % de sacarosa por cada miligramo de sucralosa fijada a un agitador). Es vista de esto, se realizó una prueba para determinar la cantidad de sucralosa fijada a un agitador variando la concentración del edulcorante con el objetivo de evaluar el rendimiento de fijación, así como otra para determinar el tiempo de secado de un agitador de madera con agua absorbida a 32 °C durante 10 min de sumersión.

	DATOS EXPERIMENTALES					ECUACIÓN LÍNEA DE TENDENCIA				
	n = 5					$H_2O \text{ abs} = 50.682\ln(t) + 88.675; R^2 = 0.9084$				
	H ₂ O abs (mg)	s (mg)	SUC (mg)	Dulzor en 200 mL (% SAC)	Dulzor en 250 mL (% SAC)	H ₂ O abs (mg)	SUC (mg)	Dulzor en 200 mL (% SAC)	Dulzor en 250 mL (% SAC)	
Tiempo de sumersión (min)	1	98	20	28	8%	7%	89	25	8%	6%
	2	133	8	38	11%	9%	124	35	11%	8%
	3	132	19	37	11%	9%	144	41	12%	10%
	4	158	34	45	13%	11%	159	45	13%	11%
	5	158	40	45	13%	11%	170	48	14%	12%
	6	186	26	53	16%	13%	179	51	15%	12%
	7	167	37	47	14%	11%	187	53	16%	13%
	8	202	18	57	17%	14%	194	55	16%	13%
	9	209	40	59	18%	14%	200	57	17%	14%
	10	187	41	53	16%	13%	205	58	17%	14%
	12	218	29	62	18%	15%	215	61	18%	15%
	14	224	35	63	19%	15%	222	63	19%	15%
	16	248	9	70	21%	17%	229	65	19%	16%
	18	213	40	60	18%	14%	235	67	20%	16%
	20	260	29	74	22%	18%	241	68	20%	16%

H₂O abs = agua absorbida en un agitador de madera

s = desviación estándar

SUC = sucralosa teórica absorbida usando una solución de 28.3 % p/V

Tabla 3. Nivel de dulzor teórico en función del tiempo de sumersión a 32 °C

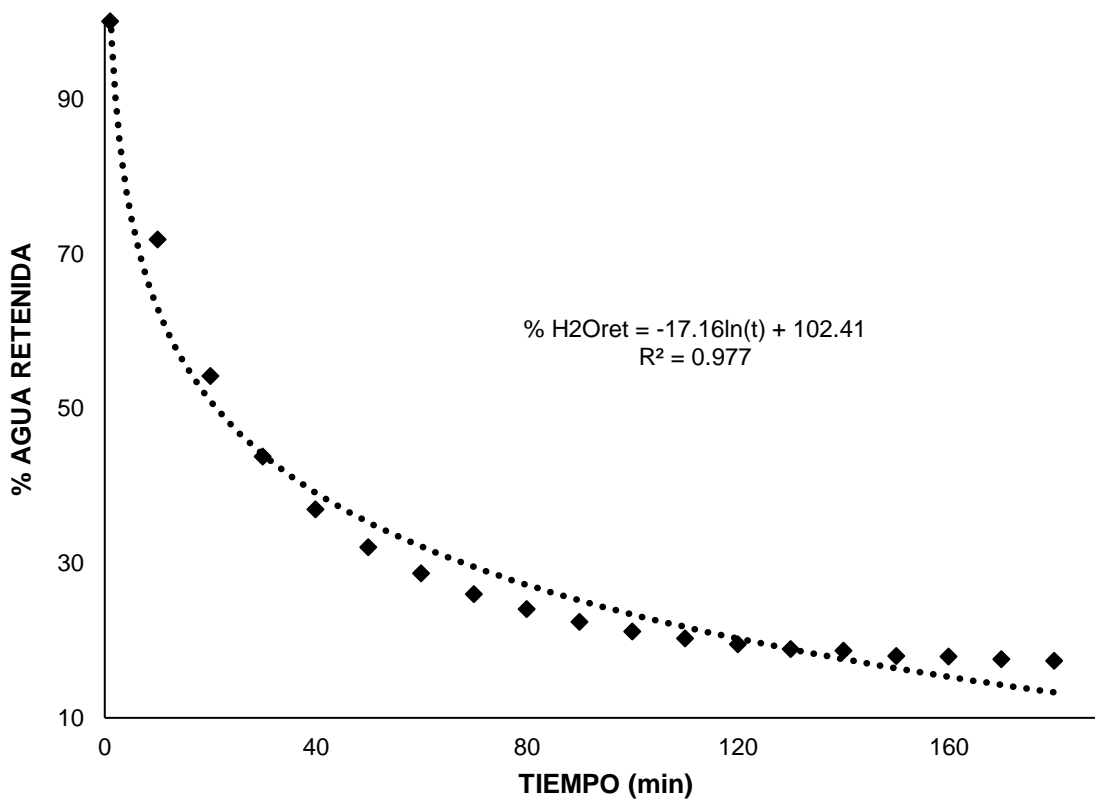
La tendencia logarítmica de los datos obtenidos se puede explicar por el fenómeno de capilaridad en la madera que considera la formación de puentes de hidrógeno entre la celulosa contenida en la pared celular y las moléculas de agua. Durante el proceso de absorción, las moléculas de agua suben a través del lumen celular por la formación de puentes de hidrógeno con las moléculas de celulosa, siendo estas interacciones (celulosa-agua) más fuertes que las constituidas entre moléculas de agua, que también se tratan de puentes de hidrógeno, hasta llegar a un equilibrio con el peso del líquido ascendido. Los puentes de hidrógeno se forman entre átomos electronegativos, como los átomos de oxígeno presentes en los grupos hidroxilos de la celulosa, y átomos de hidrógeno que se encuentran en moléculas de agua, y viceversa, permitiendo el ascenso de agua y nutrientes en la madera (Chang, 2010).

El aumento de absorción de agua a 32 °C puede interpretarse por el aumento de energía cinética de las moléculas de agua que reducen las fuerzas de adhesión entre ellas y facilitan el ascenso del líquido por el lumen de las células de madera. Asimismo, el aumento de la temperatura disminuye el tiempo necesario para que en las células de madera ocurra el proceso de hinchazón y consigan más rápido el punto de saturación de la fibra (o humedad higroscópica máxima) en donde las propiedades físicas y mecánicas de la madera permanecen constantes, razón por la cual se obtuvieron valores similares a 32 y 40 °C.

Durante el proceso de hinchazón, las moléculas de agua penetran entre las capas de celulosa de la pared celular aumentando su volumen y reduciendo el tamaño del radio interno de las células de la madera hasta llegar a un valor máximo que ocasiona una capilaridad constante. De acuerdo con las dimensiones de los agitadores y la proporción que es sumergida, se necesita 1 min para que absorba el agua suficiente y se consiga dicha humedad (valor igual al 30 % m/V). Además, a mayor temperatura aumenta el número de moléculas de agua que tienen la energía cinética suficiente para pasar a fase vapor, impidiendo que participen en el proceso de capilaridad (Peraza, 1976) (Gutiérrez, 1981).

Determinación del tiempo de secado en agitadores de madera con agua absorbida

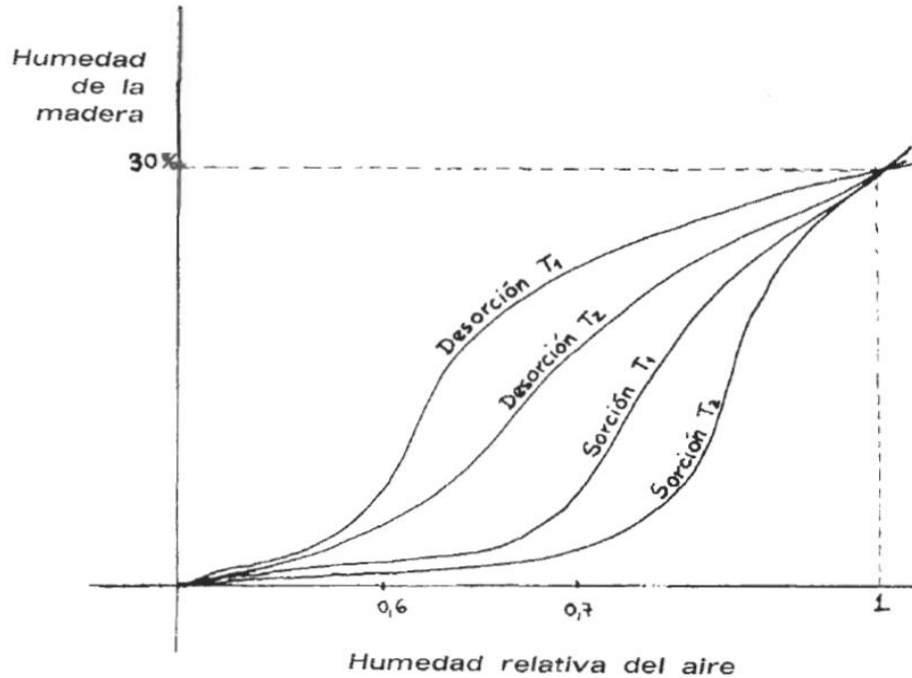
Los resultados demuestran que el secado de agitadores a temperatura ambiente sin flujo de aire, expresado como porcentaje de agua retenida, siguió una tendencia logarítmica como se observa en la Gráfica 4. Asimismo, se determinó que el tiempo de secado teórico, cuando el porcentaje de agua retenida es igual al 0 %, es de 390 min (6.5 h) usando la ecuación de la línea de tendencia obtenida.



Gráfica 4. Secado de agitadores de madera a temperatura ambiente sin flujo de aire

El secado de los agitadores de madera con agua absorbida es consecuencia de un proceso causado por la presión de vapor del agua, que se trata de equilibrio dinámico entre los procesos de evaporación y condensación en un recipiente cerrado al vacío que genera una diferencia de presión. En este caso, las moléculas de agua en estado líquido que se encuentran en la parte más externa del agitador tienen la energía cinética suficiente para pasar a la fase vapor en busca de dicho equilibrio y siendo sustituidas por moléculas que están en el interior. Sin embargo, al no tratarse de un recipiente cerrado al vacío, el proceso continúa liberando moléculas de agua hasta alcanzar un equilibrio con la humedad higroscópica de la madera según las condiciones ambientales. En el proceso de secado, se elimina primero el agua de tipo libre contenida en el lumen de las células de la madera, y posteriormente el agua higroscópica que se localiza en las capas de la pared celular de dichas células. Se ha reportado que la humedad de la madera depende de la temperatura, la humedad relativa, y factores intrínsecos como especie, densidad y porosidad (Chang, 2010) (Pérez, 2011).

A pesar de que el tiempo de secado teórico de los agitadores es de 6.5 h contemplando un porcentaje de agua retenida igual al 0 %, no es dato decisivo puesto que la humedad final de la madera después de un proceso de absorción es mayor que la humedad inicial, por lo tanto, el tiempo de secado deberá ser menor. Esto sucede porque las capas de celulosa que integran la pared celular sufren una reestructuración con moléculas de agua que ocupan espacios disponibles durante el fenómeno de hinchazón formando enlaces lo suficientemente fuertes que permanecen a pesar del proceso de secado, evidenciado al demostrar que la curva de desorción de la madera está por encima de la de absorción, formando un ciclo de histéresis, como se observa en la Gráfica 5 (Peraza, 1976) (Gutiérrez, 1981).



Gráfica 5. Humedad de la madera en función de la humedad relativa del aire (Peraza,1976)

Igualmente, la sustitución de agua por una solución de sucralosa también deberá disminuir el tiempo de secado, puesto que la cantidad neta de agua será menor y las moléculas de sucralosa no se pueden volatilizar por su peso molecular elevado (397 g/mol), participando solo en la fijación con moléculas de celulosa en la madera por la formación de puentes de hidrógeno. Además, el uso de otras técnicas como el secado con calor o flujo de aire también pueden reducir el tiempo de secado. Para poder establecer un tiempo de secado exacto, es necesario realizar otra prueba de experimental que incluya la evaluación de agua, así como de la solución de sucralosa elegida para la producción de agitadores, tomando en cuenta que el registro del porcentaje de agua retenida deberá ser máximo a 6.5 h.

Con el fin de establecer un tiempo de secado para la producción de agitadores con sucralosa fijada se realizó un análisis de varianza (ANOVA) entre el porcentaje de agua retenida registrado en cada tiempo de secado y el valor obtenido a 180 min, que fue el último dato de la serie siendo el más cercano a la humedad de equilibrio

de la madera. La información correspondiente se muestra en la Anova 7 que se encuentra en la página 94. En función de esto, se eligió un tiempo de secado de 120 min, ya que a partir de ese momento no hay diferencia significativa con los valores obtenidos a 180 min, asimismo, el porcentaje de agua retenido es de aproximadamente el 20 % y la diferencia de agua retenida con el siguiente dato registrado es menor al 1 %.

Efecto de la concentración de una solución de sucralosa en la cantidad de edulcorante fijado a un agitador de madera

Los resultados obtenidos demuestran un incremento en la cantidad de sucralosa fijada a un agitador conforme aumentó la concentración de sucralosa de la solución evaluada, como se muestra en la Tabla 4, sin embargo, dicho incremento no es proporcional observando mayor diferencia en la cantidad fijada cuando la concentración aumenta de 20 a 25 %, que cuando aumenta de 25 % a 30 %. Aunado a esto, el análisis estadístico de varianza (ANOVA) indicó diferencia significativa en la cantidad de sucralosa fijada a un agitador entre las tres soluciones de sucralosa evaluadas, mostrado en la Tabla 5.

SOLUCIÓN SUC (% p/V)	SUC FIJADA TEÓRICA (mg/AGIT)	SUC FIJADA EXP (mg/AGIT)			RENDIMIENTO (%)	DULZOR TEÓRICO MÁX. (% SAC)
		x	s	CV		
20 %	41	31	10	32 %	76 %	9 %
25 %	51	48	6	13 %	94 %	14 %
30 %	62	53	9	18 %	85 %	16 %

n = 20; x = promedio; s = desviación estándar; CV = coeficiente de variación

Tabla 4. Efecto de la concentración de sucralosa en la cantidad fijada a un agitador de madera

En los tres casos es posible conseguir un dulzor teórico máximo similar al reportado en bebidas azucaradas comerciales (igual al 10 % de sacarosa), no obstante, dicho dulzor se trata de un valor ideal que considera una solubilización total del edulcorante y la pérdida nula del mismo por una posterior manipulación, tomando en cuenta que su poder edulcorante implica que la disminución de un miligramo de sucralosa equivale a 0.6 g de sacarosa, afectando el dulzor teórico máximo a razón de 0.3 % de sacarosa/mg de sucralosa en un volumen de 200 mL de agua.

Por este motivo, se seleccionó la concentración a 25 % de sucralosa, debido a que idealmente se consigue un dulzor mayor al reportado en bebidas azucaradas comerciales asegurando alcanzar dicho dulzor debido a la posible disminución de edulcorante en un agitador de madera por su manipulación o elaboración, además de presentar poca diferencia significativa con los datos obtenidos al 30 % de sucralosa, pudiendo disminuir costos de producción.

	20 %	25 %	20 %	30 %	25 %	30 %
n	20	20	20	20	20	20
x	31	48	31	53	48	53
s	10	6	10	9	6	9
CV	32%	13%	32%	18%	13%	18%
F	39.6394		50.1991		4.4746	
F_{crítica}	4.0982		4.0982		4.0982	
Concl.	Hay diferencia significativa		Hay diferencia significativa		Hay diferencia significativa	

n = tamaño de muestra; x = promedio (mg SUC); s = desv. estándar; CV = coef. de variación
 F = valor F de datos experimentales; F_{crítica} = valor F teórico

Tabla 5. Análisis estadístico (ANOVA) entre la cantidad de sucralosa fijada a un agitador con diferentes soluciones de sucralosa

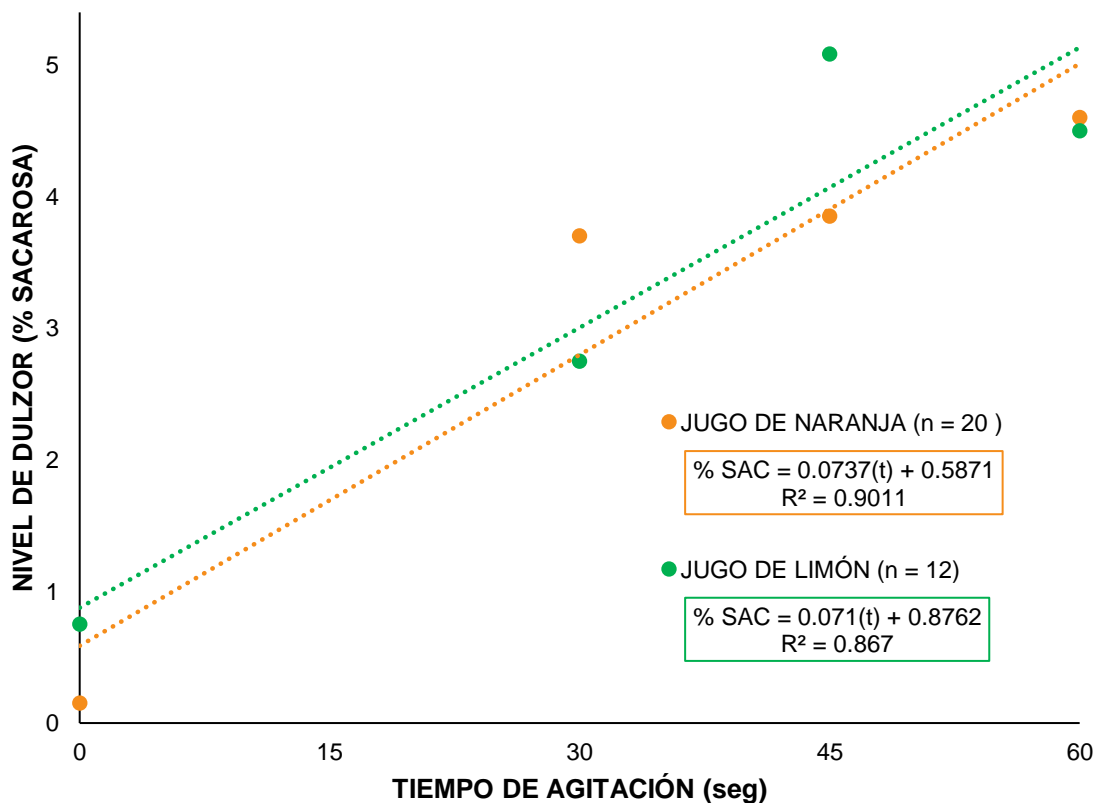
La fijación de sucralosa en los agitadores de madera ocurre por la formación de puentes de hidrógeno entre los grupos polares de la molécula del edulcorante, específicamente los grupos hidroxilo (-OH) y halógeno (-Cl), con los grupos hidroxilo de la celulosa (-OH) presentes en la pared celular de las células de la madera. Se originan porque las moléculas del edulcorante ascienden junto con las moléculas de agua (específicamente agua de tipo libre) a través de lumen de las células de madera por el fenómeno de capilaridad que facilitan y promueven su interacción. Dichas interacciones, junto con su peso molecular elevado (397 g/mol) le permiten soportar el proceso de secado y permanecer fijo en la madera hasta volver a entrar

en contacto con el agua (Gutiérrez, 1981) (Chang, 2010) (O'Donnell & Kearsley, 2012).

Si bien la capilaridad es un fenómeno físico usado para la fijación de compuestos en la madera, también existe la opción de hacer una fijación química como lo reportado por Wottitz, C. y Moreno, G. (2011), llevando a cabo la fijación del conservador CCA-C (arseniato de cobre cromatado) en la madera de *Pinus Elliottii*. En este caso, los reactivos involucrados deben reaccionar para formar otros compuestos que quedarán fijados a la madera (Wottitz & Moreno, 2011).

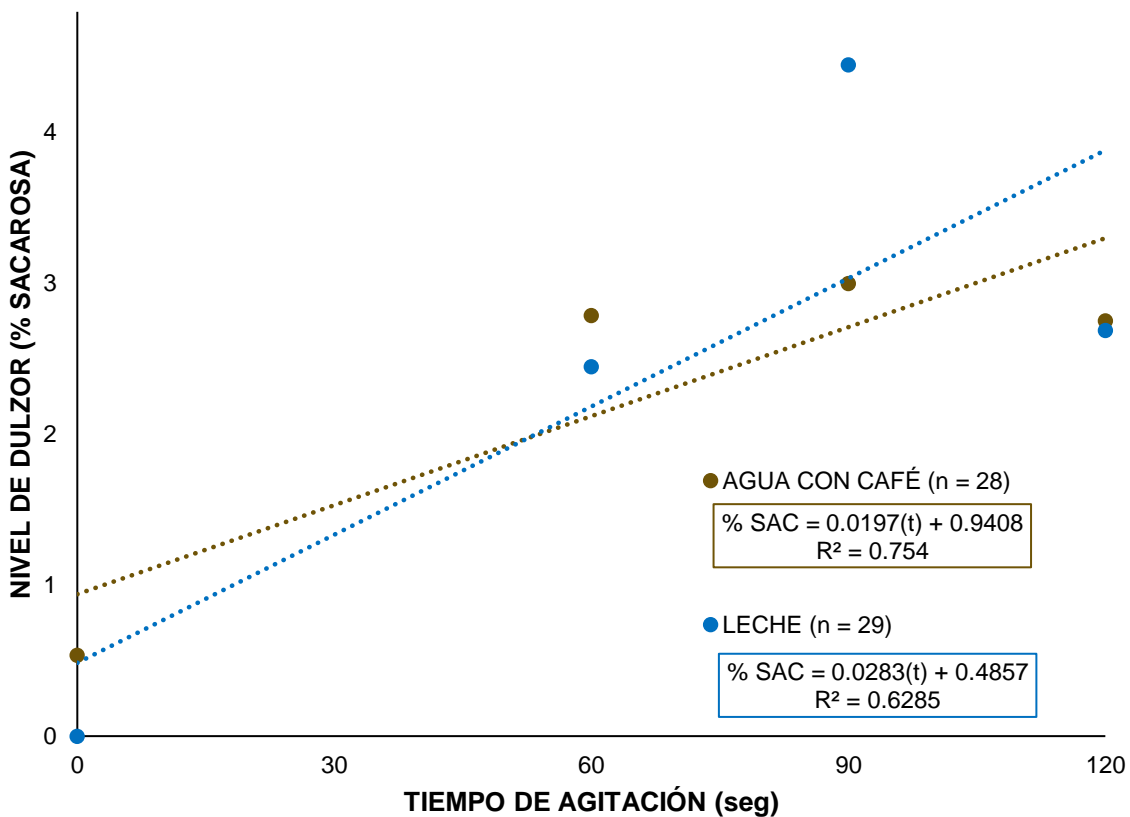
Efecto del tiempo de agitación en el nivel de dulzor percibido en agua con jugo de limón, agua con jugo de naranja, agua con café y leche usando un agitador con sucralosa fijada

Para el caso de agua con jugo de limón y agua con jugo de naranja (analizados en conjunto porque se evaluaron los mismos tiempos de agitación a temperatura ambiente), se observó un cambio en el nivel de dulzor percibido a partir de los 30 segundos de agitación reportando valores máximos de 5.1 % de sacarosa a 45 segundos para agua con jugo de limón, y de 4.6 % de sacarosa a 60 segundos para agua con jugo de naranja, como se muestra en la Gráfica 6.



Gráfica 6. Efecto del tiempo de agitación en el nivel de dulzor percibido en agua con jugo de limón y agua con jugo de naranja utilizando sucralosa fijada a un agitador de madera

Este comportamiento fue similar para el caso de agua con café y leche (en donde se evaluaron los mismos tiempos de agitación a 4 °C), observando un cambio en el nivel de dulzor percibido a partir de los 60 segundos de agitación, reportando un dulzor máximo de 4.4 % de sacarosa a los 90 segundos para agua con café, y de 3.0 % de sacarosa para leche al mismo tiempo de agitación, como se observa en la Gráfica 7.



Gráfica 7. Efecto del tiempo de agitación en el nivel de dulzor de agua con café y leche utilizando sucralosa fijada a un agitador de madera

El análisis estadístico de varianza (ANOVA) indicó que, para las cuatro bebidas evaluadas, hubo diferencia significativa únicamente entre el dulzor percibido en la muestra a evaluar sin agitar y las muestras a evaluar restantes, mas no entre ellas, a excepción del par 0 seg vs 30 seg de agua con jugo de limón (ver ANOVAS en las

páginas 95, 96, 97 y 98). Esto pudo deberse al tipo y número de evaluadores participantes conformando un panel reducido de evaluadores no entrenados, así como al número de muestras usadas ocasionando una posible fatiga que les impidió poder discernir de manera correcta entre el dulzor de las muestras a evaluar.

Debido a esto, se sugiere la idea de realizar otra prueba cuantitativa similar que contemple jueces entrenados, o en su caso, aumente el número de evaluadores no entrenados y disminuya el número de muestras para que sea posible observar una mejor tendencia en los resultados, y así, diferenciar de mejor manera la intensidad de dulzor percibida en cada bebida respecto al tiempo de agitación.

Asimismo, los datos obtenidos para agua con café y leche demostraron el efecto de la temperatura sobre el nivel de dulzor percibido, actuando sobre el fenómeno de capilaridad en la madera y la percepción del gusto dulce por parte de los evaluadores. La disminución de la temperatura provoca que las moléculas de agua tengan menor energía cinética necesitando más tiempo para integrarse en las capas de celulosa de la pared celular y ascender a través del lumen con el fin de solubilizar las moléculas de sucralosa fijadas a la pared celular de las células de madera. De igual modo, a bajas temperaturas disminuye la percepción sensorial del sabor dulce mediante las papilas gustativa. Una razón para explicar esto fue reportada por Li et al. (2020), quienes reportaron que el consumo de un alimento o bebida fría activa las papilas gustativas que detectan el gusto amargo y las terminaciones nerviosas que reconocen la textura de los alimentos, produciendo inhibidores del gusto dulce sin afectar directamente las papilas gustativas correspondientes, tras realizar pruebas con moscas de fruta (Chang, 2010) (Li, DeBeaubien, Sokabe, & Montell, 2020)

A pesar de que el nivel de dulzor percibido debe seguir un comportamiento logarítmico explicado por el proceso de solubilización que presenta la sucralosa debido al fenómeno de capilaridad de la madera, actuando primero sobre las moléculas más externas hasta llegar a un momento en el que la intensidad de dulzor

permanecerá constante porque la totalidad del edulcorante disponible se incorporó a la bebida, se optó por el explicar la tendencia de los datos experimentales de las bebidas evaluadas a través de una línea recta debido a que una línea de tendencia logarítmica proporcionaría tiempos teóricos muy elevados incoherentes con la realidad, proponiendo que la diferencia de dulzor percibido entre los tiempos de agitación evaluados es mínima a tal grado que forman una parte lineal que pertenece al comportamiento logarítmico global de solubilización, y por lo tanto, de dulzor percibido.

Los datos de porcentaje de error se muestran en la Tabla 6. A continuación, se muestra el cálculo realizado para 30 segundos de agitación (0.5 min) en la evaluación de agua con jugo de naranja:

$$H_2O_{abs} = 47.953 \ln(t) + 69.038; R^2 = 0.9389$$

$$H_2O_{abs} = 47.953 \ln(0.5) + 69.038 = 36 \text{ mg } H_2O$$

$$36 \text{ mg SUC}/H_2O \cdot \frac{25 \text{ mg SUC}}{100 \text{ mg SUC}/H_2O} \cdot \frac{85 \text{ mg SUC}_{fijada}}{100 \text{ mg SUC}} = 7.7 \text{ mg SUC}_{fijada}$$

$$\frac{7.7 \text{ mg SUC}_{fijada}}{200 \text{ mL } H_2O} \cdot \frac{600 \text{ mg SAC}}{1 \text{ mg SUC}_{fijada}} \cdot \frac{1 \text{ g SAC}}{1000 \text{ mg SAC}} \cdot 100\% = \mathbf{2.3 \% SAC}$$

		JUGO DE LIMÓN	JUGO DE NARANJA	CAFÉ	LECHE
TIEMPO DE AGITACIÓN (min)	30	22 %	61 %	-	-
	45	46 %	11 %	-	-
	60	2 %	5 %	833 %	700 %
	90	-	-	114 %	214 %
	120	-	-	22 %	17 %

Tabla 6. Porcentaje de error del nivel de dulzor percibido

Con base en la tabla anterior, se observa que el porcentaje de error disminuyó conforme aumentó el tiempo de agitación, lo que plantea que la escala de dulzor usada en las muestras de referencia no fue suficiente para que cada evaluador pudiera diferenciar entre las muestras a evaluar, percibiéndolas con un dulzor similar. Por eso, es conveniente realizar una otra prueba sensorial cuantitativa similar, como se mencionó anteriormente, que incluya una escala de referencia modificada con dulzores más cercanos a los esperados de acuerdo con la información experimental obtenida (cantidad de agua absorbida, concentración de sucralosa y rendimiento). Sin embargo, debe considerarse que mientras esta diferencia vaya disminuyendo, la capacidad para detectar diferencia también lo hará hasta llegar a un valor del 50 %, como lo demostró el Dr. Ranulfo Romo (2000) (Hernández, Zainos, & Romo, 2000) (Hanks & Summerfield, 2017).

Los tiempos de agitación teóricos calculados con las ecuaciones de línea de tendencia correspondientes que se muestran en la Tabla 7 se usaron para dar una primera idea de la relación entre el tiempo de agitación y el nivel de dulzor percibido, además de ser considerados como valores máximos para alcanzar los dulzores evaluados, puesto que la ecuación obtenida sigue una tendencia lineal y no logarítmica, que es la que explica de mejor manera el proceso de solubilización de la sucralosa y, por ende, de nivel de dulzor percibido. Igualmente, se puede observar que la temperatura de la bebida y el tiempo de agitación presentan una relación inversa.

	NIVEL DE DULZOR	
	10 % SACAROSA	14 % SACAROSA
JUGO DE LIMÓN	< 129 seg (~ 2 min)	< 185 seg (~ 3 min)
JUGO DE NARANJA	< 128 seg (~ 2 min)	< 182 seg (~ 3 min)
CAFÉ	< 460 seg (~ 8 min)	< 663 seg (~ 11 min)
LECHE	< 336 seg (~ 6 min)	< 478 seg (~ 8 min)

Tabla 7. Tiempos de agitación teóricos

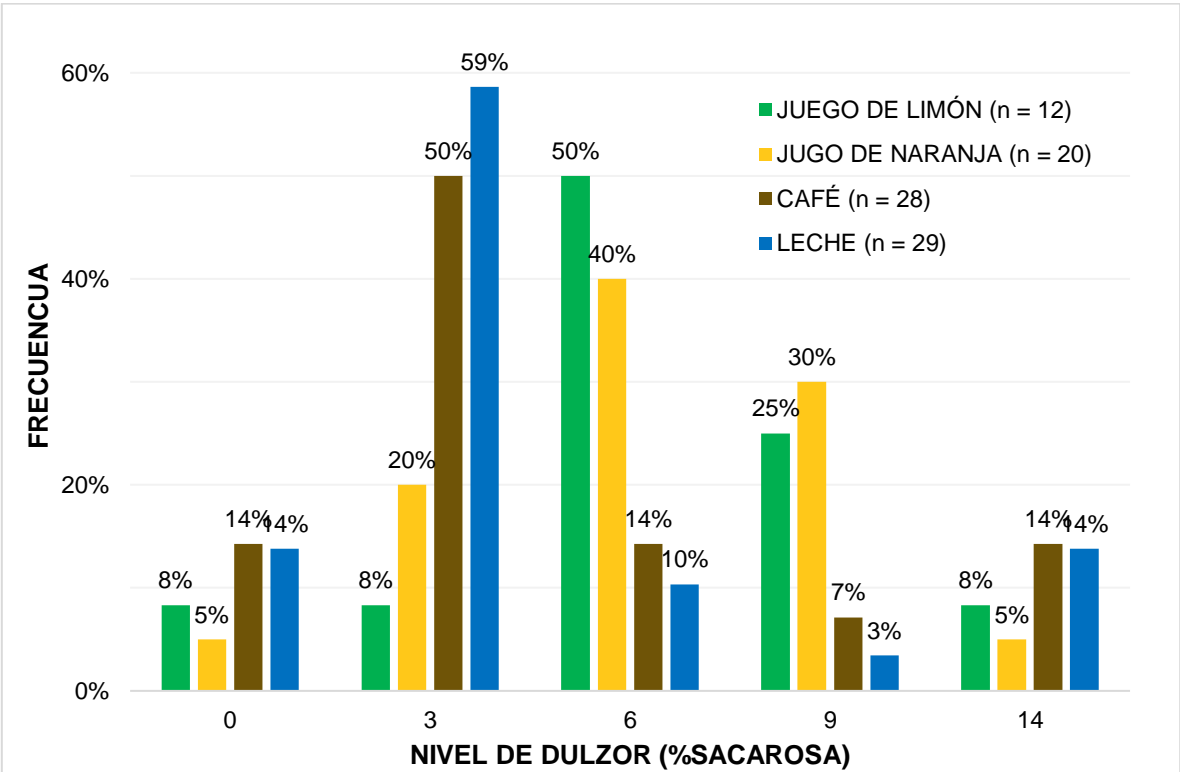
Es importante mencionar que el término “tiempo de agitación” implica más el tiempo de contacto entre el agitador y la bebida que la acción de agitar la bebida de manera continua, usando la agitación solamente para homogenizar el dulzor de la bebida.

El proceso de disolución de la sucralosa ocurre como consecuencia de la solvatación, en el cual las moléculas de agua rodean a las moléculas del edulcorante fijadas a la celulosa formando interacciones agua-sucralosa con mayor magnitud que las interacciones celulosa-sucralosa, permitiendo liberarlas e integrarlas a la bebida. Asimismo, la estabilidad de la sucralosa a altas temperaturas, pH bajo y frente a otros compuestos presentes en alimentos y bebidas, le permite participar como edulcorante en las bebidas evaluadas sin alterar su estructura química (Branen, Davidson, Salminen, & Thorngate-III, 2002) (Chang, 2010) (O'Donnell & Kearsley, 2012).

Debido a que no existen agitadores de madera con sucralosa comerciales presentes en el mercado, la única comparación que se puede realizar es con los sobres de la marca Splenda que contienen sucralosa, pero con la diferencia de que usan como vehículo una mezcla de dextrosa y maltodextrinas en lugar de un agitador de madera. Cada sobre de 1 g contiene un 95.8 % de dextrosa, 3 % de maltodextrina y 1.2 % de sucralosa, por lo tanto, cada uno aporta un dulzor total de 3.9 % de sacarosa en un volumen de 200 mL de agua tomando en cuenta el poder edulcorante de la dextrosa (0.7) y la sucralosa (600), aportando el primero con un

dulzor de 0.3 % de sacarosa, y el segundo con 3.6 % de sacarosa. Esto significa que cada agitador de madera con sucralosa que puede alcanzar un dulzor máximo teórico igual al 14 % de sacarosa equivale a 3.6 sobres de Splenda, y que un dulzor del 10 % de sacarosa presente en bebidas azucaradas comerciales equivale a 2.6 sobres de Splenda.

Los datos conseguidos para la prueba de preferencia siguieron un comportamiento de distribución normal (o campana de Gauss) con los valores más altos de nivel de dulzor igual al 3 % de sacarosa para agua con café y leche, y de 6 % de sacarosa para agua con jugo de limón y agua con jugo de naranja, como se muestra en la Gráfica 8.



Gráfica 8. Preferencia de nivel de dulzor

Debido a que durante esta prueba solo se le solicitó a cada evaluador elegir la muestra de referencia que más le agradó, no fue posible realizar un análisis estadístico pertinente, usando los datos conseguidos únicamente para dar una primera idea del tiempo de agitación sugerido para conseguir el nivel de dulzor más elegido en cada bebida. A partir de esto, se estableció que se requiere un tiempo < 105 seg para agua con café y < 89 seg para leche con el propósito de conseguir un dulzor equivalente al 3 % de sacarosa, así como un tiempo < 72 seg para agua con jugo de limón y < 73 seg para agua con jugo de naranja con la finalidad de conseguir un dulzor equivalente al 6 % de sacarosa.

También se puede plantear la idea de que las muestras de referencia menos elegidas son las que están ubicadas en los extremos (0 y 14 % de sacarosa) porque el gusto dulce minimiza las características sensoriales propias de cada bebida, por ejemplo, la acidez del jugo de limón o el amargor del café, formando un perfil de sabor mejor aceptado por las personas, aunque un dulzor en exceso puede ocasionar el efecto contrario. No obstante, sigue siendo conveniente realizar otra prueba de preferencia similar independiente a la prueba cuantitativa que incluya una muestra representativa de la población potencial en donde se solicite el ordenamiento de las muestras a evaluar para complementar la información obtenida.

Si bien puede existir una tendencia hacia un nivel de dulzor específico, no existe un valor universal que sea aceptado por todas las personas y que pueda ser aplicado para todos los productos. La preferencia en el nivel de dulzor depende de las características sensoriales de la bebida, de factores externos (como precio, familiaridad, origen), y de características de la persona como edad, género, tipo de alimentación, nivel socioeconómico, hábitos como fumar, el umbral de detección de cada sabor, el nivel de dulzor preferido, la memoria episódica o la memoria semántica. El umbral de detección es la mínima concentración de una solución de sacarosa que puede ser percibida e identificada como sabor dulce, la memoria episódica se refiere a los eventos autobiográficos del consumidor con el producto y

la memoria semántica es el conocimiento general que se tiene acerca del producto (Espinosa-Manfugás, 2007) (Profeco, 2012) (Rodríguez-Miranda, 2014).

PROYECTO DE PREINVERSIÓN

Planeación de la producción

Se propuso el nombre de marca “Nekustick” que se puede interpretar como “dulce agitador” en vista de la unión de la palabra “neikutik” del náhuatl que significa “dulce” y “stick” del inglés que significa “agitador”. Se definió el tamaño de producción diaria para poder llevar a cabo el diseño y distribución de la planta, y así poder proponer las dimensiones del terreno. Los análisis de estados financieros para evaluar la viabilidad económica de una planta que produzca agitadores con sucralosa fijada se realizaron usando el Software elaborado por el Dr. Pérez Gavilán (Pérez Gavilán-E.J.P., 2000).

Tamaño de la producción

La producción diaria se estableció en 3,456 agitadores de madera con sucralosa fijada mostrando en la Tabla 8 la cantidad de materia prima necesaria para la dicha producción.

MATERIA PRIMA	CANTIDAD
Agitadores de madera	3,456 piezas
Solución de SUC 25% p/V inicial	12.5 L
Solución total de SUC 25% p/V para reajuste de volumen	0.7 L
Tubo termoencogible	70 m

Tabla 8. Relación de materia prima necesaria para producción diaria

Diagrama de flujo de proceso

En la Figura 10 se observa el diagrama de flujo para la producción de agitadores con sucralosa fijada donde se muestra gráficamente la cronología de las operaciones unitarias que se deben llevar a cabo, especificando la materia prima y las condiciones de trabajo con el fin de facilitar la comprensión del proceso (Chase, Jacobs, & Aquilano, 2009).

En este caso, el diagrama cuenta con una línea de producción principal que inicia con la operación de pesado de agua y sucralosa, y una línea secundaria que consta del cortado de sujetadores. Los derivados obtenidos en la línea secundaria son usados en operaciones posteriores presentes en la línea principal con el fin de optimizar tiempos de producción.

Se realizó un análisis HACCP estableciendo la etapa de secado como Punto Crítico de Control (PCC) considerando como peligro biológico la presencia de hongos que pudieran proliferar en la madera. Esto podrá controlarse estableciendo un límite crítico igual al 20 % de humedad en los agitadores con sucralosa fijada (valor a partir del cual puede ser viable el desarrollo de hongos) y llevando a cabo un monitoreo de la humedad de los agitadores a los 120 min de secado, que fue el tiempo de secado establecido durante la producción. Las acciones correctivas contemplan un aumento en el tiempo de secado a temperatura ambiente sin flujo de aire, o el uso de calor o aire para acelerar el proceso de secado.

Asimismo, se propone una prueba sensorial de tipo discriminativa (por ejemplo, una prueba pareada o triangular) entre soluciones de agua endulzadas con sacarosa y con agitadores con sucralosa fijada para usarse como control de calidad del producto terminado comparando el nivel de dulzor percibido según un tiempo de agitación establecido.

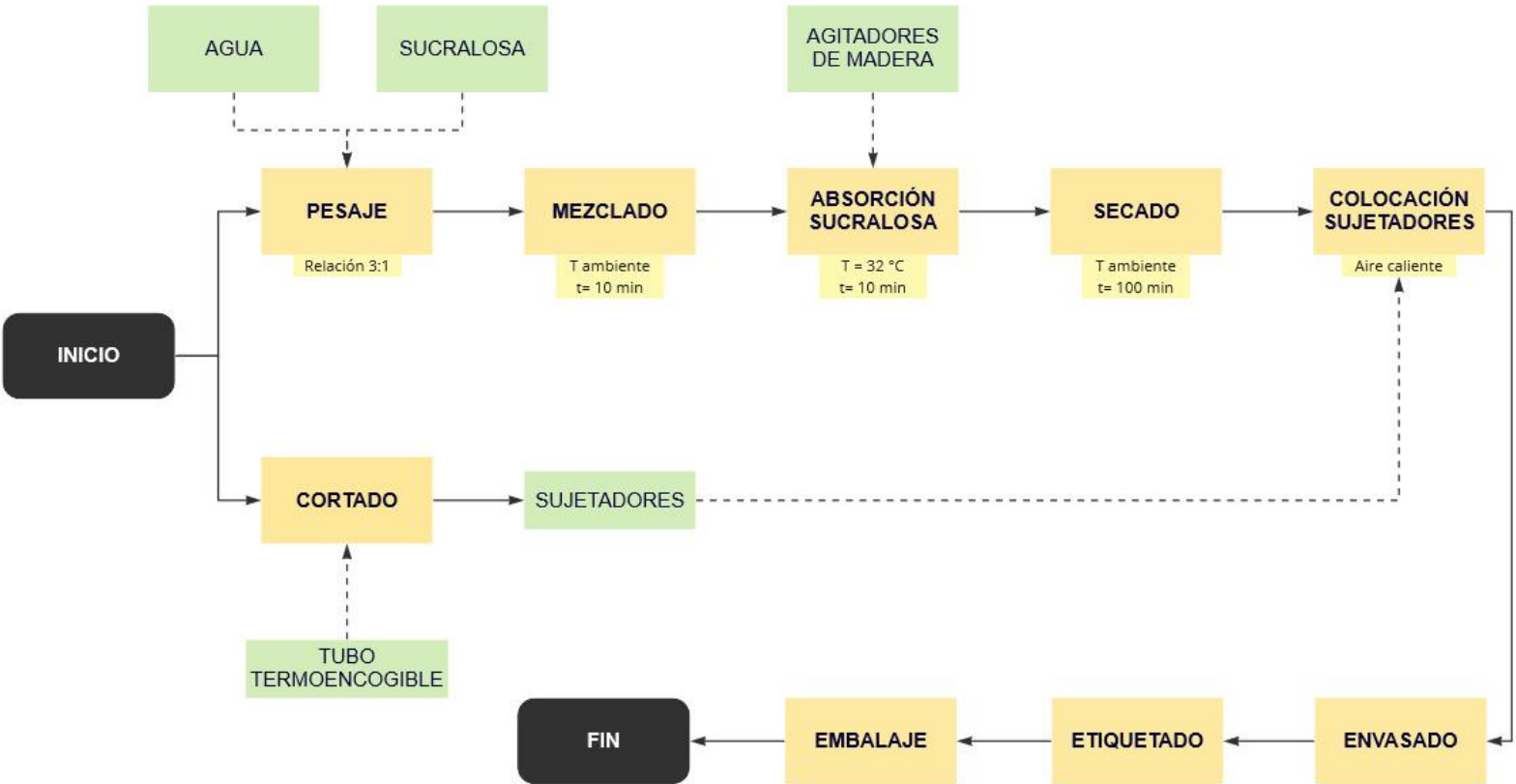


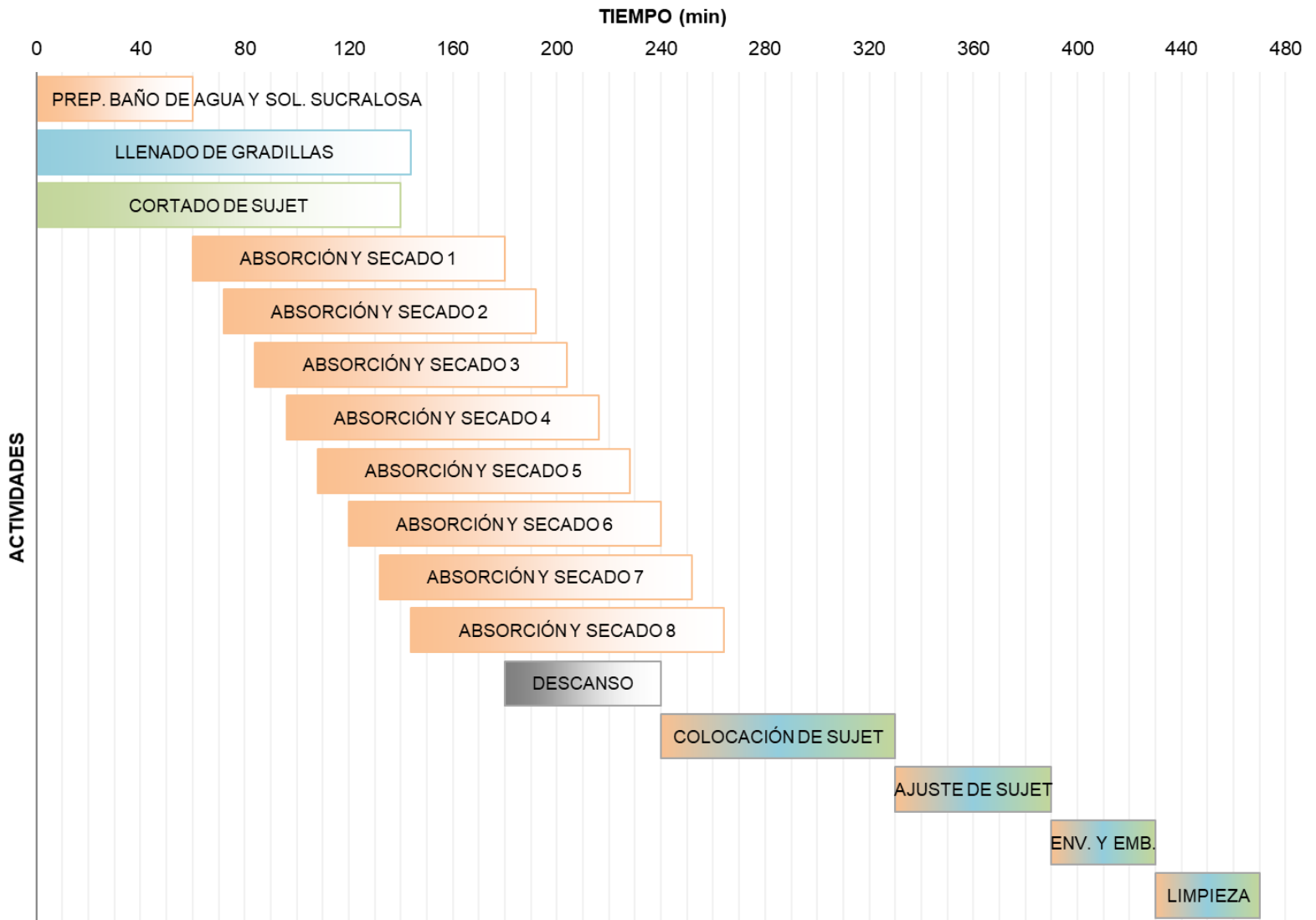
Figura 10. Diagrama de flujo para la producción a escala de agitadores de madera con sucralosa fijada

Diagrama de Gantt

La Figura 11 muestra el diagrama de Gantt diseñado para una producción diaria de 3,456 agitadores con sucralosa fijada divididos en 8 lotes de 432 piezas cada uno, en donde se grafican una serie de barras horizontales que representan la secuencia y el tiempo estipulado de actividades a realizar durante la línea de producción con el fin de simplificar la visualización de tareas, el orden y su relación entre ellas. El tamaño de cada lote se estableció de acuerdo con el número de espacios contenidos en las gradillas elegidas (Chase, Jacobs, & Aquilano, 2009).

El tiempo establecido para un turno de trabajo es de 8 horas con un equipo de producción formado por 3 personas. Algunas actividades están escalonadas o se realizan al mismo tiempo por diferente personal con el fin de optimizar tiempos. Si alguna de estas actividades se demora, entonces toda la línea de producción se retrasará a partir de esa etapa. Por ejemplo, la etapa de absorción de agua con sucralosa se podrá iniciar cuando se hayan preparado el baño de agua y gradillas con agitadores; por otro lado, el ajuste de sujetadores podrá realizarse una vez que todos los agitadores secos tengan dicha parte en el extremo no sumergido. El uso de diferentes colores muestra el número de personas que se necesitan para realizar cada actividad durante el proceso, considerando que cada color representa a cada operario.

Figura 11. Diagrama de Gantt para la producción de agitadores de madera con sucralosa fijada



Distribución de la planta

Una vez conocidas las operaciones unitarias, así como el tamaño de producción de agitadores de madera con sucralosa fijada, se prosiguió con la búsqueda de los equipos necesarios que se adaptaran al tiempo y producción diaria establecidos, como se muestra en la Tabla 9.

EQUIPO	MARCA	DIMENSIONES (cm)			CARACTERÍSTICAS
		ANCHO	LARGO	ALTO	
Balanza electrónica	VELAB	28	19	7.5	Sensibilidad de 0.1 g
Termoagitador	FELISA	38	23	12	Velocidad de 100-1500 rpm Temperatura máx. de 400 °C
Baño María	HERATHERM	52	80	24	Capacidad de 43 L Temperatura máx. de 100 °C
Gradilla	HEATHROW SCIENTIFIC	67	24	9	Capacidad de 432 espacios
Guillotina	QUARTET	42	25	10	
Secadora para cabello	BaBylissPRO				Dos temperaturas

Tabla 9. Equipo necesario para la producción de agitadores con sucralosa fijada

Finalmente, se muestra en la Figura 12 se muestra el diseño de una planta de producción considerando el área que ocupa cada equipo, así como el laboratorio de producción, oficinas, almacén, etc., ocupando un área total de 21.4 x 12.45 m (266.43 m²).

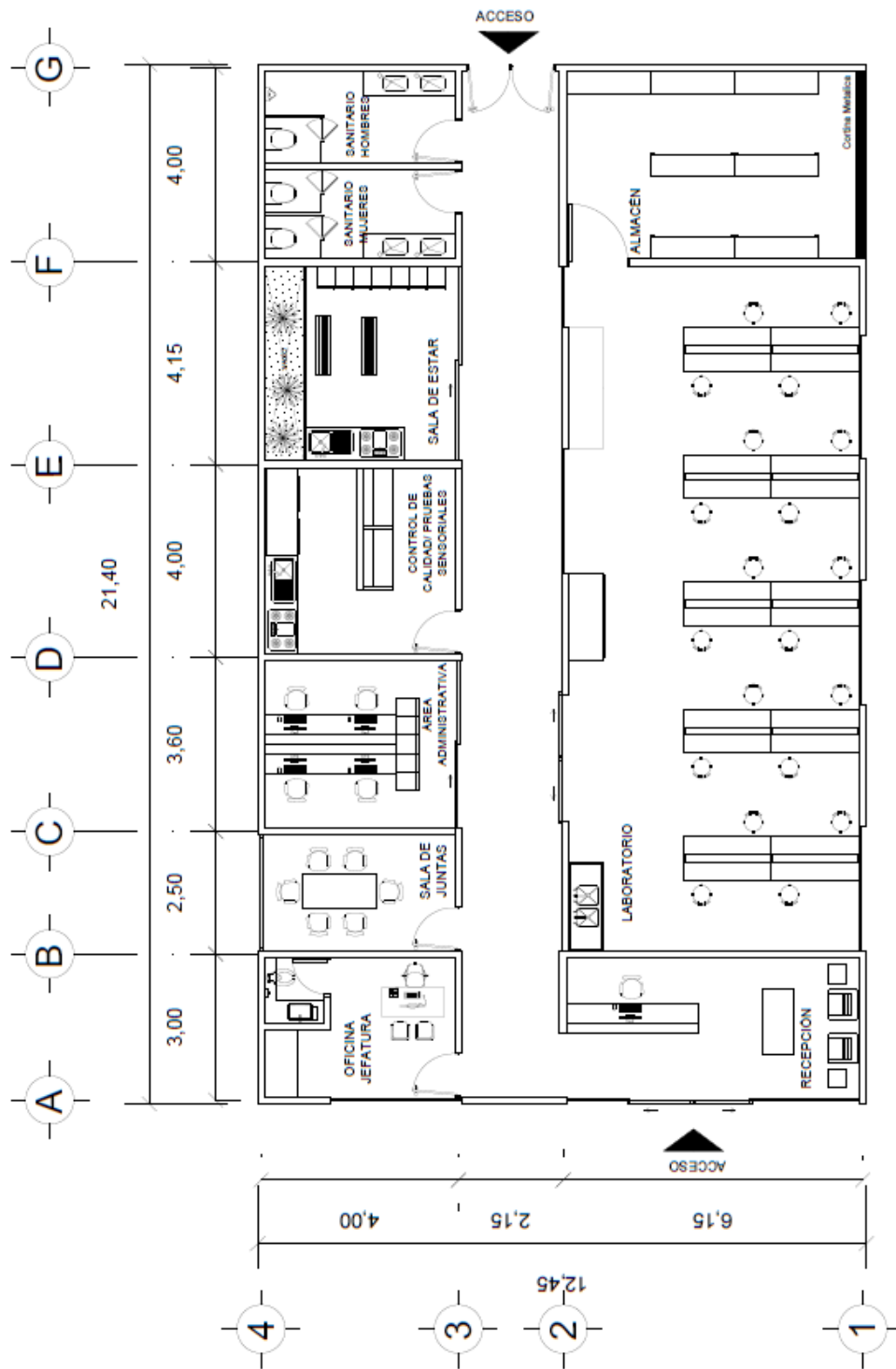


Figura 12. Planta piloto de producción de agitadores con sucralosa fijada

Estados financieros

Los estados financieros son el conjunto de datos que dan información sobre la posición, desempeño y variación financiera de una empresa bajo la idea de que el negocio está en marcha. Son usados para la toma de decisiones económicas y administrativas (Videla, 2007) (Wild, Subramanyam, & Halsey, 2007) (Gallegos, Hernández, López, López, & Salinas, 2013).

Para fines prácticos se toman en cuenta dos costos principales: directos e indirectos. Los costos directos incluyen la materia prima, los equipos y la mano de obra directa mostrando en la Tabla 10 las cantidades y costos para una producción anual de 240 días, siendo un total de \$13,011 USD.

MATERIA PRIMA	CANTIDAD ANUAL	COSTO (\$ USD)
Agitadores de madera	829,440 pzas.	6,083
Sucralosa	76 kg	4,640
Tubo termoretractil	16,600 m	2,288
	TOTAL	13,011

Tabla 10. Relación de costos de materia prima para producción anual (240 días)

La Tabla 11 muestra el equipo necesario para la producción que fue cotizado en 2020, especificando la marca, el modelo y el costo de cada uno, requiriendo un total de \$4,967 USD.

EQUIPO	MARCA	MODELO	COSTO (\$ USD)
Balanza electrónica	VELAB	VE-5000	287.1
Termoagitador	FELISA	FE-313I	1,524
Baño de agua	HERATHERM	HERAT01700A	2,242.5
Gradillas (x8)	HEATHROW SCIENTIFIC	HS24322E	611.3
Guillotina (x2)	QUARTET	32130	172
Secadora para cabello (x2)	BABYLISPRO	Argan Heat 1875 Watts	130
		TOTAL	4,967

Tabla 11. Relación de costos de equipo

Para la mano de obra directa se consideró el sueldo mínimo de \$102.68 MXN (equivalentes a \$5.13 USD, según el tipo de cambio 1:20) obteniendo un costo anual de \$15,600 USD.

Los costos indirectos se consideran independientes a la producción e incluyen gastos administrativos y de venta. Los gastos administrativos contemplan al personal que no sean mano de obra directa (por ejemplo, el gerente o el contador), teniendo un valor de \$15,600 USD y los gastos de venta consideran a los que se encuentran en la promoción del producto (por ejemplo, el encargado en mercadotecnia) con un valor de \$10,240 USD.

Con el cálculo de los estados financieros se determinó una inversión total de \$20,076 USD estimando un calendario de ventas inicial del 50 % de producción con un aumento anual del 25 % obteniendo un costo unitario de \$0.036 USD al 100 % de capacidad de producción con un precio unitario de \$0.10 USD que consigue un

retorno sobre la inversión anual del 53 %. Dicho precio unitario es proporcional con la cantidad de sobres de Splenda equivalentes a cada agitador de madera con sucralosa (relación 3.6:1) que presentan un precio unitario de aproximadamente \$ 0.028 USD.

A continuación, se muestran los estados financieros detallados para los primeros 5 años, incluyendo el estado de costos de producción, la inversión total, el estado de resultados, el estado de origen y aplicación de recursos, el capital de trabajo y el balance general:

INVERSIÓN TOTAL NEKUSTICK (15/01/22) 829,440 AGITADORES ANUALES (DOLARES 1:20)	
240 DÍAS DE PRODUCCIÓN	
MAQUINARIA Y EQUIPO	4,966.7
BALANZA ELECTRÓNICA	287.1
TERMOAGITADOR	1,524.0
BAÑO MARÍA DIGITAL Y GRADILLAS	2,853.8
GUILLOTINA	171.9
SECADORA PARA CABELLO	129.9
EQUIPO PARA INVESTIGACIÓN (CONTROL DE CALIDAD)	0.0
Equipo 1	
Equipo 2	
Equipo 3	
Equipo 4	
Equipo 5	
Equipo 6	
TERRENO	
CONSTRUCCIONES	
EQUIPO DE TRANSPORTE	1,474.5
MOTOCICLETA HONDA CARGO 150	1,474.5
EQUIPO DE CÓMPUTO	680.5
LAPTOP LENOVO E590	680.5
Equipo 3	
EQUIPO DE OFICINA	235.0
IMPRESORA ECOTANK L4150	235.0
INSTALACIÓN	2,483.4
SUBTOTAL TOTAL	9,840.1
INVERSIÓN DIFERIDA	2,000.0
CAPITAL DE TRABAJO	8,235.4
CAJA Y BANCOS	4,660.4
INVENTARIOS	1,787.5
CUENTAS POR COBRAR	1,787.5
PROVEEDORES	
TOTAL DE INVERSIÓN	20,075.5

Figura 13. Inversión total

Figura 14. Estado de costos de producción

ESTADO DE COSTOS DE PRODUCCIÓN NEKUSTICK (15/01/22) 829,440 AGITADORES ANUALES (DOLARES 1:20)					
AÑO	1	2	3	4	5
NEKUSTICK					
Materia prima	6,506	9,758	13,011	13,011	13,011
Mano de obra directa	7,800	11,700	15,600	15,600	15,600.0
PRODUCTO 2					
Materia prima	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Mano de obra directa	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
PRODUCTO 3					
Materia prima	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Mano de obra directa	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
PRODUCTO 4					
Materia prima	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Mano de obra directa	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
PRODUCTO 5					
Materia prima	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Mano de obra directa	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
SERVICIOS: AGUA, LUZ, GAS, TELÉFONO, RENTA, ETC.	3,720.0	3,720.0	3,720.0	3,720.0	3,720.0
MANTENIMIENTO	600.0	600.0	600.0	600.0	600.0
COSTO DE PRODUCCIÓN INDIRECTOS	18,626	25,778	32,931	32,931	32,931
Depreciación de maquinaria y equipo	27,978.0	27,928.0	27,903.0	27,741.9	26,063.5
Depreciación de equipo para investigación	1,241.7	1,241.7	1,241.7	1,241.7	0.0
Depreciación de construcciones	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Depreciación de equipo de transporte	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Depreciación de equipo de cómputo	368.6	368.6	368.6	368.6	0.0
Depreciación de equipo de oficina	204.2	204.2	204.2	68.1	0.0
Depreciación 7	23.5	23.5	23.5	23.5	23.5
TOTAL DE DEPRECIACIONES	0	0	0	0	0
Amortización 1	1,838.0	1,838.0	1,838.0	1,701.9	23.5
Amortización 2	300.0	300.0	300.0	300.0	300.0
TOTAL DE AMORTIZACIONES	300.0	300.0	300.0	300.0	300.0
GASTOS DE ADMINISTRACIÓN	15,600.0	15,600.0	15,600.0	15,600.0	15,600.0
GASTOS DE VENTA	10,240.0	10,190.0	10,165.0	10,140.0	10,140.0
SUBTOTAL	27,978.0	27,928.0	27,903.0	27,741.9	26,063.5
TOTAL	46,604	53,706	60,834	60,673	58,994.8
COSTOS UNITARIOS					
NEKUSTICK	0.056	0.043	0.037	0.037	0.036
NEKUSTICK (\$ MXN)	1.124	0.863	0.733	0.731	0.711

Figura 15. Estado de resultados

ESTADO DE RESULTADOS					
NEKUSTICK (15/01/22)					
829,440 AGITADORES ANUALES (DOLARES 1:20)					
AÑO	1	2	3	4	5
VENTAS TOTALES	41,472.0	62,208.0	82,944.0	82,944.0	82,944.0
NEKUSTICK	41,472.0	62,208.0	82,944.0	82,944.0	82,944.0
PRODUCTO 2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
PRODUCTO 3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
PRODUCTO 4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
PRODUCTO 5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
COSTO DE PRODUCCIÓN	18,625.7	25,778.5	32,931.3	32,931.3	32,931.3
UTILIDAD BRUTA	22,846.3	36,429.5	50,012.7	50,012.7	50,012.7
INDIRECTOS	27,978.0	27,928.0	27,903.0	27,741.9	26,063.5
UTILIDAD DE OPERACIÓN	- 5,131.6	8,501.6	22,109.7	22,270.8	23,949.2
PAGO DE INTERESES					
UTILIDAD ANTES DE IMPUESTOS	- 5,131.6	8,501.6	22,109.7	22,270.8	23,949.2
REGALÍAS UNAM	250.0	250.0	250.0	250.0	250.0
IMPUESTO SOBRE LA RENTA	- 1,829.7	2,805.5	7,432.3	7,487.1	8,057.7
REPARTO DE UTILIDADES	- 538.2	825.2	2,186.0	2,202.1	2,369.9
UTILIDAD NETA	- 3,013.7	4,620.9	12,241.5	12,331.7	13,271.5
	5.3				
RETORNO SOBRE INVERSIÓN ANUAL	52.98%				
CALENDARIO DE VENTAS (% DE LA CAPACIDAD ANUAL)					
NEKUSTICK	0.5	0.75	1.0	1.0	1.0
PRODUCTO 2					
PRODUCTO 3					
PRODUCTO 4					
PRODUCTO 5					
PRODUCTO	VENTA	DIAS DE	PRECIO	VENTAS	
	DIARIA(100%CAP)	VENTA	DE VENTA	ANUALES	
NEKUSTICK	3,456.0	240.0	0.10	82,944.0	
PRODUCTO 2				0.0	
PRODUCTO 3				0.0	
PRODUCTO 4				0.0	
PRODUCTO 5				0.0	

Figura 16. Estado de origen y aplicación de los recursos

ESTADO DE ORIGEN Y APLICACIÓN DE LOS RECURSOS						
NEKUSTICK (15/01/22)						
829,440 AGITADORES ANUALES (DOLARES 1:20)						
AÑO	0	1	2	3	4	5
ORIGEN DE LOS RECURSOS						
GENERACION INTERNA:		- 875.7	6,758.8	14,379.4	14,333.5	13,595.0
UTILIDAD NETA		- 3,013.7	4,620.9	12,241.5	12,331.7	13,271.5
DEPRECIACIONES		1,838.0	1,838.0	1,838.0	1,701.9	23.5
AMORTIZACIONES		300.0	300.0	300.0	300.0	300.0
APORTACIÓN DE EFECTIVO	20,075.5					
PROVEEDORES		0.0				
TOTAL		- 875.7	6,758.8	14,379.4	14,333.5	13,595.0
APLICACIÓN DE LOS RECURSOS						
ADQUISICIÓN DE ACTIVOS						
ACTIVO CIRCULANTE		3,575.1	544.9	546.8	- 12.4	- 128.8
ACTIVO FIJO	9,840.1					
ACTIVO DIFERIDO	2,000.0					
REDUCCION DE PASIVOS						
CAJA AL INICIO		8,235.4	3,784.6	9,998.6	23,831.2	38,177.1
SUPERAVIT O DEFICIT		- 4,450.8	6,214.0	13,832.6	14,345.9	13,723.8
CAJA AL FINAL	8,235.4	3,784.6	9,998.6	23,831.2	38,177.1	51,900.9

Figura 17. Capital de trabajo

CAPITAL DE TRABAJO NEKUSTICK (15/01/22) 829,440 AGITADORES ANUALES (DOLARES 1:20)					
AÑO	1	2	3	4	5
EFFECTIVO MINIMO REQUERIDO *	4,660.4	5,370.6	6,083.4	6,067.3	5,899.5
INVENTARIOS	1,787.5	2,060.0	2,333.4	2,327.2	2,262.8
CUENTAS POR COBRAR	1,787.5	2,060.0	2,333.4	2,327.2	2,262.8
PROVEEDORES	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
CAPITAL DE TRABAJO	8,235.4	9,490.6	10,750.2	10,721.7	10,425
*10% sobre el costo de producción	4,660.4	5,370.6	6,083.4	6,067.3	5,899.5
14 DIAS DE COSTO DE PRODUCCION (INVENTARIOS Y POR COBRAR)	1,787.5	2,060.0	2,333.4	2,327.2	2,262.8

Figura 18. Balance general

BALANCE GENERAL						
NEKUSTICK (15/01/22)						
829,440 AGITADORES ANUALES (DOLARES 1:20)						
AÑO	0	1	2	3	4	5
ACTIVO CIRCULANTE						
CAJA Y BANCOS	8,235.4	3,785	9,999	23,831	38,177	51,900.9
CUENTAS POR COBRAR		1,787.5	2,060.0	2,333.4	2,327.2	2,262.8
INVENTARIOS		1,787.5	2,060.0	2,333.4	2,327.2	2,262.8
TOTAL DE ACTIVO CIRCULANTE	8,235.4	7,360	14,119	28,498	42,831	56,426
ACTIVO FIJO						
MAQUINARIA, EQUIPO Y OTROS	9,840.1	9,840.1	9,840.1	9,840.1	9,840.1	9,840.1
DEPRECIACIÓN ACUMULADA		1,838.0	3,675.9	5,513.9	7,215.7	7,239.2
TOTAL DE ACTIVO FIJO	9,840.1	8,002.1	6,164.2	4,326.2	2,624.3	2,600.8
ACTIVO DIFERIDO						
GASTOS DE PREOPERACIÓN	2,000.0	2,000.0	2,000.0	2,000.0	2,000.0	2,000.0
AMORTIZACION ACUMULADA		300.0	600.0	900.0	1,200.0	1,500.0
TOTAL DE ACTIVO DIFERIDO	2,000.0	1,700.0	1,400.0	1,100.0	800.0	500.0
ACTIVO TOTAL	20075.4924	17061.79104	21682.66646	33924.11862	46255.78678	59,527
PASIVO CIRCULANTE		0	0	0	0	0.0
CAPITAL CONTABLE						
CAPITAL SOCIAL	20,075	20,075	20,075	20,075	20,075	20,075
RESULTADOS ACUMULADOS		- 3,014	1,607	13,849	26,180	39,452
RESULTADOS DEL EJERCICIO		- 3,014	4,621	12,241	12,332	13,272
TOTAL DE CAPITAL CONTABLE	20,075	17,062	21,683	33,924	46,256	59,527
PASIVO + CAPITAL	20,075	17,062	21,683	33,924	46,256	59,527

CONCLUSIONES

1. Se desarrolló un nuevo producto (agitador de madera con sucralosa fijada) con base en el estudio de las propiedades fisicoquímicas y sensoriales de un edulcorante artificial (sucralosa) y su interacción con un dispositivo ecológico (agitador de madera) para ser propuesto como una nueva manera llevar un control en el consumo calórico.
2. Los agitadores de madera absorben agua por el fenómeno de capilaridad siguiendo una tendencia logarítmica que aumenta con el tiempo de sumersión y obteniendo valores máximos a 32 °C.
3. La cantidad de agua absorbida en un agitador de madera a temperatura ambiente sin flujo de aire disminuye respecto al tiempo siguiendo una tendencia logarítmica como consecuencia de la presión de vapor del agua dejando de haber diferencia significativa a partir de un tiempo de 120 min.
4. El aumento en la concentración de soluciones de sucralosa incrementa la cantidad del edulcorante fijada a un agitador de madera con un rendimiento promedio del 85 %. Dicha fijación ocurre por la formación de puentes de hidrógeno entre moléculas de celulosa y sucralosa.
5. Los agitadores con sucralosa fijada tienen la capacidad de endulzar bebidas con diferentes matrices percibiendo un cambio en el nivel de dulzor a partir de 30 seg de agitación a temperatura ambiente (jugo de limón y jugo de naranja) y de 60 seg de agitación a 4 °C (café y leche).
6. Se realizó el diseño de un proyecto de preinversión para la producción de agitadores de madera con sucralosa fijada obteniendo un valor de retorno sobre la inversión anual igual al 53 %.
7. En necesario realizar un plan de validación del producto a través de una prueba con consumidores potenciales para conocer nivel de aceptación de los agitadores con sucralosa fijada.

BIBLIOGRAFÍA

- Badui, S. (2006). *Química de los alimentos* (4ta ed.). México: Pearson Educación.
- Baquero, J. (1987). La industria del azúcar de remolacha. *Hojas divulgadoras del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación*, 20.
- Branen, A. L., Davidson, P. M., Salminen, S., & Thorngate-III, J. H. (2002). *Food additives* (2nd ed.). New York: Marcel Dekker, Inc.
- Brittain, H. (2013). *Profiles of drug substances, excipients, and related methodology* (Vol. 38). San Diego, CA: Elsevier Inc.
- Bueno-Hernández, N. (2019). Revisión de la evidencia científica y opinión técnica sobre el consumo de edulcorantes no calóricos en enfermedades gastrointestinales. *Revista de Gastroenterología de México*, 84(4), 492-510.
- Carey, F. (2006). *Química orgánica* (6ta ed.). México: McGraw-Hill.
- Chang, R. (2010). *Química*. México: McGraw-Hill.
- Chase, R., Jacobs, R., & Aquilano, N. (2009). *Administración de operaciones. Producción y cadena de suministros* (Duodécima ed.). CdMx: McGraw-Hill.
- COFEPRIS. (2012). *Acuerdo por el que se determinan los aditivos y coadyuvantes en alimentos, bebidas y suplementos alimenticios, su uso y disposiciones sanitarias*. Diario Oficial de la Federación.
- Collings, V. (1974). Human taste response as a function of locus of stimulation on the tongue and soft palate. *Perception & Psychophysics*, 16(1), 169-174.
- CONADESUCA. (2017). *Perspectiva del azúcar de caña frente a la inclusión de edulcorantes artificiales*. CDMX: CONADESUCA.
- CONAFOR. (2019). *El Sector Forestal en Cifras 2019*. México: CONAFOR.
- Coonner, M., & Booth, D. (1988). Preferred sweetness of a lime drink and preference for sweet over non-sweet foods, related to sex and reported age and body weight. *Appetite*, 10(1), 25-35.
- Cooper, J. (2006). Sucrose. En W. Spillane, *Optimising sweet taste in foods*. Cambridge: Woodhead Publishing Limited.

- Damián, L. (2003). *Caracterización fisicoquímica y sensorial del café producido en el municipio de Zongozotla, Puebla*. CDMX: FQ-UNAM.
- Delgado, S. (28 de Oct de 2019). México, primer consumidor de refrescos en México. *Gaceta UNAM*(5092).
- Espinosa-Manfugás, J. (2007). *Evaluación sensorial de los alimentos*. La Habana: EDUNIV.
- EUFIC. (1 de Diciembre de 2015). *Food additives*. Recuperado el 19 de Abril de 2017, de <http://www.eufic.org/en/whats-in-food/article/food-additives>
- Fromm, H., & Boor, K. (2004). Characterization of pasteurized fluid milk shelf-life attributes. *Journal of Food Science*, 1207-1214.
- Gallegos, C., Hernández, V., López, J., López, M., & Salinas, J. (2013). *La información financiera y los estados financieros*. CdMx: IPN.
- GIENOL. (2015). *Enología 2.015*. Tarragona: URV.
- Gutiérrez, A. (1981). La madera y sus propiedades. *AITIM*.
- Hanks, T., & Summerfield, C. (2017). Perceptual decision making in rodents, monkeys and humans. *Neuron*, 15-31.
- Hernández, A., Zainos, A., & Romo, R. (2000). Neuronal correlates of sensory discrimination in the somatosensory cortex. *Neurobiology*, 6191-6196.
- Hough, L., & Khan, R. (1978). Intensification of sweetness. *Trends Biochemical Sciences*, 3, 61.
- INEGI. (2018). *Encuesta Nacional de Salud y Nutrición 2018*. México: Secretaría de Salud.
- INSP. (2019). *Investigaciones demuestran los efectos nocivos de las bebidas azucaradas*. Obtenido de Artículos sobre nutrición y enfermedades crónicas: <https://www.insp.mx/epppo/blog/3756-efectos-nocivos-bebidas-azucaradas.html>
- Kurihara, K. (2015). Umami the Fifth Basic Taste: History of Studies on Receptor Mechanisms and Role as a Food Flavor. *BioMed Research International*, 1-10.

- Li, Q., DeBeaubien, N. A., Sokabe, T., & Montell, C. (2020). Temperature and Sweet Taste Integration in *Drosophila*. *Current Biology*, 30, 2051-2067. doi:10.1016/j.cub.2020.03.066
- Lipinski, G. v. (2002). Sweeteners. En D. Watson, *Food chemical safety* (Vol. II. Additives). Cambridge: Woodhead Publishing Limited.
- Liria-Domínguez, M. (2007). *Guía para la evaluación sensorial de alimentos*. Lima: AgroSalud.
- López-Medel, F. (2019). *Análisis de la situación actual por tendencia, producción y consumo de edulcorantes en México*. México: Zafranet.
- Martínez, O., & Román, M. (2002). Teoría sensorial y molecular del sabor dulce. *VITAE*, 9(1), 15-26.
- Möhler, K. (1980). *El ahumado*. Zaragoza, España: Acribia.
- O'Brien-Nabors, L. (2001). *Alternative sweeteners* (3rd ed.). New York: Marcel Dekker, Inc.
- OCDE/FAO. (2017). *Perspectivas Agrícolas 2017-2026*. París: OCDE Publishing.
- O'Donnell, K., & Kearsley, M. W. (2012). *Sweeteners and sugar alternatives in food technology* (2nd ed.). Oxford: Wiley-Blackwell.
- OECD/FAO. (2018). *Agricultural Outlook 2018-2027*.
- OMS. (5 de abril de 2019). *Reducir el consumo de bebidas azucaradas para reducir el riesgo de sobrepeso y obesidad infantil*. Obtenido de eLENA: https://www.who.int/elena/titles/ssbs_childhood_obesity/es/
- Ophardt, C. E. (2003). *Virtual chembook*. IL: Elmhurst College. Recuperado el 19 de Abril de 2017, de <http://chemistry.elmhurst.edu/vchembook/549sweet.html>
- Ordoñez, J. (1998). *Tecnología de los alimentos* (Vol. I. Componentes de los alimentos y procesos). Madrid: Ed. Síntesis.
- Peraza, C. (1976). La madera y sus propiedades. *AITIM*.
- Pérez, N. (2011). Predicción del contenido de humedad de equilibrio de la madera en función del peso específico de la pared celular y variables ambientales. *Maderas. Ciencia y tecnología*, 13(3), 253-266.
- Profeco. (2012). Refresco bendito, dulce tormento. *Revista del Consumidor*, 40-53.

- Ramírez, M.-Á. (2008). *Cultivos para la producción sostenible de biocombustibles. Caña de azúcar*. Tegucigalpa: Comunica.
- Rivero-Pérez et al. (2008). Antioxidant potential of single-variety red wines aged in the barrel and in the bottle. *Food Chemistry*(111), 957-964.
- Rodero, A. B., Rodero, L. d., & Azoubel, R. (2009). Toxicity of sucralose in humans: a review. *International Journal of Morphology*, 27(1), 239-244.
- Rodríguez-Miranda, J. (2014). Análisis sensorial descriptivo de algunas leches comerciales consumidas en Tuxtepec, Oaxaca, México. *Ecosistemas y recursos agropecuarios*, 1(3), 269-279.
- SAGARPA. (2017). *Planeación agrícola nacional 2017-2030. Caña de azúcar*. CdMx.
- Salgado-García, S., Córdoba-Sánchez, S., & Turrado-Saucedo, J. (2017). Papel artesanal de caña de azúcar (*Saccharum spp.*). *Índice de revistas mexicanas de divulgación científica y tecnológica*. CONACYT, 10(11), 48-53.
- Sámano-Salazar, C. (2015). Citotoxicidad de los edulcorantes Splenda y Stevia en formulaciones extemporáneas pediátricas. *Acta Pediatr Mex*, 2015(36), 3-8.
- Severiano, P. (2016). *Manual de evaluación sensorial*. CdMx: Facultad de Química. UNAM.
- SIAP. (2018). *Avance de Siembras y Cosecha. Resumen nacional por cultivo*.
- Simoës, A. (2017). *The Observatory of Economic Complexity*. Obtenido de <https://atlas.media.mit.edu/es/profile/hs92/1701/>
- SMIA. (2018). *Perspectivas alimentarias - Noviembre de 2018*. Sistema Mundial de Información y Alerta SMIA.
- SSA. (2018). *Defunciones por año*. Obtenido de Dirección de Información en Salud con base en la información oficial de defunciones INEGI: <http://sinaiscap.salud.gob.mx:8080/DGIS/>
- UNC-CNPR. (2018). *Infozafra 2017/2018*. Unión Nacional de Cañeros.
- Valero-Valdivieso, M. (octubre de 2013). Biopolímeros: Avances y perspectivas. *Dyna*, 80(181), 171-180.
- Vázquez-Hernández, M. (2017). Consumo actual de edulcorantes (beneficios y problemática): Stevia. *Rev Méd Electrón*, 1153-1158.

- Videla, C. (2007). Problemas sobre los estados financieros. En *Finanzas 2007*.
- Vignote, S., & Martínez, I. (2006). *Tecnología de la madera*. Madrid: Ediciones Mundi-Prensa.
- Wild, J., Subramanyam, K., & Halsey, R. (2007). *Análisis de estados financieros* (Novena ed.). CdMx: McGraw-Hill.
- Wottitz, C., & Moreno, G. (2011). Fijación química del preservante CCA-C en la madera de *Pinus Elliottii*. *Maderas. Ciencia y tecnología*, 13(1), 85-103.

Lista de figuras

Figura 1. Proceso de percepción sensorial	4
Figura 2. Estructura glucófora de D-glucosa (Martínez & Román, 2002).....	5
Figura 3. Estructura química de la sacarosa (Badui, 2006)	9
Figura 4. Estructura química de sucralosa	13
Figura 5. Productos de hidrólisis de la sucralosa (O'Brien-Nabors, 2001)	16
Figura 6. Estructura química de edulcorantes artificiales	18
Figura 7. Esquema de la estructura tubular de la madera (Peraza, 1976).....	22
Figura 8. Molécula de celulosa (Badui, 2006)	23
Figura 9. Cuestionario usado para las pruebas sensoriales	37
Figura 10. Diagrama de flujo para la producción a escala de agitadores de madera con sucralosa fijada	63
Figura 11. Diagrama de Gantt para la producción de agitadores de madera con sucralosa fijada	65
Figura 12. Planta piloto de producción de agitadores con sucralosa fijada.....	67
Figura 13. Inversión total.....	71
Figura 14. Estado de costos de producción	72
Figura 15. Estado de resultados	73
Figura 16. Estado de origen y aplicación de los recursos.....	74
Figura 17. Capital de trabajo	75
Figura 18. Balance general	76

Lista de tablas

Tabla 1. Edulcorantes usados en la industria alimentaria (Severiano, 2016).....	6
Tabla 2. Datos teóricos de sucralosa fijada en cada agitador de madera en función de la concentración de la solución del edulcorante	31
Tabla 3. Nivel de dulzor teórico en función del tiempo de sumersión a 32 °C	43
Tabla 4. Efecto de la concentración de sucralosa en la cantidad fijada a un agitador de madera.....	49
Tabla 5. Análisis estadístico (ANOVA) entre la cantidad de sucralosa fijada a un agitador con diferentes soluciones de sucralosa	50
Tabla 6. Porcentaje de error del nivel de dulzor percibido	56
Tabla 7. Tiempos de agitación teóricos	57
Tabla 8. Relación de materia prima necesaria para producción diaria	61
Tabla 9. Equipo necesario para la producción de agitadores con sucralosa fijada	66
Tabla 10. Relación de costos de materia prima para producción anual (240 días)	68
Tabla 11. Relación de costos de equipo.....	69

Lista de gráficas

Gráfica 1. Consumo de edulcorantes en México (López-Medel, F., 2019)	20
Gráfica 2. Efecto del tiempo y la temperatura en la cantidad de agua absorbida en agitadores de madera	39
Gráfica 3. Rendimiento de agua absorbida en función del tiempo y la temperatura	40
Gráfica 4. Secado de agitadores de madera a temperatura ambiente sin flujo de aire	45
Gráfica 5. Humedad de la madera en función de la humedad relativa del aire (Peraza,1976)	47
Gráfica 6. Efecto del tiempo de agitación en el nivel de dulzor percibido en agua con jugo de limón y agua con jugo de naranja utilizando sucralosa fijada a un agitador de madera.....	52
Gráfica 7. Efecto del tiempo de agitación en el nivel de dulzor de agua con café y leche utilizando sucralosa fijada a un agitador de madera	53
Gráfica 8. Preferencia de nivel de dulzor.....	58

Lista de ANOVAS

Anova 1. Cantidad de agua absorbida en un agitador de madera respecto al tiempo de sumersión (21 °C vs 32 °C).....	88
Anova 2. Cantidad de agua absorbida en un agitador de madera respecto al tiempo de sumersión (21 °C vs 40 °C).....	89
Anova 3. Cantidad de agua absorbida en un agitador de madera respecto al tiempo de sumersión (32 °C vs 40 °C).....	90
Anova 4. Porcentaje de agua absorbida en función del peso de un agitador (21 °C vs 32 °C).....	91
Anova 5. Porcentaje de agua absorbida en función del peso de un agitador (21 °C vs 40 °C).....	92
Anova 6. Porcentaje de agua absorbida en función del peso de un agitador (32 °C vs 40 °C).....	93
Anova 7. Determinación del tiempo de secado de agitadores de madera	94
Anova 8. Nivel de dulzor percibido en función del tiempo de agitación (agua con jugo de limón)	95
Anova 9. Nivel de dulzor percibido en función del tiempo de agitación (agua con jugo de naranja).....	96
Anova 10. Nivel de dulzor percibido en función del tiempo de agitación (agua con café).....	97
Anova 11. Nivel de dulzor percibido en función del tiempo de agitación (leche)...	98

	21 °C			32 °C			ANOVA		
	x	s	CV	x	s	CV	F _{calc}	F _{crítica}	Conclusión
Tiempo de sumersión (min)									
1	73.6	8.6	12%	98	20.0	20%	6.2828	5.3177	Hay diferencia significativa
2	114.4	24.1	21%	133.2	8.2	6%	2.7230	5.3177	No hay diferencia significativa
3	106.4	16.5	15%	131.6	19.1	15%	4.9760	5.3177	No hay diferencia significativa
4	133.2	25.3	19%	157.8	34.2	22%	1.6713	5.3177	No hay diferencia significativa
5	126.6	27.1	21%	158.2	39.7	25%	2.1633	5.3177	No hay diferencia significativa
6	161.2	52.3	32%	186	26.0	14%	0.9003	5.3177	No hay diferencia significativa
7	164.6	36.2	22%	167.4	36.7	22%	0.0147	5.3177	No hay diferencia significativa
8	171.2	54.1	32%	202.4	18.2	9%	1.4923	5.3177	No hay diferencia significativa
9	176.6	45.3	26%	208.8	39.9	19%	1.4225	5.3177	No hay diferencia significativa
10	185.2	40.0	22%	187.4	40.6	22%	0.0074	5.3177	No hay diferencia significativa
12	184.2	34.1	19%	217.6	29.5	14%	2.7463	5.3177	No hay diferencia significativa
14	189.2	39.8	21%	224.2	35.2	16%	2.1694	5.3177	No hay diferencia significativa
16	224.4	60.5	27%	248	8.9	4%	0.7435	5.3177	No hay diferencia significativa
18	206.4	43.3	21%	213.2	39.6	19%	0.0671	5.3177	No hay diferencia significativa
20	203.6	18.3	9%	260.4	28.9	11%	13.8039	5.3177	Hay diferencia significativa

n = 5; α = 0.05; x = valor promedio (mg de H₂O); s = desviación estándar; CV = coeficiente de variación
F_{calc} = valor F de los datos experimentales; F_{crítica} = valor F teórico

Anova 1. Cantidad de agua absorbida en un agitador de madera respecto al tiempo de sumersión (21 °C vs 32 °C)

	21 °C			40 °C			ANOVA		
	x	s	CV	x	s	CV	F _{calc}	F _{crítica}	Conclusión
Tiempo de sumersión (min)									
1	73.6	8.6	12%	96	28.2	29%	2.8977	5.3177	No hay diferencia significativa
2	114.4	24.1	21%	129.8	21.8	17%	1.1219	5.3177	No hay diferencia significativa
3	106.4	16.5	15%	132	29.1	22%	2.9328	5.3177	No hay diferencia significativa
4	133.2	25.3	19%	174	26.8	15%	6.1371	5.3177	Hay diferencia significativa
5	126.6	27.1	21%	208.6	18.1	9%	31.6245	5.3177	Hay diferencia significativa
6	161.2	52.3	32%	182.8	46.8	26%	0.4731	5.3177	No hay diferencia significativa
7	164.6	36.2	22%	193.8	39.8	21%	1.4703	5.3177	No hay diferencia significativa
8	171.2	54.1	32%	212.6	30.3	14%	2.2274	5.3177	No hay diferencia significativa
9	176.6	45.3	26%	195.8	29.1	15%	0.6360	5.3177	No hay diferencia significativa
10	185.2	40.0	22%	216.8	31.1	14%	1.9443	5.3177	No hay diferencia significativa
12	184.2	34.1	19%	204.8	34.5	17%	0.9006	5.3177	No hay diferencia significativa
14	189.2	39.8	21%	199.2	12.6	6%	0.2869	5.3177	No hay diferencia significativa
16	224.4	60.5	27%	220.8	47.4	21%	0.0110	5.3177	No hay diferencia significativa
18	206.4	43.3	21%	260.2	34.6	13%	4.7102	5.3177	No hay diferencia significativa
20	203.6	18.3	9%	248.4	33.1	13%	7.0270	5.3177	Hay diferencia significativa

n = 5; α = 0.05; x = valor promedio (mg de H₂O); s = desviación estándar; CV = coeficiente de variación
F_{calc} = valor F de los datos experimentales; F_{crítica} = valor F teórico

Anova 2. Cantidad de agua absorbida en un agitador de madera respecto al tiempo de sumersión (21 °C vs 40 °C)

	32 °C			40 °C			ANOVA		
	x	s	CV	x	s	CV	F _{calc}	F _{crítica}	Conclusión
Tiempo de sumersión (min)									
1	98	20.0	20%	96	28.2	29%	0.0168	5.3177	No hay diferencia significativa
2	133.2	8.2	6%	129.8	21.8	17%	0.1068	5.3177	No hay diferencia significativa
3	131.6	19.1	15%	132	29.1	22%	0.0007	5.3177	No hay diferencia significativa
4	157.8	34.2	22%	174	26.8	15%	0.6946	5.3177	No hay diferencia significativa
5	158.2	39.7	25%	208.6	18.1	9%	6.6723	5.3177	Hay diferencia significativa
6	186	26.0	14%	182.8	46.8	26%	0.0178	5.3177	No hay diferencia significativa
7	167.4	36.7	22%	193.8	39.8	21%	1.1885	5.3177	No hay diferencia significativa
8	202.4	18.2	9%	212.6	30.3	14%	0.4166	5.3177	No hay diferencia significativa
9	208.8	39.9	19%	195.8	29.1	15%	0.3456	5.3177	No hay diferencia significativa
10	187.4	40.6	22%	216.8	31.1	14%	1.6514	5.3177	No hay diferencia significativa
12	217.6	29.5	14%	204.8	34.5	17%	0.3976	5.3177	No hay diferencia significativa
14	224.2	35.2	16%	199.2	12.6	6%	2.2371	5.3177	No hay diferencia significativa
16	248	8.9	4%	220.8	47.4	21%	1.5885	5.3177	No hay diferencia significativa
18	213.2	39.6	19%	260.2	34.6	13%	3.9911	5.3177	No hay diferencia significativa
20	260.4	28.9	11%	248.4	33.1	13%	0.3730	5.3177	No hay diferencia significativa

n = 5; α = 0.05; x = valor promedio (mg de H₂O); s = desviación estándar; CV = coeficiente de variación
F_{calc} = valor F de los datos experimentales; F_{crítica} = valor F teórico

Anova 3. Cantidad de agua absorbida en un agitador de madera respecto al tiempo de sumersión (32 °C vs 40 °C)

	21 °C			32 °C			ANOVA		
	x	s	CV	x	s	CV	F _{calc}	F _{crítica}	Conclusión
Tiempo de sumersión (min)									
1	6.8%	1.0%	15%	10.5%	2.4%	23%	10.2598	5.3177	Hay diferencia significativa
2	11.0%	2.1%	19%	14.6%	1.2%	8%	10.9359	5.3177	Hay diferencia significativa
3	10.2%	1.2%	12%	14.3%	1.8%	13%	17.4967	5.3177	Hay diferencia significativa
4	12.5%	2.2%	18%	17.5%	4.2%	24%	5.4930	5.3177	Hay diferencia significativa
5	12.1%	1.9%	16%	17.9%	4.9%	28%	5.9661	5.3177	Hay diferencia significativa
6	14.9%	4.7%	31%	19.7%	2.7%	14%	3.9749	5.3177	No hay diferencia significativa
7	15.5%	3.8%	25%	18.0%	4.0%	22%	1.0302	5.3177	No hay diferencia significativa
8	16.4%	4.5%	27%	20.7%	4.6%	22%	2.3313	5.3177	No hay diferencia significativa
9	15.9%	4.0%	25%	23.4%	3.6%	15%	9.6627	5.3177	Hay diferencia significativa
10	17.1%	3.5%	20%	19.0%	5.1%	27%	0.4654	5.3177	No hay diferencia significativa
12	18.6%	4.4%	24%	23.7%	2.2%	9%	5.2454	5.3177	No hay diferencia significativa
14	17.6%	2.7%	16%	22.9%	3.3%	14%	7.5328	5.3177	Hay diferencia significativa
16	21.1%	5.8%	28%	26.0%	3.0%	12%	2.8431	5.3177	No hay diferencia significativa
18	19.0%	3.4%	18%	22.0%	5.3%	24%	1.1391	5.3177	No hay diferencia significativa
20	19.0%	1.9%	10%	27.1%	4.8%	18%	12.6169	5.3177	Hay diferencia significativa

n = 5; α = 0.05; x = valor promedio (% de agua retenida); s = desviación estándar; CV = coeficiente de variación
F_{calc} = valor F de los datos experimentales; F_{crítica} = valor F teórico

Anova 4. Porcentaje de agua absorbida en función del peso de un agitador (21 °C vs 32 °C)

	21 °C			40 °C			ANOVA		
	x	s	CV	x	s	CV	F _{calc}	F _{crítica}	Conclusión
Tiempo de sumersión (min)									
1	6.8%	1.0%	15%	9.8%	3.2%	32%	4.1383	5.3177	No hay diferencia significativa
2	11.0%	2.1%	19%	12.2%	2.8%	23%	0.5800	5.3177	No hay diferencia significativa
3	10.2%	1.2%	12%	12.7%	1.8%	14%	6.3601	5.3177	Hay diferencia significativa
4	12.5%	2.2%	18%	16.8%	2.6%	15%	7.7752	5.3177	Hay diferencia significativa
5	12.1%	1.9%	16%	19.9%	2.1%	10%	38.5426	5.3177	Hay diferencia significativa
6	14.9%	4.7%	31%	17.4%	3.3%	19%	0.9648	5.3177	No hay diferencia significativa
7	15.5%	3.8%	25%	18.1%	3.3%	18%	1.3292	5.3177	No hay diferencia significativa
8	16.4%	4.5%	27%	18.8%	2.7%	14%	1.0889	5.3177	No hay diferencia significativa
9	15.9%	4.0%	25%	20.3%	3.9%	19%	3.0052	5.3177	No hay diferencia significativa
10	17.1%	3.5%	20%	20.5%	1.8%	9%	3.7593	5.3177	No hay diferencia significativa
12	18.6%	4.4%	24%	19.4%	3.3%	17%	0.1127	5.3177	No hay diferencia significativa
14	17.6%	2.7%	16%	20.5%	2.7%	13%	2.7703	5.3177	No hay diferencia significativa
16	21.1%	5.8%	28%	22.3%	5.0%	22%	0.1229	5.3177	No hay diferencia significativa
18	19.0%	3.4%	18%	23.8%	2.5%	10%	6.7688	5.3177	Hay diferencia significativa
20	19.0%	1.9%	10%	24.3%	4.4%	18%	6.0596	5.3177	Hay diferencia significativa

n = 5; α = 0.05; x = valor promedio (% de agua retenida); s = desviación estándar; CV = coeficiente de variación
F_{calc} = valor F de los datos experimentales; F_{crítica} = valor F teórico

Anova 5. Porcentaje de agua absorbida en función del peso de un agitador (21 °C vs 40 °C)

	32 °C			40 °C			ANOVA		
	x	s	CV	x	s	CV	F _{calc}	F _{crítica}	Conclusión
Tiempo de sumersión (min)									
1	10.5%	2.4%	23%	9.8%	3.2%	32%	0.1623	5.3177	No hay diferencia significativa
2	14.6%	1.2%	8%	12.2%	2.8%	23%	3.2074	5.3177	No hay diferencia significativa
3	14.3%	1.8%	13%	12.7%	1.8%	14%	2.1054	5.3177	No hay diferencia significativa
4	17.5%	4.2%	24%	16.8%	2.6%	15%	0.0992	5.3177	No hay diferencia significativa
5	17.9%	4.9%	28%	19.9%	2.1%	10%	0.7311	5.3177	No hay diferencia significativa
6	19.7%	2.7%	14%	17.4%	3.3%	19%	1.4471	5.3177	No hay diferencia significativa
7	18.0%	4.0%	22%	18.1%	3.3%	18%	0.0023	5.3177	No hay diferencia significativa
8	20.7%	4.6%	22%	18.8%	2.7%	14%	0.6673	5.3177	No hay diferencia significativa
9	23.4%	3.6%	15%	20.3%	3.9%	19%	1.7361	5.3177	No hay diferencia significativa
10	19.0%	5.1%	27%	20.5%	1.8%	9%	0.3892	5.3177	No hay diferencia significativa
12	23.7%	2.2%	9%	19.4%	3.3%	17%	5.7856	5.3177	Hay diferencia significativa
14	22.9%	3.3%	14%	20.5%	2.7%	13%	1.6345	5.3177	No hay diferencia significativa
16	26.0%	3.0%	12%	22.3%	5.0%	22%	2.0468	5.3177	No hay diferencia significativa
18	22.0%	5.3%	24%	23.8%	2.5%	10%	0.5149	5.3177	No hay diferencia significativa
20	27.1%	4.8%	18%	24.3%	4.4%	18%	0.9458	5.3177	No hay diferencia significativa

n = 5; α = 0.05; x = valor promedio (% de agua retenida); s = desviación estándar; CV = coeficiente de variación
F_{calc} = valor F de los datos experimentales; F_{crítica} = valor F teórico

Anova 6. Porcentaje de agua absorbida en función del peso de un agitador (32 °C vs 40 °C)

	A			B			ANOVA		
	x	s	CV	x	s	CV	F _{calc}	F _{crítica}	Conclusión
180 vs 1	17.4	1.4	8%	100.0	0.0	0%	16706.7745	5.3177	Hay diferencia significativa
180vs 10	17.4	1.4	8%	71.9	3.7	5%	923.4053	5.3177	Hay diferencia significativa
180 vs 20	17.4	1.4	8%	54.2	4.8	9%	271.2801	5.3177	Hay diferencia significativa
180 vs 30	17.4	1.4	8%	43.8	4.5	10%	156.1345	5.3177	Hay diferencia significativa
180 vs 40	17.4	1.4	8%	36.9	4.0	11%	107.3328	5.3177	Hay diferencia significativa
180 vs 50	17.4	1.4	8%	32.1	3.5	11%	74.4762	5.3177	Hay diferencia significativa
180 vs 60	17.4	1.4	8%	28.7	3.1	11%	54.7567	5.3177	Hay diferencia significativa
180 vs 70	17.4	1.4	8%	26.0	2.8	11%	36.8772	5.3177	Hay diferencia significativa
180 vs 80	17.4	1.4	8%	24.1	2.4	10%	29.4695	5.3177	Hay diferencia significativa
180 vs 90	17.4	1.4	8%	22.4	2.2	10%	18.6444	5.3177	Hay diferencia significativa
180 vs 100	17.4	1.4	8%	21.2	2.1	10%	11.1308	5.3177	Hay diferencia significativa
180 vs 110	17.4	1.4	8%	20.3	1.9	9%	7.4419	5.3177	Hay diferencia significativa
180 vs 120	17.4	1.4	8%	19.6	1.7	9%	4.6869	5.3177	No hay diferencia significativa
180 vs 130	17.4	1.4	8%	18.9	1.6	9%	2.4764	5.3177	No hay diferencia significativa
180 vs 140	17.4	1.4	8%	18.7	1.6	9%	1.9400	5.3177	No hay diferencia significativa
180 vs 150	17.4	1.4	8%	18.0	1.4	8%	0.4719	5.3177	No hay diferencia significativa
180 vs 160	17.4	1.4	8%	17.9	1.4	8%	0.3647	5.3177	No hay diferencia significativa
180 vs 170	17.4	1.4	8%	17.6	1.2	7%	0.0832	5.3177	No hay diferencia significativa

n = 5; $\alpha = 0.05$; x = valor promedio (% agua retenida); s = desviación estándar; CV = coeficiente de variación
F_{calc} = valor F de los datos experimentales; F_{crítica} = valor F teórico

Anova 7. Determinación del tiempo de secado de agitadores de madera

Par A vs B (seg)	A				B			ANOVA		
	n	x	s	CV	x	s	CV	F _{calc}	F _{crítica}	Conclusión
0 vs 30	12	0.75	1.86	249%	2.75	3.25	118%	3.4175	4.3009	No hay diferencia significativa
0 vs 45	12	0.75	1.86	249%	5.08	4.62	91%	9.0738	4.3009	Hay diferencia significativa
0 vs 60	12	0.75	1.86	249%	4.50	3.26	72%	11.9565	4.3009	Hay diferencia significativa
30 vs 45	12	2.75	3.25	118%	5.08	4.62	91%	2.0465	4.3009	No hay diferencia significativa
30 vs 60	12	2.75	3.25	118%	4.50	3.26	72%	1.7331	4.3009	No hay diferencia significativa
45 vs 60	12	5.08	4.62	91%	4.50	3.26	72%	0.1276	4.3009	No hay diferencia significativa

n = tamaño de muestra

$\alpha = 0.05$

x = valor promedio (% sacarosa)

s = desviación estándar

CV = coeficiente de variación

F_{calc} = valor F de los datos experimentales

F_{crítica} = valor F teórico

Anova 8. Nivel de dulzor percibido en función del tiempo de agitación (agua con jugo de limón)

	n	A			B			ANOVA		
		x	s	CV	x	s	CV	F _{calc}	F _{critica}	Conclusión
Par A vs B (seg)										
0 vs 30	20	0.15	0.67	447%	3.70	4.21	114%	13.8911	4.0982	Hay diferencia significativa
0 vs 45	20	0.15	0.67	447%	3.85	3.76	98%	18.7737	4.0982	Hay diferencia significativa
0 vs 60	20	0.15	0.67	447%	4.60	3.42	74%	32.5263	4.0982	Hay diferencia significativa
30 vs 45	20	3.70	4.21	114%	3.85	3.76	98%	0.0141	4.0982	No hay diferencia significativa
30 vs 60	20	3.70	4.21	114%	4.60	3.42	74%	0.5506	4.0982	No hay diferencia significativa
45 vs 60	20	3.85	3.76	98%	4.60	3.42	74%	0.4350	4.0982	No hay diferencia significativa

n = tamaño de muestra

$\alpha = 0.05$

x = valor promedio (% sacarosa)

s = desviación estándar

CV = coeficiente de variación

F_{calc} = valor F de los datos experimentales

F_{critica} = valor F teórico

Anova 9. Nivel de dulzor percibido en función del tiempo de agitación (agua con jugo de naranja)

Par A vs B (seg)	A				B			ANOVA		
	n	x	s	CV	x	s	CV	F _{calc}	F _{crítica}	Conclusión
0 vs 60	28	0.54	1.17	218%	2.79	2.82	101%	15.2069	4.0195	Hay diferencia significativa
0 vs 90	28	0.54	1.17	218%	3.00	2.58	86%	21.1600	4.0195	Hay diferencia significativa
0 vs 120	28	0.54	1.17	218%	2.75	3.33	121%	11.0249	4.0195	Hay diferencia significativa
60 vs 90	28	2.79	2.82	101%	3.00	2.58	86%	0.0879	4.0195	No hay diferencia significativa
60 vs 120	28	2.79	2.82	101%	2.75	3.33	121%	0.0019	4.0195	No hay diferencia significativa
90 vs 120	28	3.00	2.58	86%	2.75	3.33	121%	0.0986	4.0195	No hay diferencia significativa

n = tamaño de muestra

$\alpha = 0.05$

x = valor promedio (% sacarosa)

s = desviación estándar

CV = coeficiente de variación

F_{calc} = valor F de los datos experimentales

F_{crítica} = valor F teórico

Anova 10. Nivel de dulzor percibido en función del tiempo de agitación (agua con café)

Par A vs B (seg)	A				B			ANOVA		
	n	x	s	CV	x	s	CV	F _{calc}	F _{crítica}	Conclusión
0 vs 60	29	0.00	0.00	-	2.45	3.47	142%	14.4353	4.0130	Hay diferencia significativa
0 vs 90	29	0.00	0.00	-	4.45	4.26	96%	31.5555	4.0130	Hay diferencia significativa
0 vs 120	29	0.00	0.00	-	2.69	2.45	91%	34.9225	4.0130	Hay diferencia significativa
60 vs 90	29	2.45	3.47	142%	4.45	4.26	96%	3.8377	4.0130	No hay diferencia significativa
60 vs 120	29	2.45	3.47	142%	2.69	2.45	91%	0.0936	4.0130	No hay diferencia significativa
90 vs 120	29	4.45	4.26	96%	2.69	2.45	91%	3.7074	4.0130	No hay diferencia significativa

n = tamaño de muestra

$\alpha = 0.05$

x = valor promedio (% sacarosa)

s = desviación estándar

CV = coeficiente de variación

F_{calc} = valor F de los datos experimentales

F_{crítica} = valor F teórico

Anova 11. Nivel de dulzor percibido en función del tiempo de agitación (leche)

