



300627

UNIVERSIDAD LA SALLE

ESCUELA DE QUIMICA
INCORPORADA A LA U.N.A.M.

34
2ej

**ESTUDIO DEL SORBITOL COMO ADITIVO EN LA
INDUSTRIA DE LA PANIFICACION**

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

**TESIS PROFESIONAL
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
QUIMICO FARMACEUTICO BIOLOGO
P R E S E N T A :
PEDRO PABLO AGUSTIN SUAREZ OCHOA**

**DIRECTOR DE TESIS:
CARLOS AGUIRRE ACOSTA**

MEXICO D.F. A 25 DE AGOSTO DE 1992



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

ÍNDICE

CAPITULO I

1.1 Antecedentes	1
------------------	---

Objetivo	3
----------	---

CAPITULO II

2.1 Introducción	4
2.2 Sabor del pan	10
2.3 Agua libre y agua ligada	11
2.4 Endurecimiento del pan	12
2.5 Masas leudables y fermentables	16
2.6 Carbohidratos	20
2.6.1 Definición y clasificación de carbohidratos	21
2.7 Polioles	23
2.7.1 Tetralcoholes	24
2.7.2 Pentalcoholes	24
2.7.3 Hexalcoholes	25
2.8 Sorbitol	27
2.8.1 Propiedades del sorbitol	32
2.8.2 Especificaciones	34
2.8.3 Usos y aplicaciones	35

CAPITULO III

3.1 Parte experimental	37
3.2 Ingredientes	39
3.3 Formulaciones	40
3.4 Métodos	44
3.4.1 Humedad	44
3.4.2 Prueba de orden de rango	45
3.4.3 Prueba de evaluación sensorial	45

CAPITULO IV

4.1 Resultados y análisis de resultados	47
4.2 Prueba de orden de rango	48
4.3 Bisquet % de humedad	50
4.4 Mantecada % de humedad	52
4.5 Pan danés % de humedad	53
4.6 Bizcocho % de humedad	54
4.7 Analisis de costos	56
4.8 Pérdida humedad bisquet	57
4.9 Pérdida humedad mantecada	58
4.10 Pérdida humedad pan danés	59
4.11 Pérdida humedad bizcocho	60

CAPITULO V

Conclusiones	61
Bibliografía	63

CAPITULO I

ANTECEDENTES

El pan se hace con una masa cuyos principales ingredientes son: harina de trigo, agua, levadura y sal. Se pueden añadir otros ingredientes como harina de otros cereales, grasa, harina de malta, harina de soya, alimentos de levadura, emulsificantes, leche y productos lácteos, fruta, gluten, etc.

Cuando estos ingredientes se mezclan en proporciones correctas, se inician dos procesos:

1. La proteína de la harina empieza a hidratarse, es decir, se combina con parte del agua para formar un material coherente llamado gluten, que tiene propiedades de película extensible.
2. Producción de gas carbónico por acción de las enzimas de la levadura sobre los azúcares (13).

Para hacer pan con harina de trigo son necesarios tres requisitos: formación de la estructura del gluten, el esponjamiento de la mezcla por la incorporación de un gas y la coagulación del material calentándolo en el horno para que se estabilice la estructura del material. La ventaja de obtener miga esponjosa y finamente vesiculada en el producto terminado, es la de su fácil masticación (14).

El pan es un producto con una vida de anaquel muy corta, por lo que a lo largo de la historia, se ha tratado de evitar que el pan se

endurezca rápidamente, es decir, que pierda su humedad, dando por consiguiente un producto duro.

Para evitar que el pan se endurezca se han estado usando compuestos para este propósito, de entre los cuales se ha seleccionado entre varios compuestos al sorbitol, el cual es un hexalcohol con propiedades fisicoquímicas que pueden ser aplicadas en la industria de la panificación, porque prolonga la vida de anaquel del producto, presentando ventajas entre otros mejoradores, ya que por ser un líquido se facilita su aplicación y manejo (1).

OBJETIVO:

Demostrar que el sorbitol es un agente retenedor de humedad, que retarda el endurecimiento del pan y proporciona una mayor suavidad.

CAPITULO II

GENERALIDADES

2.1 INTRODUCCIÓN

El pan se elabora mezclando simultáneamente y dejando fermentar harina, agua, sal y levadura. La harina y el agua no dan lugar a una masa meramente plástica, como ocurre con otros cereales, sino que forma una masa compleja con propiedades elásticas, características de este cereal. La distribución del agua en una masa ha sido discutida por Kosmin (13). Dicho autor consideró que con harinas normales el gluten absorbe aproximadamente el doble de su peso de agua, y que el almidón admite sobre 30 % de su peso de la misma. En general, dichas cifras cubren el 80 % del agua añadida, y Kosmin llegó a la conclusión de que el 20 % restante se mantenía en la masa en estado libre por atracción capilar. Gracias a su naturaleza, esta masa es capaz de retener la mayor parte del gas que se produce más tarde en el interior de la misma, y por consiguiente, subir. En lo que se refiere a la panificación, algunas harinas pueden formar masas con propiedades físicas más convenientes que otras, lo que depende, como es natural, de la cantidad y calidad del gluten existente, que constituye el armazón o esqueleto de la masa.

La masa se conserva caliente y se mantiene generalmente a una temperatura aproximada de 80 ° F (26.7°C). En este momento la levadura comienza la fermentación, es decir, da lugar

a un desprendimiento de gas. La levadura fermenta los azúcares existentes en la harina. Estos azúcares, que parecen estar constituidos principalmente por una mezcla de maltosa, glucosa y sacarosa, son consumidos por la levadura, requiriéndose entonces un posterior aporte de material fermentable. Dicho aporte de azúcar lo suministran las enzimas diastáticas de la harina que han estado produciendo continuamente maltosa y otros materiales fermentables desde que se preparó la masa (13).

Para que se produzca un buen pan mediante cualquier sistema de fermentación, excepto con los que sean muy cortos, es absolutamente esencial que la harina posea la suficiente actividad diastática. El más importante es el gas que se origina durante el período de fermentación en pieza anterior a la entrada de la masa al horno o en el momento de entrar a él. Si en este punto no se produce suficiente gas, el pan resultará pequeño, mal aireado y pesado. Este gas no se desprende generalmente por la acción de la levadura sobre las materias azucaradas iniciales, ya que por regla general la mayor parte de las mismas han sido ya consumidas en los primeros pasos de la fermentación. Por consiguiente, una buena harina para panificación debe tener, por una parte, suficiente actividad diastática para producir una reserva de azúcar satisfactoria, y por otra, las proteínas de la masa hinchadas por la hidratación han de ser suficientemente elásticas para retener el gas producido.

Hay que tener en cuenta que las masas, incluso las elaboradas con harinas de mayor fuerza, no retienen todo el gas que se produce. Siempre hay una cierta pérdida bastante importante que se acentúa al transcurrir la fermentación. Por consiguiente, cuando se habla del gas retenido se sobreentiende que se trata del que una buena masa, fuerte y bien madura, puede retener normalmente.

La producción de dióxido de carbono y etanol a partir de los azúcares preexistentes en la harina y de los que se forman durante la fermentación, depende de la acción de ciertas enzimas contenidas en la levadura. Esta posee un gran número de enzimas, pero las más importantes en la fermentación panaria son la maltasa, la invertasa y la zimasa. La maltasa hidroliza la maltosa a glucosa, mientras que la invertasa produce glucosa y levulosa a expensas de la sacarosa, y finalmente la zimasa es el agente fermentativo real que actúa sobre la glucosa y la levulosa así formadas, originando el alcohol y el dióxido de carbono que distiende la masa. Se desconoce la acción del alcohol, ya que durante el proceso de cocción se elimina perdiéndose con el vapor; sin embargo, el pan reciente contiene algo de alcohol (hasta 1.5%). Es casi seguro que el alcohol existente en la masa ejerce un cierto efecto sobre el estado coloidal de sus constituyentes, coadyuvando probablemente a su estabilización. Dado que la cantidad de alcohol producida durante el proceso de panificación no es pequeña (aproximadamente 1.5 lt/100 Kg de harina) podría

recuperarse en las grandes panaderías instalando sistemas de condesación sobre los hornos (22).

El dióxido de carbono y el alcohol no constituyen los únicos productos de la fermentación, e indudablemente las sustancias que le siguen en importancia son pequeñas cantidades de aldehidos, cetonas, ácidos y posiblemente de ésteres. Al progresar la fermentación aumentan en cantidad, lo que hace que se note su presencia. Probablemente los ácidos que se forman durante la fermentación coadyuvan a la maduración de la masa alterando la concentración de iones hidrógeno, la cual, a su vez, afecta el estado coloidal del gluten y sus propiedades físicas como la tenacidad y la elasticidad. Los factores que regulan y determinan la producción de ácido no son bien conocidas, pero parece ser que en las primeras fases de la fermentación el dióxido de carbono retenido por la masa ejerce la mayor influencia sobre el pH (13).

Por consiguiente, a lo largo del período de fermentación se produce una serie de cambios que afectan al estado coloidal de los componentes de la masa y a las actividades de las enzimas. La masa al entrar en el horno de panificación no es simplemente la misma que se elaboró, llena de gas, sino que además ha sufrido importantes cambios fisicoquímicos. Es bien sabido que la masa no se haya lista para la cocción aunque se encuentre suficientemente cargada de gas. Para conseguir un buen pan es esencial que la masa no se someta al proceso de cocción hasta

que se encuentre madura. Si una masa se cuece antes o después de este punto óptimo de maduración, el pan resulta pequeño y poco satisfactorio. Si la masa no está suficientemente madura, posee extensibilidad, esto es, puede estirarse con facilidad sin romperse, pero por regla general la elasticidad es insuficiente. Por otra parte, si se ha madurado demasiado, tiene tendencia a ser corta o quebradiza y no puede estirarse mucho sin que se rompa (14).

Sean cuales fueren los cambios que se suceden durante las distintas fases de la fermentación, es evidente que durante la cocción ocurren otros más acusados. Al elevarse la temperatura de la masa se incrementa la velocidad de producción de gas y al mismo tiempo éste se dilata en el seno de la masa por acción del calor. La tensión que sufre la red de proteína hidratada a consecuencia de esta expansión y del continuo desprendimiento de gas es muy pronunciada, y para que se produzca un buen pan es esencial que la malla sea bastante resistente para aguantar esta tensión sin romperse. A 51 ° C, aproximadamente la levadura se destruye; después la masa alcanza un nivel térmico (77° C) que inhibe cualquier acción enzimática posterior. A los 10 ó 15 minutos de colocar la masa en el horno ya alcanza sustancialmente su tamaño final. Una cierta proporción de almidón se dispersa en mayor grado porque se gelatiniza (la gelatinización es perceptible cuando la temperatura es de 66° C), mientras las proteínas hidratadas e hinchadas se coagulan y hacen que la masa dilatada se aguante, es decir, que presente las

características de un sólido. En la corteza se produce dextrina en cantidad considerable, debido a la acción del calor y del vapor sobre el almidón. Esta dextrina es la principal responsable del brillo y de la frescura de la corteza. La temperatura máxima que alcanza el interior del pan es aproximadamente de 95 a 100° C

Las enzimas diastáticas de la harina, que tienen un papel importante en la producción de gas, constituyen un grupo especial. El miembro de este grupo, principal responsable de la producción de gas, es la *beta* amilasa que posee la capacidad de convertir el almidón en maltosa. Algunos trigos, como los Argentinos, Australianos, son algo diferentes en esta enzima, mientras que en otros trigos, como los grados inferiores de Manitoba y los que contienen granos germinados, la proporción de esta enzima es elevada. Por consiguiente, en general, el molinero puede equilibrar su mezcla para que este aspecto de la actividad diastática sea satisfactorio, pero cuando ello no es posible puede compensar tal deficiencia añadiendo harina de malta, que es rica en esta enzima. No obstante, si el panadero adquiriese una harina deficiente en esta enzima productora de azúcar, puede corregir cualquier dificultad incluyendo en la masa una proporción adecuada de harina o extracto de malta (22).

Otro miembro del grupo de enzimas diastáticas transforma el almidón en sustancias gomosas conocidas con el nombre de dextrinas. Si la harina contiene una elevada proporción de *alfa* amilasa, la miga del pan será pegajosa, los costados tenderán a

hundirse e incluso el pan puede aplanarse al sacarlo del horno. Corrientemente, sólo el trigo germinado posee un exceso anormal de esta enzima, y dado que la proporción de trigo germinado en la mezcla puede, por regla general, restringirse dentro de los límites seguros, los trastornos por esta causa son poco frecuentes. Ante una anomalía de este tipo el panadero tiene que evitar añadir harina o extracto de malta y tomar las medidas necesarias para cocer bien el pan. Como los ácidos ayudan a contrarrestar este trastorno, hay que dejar que la masa madure completamente (22).

Además de la actividad diastática en la masa también es necesaria una determinada actividad proteolítica a fin de que la masa, una vez madura, se ablande lo suficiente para que pueda dilatarse fácilmente por efecto de la presión del gas que se produce. No obstante, la actividad proteolítica no tiene que ser excesiva, pues en este caso la masa resultaría demasiado floja e incapaz de retener gas en la forma debida. Las enzimas proteolíticas se encuentran tanto en la harina como en la levadura. En resumen, una harina apta para la panificación debe tener el gluten capaz de producir una masa de buenas características físicas, debe dejarse fermentar hasta la madurez y en esta fase ha de tener la suficiente reserva de azúcar para producir bastante gas en el período crítico de fermentación en pieza.

2.2 SABOR DEL PAN

El sabor del pan es reconocidamente "sui-generis" o ligeramente salado en el pan blanco, y dulce en el pan dulce, no obstante hay

diferencias en el mismo que tienen importancia comercial. Sin embargo, en general, en lo que respecta al consumidor se olvida frecuentemente que el buen sabor va unido a la apetitividad. Al endurecerse el pan, resulta más áspero al paladar y más difícil de masticar, cambios que podrían dar lugar a que pareciese menos sabroso y fuese menos apreciado, aun cuando su verdadero sabor permanece inalterado. En otras palabras, el pan reciente es más apreciado que el duro, no sólo porque su sabor pueda ser mejor, sino también porque en el sentido físico es más apetitoso. Incluso el pan bastante reciente no posee el aroma del que acaba de salir del horno. Es obvio que sería ventajoso que dicho aroma no se perdiese al envejecer el pan.

Se ha atribuido el sabor del pan a la presencia de los ácidos acético y butírico, alcoholes propílico, butílico y amílico, ésteres de dichos ácidos y alcoholes y ésteres etílicos volátiles (13).

2.3 AGUA LIBRE Y AGUA LIGADA

Las masas constituyen un sistema coloidal hidrofílico, y desde hace tiempo se sabe que no toda el agua en dichos sistemas se haya retenida por el material sólido con igual fuerza, es decir, con el mismo grado de atracción.

Newton y Gortner (1922)(14) demostraron que en los coloides hidrofílicos parte del agua se haya retenida de tal forma que su capacidad disolvente de los materiales normalmente solubles en ella es nula, calificado de *ligada* al agua existente en dicha forma.

Para determinar la proporción del agua total que se encuentra en forma *ligada* utilizaron la propiedad del descenso del punto de congelación que se presentan al añadir al agua un soluto como la sacarosa, descenso que está en relación con el volumen de agua en el que se disuelve un peso dado de sacarosa (13).

La fracción de agua que actúa como disolvente en un sistema coloidal se conoce como agua *libre* : sin embargo, en la mayoría de los casos no existe una neta separación entre ambas formas .

Kuhlmann y Golosswa (14), en su estudio sobre el agua *ligada* en panificación, emplearon una modificación del método refractométrico de Dumanski. De sus experiencias dedujeron que el porcentaje del agua total en las masas en forma ligada oscilaba del 44.4 al 54.4 %, según el tipo y clase de la harina

Sin embargo, en estudios recientes se ha indicado que el 35.5 % del agua total de la masa se encuentra en forma ligada, cifra que expresada en proporción de agua ligada retenida por unidad de peso de materia seca correspondía a un 28.6 %. De esta forma resultaría que en las masas un tercio, aproximadamente, del agua se halla ligada, mientras que los dos tercios restantes aparecen en forma libre.

2.4 ENDURECIMIENTO DEL PAN

Es opinión general, que el endurecimiento del pan se debe a la pérdida de la humedad del mismo. Ostwald (13) sostuvo que el

endurecimiento consistía en un cambio coloidal que de hecho constituía un caso de sinérisis, es decir, la separación gradual de un gel en un sólido y en una fase líquida, fenómeno característico de todos los geles. Adelantó los siguientes puntos:

1. El endurecimiento puede tener lugar incluso en una atmósfera cerrada y húmeda.
2. El cambio parece afectar más al gel del almidón que al de albúmina.
3. La máxima velocidad de endurecimiento se encuentra por debajo de 0° C.
4. El hinchamiento del pan duro, es decir, la cantidad de agua que puede combinarse, es muchísimo menor que la del pan reciente.
5. El volumen de los poros del pan duro es considerablemente mayor que el de los del pan reciente.
6. Si el pan contiene una cantidad de agua superior al 30 % puede ablandarse de nuevo mediante un nuevo calentamiento.
7. La cantidad de polisacáridos solubles en el agua es menor en el pan duro que en el reciente (13).

Katz (13) llevó a cabo una extensa investigación sobre el endurecimiento del pan complementando las determinaciones de la capacidad de hinchamiento de la miga del pan finamente dividida, de la dureza de la misma y del contenido en almidón soluble en agua, con amplios estudios sobre los espectros de difracción de rayos X del pan y de la pasta de almidón. Sus experiencias le llevaron a la conclusión de que la causa fundamental del verdadero endurecimiento de la miga era la transformación del almidón de una forma química en otra distinta. En el pan reciente, el almidón se encuentra principalmente en forma de almidón *alfa*, pero a temperaturas inferiores a 55° C es inestable, transformándose lenta y parcialmente en otra forma la *beta*, hasta alcanzar un equilibrio constituido por una mezcla de ambas. La composición de la mezcla en equilibrio se halla determinada por la temperatura; cuanto más baja sea ésta, mayor la proporción de almidón *beta* en aquélla. La capacidad de retención de agua del almidón *alfa* es elevada, mientras que el *beta* la retiene en mucha menor proporción, de lo que se deduce que la transformación del almidón *alfa* en *beta* va acompañada de una eliminación de agua de los gránulos de almidón hinchados, es decir, de sinérisis. El agua eliminada es probablemente absorbida en parte por el gluten. No obstante, debe notarse que esta eliminación de agua por parte del almidón no constituye en sí un cambio químico, sino un fenómeno físico inducido por la transformación química del almidón *alfa* en *beta*, el cual no puede retener toda el agua unida inicialmente al primero (13).

El endurecimiento químico de la miga del pan como consecuencia de la transformación del almidón *alfa* en una mezcla de *alfa* en *beta*, se completa, en las condiciones normales de almacenaje, en un período de 20 a 36 hrs; este endurecimiento real va seguido por otros cambios, como son la pérdida de su sabor y aroma característicos, desmigajándose con facilidad y adquiriendo al mismo tiempo un sabor seco y áspero como de serrín.

Hutchinson (13) ha indicado que estos últimos cambios son debidos en parte al endurecimiento químico inicial, y en parte también, independientes del mismo, sugiriendo que deben considerarse más bien asociados a la cualidad de conservación que al verdadero endurecimiento químico. En apoyo a esta opinión ha destacado que un exceso o defecto de fermentación tiene poco efecto sobre el endurecimiento químico, pero ejerce marcada influencia sobre las cualidades de conservación. Se ha querido explicar el progresivo aumento en la dureza de la miga por una disminución en la distensibilidad de los gránulos de almidón que sigue a la pérdida de agua. El desmigajamiento se atribuye a la debilitación de las paredes celulares debido a que las células de almidón se separan de la malla de gluten al perder agua.

Schoch y French (14) dicen que el endurecimiento se debe a cambios de insolubilización o coacervación de los compuestos de cadena ramificada. También se ha sugerido que las uniones

hidrógeno en el almidón pueden tener cierta relación con el endurecimiento del pan.

Las cualidades de conservación del pan, distintas del verdadero endurecimiento químico, pueden estar influenciadas por la técnica de panificación y también por la adición de ciertas sustancias. El uso de poca agua en la elaboración, el exceso de amasado, el defecto o exceso de fermentación y la cocción defectuosa dan lugar a una mala cualidad de conservación.

Por otra parte, se supone que la presencia de ciertos aditivos o de gluten adicional mantienen tierno al pan durante un tiempo relativamente largo.

2.5 MASAS LEUDABLES Y FERMENTABLES

Una masa fermentable es aquella que se elabora mezclando harina, agua, levadura, azúcar y sal con el fin de producir CO_2 y que el producto final, es decir, el pan tenga un volumen y sabor adecuado.

La expresión "fermentación panaria" se puede definir de un modo sencillo como el desarrollo y la expansión del dióxido de carbono en una masa por la acción de la levadura sobre el azúcar. La masa se mantiene generalmente a una temperatura aproximada de 26°C . En este momento la levadura comienza la fermentación. Estos azúcares que parecen estar constituidos

principalmente por una mezcla de maltosa, glucosa, levosina y sacarosa, que son consumidos por la levadura requiriéndose entonces un posterior aporte de material fermentable. Dicho aporte de azúcar lo proporcionan las enzimas diastáticas de la harina que han estado produciendo continuamente maltosa y otros materiales fermentescibles desde que se preparó la masa (22).

No hay que olvidar que las levaduras son células que si son expuestas a condiciones adversas, sufren de la misma manera que las plantas y los animales cuando estos son sometidos a condiciones ambientales inadecuadas. Si la levadura se calienta, aunque sea por poco tiempo, su actividad disminuye pudiendo incluso desaparecer. No hay que olvidar que se trata de una célula viva que aspira oxígeno y expira dióxido de carbono.

Este proceso vital de respiración prosigue continua y lentamente a bajas temperaturas que deben existir en las cámaras o en los frigoríficos en los que se almacena la levadura.

La levadura se compone de carbono, hidrógeno, oxígeno, nitrógeno, potasio, fósforo, calcio, azufre, sodio, hierro, silicio y cloro (22).

La producción de dióxido de carbono y de alcohol a partir de los azúcares preexistentes en la harina y de los que se forman durante la fermentación, depende de la acción de ciertas enzimas contenidas en la levadura, dentro de las cuales podemos citar a las

más importantes como son: maltasa, invertasa, zimasa y enzimas proteolíticas.

La maltasa hidroliza la maltosa a un azúcar simple como lo es la glucosa. La invertasa convierte la sacarosa en dos azúcares simples la fructosa y la glucosa, la mezcla de estos dos azúcares en partes iguales se denomina azúcar invertido. La zimasa su propiedad más notable es la de convertir ciertos azúcares en alcohol y dióxido de carbono. Finalmente las enzimas proteolíticas convierten las grandes moléculas de proteína que la levadura no puede asimilar, en fracciones más pequeñas que la levadura si puede utilizar como alimento. Si las proteasas actúan de ésta manera pueden entonces tener sobre el gluten un efecto ablandecedor, benéfico en harinas fuertes o de fabricación rápida y a la vez un efecto perjudicial en harinas débiles (14).

Se desconoce cual es la acción del alcohol producido por las levaduras, ya que durante el proceso de cocción se pierde junto con el vapor; sin embargo recién sacado del horno el pan, éste contiene algo de alcohol, en una concentración de hasta 0.5%. Es casi seguro que el alcohol existente en la masa ejerce un cierto efecto sobre el estado coloidal de sus constituyentes, coadyuvando a su estabilización.

Otro tipo de masa es la leudable que en vez de llevar a cabo una fermentación con el fin de producir dióxido de carbono para obtener un mayor volumen en el pan, la masa lleva un aditivo

como lo es el bicarbonato de sodio, el cual en presencia de agua y calor da lugar a la formación del dióxido de carbono el cual imparte volumen a la masa (14).

A diferencia de la masa fermentable, la masa leudable no contiene enzimas que degraden a los componentes, hasta azúcares simples por no tener levadura, y el encargado de producir el dióxido de carbono es un impulsor químico que reciben el nombre de leudante químico, mientras que a la levadura recibe el nombre de leudante biológico (15).

Un leudante químico está constituido principalmente de:

Fosfato monocalcico	1.48 %
Pirofosfato ácido de sodio	1.32 %
Ácido tartárico	0.89 %
Cremer tartárico	2.24 %
Bicarbonato de sodio	94.07 %

Estas sustancias ácidas se encuentran en cantidades exactas para neutralizar al agente alcalino. Se deben neutralizar porque de lo contrario se altera el sabor del pan. Otro agente alcalino y vehiculo comúnmente utilizado es el carbonato de potasio (15).

Las condiciones para la utilización de las levaduras químicas dependerá de:

1. La fuerza de la harina
2. La riqueza de fórmula en azúcares y grasas

3. La temperatura de cocción

La fuerza de la harina es importante, debido a que una harina fuerte requerirá de menos producción de dióxido de carbono (CO_2) por retener mayor cantidad de este, a diferencia de una harina débil que necesita de una mayor cantidad de dióxido de carbono (CO_2) para obtener el volumen deseado.

Si la masa es rica en azúcares y grasas necesitará de una mayor cantidad de leudante químico debido a que este tipo de masa tiene un mayor peso y necesita una mayor proporción de dióxido de carbono (CO_2) para obtener un volumen adecuado.

La cocción a temperaturas altas se requiere de una menor cantidad de leudante químico debido a que la reacción se lleva a cabo en un menor tiempo liberándose el dióxido de carbono (CO_2) en un tiempo menor, a diferencia de cocciones a temperaturas bajas donde se necesita de una cantidad mayor de agente leudante para producir el gas, debido a la lentitud de la reacción.

2.6 CARBOHIDRATOS

Se ha estudiado que la célula no solamente necesita para vivir de ácidos nucleicos y proteínas, si no que también necesita de otros compuestos como son los carbohidratos y los lípidos.

El nombre de carbohidrato fué originalmente asignado a compuestos que se creían que eran hidratos de carbono, con fórmula general $C_n(H_2O)_n$.

Ahora incluye polihidroxialdehidos y polihidroxicetonas, alcoholes y ácidos. Sus derivados simples como son los productos formados por la condensación de estos diferentes compuestos por vía glicosídica (hemicetal), dando como resultado oligosacáridos y polisacáridos. Por lo que muchos compuestos con una estructura, la cual, no seguía con la fórmula $C_n(H_2O)_n$ son ahora incluidos en el grupo de los carbohidratos (8).

2.6.1 DEFINICIÓN Y CLASIFICACIÓN

Los carbohidratos son polihidroxialdehidos, polihidroxicetonas o compuestos que por hidrólisis se convierten en aquellos. Un carbohidrato que no es hidrolizable a compuestos más simples se denomina monosacárido. Un carbohidrato que por hidrólisis da dos moléculas de monosacárido se llama disacárido, mientras que el que da muchas moléculas de monosacáridos o disacáridos por hidrólisis se le conoce como polisacárido.

Un monosacárido se puede clasificar aún más: si contiene un grupo aldehído, es una aldosa; si contiene un grupo funcional cetona, es una cetosa. Según el número de átomos de carbono que contenga, el monosacárido se conoce como triosa, tetrosa, pentosa, hexosa etc...

Una aldohexosa, por ejemplo, es un monosacárido de seis carbonos con una función aldehído, mientras que una cetopentosa es un monosacárido de cinco carbonos con un grupo cetónico. La mayoría de los monosacáridos naturales son pentosas o hexosas.

Todos los monosacáridos, sean aldosas o cetosas son azúcares reductores, como también la mayoría de los disacáridos, siendo una excepción importante la sacarosa, que no es reductora.

La glucosa es la unidad constituyente del almidón, de la celulosa y del glicógeno, y por su función especial en procesos biológicos se considera, el monosacárido más abundante en la naturaleza, ya que es probable que haya más unidades de glucosa que de cualquier otro grupo orgánico y por consiguiente es el monosacárido más importante (8).

La fructosa es la cetosa más importante, se encuentra distribuida en frutas, como también en el disacárido sacarosa, en combinación con la glucosa (8).

Los carbohidratos son la mayor fuente de energía para organismos vivos, incluyendo hombres y animales, ya que a través del sol se forman estos en la tierra por medio de un proceso llamado fotosíntesis. Se calcula que alrededor de 4×10^{11} toneladas de carbohidratos son sintetizadas en un solo año.

Los almidones y glucógenos, que son polímeros de cadenas largas de glucosa, son la media para almacenamiento de energía en plantas y animales respectivamente. El carbón, el petróleo, fueron formados probablemente a partir de carbohidratos y mediante procesos químicos y microbiológicos.

Los carbohidratos son constituyentes importantes de la dieta humana y aportan un porcentaje de calorías consumidas. Los carbohidratos también sirven como base para las industrias de gran importancia económica como la del papel y pulpa, fibras textiles y farmacéutica. El principal carbohidrato industrial es la celulosa, su producción está estimada en unos 800 millones de toneladas por año.

Los polisacáridos mencionados: celulosa, glucógeno, almidones y quitina, son polímeros relativamente simples, llamados homopolímeros, hechos de un tipo de monómero como es la glucosa o el N-acetilglucosamina. Debido a esta simplicidad y a la dureza de su estructura, el estudio de los carbohidratos ha ido perdiendo interés y por consiguiente estos han sido relegados a un segundo término, es decir, después de las proteínas y los ácidos nucleicos, pese a que son considerados como materiales estructurales y de energía (8).

2.7 POLIOLES

Los polioles o polialcoholes son compuestos orgánicos que contienen más de dos grupos hidroxilos. Su uso común se ha limitado al término de productos reducidos a partir de azúcares. El poliol más simple es el glicerol. El glicerol y el inositol han sido reconocidos como sustancias de gran importancia fisiológica en organismos desde bacterias hasta mamíferos (5).

Los polioles son obtenidos a partir de los carbohidratos, dentro de los cuales podemos mencionar:

D-glucosa -----	sorbitol (glucitol)
D-galactosa -----	dulcitol (galacitol)
D-ribosa -----	adonitol (ribitol)
D-arabinosa -----	arabitol (arabinitol)
D-eritrosa -----	eritrol

(29).

METABOLISMO DE LOS POLIALCOHOLES EN EL HOMBRE

2.7.1 TETRALCOHOLES

Eritrol

Este tetralcohol se ha encontrado en la orina de hombres (masculino). Es un azúcar que no se metaboliza (10).

2.7.2 PENTALCOHOLES

A los pentalcoholes no se les ha asignado ninguna importancia fisiológica, comparados con los hexalcoholes. Los pentalcoholes están limitados en la naturaleza, sin embargo en los últimos años

se ha encontrado que el xilitol es un intermediario metabólico en los mamíferos. El arabitol se ha encontrado en la orina humana, y un derivado del ribitol se ha encontrado que es constituyente de las paredes celulares de las bacterias (10).

Xilitol

Es un azúcar característico de la orina de los que padecen pentosuria. La pentosuria envuelve la acumulación y secreción de un metabolito que esta disponible más rápido de lo normal (10).

Arabitol

Solo se ha encontrado en la orina humana, también presente en gente con problemas de pentosuria. Se ha encontrado que los que padecen pentosuria segregan varios cientos de miligramos de pentalcoholes al día (5).

Ribitol

Excepto por su presencia en la riboflavina, este azúcar no ha sido encontrado en animales. La mayor parte del ribitol se convierte en fosfato pentosa, que se utiliza en el ciclo de las pentosas(5).

2.7.3 HEXALCOHOLES

Manitol

Se encuentra distribuido en gran proporción en las plantas, como ejemplo se tiene que es el principal componente de la savia solidificada. Estudios realizados demuestran que el manitol puede ser un precursor de la glucosa o del glucógeno. Por lo que se puede decir que el manitol no es tóxico, no causa enfermedades y

se pueden ingerir de 10 a 20 gramos por día sin que se presente un efecto laxante en el hombre, además de ser utilizado para producir un buen efecto osmótico en pacientes con diuresis, que pierden más agua que sal (29).

Dulcitol

La administración oral del dulcitol ha sido reportada como un precursor en la liberación de glucógeno, sin embargo es un precursor más pobre que el manitol (29).

2.8 SORBITOL

El sorbitol es un hexalcohol lineal con un sabor moderadamente dulce, que fué por primera vez aislada de unas bayas silvestres en 1872 por el químico francés Joseph Boussingault (19). El sorbitol se encuentra en una gran variedad de frutos como son las cerezas, peras, manzanas, duraznos y ciruelas además de encontrarse el algas marinas y melazas (19) (23).

Durante el almacenamiento de las frutas la mayor parte del sorbitol es aparentemente convertido a fructosa (19).

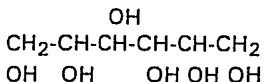
El sorbitol es altamente palatibilizable, con un sabor dulce, y que a altas temperaturas de procesamiento permanece. El sorbitol es usado por el organismo como una fuente de energía, ya que proporciona el mismo número de calorías por unidad de peso que el azúcar (4 cal/g) (7).

A escala industrial, se obtiene por la hidrogenación de la D-glucosa o la sucrosa y encuentra múltiples aplicaciones en la industria de cuidado personal, farmacéutica, alimentaria y química (1).

En la industria existen dos tipos de sorbitol el U.S.P, F.C.C. el cual es un cristal de color blanco, con un alto poder hidrosκόpico, con un sabor ligeramente dulce, o bien la solución de sorbitol U.S.P. F.C.C. el cual es un líquido viscoso, claro incoloro e inodoro

de sabor agradablemente dulce y refrescante, el cual contiene aproximadamente 70 % de sólidos totales con un mínimo de 64 % de estos como D-sorbitol (1). Esta solución no es flamable, tóxica ni corrosiva y es muy soluble en agua y ligeramente en etanol; miscible con otros polioles como glicerina, etilenglicol, etc. en todas proporciones e insoluble en aceites vegetales y minerales.

El sorbitol tiene una fórmula empírica de $C_6H_{14}O_6$, y un peso molecular de 182.17. En el organismo son metabolizados 4 calorías por gramo de sorbitol cristalino y 2.8 calorías por gramo de solución de sorbitol al 70% (5), *figura No. 1*

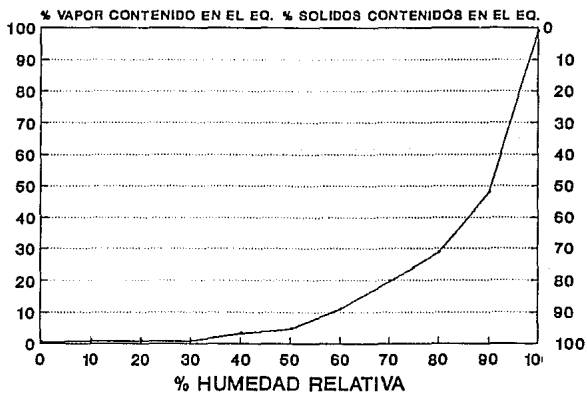


(Sorbitol)

La siguiente gráfica No. 1 nos muestra el equilibrio del contenido de humedad del sorbitol cristalino a diferentes humedades relativas.

(7).

EQ. EN EL CONTENIDO DE HUMEDAD DEL SORBITOL A DIFERENTES HUMEDADES RELATIVAS



El sorbitol es estable tanto a las altas temperaturas y a las bajas temperaturas, además de ser estable en condiciones de alta y baja humedad. El sorbitol no reacciona con ácidos orgánicos diluidos ni con sustancias reductoras.

El sorbitol se debe de guardar en un lugar con temperaturas y humedades relativas bajas. La temperatura ideal de almacenaje del sorbitol es de 21° C, por debajo de esta temperatura la solución se cristaliza, en caso de ocurrir esto calentando cuidadosamente la solución se recupera. En la solución de sorbitol al 70 % su presión osmótica es suficiente para que no se desarrollen microorganismos ni hongos.

Acero inoxidable, fibra de vidrio, vidrio son los materiales recomendables para los tanques de almacenamiento del sorbitol.

El proceso metabólico del sorbitol difiere marcadamente de el de la sacarosa o glucosa. El sorbitol es absorbido más lentamente en el intestino. El sorbitol es convertido a fructosa y metabolizado por un proceso que requiere un poco de insulina. La concentración de azúcar en sangre se ve incrementada ligeramente por el uso de sorbitol, sin embargo no hay incremento de azúcar en orina (18).

La lenta absorción del sorbitol en el intestino, ha sido una razón por la que se ha creído que el sorbitol tiene una acción laxante cuando es consumido en grandes cantidades (30). Una ingestión de 25 gramos diarios no causa una acción laxante excepto en un

5 % de la población. Se ha encontrado que para que el sorbitol tenga una acción laxante se deben ingerir 50 gramos diarios (7).

El sorbitol es muy útil en la formulación de algunos alimentos y bebidas, ya que contribuye a darles sabor y cuerpo. El principal papel del sorbitol es que es un agente humectante que extiende la vida de anaquel de los productos horneados. Algunos de sus usos en productos horneados son :

1. Controla la cristalización del azúcar
 2. Minimiza los cambios en el contenido de humedad
 3. Retarda el oscurecimiento
 4. Como reemplazo total del azúcar
- (7).

Las ventajas que presenta el sorbitol son:

1. El sorbitol cede agua lentamente hacia una atmósfera seca y toma agua lentamente de una atmósfera húmeda.
2. La solución de sorbitol no es volátil.
3. El sorbitol es compatible con los azúcares e ingredientes que se utilizan en la elaboración de productos horneados.
4. El sorbitol es estable y no se descompone durante los procesos de calentamiento y horneado.

5. El sorbitol es menos susceptible a la degradación bacteriológica que el azúcar.

El sorbitol puede ser utilizado de dos maneras generales en productos horneados :

1. Como reemplazo total de azúcar en productos dietéticos (24) (20).
2. Como un reemplazo parcial en los productos que requieren más humedad y textura esto es mayor suavidad (11) (21).

2.8.1 PROPIEDADES PRINCIPALES DEL SORBITOL

1. Regulador de humedad Es humectante y a diferencia de otros polioles es menos susceptible a ganar o perder agua ante cambios en la temperatura o humedad relativa del ambiente. Por esta razón controla el contenido de humedad en las formulaciones donde es aplicado (1).

2. Edulcorante El sorbitol posee aproximadamente un 60 % del dulzor de la sacarosa (20).

3. Valor nutritivo El sorbitol aporta, a semejanza de los carbohidratos, aproximadamente 4 cal/g, sin embargo, se absorbe más lentamente en el organismo humano. Y en el hígado es convertido a fructosa la cual es metabolizada en un proceso

prácticamente independiente de insulina. Por ello es muy útil al formular productos dietéticos para diabéticos (30).

4. Anticariogénico El sorbitol es resistente a fenómenos de fermentación microbiana en la boca, lo cual lo hace muy útil en productos para higiene oral, como los dentríficos y los enjuagues bucales (31).

5. Estabilidad Debido a la ausencia del grupo carbonilo, químicamente el sorbitol es muy estable, lo cual permite su uso en formulaciones de medicamentos y cosméticos, en formulaciones donde se requieren vehículos inertes (17).

6. Secuestrante El sorbitol actúa como agente secuestrante de iones metálicos. Esta propiedad permite su uso en diversos procesos, en donde la presencia de éstos es indeseable (1).

7. Crioprotector de proteínas El sorbitol protege las proteínas de carnes y pescados de la desnaturalización durante almacenamientos prolongados en refrigeración o congelación (27) (16).

8. Materia prima (sustrato o reactivo). El sorbitol es usado industrialmente como materia prima para la obtención de vitamina C por fermentación y en otros procesos químicos como reactivo para diversas síntesis (1).

2.8.2 ESPECIFICACIONES DEL SORBITOL (1)

Color	Incoloro
Sabor	Dulce
Olor	Inodoro
pH	Neutro
D-sorbitol (%)	64.0 mínimo
Azúcares reductores (% en base seca)	0.21 % máximo
Gravedad específica	1.285
Cenizas (%)	0.1 máximo
Índice de refracción (20° C)	1.455-1.465
Sulfatos (ppm)	100 máximo
Cloruros (ppm)	50 máximo
Metales pesados (ppm)	10 máximo

2.8.3 USOS Y APLICACIONES

En la Industria Alimentaria

En alimentos dietéticos como edulcorante, sustituto del azúcar y energético (25).

En los dulces controla la cristalización; alarga la vida de anaquel (12) (26).

En la fabricación de chicles actúa como plastificante además de alargar la vida de anaquel (4).

En la industria de la panificación las ventajas generales son un mayor poder retenedor de humedad, las propiedades específicas son que brinda una miga más homogénea y suave, un color oscuro más agradable y una textura más suave y blanda (11).

En las coberturas mantiene esa textura de "recien hecho", debido a sus propiedades humectantes, el sorbitol previene la desecación de las coberturas de los productos horneados.

En la elaboración de helados muchos de ellos como el de chocolate, el fudge o el caramelo se benefician de la doble acción del sorbitol, ya que retarda la cristalización y la pérdida de humedad, además de abatir el punto de congelación. Así el helado se mantiene fresco tanto en los dos sentidos para la vista y para el paladar (28).

En la elaboración de malvaviscos el sorbitol proporciona un efecto de ablandamiento (12) (21).

En productos cárnicos congelados ya que protege a las proteínas de la desnaturalización (16).

En la Industria Farmacéutica

En la elaboración de jarabes se utiliza como vehículo (31).

En la fabricación de vitamina C sirve como sustrato (1).

En los dentríficos como vehículo, edulcorante y humectante (31).

En las cremas como humectante y emoliente (1).

En la elaboración de tabletas como excipiente, que permite la compresión directa (1).

En la Industria Química

En la obtención de ésteres el sorbitol sirve como reactivo, y en el tratamiento de aguas actúa como secuestrante de iones metálicos (21).

CAPITULO III

PARTE EXPERIMENTAL

3.1 PARTE EXPERIMENTAL

Se elaborarán diferentes tipos de pan, tanto panes elaborados a partir de masas fermentables como leudables, a diferentes concentraciones de sorbitol. Se elaborarán junto con cada tipo de pan dos testigos. Uno tendrá en su formulación el mejorador comercial y el otro pan sin ningún mejorador.

Una vez amasado y horneado el pan se harán pruebas entre los testigos y el pan con una concentración determinada de sorbitol que oscilará entre 3 % hasta un 7 %, con un rango de 0.5, esto con respecto a la harina.

La concentración ideal se determinará con la prueba de orden de rango (preferencial). Ésta prueba determinará cuál de las muestras es la que prefiere un grupo de jueces según las características que se les pide que evalúen. La característica a evaluar será: suavidad.

El grupo de jueces estará integrado por 15 panelistas en donde cada uno de ellos enumerará según su preferencia cada una de las muestras otorgándole un 1 a la que considera excelente, 2 muy buena, 3 buena, 4 regular, 5 mala y 6 muy mala.

Una vez encontrada la concentración ideal de sorbitol se procederá a realizar una prueba para determinar humedad en el producto final.

Finalmente se realizará una prueba de evaluación sensorial, en donde se busca saber si la utilización de un mejorador en el pan afecta las características finales de éste como son sabor, olor y color. Dentro de las pruebas para evaluación sensorial se pueden utilizar la prueba Pareada, Duo - Trio y Triangular. La prueba pareada son dos muestras y se tiene 50% de posibilidades de que el panelista acierte cuál de las muestras es la que tiene el mejorador de pan que se está probando, En la prueba duo - trío son tres muestras, también se tiene 50% de posibilidades de que el panelista acierte cual de las muestras contiene el mejorador de pan que se está probando, la diferencia con la pareada es que ésta presenta un testigo, y se pide al panelista que determine cuál de dichas muestras es igual al testigo. La prueba triangular son tres muestras, sin testigo se le pide al panelista que determine cuáles de ellas son iguales y cuál es la diferente, se tiene 33% de posibilidades de que acierte el panelista.

Se seleccionará dadas las características la prueba de evaluación sensorial Duo - Trío, que es la que se suele utilizar cuando existe el cambio de una materia prima o ingrediente dentro de una formulación, con el fin de determinar si dicho cambio afecta las características sensoriales del producto.

En la prueba se pedirá a los panelistas que determinen sabor y olor, para finalmente realizar un análisis de varianza, por medio de la χ^2 de Friedman (3).

3.2 INGREDIENTES

HARINA. Para la panificación normal se necesita harina de una mezcla de trigos con gran proporción de trigo fuerte. La harina buena para panificación, se caracteriza por tener:

- proteína en cantidad adecuada y que cuando se hidrata produce un gluten que es satisfactorio respecto a elasticidad, resistencia y estabilidad.

- propiedades satisfactorias de gasificación y actividad amilásica.

- contenido de humedad adecuado, no superior a un 14 % para tener seguridad en el ensilaje, y color satisfactorio.

LEVADURA. La levadura de panadería es una cepa diferente de la de cervecera; se utiliza fresca y liofilizada. La cantidad utilizada está en relación inversa con la duración de la fermentación, los sistemas de fermentación más larga, generalmente aplican temperaturas algo más bajas a la masa. Así, para un sistema de masa corriente de tres horas a temperatura de 27° C se añadirá 1.25% de levadura, mientras que solamente se necesitará 0.45% del peso de la harina para un sistema de ocho horas con la masa a 24° C. La actividad de la levadura aumentará rápidamente con la temperatura, obteniéndose un punto máximo de actividad para después empezar a decrecer ésto será de los 45-50° C.

SAL. Para desarrollar sabor, se añade sal. También endurece el gluten y produce masa menos pegajosa. La sal atenúa la velocidad de fermentación, por lo que a veces su adición se retrasa hasta que la masa se ha fermentado parcialmente. La cantidad que se agrega generalmente es de 1.8-2.1 % del peso de la harina, quedando la sal a una concentración de 1.1-1.4% en el pan.

GRASA. La grasa que se utilizará será tanto mantequilla, como manteca vegetal, cuando ésta se añade a razón de 1% aproximadamente del peso de la harina, mejora el volumen de la pieza, reduce la dureza de la corteza y produce paredes más finas en las celdillas de la miga, dando por resultado un pan de textura más tierna y con características de corte mejoradas.

3.3 FORMULACIONES

Las formulaciones son recetas de la industria de la panificación, proporcionadas por Alimentos Framex, y son las siguientes:

BISQUETS

Harina	2.5 Kg
Mantequilla	1 Kg
Azúcar	500 g
Sal	50 g
Bicarbonato de sodio	125 g
Leche	1.5 lts
Huevos	8 unidades

MANTECADA

Harina	1 Kg
Azúcar	500 g
Aceite	800 g
Leche	0.750 lts
Bicarbonato de sodio	125 g
Huevo	8 unidades
Saborizante	12 g

PAN TIPO DANES

Harina	2 Kg
Azúcar	300 g
Mantequilla	600 g
Sal	30 g
Levadura seca	60 g
Huevo	8 unidades

BIZCOCHO

Harina	2 Kg
Levadura	40 g
Azúcar	500 g
Mantequilla	500 g
Huevos	16 unidades
Sal	20 g

La preparación de los distintos tipos de pan es la siguiente:

Bisquet

1. Se crema la mantequilla con el azúcar, se añade la harina, se mezcla y se adiciona el resto de los ingredientes.
2. Se amasa la mezcla hasta que no se pegue a las paredes del recipiente, se retira se forma el pan y se hornea a 220°C durante 20 minutos.

Mantecada

1. Se coloca en la tarja de la batidora la harina, huevos, aceite y mantequilla y bicarbonato de sodio, se bate y se añade el saborizante, se continúa batiendo hasta que la mezcla haya incorporado aire (esto se nota por la formación de burbujas).
2. Se suspende el batido y se procede a colocar masa en su respectivo molde, se hornea a 230°C durante 25 minutos.

Pan danés

1. En una tarja se coloca la harina, agua y levadura, se revuelve hasta lograr uniformidad.
2. Se incorporan el resto de los ingredientes a excepción de la mantequilla, la cual se separa únicamente la mitad.
3. Se amasa hasta que la masa se vuelva elástica y no se pegue ni a las paredes de la tarja, ni a la mesa de trabajo, y se introduce a la cámara de fermentaciones hasta que doble su volumen inicial.

4. Se extiende la masa con un rodillo y se le unta mantequilla de la que no se utilizó, se dobla la masa buscando obtener un cuadrado.
5. Una vez doblada la masa se vuelve a extender con el rodillo y se le vuelve a untar mantequilla, y se vuelve a doblar, este paso se repite de 7 a 8 veces.
6. Se forma el pan, y una vez formado se vuelve a introducir a la cámara de fermentaciones, hasta obtener el tamaño deseado.
7. Se retira el pan de la cámara de fermentaciones y se hornea a 190°C durante 15 minutos.

Bizcocho

1. Se prepara la masa madre con un 10 % de agua harina y levadura, se incorporan los ingredientes y se introducen a la cámara de fermentaciones hasta doblar volumen.
2. Mientras está la masa madre en la cámara de fermentaciones, se colocan en la tarja todos los ingredientes y se amasan hasta lograr uniformidad.
3. Una vez que la masa madre haya doblado su volumen, se incorpora a la masa formada en el paso 2, se continúa amasando hasta obtener una masa elástica, la cual no se pega ni a las paredes de la tarja ni a la mesa de trabajo.
4. Esta masa se introduce a la cámara de fermentaciones hasta que doble su volumen, una vez doblado el volumen se retira y se forma el pan.
5. Una vez formado el pan se vuelve a introducir a la cámara de fermentaciones hasta que vuelva a doblar volumen.

6. Una vez doblado el volumen se retira y se hornea a 180°C durante 25 minutos.

3.4 MÉTODOS

3.4.1 HUMEDAD

Se pesan 5 g de muestra de producto terminado en un vidrio de reloj, la cual previamente se habrá pesado, habiendo estado éste a peso constante. Se introduce el vidrio de reloj con la muestra en la estufa y se calienta a 80-90° C durante 10 minutos, al cabo de este tiempo, se retira el vidrio de reloj de la estufa y se deja enfriar en un desecador, se pesa a temperatura ambiente, para obtener la pérdida de humedad durante los 10 minutos.

El % de humedad se calcula con la siguiente fórmula :

$$\text{Humedad \%} = [(a - b) / c] \times 100$$

en la que :

a = Peso del vidrio de reloj + muestra húmeda.

b = Peso del vidrio de reloj + muestra seca.

c = Peso de la muestra.

Mientras tanto las piezas de pan de las cuales se corto el trozo que fué pesado, se dejan a la intemperie, para posteriormente, cortar otro trozo y repetir el procedimiento anterior, durante un período de una hora, con intervalos de 15 minutos entre corte y

corte, con el fin de que el pan pierda humedad durante este tiempo (2).

3.4.2 PRUEBA DE ORDEN DE RANGO

En la prueba orden de rango la característica que se evaluó fue la suavidad en donde se obtuvieron los siguientes resultados en una prueba con 15 panelistas. La codificación de las muestras se observa en la siguiente tabla (*tabla No. 1*)

Pan con sorbitol al 3.0 %	AB
Pan con sorbitol al 3.5 %	AC
Pan con sorbitol al 4.0 %	AD
Pan con sorbitol al 4.5 %	BA
Pan con sorbitol al 5.0 %	BC
Pan con sorbitol al 5.5 %	BD
Pan con sorbitol al 6.0 %	CA
Pan con sorbitol al 6.5 %	CB
Pan con sorbitol al 7.0 %	CD

3.4.3 PRUEBA DE EVALUACIÓN SENSORIAL

La prueba Duo - Trío es una prueba diferencial, en donde se tiene una muestra de referencia que será el testigo, y que deberá ser igual a una de las otras dos muestras que han sido codificadas.

Lo que busca la prueba es encontrar la muestra que no es igual al testigo.

Para evaluar los resultados se aplica la siguiente fórmula :

$$\text{Chi}^2 = [(a - b) / - 1]^2 / N$$

en la que :

a = Número de respuestas correctas.

b = Número de respuestas incorrectas.

N = Número total de panelistas.

Se tomarán como respuestas correctas las que identifiquen el testigo, y como respuestas incorrectas a las que no identifiquen el testigo.

Con el valor de Chi² obtenido se busca en la siguiente tabla (tabla No, 2)

Tabla de Chi² (G.L. = 1)

<u>Valor</u>	<u>Nivel de Significancia</u>
Debajo 2.71	No hay significancia
2.71 - 3.83	Nivel 10 %
3.84 - 5.40	Nivel 5 %
5.41 - 6.63	Nivel 2 %
6.64 - 10.82	Nivel 1 %
Arriba 10.83	Nivel 0.1 %

(3).

CAPITULO IV RESULTADOS Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

4.1 RESULTADOS

Como se pueden ver en las gráficas No.2-9, en donde el pan con mejorador comercial tiene una menor pérdida de humedad que el pan sin ningún mejorador, se empezó a elaborar pan con distintas concentraciones de sorbitol, todo con respecto a la harina, hasta encontrar la concentración ideal u óptima, con la cual se obtuviera una pérdida de humedad inferior a la que proporcionaba el pan con mejorador comercial que está elaborado a base de emulsificante y grasa vegetal.

Una vez horneados los panes con los distintos aditivos se dejaban a la intemperie con el fin de acelerar su vida de anaquel.

Con el sorbitol al 3%, dicho pan no presentó ninguna mejora con respecto al pan elaborado con el mejorador comercial.

Con una concentración de sorbitol al 3.5%, se encontró que las suavidades eran muy similares entre el pan con sorbitol y el pan con el mejorador comercial, sin embargo la vida de anaquel seguía siendo menor al del pan con mejorador comercial.

Al elaborar pan con sorbitol al 4% se encontró que la vida de anaquel era muy similar a la del pan con mejorador comercial, al igual que la suavidad.

Con sorbitol al 4.5% la suavidad aumenta y la vida de anaquel es muy similar a la del pan con mejorador comercial y la muestra que no contiene ningún mejorador.

El pan con una concentración al 5%, empieza a ponerse chicloso, esto puede ser que se deba a que retiene demasiada humedad, por lo que se ve superado en características físicas por el mejorador comercial.

A partir de esta concentración cada vez el pan tiene un aspecto peor, ya que su consistencia es más chiclosa, y su vida de anaquel es menor cada vez.

4.2 PRUEBA DE ORDEN DE RANGO

Tomando como base la *tabla No. 1*, en donde se tienen las claves para las diferentes concentraciones de sorbitol, las puntuaciones que se obtuvieron fueron las siguientes:

AB = 145 PTOS	BA = 70 PTOS	CA = 137 PTOS
AC = 111 PTOS	BC = 84 PTOS	CB = 263 PTOS
AD = 80 PTOS	BD = 100 PTOS	CD = 270 PTOS

$$S = (N * P)(P + 1) / 6$$

$$S = 30$$

El valor Z para 9 muestras buscado en tablas para los niveles de significancia que se presentan son:

5%	2.5%	0.5%
2.99	3.20	3.63

Se multiplica $S \times Z$ para obtener los siguientes valores:

89.7	96.0	108.9
------	------	-------

Después de hacer la comparación entre todos los pares de muestras y obteniendo la diferencia de cada una de estas comparaciones se encontró que existe una diferencia significativa entre los siguientes pares de muestras:

- AD y CB diferencia del 0.5%
- AD y CD diferencia del 0.5%
- BA y CB diferencia del 0.5%
- BA y CD diferencia del 0.5%
- BC y CD diferencia del 0.5%
- AB y CB diferencia del 0.5%
- AB y CD diferencia del 0.5%
- AC y CB diferencia del 0.5%
- AC y CD diferencia del 0.5%

En base a esta prueba se determinó que existe 99.5% de probabilidad de diferenciar las muestras. La concentración que mayor aceptación tenía era la de sorbitol al 4.5% con respecto a la harina, ya que según los jueces es la que tenía la mayor suavidad, esto se puede ver en la muestra codificada con BA es la que menor puntuación obtuvo, que fue la que el público prefirió y que coincidió con las evaluaciones de suavidad que se hicieron.

Posteriormente se procedió a realizar un análisis de humedad para cada muestra, y cada tipo de pan, y finalmente una prueba estadística, utilizando el Duo-Trío, la cual determinaría si existe una diferencia significativa por el empleo de un nuevo aditivo en sustitución de otro dentro en una formulación.

Los resultados del análisis de humedad fueron los siguientes:

NOTA: (Concentración de sorbitol al 4.5%)

4.3 *Tabla No. 3* BISQUET % HUMEDAD

Tiempo (min)	Sin mejorador	Mejorador Comercial	Sorbitol
0	14.26	9.30	9.15
15	10.34	7.85	7.79
30	8.39	5.62	5.93
45	5.91	3.89	3.93
60	4.78	2.94	2.44

Las claves con que se codificaron las distintas muestras fueron escogidas aleatoriamente, con el fin de que no se predispusiera ningún panelista.

En la tabla No. 3 podemos observar que el sorbitol retiene al cabo de una hora 26.6% de humedad, mientras que el pan con mejorador comercial y sin mejorador retienen 31% y 33% respectivamente, *ver gráficas 2 y 3.*

En la prueba Duo-Trío el testigo de bisquet tuvo la clave SIP, el pan con mejorador comercial tuvo la clave JZB y la muestra con sorbitol su clave fué RAL. El testigo fué pan con mejorador comercial.

La prueba se hizo con 21 panelistas y se obtuvieron los siguientes resultados:

Aciertos	Errores	Chi ²
13	8	0.761

Como se puede ver el valor en la tabla *tabla No. 2* de Chi², no existe una diferencia significativa, por lo que en cuanto a sabor y olor el bisquet no se ve afectado por el uso del sorbitol al 4.5% .

4.4 Tabla No. 4 MANTECADA % HUMEDAD

Tiempo (min)	Sin mejorador	Mejorador Comercial	Sorbitol
0	7.82	5.33	4.28
15	5.80	4.18	3.50
30	4.84	3.33	2.81
45	3.35	2.38	1.98
60	2.55	1.73	1.30

En la tabla No. 4 podemos observar que al cabo de una hora el sorbitol retiene 30.3% de humedad, mientras que el pan con mejorador comercial y sin mejorador ambos retienen 32% , *ver gráficas 4 y 5.*

En la prueba Duo-Trío el testigo de mantecada tuvo la clave OSP, la mantecada con sorbitol su clave fué YKL, y para la mantecada con mejorador comercial la clave fué AXR. El testigo fué pan con sorbitol.

La prueba se realizó a 21 panelistas y se obtuvieron los siguientes resultados.

Aciertos	Errores	Chi ²
7	14	1.714

Como se puede ver el valor en la tabla *tabla No. 2* de χ^2 , no existe una diferencia significativa, por lo que en cuanto a sabor y olor la mantecada no se ve afectada por el uso de sorbitol al 4.5% .

4.5 *Tabla No. 5 PAN DANÉS % HUMEDAD*

Tiempo (min)	Sin mejorador	Mejorador Comercial	Sorbitol
0	12.46	10.08	9.04
15	0.49	8.59	8.62
30	6.71	5.67	5.66
45	5.25	4.30	4.11
60	5.18	3.31	2.55

En la tabla No. 5 se puede observar que al cabo de una hora el sorbitol retiene 28% de humedad, mientras que el pan con mejorador comercial y sin mejorador retienen 32% y 41% respectivamente, *ver gráficas 6 y 7*.

En la prueba Duo-Trío el testigo de pan danés tuvo la clave DPS, el pan con sorbitol tuvo la clave VKF, y el pan con mejorador comercial tuvo la clave TQR. El testigo fué pan con mejorador comercial.

La prueba se realizó a 21 panelistas y se obtuvieron los siguientes resultados.

Aciertos	Errores	Chi ²
11	10	0.00

Como se puede ver el valor en la tabla *tabla No. 2* de Chi², no existe una diferencia significativa, por lo que en cuanto a sabor y olor el pan danés no se ve afectado por el uso de sorbitol al 4.5% .

4.6 *Tabla No. 6* BIZCOCHO % HUMEDAD

Tiempo (min)	Sin mejorador	Mejorador Comercial	Sorbitol
0	12.02	10.46	9.35
15	9.26	8.21	7.46
30	7.89	7.13	6.59
45	5.72	4.98	4.93
60	4.84	3.09	2.27

En la tabla No. 6 se observa que al cabo de una hora el sorbitol retiene 24.5% de humedad, mientras que el pan con mejorador comercial y sin mejorador retienen 29% y 40% respectivamente, *ver gráficas 8 y 9.*

En la prueba Duo-Trío el testigo tuvo la clave LXC, el bizcocho con sorbitol tuvo la clave QFA y el bizcocho con mejorador comercial tuvo la clave UZN. El testigo fué pan con sorbitol.

La prueba se realizó con 21 panelistas y se obtuvieron los siguientes resultados.

Aciertos	Errores	Chi ²
9	12	0.190

Como se puede ver el valor en la tabla *tabla No. 2* de Chi², no existe una diferencia significativa, por lo que en cuanto a sabor y olor el bizcocho no se ve afectado por el uso de sorbitol al 4.5% .

4.7 ANÁLISIS DE COSTOS

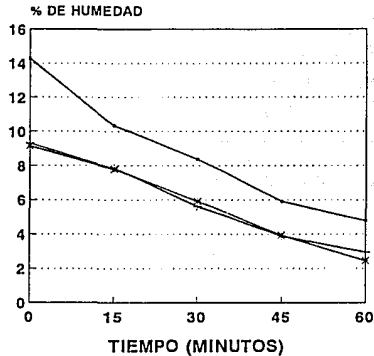
ADITIVO	*PRECIO/Kg	GRAMOS EMPLEADOS PARA 1 Kg DE HARINA	PRECIO/GR EMPLEADOS
Sorbitol	\$ 1,960.00	45.00 g	\$ 88.20
Mej. com.	\$ 8,100.00	20.00 g	\$ 162.00

* Los precios de estos productos corresponden al mes de Agosto de 1991.

BISQUET

% DE HUMEDAD

57

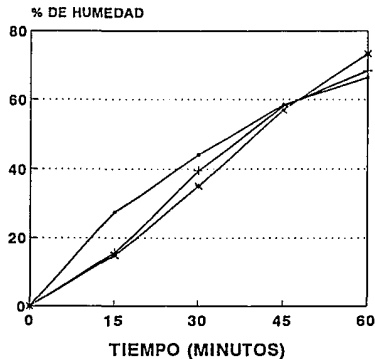


— PAN SIN MEJORADOR + PAN CON MEJORADOR
* PAN CON SORBITOL

GRAFICA 2

BISQUET

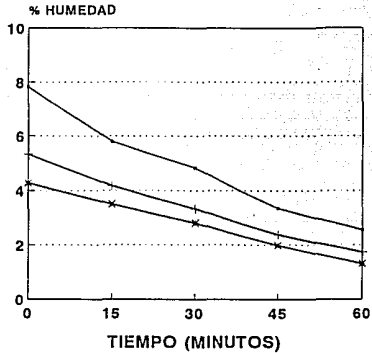
% DE HUMEDAD PERDIDA



— PAN SIN MEJORADOR + PAN CON MEJORADOR
* PAN CON SORBITOL

GRAFICA 3

MANTECADA % DE HUMEDAD

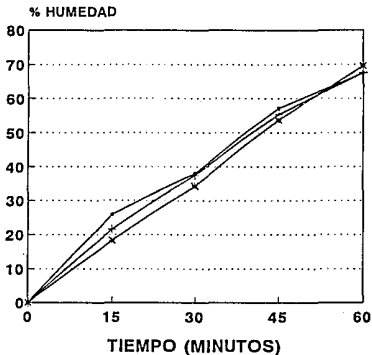


— PAN SIN MEJORADOR + PAN CON MEJORADOR

* PAN CON SORBITOL

GRAFICA 4

MANTECADA % DE HUMEDAD PERDIDA



— PAN SIN MEJORADOR + PAN CON MEJORADOR

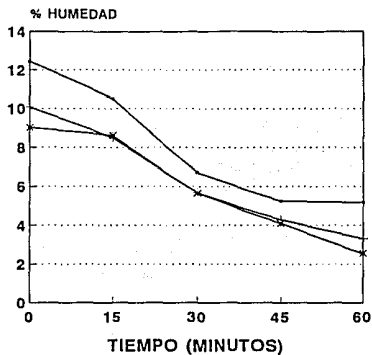
* PAN CON SORBITOL

GRAFICA 5

PAN DANES

% DE HUMEDAD

ESTA TESIS NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA

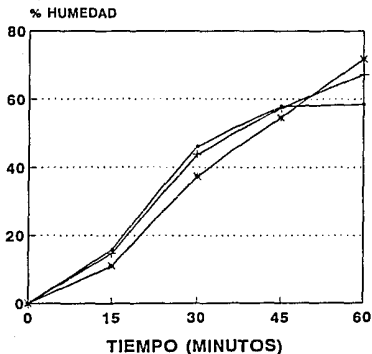


-- PAN SIN MEJORADOR + PAN CON MEJORADOR
* PAN CON SORBITOL

GRAFICA 6

PAN DANES

% DE HUMEDAD PERDIDA



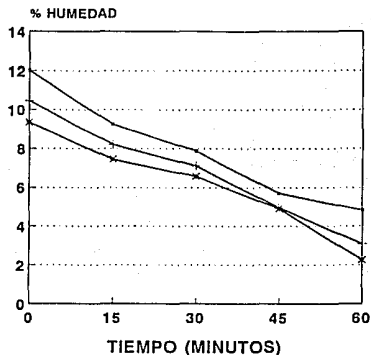
-- PAN SIN MEJORADOR + PAN CON MEJORADOR
* PAN CON SORBITOL

GRAFICA 7

BIZCOCHOS

% DE HUMEDAD

60



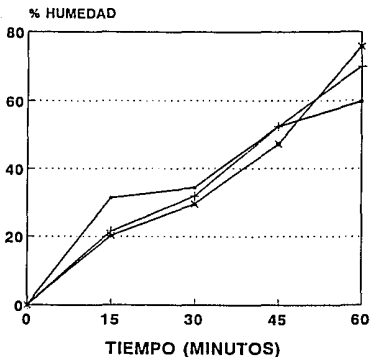
— PAN SIN MEJORADOR + PAN CON MEJORADOR

* PAN CON SORBITOL

GRAFICA 8

BIZCOCHOS

% DE HUMEDAD PERDIDA



— PAN SIN MEJORADOR + PAN CON MEJORADOR

* PAN CON SORBITOL

GRAFICA 9

CAPITULO V

CONCLUSIONES

1. El sorbitol si actúa como agente humectante en los productos de panificación manteniéndolos frescos y suaves, durante mayor tiempo que el pan con mejorador comercial y pan sin ningún mejorador.

2. La concentración recomendada de sorbitol es al 4.5 % en base a la harina, manteniendo la concentración normal de azúcar en la formulación de cada tipo de pan, para así obtener una mayor suavidad.

3. El sorbitol retiene durante 3/4 partes del tiempo mayor humedad que el pan con mejorador comercial y sin mejorador, sin embargo en la última 1/4 parte del tiempo pierde mayor humedad que las otras dos muestras. Sin embargo el pan con sorbitol posee una mayor suavidad a diferencia de las otras dos muestras.

4. Su acción como agente humectante se podría explicar mediante la formación de puentes de hidrógeno con el agua, que dificultan la pérdida de ésta.

5. Su acción como agente humectante también podría ser explicada como un agente tensoactivo, el cual reduce la tensión superficial impidiendo la pérdida de humedad en el producto.

6. Una aplicación que le puede dar mucho auge es como producto bajo en calorías.

BIBLIOGRAFÍA

1. Arancia, Sorbex, Arancia grupo industrial, división productos especiales, sorbitol.
2. Association of Official Agricultural Chemists, Official and Tentative Methods of Analysis, Washington 4, D.C. , 8th Edition.
3. Daniel W.W., Biostatística, Ed Limusa, 3a edición, México, 1987 459-502.
4. Dokuzovic Z; Bodor Z; Lewis R; Kostantelou C, Novel hydrophilic plasticizing system and chewing gum containing same, Patent Co. United States Patent 1989, Patent No. US 4 804 543.
5. Ellis W. F. & Krantz C. J. , Sugar Alcohols , J. Biol. Chem, 141, 147, 1941, 147-154.
6. Figdor S.K.; Allingham R.P.; Kita D.A.; Hobbs D.C., Caloric utilization of sorbitol and isomalt in the rat, Journal of Agricultural and Food Chemistry 1987, 35 (6) 996-1001.
7. Friedman T.M. , Sorbitol in Bakery Products , Bakers Digest 1978, 52 (6) 10-13, 48.
8. Guthrie R.D. and Honeyman J., An introduction to the Chemistry of Carbohydrates, Clarendon Press, Printed in England 1968, 1-33.
9. Heitz R.J. , The Reaction of Fluorescein Mercurica Acetate with Sorbitol deshydrogenase , J. Biol. Chem , 248, 16, 273, 1973, 5790-5793.
10. Johnston C & Deuel J.H. , Studies of Ketosis , J. Biol. Chem , 149, 117, 210, 1943, 117-124.
11. Kamel B.S.; Rasper V.F., Effects of emulsifiers, sorbitol, polydextrose, and crystalline cellulose on the texture of reduced-calories cakes, Journal of texture studies 1989, 19 (3) 307-320.
12. Kearsley M.W.; Dziedzic, The use of sorbitol in direct compression and confectionary applications, Confectionary Manufacture and Marketing 1990, 27 (10) 88-90.

13. Kent Jones D.W. & Amos A.J. , Química Moderna de los Cereales , Aguilar, Impreso en España, 1956, 253-309.
14. Kent N.L., Tecnología de los cereales, Editorial Acribia S.A., Impreso en España, 1987, 133-143.
15. Kiger , Techniques Modernes de le Biscuiterie , Tome 1, Printed in France 1985,366-373.
16. Kumazawa Y; Arai K, Suppressive effect of sorbitol on denaturation of carp myosin B induced by neutral salts, Bulletin of the Japanese Soc. of scientific fisheries, 1990, 56 (4) 679-686
17. Lecallier P. , Eppaississants, Gelificants, Stabilisants , Forum G.I.A. 15 , Novembre 1985, 2-22.
18. Levine G.A & Bissell M.J. , Conversion of Glucose to Sorbitol and Fructose by Liver-derived Cells in Culture , J. Biol. Chem, 253, 17, 197, 1978
19. Makinen K.K. & Söderling E. , A Quantitative Study of Mannitol, Sorbitol, Xylitol and Xylose in Wild Berries and Comercial Fruits , J. Food Science , 45, 221, 1980, 367-374.
20. Menger A., Enzymic determination of sorbitol, sugar and starch in bread and bakery products, Veroeffentlichung, Arbeitsgemeinschaft Getreideforschung eV 1973, No. 150, 159-165
21. Merck, Sorbitol and baked goods, Technical Service, Merck Chemical Division.
22. Moreira Victor , La Levadura Biológica , Revista Pan, 43, Octubre 1989, 82-88.
23. Moriguchi T; Sanada T; Yamaki S, Seasonal fluctuations of some enzymes relating to sucrose and sorbitol metabolism in peach fruit, Journal of the American Soc. for Horticultural Science 1990, 115 (2) 278-281.
24. Pastor R.F.; Marty-Garrec M.; Hasselmann C., Determination of fructose and sorbitol in dietetic products, Annales des falsifications, de l'Expertise Chimique et Toxicologique 1985, 78 (839) 263-269.

25. Rapaille A ; Shueren F. van der, Sorbitol and maltitol: functional properties and use in sugar free foods, Cerestar Euro Centre Food, Havenstraat 84, B-1800 Vilvoorde, Belgium Voedingsmiddelen technologie 1989, 22 (13) 32-35.
26. Serpelloni M, Lozenges containing crystalline sorbitol or fructose, and their modification, Patent Co. European patent 1988, Patent No. EP 0 114 555 B1.
27. Shoji T; Saeki H; Nakamura M; Sasamoto Y; Nonaka M, High pressure induced inactivation of carp myofibrillar Ca-ATPase and protecting effect of sorbitol, Bulletin of the Japanese Soc. of scientific fisheries 1989, 55 (10) 1841-1844.
28. Shuman C. R. et al. , Sorbitol , Am. J. Clin. Nutrition, 4, 61, 213, 1956.
29. Silva J.N.; Kuo How Yang R.; Zamudio Tena J.F., Sorbitol coated comestible and method of preparation, Patent Co. European patent application 1988, Patent No. EP 0 273 856 A1.
30. Touster O. & Shaw D.R.D. , Biochemistry of Acyclic Polyols , Physiol. Rev. 42, 181, 1962, 181-220.
31. Wick N. , Almen C. , Joseph L. , The Metabolism of Sorbitol , J. Am. Pharm. Assoc , 40, 542, 1951, 542-544.
32. Whitmore D.A., Developments in the properties and applications of lycasin and sorbitol, Food Chemistry 1985, 16 (3/4) 209-229.