

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE NICARAGUA
UNAN-LEÓN
FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA DE ALIMENTOS



Título: “Comparación Organoléptica del refresco de chicha en masa de maíz negrito y el refresco de chicha deshidratada mediante la aplicación de la prueba sensorial Dúo-trío.”

Trabajo Monográfico para optar al título de Ingeniero (a) en Alimentos

Autoras:

- ✓ *Br. Paola Elieth Silva González.*
- ✓ *Br. Ana Francis Silva Pérez.*
- ✓ *Br. Jurlieth Jovania Soriano Rubio.*

Tutora:

Lic. María Guadalupe Vargas Fuertes

León, Noviembre 2008

Dedicatoria

Con amor:

A Dios por iluminar mi camino durante todo este tiempo, concediéndome salud y sobretodo por proveerme de la vida para poder disfrutar de estos momentos y de la vida misma.

A mis padres William A. Silva Guido y Mireya G. González Romero por su amor y comprensión durante este tiempo, dándome su ejemplo y guiándome por el camino de la honestidad; apoyándome y aconsejándome en todas mis decisiones. Sin el apoyo de ellos, hoy no hubiese visto concluido uno de mis sueños.

A mis hermanas Bertha J. Silva González y Mireya Mercedes Silva González que son parte fundamental de mi vida y con quienes quiero compartir la satisfacción de obtener el fruto de mi esfuerzo como estudiante. Espero que éste triunfo sea para ellas un ejemplo, para seguir adelante con sus estudios y lleguen a coronar una carrera universitaria.

A mis amigas Jurlieth Soriano, Ana Silva y Junieth Moya por su amistad y el apoyo incondicional que siempre me mostraron.

Br. Paola Elieth Silva González

Dedicatoria

Con amor:

A Dios por haber iluminando mi camino durante mis estudios, concediéndome salud, entendimiento, sabiduría, fortaleza y tolerancia necesaria para enfrentar los problemas que se han presentado.

A mis padres, Guillermo Silva y Nubia Auxiliadora Pérez que me brindaron todo el apoyo incondicional, moral y espiritual, les agradezco por su gran esfuerzo, por que se que han trabajado muy duro y sin importarles sus necesidades priorizaron las mías, con el único fin de ayudarme a culminar mi sueño.

A mis hermanas, Alcira María Silva y Meyling Silva que son parte fundamental de mi vida, y quienes me han apoyado de alguna u otra manera, en la culminación de esta meta.

A mi novio Carlos Domingo Sáenz, por su amor paciencia y respaldo que me incentivo al alcance de mi sueño, brindándome todo el tiempo y apoyo incondicional.

A mis amigas Jurlieth Soriano, Paola Silva y Junieth Moya por su amistad y apoyo incondicional que me han brindado en todo momento.

A todos ellos, les dedico éste logro.

Br. Ana Francis Silva Pérez

Dedicatoria

Con amor:

A Dios mi creador, que ha sido mi guía y mi fortaleza, iluminando mi camino durante toda mi vida, brindándome salud, sabiduría y necesaria para enfrentar todos los obstáculos que se me han presentado.

A mis padres Luis Manuel Soriano Guerrero y Candida Rosa Rubio Quiroz, que son los principales pilares en mi vida, dándome su ejemplo y amor, guiándome por el camino de la honestidad y el bien; apoyándome y aconsejándome en todas mis decisiones. Sin el amor y apoyo de ellos no hubiera podido cumplir mi sueño de coronar mi carrera.

A mis hermanos Ruth De los Ángeles, Eduardo José y Strayker Manuel que son parte de mi vida y quienes me han apoyado de alguna forma u otra motivándome para culminarme mi meta y con los cuales quiero compartir la satisfacción de obtener el fruto de mi esfuerzo como estudiante.

A mi novio Jairo González quien con su amor y comprensión me incentivó al alcance de mi sueño, brindándome todo el tiempo apoyo incondicional.

A mis amigas Vanis Lindo, Paola Silva, Junieth Moya y Ana Silva por su amistad, comprensión y apoyo incondicional que me han brindado en todo momento pese a las circunstancias.

A todos ellos, les dedico éste logro, que ha sido el buen fruto de nuestro esfuerzo.

Br. Jurlieth Jovania Soriano Rubio

Agradecimiento

A Dios nuestro padre, por brindarnos vida, salud y fuerza para seguir adelante en el alcance de nuestra meta.

A nuestros padres, que con su gran amor y sacrificio nos ayudaron a culminar nuestros estudios a lo largo de estos años impulsándonos a llegar hasta el final de esta meta.

A nuestra tutora LIC. GUADALUPE VARGAS por brindarnos su apoyo, cada día, compartiendo con nosotras sus conocimientos y experiencias, a demás por ser, no sólo nuestra tutora sino por convertirse en un modelo a seguir.

A la LIC. DIEGA LIGIA MORENO y a el personal que labora en el laboratorio Mauricio Díaz Muller, de la Escuela de Ingeniería de Alimentos de la UNAN-León, por facilitarnos equipos utensilios y reactivos que utilizamos en la parte práctica de nuestra investigación, y por brindarnos siempre su ayuda y apoyo.

A la secretaria del Departamento De Tecnología De Alimentos María Eugenia Pérez, por su ayuda y servicio prestado en todo momento.

A Todos Ellos Gracias!

ÍNDICE

	<i>Página</i>
I) INTRODUCCIÓN.....	7
II) OBJETIVOS.....	8
III) MARCO TEÓRICO.....	9
IV) METODOLOGÍA.....	37
V) RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	39
VI) CONCLUSIÓN.....	45
VII) RECOMENDACIONES.....	46
VIII) BIBLIOGRAFÍA.....	47
 ANEXOS	

RESUMEN

La chicha de Maíz negrito (*Zea mays* L.), constituye una bebida nicaragüense tradicional, el cual se expende en pocos lugares, a pesar de su aceptación. La deshidratación de la chicha de maíz, constituiría un producto potencialmente exportable hacia mercados nostálgicos.

La no existencia de esta presentación, da origen a la presente investigación, la cual se plantea, elaborar la chicha, deshidratarla en un secador solar de bandeja y comparar los refrescos elaborados con chicha en masa y la chicha deshidratada, para conocer si existe diferencias organolépticas entre los mismos, mediante la aplicación de la prueba sensorial: Dúo- Trío, habiendo realizado, en forma previa una prueba de aceptabilidad, aplicando la prueba hedónica, al refresco elaborado con el producto deshidratado.

Se hicieron cuatro ensayos, desarrollados, en el *Laboratorio de Alimentos Mauricio Díaz Müller*, de la UNAN-León. La operación crítica del proceso fue el "Remojo", el cual se fijó en 5 horas. Como referencia de la prueba de comparación, se tomó la chicha proveniente del mercado Central de León.

El producto en masa presentó una humedad promedio de 65.02%, pH de 5. La chicha deshidratada, una humedad promedio de 7.07% clasificándolo como producto en polvo (Huntington 2004), de granulometría de 40-60 mesh, que le confiere una apariencia fina. La aceptación del producto fue 80%, siendo calificada como "agradable", tanto su sabor como su color.

Para la comparación de los refrescos, se seleccionaron a 10 personas escogidas al azar con tres repeticiones, a quienes se les proporcionaron las muestras preparadas en las mismas condiciones de dilución, dulzor y temperatura, tomando como referencia, el refresco preparado con chicha de masa, se evaluó el juicio a un nivel de probabilidad del 0.05%, resultando la identificación de diferencias, sin significar desagrado del producto.

I) INTRODUCCION

El maíz pertenece a la familia de las gramíneas del género Zea su cultivo, elaboración o procesamiento es propio de las regiones mesoamericanas desde los orígenes de sus comunidades prehistóricas, que fue luego trasladada al continente europeo.

Existen variedades de maíz de color blanco o amarillo aunque también hay variedades de color negro y rojo.

Chicha es una palabra de origen antillano que se refiere a una bebida de baja graduación alcohólica obtenida de la fermentación de almidón o azúcares del maíz. Para la elaboración de chicha se utiliza el maíz negro que le otorga un color característico.

La cultura alimentaria en Nicaragua considera el consumo de bebidas autóctonas entre ellas: el pinolillo, pinol, tibio, tiste, pozol, por tanto, su elaboración toma importancia en la economía familiar ya que éstos son elaborados artesanalmente en los hogares y son comercializados en mercados locales o puestos de venta en distintos barrios.

La chicha de maíz negro (chicha de maíz pujagua) forma parte de estas bebidas autóctonas, la cual forma parte de una tradición leonesa, consumida en forma de refresco en escasos puestos de venta, además de comercializarse en forma de masa en mercados locales. Por ser una bebida tradicional y muy apetecida, es añorada por consumidores que se encuentran fuera del País, quienes encargan a familiares o amigos raciones de la misma (mercado nostálgico), quienes corren el riesgo de decomiso por su presentación debido a la corta durabilidad, por su contenido en agua y composición, presentando reacciones de deterioro por el crecimiento de mohos y levaduras que desvían el proceso de fermentación, conduciendo a cambios organolépticos del producto que a veces causan desagrado al consumidor.

La deshidratación de esta chicha, constituye por tanto una alternativa de presentación, que facilita el manejo y transporte de la misma, teniendo inclusive la oportunidad para convertirlo en un producto potencialmente exportable.

Es así que esta investigación tiene su origen, y tiene como alcance llevar a cabo el proceso de deshidratación y hacer un análisis de su aceptación y comparación entre los refrescos preparados a partir de chicha, elaborada a partir de la masa y la chicha deshidratada.

II) OBJETIVO GENERAL

- ❖ Identificar diferencias organolépticas entre el refresco de la chicha en masa y el refresco de la chicha en polvo mediante la aplicación de una prueba sensorial (Dúo- Trío).

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- ❖ Caracterizar el proceso tecnológico de la elaboración de chicha en masa, a partir del maíz negrito.
- ❖ Deshidratar la chicha en masa mediante la utilización de un secador solar.
- ❖ Determinar las características físico-químico de la chicha deshidratada.
- ❖ Evaluar la aceptabilidad del producto obtenido, aplicando la prueba hedónica.

III) MARCO TEORICO

1. Generalidades

El maíz es un cultivo muy remoto de unos 7000 años de antigüedad, de origen indio que se cultivaba por las zonas de México y América central. Hoy día su cultivo está muy difundido por todo el resto de países y en especial en toda Europa donde ocupa una posición muy elevada. EEUU es otro de los países que destaca por su alta concentración en el cultivo de maíz. Su origen no está muy claro pero se considera que pertenece a un cultivo de la zona de México, pues sus hallazgos más antiguos se encontraron allí.

1.1 Características morfológicas del Maíz

Nombre común: **Maíz**

Nombre científico: **Zea mays**

Familia: **Gramíneas**

Género: **Zea**

1.2 Botánica

La planta del maíz es de porte robusto de fácil desarrollo y de producción anual.

1.2.1. **Tallo**

El tallo es simple erecto, de elevada longitud pudiendo alcanzar los 4 metros de altura, es robusto y sin ramificaciones. Por su aspecto recuerda al de una caña, no presenta entrenudos y sin una medula esponjosa se realiza un corte transversal.

1.2.2 **Inflorescencia**

El maíz es de inflorescencia monoica con inflorescencia masculina y femenina separada dentro de la misma planta. En cuanto a la inflorescencia masculina presenta una panícula (vulgarmente denominadas espigón o penacho) de coloración negrusca que posee una cantidad muy elevada de polen en el orden de 20 a 25 millones de granos de polen. En cada florecilla que compone la panícula se presentan tres estambres donde se desarrolla el polen. En cambio la inflorescencia femenina marca un menor contenido en granos de polen, alrededor de los 800 a 100 granos y se forman en unas estructuras vegetativas denominadas espádices que se disponen de forma lateral.

1.2.3 **Hojas**

Las hojas son largas, de gran tamaño, lanceolada, alternas, paralelinervias. Se encuentran abrazadas al tallo y por el haz presenta vellosidades. Los extremos de las hojas son muy afiladas y cortantes.

1.2.4 **Raíces**

Las raíces son fasciculadas y su misión es la de aportar un perfecto anclaje

a la planta. En algunos casos sobresalen unos nudos de las raíces a nivel del suelo y suele ocurrir en aquellas raíces secundarias o adventicias.

1.3 Estructura del grano

El fruto de la planta del maíz se llama comercialmente grano, botánicamente es un cariósipide y agrícolamente se le conoce como semilla. Está formado por las siguientes partes:

1.3.1 Pericarpio: Cubierta del fruto de origen materno, se conoce como testa, hollejo o cáscara.

1.3.2 Aleurona: Capa de células del endospermo, de naturaleza proteica.

1.3.3 Endospermo: Tejido de reserva de la semilla, que alimenta al embrión durante la germinación. Es la parte de mayor volumen. Hay dos regiones bien diferenciables en el endospermo, el suave o harinoso y el duro o vítreo. La proporción depende de la variedad.

1.3.4 Escutelo o cotiledón: Parte del embrión.

1.3.5 Embrión o germen: Planta en miniatura con la estructura para originar una nueva planta, al germinar la semilla.

1.3.6 Capa terminal: Parte que se une al olote, con una estructura esponjosa, adaptada para la rápida absorción de humedad. Entre esta capa y la base del germen se encuentra un tejido negro conocido como capa hilar, la cual funciona como un mecanismo sellante durante la maduración del grano. La formación de la capa negra indica grano maduro.

1.4 Composición química general

Puede haber variedad tanto genética como ambiental y puede influir en la distribución ponderal y en la composición química específica del endospermo, el germen y la cáscara de los granos.

1.4.1 Almidón

El componente químico principal del grano de maíz es el almidón, (que es la forma en que los cereales almacenan energía en el grano) al que corresponde hasta el 72 o 73% del peso del grano. Otros hidratos de carbono son azúcares sencillos en forma de glucosa, sacarosa y fructosa, en cantidades que varían del 1 al 3% del grano.

El almidón está formado por dos polímeros de glucosa: amilosa y amilopectina. La amilosa es una molécula esencialmente lineal de unidades de glucosa. El polímero amilopectina también consiste de unidades de glucosa, pero en forma ramificada.

1.4.1 Proteínas

En las variedades comunes, el contenido de proteínas puede oscilar entre el 8 y el 11% del peso del grano y en su mayor parte se encuentran en el endospermo. Las proteínas de los granos de maíz están formadas por lo menos por cinco fracciones distintas. Conforme a su descripción, las albúminas, las globulinas y el nitrógeno no proteico totalizan aproximadamente el 18% del total de nitrógeno, con proporciones del 7%, 5% y 6% respectivamente. Las cantidades de proteínas solubles en alcohol son bajas en el maíz verde y aumentan a medida que el grano madura.

1.4.2 Aceite y ácidos grasos

El aceite del grano de maíz está fundamentalmente en el germen y viene determinado genéticamente, con valores que van del 3 al 18%. El aceite de maíz tiene un bajo nivel de ácidos grasos saturados: ácido palmítico y esteárico, con valores medios del 11% y el 2% respectivamente. En cambio, contiene niveles relativamente elevados de ácidos grasos poliinsaturados, fundamentalmente ácido linoleico.

1.4.3 Minerales

La concentración de cenizas en el grano de maíz es aproximadamente del 1.3%, solo ligeramente menor que el contenido de fibra cruda. Los factores ambientales influyen probablemente en dicho contenido. El germen es relativamente rico en minerales, con un valor medio del 11%, frente a menos del 1% en el endospermo. El germen proporciona cerca del 78% de todos los minerales del grano. El mineral que más abunda es el fósforo, en forma de fitato de potasio y magnesio, encontrándose en su totalidad en el embrión con valores aproximadamente 0.9% en el maíz común. Como sucede con la mayoría de los granos de cereal, el maíz tiene un bajo contenido de Ca y de oligoelementos.

1.5 Valor Nutricional

1.5.1 Composición por 100 gramos

Principios inmediatos	%
Agua	12,3
Hidratos de carbono	70,7
Gram.	3
Proteínas	8,5
Celulosa	2,1
Cenizas	3,4

Vitaminas	%
Vitamina A	750 U.I.
Vitamina K	500 U.I.
Vitamina B1	182 microgramos
Vitamina B2	71 microgramos
Vitamina PP	550 microgramos

Sales minerales	%
Potasio	0,357
Sodio	0,027
Calcio	0,021
Magnesio	0,157
Hierro	0,007
Fósforo	0,296
Azufre	0,080
Cloro	0,028
Manganeso	0,0007
Aluminio	0,0002
Yodo	0,00001
Cobalto	0,00001
Cobre	0,00044
Cinc	0,000002
Flúor	0,000062

1.6 Las principales variedades del grano de maíz que podemos encontrar en Nicaragua son las siguientes

1.6.1 Maíz chivo (maíz con cáscara pegada)

1.6.2 Maíz chontaleño: de grano crema-amarillento.

1.6.3 Maíz pujagua: de color lila, tirando a morado. Con la masa de este maíz se hace el pozol.

1.6.4 Maicillo: maíz de grano chiquito, bueno para alimentar a las aves; también se tuesta para pinol.

El Maíz Morado, denominado científicamente *zea mays l.* es una variedad de maíz que posee la coronta y los granos de color morado y es originario del Perú antiguo. Tiene un ingrediente natural que está dentro de las denominadas antocianinas, cianidina-3-b-glucosa, el cual es un importante antioxidante.

Esta variedad de maíz contiene un número muy importante de grupos fenólicos además de la Antocianina ya mencionada y que también es un flavonoide. Los compuestos fenoles son poderosos antioxidantes que protegen las membranas de las células y el DNA de los efectos dañinos oxidativos de los radicales libres.

Las antocianinas son un tipo de flavonoides complejos que se caracterizan por tener un importante efecto antioxidante al apoyar la regeneración de los tejidos, fomentar el flujo de la sangre, reducir el colesterol y promover la formación de colágeno, mejorando la circulación. Así mismo, las antocianinas son potentes antioxidantes que reducen el envejecimiento del cuerpo, disminuyen los riesgos de ataques al corazón y son excelentes preventivos contra el cáncer.

1.7 La calidad del grano de maíz

La calidad del grano de maíz está asociada tanto con su constitución física, que determina la textura y dureza, como con su composición química, que define el valor nutricional y las propiedades tecnológicas. La importancia relativa de estas características resulta del destino de la producción. Cada vez hay más exigencias y se interesa mucho más en el contenido de proteínas, aminoácidos, almidón, aceites y demás componentes. Para el empleo de granos de maíz, su calidad y propiedades tecnológicas son fundamentales. Se requieren granos sanos, limpios, uniformes de tamaño, textura y color.

1.8 Diversos usos del maíz

El maíz tiene muchos usos y sus productos secundarios son más numerosos, bebidas autóctonas como el pinolillo, pinol, tibio, tiste, pozol, chicha así como otros alimentos ricos en proteína entre las cuales tenemos indio viejo, pupusas, nacatamal, tortillas, rosquillas, guirilas, rosquillas y dulces nacionales como el atol duro, tamal relleno, cosa de horno, perrerreque, voltamal, empanadas, buñuelos, biscochos de maíz, etc.

1.9 Historia de la chicha

Pese a que los primeros registros de la palabra chicha se remontan a documentos producidos bastante temprano en el siglo XVI, los etimologistas aún no se han puesto de acuerdo sobre su proveniencia. Hay quienes sostienen que es vocablo propio de los cuna panameños, mientras que otros defienden su origen arauaco u otomí. Lo cierto es que al principio se empleó para designar una bebida fermentada de maíz y posteriormente sirvió para nombrar a la obtenida de cualquier grano.

La chicha fue la bebida ritual de los pobladores indígenas de la América precolombina. Durante siglos, la receta de esta espumosa bebida a base de maíz, altamente nutritiva, fue transmitida de indios a indios y luego a españoles y criollos.

La preparación de la chicha presenta algunas variantes según la zona cordillera de que se trate, pero fundamentalmente consiste en dejar el maíz en agua toda una noche para que suavice. Al día siguiente se muele y luego se coloca en agua, se le agrega colorante rojo y se cuece, se deja reposar, al enfriar se le agrega dulce rallado y listo se obtiene chicha en masa fermentada.

Desde la época prehispánica se elaboraba en países como: Colombia, Perú, Ecuador, Chile, Argentina y Centro América. La chicha de maíz era

confeccionada por la mayoría de las tribus que ocupaban diferentes regiones y tenían técnicas diferentes de preparación y fermentación.

Las bebidas fermentadas han sido preparadas y consumidas por casi todos los pueblos antiguos. Una larga historia de experiencias que se acumularon seguramente en su preparación. Cada cual según su área geográfica disponía de uno o varios alimentos de base y de técnicas adecuadas de fermentación.

1.10 La chicha en Nicaragua

En Nicaragua, el nombre de la chicha depende del departamento, por ejemplo, chicha bruja, chicha pujagua, chicha raisuda, chingue de mai, etc.

A mitad del ciclo solar, entre el 15 de julio y el 15 de agosto, los nahuas de Nicaragua celebraban la época del tapisca, o recolección de las mazorcas, honrando a xolotl.

Esta divinidad `el dios maíz` era representada comúnmente por la figura de su nagual o alter ego, el perro aborigen denominado xulo. La deidad tenía dos templos principales: uno a orillas del lago Xolotlán, y otro en las serranías aledañas donde se hallaban los principales cultivos de maíz.

Al inicio de la cosecha, Xolotl era llevado, en medio de sones y danzas, desde las milpas hasta el lago, donde los caciques lo acompañaban a surcar las aguas consagradas con su nombre, en una canoa o acali, esta festividad se caracterizaba por el consumo de grandes cantidades de chicha de maíz y otras bebidas intoxicantes, ya que marcaba el fin de un prolongado periodo de abstinencia iniciado a raíz de la siembra.

Es usual encontrar en la calle "chicheros" de esta popular bebida. Se le encuentra en casi todas las ciudades del territorio nacional y con algunas variantes es prácticamente la misma bebida. En algunos puestos se vende chicha fermentada o no, de maíz negrito o blanco en dependencia del departamento y gusto. Se sirve fría y con hielo picado y se acompaña con el popular vigoron o chancho con yuca.

2. Proceso de la elaboración de chicha en masa

2.1 Recepción de la materia prima

Operación que consiste en la verificación de la calidad de la materia prima y el peso exacto de la misma.

2.2 Selección y limpieza

Durante esta operación se selecciona el grano que cumpla con las características físicas de calidad y se elimina toda materia extraña (piedras, palos), exenta de mordedura y picaduras de insectos o roedores.

2.3 Lavado

Se higieniza el grano con agua potable para eliminar residuos de tierras y cualquier materia extraña que sea más ligera que el grano.

2.4 Remojo

Operación que tiene la finalidad de hacer mas blando el grano, se realiza con agua potable. El remojo se hace con el objetivo de que el grano absorba agua y se ablande el endospermo para facilitar la operación de la molienda.

2.5 Molienda

Esta operación se realiza en molinos de discos para obtener la masa.

2.6 Reposo

La masa obtenida de la molienda del grano blando se le adiciona agua y se deja reposar para que el almidón presente absorba agua o se hidrate, este proceso dura 5-6 horas.

2.7 Cocción

Esta operación se realiza con la finalidad de que se de la gelatinización de los almidones presentes. En esta operación el almidón se gelifica debido a la temperatura a la que esta siendo sometida, los gránulos de almidón se hinchan por absorción del agua. La temperatura a la cual se realiza la gelatinización es de 90 -100 °C, por un periodo de 60 minutos, a la vez se realiza una constante agitación para evitar la formación de grumos y que se queme la masa.

2.8 Enfriado

Obtenida la chicha se deja enfriando a temperatura ambiente 16 horas para que se de el proceso de sinéresis donde se da un reordenamiento de las cadenas lineales y se expulsa el agua retenida.

3. Cambios en el maíz durante la elaboración de chicha

En la operación del remojo se modifican las características físicas del grano haciéndolo mas digestible, se aumenta el contenido de humedad, el grano absorbe aproximadamente 45% de su peso.

La molienda del maíz separa el grano de maíz en sus tres componentes básicos (endospermo, embrión y pericarpio más aleurona). En la molienda húmeda, los componentes de cada parte del grano (almidón, proteína, aceite, fibra y solubles) son separados en fracciones más purificadas. El producto principal que se obtiene de la molienda húmeda es el almidón de maíz.

Proteínas y aminoácidos: cuando se realiza la operación de la cocción se destruye parte de las proteínas, que se reducen por la desintegración y por tanto se destruyen en un 15%. El proceso de cocción en agua aumenta ligeramente el contenido de nitrógeno, debido al efecto de concentración. La solubilidad de todas las fracciones proteicas disminuye con la transformación del maíz crudo con un aumento de la fracción insoluble.

Vitaminas: pérdidas significativas se dan en el contenido de tiamina (52 - 72 %), riboflavina (28 - 54 %) y niacina (28-36 %).

Grasas y ácidos grasos: se han detectado pérdidas de almidón de aproximadamente el 5 %, También se constató una disminución del azúcar, que pasa del 2-4 %, se predigieren los hidratos de carbono.

Sales minerales y agua: se conservan el 60 % de sales minerales, debido a la evaporación durante la cocción se pierde un 25 % de agua.

El almidón es el componente básico del maíz; se trata de un hidrato de carbono que proporciona gran energía al organismo. Las proteínas necesarias en la formación de los tejidos, le siguen en importancia. El almidón se diferencia de todos los demás carbohidratos en que, en la naturaleza se presenta como complejas partículas discretas (gránulos). Los gránulos de almidón son relativamente densos, insolubles y se hidratan muy mal en agua fría. Pueden ser dispersados en agua, dando lugar a la formación de suspensiones de baja viscosidad que pueden ser fácilmente mezcladas y bombeadas, incluso a concentraciones mayores del 35%.

3.1 Formación de geles de almidón (gelificación)

La gelatinización es una modificación que ocurre cuando los gránulos de almidón se tratan con calor y en medio acuoso. Cuando aplicamos calor a una disolución de almidón, se hinchan los gránulos de almidón por absorción del agua. Desaparece la estructura cristalina de la amilopectina.

El intervalo de temperatura en el que se produce el hinchamiento de los gránulos se denomina temperatura de gelificación y dependerá del alimento: durante el hinchamiento, la amilosa, que es soluble, se solubiliza en el agua y al final tenemos los gránulos muy hinchados dando lugar a la formación de una pasta (pasta de almidón) que tiene una elevada viscosidad.

En la segunda fase, si se sigue calentando, llega un punto en el que los gránulos se fragmentan disminuyendo la viscosidad drásticamente. Si agitamos la mezcla ayudamos a que se fragmenten los gránulos.

En la tercera fase, tiene lugar la formación del gel o gelificación. Se enfría la pasta y se forma un gel por formación de puentes de hidrógeno entre las moléculas de amilosa y amilopectinas y dejan espacios en donde queda atrapada el agua.

Las moléculas de amilosa y amilopectina están dispersas en la solución acuosa (gelatinizada) de almidón. Después del enfriamiento, las porciones lineales de varias moléculas se colocan paralelamente debido a la formación de enlaces H. Esto obliga a las moléculas de agua a apartarse y a permitir que las moléculas cristalicen juntas.

Cuando se disuelve el almidón en agua, la estructura cristalina de las moléculas de amilosa y amilopectina se pierde y éstas se hidratan, formando un gel, es decir, se gelatiniza. Si se enfría este gel, e inclusive si se deja a temperatura ambiente por suficiente tiempo, las moléculas se reordenan,

colocándose las cadenas lineales de forma paralela y formando puentes de hidrógeno.

Cuando ocurre este reordenamiento, el agua retenida es expulsada fuera de la red (proceso conocido como sinéresis), es decir, se separan la fase sólida (cristales de amilosa y de amilopectina) y la fase acuosa (agua líquida).

Gelificación		
Tipo de almidón	Maíz	Trigo
Amilasa	27 %	24 %
Forma del granulo	Angular poligonal, esférico	Esférico o lenticular
Tamaño	5-25 micras	11 – 41 micras
Temperatura de gelificación	62-72 °C	58 – 64 °C
Características del gel	Tiene una viscosidad media, es opaco y tiene una tendencia muy alta a gelificar	Viscosidad baja, es opaco y tiene una alta tendencia a gelificar

4. Conservación mediante deshidratación

La desecación es un sistema muy antiguo de conservación de alimentos. La retirada del agua contenida en sus tejidos y células resulta un método muy eficaz para evitar la putrefacción y pérdida de los mismos. Con toda seguridad nos encontramos ante uno de los más ancestrales métodos de conservación, y los primeros pueblos agrícolas ya utilizaban estas técnicas para la conservación de legumbres y cereales.

La deshidratación consiste en eliminar al máximo el agua a menos del 13% que contiene el alimento, bien de una forma natural bien por la acción de la mano del hombre en la que se ejecuta la transformación por desecación simple al sol o por medio de una corriente a gran velocidad de aire caliente. La deshidratación es una operación en la cual tiene lugar la transferencia de calor y la transferencia de masa. El calor es transferido al agua en el producto y el agua es evaporada. Actualmente el secado de frutas, hortalizas y cereales es un proceso industrial muy importante en la preservación de la calidad de los productos agrícolas.

La pérdida del agua proporciona una excelente protección frente a las principales causas de alteración de los alimentos. Los microorganismos no pueden desarrollarse en un medio sin agua. Además, en estas condiciones tampoco es posible la actividad enzimática, y la mayor parte de las reacciones químicas se hacen mucho más lentas de lo normal. Se usa como técnica de conservación pues los microorganismos que provocan la descomposición de los alimentos no pueden crecer y desarrollarse en ausencia de agua.

Los modernos métodos de secado buscan otros fines que la simple preservación: en los alimentos, la reducción de peso y algunas veces de

volumen, constituyen una importante ventaja para el transporte y almacenamiento; la comodidad de empleo también es una característica muy buscada.

Desde el punto de vista físico, la eliminación de agua de un alimento húmedo se hace usualmente retirándola bajo la forma de vapor. En la operación interviene dos fenómenos fundamentales.

1. La transferencia de calor que aporta la energía necesaria para la transformación de agua en vapor (principalmente calor latente de vaporización)
2. La transferencia de vapor de agua a través y fuera del alimento.

Del valor de los diferentes parámetros que permite regular la intensidad de estos fenómenos (temperatura del producto, superficie de intercambio, humedad, temperatura, presión y movimientos de los fluidos presentes en la atmósfera que rodea el alimento) depende la velocidad de deshidratación, la calidad del producto, el rendimiento energético del secador, el coste de la operación, etc.

5. Clasificación de los procesos de secado.

5.1 Secado por aire, o por contacto, a la presión atmosférica. El calor se aporta al alimento por aire caliente (convección) o mediante una superficie caliente (conducción). En todos los casos, el vapor de agua formado se mezcla con el aire, que constituye así el medio que sirve para eliminar el vapor.

5.2 Secado bajo vacío. El procedimiento tiene la ventaja de que la presión reducida facilita la evaporización del agua. La transferencia de calor se efectúa por conducción, o por radiación (calentamiento dieléctrico o radiación a partir de una superficie caliente). Generalmente, el vapor de agua se retira por condensación en estado líquido o por aspiración (eyector de vapor).

5.3 Crio-deseccación (liofilización). Primero se congela el alimento, después se sublima el hielo formado (transformación directa en vapor de agua), en condiciones apropiadas de temperatura y presión. Lo más frecuente es eliminar el vapor de agua por condensación al estado de hielo. Este procedimiento en "fase sólida", conserva claramente la estructura del alimento.

6. Transferencia de calor y transferencia de materia (vapor de agua)

La evaporización de agua que constituye el secado, implica conjuntamente una transferencia de calor y una transferencia de vapor.

6.1 Transferencia de calor

La transferencia de calor se puede hacer, por conducción, por convección y por radiación. A temperaturas ordinarias, la mayoría de los alimentos tienen

una conductibilidad térmica próxima a la del agua (en torno a 0,5 Kcal/m.h.C) en el estado congelado tiene una conductibilidad térmica próxima de la del hielo (unas 1,9 Kcal/ m.h.C).

La conductibilidad térmica del aire es mucho mas baja (unos 0.02 Kcal/m.h.C) lo que implica que los alimentos parcialmente deshidratados, que son porosos, tengan una conductibilidad térmica relativamente baja.

Durante el secado de un producto por contacto con un fluido en movimiento (aire caliente) la transferencia de calor se hace por convección, especialmente en las capas superiores del fluido donde, por lo general, el movimiento es turbulento. No obstante, se consideran que la principal resistencia a la transferencia de calor proviene de una delgada capa de fluidos inmediata a la superficie del producto; esta "capa-limite" es casi inmóvil y en esa la transferencia de calor se haría por conducción.

6.2 Transferencia de materia

La retirada de agua bajo la forma de vapor se hace (manteniendo lo más bajo posible la presión parcial de vapor de agua en la atmósfera ambiente) mediante:

1. Arrastre en una corriente de fluidos (los mas frecuente aire)
2. Condensación sobre una superficie fría, en el estado sólido (liofilización bajo vacío) o líquido (secado bajo vacío).
3. Aspiración por una trompa de vapor en unos casos de sedado al aire, pueden ser conveniente separar el aire del vapor reteniendo este ultimo sobre un desecante.

6.2.1 Transferencia de agua liquida o de vapor de agua del interior a la superficie del producto

Durante la primera fase de secado, la presencia de agua libre en la superficie del producto esta asegurada constantemente por la llegada de agua liquida que procede del interior. Durante la segunda y tercera fase del secado ya no hay mas agua libre tanto en la superficie como en el interior de producto, y el agua se desplaza del centro hacia la superficie bajo forma de vapor.

La transferencia de agua a través del alimento se retarda considerablemente hacia el final del secado, porque el espesor de la capa se aumenta y porque la difusibilidad del agua o la permeabilidad del vapor a través de esta capa seca disminuye a medida que desciende el contenido de agua.

6.2.2 Transferencia de vapor de agua de la superficie del producto hacia el exterior

En el caso de secado a la presión atmosférica, se considera que es paso del vapor de agua a través de una delgada capa de aire parado, situado en la superficie del producto lo que constituye la principal resistencia a la transferencia, la aplicación de una corriente de aire de alta velocidad disminuye

el espesor de esta capa parada y por tanto evita la formación de un gradiente de humedad en el aire en contacto con el producto. Esta corriente de aire puede obtenerse por aspiración encima de un secador solar-cilíndrico, o por ventilación del aire caliente en el secado de un túnel de secado o de un secador atomizador.

7. Relación entre los parámetros del secado y las características del alimento

La velocidad de cada una de las fases de secado depende, en gran parte, de las características propias del alimento. Un contenido elevado en agua acelera la velocidad inicial de secado. Una concentración elevada de constituyentes polímeros, tales como proteínas, almidones sobre todo gelatinizados y azúcares amorfos, aumenta la proporción de agua ligada y prolonga la segunda fase de secado.

La transferencia de vapor de agua durante la primera fase de secado es proporcional a la amplitud de la superficie del alimento. Dos medios cubos secan unas 1.33 veces más rápido que un solo cubo del mismo peso. Durante la segunda fase de secado, el fraccionamiento de los alimentos aun favorece todavía más la velocidad de secado. En la práctica teniendo sensibilidad térmica de los alimentos y la temperatura máxima utilizable solo puede obtenerse una velocidad razonable de secado cuando el espesor del producto es inferior a unos 5 cm.

Se forma en la zona superficial al comienzo del secado una capa relativamente seca y el agua libre abandona fácilmente el centro del alimento, en tanto que el agua ligada no se evapora en la zona superficial, sin embargo cuando el secado inicial es muy rápido (aire de secado que presenta una fuerte diferencia entre la temperatura ``seca`` y la temperatura ``húmeda``) el vapor de agua puede eliminarse de la superficie del producto más rápidamente que el que se desplaza del centro del producto hacia la superficie.

Cuando un alimento se somete a la deshidratación, se contrae en proporción a la salida progresiva de agua fuera de las células. Esta contracción es mucho más acusada cuando la deshidratación es lenta y se produce a pesar de la resistencia de los elementos estructurales de los tejidos.

Por lo contrario, si la deshidratación es rápida, se forma inmediatamente una capa seca y rígida en la superficie del alimento que ``fija`` el volumen final de producto. La deshidratación posterior de las partes profundas, va acompañada de desgarramientos y vacíos internos. Entonces, se obtienen productos que conservan su forma inicial, pero que debido a su estructura porosa se deshidratan rápidamente y bien. Sin embargo, estos productos son más sensibles a las alteraciones oxidativas y de embalaje más caro (debido a su menor densidad). Durante la deshidratación también surgen otros fenómenos sobre todo si la temperatura es relativamente elevada.

El almidón cuando se gelatiniza, adsorbe fuertemente el agua lo que puede originar la formación, en la superficie, de una capa impermeable al vapor de agua. Algunos alimentos son termoplásticos: sustancias que se funden o se ablandan al calor. Se producen cambios del estado cristalino → amorfo (concretamente azúcares). Estos fenómenos originan el pegado de los alimentos entre sí y con las paredes de los aparatos.

La pérdida por evaporación, de sustancias aromáticas volátiles no solo depende de la masa molecular y presión de vapor de esas sustancias, sino también de su solubilidad en el agua. La influencia de las condiciones de la deshidratación es poco conocida. A pesar de las temperaturas relativamente elevadas, la baja presión parcial de vapor de agua e incluso algunas veces de vacío, muchas de las sustancias aromáticas volátiles solo se escapan parcialmente. Además, su difusibilidad a través de la materia seca sería inferior a la del agua; así mismo esta sustancia quedaría absorbida sobre distintos constituyentes o sería retenida por elementos estructurales (incluidas las microredes amorfas de moléculas de glúcidos unidos por enlaces hidrógenos).

La disminución de la capacidad de la retención de agua, que se manifiesta en la rehidratación, puede deberse a una desnaturalización y de una agregación de proteína bajo el efecto de calor, al aumento de la concentración de sales y a la desorción del agua; pueden también ser resultado de la destrucción de geles (pectinas, almidones), así como de la modificación de la presión osmótica causada por la destrucción de las membranas celulares.

La pérdida de valor nutricional: algunas vitaminas A y C pueden destruirse parcialmente por oxidación durante el secado por aire caliente. Los productos deshidratados no son estériles. La reducción del número de microorganismos como resultado de la operación de deshidratación es baja. Incluso, en algunos casos, la temperatura de secado favorece el crecimiento de microorganismos.

8. Almacenamientos de los alimentos deshidratados

Durante el almacenamiento de los alimentos en estado deshidratados, pueden surgir diversas reacciones de deterioro: en primer lugar, desarrollo de insectos contra los cuales se adoptan las precauciones generales de higiene, así como embalajes protectores; a continuación crecimientos de micro-organismos, si bien estos solo pueden surgir después de una rehidratación. Por lo tanto dada la higroscopicidad, de los alimentos deshidratados resulta necesario un embalaje impermeable al vapor de agua o de su almacenamiento en condiciones higrométricas apropiadas.

En el estado de deshidratación, las reacciones enzimática, el pardeamiento no enzimático, diversas reacciones de hidrólisis, la recristalización de azúcares con formación de masas (caso de algunos polvos), solo se producen muy lentamente siempre que se cumpla la condición de que el bajo nivel de actividad del agua que se logra al final del secado, se mantenga con la ayuda de un embalaje apropiado. También es importante que la temperatura de almacenamiento sea inferior a los 25° C, aproximadamente.

Debido a su porosidad los alimentos deshidratados son sensibles a las reacciones de oxidación que frecuentemente presentan el factor limitante de su conservación. A veces es necesario el embalaje bajo vacío o con nitrógeno, en un material impermeable al oxígeno y a la luz, para evitar la oxidación de los lípidos y proteger determinados pigmentos, vitaminas, sustancias aromáticas, etc.

9. Isotermas de absorción

Una isoterma de absorción (o de desorción) es la curva que indica, en el equilibrio y para una temperatura determinada, la cantidad de agua retenida por un alimento en función de la humedad relativa de la atmósfera que la rodea; o si se quiere, e inversamente, la presión parcial del vapor ejercida por el agua del alimento, en función del contenido del agua en el mismo.

Las isotermas se obtienen colocando un alimento cuyo contenido en agua se conoce, bajo vacío en un recipiente cerrado y midiendo, después del establecimiento, el equilibrio a una temperatura determinada, la presión del vapor de agua, con ayuda de un manómetro o de un higrómetro (o incluso por cromatografía en fase gaseosa); también se puede obtener colocando una muestra del mismo alimento (seco o húmedo).

9.1 Isotermas de absorción y estado del agua en los alimentos

9.1.1. Agua fuertemente ligada

En la cual la actividad del agua está comprendida entre 0 y 0.2 o 0.3 corresponde al agua fuertemente ligada, en esa región de la isoterma existe una capa monomolecular de agua fija a los grupos polares de ciertos compuestos, especialmente los grupos NH_3^+ y COO^- de las proteínas y de los grupos OH de los almidones y, probablemente también el agua de cristalización de sales y azúcares.

Considerando el contenido en agua de los alimentos, esta agua representa de 3 a 10 gramos por cien gramos de peso seco desengrasado. La energía de absorción del agua de esta capa monomolecular es del orden de 1 al 15 Kcal/mol. Esto explica que el agua de esta capa sea relativamente difícil de extraer, por otro lado, prácticamente el agua de esta capa no está disponible para actuar como disolvente o reactivo.

9.1.2 Agua débilmente ligada y agua libre

Las isotermas de absorción están divididas bastante arbitrariamente, en dos o tres secciones suplementaria que corresponde al agua cada vez más libre. Se trataría por consiguiente, de sucesivas capas de agua fijas sobre la primera capa por intermedio de enlaces hidrógenos; a esta agua, que representa la mayor parte de la esfera de hidratación de los constituyentes solubles (proteínas, sales, etc.).

Un dato importante es que en todas estas partes de las isothermas, a pesar de la actividad del agua tan baja como 0.3-0.2 el agua presenta sus propiedades habituales o, dicho de otra forma esta disponible tanto como disolvente como reactivo.

El agua libre representa la mayor parte del agua de los alimentos frescos o elaborados (pero no deshidratados) así lo demuestra la ultima parte de la isoterma de absorción, en la actividad de agua se aproxima al máximo, siempre que el contenido de agua del alimento no sea inferior al 50%.

La isoterma de desorción, para un producto dado y a una temperatura determinada, no es superponible a la isoterma de absorción; en teoría las dos curvas deberían seguir el mismo trazado, pero las determinaciones experimentales permiten demostrar que no siempre ocurre así.

Esta no coincidencia de las dos curvas se denomina histéresis; se traduce por el hecho de que para un producto con el mismo contenido en agua, el equilibrio en la desorción se establece, en cada punto a un valor de actividad de agua que equivale a una presión parcial relativa del vapor de agua, mas débil que el de absorción. Se notara que la histéresis se acusa esencialmente en la zona intermedia de la isoterma, donde el agua solo estaría "débilmente ligada".

9.1.3 Interés de isothermas de absorción para la tecnología alimentaría

Las isothermas de absorción son útiles, por muchos motivos. En primer lugar, corroboran, en varios casos, las interpretaciones teóricas y permiten, por ejemplo calcular el número de sitios activos o la superficie efectiva de un producto. Esto interesa tanto para la absorción de sustancias volátiles o de un gas como para diversos compuestos aromáticos como el oxígeno, nitrógeno. En segundo lugar, las isoterma permite preveer la actividad del agua de mezcla de diversos ingredientes mas o menos húmedos, en fin las isothermas de absorción dan la posibilidad de proveer el comportamiento de un alimento después de un tratamiento o almacenamiento en unas condiciones distinta a las que se estudio experimentalmente.

En la deshidratación la elevación de temperatura va acompañada de un descenso de la humedad relativa. Si el producto esta empacado en un embalaje que posee cierta permeabilidad al vapor de agua, se puede calcular también la cantidad de agua absorbida en función del tiempo de almacenamiento y en definitiva la duración de conservación de un alimento con un nivel de calidad aceptable.

10. Secado solar

El secado solar en cabinas, se lleva a cabo con precalentamiento del aire, el aire se calienta en el colector solar antes de pasar a la cámara de secado. El producto se coloca sobre una malla de 1,5 mm. Este secador almacena la energía solar debido al lecho de piedras, el que se debe pintar de color negro opaco.

El aire entra por la abertura inferior del secador, se calienta con la energía almacenada en el lecho de piedras, el cual está cubierto con un plástico transparente, sube por convección natural y pasa por la cámara de secado retirando la humedad del producto. Elimina del 80 al 90% de la humedad del alimento a secar. El tiempo de secado dura, en general, entre 1 y 3 días, dependiendo de que alimento seque, la cantidad de sol y la humedad del ambiente.

10.1 Características de un secador solar

10.1.1 Forma de calentamiento solar

Los dos elementos básicos de un secador solar son: el colector, donde la radiación calienta el aire y la cámara de secado, donde el producto es deshidratado por el aire que pasa. Estos elementos pueden diseñarse de diferentes formas para integrarse a diferentes equipos de secado solar:

10.1.2 Secador solar indirecto: Los dos elementos están separados. El aire es calentado en el colector y la radiación no incide sobre el producto colocado en la cámara de secado. La cámara de secado no permite la entrada de la radiación solar. Este secador es esencialmente un secador convectivo convencional en que el sol actúa de fuente energética.

10.1.3 Secador solar directo: Los dos elementos pueden juntarse, en cuyo caso la cámara que contiene el producto también cumple la función de colector recibiendo la radiación solar.

10.1.4 Secador solar mixto: Finalmente puede darse el caso en que la colección de radiación se realice tanto en un colector solar previo a la cámara como en la misma cámara.

El Secador solar indirecto presenta varias ventajas. En primer lugar el control del proceso es más simple (sobre todo en el caso de secadores con circulación forzada de aire). Es fácil de integrar una fuente auxiliar de energía para construir un sistema híbrido.

El tener una cámara de secado separada de los colectores facilita la manipulación del producto y las labores de carga y descarga. Dado que la cámara no permite la entrada de la radiación solar, este sistema permite secar en forma conveniente productos que se puedan dañar o perder calidad de aspecto por una exposición directa al sol.

Para productos a granel (principalmente granos en silos) si se contempla el secado solar, el sistema a emplear es el de un secador indirecto.

Una desventaja de este tipo de secadores es el hecho de que al separar la función colección de energía solar, el tamaño del equipo y sus costos aumentan. Una segunda desventaja es que para evaporar la misma cantidad

de agua se necesita mover más kilogramos de aire a mayor temperatura que en el caso de los secadores directos o mixtos.

En los secadores solares directos la radiación solar es absorbida por el propio producto, resultando más efectivo el aprovechamiento de la energía para producir la evaporación del agua. Esto se debe a que la presión de vapor en la superficie del producto crece por la absorción de radiación solar. Por lo tanto el gradiente de presiones de vapor entre producto y aire se hace mayor y se acelera el secado.

Este tipo de secadores es casi siempre con circulación de aire por convección natural. Esto hace que a veces el control del proceso sea poco confiable. Para algunos productos la acción de la radiación solar puede destruir algún compuesto orgánico que lo compone y que tiene interés comercial.

10.2 Ventajas y desventajas de los secadores solares

10.2.1 Ventajas

- Diversidad de productos que pueden ser deshidratados.
- Mayor conservación de las características organolépticas.
- Mayor control del proceso.
- No se contamina el producto por el medio.
- Secado uniforme del producto.

10.2.2 Desventajas

- Altos costos de instalación.
- El nivel de secado y la temperatura depende de las condiciones climáticas.
- Altos costos de repuestos.

11. Fenómenos que se presentan durante el secado (deshidratación)

11.1 Movimiento de solutos

El agua líquida que fluye hacia la superficie durante la desecación contiene diversos productos disueltos. El movimiento de algunos compuestos solubles, resulta impedido por las paredes celulares que actúan como membranas semipermeables. A la migración de sólidos en los alimentos contribuye también la retracción del producto, que crea presiones en el interior de las piezas. El resultado neto de estos factores puede ser la deposición de componentes solubles en la superficie al evaporarse el agua.

Cuando la superficie se deseca, se establece un gradiente de concentración entre la superficie y el centro húmedo de la pieza que puede dar origen a la difusión de productos solubles hacia el centro. El que predomine uno u otro de ambos fenómenos depende de las características del producto y de las condiciones de desecación.

11.2 Retracción

Los productos coloidales también se retraen cuando se desecan. Durante las primeras fases de desecación a bajas velocidades, la cuantía de la retracción está simplemente relacionada con la cantidad de humedad eliminada. Hacia el final de la desecación, la retracción es cada vez menor de modo tal que el tamaño y las formas finales o definitivas del producto se alcanza antes de completarse la desecación.

11.3 Endurecimiento superficial

Se ha observado que durante la desecación de algunas frutas, carnes y pescados, frecuentemente se forma en la superficie una película impermeable y dura. Esta determina normalmente una reducción de la velocidad de desecación y a este fenómeno se le suele denominar endurecimiento superficial. Es probable que esté influido por múltiples factores, entre los que figura la migración de sólidos solubles a la superficie y las elevadas temperaturas que se alcanzan en la superficie hacia el final de la desecación que inducen complejos cambios físicos y químicos en la capa superficial.

12. Cambios posteriores al proceso de la deshidratación

Es importante considerar que la deshidratación produce cambios físicos, químicos y sensoriales en los alimentos, entre estos están el encogimiento, endurecimiento y la termoplasticidad. Todos ellos contribuyen a la calidad final, tanto de los productos deshidratados como de sus equivalentes reconstituidos, por lo referente al color, sabor, textura, viscosidad, velocidad de reconstitución, valor nutritivo y estabilidad en el almacenamiento.

Con frecuencia estos cambios ocurren solo en determinados productos, pero algunos de los principales tienen lugar en casi todos los alimentos sometidos a deshidratación y el grado en que ocurre depende de la composición del alimento y la severidad del método de secado.

Las reacciones de oscurecimiento pueden deberse a oxidaciones enzimáticas, también puede deberse a reacciones no enzimáticas, estas se aceleran cuando los alimentos se someten a altas temperaturas y el alimento posee elevada concentración de grupos reactivos y el secado alcanza niveles del 15 – 20 %, cuando se superan los niveles de deshidratación como el 2% los cambios en el color son menos intensos.

Otra consecuencia de la deshidratación de alimentos es la dificultad en la rehidratación. Las causas son de origen físico y químico, teniendo en cuenta por una parte el encogimiento y la distorsión de las células y los capilares y por otra, la desnaturalización de las proteínas ocasionadas por el calor y la concentración de sales.

En estas condiciones estas proteínas de las paredes celulares no podrán absorber tan fácil de nuevo el agua, perdiendo así la turgencia y alterando la textura que caracteriza a un determinado alimento.

La pérdida parcial de los componentes volátiles y de sabor es otro efecto de la deshidratación. Por esto algunos métodos emplean atrapar y condensar los vapores producidos en el secado y devolverlos al producto secado.

13. La rehidratación de alimentos deshidratados

Algunos alimentos deshidratados enteros, en trozos o pulverizados, deben ser rehidratados para su consumo o uso posterior en diferentes procesos. Es importante considerar que la rehidratación no es el proceso inverso a la deshidratación, ya que ambos fenómenos tienen diferentes mecanismos de transferencia de materia y dependen de factores distintos.

Las operaciones previas a la deshidratación, llamadas pretratamientos, tienen marcada influencia sobre las características y la composición del producto finalmente, rehidratado. Aquellos pretratamientos que contribuyen a mantener la integridad de los tejidos permiten evitar mayores pérdidas de sólidos solubles hacia el medio de rehidratación.

Los pretratamientos que emplean altas presiones, previos a la deshidratación provocan cambios en la estructura de los tejidos, la compactación de las estructuras celulares y transformaciones de los geles de la pectina, modificando negativamente la posterior rehidratación del producto. Por otra parte la deshidratación a altas temperaturas provoca cambios que son irreversibles en el alimento: pérdida de textura, disminución de vitaminas, color y aroma, entre otros.

La rehidratación se puede considerar como una medida del daño en el alimento ocurrido durante la deshidratación, considerándose como un complejo proceso que ayuda a restaurar las propiedades del alimento fresco, anteriormente deshidratado con o sin pretratamientos al secado.

En algunos casos la velocidad de rehidratación sirve como medida de la calidad del producto deshidratado, siendo los alimentos deshidratados en condiciones óptimas, los que se deterioran menos y se rehidratan de forma normal.

Los alimentos deshidratados deben en lo posible rehidratarse lo más rápido posible y mostrar las mismas características estructurales y químicas del alimento fresco, como también sus propiedades nutricionales y sensoriales. Dentro de los medios de rehidratación más utilizados en alimentos se encuentran, la inmersión en agua como la más simple, en soluciones azucaradas (glucosa, sacarosa, trehalosa), leche, yogur, jugos de frutas y verduras, entre otras, donde los períodos de inmersión, deben ser breves, y estos medios de rehidratación ayuden a conseguir un producto de características similares al producto fresco.

En cuanto a la transferencia de materia ocurrida durante la rehidratación, se puede mencionar que el agua (o solución hidratante) es absorbida más rápidamente al inicio del proceso y luego disminuye gradualmente la absorción

hasta que el contenido de humedad alcanza un equilibrio, es decir, que todos los espacios inter o intracelulares queden saturados con agua o con solución hidratante.

De esta manera la absorción de agua por parte de los tejidos del alimento deshidratado aumenta sucesivamente el volumen del mismo, junto con una salida de los sólidos desde el interior de estos tejidos.

En el fenómeno de la rehidratación existen tres procesos simultáneos: a) la absorción de agua dentro del material deshidratado, b) la lixiviación de solutos y c) el hinchamiento del material, donde el cambio de volumen del producto deshidratado es proporcional a las cantidad de agua absorbida, aumentando o recuperando su tamaño y volumen inicial. Las variables operacionales del secado (temperatura, velocidad de aire, humedad relativa y tiempo) afectan significativamente la calidad final del producto rehidratado

14. Factores que influyen sobre el proceso de rehidratación

Dentro de los factores que influyen en los mecanismos de transferencia de materia ocurridos durante el fenómeno de rehidratación de alimentos, están los factores propios del proceso de deshidratación (pretratamiento, método de secado, temperatura y velocidad de secado, almacenamiento) y las condiciones de rehidratación a utilizar.

14.1 Factores extrínsecos del proceso de rehidratación

- *Pretratamiento al secado:* todo pretratamiento de secado tiene cierta influencia sobre el producto deshidratado en el proceso posterior de rehidratación. Estos pretratamientos se pueden citar de acuerdo a tratamientos químicos con compuestos inorgánicos (dióxido de azufre, cloruro de calcio, metabisulfito de potasio, cloruro de sodio, bicarbonato de sodio), orgánicos (sacarosa, glicerol, dextranos, almidón) o no químicos (osmosis, escaldado, congelado, altas presiones).

- *Método de secado:* los diferentes tipos o sistemas de secado son la principal causa que pudiese afectar la rehidratación del producto deshidratado. También se pueden hacer combinaciones de los sistemas de secado, por ejemplo aire caliente con microondas, irradiación previa o al mismo tiempo; igualmente se debe considerar el tipo de secado que menor daño provoque a la estructura del producto, y sobre sus propiedades sensoriales y nutricionales.

- *Temperatura y velocidad de secado:* se ha observado que altas temperatura de secado implican un menor tiempo de rehidratación, pero los índices de calidad del producto final presentan cambios muy variables con respecto al producto fresco, como son la textura y el color, dejando ver que la temperatura de secado es uno de los principales factores que influyen sobre la calidad del producto rehidratado. El aumento de la velocidad de secado provoca un menor

tiempo de secado, pero también presenta la misma tendencia que la temperatura de secado, un mayor daño celular.

- *Temperatura de almacenamiento:* durante el almacenamiento se va perdiendo calidad de los productos deshidratados (color, aroma, textura), además aparecen reacciones de pardeamiento no-enzimático. Estos daños se hacen más severos a medida que se aumenta la temperatura de almacenaje, ya que a mayor temperatura mayores son los cambios composicionales y estructurales de los polisacáridos de la pared celular y menor la capacidad de absorción de agua, reflejándose esto último en la rehidratación. Por todo lo anterior es que se debe optimizar las condiciones de almacenamiento (temperatura, humedad relativa, oxígeno, ventilación, condiciones higiénicas, entre otros).

14.2 Factores intrínsecos del proceso de rehidratación

- *Líquido de rehidratación:* como se mencionó, los alimentos deshidratados generalmente se rehidratan con agua, pero en algunos procesos se utilizan medios de rehidratación tales como leche, yogur, disoluciones azucaradas o salinas, entre otros, siempre con el fin de mejorar las características finales del producto rehidratado, como son la textura, retención de color y aroma, aumento de la viscosidad, disminución de la actividad de agua (a_w), reducción de tiempos de proceso, entre otros. La velocidad de rehidratación es mayor en un medio como el agua, en cambio es menor por ejemplo en soluciones azucaradas, leche o yogurt, debido a la elevada viscosidad que presentan éstas, sin embargo, estas últimas pueden transportar sólidos de importancia nutritiva al producto como vitaminas, proteínas, minerales, entre otros.

- *La temperatura de la solución de rehidratación:* Un alimento deshidratado a una temperatura constante, y luego rehidratado a diferentes temperaturas en un medio rehidratante, aumenta su contenido de humedad de equilibrio cuanto mayor sea la temperatura de rehidratación, debido al gradiente de calor entre el interior del alimento y el líquido de inmersión, además la alta presión que se ejerce sobre los gases que pudiesen estar atrapados entre los espacios intercelulares, permite que se mueven por difusión o capilaridad, tomando ese lugar el líquido rehidratante.

- *Agitación durante la rehidratación:* la generación de turbulencia en el medio de rehidratación logra una mayor homogenización, aumentado la entropía del sistema y la facilidad del intercambio de materia (agua y solutos), siempre teniendo en cuenta la velocidad de agitación.

- *Características del producto:* antes de aplicar rehidratación a alimentos deshidratados, se deben conocer las características del alimento en su estado fresco y deshidratado, ya que las propiedades físico-químicas, mecánicas (microestructurales), sensoriales y nutricionales, cambian considerablemente de un producto fresco ha deshidratado, de tal manera que estos factores determinan el comportamiento de los alimentos en el proceso de rehidratación.

15. Cambios en las propiedades físico-químicas y nutricionales de los alimentos durante la rehidratación

Entre las propiedades de calidad más importantes de un alimento deshidratado que ha sido rehidratado, están las propiedades estructurales (densidad, porosidad, tamaño poro, volumen específico), ópticas (color y apariencia), texturales (fuerza de compresión, relajación, tensión), mecánicas (estado del producto: cristalino, elástico, vítreo), propiedades sensoriales (aroma, sabor, color) y propiedades nutricionales (contenido de vitaminas, proteínas, azúcares, entre otras).

La evaluación de todas o alguna de estas propiedades depende de los parámetros a considerar para un mercado específico. Las características de calidad de un alimento deshidratado que ha sido rehidratado pueden mejorarse aplicando pretratamientos antes del proceso de secado, por ejemplo inmersión en soluciones azucaradas, salinas (NaCl) o ácidas (ácido cítrico y/o ascórbico), escaldado, deshidratación osmótica, microondas, entre otros.

Un objetivo fundamental de una correcta rehidratación de un producto deshidratado, es poder reconstituir el alimento lo más parecido posible a su estado en fresco, pero no son sólo los criterios de calidad los que se deben tener en cuenta, sino también el método de secado utilizado y las condiciones operacionales elegidas.

Por otra parte, ciertos azúcares presentan un comportamiento protector sobre la estructura celular durante la deshidratación y posterior rehidratación.

Los productos liofilizados o atomizados suelen tener un contenido de humedad muy bajo, cercano al 5%, pero estas técnicas son muy costosas y generalmente son utilizadas para leche infantil, setas, sopas, café, té e infusiones. Sin embargo, al rehidratar estos productos (liofilizados y atomizados) se obtienen productos muy parecidos a los originales, con un mayor valor nutritivo y cualidades sensoriales similares a las del alimento fresco, si se comparan con otras técnicas de secado.

16. Evaluación sensorial

La evaluación sensorial es una disciplina desarrollada desde hace algunos años, nació durante la segunda guerra mundial, proporciona información integral de la calidad, junto con proporcionar una información de las expectativas de aceptabilidad por parte del consumidor.

Trabaja en base a paneles de degustadores, denominados jueces, que hacen uso de sus sentidos como herramienta de trabajo. Los jueces se seleccionan y entrenan con el fin de lograr la máxima veracidad, sensibilidad y reproducibilidad en los juicios que emitan, ya que de ello depende en gran medida el éxito y la confiabilidad de los resultados.

16.1 Atributo sensoriales

16.1.1 Gusto y Sabor (*taste y flavor*)

Se entiende por gusto a la sensación percibida a través del sentido del gusto, localizado principalmente en la lengua y cavidad bucal. Se definen cuatro sensaciones básicas: ácido, salado, dulce y amargo. El resto de las sensaciones gustativas proviene de mezclas de estas cuatro, en diferentes proporciones que causan variadas interacciones.

Se define "sabor" como la sensación percibida a través de las terminaciones nerviosas de los sentidos del olfato y gusto principalmente, pero no debe desconocerse la estimulación simultánea de los receptores sensoriales de presión, y los cutáneos de calor, frío y dolor.

Los cuatro gustos básicos son registrados por diferentes células gustativas, distribuidas desigualmente en la lengua. Los receptores del gusto dulce están en la punta, los receptores del salado en los bordes anteriores, los del ácido en los costados y los del amargo en el fondo de la lengua.

Los receptores del sentido del gusto lo constituyen los botones gustativos, estos se agrupan en número de alrededor de 250 para constituir las papilas gustativas. Las papilas gustativas se ubican en la lengua, existiendo cuatro tipos morfológicamente diferentes: filiformes, foliadas, fungiformes y caliciforme. Las filiformes no tienen importancia en la evaluación del gusto, son las más numerosas y carecen de botones gustativos participan en la elaboración de sensación de tacto, las foliadas están ubicadas en las dos posteriores de la lengua, no están desarrolladas, de ahí que tengan poca importancia en la sensación gustativa.

La fungiforme se ubica en los dos tercios delanteros de la lengua, son grandes, en forma de hongo, y tienen importancia en la sensación del gusto y del tacto. Las caliciformes se ubican en la v lingual, son escasas en número de no más de quince, son grandes y fácilmente visibles.

16.1.2 Aroma y Olor

Olor es la sensación producida al estimular el sentido del olfato. Aroma es la fragancia del alimento que permite la estimulación del sentido del olfato, por eso en el lenguaje común se confunde y se usan como sinónimos. El sentido del olfato se ubica en el epitelio olfatorio de la nariz. Está constituido por células olfatorias ciliadas, las que constituyen los receptores olfatorios. Es un órgano versátil, con gran poder de discriminación y sensibilidad, capaz de distinguir unos 2000 a 4000 olores diferentes.

17. Pruebas de evaluación sensorial para alimentos

17.1 Pruebas de Diferencia

Se llevan a cabo en el laboratorio de evaluación sensorial y permite encontrar diferencias entre dos o más muestras. Entre las pruebas de diferencia se encuentran:

17.1.1 Muestras Simple

El propósito de esta prueba es la comparación entre una muestra bien conocida y otra nueva. A nivel de consumidor se pregunta la aceptabilidad.

A nivel de laboratorio se entrega una sola muestra, después de un intervalo de tiempo se presenta otra muestra, y se continua de esta manera hasta que todas las muestras sean probadas.

17.1.2 Comparación de Pares

Esta prueba comprende la presentación de dos muestras simultáneamente. Por lo general la pregunta formulada es si existe diferencia en ciertas características entre dos muestras y si la hay, cual es de menor o mayor grado.

Se presentan dos muestras a la vez. Cada muestra debe tener código y debe ser comparada con la otra a la par. El panel debe tener de 10 a 20 catadores, y cada par de muestra debe ser presentada para catación por lo menos tres veces.

17.1.3 Prueba del Dúo- Trío

En este tipo de prueba se presenta primero una muestra, la cual tiene que ser identificada por el catador. Posteriormente se presentan dos muestras debidamente codificadas de las cuales una contiene el mismo tratamiento de la muestra inicialmente presentada y la otra muestra un tratamiento diferente.

El panelista debe decidir cual de las dos muestras presentadas se parece o es igual a la primera muestra.

Cada catador señala la muestra que es igual a la muestra referencial, se tabula la información, se cuenta el número de respuestas correctas en las tres repeticiones se compara esta suma con el número total de juicios para conocer si es significativa como referencia la tabla número 2 (Ver Anexo).

17.1.4 Prueba de Triangulo

En esta prueba se presenta en forma simultánea tres muestras, de las cuales dos son iguales y una diferente. La diferente tiene que ser identificada por los panelistas.

Las pruebas de triangulo se pueden efectuar de dos formas diferentes:

- a) prueba de triangulo sencilla, para un mínimo de dos muestras diferentes y una diferente.
- b) prueba de triangulo compleja, para varias muestras experimentales.

Cuando la prueba es sencilla y los catadores están semientrenados, es conveniente tener de 10 hasta 20 catadores. Para la prueba mas compleja, es conveniente colocar los panelistas en grupos, y cada uno de ellos debe tener la muestra en diferente orden en comparación con las del otro grupo todas las muestras deben tener número elegidos al azar de acuerdo al plan previamente hecho.

17.2 Prueba de Rangos

Esta es una prueba que se puede usar cuando se presentan una serie de panelistas. Los catadores deben colocar las muestras en orden decreciente a cada característica. Para esta prueba hay que tener en cuenta que el panelista no se confunda y marque dos muestras en una misma casilla. El propósito de esta prueba es poner en orden la intensidad o calidad de una característica, cada muestra en relación a la otra. No debe darse dos muestras el mismo orden.

17.2.1 Prueba de Punto o Calificación

Esta prueba es la que frecuentemente se usa en los paneles sensoriales. En este tipo de prueba se presentan una serie de muestras para ser evaluadas. El panelista dará su respuesta a través de términos descriptivos en donde debe marcar una casilla con una x. De acuerdo al número de características que va a ser evaluadas y al tipo de producto, se decidirá el número de muestra; es recomendable no presentar más de seis muestras al mismo tiempo.

Cada muestra debe tener número elegido de la tabla de números aleatorios. Si los jueces no tienen mucho entrenamiento seria mejor usar escala con estructura, es decir, con términos descriptivos para cada punto de la escala. En la colocación de las muestras, lo más importante es que para cada replicación se varía la posición de cada muestra en relación a las otras.

17.2.2 Prueba de Perfil

Consiste en hacer un análisis descriptivo en forma compleja de todos los componentes que el catador puede observar en un alimento o comida por ejemplo, el olor posee una combinación de diferentes componentes químicos. Algunos olores contienen componentes dominantes más que otros y perfectamente pueden ser detectados, pero el catador debe determinar todos aquellos en los cuales hay interés. Para este tipo de prueba se requiere del catador un año de entrenamiento como mínimo.

17.2.3 Prueba de Umbral

En esta prueba se presenta una serie de muestras que contiene diluciones acuosas de sustancias que representan cada sabor básico, desde una pequeña concentración hasta una gran concentración. A través de esta prueba se selecciona un grupo de panelistas que posee una gran sensibilidad a un sabor específico.

Para algunas pruebas es importante saber cual es la mínima cantidad de cierta sustancia que el catador pueda detectar, o a la máxima cantidad de un

ingrediente que sea posible añadir sin cambiar alguna característica básica de una comida.

Se presenta una serie de 15 muestras, que contiene desde cero hasta una gran cantidad de una sustancia con un sabor determinado. El catador comienza con la muestra número uno y continua saboreando hasta que detecta un sabor específico. Anotara el número de esta muestra. Luego continúa saboreando hasta que esta seguro en su juicio.

17.3 Prueba efectiva o hedónica

Se entiende por prueba efectiva a aquella donde el juez catador expresa su reacción subjetiva ante el producto, indicando si le gusta o no le gusta, si lo acepta o lo rechaza, si lo prefiere a otro o no. Para las pruebas efectivas es necesario contar con un mínimo de 30 jueces catadores no entrenados y estos deben ser consumidores potenciales o habituales del producto (es interesante que su criterio responda a un cierto conocimiento del alimento o bebida a catar).

17.3.1 Clasificación

17.3.1.1 Según las características estudiadas

A) Respuesta primaria ante la preferencia o aceptación global de un producto. A su vez se divide en dos categorías en función del proceso cuestionado:

- Elección (preferencia)
- Puntuación (aceptación)

B) Valoración de atributos individuales

Se valoran aspectos concretos del producto (por ejemplo su aroma, el aspecto externo, la forma del envase si lo hubiera)

17.3.1.2 Según el tipo de pregunta

A) Preferencia

En este caso se fuerza la elección de una muestra frente a otra u otra. Los test se clasifican en diferentes tipos:

Preferencia pareada, ordenación de preferencia, preferencia pareada múltiple (todas las parejas), preferencia pareada múltiple (seleccionando las parejas). En las pruebas de preferencia pareadas no se busca determinar si los jueces pueden distinguir entre dos muestras, sino si realmente le gusta una determinada muestra.

B) Aceptabilidad

Permite conocer como es de apreciada una muestra para los consumidores, no obstante, que un alimento guste no nos garantiza que el catador vaya a comprarlo el deseo de adquirir un producto es lo que se denomina aceptación y no solo depende de la impresión agradable, desagradable.

C) Prueba monódica

El objetivo es recoger una serie de opiniones de los consumidores ligadas a la muestra. En la mayoría de los casos se utiliza para evaluar la aceptabilidad del producto en lo que se conoce como situación a domicilio.

Las opiniones se basan en la experiencia que los individuos tienen sobre productos del mismo tipo. La característica principal de esta prueba es la posibilidad de reaccionar la aceptación de un alimento por parte los consumidores con sus hábitos de consumo.

17.3.2 Según la validez temporal

17.3.2.1 Prueba momentánea

La prueba momentánea más común, es la evaluación puramente hedónica. El sujeto debe expresar su opinión concerniente a un carácter agradable sobre escalas acotadas de tres puntos

Sólo puede usarse cuando la prueba está destinada a evaluar una o dos muestras. Una alternativa es utilizar la escala hedónica para valorar la satisfacción global de la muestra e incluir una sección al margen de comentarios. El catador expresará libremente cuáles han sido los parámetros que han determinado su elección. Si únicamente se desea conocer el efecto de una propiedad sensorial se puede insensibilizar al panel que cata.

17.3.2.2 Pruebas a largo plazo

Pretenden medir el efecto de la ingesta continuada sobre la valoración hedónica de las muestras. Podemos subdividirlas en tres grupos: prueba de cansancio, prueba de aversión o rechazo y prueba de consumo continuado.

17.3.2.1 Prueba de cansancio

Tiene como objeto predecir la aparición de cansancio por un producto. Consiste en valorar 15 productos iguales, en pequeña cantidad, en una misma sesión. Sin embargo, los consumidores piensan que se trata de productos ligeramente diferentes y se les informa de que probablemente no notarán diferencia entre algunos. Deben consumir la totalidad de cada muestra y dar su valoración de aceptabilidad para cada una de ellas.

17.3.2.2 Prueba de aversión o rechazo

Se pretende predecir la aparición de un rechazo por el alimento. Para ello se estudian distintas variantes de un mismo producto, siguiendo un proceso experimental que comprende cinco etapas:

1- Al comienzo de la prueba se proporciona a los catadores una pequeña cantidad (aproximadamente 1/5 de una porción normal) y se les solicita evaluar el carácter agradable del producto sobre una escala acotada de 9 puntos.

2- Seguidamente se suministra una porción mayor (una vez y media la normal). Se pide que la consuman en su totalidad y que evalúen de nuevo el carácter agradable sobre otra escala acotada de 9 puntos. Se ha de medir, para cada individuo, el tiempo que tarda en comerse la porción.

3- A continuación recibirán una nueva porción del mismo tamaño. Los jueces consumirán lo que deseen durante un período de cinco minutos. De nuevo se anotarán las sensaciones en la escala. El consumo realizado se mide por diferencia de peso entre la cantidad inicial y la final.

4- Inmediatamente después reciben otra porción pequeña, del tamaño de la primera, y vuelven a dar su apreciación, siempre sobre el mismo tipo de escala.

5- Se solicita a los catadores que estimen el peso del producto que han consumido. Se divide éste por el peso real obteniéndose un índice numérico. Si el valor obtenido es superior a 1 estamos ante una sobreestimación del alimento consumido; si es inferior a 1 el alimento está subestimado.

17.3.2.3 Prueba de consumo continuado

Se examina la evolución del consumo o de la preferencia de una serie de productos a lo largo del tiempo, de una forma real, sin que el consumidor sea consciente de ello. El sistema a seguir es muy simple, los individuos son invitados a algún tipo de acto social en cuyo transcurso se ofrecen alimentos y/o bebidas pero en condiciones muy controladas. Cada participante recibe un carné de cuponcitos que utiliza para obtener los alimentos o las bebidas. El responsable de la prueba entrega los cupones a intervalos de tiempo regulares (por ejemplo, cinco minutos) lo que permitirá un análisis del comportamiento tiempo-frecuencia del consumo.

IV) DISEÑO METODOLOGICO

El presente estudio de investigación es de carácter experimental, se realizaron 4 ensayos de laboratorio y se realizó en el **Laboratorio de Alimentos Mauricio Díaz Muller** el cual consistió en la deshidratación de la chicha en masa, la que fue obtenida del mercado central de León y utilizada como materia prima de referencia.

Para caracterizar el proceso tecnológico de la elaboración de la chicha de maíz negrito en masa se implementó un flujograma, con apoyo de las referencias dadas por vendedoras de este producto ubicadas en el mercado central de León, el cual consistió en la recepción de la materia prima (zea may L, conocido como maíz negrito o pujagua), selección y limpieza, lavado, remojo, molienda, reposo, cocción y enfriamiento. Tomando como variables: la proporción agua maíz, tiempo de remojo, temperatura y tiempo de cocción.

Para la deshidratación de la chicha, se tomó como muestra, la chicha en masa obtenida en el mercado local, con el fin de controlar sesgos en las pruebas organolépticas la cual, se caracterizó haciendo análisis de *Humedad*: por método gravimétrico y *pH*: método calorimétrico por comparación de colores, utilizando cintas y *Acidez*, por titulación acido-base.

Esta misma muestra, fue sometida a secado solar en un secador solar de bandejas, para facilitar la eliminación del agua del producto, se distribuyó la chicha en masa procurando un espesor de la capa aproximadamente de 1 cm.

Como parámetros de proceso se tomaron en cuenta: la temperatura y la humedad, del producto, registrada durante el proceso de deshidratación, hasta observar peso constante.

Una vez deshidratado el producto, se procedió a la molienda realizada en molinos de discos, hasta la obtención de un producto fino, el cual será empacado en bolsa de polietileno de baja densidad y selladas térmicamente.

Para caracterizar el producto final se realizaron los siguientes análisis¹:

- *Humedad*: por medio de una balanza de humedad OHAUS modelo MB45
- *Granulometría*: por método de tamizado
- *Acidez*: por titulación ácido-base

Para evaluar la aceptabilidad del producto, se aplicó la prueba Hedónica, con 30 personas escogidas al azar, realizándolas por la mañana en las cabinas de degustación del *Laboratorio Mauricio Díaz Miuller*, tomando en consideración criterios establecidos por el método en cuanto a: agrado por el producto, fumado, salud y consumo de alimentos. Luego se les dio instrucciones específicas en relación a la forma que degustar las muestras y registrar los datos.

Los resultados fueron procesados calculando frecuencia y porcentaje de la aceptabilidad.

Para identificar si existía o no, diferencia en el sabor entre el refresco de la chicha deshidratada y el refresco de la chicha en masa, se aplicó la prueba sensorial de referencia Dúo- Trío a 10 personas escogidas al azar con tres repeticiones, a quienes se les proporcionaron las muestras preparadas las mismas condiciones de dilución, dulzor y temperatura (Ver Anexo Tabla N°1). Los datos obtenidos fueron tabulados tomando en cuenta el número de respuestas acertadas, y se evaluó el juicio a un nivel de probabilidad del 0.05%.

¹ AOAC. Métodos Oficiales de Análisis y Toma de Muestras.

V) RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

1. Caracterización del flujo tecnológico de la Elaboración de Chicha en masa (Ver Anexo gráfico N°1)

Las operaciones críticas en el proceso, fueron:

Remojo

Con la adición de agua al maíz, en una proporción 2:2 (2 libra de maíz: 2 litros de agua) y un tiempo de reposo de 16 horas se logra el ablandamiento del grano, observándose por ende, una disminución del volumen del agua adicionada la cual ha pasado al interior del grano, lo que facilita la molienda.

Cocción

La cocción, a una temperatura de 90-100 °C y una hora provocó la gelatinización de los almidones, una eliminación del contenido de agua mediante evaporación. Se pudo observar un cambio de color (de lila a rosado) debido a la degradación de las antocianinas, que son susceptibles a altas temperaturas. Obtenida la chicha, se dejó enfriar a temperatura ambiente produciéndose el efecto de sinéresis, provocado por un reordenamiento en la estructura del gel, lo que no afecta las características del producto.

Variables de proceso de la elaboración de chicha de maíz negro en masa

Variable	Valor promedio
Proporción agua-maíz	2:2
Tiempo de remojo	16 horas
Tiempo de cocción	1 hora
Temperatura de cocción	95 °C

2. Descripción del Proceso de elaboración de la chicha deshidratada (Ver Anexo gráfico N°2)

2.1 Caracterización de la Materia prima (Chicha de referencia)

- El porcentaje promedio de humedad fue de 65.02%, lo que indica que la chicha en masa es un producto perecedero el cual puede descomponerse fácilmente por crecimiento progresivo de microorganismos tales como: Hongos (*Aspergillus*), Levaduras (*Candidas spp*) y Mohos (*Aflatoxinas*)

- El pH promedio de la materia prima, fue de 5.25 indicando un pH semiácido, lo que hace selectivo el crecimiento bacteriano que pudiera producirse.

-La acidez obtenida fue de 1.6 % de ácido láctico, lo cual indica la presencia ácidos orgánicos presentes en la materia prima.

Numero de ensayos	pH	Humedad (%)	Acidez (%)
1	6	68.52	1.6
2	5	60.04	1.6
3	5	65.91	1.6
4	5	65.61	1.6
Promedio	5.25	65.02	1.6

2.2 Deshidratación de la chicha (Curva de secado)

Se da una eliminación del contenido de agua presente en la masa, mediante una transferencia de calor y transferencia de masa. El calor es transferido al agua en el producto y el agua es evaporada. La eliminación del agua, proporciona una excelente protección frente a las principales causas de alteración del producto ya que los microorganismos disminuyen su crecimiento y reproducción en un medio escaso de agua, inhibiendo así, la actividad enzimática y por ende las reacciones químicas se hacen mucho más lentas.

Los cambios observados fueron:

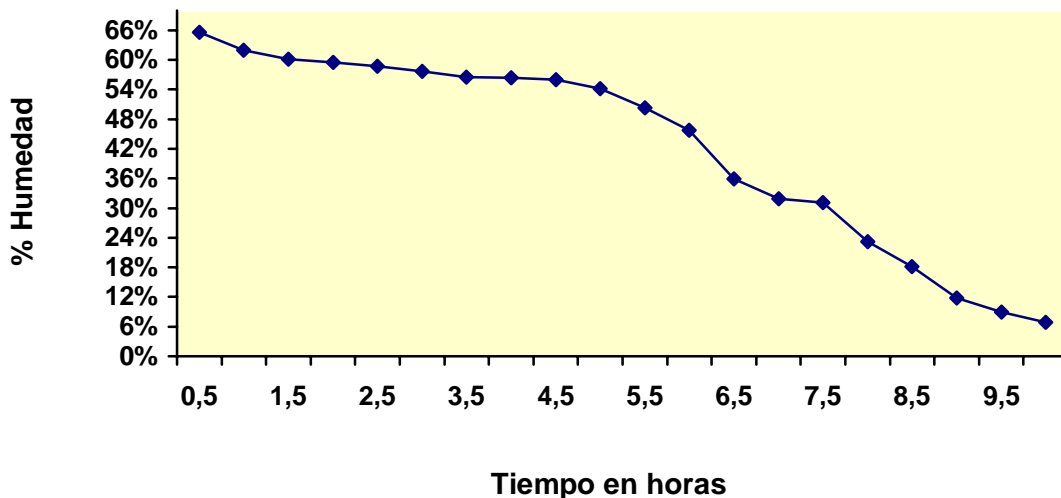
- Formación de grumos endurecidos, debido a la desnaturalización de proteínas y concentración de sólidos.
- Cambio de color: de rosado a rosado oscuro debido a la degradación de antocianinas ya que estas son susceptibles a la temperatura y se oxidan fácilmente a temperaturas de 40-60 °C.

- Pérdida de olor y sabor, se debe a la volatilización de los compuestos naturales como aldehídos y compuestos ce tónicos que se forman en la elaboración de producto.

La grafica, muestra la curva de secado de la chicha en masa con una humedad inicial de 65.61%, obteniendo una humedad final de 6.81% lo cual expresa el cambio de la humedad reducida frente al tiempo de secado que fue 10 horas, con una temperatura mínima de 26.1 °C y temperatura máxima de 29.5°C, el registro de las temperaturas reflejan las condiciones climáticas en la cual se desarrolló el proceso de deshidratación.

Es importante señalar, que en la primera parte de la curva, el gradiente de la pérdida de peso es baja, dado que en esta etapa se da el inicio del calentamiento de la muestra, gradiente que aumenta en la segunda parte de la curva, indicando la eliminación del agua libre contenida en el producto, lo que finalmente desciende dado la presencia del agua ligada o molecular, que dificilmente se logra eliminar del producto. La temperatura máxima del secador fue 29.5°C.

Curva de secado de la chicha de maiz negro



2.3 Características del producto final

Al producto final se le realizaron los siguientes análisis:

- Humedad promedio: 7.07% cumpliendo con lo especificado para productos en polvo (Huntington 2004).
- Granulometría promedio: 55 Mesh confiriendo al producto una apariencia en polvo.
- Acidez: 1.2% de ácido láctico clasificándose como un producto semiácido.

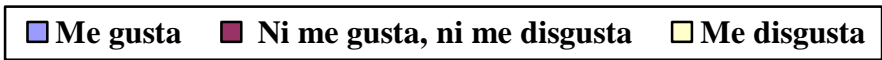
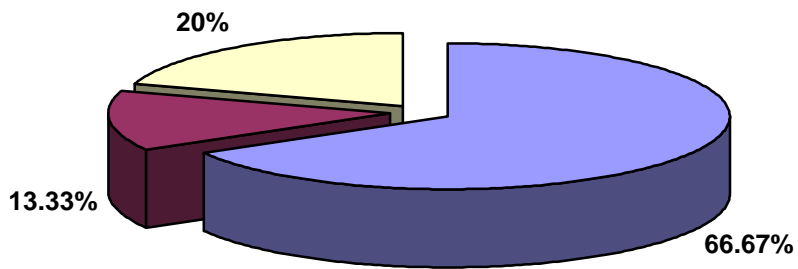
Nº de ensayos	% Humedad	% Acidez	Granulometría
1	7.92	1.2	40 Mesh
2	7.08	1.2	60 Mesh
3	6.75	1.2	60 Mesh
4	6.56	1.2	60 Mesh
Promedio	7.07	1.2	55 Mesh

3. Evaluación sensorial

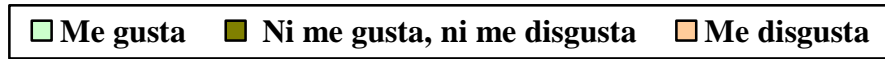
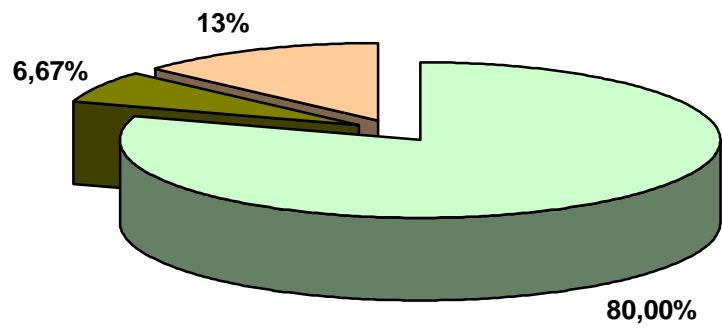
3.1 Pruebas de degustación

Los resultados así obtenidos fueron: el 66.67% le fue atractivo el color, el 80% de los encuestados refirieron como “agradable” respecto al sabor y el 66.67%, “agradable” con respecto al olor del refresco de chicha deshidratada, concluyendo que el producto es agradable al consumidor.

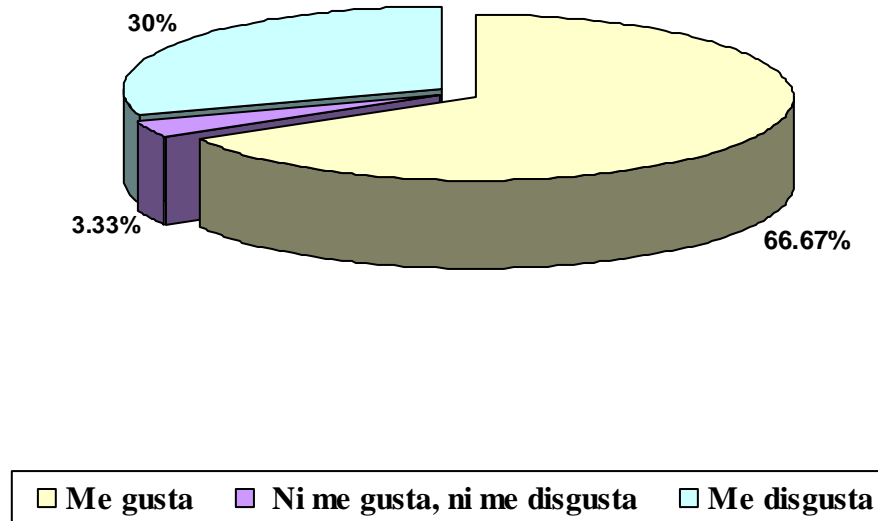
Prueba de aceptación del color del refresco de chicha deshidratada



Prueba de aceptación del sabor del refresco de chicha deshidratada



Prueba de aceptación del olor del refresco de chicha deshidratada



3.2 Prueba de diferenciación: DUO-TRIO

En la obtención del resultado de la prueba dúo-trío aplicada, los panelistas diferenciaron el producto en relación a la muestra de referencia proporcionada, resultado que se obtuvo, utilizando la tabla de comparación de pares, que establece como valor significativo la acertación de 20 juicios de 30 juicios emitidos por los 10 panelistas, lo que fue obtenido con un margen de error del 5%. (Ver Anexo Tabla N° 2).

VI) CONCLUSIONES

Se logro caracterizar el proceso de la chicha en masa, según la información recopilada al respecto, con vendedoras del mercado central, siendo las operaciones claves; el remojo y la cocción del producto, dado si se prolonga el tiempo de remojo y cocción se producen cambios desagradables, en las características organolépticas del producto.

El tiempo de deshidratación de la chicha es de 10 horas, si las características iniciales de la misma presenta una humedad promedio de 65.02%, un pH promedio de 5 y una acidez de 1.6 % de ácido láctico. Se logra un producto con apariencia pulverizada, realizando con dos pasadas del producto deshidratado, a través de molino de discos.

La chicha deshidratada fue aceptada, en cuanto a su sabor, por el 80%, de los panelistas, siendo calificada como “agradable”, característica que a su vez fue la de mayor agrado.

Las características organolépticas del refresco elaborado a partir de la chicha en polvo en comparación con las características organolépticas del refresco preparado con la chicha en masa, resultaron ser diferentes, determinándolo con un porcentaje de error del 5%. No significando desagrado del producto.

VII) RECOMENDACIONES

1. Hacer estudios comparativos de las características cuantitativas (pH, acidez, Humedad) de la chicha en masa, obtenida con las características de proceso desarrolladas en este estudio, con la chicha en masa, tradicionalmente comercializada en el mercado local.
2. Optimizar el proceso de la deshidratación de chicha de maíz negrito, a través de la obtención de curvas de secado bajo condiciones controladas, para evitar pérdidas de sustancias volátiles que le confieren sabor y olor, requiriéndose la adquisición e instalación en el secador solar, de dispositivos de control de temperatura y velocidad de circulación de aire.
3. Construir la isoterma de absorción de la chicha deshidratada con el fin de definir el proceso adecuado de rehidratación de la misma.
4. Elaborar un estudio de vida útil para determinar el comportamiento del producto, tomando en cuenta el tipo de empaque y temperaturas de almacenamiento.
5. Realizar estudios de mercado que permita definir la oferta y demanda de este tipo de producto.
6. Fomentar la diversificación de presentación de productos derivados del maíz, a través de la publicación del presente estudio.

VII) BIBLIOGRAFIA

Libros

1. Conservación de frutas y hortalizas. Editorial trillas México 1996.
2. Evaluación sensorial de los alimentos. Fundación CIEPE, Preproducción; José Manuel Chávez, Carlos López.
3. Fernández Rubiera, Pedro Ramón Microbiología general de los alimentos. La habana: Pueblo y Educación. c1987.
4. Huyng. Y.L y Shyr J.J Procesamiento de frutas y hortalizas deshidratadas y productos confitados. Manuales de Entrenando entrenadores en procesamientos de alimentos UNAN-León. Nicaragua 2002.
5. J.B.S Braverman. Introducción a la bioquímica de los alimentos. Editorial El manual moderno, S. A. de C. V. México D.F.
6. Jean-Claude Cheftel, Henri Cheftel, Piere Besancon Introducción a la bioquímica y tecnología de los alimentos Volumen I y II. Editorial Acibia Zaragoza (España) 1983.
7. Tabla de composición de alimentos para uso en América Latina. INCAP-ICNND.

Paginas Web

8. Agrarias.tripod.com/cereales.htm - 156k.
9. Redalyc.uaemex.mx/redalyc/pdf/724/72440406.pdf.
10. www.conicit.go.cr/boletin/boletin44/corbana.shtml - 13k.
11. www.consumer.es/web/es/alimentacion/tendencias/2007/05/10/27568.php - 41k
12. www.una.edu.ni/postcosecha/Produce/ProduceFacts/espanol/Maiz.html - 10k.
13. www.unne.edu.ar/Web/cyt/cyt2006/07-Tecnologicas/2006-T-094.pdf
14. www.usc.es/caa/MetAnalisisstgo1/programahtm 29k.

ANEXO

Gráfico N° 1: Flujograma de elaboración de la chicha de maíz negrito en masa.



Recepción de la materia prima



Selección y limpieza



Lavado



Remojo



Molienda



Gráfico N° 1: Flujograma de elaboración de la chicha de maíz negrito en masa. (Cont.)



Reposo



Cocción



Enfriado

Grafico Nº 2: Flujograma de deshidratación de la chicha de maíz negro.



Recepción de materia prima



Deshidratado



Enfriado



Molienda



Enfriado



Envasado

Tabla N° 1: Condiciones de preparación de las muestras para la realización de las pruebas sensoriales

Muestra	Cantidad de producto (gramos)	Cantidad de agua (litros)	Cantidad de azúcar (gramos)	Tiempo de disolución (minutos)	pH	Hielo (gramos)
Refresco de chicha en polvo	377.3	1	120	25	4	150
Refresco de chicha en masa	377.3	1	120	25	4	150

Tabla N° 2: Tabla para establecer el valor estadístico significativo en varios niveles de probabilidad en prueba de comparación de pares y Dúo-Trío.

(Una cola $p = 1/2$) a

Numero de juicios (n)	Niveles de probabilidad						
	0.05	0.04	0.03	0.02	0.01	0.005	0.001
7	7	7	7	7	7		
8	7	7	8	8	8	8	
9	8	8	8	8	9	9	
10	9	9	9	9	10	10	10
11	9	9	10	10	10	11	11
12	10	10	10	10	11	11	12
13	10	11	11	11	12	12	13
14	11	11	11	12	12	13	13
15	12	12	12	12	13	13	14
16	12	12	13	13	14	14	15
17	13	13	13	14	14	15	16
18	13	14	14	14	15	15	16
19	14	14	15	15	15	16	17
20	15	15	15	16	16	17	18
21	15	15	16	16	17	17	18
22	16	16	16	17	17	18	19
23	16	17	17	17	18	19	20
24	17	17	18	18	19	19	20
25	18	18	18	19	19	20	21
26	18	18	19	19	20	20	22
27	19	19	19	20	20	21	22
28	19	20	20	20	21	22	23
29	20	20	21	21	22	22	24
30	20	21	21	22	22	23	24
31	21	21	22	22	23	24	25
32	21	22	22	23	24	24	26

Prueba de referencia Hedónica

Fecha: _____

Nombre: _____

Producto: chicha deshidratada.

Pruebe el producto que se presenta ante usted y evalúe las siguientes propiedades señalándola con una x

Características	Me gusta	No me gusta	Ni me gusta ni me disgusta
<i>Color</i>			
<i>Sabor</i>			
<i>Olor</i>			

Prueba de referencia Dúo -Trío

Refresco elaborado con chicha deshidratada

Nombre: _____

Fecha: _____

Instrucciones:

1. Hay tres muestras en la bandeja, la primera es la muestra de referencia debidamente identificada.
2. Pruebe la muestra de referencia cuidadosamente.
3. Pruebe las muestras debidamente codificadas y compare el sabor de las muestras codificadas con el sabor de la muestra de referencia.
4. Anote el número de las muestras que posee sabor igual o parecido a la muestra de referencia.

Número de catación	Muestra	Muestra que tiene el mismo sabor a la de referencia
1	Referencia 45 --- 61	
2	Referencia 53 --- 78	
3	Referencia 69 --- 82	