

16 300627
2ej



UNIVERSIDAD LA SALLE

ESCUELA DE QUIMICA
Incorporada a la U. N. A. M.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

"DESARROLLO DE UN ABRILLANTADOR
PARA PAN DULCE Y TARTAS"

TESIS PROFESIONAL

Que para obtener el título de
Químico Farmacéutico Biólogo
P r e s e n t a

Guadalupe del Carmen Padilla Newton

Director de Tesis:
Q.F.B. M.C. Carlos Aguirre Acosta



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.

INDICE DE MATERIAS

CAPITULO I

INTRODUCCION:	1
OBJETIVOS	3

CAPITULO II

GENERALIDADES	4
2.1 Historia de las coberturas utilizadas en Panadería.	4
2.2 Clasificación de las coberturas y características.	5
2.3 Funcionalidad de las coberturas.	6
2.4 Barnices transparentes ó abrillantadores.	6
2.5 Factores que determinan la calidad.	7
2.6 Ingredientes:	8
2.6.1 Agua.	9
2.6.2 Azúcares.	11
2.6.3 Estabilizantes hidrocoloides.	21
2.6.4 Ingredientes opcionales.	67
2.7 Formulación y proceso.	68
2.8 Problemas en el producto terminado y sugerencias para resolverlos.	71
2.9 Aspectos legales.	75

CAPITULO III

OPTIMIZACION	77
3.1 Optimización.	77
3.2 Diseño de experimentos.	80
3.3 Planes experimentales formales para el análisis de resultados.	87
3.3.1 Programación lineal.	87
3.3.2 Factoriales completos ó fraccionados.	92
3.3.3 Métodos de Superficie de Respuesta.	93
3.3.4 Diseños de Bloques.	94
3.3.5 Cómo usar las técnicas estadísticas.	95

CAPITULO IV

MATERIAL Y METODOS	96
4.1 Selección de materias primas.	96
4.2 Desarrollo de las formulaciones.	101
4.3 Material:	103
4.3.1 Material de laboratorio.	103
4.3.2 Material de empaque.	103
4.3.3 Materias primas.	104
4.4 Metodología.	105
4.4.1 Elaboración a nivel experimental.	105
4.4.2 Modo de empleo del abrillantador.	110
4.4.3 Aplicación del abrillantador sobre pan y/ó tartas.	112

4.4.4 Metodología de pruebas de vida de anaquel.	118
4.4.5 Metodología de análisis fisicoquímicos.	118
4.4.6 Metodología de análisis microbiológicos.	119
4.5 Optimización.	119

CAPITULO V

RESULTADOS	126
5.1 Resultados del desarrollo experimental.	126
5.2 Análisis comparativo contra una muestra comercial.	133
5.3 Resultados de las pruebas de vida de anaquel.	135
5.4 Resultados de los análisis fisicoquímicos y microbiológicos.	137

CAPITULO VI

ANALISIS DE LOS RESULTADOS	138
6.1 Desarrollo experimental.	138
6.2 Análisis de los resultados de vida de anaquel, fisicoquímicos y microbiológicos.	140
6.3 Optimización.	141

CAPITULO VII

CONCLUSIONES	144
--------------	-----

CAPITULO VIII

BIBLIOGRAFIA	145
--------------	-----

INDICE DE CUADROS

Cuadro No. I . -	Efecto del contenido de agua en la relación de jarabe/sólidos de azúcar.	10
Cuadro No. II . -	Manufactura de los edulcorantes de maíz.	16
Cuadro No. III . -	Clasificación de los edulcorantes de maíz.	17
Cuadro No. IV . -	Efecto de la temperatura en la solubilidad de la sacarosa y dextrosa.	19
Cuadro No. V . -	Clasificación de los hidrocoloides.	23
Cuadro No. VI . -	Funcionalidad de los hidrocoloides.	24
Cuadro No. VII. -	Principales sistemas de gelificación de hidrocoloides.	26
Cuadro No. VIII -	Propiedades funcionales de los principales hidrocoloides.	28
Cuadro No. IX . -	Solubilidad de los principales hidrocoloides.	29
Cuadro No. X . -	Parámetros de legalización de hidrocoloides por FAO/WHO y CEE.	32
Cuadro No. XI . -	Clasificación de las pectinas en base a su grado de metilación.	40
Cuadro No. XII. -	Factores que afectan la fuerza de los geles de pectina.	43

Cuadro No. XIII.	- Clasificación de los almidones según su origen y características.	46
Cuadro No. XIV.	- Modificaciones químicas y físicas del almidón.	50
Cuadro No. XV.	- Análisis comparativo de las características de las diferentes carrageninas.	53
Cuadro No. XVI.	- Evolución de una solución de alginate de sodio en función de la dosis de calcio substituído.	57
Cuadro No. XVII.	- Programación matemática.	91
Cuadro No. XVIII.	- Ventajas y desventajas de los sistemas hidrocoloides con capacidad de gelificación.	97
Cuadro No. XIX.	- Elaboración del abrillantador.	107
Cuadro No. XX.	- Claves usadas en el cuadro No. XXI de las formulaciones desarrolladas.	108
Cuadro No. XXI.	- Formulaciones desarrolladas.	109
Cuadro No. XXII.	- Modo de empleo del abrillantador para su aplicación.	111
Cuadro No. XXIII.	- Evaluación de los atributos impartidos por el abrillantador aplicado sobre la superficie de pan dulce y tartas.	114
Cuadro No. XXIV.	- Comparación de las formulaciones en base a su rendimiento y costo.	116

Cuadro No. XXV . -	Evaluación de los atributos impartidos por el abrillantador comercial y el abrillantador seleccionado.	117
Cuadro No. XXVI. -	Proceso de optimización en la formulación de alimentos.	120
Cuadro No. XXVII -	Composición de un gel para aplicar sobre la superficie de panes, tartas y "pies".	121
Cuadro No. XXVIII	Relación de costos .	122
Cuadro No. XXIX. -	Alternativa de solución inicial para encontrar el costo más bajo del abrillantador.	125
Cuadro No. XXX . -	Resultados de la segunda y tercera fase del desarrollo experimental.	128
Cuadro No. XXXI. -	Resultados de la cuarta fase del desarrollo experimental.	130
Cuadro No. XXXII -	Análisis de costos y rendimiento.	132
Cuadro No. XXXIII	Comparación entre la formulación elegida y una muestra comercial.	134
Cuadro No. XXXIV -	Pruebas de vida de anaquel.	136
Cuadro No. XXXV. -	Resultados de los análisis físico-químicos y microbiológicos.	137
Cuadro No. XXXVI -	Composición de la formulación elegida al final de la experimentación y composición de la misma ya optimizada.	142

INDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura No. 1 . - Estructura de las pectinas.	41
Figura No. 2 . - Estructura del almidón.	45
Figura No. 3 . - Estructura de las carrageninas.	52
Figura No. 4 . - Mecanismo de gelificación de carrageninas.	54
Figura No. 5 . - Estructura de los alginatos.	56
Figura No. 6 . - Mecanismo de gelificación de los alginatos.	58
Figura No. 7 . - Estructura del algarrobo.	60
Figura No. 8 . - Estructura del xantano.	63
Figura No. 9 . - Mecanismo de gelificación del xantano.	64

CAPITULO I

I N T R O D U C C I O N

Realizando una sencilla investigación de mercado en varias panaderías y pastelerías, se encontró que, para abrillantar sus productos utilizan en general jaleas de chabacano ó huevo, que, si bien cumplen con el objetivo que proporcionan brillo, no reúnen todas las características ideales para conservar su producto fresco por largo tiempo, además de que no dan una completa transparencia que permita percibir claramente la presentación del producto, por lo tanto, no dan un completo realce al mismo. Como desventaja adicional, en el caso de las jaleas de chabacano, se está supeditado a la época de la fruta como materia prima, habiendo escasez del producto cuando no es temporada; en el caso del huevo, se tiene que es un producto de fácil descomposición, y que no permite una aplicación del todo higiénica.

Se sabe que existen muchos hidrocoloideos capaces de realizar la misma función, es decir, la de abrillantar, con las ventajas adicionales de proteger al pan ó tarta contra factores externos como resequedad, cristalización, absorción del mismo por la pasta, etc., que se traducen en una mejor presentación, y una mayor vida de anaquel, y por lo tanto, mayor economía.

Además, el producto abrillantador en sí es de fácil preparación, ya que sólo consta de una base de hidrocoloide, agua y azúcar, (más ingredientes secundarios opcionales como color, sabor, etc...). Esto evita las materias primas de fácil descomposición y cuidados especiales, conservándose por un largo tiempo con sus propiedades funcionales intactas.

El propósito del presente trabajo es desarrollar una formulación que sea apta para usarse como abrillantador de panes ó tartas, con las ventajas antes mencionadas. La introducción de este producto al mercado facilitará la adquisición del mismo en cualquier época del año, así como su aplicación, la cual originará un ahorro de tiempo y agilizará la producción dentro de las pastelerías.

La formulación deberá cumplir con ciertas condiciones, como son las de formar un gel transparente, que sea termorreversible para que pueda volver a gelificar una vez fundido, y que, en caso de tener sobrantes, se pueda volver a utilizar. Además deberá guardar las condiciones del pan ó de la tarta por varios días, de manera que se tenga un producto fresco en el anaquel. El uso de los abrillantadores en pastelería tiene como objetivo dar realce a los productos y hacerlos más vistosos, lo cual se ha demostrado que repercute en una mayor venta de los mismos.

En el desarrollo del abrillantador se desea demostrar cómo se puede agilizar el desarrollo de cualquier formulación -- cuando se apoya el experimentador en planes experimentales, que lo vayan guiando de una manera objetiva y adecuada, ajustándose a las necesidades del producto. En este caso, los objetivos no son solamente elaborar la formulación que más se adecúe a la -- funcionalidad y calidad, sino que en costo sea lo óptimo. Es -- por eso que se realizó la parte experimental utilizando no sólo el sentido común y los conocimientos teóricos, sino también una programación lineal que ayudó a la optimización del costo.

O B J E T I V O S

Desarrollar la formulación y el proceso de obtención de un abrillantador para pan dulce y tartas, considerando las posibles alternativas de sistemas estabilizantes hidrocoloides.

Mostrar la eficiencia de la programación lineal utilizada como técnica para optimización de formulaciones en lo que se refiere a funcionalidad y costo.

CAPITULO II

GENERALIDADES

2.1 HISTORIA DE LAS COBERTURAS UTILIZADAS EN PANADERIAS.

Las coberturas han evolucionado tecnológicamente, ya que en los primeros años del siglo XX, éstas constaban únicamente de agua, azúcar, y ocasionalmente algún material graso, como mantequilla, manteca, etc...

El panadero utilizó por siglos su habilidad artesanal, muy cómoda y segura, sabiendo que él había creado una única expresión de su arte. Después de todo, sabía que tenía total control sobre el producto que vendía, ya que el mismo día que se hacía, sabía que se consumiría. Además, la producción era tan pequeña que no tenía problemas de manipulación ó preparación.

En los últimos 40 años, han ocurrido profundos fenómenos revolucionarios que han hecho que la industria de la panificación tenga que adaptarse a nuevas tecnologías. Entre estos cambios, están la Segunda Guerra Mundial, y los materiales de empaque.

La Segunda Guerra Mundial trajo consigo cambios en las industrias, originando demandas cada vez mayores, lo cual originó que éstas se expandieran en grandes empresas comerciales. En los productos de panificación se observó una constante demanda, la cual encontró un reto para mantener los productos frescos y por tanto, vendibles. Esto originó cambios en la producción y distribución de los productos.

Simultáneamente, el desarrollo de materiales de empaque, -- fue también factor importante para transformar las coberturas de un simple arte del panadero a un sistema altamente tecnológico, (2).

Las primeras coberturas, tendían a quebrarse y separarse, - perdían excesivamente agua, causando una cristalización, sequedad, opacidad, y textura arenosa. Al aparecer los primeros productos empacados, eran inestables, ya que se humedecían debido a que había condensación en el empaque, que además de hacer que se pegara a éste, daba una apariencia poco agradable, (3).

Todos estos factores llevaron al panadero a buscar algún ingrediente que le diera mayor estabilidad a su cobertura, lo cual se logró con los hidrocoloides, ya que éstos tienen la habilidad única de absorber agua, y así evitar la sinéresis, quebrado, --- cristalización, etc., permitiendo obtener un producto con larga vida de anaquel dando excelentes condiciones de apariencia.

Esta mejora hizo posible que el panadero manejara mayores - cantidades de producción, con la confianza de que durarían en -- buenas condiciones más allá del mismo día de preparación, y que, a nivel industrial, pudieran aplicarse a los productos mecánicamente. De esta manera se controla bien su consistencia lote por lote, permitiendo un secado rápido para ser inmediatamente distribuido a largas distancias, asegurando que, una vez que el producto ha abandonado la panadería, éste permanecería atractivo y apetizante por un mayor tiempo y se vendería bien.

2.2 CLASIFICACION DE LAS COBERTURAS Y CARACTERISTICAS.

En general, una cobertura se ha definido como un sistema -- compuesto de agua, azúcar, y otros ingredientes adicionales, los cuales, dependiendo de su tipo, originan una clasificación de ellas. Estos ingredientes adicionales pueden ser grasas, sólidos de leche, claras de huevo, chocolate, sabores y colores artificiales, sales, hidrocoloides, etc...

La clasificación más adecuada de coberturas comerciales utilizadas por la industria panadera es la siguiente, (3,5):

- 1.- Barnices transparentes u opacos:
Con una composición aproximada del 65-80% de azúcares, 30-27% de agua, y 0.5-5% de estabilizantes hidrocoloides.
Sus principales características son: apariencia plana, suave, densa y brillante. Además su estructura no es aireada.
- 2.- Tipo "fudge":
Las cuales, además del sistema agua-azúcar-estabilizante, -- contienen 15-20% de materiales grasos que le dan textura cremosa, pero sin ser aireados. Son opacos.
- 3.- Coberturas cremosas aireadas:
Tienen altos niveles de grasas emulsificadas, son aireadas a una gravedad específica tal que les da una textura muy cremosa, ligera y esponjada. Son opacos, y la mayoría de las veces contienen alta humedad.
- 4.- Coberturas con altos niveles de grasas duras, sin humedad.

2.3 FUNCIONALIDAD DE LAS COBERTURAS.

Las coberturas constituyen el primer punto de contacto entre el consumidor y el producto panadero, dándoles una apariencia óptima y haciéndolos más apetitosos. Es por ello que se consideran factor determinante para su consumo.

Además, contribuyen a la calidad comestible del pan, ya que lo protegen contra factores ambientales diversos como humedad, ó bien, deshidratación, etc., prolongando así la vida de anaquel.

2.4. BARNICES TRANSPARENTES O ABRILLANTADORES.

Los abrillantadores entran en la primera categoría de la clasificación anterior, es decir, son barnices transparentes que se componen de sistemas de agua-azúcar modificados, en los cuales existen pequeños cristales de azúcar dispersos en un jarabe ó solución saturada de azúcar.

Estos sistemas requieren de hidrocoloides para controlar el delicado balance entre azúcar disuelta y azúcar suspendida, modificando las características de solubilidad y cristalización del azúcar en el medio acuoso, y por tanto, estabilizando el tamaño de los cristales, (3).

Dependiendo de las condiciones de solubilidad del estabilizante a utilizar, los abrillantadores pueden ser de dos tipos:

- 1.- Aquellos que requieren proceso térmico:
Se involucra un hervido de las mezclas de azúcares y del estabilizante. Son más estables porque el estabilizante ha sido completamente activado, y porque se requiere de menor a-gua para producir la consistencia apropiada y viscosidad requeridas para su aplicación.
- 2.- Aquellos que no requieren proceso térmico:
Dado que el estabilizante no se sujeta a tratamiento térmico, todas las solubilidades se pueden realizar en frío. Aún cuando tienen la ventaja de ser más fáciles de preparar presentan menor estabilidad que los primeros.

2.5 FACTORES QUE DETERMINAN LA CALIDAD.

Los factores que determinan la calidad de los abrillantadores son principalmente: apariencia, textura, sabor, manipulación seco y estabilidad.

- Apariencia:
Debe ser atractiva, con brillo y transparente, ya sea que -- tengan ó no colorante. No deben quebrarse, ni fundirse ó separarse del producto, sino adherirse bien, sin adelgazarse ó caerse.
- Textura:
Debe ser suave, no volverse arenoso ó demasiado húmedo, ni - pegajoso. Debe diluirse rápido en la boca.
- Manipulación:
De fácil untabilidad, aplicación satisfactoria a una temperatura regular, fijarse firmemente en el tiempo límite deseado.

- Secado:

Este debe ser rápido sobre todo si el producto panadero va a ser envuelto, para que se optimice el tiempo.

- Estabilidad:

Es de primordial importancia, y se refiere a todos los atributos señalados anteriormente, ya que los debe mantener hasta su consumo.

La estabilidad de un abrillantador se define como la habilidad de éste a retener su estructura celular, su textura no granular, suave y resistir la separación de líquido durante su almacén ó uso. Esta definición implica la ausencia de - cristalización, sinéresis, quebrado, endurecimiento y otros cambios en la textura.

Esta estabilidad la proporcionan en su mayoría los estabilizantes, pero también influyen las interacciones y el balance agua-azúcar dentro del sistema.

En lo que se refiere a estabilidad microbiológica, ésta puede ser controlada por ácido sórbico ó benzoato de sodio, necesarios para prevenir el crecimiento superficial de hongos y levaduras sacarofílicas, (3,4,5).

2.6 I N G R E D I E N T E S

Para producir un abrillantador de excelente calidad, es necesario entender perfectamente las propiedades físicas y químicas de los ingredientes, así como su efecto, y las técnicas de procesamiento.

Los principales factores en los cuales se basa la selección de los ingredientes óptimos, son aquellos que determinan la calidad del producto, como secado, textura, vida de anaquel, condiciones climáticas a las que estará expuesto, uso ó no de un empaque en el producto panadero, etc...

2.6.1 A G U A

Es de suma importancia conocer las propiedades físicas y químicas del agua, ya que muchas de las reacciones que suceden en los alimentos, tanto positivas como negativas, están relacionadas con la presencia de este líquido. El agua es un factor determinante en la inhibición o propagación de diversas reacciones químicas, enzimáticas o microbiológicas, que pueden aumentar o disminuir el valor nutritivo y la calidad de los alimentos en general.

La molécula de agua, por ser polar, es la responsable de muchas interacciones con proteínas y carbohidratos. Dichas interacciones influyen marcadamente en las propiedades reológicas y de textura de los alimentos. Dado que la textura es uno de los principales atributos en los abrillantadores, esta propiedad del agua es muy importante, (6).

En un abrillantador, el agua puede ser un ingrediente directo, o bien indirecto como constituyente de otros ingredientes secos: azúcares, estabilizantes, etc., para dar un balance adecuado.

Aún cuando controla la consistencia, se ha comprobado que es mejor utilizarla en forma de jarabe cuando se desea adelgazar al abrillantador ya preparado, ya que una vez preparado, sólo pequeñas cantidades de agua se necesitan para hacer un cambio significativo en la consistencia y el balance de humedad. De esta manera, el jarabe simple (azúcar:agua, 2:1), hace ese cambio menos drástico, (5).

Las menores fluctuaciones en la fórmula de agua pueden causar cambios drásticos en la relación de jarabe/azúcar no disuelta, como se puede observar en el cuadro número 1.

C U A D R O I

EFEECTO DEL CONTENIDO DE AGUA EN LA RELACION
DE JARABE / SOLIDOS DE AZUCAR, (4)

INGREDIENTE (G/100G DE COBERTURA)	AZUCAR / AGUA EN LA COBERTURA	
JARABE	90:10	85:15
A g u a (g)	10	15
Azúcar disuelto (g)	21	32
T o t a l (g)	31	47
Azúcar no disuelta (g)	69	53
Relación de jarabe/sólidos de azúcar	1:2.22	1:1.13

(4) DUBOIS
Cereal Foods World.
25(7):391 1981

En el cuadro I, se puede observar que, si únicamente se incrementa el agua por 5%, se puede hacer que esta relación cambie de 1:2.22 a 1:1.13, cambio que puede ser la diferencia entre un producto estable y uno que exhibe demasiada sinéresis y funde (4).

Así pues, el contenido de jarabe en un abrillantador es el factor que controla la vida de anaquel del producto en cuanto a estabilidad, ya que la manufactura de abrillantadores involucra pasos de calentamiento/enfriamiento, y los productos ya terminados son sujetos a cambios considerables de temperatura y humedad durante el almacenamiento y distribución. Por lo tanto, una constante relación jarabe/azúcar no disuelta es esencial para -- mantener una buena estabilidad bajo estas condiciones.

2.6.2 A Z U C A R E S .

El azúcar es el ingrediente más importante a nivel individual para los abrillantadores. Debe tenerse especial cuidado para mantener el balance apropiado en los diferentes tipos de azúcares que se usen:

Las principales características que ofrecen a la formulación son:

- . Sabor
- . Estructura
- . Textura
- . Apariencia
- . Secado de la superficie

Dependiendo del azúcar a utilizar, serán las características impartidas, que afectarán de manera distinta y especial a la estabilidad y apariencia del abrillantador.

Los diferentes tipos de azúcares que se pueden utilizar en combinaciones variadas son, (5):

- . Sacarosa
 - granulada
 - en polvo (6 azúcar glass)
 - invertida como jarabe
- . Edulcorantes de maíz
 - dextrosa ó glucosa
 - jarabes de maíz

Los factores a considerar son, (4):

- . Solubilidad a diferentes temperaturas.
- . Habilidad de absorción ó pérdida de humedad a varias humedades relativas.
- . Características deseadas en la cobertura, como: textura, brillo, dulzor, etc...
- . Tipo de cristalización, tamaño de cristal, etc...
- . Tiempo de secado.

A) SACAROSA:

La sacarosa es lo que usualmente se conoce como azúcar común. Se obtiene de la remolacha y caña de azúcar. Es un disacárido formado por unidades de glucosa y fructosa. Es el edulcorante más utilizado desde hace mucho tiempo, y en las coberturas sigue siendo el preferido, aunque no el único.

La sacarosa se puede utilizar ya sea en forma granulada, ó en polvo. También pueden emplearse pequeñas cantidades de azúcar invertido para proporcionar brillo como se verá más adelante.

Se debe tener presente que entre más blanca sea, será mejor, para obtener una transparencia óptima, ya que como azúcar morena, impartirá un sabor y color característicos.

Las características generales que presenta la sacarosa -- (sin inversión), son, (2,7):

- . Tiene un dulzor muy aceptado, el cual se percibe rápidamente y alcanza máxima intensidad en poco tiempo.
- . No presenta sabores secundarios.
- . Tiene un alto grado de solubilidad.
- . En alimentos ácidos, se invierte parcialmente, originando cantidades equivalentes de dextrosa y fructosa.
- . En coberturas, por lo general: un nivel más bajo de lo normal dará mayor transparencia, pero un secado lento, y será ligeramente menos estable. Por el contrario, un nivel superior al normal, originará una cobertura turbia, que seca más rápido y tiene mayor estabilidad.
- . Ayuda a distribuir al estabilizante durante el hervido, y controla la velocidad de secado en la superficie de la cobertura.

Las ventajas y desventajas que representa el uso de los diferentes tipos de sacarosa en la fórmula del abrillantador son:

1) Sacarosa granulada:

Se puede utilizar en la formulación en el paso de hervido, ya que así se disolverá fácilmente. Si se usara en un paso final de mezclado, sin tratamiento térmico, sólo se disolvería una porción, y la que no se disolvió produciría una cobertura arenosa y opaca, (4).

2) Sacarosa en polvo:

Es la forma más utilizada, ya que está procesada especialmente para reemplazar a la granulada, con las mismas características, pero con la ventaja de crear una apariencia más brillante y una textura sin arenosidad. Además, a menor tamaño de cristal hay una mayor rapidez en la solubilidad. El tamaño de grano más utilizado en coberturas es de: 10x ó 6x, (4).

3) Sacarosa invertida:

Se utiliza en forma de jarabe, y es una solución de sacarosa, fructosa y dextrosa. Por tener un porcentaje de inversión,

presenta diferentes características que la sacarosa no invertida, y es muy utilizada en los brillantadores, pero a niveles muy bajos, ya que altos niveles serán desfavorables.

Las características que imparte son:

- . Da viscosidad,
- . Es humectante, actúa formando una capa microscópica de brillo. Si sus niveles son excesivos, lo que ocasionará será una sinéresis y que se funda, (4).
- . Imparte sabor agradable y refrescante.
- . Controla la cristalización de la sacarosa, (8).

B) EDULCORANTES DE MAÍZ.

Los edulcorantes de maíz son los carbohidratos preparados por la hidrólisis del almidón de maíz.

En muchos casos han venido a reemplazar a la sacarosa, da que ésta en ocasiones es más costosa. Tienen varias características diferentes a la sacarosa, lo que los hace ser una alternativa y en ocasiones un reemplazo total.

Entre las ventajas que representan en general están las siguientes, (9):

- . Dulzor, el cual varía mucho, pues va desde la fructosa, - (que es más dulce que la sacarosa), hasta las maltodextrinas, (que son prácticamente insaboras).
- . Cristalización, característica muy importante en la dextrosa, por ejemplo.
- . Proporciona humectancia, lo cual se relaciona con el brillo.
- . Viscosidad.
- . Cohesividad y adhesividad.
- . Son solubles en agua fácilmente.
- . Son inhibidores o controlan la cristalización.
- . Son económicos.

Los principales procesos a los que se sujeta el almidón de maíz para obtenerlos son, (10):

1) Hidrólisis:

Es la operación clave. Se lleva a cabo con ácidos minerales, con enzimas, ó con una combinación de ambos. Dependiendo del grado de hidrólisis se obtendrán dextrosas y sacáridos intermedios, siendo todos, azúcares reductores. Las mezclas restantes de la hidrólisis son convenientemente identificadas por las cantidades de azúcares reductores que contiene, y el total de ellos se analiza y compara con el poder reductor de la dextrosa (que es 100%). De aquí se obtiene el equivalente de dextrosa (ED), el cual varía con el grado de hidrólisis y es un indicador del porcentaje de grupos reductores terminales. Este indicador sirve como base para la clasificación de los edulcorantes de maíz.

2) Refinación:

Es el proceso de remoción de impurezas indeseables, por filtración, adsorción con carbono, ó intercambio iónico, ó una combinación de los tres.

3) Concentración:

Por evaporación ó por secado

4) Isomerización y enriquecimiento:

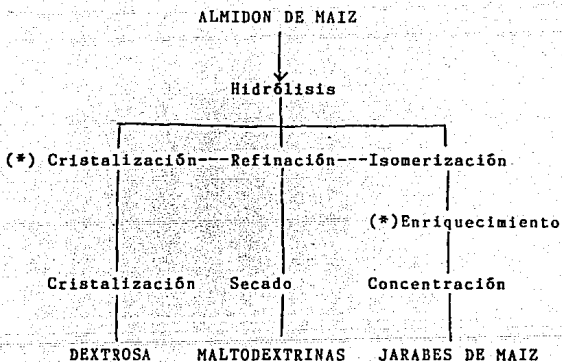
Utilizados únicamente para los jarabes de maíz ricos en fructosa (HFCS). La isomerización es el proceso enzimático que convierte la dextrosa a fructosa; y el enriquecimiento es una separación que origina los jarabes HFCS.

En el cuadro II se observa el proceso de manufactura de estos edulcorantes.

De todos los edulcorantes, los que pueden utilizarse en los abrillantadores junto con la sacarosa, son: la dextrosa, y los jarabes de maíz (excepción de los jarabes HFCS).

C U A D R O I I

MANUFACTURA DE LOS EDULCORANTES
DE MAIZ, (10).



(10) HORN
Cereal Foods World
26(5):219 1981

C U A D R O I I I

CLASIFICACION DE LOS EDULCORANTES
DE MAIZ, (10).

EDULCORANTES DE MAIZ

Maltodextrinas	Jarabes de maiz	Jarabes HFCS	Dextrosa
20 ED	20-37 ED 38-57 ED 58-73 ED mayor 73 ED		99.5 ED

(10) HORN
Cereal Foods World
26(5):219 1981

En base a su ED, los edulcorantes de maíz se clasifican en cuatro categorías, según se muestra en el cuadro III, (10).

. DEXTROSA

También conocida como glucosa. Comercialmente se conoce en tres formas: alfa monohidratada, alfa anhidra, (ambas en polvo), y en forma líquida. En los abrillantadores es más común utilizar la alfa monohidratada en polvo, y las ventajas que impartan son, (4,11):

- . Provee una alta presión osmótica, evitando el crecimiento de microorganismos.
- . Da humectancia, lo cual provee una apariencia brillante, y una sensación de frescura.

Sus propiedades deben ser muy bien conocidas, ya que utilizada en grandes cantidades puede alterar la estabilidad de la cobertura.

Sus características más importantes son, (4, 7, 10):

. Solubilidad y cristalización:

Son muy importantes, ya que exhiben un comportamiento complejo. A temperatura ambiente, su solubilidad es baja, (lo cual, hasta cierto punto es deseable en el abrillantador), pero incrementa rápidamente a medida que se eleva la temperatura, (lo que puede suceder en el almacenamiento y distribución). En este caso, se disolverá y cristalizará en cristales grandes y largos, los cuales, al enfriar originarán una cobertura arenosa. Su solubilidad casi se duplica entre los 20°C y los 60°C, mientras que la sacarosa aumenta su solubilidad en sólo 10%, en el mismo rango, como se puede apreciar en el cuadro IV, (4).

C U A D R O . I V

EFFECTO DE LA TEMPERATURA EN LA SOLUBILIDAD
DE LA SACAROSA Y DE LA DEXTROSA.

(4)

TEMPERATURA		% SOLIDOS SOLUBLES	
°C	°F	Sacarosa	Dextrosa
68	20	67	48
77	25	68	51
86	30	69	55
104	40	70	62
122	50	72	71
140	60	74	75

(4) DUBOIS

Cereal Foods World
25(7):391 1980

Lo usual es utilizar a la dextrosa en combinación con otros sacáridos (en este caso, con sacarosa), ya que así se inhibe su cristalización un poco por interferencia en la red de cristalización ó por difusión de la dextrosa en solución.

. Absorción de humedad:

Absorbe considerable humedad del ambiente, más que la sacarosa. De ahí que también sus niveles deban ser bajos. Esta característica de ser humectante provee al abrillantador de ese brillo tan deseado.

. Dulzor:

En cuanto a dulzor, estimula lento a los sentidos, alcanzándose tarde su máxima intensidad. Muy concentrada presenta sabores secundarios tal vez desagradables.

. JARABES DE MAIZ:

Los jarabes de maíz son la solución acuosa, purificada y -- concentrada de azúcares reductores y sacáridos superiores, representando varios grados de hidrólisis del almidón de maíz. Su ED es igual ó mayor a 20, y según el mismo, se clasifican en, (10):

- . Tipo 1.- ED 20-37 : Tienen un dulzor regular, son usados para impartir textura y cuerpo.
- . Tipo 2.- ED 38-57 : Son altos en maltosa, por lo que -- son más dulces. Se usan para proveer sólidos, textura, viscosidad, y control de la cristalización.
- . Tipo 3.- ED 58-73 : Son muy dulces y fermentables, dan reacciones de oscurecimiento, son humectantes y controlan la cristalización.
- . Tipo 4.- ED mayor a 73 : Tienen las mismas características -- que los anteriores, pero además, proveen de una presión osmótica muy alta, por lo que controlan mejor el -- crecimiento de microorganismos. Su uso es limitado en confitería por ser demasiado higroscópico.

Los jarabes de maíz se venden en base a grados Baumé, (medida del contenido de sólidos).

Su uso en las formulaciones de barnices es opcional y en caso de elegirse, la cantidad a utilizar debe ser muy baja, ya que por ser humectantes, altas cantidades provocarán un fundido y sinéresis.

De todas sus características, las que son útiles a los a--brillantadores y que son razón de su uso son, (4):

- . Retardan y controlan la cristalización de la dextrosa, con lo que se obtiene una textura más suave.
- . Son humectantes, con lo que se obtiene brillantez, y en productos empacados, imparte mayor vida de anaquel.
- . Al usarse con sacarosa, tienen efecto sinérgico en -- cuanto al dulzor, ya que mezclas de jarabe de maíz/saca rosa, pueden llegar a tener una dulzura equivalente a -- una solución de sacarosa al 100%.

En resumen, la formulación de un abrillantador puede con--tar con mezclas de los azúcares anteriormente estudiados, siempre y cuando el componente mayoritario sea la sacarosa, y si se usan jarabes de maíz ó invertidos, que éstos sean en una concen--tración muy pequeña.

2.6.3 ESTABILIZANTES HIDROCOLOIDES.

Las gomas ó hidrocoloideas se definen como cualquier políme--ro que se pueda disolver ó dispersar* en agua, interaccionando con ella de tal manera que formen partículas coloidales altamen--te hidratadas, produciendo soluciones viscosas ó geles, (6, 12).

* Cabe distinguir entre ambos términos, dispersión y disolución (13):

Dispersión: Separación de las partículas individuales del hi--drocoloide, al ponerse en contacto con el líquido.
Disolución: Hidratación de cada una de esas partículas.

Los hidrocoloides son conocidos desde los tiempos antes de Cristo. La goma arábiga se menciona en el Antiguo Testamento, y las algas marinas han sido siempre bien conocidas y utilizadas por sus propiedades gelificantes.

Durante la Primera Guerra Mundial, el uso de los hidrocoloides se incrementó, debido a las necesidades cada vez mayores de conservar a los alimentos en buenas condiciones. En la actualidad, los hidrocoloides se usan en la mayoría de los alimentos procesados, pues presentan una gama muy variada de propiedades funcionales que contribuyen a mejorar su calidad en gran medida.

Se pueden obtener de diversas fuentes, y según éstas, se considera la clasificación que se muestra en el cuadro V, (12).

-FUNCIONALIDAD DE LOS HIDROCOLOIDES.

Los hidrocoloides tienen funciones muy variadas, las cuales se muestran en el cuadro VI, (12).

De todas las funciones mostradas en dicho cuadro, las que son deseadas para la elaboración de abrillantadores son:

- . Viscosidad
- . Suspensión
- . Gelificación
- . Control de cristalización
- . Formación de película protectora
- . Prevención de la sinéresis en geles
- . Efectos sinérgicos con otros hidrocoloides.

C U A D R O No. V

CLASIFICACION DE HIDROCOLOIDES (12)

NATURALES	SEMISINTETICOS	SINTETICOS
EXUDADOS DE PLANTAS . Arábiga . Tragacanto . Karaya . Ghatti	DERIVADOS DE CELULOSA . Carboximetilcelulosa . Metilcelulosa . Hidroxipropilmetilcelulosa . Metiletilcelulosa . Hidroxipropilcelulosa . Celulosa microcristalina	POLIMEROS DE VINILO . PVP* . Alcohol polivinílico . Polímeros carboxivinílicos
EXTRACTOS DE PLANTAS Y FRUTAS . Pectinas . Arabinogalactanos	FERMENTACION MICROBIANA . Dextrano . Xantano . Gellan	POLIMEROS ACRILICOS . Acido poliacrílico
HARINA DE SEMILLAS . Algarrobo . Guar . Membrillo	DERIVADOS DE ALMIDON . Pregelatinizados . Modificados: Carboximetil Hidroxietyl Hidroxipropil	POLIACRILAMIDA POLIMEROS DE OXIDO DE ETILENO
EXTRACTOS DE ALGAS . Agar . Alginatos . Carrageninas . Furcellarano	OTROS . Pectina bajo metoxilo . Pectina alto metoxilo . Alginato de propilenglicol . Alginato trietanolamínico . Algarrobo carboximetílico . Guar carboximetílico	
ALMIDON DE CEREALES . De semillas: maiz, trigo, arroz, sorgo, maiz céreo. . De tubérculos: papa, tapioca, arrurruz.		
PROTEINAS ANIMALES: . Gelatina . Alúmina . Caseína		
PROTEINAS VEGETALES . Soya		* PVP: Polivinilpirrolidona.

(12) GLICKSMAN, N.
 Gum Technology in the food industry.

C U A D R O N o. V I

FUNCIONALIDAD DE LOS HIDROCOLOIDES, (12)

FUNCIONES	APLICACIONES
Adhesivo	Panes glaseados ó con brillo
Agente ligante	Embutidos.
Inhibidor de cristalización	Helados, jarabes de azúcar, abrillantadores, glasés...
Agente clarificante	Cerveza, Vino.
Revestimiento	Confitería
Estabilidad de emulsiones	Salsas para ensalada
Encapsulante	Sabores en polvo
Formación de película	Embutidos, coberturas
Agente floculante	Vinos
Estabilizante de espuma	Cerveza, merengue
Agente gelificante	Pudines, mousses, coberturas
Estabilizante	Quesos, mayonesas, salsas.
Inhibidor de sinéresis	Quesos, alimentos congelados, coberturas, gelatinas, etc.
Agente espesante	Jaleas, rellenos de pays, salsas, coberturas, etc.
Protección del coloide	Emulsiones de sabor
Suspensión de sólidos	Leche de chocolate, etc..
Aumenta el volumen	Carnes procesadas.

(12) GLICKSMAN, M.
 Gum Technology in the food industry.
 Academic Press, N.York. 1969

- Viscosidad:

Los hidrocoloideos absorben la fase líquida, originando así un espesor del sistema. Este efecto es responsable a su vez de otras funciones como son:

- . Suspender partículas sólidas,
- . Dispersar a un sólido en un líquido,
- . Estabilizar las fases líquido-sólido-gas.

Para elegir un hidrocoloide que imparta esta propiedad, se deben conocer muy bien sus características, ya que en ocasiones pueden sufrir alteraciones que producen una baja viscosidad por factores como:

- . Uso incorrecto del hidrocoloide en cuanto a concentración, temperatura, mezclado, grado de dispersión, solvatación.
- . Presencia ó ausencia de un coloide liofílico, ó de --cargas eléctricas, etc...

- Suspensión:

Pueden suspender pequeñas partículas en un medio líquido espeso. Esto se debe a que el hidrocoloide (con afinidad por la fase continua) forma una capa alrededor de las partículas, permitiendo así la conexión de ambas fases. De esta manera, se estabiliza la suspensión. Generalmente, para optimizar esta estabilidad, se agrega un surfactante que disminuya la tensión superficial.

- Gelificación:

Son sistemas formados por una red continua de macromoléculas interconectadas y entrelazadas en una estructura tridimensional en la que la fase continua de agua queda atrapada. Mientras todos los hidrocoloideos tienen propiedades espesantes, comparativamente pocos son los que gelifican. Las diferencias en el modo de gelificación, la calidad y estabilidad de los geles, son tan grandes, que en ocasiones es difícil que algún hidrocoloide sustituya a otro en este aspecto.

Los hidrocoloideos capaces de formar sistemas gelificantes y sus características más importantes son mostradas en el cuadro VII, (14).

C U A D R O N o. V I I

PRINCIPALES SISTEMAS DE GELIFICACION DE
HIDROCOLOIDES, (12)

HIDROCOLOIDE	SOLUBILIDAD *C & F	AFECTAN ELECTROLITOS	EFFECTO DEL CALOR	MEC. DE GELIF. **T & Q	CONDIC. ESPECIALES	TEXTURA Y APARIENCIA
Gelatina	C	No	Funde a T. amb.	T	-	Elástico Transparente.
Agar	C	No	Soporta autoclave	T	-	Quebradizo Claro
K-Carrag.	C	No	Soporta T. amb.	T	Requiere K+	Quebradizo claro
K-Carrag. algarrobo	C	No	-	T	Requiere K+	Elástico turbio
I-Carrag.	C	No	-	T	Requiere Ca++	Elástico claro
Furcellarano	C	No	-	T	Requiere K+	Quebradizo claro
Alginato de sodio	F	Si	No termo reversible	Q	Reacc. con Ca++	Quebradizo Claro
Pectina alto metox.	C	No	-	T	Requiere Azúcar y ácido.	Untable Claro
Pectina bajo metox.	F	Si	-	Q	Reacc. con Ca++	Quebradizo claro
Arábica	F	No	-	T	-	Suave Claro
Almidón modif.	C y & F	Si	Retrograda	T	-	Untable turbio
Xantano algarrobo	C	No	-	T	-	Elástico Turbio

(12) GLICKSMAN
Gum Technology in the food Ind.

* Caliente & Frio
** Térmico & Químico

- Control de la cristalización:

Algunos hidrocoloides pueden controlar, e incluso inhibir el desarrollo de cristales indeseables. Esto lo pueden realizar por cualquiera de los siguientes caminos:

- . Compatibilidad.- Con la superficie de los cristales que se forman, alterando el patrón normal de formación de cristales, y evitando que sigan creciendo. Esto lo realizan hidrocoloides con grupos carboxilos que puedan interactuar con las cargas positivas de los cristales.
- . Competitividad.- Cuando los cristales compiten con el hidrocoloide por las moléculas de agua.
- . Combinación.- Del hidrocoloide con impurezas, ó iones que favorezcan el desarrollo de cristales. Un ejemplo es cuando el hidrocoloide se combina con el calcio evitando el desarrollo de cristales de azúcar.

- Formación de película protectora:

Algunos hidrocoloides forman una película protectora en los alimentos, previniendo la pérdida de humedad, retardando la presencia de microorganismos, y mejorando la apariencia del producto, ya que proveen brillo en la superficie.

- Efectos sinergistas:

Las propiedades de solución de una goma ó hidrocoloide, pueden a veces ser modificadas por interacciones con otros hidrocoloides.

Estas interacciones modifican la funcionalidad de la goma, alterando sus propiedades de reología, solubilidad y gelificación, así como la reactividad.

Los efectos sinergistas más importantes en hidrocoloides son, (15):

- . Modificación de las propiedades de flujo,
- . Incremento en la solubilidad,
- . Aumento ó disminución de la viscosidad,
- . Formación de gel, aún cuando una de las gomas a nivel individual no tenga esa capacidad.

Todo esto trae como resultado un incremento en la utilidad de los hidrocoloides en numerosas aplicaciones, y mayor flexibilidad en la selección de ellos.

C U A D R O N o. V I I I

PROPIEDADES FUNCIONALES DE LOS PRINCIPALES
HIDROCOLOIDES, (13)

F U N C I O N	H I D R O C O L O I D E									
	GUAR	ALGA	CMC	CARR	XANT	GEL	ALGI	ALM	PEC	AG
Espesante	XX	XX	X	X	XX	X	X	X	X	-
Estabilizante de emulsiones	X	X	X	X	XX	X	X	X	X	-
Suspensante	X	-	X	X	XX	-	-	XX	-	-
Gelificación	-	X*	-	XX	X*	XX	XX	XX	XX	XX
Control de cristalización	X	-	XX	X	XX	-	-	XX	X	X
Ligador de agua	XX	X	X	X	XX	X	X	X	X	X
Estabilizante de espumas	-	-	-	X	X	X	-	-	-	-
Sensación en la boca	-	-	X	X	X	XX	X	-	X	-
Efectos sinergistas	X	XX	X	X	XX	-	X	X	-	X

ALGA= Algarrobo

CMC = Carboximetilcelulosa

CARR= Carrageninas

XAN = Xantano

GEL = Gelatina

ALGI=Alginatos

ALM = Almidones

PEC = Pectina

AG = Agar

X = Capacidad Media

XX = Capacidad alta

X*=Bajo condic. esp.

(13) Rhodigel 200. Fine Mesh Xanthan Gum
RHONE-POULENC SPECIALITES CHIMIQUES. 1984

C U A D R O N o. I X

SOLUBILIDAD DE LOS PRINCIPALES HIDRO-
COLOIDES, (14)

HIDROCOLOIDE	SOLUBILIDAD EN AGUA		TEMPERATURA DE
	a 20°C	a 100°C	SOLUCION (°C)
ALGARROBO	-	+	Aprox. 85
GUAR	+	+	-
PECTINA ALTO METOX.	+	+	-
PECTINA BAJO METOX.	+	+	-
ALGINATO DE SODIO	+	+	-
AGAR	-	+	90 - 100
K-CARRAG/I-CARRAG	-	+	Aprox. 70
L-CARRAG.	+	+	-
CMC	+	+	-
CELULOSA MICROCRIST.	*Esponja	*Esponja	* Esponja
ALMIDON	*Esponja	*Esponja	* Esponja
XANTANO	+	+	-

CMC = Carboximetilcelulosa

* ESPONJA= Es decir, absorbe agua, hinchándose y espesando hasta gelificar; sobre todo en el almidón.

(14) GLICKSMAN, M
Polysaccharides in Foods
Butterworths. USA 1979

- FACTORES QUE SE DEBEN TOMAR EN CUENTA PARA LA SELECCION DE UN HIDROCOLOIDE, (12):

Dado que varios hidrocoloides pueden presentar las características y funciones deseadas, es importante considerar los siguientes factores, para hacer la selección más óptima de éstos. Los factores son:

- . Tipo de producto al que se va a aplicar: deshidratado, - en polvo, congelado, líquido, aerosol, etc.
- . Apariencia deseada en el producto final: transparente, - opaco, con color, etc.
- . Viscosidad
- . Propiedades de emulsificante ó no.
- . Propiedades especiales: formador de película, estabilizante de espuma, etc.
- . Uso de la combinación de varias gomas: efecto sinergista ó antagonista.
- . Estabilidad a una temperatura, humedad, tiempo, etc.
- . Compatibilidad con los constituyentes del sistema.
- . Conocer la concentración óptima de la goma.
- . Conocer si es soluble en el sistema.
- . Toxicología, dosificación, etc.
- . Costos, disponibilidad, etc.

- LEGISLACION Y TOXICOLOGIA DE LOS HIDROCOLOIDES, (16):

Se han realizado extensos estudios sobre la posible toxicología de los hidrocoloides para el hombre, demostrándose que, - en su mayoría, carecen de ella.

Principalmente, dos instituciones han tomado la iniciativa de evaluar y establecer los criterios de seguridad sobre los hidrocoloides, ellas son, FAO/WHO (Food and Agriculture Organization/World Health Organization) y CEE (Comunidad Económica Europea).

Basándose en pruebas de alimentación con animales experimentales, se extrapolaron los datos de seguridad de estos aditivos para su uso en el hombre.

Un parámetro importante que se deriva de aquí es el consumo diario aceptado (CDA). Un aditivo considerado seguro para su uso en alimentos, es designado como "legalizado", indicado por --

FAO/WHO con una letra mayúscula A, la cual la subdividen en:

- . A1 = completamente aceptado
- . A2 = temporalmente aceptado,

mientras que B significa que está pendiente de una evaluación toxicológica más completa, y C significa que no puede utilizarse en alimentos.

La CEE designa un aditivo legalizado con la letra mayúscula E, seguida por tres dígitos, específicamente, en el caso de los hidrocoloides, los coloca en la serie de los E-cuatrocientos. Los que no tienen designación E, no pueden ser usados en los alimentos.

Ambos organismos concuerdan en el mismo consumo diario aceptado (CDA), habiéndose investigado este parámetro más por parte de FAO/WHO.

En algunos hidrocoloides aparece en la columna de CDA las letras N.F., que significan, "no especificado", indicando que no hay límite asignado para su uso en alimentos, siempre y cuando se utilicen buenas prácticas de manufactura.

C U A D R O No. X

PARAMETROS DE LEGALIZACION DE
HIDROCOLOIDES POR FAO/WHO Y CEE, (16)

HIDROCOLOIDE	CODIGO DE LEGISLACION		GDA
	FAO/WHO	CEE	(mg/Kg/día)
-EXTRACTOS DE ALGAS			
. Agar	A1	E-406	N.E.
. Ac. Alginico	A1	E-400	0-50
. Alginato de amonio	A1	E-403	0-50
. Alginato de Ca	A1	E-404	0-50
. Alginato de K	A1	E-402	0-50
. Alginato de Na	A1	E-401	0-50
. Alginato de propilenglicol	A1	E-405	0-25
. Carragenina y Furcellarano	A1	E-407	0-75
- DERIVADOS DE PLANTAS, MICRO ORGANISMOS.			
. Pectina alta y baja en metoxilo	A1	E-440a	N.E.
. Pectina amidada	A1	E-440b	N.E.
. Goma arábica	A1	E-414	N.E.
. Algarrobo	A1	E-410	N.E.
. Guar	A1	E-412	N.E.
. Ghatti	B	-	-
. Karaya	B	-	-
. Tragacanto	B	E-413	-
. Xantano	A1	E-415	0-10

HIDROCOLOIDE	CODIGO DE LEGISLACION		CDA (mg/Kg/dia)
	FAO/WHO	CEE	

-DERIVADOS DE
CELULOSA

. Celulosa en polvo	Al	E-460ii	N.E.
. Celulosa microcristalina	Al	E-460i	N.E.
. Hidroxipropilmetilcelulosa	Al	E-464	0-25
. Hidroxipropilcelulosa	Al	E-463	0-25
. Metilcelulosa	Al	E-461	0-25
. Metiletilcelulosa	Al	E-465	0-25
. Carboximetilcelulosa de sodio	Al	E-466	0-25
. Etilcelulosa	Al	-	0-25
. Etilhidroxietilcelulosa	B	-	-

-DERIVADOS DE
ALMIDON

. Almidón natural	Al	*	N.E.
. Almidón pregelatinizado	Al	*	N.E.
. Almidones modificados	Al	*	N.E.

CDA = Consumo diario aceptado

N.E. = No especificado

* Almidon y sus derivados tienen una legislación diferente a los demás hidrocoloides en la CEE, ya que los consideran alimentos, más que aditivos, (16, 17).

(16) OVERSEEM, A.

Gums and stabilisers for the food industry 2
P. Press G. Britain 1984

- HIDROCOLOIDES MAS COMUNES QUE PUEDEN USARSE COMO ESTABILIZANTES DE ABRILLANTADORES Y CARACTERISTICAS.

La estabilidad de los abrillantadores es proporcionada por las bases de hidrocoloides (ya sea de uno sólo, ó de la combinación de varios de ellos).

Las propiedades pronunciadas con las que deben contar son: gelificación, suspensión, estabilización, formación de película, y retención de agua, (3), ya explicadas con anterioridad.

Por lo general se usan en polvo, y las concentraciones varían dependiendo del tipo de hidrocoloide y grado de estabilidad deseada. Lo más común es usar combinaciones, ya que se complementan las propiedades de cada uno que, sumadas, dan características finales muy efectivas. Además, muchas veces se aprovechan efectos sinérgicos que pueden resultar muy útiles.

En el caso de los abrillantadores, la selección del hidrocoloide (ó hidrocoloides) más adecuados para la formulación se basa en los siguientes factores principales, (3):

- 1.- Tipo exacto de cobertura deseada:
Ingredientes: Agua-azúcar,
Apariencia: Transparente, brillante,
Textura: Suave, no arenosa.
- 2.- Tipo de producto a cubrir:
Pan dulce, y tartas de fruta y de queso.
- 3.- Método de empaque del producto final ya aplicado:
 - a) Colocados en charolas y éstas en aparadores para venta directa.
 - b) ó envueltos en celofán ó polietileno, en cuyo caso requiere mayor vida de anaquel.

Esto es importante saberlo, ya que se requiere menor estabilidad en los productos no envueltos que en los que son envueltos, y de estos últimos, se requiere mayor estabilidad al usar envoltura de polietileno que celofán.

4.- Método de aplicación:

- a) Manual
- b) Mecánico . (Importante por la fluidez que debe tener la cobertura).

5.- Tiempo de secado:

El cual se toma desde el momento que es aplicado el barniz, hasta que se coloca en bastidores. Depende de las cantidades de producción y de la urgencia con que el -- producto panadero deba ser removido del lugar de aplicación, y pueden ir desde un minuto hasta 60 minutos.

6.- Distribución comercial:

- a) De la cobertura,
- b) Del producto ya cubierto (si es que se distribuye)

7.- Condiciones climáticas de cada estación, en el almacenamiento:

Se deben considerar todos los climas posibles a los que puede estar expuesta la cobertura, pues éstos pueden -- ser desde climas cálidos, hasta los más fríos, y la temperatura es un factor muy importante para la estabilidad de éstas.

Como ya se había mencionado, existen dos tipos de bases de hidrocoloides en cuanto a su solubilidad:

- . Tipo "hervido", que requieren calentamiento para su solubilidad y activación.
- . Tipo "no hervido", que se solubilizan en frío.

Los más comunes son los primeros, por proveer mayor estabilidad.

Los hidrocoloides más utilizados en coberturas en general, son, (5) :

- . Agar,
- . Alginatos,
- . Carragenina (Kappa),
- . Goma arábiga,
- . Algarrobo,
- . Guar.

- . Pectinas,
- . Gelatina (muy poco),
- . Xantano,
- . Derivados de celulosa,
- . Almidones modificados:
(de maíz, tapioca, papa)

De éstos, los que requieren activarse con calentamiento, - son: agar, gelatina, pectina, almidones (algunos), algarrobo, - y k-carragenina. Los demás pueden solubilizarse en frío.

A continuación se analizarán las características que cada uno posee, así como los sinergismos que tienen entre sí para poder hacer la mejor selección de ellos.

- A G A R

Es el extracto seco de algas rojas del género Gelidium Gracilaria, (12). Consiste en una mezcla de dos polisacáridos: agarosa y agaropectina.

Es insoluble en agua fría, pero soluble en agua caliente arriba de 85-90°C. No tiene efecto espesante, (19), sino gelificante, pues en el agua hirviendo produce un gel muy firme y de los más fuertes, a concentraciones tan bajas como 0.5-0.1%, (5).

Es único, en la propiedad de formar geles con un punto de fusión alto: (80-90°C), y una temperatura de cuajado relativamente alta (30-40°C), esto es, el gel no fundirá a las temperaturas en las que se exponen en el mercado los productos, propiedad de mucha utilidad en coberturas. El gel se caracteriza por ser traslúcido, termorreversible, muy rígido, quebradizo, de forma definida, resistente al calor, y una sinéresis muy alta, (18,14).

Las desventajas de sinéresis y quebrado, se pueden modificar agregando otros hidrocoloides, (15), como algarrobo, que da una textura más suave y elástica, disminuyendo notablemente la sinéresis.

La adición de goma arábiga le da un efecto suavizante. La unión de 16% de carragenina, 34% de agar, 33.3% de algarrobo y 16.6% de cloruro de potasio, da un gel muy elástico, cohesivo y fuerte, (15).

Con altas concentraciones de azúcar, no se altera la gelificación, y el agar inhibe la formación de grandes cristales de este sacárido. En coberturas, esta propiedad es muy útil, pues a medida que éstas se enfrían, y se adhieren al producto, no se volverán arenosas, (2).

Es uno de los hidrocoloides más utilizados en la elaboración de coberturas y sobre todo, de abrillantadores, pero se debe usar con otros hidrocoloides. La pureza del agar debe ser muy alta, ya que sus propiedades funcionales varían mucho debido a este factor, (5). Debido a que esto no es fácil de solucionar, últimamente ha venido a ser reemplazada por almidones, pectinas, u otros hidrocoloides, a excepción de situaciones donde en realidad se requiera una estabilidad excepcional a temperaturas muy altas.

- GOMA ARABIGA

Es un exudado del árbol de Acacia. Es un polisacárido formado por el ácido arábigo, con calcio, magnesio y/o potasio, -- (14).

Es el hidrocoloide más soluble en agua. Sus soluciones muestran un flujo tipo newtoniano hasta concentraciones del 40%; al rebasar este porcentaje, la viscosidad va aumentando progresivamente, (19). Su viscosidad se ve afectada por la presencia de electrolitos, por largos periodos de hidratación, y por una temperatura alta. Únicamente es estable en un rango de pH de 4.5 a 5.5 .

Tiene propiedades adhesivas por lo que puede formar películas protectoras cuya aplicación principal es en coberturas, (5).

A niveles muy altos, y en combinación con azúcar forma geles suaves a concentraciones de 30-50%. Estos geles fueron los primeros que se usaron para hacer las gomas de confitería, y según la concentración del azúcar-goma así será entonces la textura, (14). Tiene la propiedad de inhibir la cristalización del azúcar.

En combinación con otras gomas da un efecto espesante, (12) siendo útil, como ya se mencionó, con agar; pero debilita los geles de alginatos y gelatina, (15).

Presenta la desventaja de ser muy variable en sus propiedades funcionales, en su cantidad, y en el mercado, por lo que -- tiende a ser reemplazado por otros hidrocoloides, ó bien, a usarse poco.

- P E C T I N A

Las pectinas son los ácidos pectínicos, formados por moléculas de ácido D-Galacturónico, unidas por enlaces alfa-D(1-4), cuyos grupos carboxilos están esterificados en diferente grado por grupos metilos ó en forma de sal, (20,6).

Son solubles en agua, y tienen capacidad de formar geles -- en presencia de sales, o de ácido-azúcar, dependiendo del tipo -- de pectina.

Comercialmente se extraen de la cáscara de frutos cítricos entre ellos, los más utilizados, son, (20):

- . Bagazo de manzana (15% pectina),
- . Cáscara de naranja y uva (25% pectina),
- . Cáscara de limón (35% pectina),
- . Cáscara de lima (50% pectina).

La fuente que da una mejor calidad de pectina es la lima, dando geles de mayor fuerza y claridad.

Dependiendo de las condiciones de producción, se obtienen diferentes tipos de pectina, con propiedades de gelificación también diferentes, que van desde un cuajado extra lento a uno muy rápido. Esto se debe al contenido de grupos metoxilo esterificados a los grupos carboxilo, a lo que se le da el nombre de GM (grado de metilación), que tiene gran influencia sobre las condiciones de solubilidad y gelificación. El máximo valor de GM obtenido es de 75, dando un cuajado extra rápido.

Las pectinas con un valor GM mayor a 50 son llamadas pectinas de alto metoxilo y las que tienen un GM menor a 50 se llaman pectinas de bajo metoxilo, ambas, con características completamente diferentes, como se muestran en el cuadro XI, (20).

Las pectinas de bajo metoxilo se comportan como una familia diferente de polímeros, más cercanamente se relacionan con los alginatos que con pectinas. Tienen un mayor número de carboxilos libres que de grupos $-COO-Ca-COO-$. La adición de azúcar causa deshidratación de la pectina obligándola a interaccionar más fuerte con los iones de calcio, y formando entonces geles más rígidos. Los geles se forman por enlaces cruzados entre el carboxilo y el calcio. La zona de pH a la que se forman es muy amplia.

Son útiles en alimentos donde el nivel de azúcar utilizado no puede ser tan alto como para las pectinas de alto metoxilo.

En la figura No. 1, se observa la estructura de las pectinas y la diferencia en el grado de esterificación que presentan, (14).

C U A D R O N o. X I

CLASIFICACION DE LAS PECTINAS EN BASE

A SU GRADO DE METILACION,

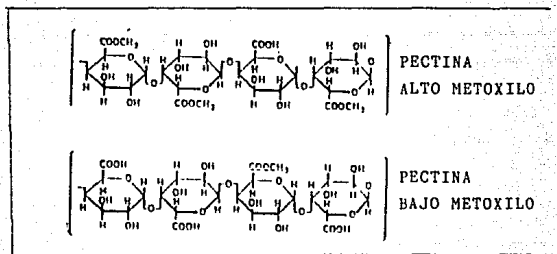
(20)

GRADO DE METILACION	RAPIDEZ DE CUAJADO	CLASIFICACION DE PECTINAS	
80			Gelifican
70	Rápido	ALTO	a:
60	Medio	METOXILO	pH aprox. 3
50	Lento		55% Solidos Solubles
40			Gelifican
30		BAJO	únicamente
20		METOXILO	con Calcio

(20) NEXPECTIN; Generalities, Specification and Application.
GRINDSTED PRODUCTS. Denmark 1984

F I G U R A No. 1

ESTRUCTURA DE
LAS PECTINAS



(14) GLICKSMAN, M
Polysaccharides in Foods.
Butterworths.
USA 1979

Las pectinas de alto metoxilo únicamente pueden gelificar en presencia de un 55% de sólidos solubles (azúcar), y un pH aproximado de 3.0. La acción del ácido es suprimir las repulsiones intermoleculares de cargas, en tanto que el azúcar compite con la pectina por el agua disponible, formándose entonces una red por la pectina, (18). Son únicas como agentes gelantes en productos donde el contenido de azúcar es muy alto, y son de bajo pH. Por las características de los abrillantadores, son éstas muy útiles como estabilizantes, aunque la mayoría de las veces, requieren un esfuerzo de otro hidocoloide. Sus geles son transparentes, termorreversibles, casi no presentan sinéresis.

Las ventajas que presentan sobre otros agentes gelantes - son: baratas, estabilidad máxima al pH natural de muchas frutas (útil en las coberturas de pies de fruta), una superior liberación de sabor y sensación en la boca, considerada por el consumidor como natural, dada su incidencia en las frutas, (20, 18).

La producción de un gel satisfactorio depende principalmente del pH y una correcta concentración de azúcar y pectina como se puede observar en el cuadro XII, (20).

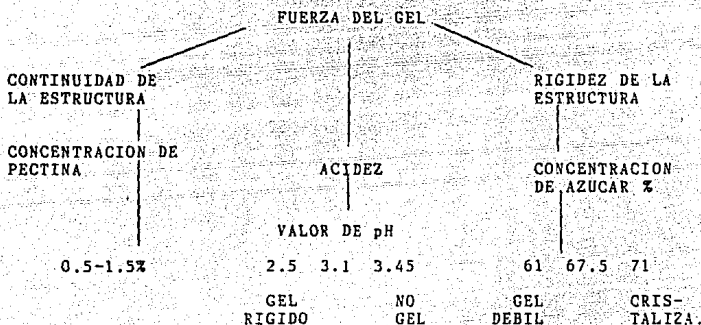
La fuerza del gel se constituye por la continuidad de la estructura, lo cual depende de la concentración de pectina. La rigidez ó firmeza, depende de dos condiciones: parcialmente del ácido expresado por pH, donde a pH muy bajo, se obtiene un gel rígido, y al contrario, con pH muy alto, no hay formación de gel; y por otro lado, si se observa la concentración de azúcar, se obtiene mayor firmeza a mayor concentración de ésta, ya que a niveles menores de 55% el gel será muy débil o no se formará. Sin embargo, un contenido muy alto de azúcar causará la cristalización de la misma.

Se ha observado que, las concentraciones aproximadas para obtener un gel satisfactorio son 0.4% de pectina, 65% de azúcar, (sólidos solubles), y pH de 3.1, (20). La temperatura de almacenamiento recomendada es menor a 50°C, para que la estabilidad sea duradera.

Con las gomas de algarrobo y carboximetilcelulosa se obtiene el efecto sinergista de mayor estabilidad.

C U A D R O N o . X I I

FACTORES QUE AFECTAN LA FUERZA DE LOS GELES
DE PECTINA, (20)



(20) MEXPECTIN: Generalities, Specification and Application.
GRINDSTED PRODUCTS. Denmark 1984

- A L M I D O N E S :

El almidón es el material de reserva de las plantas terrestres. Es una mezcla de dos polisacáridos: la amilosa, -cadenas lineares de alfa-1-4-glucopiranosas- y la amilopectina, -cadenas de alfa-4-glucopiranosas con ramificaciones con enlaces alfa-1-6.

En términos generales, los almidones contienen entre 15 y 30% de amilosa, aunque hay variedades céreas constituidas únicamente por amilopectina con un mínimo de amilosa, (6), ó bien, - algunos almidones únicamente con amilosa en 100%, (19). Comercialmente los almidones se extraen de algunos cereales ó tubérculos, expuestos en el cuadro XIII, (6).

El gránulo de almidón no es soluble en agua fría, hinchándose progresivamente a medida que la temperatura sube. A temperaturas mayores a 50-55°C ocurre una mayor absorción de agua - (40-55%), temperatura denominada "de gelificación", (6,26), la cual es diferente para cada tipo de almidón. Si la temperatura supera el margen de gelificación, y hay suficiente agua, la viscosidad aumenta hasta que empieza a perderse por la fricción entre moléculas que rompen la estructura (19).

El comportamiento de gelificación depende de la cantidad - de amilosa:amilopectina en el almidón, ya que muestran diferente comportamiento.

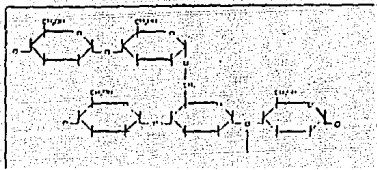
La amilosa tiene propiedades hidrófilas, ya que por ser lineal se asocia con las moléculas de agua y forma una red.

La amilopectina, ramificada, previene la asociación física entre moléculas, inhibiendo la gelatinización, (14).

Los almidones de tubérculos gelifican menos rápido que los de cereales, pero son muy claros y la red se vuelve más firme y compacta en reposo, (19). Los almidones de tubérculos dan menor viscosidad que los de cereales, (18).

F I G U R A No. 2

ESTRUCTURA DEL ALMIDON .



(14) GLICKSMAN, M.
Polysaccharides in Foods.
Butterworths.
USA 1979.

C U A D R O N o. X I I I

CLASIFICACION DE LOS ALMIDONES SEGUN SU
ORIGEN Y CARACTERISTICAS, (6)

ORIGEN	AMILOPECTINA (%)	AMILOSA (%)	TEMP. DE GELATINIZACION (°C)
MAIZ	73	27	62-72
MAIZ RICO EN AMILOSA	20-45	55-80	67-80
MAIZ CEREO	99-100	0-1	63-72
TRIGO	76	24	58-64
ARROZ	83	17	62-78
SORGO CEREO	99-100	0-1	67-74
PAPA	78	22	58-67
TAPIOCA	82	18	51-65

(6) BADUI, S.
Química de los Alimentos
Edit. Alhambra Méx. '84

Un fenómeno de importancia que sufren los geles de almidones es la retrogradación, que es la asociación de las moléculas lineares de amilosa con lo que aumenta la viscosidad, la turbidez y la precipitación, (18), y se puede efectuar por dos rutas, (6):

- 1.- La solución concentrada caliente forma un gel rígido, irreversible si se enfría rápidamente.
- 2.- Las soluciones diluidas, al reposar y enfriar lentamente, se vuelven opacas y precipitan.

Este fenómeno ocurre más rápido a temperaturas cercanas a los 0°C, (19).

La amilosa retrogradada no es posible invertirla, en cambio, la amilopectina sí, por medio de calentamiento, (19).

Las propiedades funcionales de los almidones son: gelificación, estabilización, humectancia, espesante, ligante, adhesivo, formador de películas (a altas concentraciones de amilosa), muy útiles todas en la industria alimentaria, (30).

El almidón nativo no las posee todas, por lo que en la actualidad se utilizan los almidones modificados (física ó químicamente), en un 42% aproximadamente, (27).

Las modificaciones se realizan en distinto grado y dependiendo de éste será el efecto de las propiedades funcionales. Los almidones modificados se agrupan en las siguientes clasificaciones:

- Pregelatinizados:

Tienen mayor facilidad de dispersión en agua fría que los nativos, (26), las suspensiones obtenidas son moderadamente estables. Para un efecto espesante se requiere mayor concentración de éste que del nativo, (19), y es utilizado en productos instantáneos, (18).

- Hidrolizados:

Tienen mayor resistencia al calor, (18), la viscosidad es menor al calentar, y al enfriar forma geles firmes, (19), que están protegidos contra la sinéresis, (27).

- Oxidados:

Tienen propiedades semejantes a los anteriores, con una mayor fuerza del gel, (19). Su uso está limitado en alimentos, pero en dulces y geles da propiedades de transparencia muy deseables, (27).

- Entrecruzados:

Son la contribución más drástica a la industria alimentaria porque al someterse a cocción con agua, la resistencia a "hincharse" en agua incrementa a medida que se aumenta el entrecruzamiento, (6, 19). Pueden producir geles, las soluciones son muy viscosas. Con ésteres ó éteres, se elimina parcialmente la retrogradación a un nivel aceptable, (18)

Algunos tienen actividad monofuncional, y éstos aumentan la vida de anaquel ya que disminuyen notablemente la sinéresis, problema que pueden presentar los de actividad polifuncional si el producto se trata a bajas temperaturas. Los polifuncionales se usan como espesantes y estabilizantes, y son útiles en alimentos que requieren claridad, brillo, transparencia y tendencia a la gelificación. En coberturas y rellenos para pies encuentran amplio uso, ya que soportan bajo pH. Para incrementar aún más estas propiedades, se usan los almidones céreos, sobre todo en condiciones de acidez, y cuando la claridad del gel es indispensable, (27).

Los almidones modificados han encontrado gran utilidad en alimentos, ya que resisten altas temperaturas, fuerzas de cizalla, y en ocasiones eliminan la necesidad de un cocimiento para su activación. En los geles, evitan en alto grado la sinéresis, y, como ya se analizó, algunos dan claridad y transparencia que no poseen los nativos, (27).

Los almidones y los azúcares no son compatibles entre sí, ya que estos últimos compiten por las moléculas de agua, evitando así la hidratación del almidón. A altas concentraciones de azúcar, reducen la velocidad de gelatinización así como la fuerza del gel, y disminuyen la viscosidad final. Los disacáridos ejercen mayor efecto que los monosacáridos, (6, 19), es por eso que se recomienda conocer primero el almidón y hacerlo una pasta y después adicionar el azúcar, (27).

En cuanto al pH son estables en un rango de 5 a 7, fuera de éste disminuye la temperatura de gelatinización y acelera el -- proceso de cocción. A pH muy ácido, se disminuye la viscosidad, (28), porque hay hidrólisis. Sólo los de enlaces cruzados sopor tan estas condiciones.

Los sinergismos que presentan son con varias gomas, rete--- niendo mejor el agua, (5), dando mayor claridad y textura, en re llenos y coberturas, (27). Con la goma guar se usa mucho para -- dar mayor viscosidad y abatir costos, (29).

Los almidones son más baratos que otras gomas, y en cobertu ras reemplazan a la goma arábica por este factor. Como ejemplo, en un barniz, el costo de la goma arábica sería de 4-6dils/Kg, y el del almidón modificado sería de 1.20-1.80 dils/kg, (30).

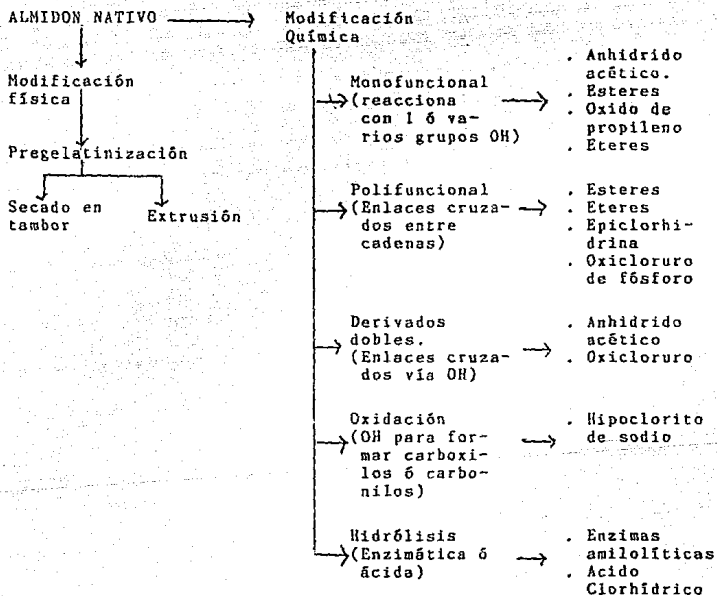
Se ha observado que para coberturas, los productos de tapioca (de enlaces cruzados), son muy adecuados, ya que dan una exce lante claridad y textura, (sobre todo acetilados), (30). Por o--- tro lado, las dextrinas (obtenidas por degradación ácida), de ta pioca, dan un gusto y transparencia muy interesantes. Tienen me nor viscosidad en caliente, no forman espuma al calentarse, ni -- se encogen en el enfriamiento. Se dispersan fácilmente en agua fría y su óptima solubilidad y aplicación es en caliente.

Estos productos de tapioca son muy utilizados en barnices - para pastelería y panadería, además de poder aplicarse antes del horneado, soportando las altas temperaturas sin perder la estabi lidad.

Sus viscosidades son similares a las de la goma arábica a - la misma concentración, pudiéndose utilizar en una relación aproxi mada de 40:60 (almidón de tapioca:agua), más una cantidad igual - de azúcar, (31).

C U A D R O N o. X I V

MODIFICACIONES QUIMICAS Y FISICAS DEL
ALMIDON, (27).



(27) ROGOLS, SAUL.

Starch Modifications: A view into the future.
Cereal Foods World, 31(12):869 1986

- C A R R A G E N I N A S :

Son extraídas de algas rojas del género Chondrus y Gigartina, (21). Compuestas por D-Galactosa sulfatada, existiendo tres fracciones:

- . la kappa carragenina, sensible al potasio,
- . la iota carragenina, sensible al calcio,
- . la lambda carragenina, aniónica, no sensible al potasio.

En la figura No. 3 se observan sus estructuras, (14). Las características que presentan entre sí son diferentes, de ahí que cada una tenga usos específicos. Las características de cada una de ellas se muestran en el cuadro XV, (14).

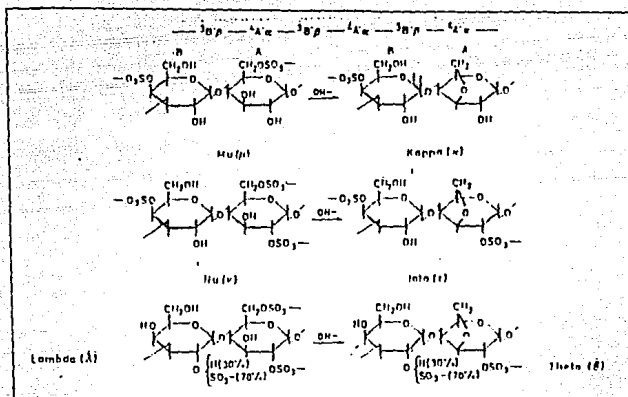
Su gelificación se explica en base a un mecanismo de doble hélice, (14), como se muestra en la figura No. 4, (14).

En presencia de azúcares, no se alteran sus propiedades de gelificación, sólo la iota-carragenina se tarda más en gelificar.

En presencia de otros hidrocoloides se exhiben sinergismos interesantes, por ejemplo, con la goma de algarrobo. Para formar un gel únicamente con carragenina se requiere de una concentración del 1.5%, en cambio, para formar un gel de carragenina-algarrobo se requiere de una concentración total de gomas del 0.5%, (22). La goma de algarrobo da a los geles de kappa-carragenina mayor elasticidad, fuerza, y los libera de la sinéresis, (18). En proporción 2:1 (carragenina:algarrobo), se da la máxima fuerza, y en proporción 1:4 se da la mínima sinéresis. Ambas se deben solubilizar antes de que ocurra la gelificación. El sinergismo de iota-carragenina con algarrobo se relaciona con la temperatura de gelificación y su reología, ya que de tixotrópicos los convierte a pseudoplásticos, y de una baja temperatura de gelificación la convierte en alta. La inclusión de bajos niveles de algarrobo (10:1, carragenina:algarrobo), incrementa esa temperatura y vuelve pseudoplástico el flujo.

F I G U R A No. 3

ESTRUCTURA DE LAS CARRAGENINAS.



(14) GLICKSMAN, M.
 Polysaccharides in foods.
 Butterworths.
 USA 1979

C U A D R O N o. X V

ANALISIS COMPARATIVO DE LAS CARACTERISTICAS
DE LAS DIFERENTES CARRAGENINAS, (14)

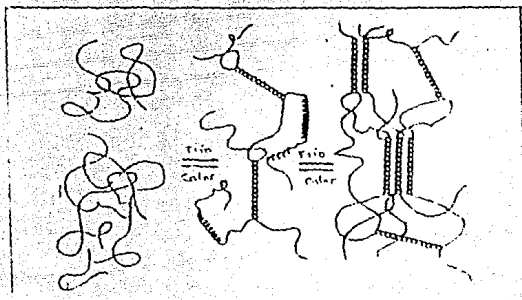
CARACTERISTICA	CARRAGENINA		
	KAPPA	IOTA	LAMBDA
. Solubilidad	Agua Caliente	Agua Caliente	Agua Fria
. Gelificación	Si gelifica	Si gelifica	No gelifica
. Observaciones del gel	Claro Quebradizo Requiere K Sinéresis Gelifica a Temp. amb. Estable a Temp. amb. Inestable a <u>conge-</u> <u>lación/</u> desconge- lación.	Claro Elástico Requiere Ca No sinéresis Gelifica a Temp. amb. Estable a Temp. amb. Estable a congelación; desconge- lación.	- - - - - - - -
. Reacciona con proteinas de la leche	SI	SI	-

(14) GLICKSMAN, M.
Polysaccharides in foods.
Butterworths. USA 1979

FIGURA No. 4

MECANISMO DE GELIFICACION DE LAS

CARRAGENINAS.



(14) GLICKSMAN, N.
Polysaccharides in foods.
Butterworths.
USA 1979

Otras interacciones interesantes son con almidón, guar, carboximetilcelulosa, etc...

La estabilidad máxima la obtienen a un pH cercano a la neutralidad. A pH menor a 5 se degrada, (12), en el siguiente orden: iota λ kappa . En abrillantadores se usa la kappa carragenina, pero en bajas concentraciones, y como hidrocoloide suplementario.

- A L G I N A T O S :

Son extraídos de algas pardas del género *Laminaria*, *Ascophyllum* y *Macrocystis*, (21). Son copolímeros lineares de ácido D-murónico y L-gulurónico, como se puede observar en la figura No. 5, (14).

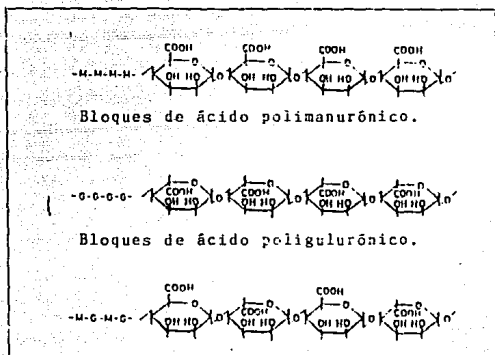
Como el ácido alagínico es muy poco soluble, se prefiere usar en forma de sal, existiendo los alginatos de sodio, potasio amonio, propilenglicol, solubles en frío y en caliente. El mezclado con azúcares facilita su dispersión, (12).

La viscosidad de sus soluciones es de tipo pseudoplástico y depende de la concentración, temperatura, pH y presencia de cationes. A altas temperaturas y pH menor a 4, la viscosidad disminuye. Es relativamente estable a rangos amplios de pH (4 a 10), y la presencia de cationes es tan importante, que dependiendo de la concentración de éstos exhibe las características mencionadas en el cuadro No. XVI, (21).

Entre estas características, la más importante y que los hace únicos es la de formar geles comestibles transparentes, instantáneamente, al reaccionar con una moderada concentración de calcio, (14), de acuerdo con el mecanismo de la figura No. 6.

FIGURA No. 5

ESTRUCTURA DE LOS ALGINATOS.



(14) GLICKSMAN, N.
Polysaccharides in foods.
Butterworths.
USA 1979.

C U A D R O N o. X V I

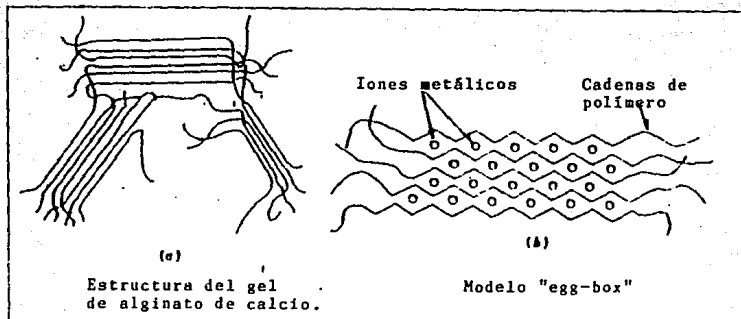
EVOLUCION DE UNA SOLUCION DE ALGINATO
DE SODIO EN FUNCION DE LA DOSIS DEL
CALCIO SUBSTITUIDO, (21)

-	↓	Alginato alcalino →	Pseudoplástico poco pronunciado
		Alginato poco substituido →	Pseudoplástico
Ca + 2		Alginato medio substituido →	Gelifica
+		Alginato totalmente substituido →	Precipita

(21) LECALLIER, PH.
Epaississants, Gelifiants, Stabilisants
Forum GIA France, 1984

F I G U R A No. 6

MECANISMO DE GELIFICACION DE
LOS ALGINATOS.



- (14) GLICKSMAN, M.
Polysaccharides in Foods.
Butterworths.
USA. 1979

Si en los alginatos predominan las unidades poliguluronato, entonces estos geles son rígidos, quebradizos, y con sinéresis. Si predominan las unidades polimannurónico, los geles son más elásticos, menos quebradizos y sin sinéresis.

No son termorreversibles, pero pueden ser fluidizados casi por completo si se cambian los iones, (21).

Se usan mucho en coberturas, porque evitan la sinéresis y el gel es transparente.

- A L G A R R O B O :

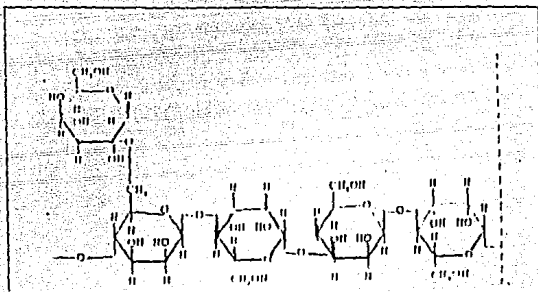
Es el endospermo refinado del agarrobo, (4), siendo un galactomanano no iónico, como el guar, pero con menos ramificaciones, como se observa en la figura No. 7, (12).

Es ligeramente soluble en agua fría, dispersándose mejor a temperaturas mayores a los 82°C, (4). Para obtener una mejor eficiencia como espesante es mejor dispersarla en agua caliente y dejar enfriar la solución. Las concentraciones usuales son menores al 1% y son soluciones blancas u opacas, a menos que se use una fuente de algarrobo especial y se purifique altamente. Esta es una de sus desventajas en su uso en abrillantadores.

Se afecta poco por cambios en pH, ya que tolera un amplio rango de 3 a 11, (12). Se usa mucho como agente sinérgico para dar elasticidad a los geles y disminuir la sinéresis, aún cuando este hidrocoloide por sí solo no gelifica, (5). En coberturas se usa como ingrediente suplementario, dado su efecto sinérgico.

F I G U R A No. 7

ESTRUCTURA DEL ALGARROBO.



(14) GLICKSMAN, M.
Polysaccharides in Foods.
Butterworths.
USA 1979.

- G U A R :

Es extraída de la semilla del árbol Guar. Su estructura es igual a la de la goma de algarrobo, un galactomanano con mayores ramificaciones y características más o menos parecidas.

Es soluble en agua fría, dando soluciones altamente viscosas con carácter tixotrópico a bajas concentraciones (menores de 1%), (18). No son afectadas sus soluciones en un amplio rango de pH, de 2 a 10.5, y los aniones la estabilizan aún más, (12).

Su capacidad para absorber agua es muy alta, (5), por lo que controla muy bien la sinéresis.

El azúcar disminuye su grado de hidratación, (19). Forma películas protectoras. Es compatible con otros hidrocoloides, (carragenina, xantano, etc.) incrementando sus viscosidades. (Por ser altamente ramificado, no da lugar a un sinergismo donde haya gelificación).

Se utiliza cuando se desea modificar la conducta del agua, dando propiedades de espesante, de estabilizante, y de absorción de agua.

En coberturas se usa como goma complementaria.

- XANTANO :

Es un polisacárido de alto peso molecular, constituido por unidades de manosa, glucosa y ácido gulurónico, obtenido por la fermentación de la glucosa por un microorganismo *Xanthomonas campestris*, (23, 14).

Se dispersa fácilmente en agua a cualquier temperatura, para dar soluciones coloidales de buena viscosidad de carácter pseudoplástico a bajas concentraciones, (13, 23). La viscosidad de sus soluciones es estable a rangos muy amplios de pH, temperatura y salinidad, lo que le distingue de muchos hidrocoloides, (24).

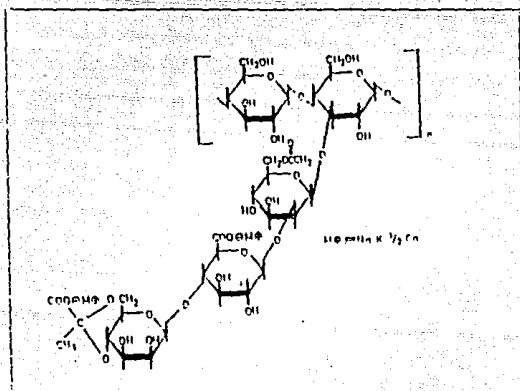
Tiene un excelente efecto liberador de sabor en la boca, y limita la sinéresis pues tiene la capacidad de absorber grandes cantidades de agua. Sus soluciones acuosas son traslúcidas. No tiene valor nutritivo, no es metabolizada por microorganismos y es inocua al hombre. Mantiene en suspensión los sólidos dispersos, es compatible con la mayoría de los hidrocoloides que a nivel individual no tienen la capacidad de gelificar, y que, combinados sí lo hacen. Los geles son termorreversibles, viscoelásticos, resisten grandes esfuerzos, y las concentraciones requeridas son tan bajas como un 0.5% global, en cantidades equivalentes. Se ha propuesto un mecanismo como el que se muestra en la figura No. 9, (14).

Con guar reacciona sinérgicamente incrementando las viscosidades a temperatura ambiente ó aún alta.

Con carboximetilcelulosa existe una excelente suspensión y adecuada reología (muy utilizado en coberturas), (18), ó bien, en mezclas con almidón y azúcar, da un mejor sabor, inhibe la sinéresis y, en el caso de coberturas, evita que éstas sean absorbidas por el pan. En estos casos, los niveles utilizados de xantano son del orden de 0.15 a 0.2% .

FIGURA No. 8

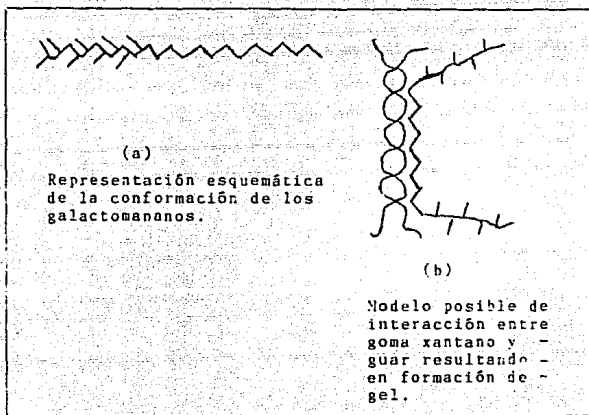
ESTRUCTURA DEL XANTANO.



(14) GLICKSMAN, M.
 Polysaccharides in foods.
 Butterworths.
 USA. 1979.

F I G U R A No. 9

MECANISMO DE GELIFICACION DEL
XANTANO.



- (14) GLICKSMAN, N.
Polysaccharides in Foods.
Butterworths.
USA 1979.

- DERIVADOS DE CELULOSA :

La celulosa es el material estructural de las células de las plantas terrestres. No puede ser degradada por el hombre, por lo tanto, debe ser modificada a otras formas más digeribles y solubles, (18). Estas modificaciones dan origen a los siguientes derivados principales: carboximetilcelulosa (CMC), metilcelulosa, hidroxipropilcelulosa, celulosa microcristalina, etc., utilizándose en coberturas la carboximetilcelulosa y la celulosa microcristalina, cuyas características son:

- Celulosa microcristalina:

Es la alfa celulosa hidrolizada, secada y pulverizada. No puede ser fácilmente dispersada, y no se considera un estabilizante completo, (15), por lo tanto debe ir acompañada de otros hidrocoloides, por lo general de carboximetilcelulosa. A bajas concentraciones sus geles son altamente tixotrópicos. Si se adiciona carboximetilcelulosa disminuye su tixotropía. En ocasiones se adiciona la celulosa microcristalina al almidón, con un poco de xantano, y se incrementan sus propiedades espesantes, dando completa estabilidad.

- Carboximetilcelulosa (CMC) :

Obtenida por esterificación de celulosa, es aniónica, soluble en agua. Según el grado de substitución, da diferentes viscosidades. A concentraciones del 1%, las viscosidades son muy elevadas. Tiene una alta capacidad de absorción de agua, (18), por lo tanto previene la sinéresis y controla la cristalización (14).

A pH bajo, pierde viscosidad. Tiene un efecto sinergista elevado con varios hidrocoloides: gelatina, pectina, algarrobo, etc, y es muy utilizado para complementar las propiedades de los mismos.

En coberturas, (19) es muy utilizada en conjunto con la celulosa microcristalina, porque aminora su precio, ya que su costo es muy bajo, y su disponibilidad muy buena, así como la compatibilidad con otras gomas, (5).

- G E L L A N :

La goma gellan, es un polisacárido extracelular de Pseudomonas elodea, cuyo descubrimiento es de los más recientes y -- aún no entra de lleno en aplicación alimentaria, dado que sus -- evaluaciones toxicológicas no han sido terminadas, y aún no se acepta por algún código alimentario. Es un agente gelificante con aplicaciones potenciales en geles no quebradizos, suaves, -- similares a los de xantano-algarrobo, pero con la gran ventaja de una transparencia y claridad extraordinaria. Las investigaciones que se han realizado demuestran propiedades funcionales muy buenas, pero a concentraciones aún más bajas que las de los hidocoloides ya conocidos. Así pues, ha demostrado ser un estabilizante excelente para coberturas, pues tiene las mismas ca características que da el agar, por ejemplo, pero superando todas sus desventajas: (quebradizos, propiedades poco uniformes, etc.).

En dichas investigaciones se observó que pueden elaborarse coberturas de buena calidad a concentraciones de un séptimo de la concentración usada para el agar, (25).

Con esto se podrá observar que, a medida que la investigación avanza, se irán descubriendo nuevos y mejores hidocoloides que vendrán a reemplazar a los que actualmente se usan, siendo entonces necesario una constante actualización al respecto.

2.6.4 INGREDIENTES OPCIONALES.

2.6.4.1. CONSERVADORES, (34,35):

Aún cuando es difícil la supervivencia de microorganismos a altas concentraciones de azúcar, existen algunas levaduras osmofílicas que soportan estas condiciones y traen problemas de fermentación. Es por eso que la adición de algún conservador efectivo contra levaduras es necesario sobre todo si el producto piensa almacenarse por largos periodos.

Tales conservadores pueden ser:

- Acido benzoico ó benzoatos:

La forma no disociada es la más activa, por lo tanto, es más efectiva a pH ácido. Su pH óptimo es de 2.5 - 4.0. El benzoato de sodio es más soluble en agua que el ácido. Es activo principalmente contra levaduras y bacterias, y en menor grado contra hongos. No es tóxico para el hombre si se ingiere en las concentraciones que usualmente se usan en alimentos (0.5 a 1% en peso, máximo), ya que el organismo humano lo detoxifica fácilmente.

- Los ésteres del ácido p-hidroxibenzoico (parabenos):

También tienen propiedades antimicrobianas. Los derivados más importantes se forman al esterificarse el ácido p-hidroxibenzoico con cadenas de alquilo (metilo, etilo, propilo, butilo). Estos compuestos se conocen como parabenos y son efectivos contra hongos y levaduras, y en menor grado contra bacterias. Las concentraciones usuales son del 0.1% aproximadamente. Son activos hasta un pH de 5. No son tóxicos ya que son hidrolizados y detoxificados fácilmente.

- Acido sórbico y sus sales de sodio y potasio:

Se utilizan en concentraciones menores a 0.3%, son muy activos contra hongos y levaduras. Es muy utilizado en productos de panificación. El pH óptimo al que se observa su mayor actividad es entre 2.5 y 6.5. Es eliminado por el organismo humano fácilmente sin ser tóxico.

2.7 FORMULACION Y PROCESO

Muchos factores están involucrados para determinar los niveles óptimos de los ingredientes del abrillantador, incluyendo (2,4): producto al que se va a aplicar, (si es pan ó tarta, ó si contiene algún relleno de fruta ó de nuez); si el producto será empacado ó si será para venta directa en panaderías, etc., ya que el barniz diseñado debe ser compatible con el producto a cubrir. Además también es importante la forma como se va a aplicar, (manual ó mecánicamente), la temperatura de aplicación (del barniz como del producto panadero), si se va a adelgazar el barniz ó no, condiciones de almacenamiento del barniz, y del producto panadero, etc...

Una formulación típica de barnices transparentes contiene, (5): agua, azúcar, dextrosa y estabilizante (s). Además, como ingredientes opcionales: conservador, color, sabor, un poco de jarabe de maíz ó invertido, etc.

Una buena formulación es importante, pero también lo es un procedimiento uniforme y un equipo adecuado.

El procedimiento general para elaborar abrillantadores consta de los siguientes pasos, (4):

1.- Hervido:

Aún cuando los barnices del tipo "no hervir" no necesitan de un calentamiento para activar los estabilizantes, siempre es mejor aplicar el tratamiento térmico para hacer de la activación un proceso más rápido y efectivo.

Antes de llegar a la ebullición, se debe verificar que ya haya habido una completa dispersión del estabilizante, (para lo cual es de mucha utilidad mezclarlo con 10-15% del azúcar granulada antes de añadirlo al agua). Es necesario, conocer las condiciones que cada estabilizante necesita para dispersarse y solubilizarse, debido a que cada uno tiene sus propias especificaciones en este sentido.

La mezcla azúcar-estabilizante/agua, se agita y se lleva a ebullición por dos ó tres minutos en una marmita enchaquetada y cubierta por una tapa. El tiempo elegido deberá ser siempre el mismo. Es importante considerar una tapa, ya que, de no haberla, se perderá agua por evaporación, lo que traerá como consecuencia la necesidad de añadir jarabe simple, hecho que puede afectar el balance del sistema.

2.- El estabilizante y el agua deben ser hervidos antes de que se adicionen otros ingredientes, pues el azúcar granulada en cantidades grandes competirá con el estabilizante por el agua, y puede retardar su hidratación y reducir su actividad.

Después del primer hervido, se adiciona lo que resta de azúcar granulada y se vuelve a llevar a ebullición la mezcla, retirándose de inmediato la fuente de calor para prevenir un hervido excesivo.

3.- Los demás ingredientes se mezcla juntos por un minuto y la mitad del jarabe se añade a esta mezcla, a una velocidad baja. Después de que la mezcla esté suave, el resto del jarabe es adicionado lentamente. El ciclo completo de mezclado requiere de 5 minutos. Es importante no llegar a un sobremezclado ya que se enfriará excesivamente el barniz, y se secará y quebrará. Además la velocidad alta puede aerear el barniz, produciendo un aspecto opaco desagradable.

4.- Tiempo de reposo:

Debe tener un tiempo de reposo (15-30 minutos, dependiendo del estabilizante), antes de ser usado ó almacenado. Este tiempo es a su vez, un tiempo de enfriamiento, que permite que el exceso de agua se evapore. Es por eso que este tiempo debe ser también controlado, para no permitir una evaporación excesiva - que reseque al barniz.

5.- Aplicación:

La aplicación del barniz puede ser inmediata a su preparación ó bien, tiempo después de haber sido preparado, en cuyo caso requerirá tal vez de ser adelgazado. Este procedimiento deberá realizarse lo más posiblemente con jarabe simple para no alterar el balance de la formulación.

La temperatura de aplicación es muy importante, porque ésta tiene un efecto directo en la viscosidad. La temperatura adecuada es de 49'-52°C .

Después de la aplicación se debe permitir un tiempo de secado al barniz, antes de ser manipulado para su venta (ó empaque), esto permite que le dé tiempo de adherirse al producto y que se seque bien la superficie para evitar que los panes ó tartas se peguen entre sí. Si la formulación y procedimiento han sido correctos, el tiempo de secado puede ser de 3 a 8 minutos.

2.8 PROBLEMAS EN EL PRODUCTO TERMINADO Y SUGERENCIAS PARA RESOLVERLOS.

- Precauciones para evitar los problemas:

Ciertas precauciones minimizan las variaciones en la calidad de las coberturas y aseguran la obtención de un producto uniforme. Algunas de las sugerencias son, (4):

- . Escalar los ingredientes con precisión. Una variación tan pequeña como 0.5% en el estabilizante ó 1.0% en el agua (en base al azúcar), puede afectar la calidad.
- . Hervir el jarabe al mismo tiempo cada vez.
- . Al aplicar la cobertura, mantenerla a una temperatura de 49'-52°C, ya que variaciones de 3°C causarán cambios en la viscosidad afectando la velocidad de aplicación, el tiempo de secado y la estabilidad.
- . Utilizar únicamente contenedores cerrados para almacenar la cobertura.
- . Si la cobertura es muy espesa para ser aplicada apropiadamente, deberá adelgazarse sólo con jarabe simple (2 partes de azúcar por una de agua). Si se añade agua solamente, la concentración de la fase azúcar soluble disminuye, causando una pobre estabilidad. El sistema no regresará al equilibrio sino hasta en una hora, y durante este periodo se obtendrá un producto subestándar. Si se añade jarabe simple, el balance del sistema de azúcar no se afectará.

- Problemas en el producto terminado:

A pesar de tomar todas las precauciones, en ocasiones suelen existir problemas en la manufactura. Los más comunes y algunas sugerencias para resolverlos se analizan a continuación, (4,32):

1.- Fundido y quebrado:

La migración de agua del producto al barniz ó de humedad en el ambiente cuasa un fundido ó quebrado en el producto (sobre todo si está empacado), en ocasiones en un día después de su manufactura. Las soluciones que se sugieren son:

- . Aumentar la cantidad de estabilizante,
- . Aumentar la cantidad de azúcar granulada, (5%),
- . Aumentar la temperatura de aplicación,
- . Disminuir la cantidad de agua,
- . Hervir más el jarabe para asegurarse de que el estabilizante ha sido activado apropiadamente.

2.- Desmenuzado:

Esta condición ocurre cuando el barniz está muy seco y se quiebra con facilidad, ó si el producto al que se va a aplicar tiene un bajo contenido de humedad.

Soluciones a este problema pueden ser:

- . Disminuir la cantidad de azúcar granulada,
- . Disminuir la cantidad del estabilizante,
- . Añadir jarabe de maíz ó invertido (no más de 3-4% en base al azúcar),
- . Disminuir el tiempo de mezclado, ya que un mezclado largo puede producir un barniz que seca rápido pero quebradizo.

3.- Secado lento:

El barniz puede no secar en el tiempo requerido después de su aplicación. Esto se puede remediar así:

- . Se aumenta la cantidad de azúcar granulada,
- . Se aumenta la cantidad de estabilizante,
- . Se disminuye la cantidad de agua, y/ó,
- . Se aumenta la temperatura de aplicación.

4.- Falta de brillo:

Esta condición puede ser causada por formulación ó por proceso. El resultado es una apariencia opaca e incluso blanquecina. Posibles correcciones son:

- . Añadir jarabe de maíz ó invertido (no más de 3% en base al azúcar),
- . Ligero aumento del azúcar granulada, ya que si es mucha, se opaca.
- . Reducir el tiempo de mezclado y mezclar sólo a baja velocidad.

5.- Falta de claridad ó transparencia:

Un barniz turbio puede atribuirse al uso de estabilizantes con impurezas ó agentes blanqueadores, ó bien, mucha azúcar granulada en el jarabe. Dos soluciones son:

- . Checar la pureza del estabilizante,
- . Disminuir la cantidad de azúcar granulada. (y agua también: para mantener el porcentaje total de agua indicado en el cuadro No. I.

6.- Cobertura muy espesa:

Esto trae problemas al aplicar, por lo que habrá que analizar las siguientes soluciones:

- . Añadir jarabe simple,
- . Aumentar la temperatura de aplicación.
- . Disminuir la cantidad de estabilizante,
- . Acortar la cantidad de agua.

- Alteraciones microbiológicas:

Las coberturas con altas concentraciones de azúcar (como es el caso de los abrillantadores), muy difícilmente presentan alteraciones microbianas, dada la alta presión osmótica, producida por los azúcares. Aún así, existen levaduras osmofílicas, que sobreviven a altas presiones osmóticas, y pueden producir problemas de fermentación. Estos problemas de fermentación pueden ser de dos tipos: por producción de dióxido de carbono, confiriendo mala apariencia, ó por olor y sabor desagradables debido al alcohol.

Las levaduras osmofílicas son capaces de tener actividad a bajos niveles de humedad, y contienen enzimas que desdoblan el azúcar a dióxido de carbono y alcohol.

La fuente de contaminación está asociada con frutas dulces, (que son utilizadas en la elaboración del producto a ser cubierto: por ejemplo, tartas de frutas). Por lo general, los barnices se contaminan al estar en contacto con superficies que contengan a los microorganismos. Otra fuente de contaminación son mermeladas, ó jaleas, que pueden contaminarse por mal almacenamiento, ó durante su uso, ya que por su naturaleza pegajosa, es difícil eliminar residuos en el lavado del equipo.

Los factores que afectan la fermentación son: el número y tipo de levaduras, la temperatura de almacenamiento, y la humedad relativa en equilibrio del barniz.

Las levaduras capaces de causar alteración a altas presiones osmóticas, son: *Saccharomyces rouxii*, *Saccharomyces mellis*, *Saccharomyces bailii* var. *osmophilus*, *Saccharomyces bisporys*. Todas ellas son similares a *Saccharomyces cerevisiae*, pero difieren en el tipo de azúcar que cada una fermenta.

Se ha observado que a mayor concentración de sólidos disminuye la fermentación, pero es de mayor importancia la naturaleza de estos sólidos, ya que el tipo de azúcar dará el equilibrio de la humedad relativa. También depende la forma de introducción de la levadura, por el shock osmótico entre los sustratos.

Por otro lado, se ha observado que por cada 6°C que se disminuyan en el almacenamiento, se dobla la vida de anaquel, de manera que la temperatura es muy importante. En cuanto al pH, la influencia que ejerce no es significativa.

Por estas razones, es preferible el uso de conservadores. El más efectivo contra estos microorganismos es el ácido sórbico, ó el sorbato de potasio (en 250 ppm), y es mejor aún si el pH es bajo. Otro conservador útil es el benzoato de sodio, -- (0.5-1.0% en peso).

En la manipulación, las siguientes precauciones deben tomarse en cuenta:

- . Si se va a colocar mermelada, jalea ó fruta al producto a cubrir, verificar su estricta esterilización.
- . Una adecuada limpieza del equipo a utilizar, ya sean brochas de aplicación ó equipo de manufactura, con vapor de agua hirviendo ó con agentes químicos, como hipoclorito ó compuestos de amonio, en niveles 3 a 4 veces mayores que cuando se usan contra bacterias.
- . Almacenar el barniz en contenedores estériles, cerrados, y a bajas temperaturas.

2.9 ASPECTOS LEGALES .

En nuestro país, las disposiciones legales que deben de -- cumplir los alimentos están contenidas en el Código Sanitario de los Estados Unidos Mexicanos, editado por la Secretaría de Salud.

En el título undécimo del Código se contemplan los artículos en los que se reglamentan los requisitos que un producto al menticio debe cubrir para poder ser considerado dentro del marco legal.

Muchos de los puntos citados en el título undécimo están basados en las disposiciones señaladas por la FDA, únicamente se han adaptado a las necesidades existentes en nuestro país.

En México, existen "Normas de identidad", que los productos deben cumplir; las normas son creadas por la Dirección General - de Normas en coordinación con la Dirección General de Alimentos, Bebidas y Medicamentos de la Secretaría de Salud, y con la Dirección General de Normas Comerciales de la Secretaría de Comercio, a fin de establecer los niveles de calidad que los productos deben alcanzar, de modo que éstos garanticen la salud del consumidor, y al mismo tiempo, se encuentren a la altura de los productos existentes en el mercado internacional.

En el caso del producto desarrollado en la presente investigación, no existe Norma alguna de Calidad.

CAPITULO III

OPTIMIZACION Y DESARROLLO DE FORMULACIONES

3.1 OPTIMIZACION, (36,38,39)

Al manufacturar algún producto, la idea más popular es la de optimización. La palabra connota procedimientos controlados y positivos y sugiere que el optimizador tiene un plan cuidadosamente programado para lograr los mejores resultados.

En muchas industrias, incluyendo la alimentaria, los métodos de optimización son aplicados regularmente para determinar ó guiar las decisiones a tomar.

La palabra óptimo, significa que después de haber considerado todas las alternativas, se ha elegido la mejor de acuerdo a unos estándares de comparación, ó a un criterio establecido.

De esta manera, en donde haya alternativas, hay potencial para optimizar.

Pero sucederá que a veces no todas las alternativas podrán ser evaluadas, ya sea porque no cumplen con regulaciones establecidas, ó bien, por falta de tecnología.

Entonces, el verdadero valor de la optimización se realiza cuando se aplican procedimientos para determinar una mejor alternativa a una situación que corresponde precisamente a la definición técnica de optimización.

Una forma útil de lograr esto, es definir primero tres componentes de una oportunidad de optimización:

1) Variables de decisión:

Son los números a ser determinados que pueden especificar -- cualquiera de las formulaciones alternativas. (Uno por cada ingrediente).

2) Restricciones:

Impuestas por el fabricante, tecnología, y/o normas de calidad ó legislación, en la formulación. Estas restringen los valores que las variables de decisión -- pueden tomar. Una alternativa que satisfaga todas las res-- tricciones se dice que es variable.

3) Función objetivo:

Es el instrumento de medida usado para comparar alternativas. Típicamente son medidas de carácter económico: costos, beneficios, recuperación de la inversión.

Utilizando estos conceptos, se puede entonces definir lo -- que es una "alternativa óptima" precisamente:
"Una alternativa óptima, es una especificación viable de las va riables de decisión que dan el mejor valor para la función obje tivo", (36).

Se tomará como ejemplo, la formulación de una cobertura: La cantidad de cada ingrediente requerida para 1 kg de producto determina una especificación para las variables de decisión. La colección de números (en cuanto a cantidad de ingredientes, por ejemplo), es una alternativa. Se tiene que checar si esta al-- ternativa satisface todas las restricciones.

Si la función objetivo es costo, el costo de ingredientes del producto final se determina multiplicando cada valor de las variables de decisión por el costo unitario de cada ingrediente y sumando estos productos. La alternativa óptima es aquella -- que satisfaga todas las restricciones a un costo mínimo.

Este es un sencillo ejemplo, muy común en la formulación de productos. Pero tal vez la función objetivo puede ser en torno a la funcionalidad, ó al valor nutritivo, etc., y cada problema se tiene que adaptar a ésta.

La principal dificultad de aplicar optimización a la formulación de alimentos es que hay muchas alternativas potenciales - para considerarlas individualmente, sin embargo, actualmente, la optimización se ha convertido en instrumento práctico, ya que se han desarrollado métodos para restringir drásticamente el número de alternativas que deban ser consideradas y además porque la especificación de alternativas y la búsqueda a través de ellas -- puede a veces ser realizada por computadora.

Estos métodos son diseños estadísticos, los cuales pueden - ir desde los más sencillos como programación lineal, hasta los - más complicados como factoriales. A pesar de la sofisticación - aparente de estos métodos, los componentes principales de una aplicación en optimización serán por lo general: variables de decisión, restricciones, y función objetivo.

La formulación óptima de un producto alimenticio, no es estrictamente materia de tecnología, ni lo es estrictamente comercial. En general, ambas áreas son las que proveen las restricciones que ayudan a determinar cuáles de las formulaciones alternas son las más viables.

El buen uso de los métodos de optimización requiere que los resultados sean utilizados como punto de partida para hacer la - decisión. Las matemáticas y la computadora no reemplazarán nunca al juicio humano, únicamente lo complementarán, ó lo ayudarán.

Estos métodos también pueden utilizarse para realizar algún cambio en la formulación. Dos tipos de cambios son los más posibles:

- a) la introducción de nuevos ingredientes, y,
- b) cambios en la proporción de ingredientes usados.

El primer caso requiere la adición de nuevas variables al modelo de optimización, y el segundo, un cambio de restricciones ó introducir nuevas restricciones.

3.2 DISEÑO DE EXPERIMENTOS, (37).

La obtención de resultados válidos de algún experimento requiere de un diseño estadístico, pero en ocasiones es más importante un diseño de experimentos apropiado, que un análisis estadístico sofisticado, ya que aún cuando éste sea el mejor del mundo, no podrá salvar un programa experimental pobremente planeado.

La principal razón para diseñar un experimento estadísticamente, es el obtener resultados que no sean ambiguos al mínimo costo. Los tratamientos estadísticos pueden ser: "Latin square", Factoriales, Factoriales fraccionados, Ecuaciones lineales, Superficie de respuesta, u otros diseños de Composición Central ó de "Box".

Los diseños estadísticamente planeados se caracterizan por:

- a) La consideración apropiada de variables externas.
- b) El hecho de que las variables primarias se cambian una a la vez, de manera que se obtiene una información acerca de la magnitud y naturaleza de las interacciones de interés y para tener una mejor precisión en los estimados finales.
- c) Procedimientos para medir las fuentes diversas de variación al azar, y para obtener una medición válida del error experimental.

Después de que se han definido claramente las restricciones y el problema, el estadista puede desarrollar un plan experimental que minimice los esfuerzos requeridos en las pruebas para obtener la información deseada. Podrán existir diversos caminos para llegar a una convergencia con la verdad. Lo que se busca es una convergencia, no uniformidad, (39). El diseño de un experimento puede ser iterativo, que requiera un mayor trabajo a medida que se obtiene información nueva y datos preliminares.

Con un completo entendimiento del problema, el estadista está en una buena posición para responder rápidamente, si se requieren cambios de último minuto y para proveer análisis significativos de los resultados experimentales subsecuentes.

- Objetivo y Alcance:

El diseño de un experimento es como el diseño de un producto. Cada producto sirve para un propósito, de igual forma debería ocurrir con cada experimento.

El propósito debe ser claramente definido antes que nada. Además del propósito, se debe decidir su alcance, para que sea realista. Así por ejemplo, si los resultados son dependientes de los materiales, éstos deben ser representativos de lo que uno espera encontrar en producción.

- Variables:

Es muy importante la identificación de las variables que afectan la respuesta y decidir qué hacer con ellas. Las variables controlables o independientes en un experimento estadístico pueden ser trabajadas en cuatro formas. La asignación de una variable particular a una categoría involucra un intercambio de información, costo y tiempo.

- Variables primarias:

Las variables más obvias son aquellas cuyos efectos sobre el desarrollo serán evaluados directamente; éstas son las variables que crearon la necesidad de la investigación en primer lugar. Las variables pueden ser cuantitativas, o cualitativas.

Las variables cuantitativas están frecuentemente relacionadas con la variable principal por alguna relación ó modelo estadístico asumido. El número mínimo de condiciones ó niveles por variable se determinan o están determinados por el tipo de modelo asumido. Por ejemplo, si se puede asumir una relación lineal, son suficientes dos niveles ó condiciones, pero para una relación cuadrática, se necesita un mínimo de tres niveles.

Las variables cualitativas pueden dividirse en dos categorías:

- 1) La primera consiste en aquellas variables cuyos efectos específicos van a ser comparados directamente; por ejemplo, la comparación del efecto de dos métodos propuestos de preparación, ó tres tipos específicos de ingredientes. El número de condiciones requerido para tales variables es generalmente evidente. Tales variables a veces se denominan de tipo I ó de efecto fijo.
- 2) El segundo tipo de variables cualitativas son aquellas cuyas contribuciones individuales a la variabilidad principal (es decir, la del desarrollo), van a ser evaluadas. Sus condiciones se determinan al azar. Se denominan tipo II ó de efecto aleatorio.

Quando hay dos ó más variables puede ser que interaccionen una con otra. Ejemplo, cuando el efecto de una variable sobre la respuesta depende en la condición de la otra variable.

Un propósito importante para un experimento diseñado es obtener información acerca de las interacciones entre las variables primarias. Esto se realiza variando los factores simultáneamente en vez de hacerlo uno a la vez. Ejemplo, si hay interacción entre dos ó más variables, es útil usar experimentos de factoriales ó factoriales fraccionados.

- Variables antecedente.

Además de las variables primarias, existen también variables que aún cuando no son de interés primario, no pueden ó no deben ser mantenidas constantes. Por ejemplo, cuando se usan diferentes máquinas u operadores, ó cuando un experimento se corre en varios días. Es de importancia crucial que tales variables no sean variadas en completa conjunción con las primarias. Por ejemplo, si una preparación A se hizo en el día 1, y una preparación B, en el día 2, es imposible cuantificar la diferencia entre ambas que es debida a una variación normal -- del proceso(día a día).

Si estas variables no interaccionan con las primarias, -- pueden ser introducidas en el experimento en la forma de bloques experimentales, lo que representa un cuadro relativamente homogéneo de condiciones en las cuales se comparan diferentes condiciones de las variables primarias.

La razón principal para correr un experimento en bloques es asegurar que el efecto de una variable antecedente no contamine la evaluación de las variables primarias. Sin embargo, -- los bloques también permiten que el efecto de las variables en ellos sean removidas del error experimental, permitiendo de tal manera evaluaciones más precisas de las variables primarias. Finalmente, en muchas situaciones, el efecto de las variables corridas en bloques en el desarrollo pueden ser evaluadas de inmediato.

En otras situaciones puede haber más de una variable antecedente, cuyo posible efecto contaminante es removido por bloques.

- Variables no controladas y aleatorización:

Otras variables como condiciones ambientales, pueden identificarse pero no controlarse, o tal vez ni se identifican pero afectan los resultados. Para evitar esto, se usa la aleatorización, que significa que la secuencia de las preparaciones de las unidades experimentales, tratamientos asignados, pruebas que se corren, medidas, etc., se determinan aleatoriamente basados en tablas de números aleatorios. Entre más grande sea la influencia del efecto de las variables no controladas, el resultado tendrá un error experimental más grande.

Las variables antecedente pueden introducirse también por aleatorización en vez de bloques, asegurando también, que no contaminen las evaluaciones de las variables primarias.

La aleatorización ofrece la ventaja de una mayor simplicidad que los bloques. Sin embargo, en el primero no se remueve el error experimental de las variables antecedente.

- Variables constantes:

El mantener una variable constante limita el tamaño y la complejidad del experimento, pero también limita la extensión o alcance de las inferencias resultantes. Las variables que van a ser mantenidas constantes, deben ser identificadas y los mecanismos para mantenerlos constantes, definidos.

- Ambiente experimental y restricciones:

Las condiciones de operación bajo las cuales se conducirá el experimento y la manera en que cada uno de estos factores puede ser variado debe ser claramente definido. Las gráficas dan información más precisa en variables de nivel bajo que en las de nivel alto.

- Conocimiento anterior:

El tener conocimientos anteriores al respecto ayuda a que las condiciones propuestas sean razonables, ya que las que no lo sean inmediatamente se omiten. El experimentador se debe ajustar a la realidad y no al revés.

- La variable principal:

La respuesta debe ser medible correcta y adecuadamente. Se deben aplicar procedimientos estándar para medirlas.

- Diferentes tipos de información repetida :

Se debe esperar alta homogeneidad entre las mediciones repetitivas obtenidas en la misma muestra que entre mediciones en diferentes muestras.

- Procedimientos consistentes de registro de datos:

Se debe desarrollar y documentar procedimientos claros para registrar todos los datos pertinentes del experimento y se debe de establecer formas de registro de datos no ambiguos. Para procesos industriales, se debe esperar a tener un equilibrio para medir las respuestas. Si hay otras variables que puedan afectar el resultado también se registrarán. Esto reduce la inexplicada variabilidad o error experimental.

- Correr el experimento en etapas:

Contrariamente a la creencia popular, un experimento estadísticamente planeado no requiere que se pruebe todo por una etapa. El programa puede conducirse en partes, esto permite cambios en cada etapa basados en resultados tempranos y permite registrar los encuentros preliminares. Esto depende del experimento.

De etapa en etapa, se mueve uno en dirección más cercana al óptimo. Si es en una sola etapa se hace porque los costos al contrario son caros ó hay largo tiempo de espera entre fabricar unidades y medir el resultado. Si se corre en etapas, se debe cuidar que las diferencias posibles entre etapas no invaliden los resultados. usando controles en cada una de ellas.

- Consideraciones útiles:

La selección juiciosa de variables independientes, reduce ó elimina interacciones entre variables, conduciendo a un experimento y análisis más simple.

Para seleccionar el rango de experimentación más adecuado para las variables independientes cuantitativas elegidas, se toma en cuenta las siguientes consideraciones:

Asumiendo una relación lineal entre estas variables y la principal, entre más amplio es el rango de condiciones, mejores serán las posibilidades de detectar los efectos de la variable. (Sin embargo, a medida que el rango es mayor, es menos razonable la suposición de una relación lineal).

La selección del rango de variable depende del último propósito del experimento, en gran parte. Si se trata de conocer una condición óptima, es mejor un rango menor.

Para relacionar las variables independientes y cada variable de respuesta, se debe elegir el modelo estadístico más razonable, lo cual se decide mediante el siguiente criterio:

Una relación lineal apropiada en un rango estrecho, pero NO en uno amplio. Entre más complejo sea el modelo se requiere mayor número de corridas.

Entre más precisión se desee, las corridas experimentales requeridas deberán ser más numerosas.

3.3 PLANES EXPERIMENTALES FORMALES PARA EL ANÁLISIS DE RESULTADOS.

Después de considerar los puntos anteriores pertenecientes al diseño del experimento, se deben desarrollar uno o varios planes estadísticos formales, (pues se pueden usar en forma individual o combinada).

Algunos de estos planes estadísticos se describen a continuación:

3.3.1 Programación lineal:

La programación lineal aparece después de la última guerra, considerándose al matemático Dantzig como el creador de esta técnica, quien en compañía de un equipo de investigadores creó en 1936 el método simplex, que da el óptimo para un modelo basado en ecuaciones de primer grado, de extrema sencillez matemática, pero de gran potencialidad de acuerdo con las aplicaciones, (43).

La programación lineal es a veces considerada como una herramienta limitada, por sus supuestos de linealidad y divisibilidad infinita. Es por eso que se piensa que tiene aplicaciones limitadas en la ciencia de los alimentos. Sin embargo, la técnica es mucho más flexible de lo que generalmente se piensa.

La programación lineal es muy útil, pero poco entendida. Al solucionar el problema se cree que todo ha sido resuelto, lo cual es una interpretación incorrecta. En realidad, una solución óptima es meramente el primer paso. En la práctica, docenas, ó hasta centenas de soluciones en computadora son requeridas antes de que se tome una solución que haya realmente explorado las alternativas razonables e incorporado las restricciones que se deben encontrar ó tener, (38).

La programación lineal es una técnica de optimización que estrecha el número de alternativas que necesitan ser consideradas, y luego hace una búsqueda inteligente de esas alternativas para encontrar una solución óptima. Este procedimiento -- puede usarse efectivamente en muchos problemas de formulación, un ejemplo es encontrar los niveles óptimos de ingredientes para desarrollar productos nutricionales y funcionalmente superiores, (40).

El problema característico de programación lineal se puede definir en maximizar magnitudes deseables como beneficio, cantidad ó calidad del producto y minimizar cantidades indeseables como costos ó tiempo, considerando restricciones como capacidad de un cierto departamento, disponibilidad de capital y de mano de obra.

Si contamos con una medida de eficiencia, como sería por ejemplo, maximizar beneficios y minimizar costos, y dadas las condiciones específicas de un problema, es posible elegir entre a distintas alternativas el mejor programa de acción, aplicando reglas deducidas de teorías matemáticas. Así llegamos al caso general de lo que se entiende por programación matemática, la cual se define formalmente como optimizar una función:

$$z = f (X_1, X_2, \dots, X_n)$$

de n variables ó incógnitas, llamada función objetivo ó económica, cuando está sujeta a un conjunto de " m " restricciones ó limitaciones expresadas por las funciones:

$$q_1 (X_1, X_2, \dots, X_n) \geq b_1$$

$$q_2 (X_1, X_2, \dots, X_n) \geq b_2$$

.

.

$$q_m (X_1, X_2, \dots, X_n) \geq b_m$$

en las que " m " (número de restricciones) puede ser mayor, igual ó menor que " n " (número de incógnitas).

Si la función objetivo y las restricciones del problema - están formadas por expresiones de primer grado (funciones lineales) y las variables son no negativas, se tiene el caso de la programación lineal. Si la función objetivo y/ó las restricciones son no lineales se hablará de programación no lineal.

Podemos también distinguir entre el caso estático en el que se busca optimizar la función objetivo considerando que la decisión tomada no es afectada por decisiones previas y no afectará decisiones futuras, y el caso dinámico en el que debe tomarse una secuencia de decisiones y donde cada decisión afecta a las decisiones futuras.

Finalmente, podemos distinguir el caso de la programación - determinística y probabilística. En la primera se trabaja con un modelo en el que los coeficientes en la función objetivo y/ó en el conjunto de restricciones son fijos y conocidos. En programación probabilística ó estocástica existen elementos de incertidumbre que pueden introducirse de variadas formas dentro del modelo.

Un problema cualquiera puede ser lineal ó no lineal, estático ó dinámico, determinístico ó probabilístico. Esto da lugar a ocho posibles combinaciones, las cuales se presentan en el cuadro número XVII.

El conjunto de valores que satisface el sistema de inecuaciones constituye el conjunto de valores realizables ó conjunto de soluciones factibles. Es posible que no haya solución (en el caso de que el sistema de inecuaciones sea incompatible), - que exista una solución (en el caso de que las restricciones estén dadas por un sistema de igual número de ecuaciones que de incógnitas y con solución única) ó varias ó infinitas soluciones posibles. Nos interesa este último caso, en el que con base en una rutina de cálculo (algoritmo) fundamentada en ciertos criterios, se llega a un óptimo.

Así pues, los componentes de una programación lineal se resumen en variables de decisión, restricciones y función objetivo. En estos casos, cada variable de decisión identifica la cantidad ó porcentaje de un ingrediente a ser usado. Estas variables deben tomar cualquier valor entre un límite superior y otro inferior para que sea aplicable el procedimiento usual de programación lineal, (36).

Las restricciones en la programación lineal son sumas de múltiplos constantes de las variables de decisión comparadas con otras constantes. La comparación es en términos de:

menor ó igual que: \leq
igual que : $=$
mayor ó igual que: \geq

Las restricciones deben estar elevadas a la primera potencia; expresiones como (X_1) al cuadrado ó $X_1 X_2$ no se pueden manipular por esta técnica.

La función objetivo es también la suma de múltiplos constantes de las variables de decisión. No es comparada con ningún número, pero es usual comparar las especificaciones alternativas de las variables de decisión.

La forma más simple de la función objetivo es el costo, donde los factores constantes son simplemente el costo por unidad de los ingredientes en la formulación.

CUADRO XVII

PROGRAMACION MATEMATICA

(43)

	Dinámica		Estática	
	Lineal	No lineal	Lineal	No lineal
Determinística	Modelo dinámico Leontieff		Modelo Estático Leontieff	Programación Convexa
	Sistemas dinámicos		Programa Lineal Redes	Programación No convexa
Probabilística		Modelo general de pro- grama- ción dinámica.	Programa Lineal Estocás- tica.	
		Teoría de inventarios.	Juegos de suma cero.	

(43) Peñafiel, Millán
PROGRAMACION LINEAL
ED. Trillas. Méx. '82

Una ventaja significativa de usar programación lineal en formulaciones es el hecho de tener disponibles varios programas en sistemas de computadora. La principal responsabilidad del usuario es especificar el problema apropiadamente e introducir los datos precisamente en la computadora.

La decisión para modificar el problema es hecha después de considerar la solución inicial generada por la computadora. El problema puede ser alterado y resuelto muchas veces antes de que se determine la composición final del producto. Esta es la manera usual en que la programación lineal se usa para resolver problemas de formulación.

La formulación problema donde más de un producto debe ser producido a partir de un patrón dado de ingredientes, es llamado problema multiproducto. En este tipo de problema, los productos compiten por uno ó más de los ingredientes. Un problema usual es cuando un producto por separado requiere más de algún ingrediente de lo que está disponible. Este dilema se resuelve para todos los productos simultáneamente como un sólo problema, imponiendo la disponibilidad de un ingrediente como una restricción al problema. Este tipo de problemas multiproducto también puede resolverse por medio de programación lineal.

3.3.2 Factoriales completos ó fraccionados.

Estos son aplicados para cuando se tienen dos ó más variables primarias independientes.

Los factores se varían simultáneamente en vez de uno a la vez, para obtener información acerca de interacciones entre variables y para obtener el máximo grado de precisión en los resultados estimados, (37). Es decir, se puede investigar simultáneamente varias variables y sus interacciones para sus efectos en una ó varias respuestas, (40).

En factoriales completos se corren todas las combinaciones de condiciones de las variables independientes. Por ejemplo: Un diseño $3 \times 3 \times 2 \times 2 \times 2$ requiere correr las 36 combinaciones de 2 variables con 3 condiciones de cada una, y 2 variables con 2 condiciones cada una.

Un factorial fraccionado se utiliza cuando hay gran número de combinaciones de posibles puntos de prueba, que va desde muchas variables ó condiciones por variable y no es posible ó práctico correr todas las combinaciones. En su lugar se selecciona especialmente una fracción para correr.

Por ejemplo: Un plan de factorial fraccionado 2 elevado a la (6-1) es uno donde hay 6 variables, cada una con dos condiciones, resultando un total de 64 combinaciones posibles, pero sólo la mitad especialmente seleccionada (ó 32), de estas combinaciones se correrá. Esto reduce el número de experimentos a estudiar. Posteriormente estos experimentos pueden ser corridos en bloques cuidadosamente seleccionados.

Una ventaja adicional de ambos diseños es que proveen un registro comprensivo de la región experimental y pueden identificar una ó dos condiciones de prueba, que son mejores que otras vistas previamente, sin necesidad de un mayor análisis.

3.3.3 Métodos de Superficie de Respuesta.

Los métodos de superficie de respuesta minimizan los costos reduciendo el número de formulaciones experimentales requeridas para estudiar una característica particular del producto.

La función objetivo para esta forma de optimización no se requiere que sea simplemente múltiplos constantes de las variables de decisión, pero aún se usa como comparación de fórmulas.

Variar niveles de ingredientes producirá un valor objetivo diferente. Si el valor cambió, el cambio de nivel de ingredientes indicará cómo variar la formulación con respecto a este ingrediente para mejorar el valor objetivo, (36).

Los niveles de ingredientes pueden ser ajustados hasta que la formulación es satisfactoria ó no es posible una mayor mejoría.

Por lo general, son diseños especiales multivariantes para variables cuantitativas independientes. La relación entre éstas y las variables principales se fija para desarrollar ecuaciones predictorias usando la técnica de análisis de regresión de mínimos cuadrados. Incluyen diseños de composición ortogonal ó de "Box", y los rotacionales, (37).

3.3.4 Diseños de Bloques.

Utiliza técnicas de bloques para remover el efecto de las variables extrañas ó ajenas del error experimental. Los más conocidos son: diseño de bloques aleatorios y balanceados incompletos para remover efectos de una sola variable ajena; y diseños de cuadrado grecolatino y cuadrado hiperbólico, para remover efectos de dos ó tres ó más variables ajenas, (37).

Un bloque es una porción del material experimental que se supone más homogéneo que el agregado. Posteriormente se hacen tratamientos con comparaciones entre los bloques y se puede obtener mayor precisión, (43).

- Combinaciones.

Con frecuencia se encuentran combinaciones de planes precendentes como: factoriales conducidos en bloques ó de composición central, usando una base de factoriales fraccionados. También hay planes para acomodar situaciones especiales: experimentos mezclados aplicados para la situación donde variables experimentales tales consisten del porcentaje de ingredientes que forman un material y deben sumar 100%, (42).

3.3.5 COMO USAR LAS TECNICAS ESTADISTICAS, (43).

Las técnicas estadísticas son de gran utilidad pero no deben usarse como única herramienta ya que también es importante observar los siguientes puntos:

- 1) Encontrar tanto como se pueda del problema, para lo cual es útil plantear un objetivo de la investigación y estar consciente de qué tanta teoría física y/o química se conoce al respecto.
- 2) Por lo tanto no debe olvidarse el conocimiento no estadístico, ya que éstas técnicas son más efectivas cuando son combinados con conocimiento apropiado sobre el problema. Estos métodos como ya se mencionó, son coadyuvantes y no un sustituto de la capacidad natural del experimentador.
- 3) Los objetivos deben definirse claramente y se debe estar seguro de que todas las partes concuerdan con dichos objetivos.
Además se debe acordar con qué criterio se va a determinar que los objetivos han sido alcanzados, criterio que en ocasiones puede ser subjetivo.

CAPITULO IV

MATERIAL Y METODOS

4.1 SELECCION DE MATERIAS PRIMAS.

En base a toda la información bibliográfica expuesta en el capítulo II acerca de los hidrocolooides, se presenta a continuación un cuadro sinóptico (cuadro No. XVIII), de aquellos que pueden ser útiles para el objetivo de la presente investigación. Dicho cuadro se expone en base a las ventajas y desventajas que presenta cada sistema de hidrocolooides (a nivel individual y/o combinado), tomando en cuenta las características específicas que debe presentar un abrillantador.

C U A D R O X V I I I

VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LOS SISTEMAS DE
HIDROCOLOIDES CON CAPACIDAD DE GELIFICACION.

HIDROCOLOIDE	VENTAJAS	DESVENTAJAS
Gelatina	Gel claro, elástico, - la mejor liberación de sabor.	Funde a temperatura ambiente.
Agar	Gel firme, claro, que bradizo, traslúcido, termorreversible. Punt o de fusión alto: 80° a 90°C, temperatura de cuajado elevada: 30° a 40°C. Compatible con azúcar, y muy estable. Inhibe su cristalización.	Presenta alta siné- resis. Debe ser muy alta su pureza para que las propiedades sean uniformes. Es un producto de - importación que re- gularmente escasea por tiempo prolonga do.
Agar/Algarrobo	Gel traslúcido, con ma yor suavidad y elasti- cidad que el del agar. La sinéresis es menor. Resistente a temperatu ra ambiente. Termorreversible.	El algarrobo debe - ser de alta pureza para que el gel sea traslúcido, de lo contrario, le pro-- porcionará turbidez.
Carrageninas	Los geles de carrageni na son los más pareci- dos a los de la gelati na, diferenciándose en que son resistentes a temperatura ambiente. Según sus característi cas de gelificación, - se dividen en iota, ka ppa, y lambda, explica das a continuación.	Presentan sinéresis si se usan indivi-- dualmente.

Kappa
Carragenina

Gel claro, traslúcido, quebradizo, rígido. Gelifica a temperatura ambiente, resistente a temperatura ambiente. Compatible con azúcar. Termorreversible.

Inestable a pH menor a 4. Alta sinéresis. Requiere de sales de potasio. Es tixotrópico.

K-carragenina/
algarrobo.

Da mayor elasticidad y fuerza el algarrobo al gel de k-carragenina, esto a una concentración de 2:1. Minimiza la sinéresis a una concentración de 1:4. Termorreversible.

Requiere de alta pureza el algarrobo, pues de lo contrario proporciona turbidez al gel. Se requiere de sales de potasio. Inestables a pH menor a 4.

Iota
carragenina

Gel claro, traslúcido, elástico, suave. Muy poca sinéresis. Gelifica a temperatura ambiente y por lo tanto es estable a esta temperatura. Termorreversible. Características de gel más parecidas a la de gelatina que la kappa.

Requiere de sales de calcio. Con altas concentraciones de azúcar se retarda un poco la solubilidad y la gelificación. Inestable a pH ácido, menor a 4.

I-carragenina/
algarrobo.

El algarrobo proporciona pseudo plasticidad, reduciendo la tixotropía. Esto a una concentración de 10:1. Aumenta la temperatura de gelificación. Termorreversible.

Requiere de sales de calcio. Inestable a pH menor a 4. Se requiere alta pureza del algarrobo para evitar la turbidez.

i-carragenina/ k-carragenina	Geles muy elásticos, - traslúcidos. Se reduce la sinéresis. Termorreversible.	Requiere de sales de calcio y potasio. Inestable a pH menor a 4.
Lambda carragenina.	- -	Estable en sistemas de leche.
Furcellarano	Geles parecidos a los de kappa-carragenina.	Requiere sales de po tasio. Presenta siné resis. Es muy difícil conse guirlo en el mercado nacional.
Alginato de Sodio.	Geles traslúcidos, - Pseudoplásticos. Resistente a tempera tura ambiente. Usado en bajas concen traciones. Previene la pegajosid dad, y el quebrado de la cobertura. Si contiene mayores - unidades de polimanu rónico son geles elás ticos, menos quebradi zos, sin sinéresis. Puede usarse en combi nación con otras gomas para dar rigidez al - gel.	Inestables a pH menor a 4. Afectado por presen-- cia de electrolitos. Usado individualmente no es termorreversible Requiere sales de cal cio. Si tiene mayores unidades de poligulu ronato son geles rígi dos, quebradizos, y con sinéresis.
Almidones modificados de tubérculos	Alta temperatura de - gelificación: 50°-70°C.	Algunos pueden presen tar retrogradación. Lenta gelificación. Poco traslúcidos. Incompatible con altas concentraciones de azú car, ya que disminuye fuerza y velocidad de gelificación. Requiere altas concen traciones.

Pectina de
alto metoxilo

Gelifica muy bien con altas concentraciones de azúcar.
Geles traslúcidos, -- claros, suaves, sabor agradable, liberación de sabor, untables.
Poca sinéresis.
Resistente a temperatura ambiente.
Altas temperaturas de gelificación, mayores a 50°C.

Requiere condiciones muy especiales para que gelifique:
Sólidos solubles en 55 -67%; pH 2.5-3.4.

Difícilmente es ter morreversible.

Pectina de
bajo metoxilo

Gel claro, traslúcido, suave, con buena liberación de sabor.
Termorreversible.
Soporta un rango amplio de pH. Puede gelificar con baja concentración de azúcar.

Requiere sales de - calcio.
Presenta un poco de sinéresis.

Goma arábica

Gel suave, claro. Tiene propiedades adhesivas y de formación de película. Con azúcar forma ge les suaves. Inhibe la - cristalización del azúcar. Compatible con el agar.

El gel es "chicloso"
Se requieren concentraciones del 40%.
Afectado por electroli tos.
Lo afectan largos períodos de hidratación y altas temperaturas.
Soporta un rango limitado de pH:4.5-5.5.
Requiere ser altamente puro.

Xantano/
algarrobo

Gel termorreversible, a baja concentración global: 0,5%.
Evita la absorción de gel por la pasta. Inhi be la sinéresis.
Controla la cristaliza ción.
Elástico y plástico.

El algarrobo y xanta no deben ser de alta pureza, de lo contrario el gel será opaco.
Resulta un poco "chi closo".

En base a las características citadas de cada sistema de hidrocoloides, y tomando en cuenta aquellos de los que se tiene amplia disponibilidad en el mercado, se seleccionaron los siguientes sistemas para ser experimentados en el desarrollo en la formulación:

- | | |
|----------------------------------|------------------------------------|
| - k-carragenina | - alginato de sodio |
| - k-carragenina/algarrobo | - xantano/algarrobo |
| - i y k - carragenina | - pectina |
| - k-carragenina/alginato | - almidones modificados |
| - k-carragenina/alginato/xantano | - xantano/k-carragenina |
| - xantano/alginato/algarrobo | - xantano/algarrobo/k-carragenina. |

4.2 DESARROLLO DE LAS FORMULACIONES.

Para llevar a cabo esta etapa de la investigación, se diseñó un sencillo plan experimental, dividido en varias fases, cada una de las cuales pretende ir eliminando aquél ó aquellos sistemas que no alcancen el objetivo particular de cada una de ellas.

Las formulaciones se desarrollaron siguiendo un procedimiento y formulación estándar, cuya variable primaria fue el sistema de hidrocoloides. Las condiciones de temperatura, tiempo, pH, etc., así como los demás ingredientes se mantuvieron constantes, a excepción de ocasiones en las que las características de gelificación del mismo hidrocoloide requirieron un cambio en ellas.

Los objetivos particulares que deben alcanzarse en cada fase para que la formulación no sea eliminada, vienen siendo las restricciones que se deben vigilar para alcanzar el objetivo final.

De esta manera, se hizo una selección gradual de las fórmulas aptas para que posteriormente, con la que finalizara se

realizara un análisis de optimización (utilizando la programación lineal), para llegar al perfeccionamiento de la formulación base al mínimo costo/máxima funcionalidad.

A continuación, se ennumeran las fases de la experimentación que se llevaron a cabo:

- 1a. Fase: Selección de los hidrocoloides en base a sus ventajas y desventajas, (forma teórica), para la formación de un gel para aplicar en la superficie de panes, tartas, y pies.
- 2a. Fase: Experimentación de los hidrocoloides seleccionados para la formación de un gel firme, ya sea transparente ó traslúcido.
- 3a. Fase: Experimentación para la formación de un gel termorreversible.
- 4a. Fase: Experimentación para la aplicación del gel en la superficie de panes, tartas, y pies, y evaluación de los mismos en base a una escala de intensidad.

Los atributos a evaluar son los siguientes:
Temperatura de aplicación, tiempo de secado, brillo, pegajosidad, absorción por la pasta, cristalización del azúcar.
- 5a. Fase: Comparación de los geles seleccionados en base a su rendimiento/costo.
- 6a. Fase: Selección de la mejor formulación. Comparación contra una muestra comercial.
- 7a. Fase: Optimización por medio de un análisis de programación lineal.

4.3 MATERIAL

4.3.1. MATERIAL DE LABORATORIO Y COCINA.

Para el desarrollo de las formulaciones se requirió del siguiente material:

- Utensilios de cocina (ollas, palas de madera, cucharas...)
- Parrilla eléctrica,
- Material de laboratorio como vasos de precipitado, de 300 y 500 ml, probetas de 100 ml, pipetas de 1, 5, 10 ml.
- Envases de plástico transparentes individuales, de 300 a 500 cm³, para envasar las formulaciones obtenidas.
- Brochas pequeñas para barnizar.
- Equipo de laboratorio como:
 - . Balanza granataria marca "Ohaus", de 3 brazos, con capacidad de 2610 gra.
 - . papel pH
 - . Termómetro de -10°C a 110°C,
 - . Brixómetro marca "B&L", de 0° a 60° Brix. Modelo 1672RN.
 - . Gelómetro: "Boucher Electronic Jelly Tester Stevens"
- Material para análisis fisicoquímicos y microbiológicos.

4.3.2 EMPAQUES

Para la selección del empaque del producto final se deben vigilar los siguientes aspectos:

- Ausencia de tóxicos,
- Protección contra la luz, pérdida ó absorción de humedad, grasa u olor.
- Protección sanitaria,
- Resistencia a impactos,
- Facilidad de apertura,
- Bajo costo.

Tomando en cuenta todos estos aspectos, el material seleccionado para el empaque fueron bolsas de polietileno transparente con capacidad para 25 Kgs, y cuñetes ó cajas de cartón con capacidad para 25 Kgs. Para sellar los cuñetes se seleccionaron grapas y para sellar las cajas, cinta adhesiva.

4.3.3. MATERIAS PRIMAS

Las materias primas utilizadas en las formulaciones fueron siempre las mismas, y únicamente hubo algunas que tuvieron que ser añadidas por así requerirlo el sistema de hidrocoloides usado: éstas fueron:

- Azúcar granulada refinada,
- Azúcar glass,
- Dextrosa monohidratada,
- Agua,
- Saborizante artificial de durazno,
- Colorante artificial,
- Sorbato de potasio,
- Hidrocoloides:
 - . Harina de algarrobo,
 - . Goma de xantano,
 - . Kappa e iota carragenina,
 - . Alginato de sodio,
 - . Pectina,
 - . Almidones modificados.
- Materias primas requeridas específicamente por algunos hidrocoloides:
 - . Acido cítrico,
 - . Cloruro de calcio,
 - . Cloruro de potasio,
 - . Citrato de potasio,
 - . Citrato de sodio.
- Materias primas para evaluar las formulaciones:
 - . Pan dulce: "cuernos", "danesas", "roles".
 - . Tartas de frutas: de fresa, manzana, piña, durazno, y combinadas.
 - . Pies de nuez y de queso.

4.4 METODOLOGIA

4.4.1 ELABORACION A NIVEL EXPERIMENTAL

El método que se siguió a nivel experimental se señala en el cuadro No. XIX por medio de un diagrama de bloques, y se explica a continuación:

- 1.- Recepción de los ingredientes:
Se seleccionan todos los ingredientes a ser utilizados en la formulación, compuesta por agua, azúcar, dextrosa, hidrocoloide, color, saborizante e ingredientes opcionales, indicados con detalle en los cuadros No. XX y XXI.
- 2.- Determinación del peso de cada ingrediente:
Se pesan exactamente todos los ingredientes por separado.
- 3.- Calentamiento del agua:
Se pone a calentar la cantidad de agua indicada permitiendo que llegue a ebullición.
- 4.- En el momento de la ebullición se agrega la mitad de los azúcares mezclados en seco, y se agita hasta completa disolución.

Se permite que esta solución azucarada llegue hasta la ebullición.

Mientras tanto, por separado se mezcla en seco el sistema de hidrocoloides a utilizar con la parte restante de los azúcares, y el conservador, sabor y color.
- 5.- En el momento de la ebullición de la solución azucarada, se adiciona la mezcla anterior, agitándose para que se disuelvan todos los ingredientes, y permitiendo que hierva durante 5 minutos aproximadamente, ajustando grados Brix, y pH.

6.- Se retira la fuente de calor, y se agregan los ingredientes que necesite el sistema de hidrocoloideos utilizado para gelificar, disolviéndolos por completo. Se permite que enfrie un poco, y se envasa.

En caso de que no se requieran ingredientes adicionales, se envasa directamente tras un breve periodo de reposo.

Una vez envasado el producto, se permite que enfrie para proceder a observar si se ha formado un gel, y la fuerza del mismo, así como su transparencia ó en su defecto su opacidad.

C U A D R O N o. X I X

ELABORACION DEL ABRILLANTADOR

Recepción de materias primas.

Determinación del peso de cada uno de los ingre
dientes.

Calentar el agua hasta ebullición

Mezclar en seco la mitad de los azúca
res.

← Añadir y agitar

Llevar a ebullición la solución azucarada

Mezclar en seco el hidrocoloide con la mitad del azúcar, - color, sabor y conservador.

← Añadir y agitar

Hervir aproximadamente 5 minutos.

← Ajustar Grados Brix y pH

Retirar del calor

Requiere ingredientes especiales el hidrocoloide?

→ SI →

Ingredientes especia
les requeridos por cada hidrocoloide.

← Añadir y agitar

NO

Envasar a temperaturas ma
yores a las de gelificación.

C U A D R O N o . X X

CLAVES UTILIZADAS EN EL CUADRO No. XXI
DE LAS FORMULACIONES DESARROLLADAS.

HIDROCOLOIDES

A: -K-carragenina
B: Harina de algarrobo
C: -i-carragenina
D: Alginato de sodio
E: Xantano
F: Pectina de alto metoxilo
G: Pectina de bajo metoxilo
H: Almidón modificado
I: Almidón modificado de tapioca

SALES

a: citrato de potasio
b: cloruro de calcio
c: cloruro de potasio
d: citrato de sodio

C U A D R O No. X X I

FORMULACIONES DESARROLLADAS

INGREDIENTES	FORMULACIONES (%)													
	#1	#2	#3	#4	#5	#6	#7	#8	#9	#10	#11	#12	#13	#14
Agua	60.0	60.0	60.0	60.0	60.0	60.0	60.0	55.0	55.0	55.0	47.0	48.0	50.0	60.0
Azúcar granular	21.4	21.7	21.7	22.0	22.0	21.7	22.3	26.5	26.1	26.3	35.2	35.4	30.0	11.76
Azúcar glass	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	8.0	8.0	8.0	7.0	7.0	7.0	8.0
Dextrosa	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	8.0	8.0	8.0
Hidrocoloide*	A 0.7	A 0.5	A 0.35	A 0.6	D 0.7	A 0.6	A 0.4	E 0.10	A 0.50	E 0.15	F 1.0	G 1.0	H 5.0	I 20.0
		B 0.20	C 0.35	D 0.1		E 0.1	D 0.05	B 0.15	B 0.05	B 0.15				
							E 0.05		E 0.05	D 0.15				
Color	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
Sabor	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09
Sorbato de Pot.	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
Ac. cítrico	0.33	0.33	0.33	-	-	0.33	-	-	-	-	1.4	0.3	-	-
Sales*	a ó c 0.3	-	-	-	b	-	-	-	-	-	d	b	-	-
					0.05						0.16	0.02		

*Ver claves en el cuadro No. XX

4.4.2 MODO DE EMPLEO DEL ABRILLANTADOR

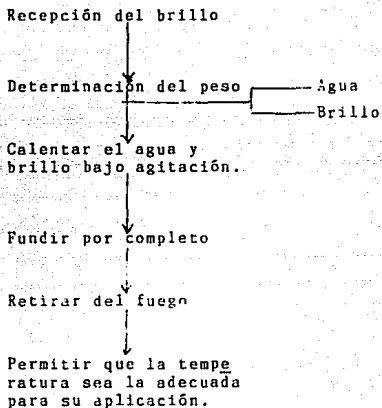
Una vez obtenido el gel, se procede a prepararlo para que pueda posteriormente ser aplicado. La metodología a seguir se muestra en el cuadro No. XXII, por medio de un diagrama de bloques, y se explica a continuación:

- 1.- Se pone a calentar una parte del gel, con aproximadamente 1/4 a 1/3 parte de su peso en agua. La cantidad varía, dependiendo del cuerpo que se desee que tenga el abrillantador, y según lo requiera la formulación.
- 2.- Se agita ligeramente para incorporar el agua en el gel, y se deja calentando hasta que funde por completo.
- 3.- Una vez fundido todo el gel, se retira del fuego, y se permite que enfríe un poco para poder ser aplicado.

Se debe observar si al enfriar por completo se vuelve a obtener un gel con las mismas características que al principio, para poder evaluarlo como termorreversible.

C U A D R O N o. X X I I

MODO DE EMPLEO DEL ABRILLANTADOR PARA
SU APLICACION.



4.4.3 APLICACION DEL ABRILLANTADOR SOBRE LOS PANES Y/O TARTAS.

Una vez fundido el gel, se procede a aplicarlo sobre la su perficie de pan dulce, tartas de fruta, y pies, para observar - su comportamiento sobre el producto final al que va destinado. Esta metodología se explica a continuación:

- 1.- Teniendo fundido por completo el gel (sin presencia alguna de grumos), se retira del fuego y se permite que su temperatura llegue a los 50°-60°C (lo cual va a depender del hi drocoloide y su concentración), para aplicarlo. Una forma empírica, pero efectiva, de conocer si está en el punto ó p timo de aplicación, es dejarlo caer de una cuchara; en el momento en que la gota queda suspendida del fondo de ésta, será el momento de aplicar.
- 2.- Entonces se toma la brocha para barnizar y se introduce en el abrillantador líquido para tomar una cantidad razonable de éste, y se aplica sobre la superficie de pan dulce, tar tas y "pies", cuidando que la capa sea homogénea y de un - espesor adecuado al producto.
- 3.- Se permite que seque, tomando el tiempo que tomó en hacerlo, y se evalúan las características impartidas al producto barnizado durante los días que dure la vida de anaquel de cada uno, utilizando una escala por intensidad. Dichas caracterisitcas, y dicha escala, se muestran a continuación.

ATRIBUTOS A EVALUAR EN LA APLICACION DEL ABRILLANTADOR

- 1.- Temperatura de aplicación (°C)
La temperatura óptima de aplicación debe caer en un rango entre los 55°C y 75°C. Fuera de este rango habrá problemas que afectarán al producto sobre el cual se aplica.
- 2.- Tiempo de secado (segundos)
El tiempo de secado óptimo debe ser de 120 segundos como máximo, ya que un tiempo mayor hace menos eficaz la labor de la persona que aplica el abrillantador y almacena el producto barnizado de inmediato en sus anaqueles para su venta.
- 3.- Brillo (si)/(no)
- 4.- Absorción por la pasta (si)/(no)
- 5.- Cristalización (si)/(no)
- 6.- Pegajosidad (si)/(no)

Estos cuatro parámetros deben ser evaluados una vez que el abrillantador ha sido aplicado y está seco. Para evaluar estos parámetros se dejaron pasar tres días en las tartas de fruta, siete días en el "pie" de nuez y un día en el pan dulce.

Después de este periodo se deben observar éstos parámetros los cuales deberán conservarse como al inicio, es decir, como cuando estaban recién aplicados.

C U A D R O N o. X X I I I

FORMATO DE EVALUACION DE LOS ATRIBUTOS
 IMPARTIDOS POR EL ABRILLATADOR APLICADO
 SOBRE LA SUPERFICIE DE PAN DULCE, TAR-
 TAS, Y " PIES " .

A T R I B U T O	F O R M U L A C I O N			
	#1	#2	#3	#4 ...
Temperatura de aplicación.				
Tiempo de secado.				
Brillo				
Absorción por la pasta.				
Cristalización.				
Pegajosidad.				

Una vez evaluados los abrillantadores en base a sus características impartidas al producto aplicado, se realizó un análisis de costos de las formulaciones, y una comparación en base a su rendimiento/costo, como se muestra en el cuadro No. XXIV.

Tomando en cuenta los resultados de los cuadros No. XXIII, y XXIV, se comparó la formulación elegida en presentación gel, con una muestra comercial tomada como estándar, evaluándose los mismos atributos del cuadro No. XXIII, dicha comparación se evaluó como lo indica el cuadro No. XXV.

C U A D R O N o. X X I V

FORMATO DE COMPARACION DE LAS FORMULACIONES
EN BASE A SU RENDIMIENTO/COSTO

C A R A C T E R I S T I C A	F O R M U L A C I O N			
	#1	#2	#3	...
Costo del abrillantador concentrado por kilogramo				
Rendimiento				
Costo del abrillantador preparado por kilogramo				

C U A D R O N o. X X V

FORMATO PARA LA EVALUACION DE
 LOS ATRIBUTOS IMPARTIDOS POR EL ABRILLANTADOR
 COMERCIAL Y EL ABRILLANTADOR SELECCIONADO .

A T R I B U T O	F O R M U L A C I O N	
	Formulación elegida	Muestra comercial
Fuerza del gel		
Temperatura de aplicación		
Tiempo de secado		
Brillo		
Absorción por la pasta		
Cristalización		
Pegajosidad		

4.4.4 METODOLOGIA DE PRUEBAS DE VIDA DE ANAQUEL

Se conservaron varios empaques a diferentes condiciones de temperatura, con el objeto de hacer pruebas de vida de anaquel del producto.

Se colocaron tres productos empacados bajo las siguientes condiciones:

- 1.- Temperatura de refrigeración (4°C)
- 2.- Temperatura ambiente (20°-25°C)
- 3.- Temperatura alta (37°C)

4.4.5 METODOLOGIA DE ANALISIS FISICOQUIMICOS.

Los análisis fisicoquímicos realizados al abrillantador, - fueron los siguientes.

- 1.- Humedad: Método de estufa a presión atmosférica, AOAC-23.002 para abrillantador-gel (45).
- 2.- Acidez total: Expresado como ácido cítrico, método AOAC --- 23.012, (45).
- 3.- Sólidos solubles: Método AOAC 31.009, con polarímetro expresado en grados Brix, (45).
- 4.- Sacarosa: Método AOAC, 23.014, (45).
- 5.- Glucosa: Método AOAC, 23.016, (45).
- 6.- Fuerza o firmeza del gel: Evaluado en un Gelómetro "Bouche Electronics Jelly Tester Stevens", y expresado en gramos de masa requeridos para romper el gel.

4.4.6 METODOLOGIA DE ANALISIS MICROBIOLÓGICOS

Los análisis microbiológicos realizados al abrillantador fueron:

- 1.- Cuenta de bacterias mesofílicas aerobias.
Método de la Dirección General de Normas: DGN-F-253-1977 (46).
- 2.- Cuenta de Hongos y Levaduras.
Método de la Dirección General de Normas: NOM-F-255-1978 (46).
- 3.- Cuenta de Coliformes.
Método de la Dirección General de Normas: NOM-F-254-1977 (46).

4.5 OPTIMIZACION

Una vez elegida la mejor formulación se procedió a realizar un análisis de optimización, para minimizar su costo cuidando de no alterar su funcionalidad.

Para realizar el análisis de optimización se eligió la programación lineal, por ser una técnica sencilla y rápida al poder ser implementada en computadora.

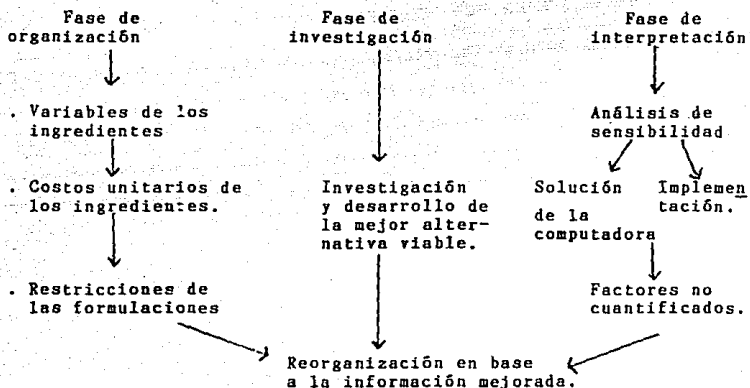
Se deben definir la función objetivo, variables de decisión y restricciones por programación lineal.

Con la optimización, se intenta realizar un proceso de reoalimentación entre las fases de organización, investigación y desarrollo, así como la fase interpretativa, de manera que la formulación finalmente elegida como la óptima, haya sido aprobada por estas fases en su totalidad. Dicho proceso se esquematiza en el cuadro No. XXVI.

Las variables de decisión, función objetivo y restricciones se plantearon como se indica a continuación en los cuadros No. XXVII y XXVIII.

CUADRO No. XXVI

PROCESO DE OPTIMIZACION EN LA FORMULACION DE ALIMENTOS, (41).



(41)
Weiss G.
Food Product Development. 9:64; 1975

C U A D R O No. X X V I I

COMPOSICION DE UN GEL PARA APLICAR SOBRE
LA SUPERFICIE DE PANES TARTAS Y PIES.
(FORMULACION ELEGIDA).

INGREDIENTES	% EN PESO
Agua	48.00
Azúcares	50.66
Gomas	0.80
Acido	0.30
Conservador	0.10
Color	0.05
Sabor	0.09

CUADRO No. XXVIII

RELACION DE COSTOS

VARIABLE DE DECISION	INGREDIENTE	COSTO \$ /KG
X1	Azúcar granulada	823.0
X2	Azúcar glass	1,007.0
X3	Dextrosa	1,460.0
X4	Pectina	46,641.0
X5	Acido cítrico	3,470.0
X6	Cloruro de calcio	1,870.0
X7	Sorbato de potasio	19,980.0
X8	Color	16,950.0
X9	Sabor	17,020.0
X10	Agua	0.0

FUNCION OBJETIVO

En esta función objetivo se busca minimizar el costo de la formulación, por lo tanto, la ecuación se representa tomando en cuenta la concentración de cada variable de decisión por su costo unitario.

$$\text{Costo (\$/Kg)} = 8.23X_1 + 10.07X_2 + 13.60X_3 + 466.41X_4 + \\ 34.70X_5 + 18.70X_6 + 198.80X_7 + 169.5X_8 + \\ 170.2X_9 + 0.00X_{10}.$$

LIMITANTES

Las principales limitaciones de la formulación serán:

- a) **Peso:** Se tendrá una limitante relacionada al peso, para expresar todos los ingredientes en base a un porcentaje, lo cual simplifica todos los cálculos.

$$\text{Peso} = X_1 + X_2 + X_3 + X_4 + X_5 + X_6 + X_7 + X_8 + X_9 + \\ X_{10} = 100$$

- b) **Cantidad total de azúcares:** Relación muy importante porque determina la fuerza de gelificación y la ausencia de cristalización.

$$X_1 + X_2 + X_3 < = 55 \\ X_1 + X_2 + X_3 > = 45$$

- c) **Cantidad de goma:**

$$X_4 < = 1.5 \\ X_4 > = 0.8$$

- d) **Cantidad de ácido cítrico:** Determinada para evitar una hidrólisis de la goma por un exceso o una ausencia de gelificación por ser insuficiente.

$$X_5 < = 0.6 \\ X_5 > = 0.25$$

e) Cantidad de conservador:

$$\begin{aligned} X7 < &= 0.1 \\ X7 > &= 0.05 \end{aligned}$$

f) Cantidad de colorante y saborizante: Estos parámetros se fijaron a una cantidad determinada por ser la única deseada.

$$\begin{aligned} X8 &= 0.05 \\ X9 &= 0.09 \end{aligned}$$

g) Cantidad de agua: La cantidad de agua puede variar, y de hecho, vendrá a ser la resta del total (100) menos la suma de todos los demás parámetros ($X1 + X2 + \dots + X9$), ya que, una vez encontrada la concentración ideal de ellos, lo demás puede ser substituído por agua, por lo tanto:

$$X10 = 100 - (X1 + X2 + X3 + X4 + X5 + X6 + X7 + X8 + X9).$$

Que viene siendo la misma ecuación que la del inciso (a).

h) Relación de sacarosa:dextrosa:

$$\begin{aligned} X3 < &= 0.3 (X1 + X2) \\ X3 - 0.3X1 - 0.3X2 &< = 0 \end{aligned}$$

i) Relación pectina:calcio (como Calcio +2).

La relación entre estos dos ingredientes es únicamente utilizada para dar una mayor firmeza al gel, hasta donde se desee, pero no puede pasar el calcio (Ca^{+2}) de un total de 15 mg por gramo de pectina, de lo contrario se afectarán las características del gel. Por lo tanto:

$$Ca^{+2} < = 0.015 X4$$

C U A D R O N o. X X I X

ALTERNATIVA DE SOLUCION INICIAL PARA ENCONTRAR
EL COSTO MAS BAJO DEL ABRILLANTADOR

I T E M	LADO IZQUIERDO										LADO DERECHO
	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8	X9	X10	
Costo *	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	
Peso	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	= 100.0
Mín. azúcares	1	1	1								>= 45.0
Máx. azúcares	1	1	1								<= 55.0
Mín. goma				1							>= 0.8
Máx. goma				1							<= 1.5
Mín. ácido					1						>= 0.25
Máx. ácido					1						<= 0.6
Mín. sorbato							1				>= 0.05
Máx. sorbato							1				<= 0.1
Colorante								1			= 0.05
Saborizante									1		= 0.05
Agua											
Sac.:Dext.	-.3	-.3	1								<= 0.0
Pect.:Ca+2				-.15		.361					<= 0.0

* a= 823 b=1007 c=1360 d=46641 e=3470 f=1870
g= 19880 h=16950 i=17020 j=0

CAPITULO V

R E S U L T A D O S

5.1 RESULTADOS DEL DESARROLLO EXPERIMENTAL

Para la obtención de la formulación final del abrillantador, se siguió la metodología explicada en el cuadro No. XIX, llevándose a cabo 14 formulaciones tentativas (cuadro No. XXI), hasta llegar a la que se consideró como óptima.

Básicamente se fueron cambiando las cantidades de las gomas. En ocasiones hubo necesidad de pequeñas variaciones en la cantidad de azúcar entre las formulaciones, debiéndose esto al porcentaje de sólidos solubles tolerado por cada sistema de hidrocoloide específico, ocurriendo lo mismo con el ácido cítrico usado y las sales.

Para elegir la formulación más adecuada de entre todas, se llevó a cabo una serie de evaluaciones parciales en cada fase de la experimentación, eliminándose aquellas que no cumplieron con la restricción impuesta. Los resultados se muestran en el cuadro No. XXX.

Una vez observadas sus características físicas como gel, y habiéndose eliminado las formulaciones que no funcionaron hasta la tercera fase, se procedió a evaluar la cuarta fase de aplicación, en la que se observaron sus características como abrillantador.

La aplicación del gel se realizó sobre tartas de durazno, fresa, piña, manzana, y sobre "pies" de nuez y pan dulce como "danesas".

Cada producto se mantuvo en las condiciones a las que normalmente deben estar expuestos a la venta en el mercado, es decir, en refrigeración y por tres días para las tartas de fruta, a temperatura ambiente y por ocho días para el "pie" de nuez, y a temperatura ambiente y por un sólo día para el pan dulce.

La aplicación del abrillantador se realizó como lo indica el cuadro No. XXII.

Finalmente, se evaluaron los parámetros de costo y rendimiento, (cuadro No. XXXII), y con los resultados de los tres cuadros (XXX, XXXI, XXXII), fue posible elegir la mejor formulación para que fuera evaluada contra una muestra comercial.

C U A D R O No. X X X

RESULTADOS DE LA SEGUNDA Y TERCERA
FASE DEL DESARROLLO EXPERIMENTAL

FORMULACION	2a. FASE: Tipo de gel	FIRMEZA DEL GEL	SINERESIS	3a. FASE: Termorrever- sibilidad
1	Transparente	51.5gr	17ml/100gr	Si
2	Traslúcido	67.6gr	13ml/100gr	Si
3	Transparente	57.5gr	13ml/100gr	Si
4	Transparente	83.3gr	11ml/100gr	Si
5	Transparente	88.6gr	13ml/100gr	No
6	Traslúcido	75.5gr	6ml/100gr	Si
7	Traslúcido	79.5gr	11ml/100gr	Si
8	Traslúcido	78.0gr	7ml/100gr	No
9	Traslúcido	68.6gr	12ml/100gr	Si
10	Traslúcido	91.0gr	10ml/100gr	Si
11	Traslúcido	124.0gr	10ml/100gr	No
12	Transparente	131.0gr	8ml/100gr	Si
13	Traslúcido	47.5gr	15ml/100gr	Si
14	Opaco	167.0gr	0ml/100gr	-

GELES ELIMINADOS:

2a. Fase:Formulación No. 14

3a. Fase:Formulaciones No.: 5, 8, 11.

Como se puede observar en el cuadro No. XXX, en la segunda fase, la fórmula No. 14 no cumplió con el requisito de formar un gel transparente, por lo cual se descartó del desarrollo experimental.

En la tercera fase, donde se debía obtener un gel termorreversible, las formulaciones números 5, 8, y 11, no cumplieron con el requisito, por lo que no continuaron hacia la cuarta fase del desarrollo.

C U A D R O N o . X X X I

RESULTADOS DE LA CUARTA FASE DEL
DESARROLLO EXPERIMENTAL

4a. FASE: APLICACION	F O R M U L A C I O N E S									
	1	2	3	4	6	7	9	10	12	13
Rango de temp. de aplicación. (°C)	55 a	55 a	55 a	60 a	60 a	63 a	58 a	60 a	55 a	50 a
	63	60	63	69	67	67	65	70	80	53
Tiempo de secado (seg)	120	110	120	95	240	110	180	120	80	120
Brillo* (sí) (no)	no	no	no	si	si	no	si	si	si	no
Pegajosidad* (sí) (no)	no	no	no	no	si	no	si	si	no	si
Absorción por la pasta (sí) (no)	si	si	si	no	no	si	no	no	no	si
Cristalización* (sí) (no)	si	si	si	si	si	si	si	si	no	si

* Evaluadas después de pasado el tiempo específico para cada producto anteriormente citado.

En el cuadro No. XXXI, la calificación buscada de cada atributo es:

Temperatura de aplicación: El mayor rango, a partir de 55°C

Tiempo de secado: El menor posible.

Brillo: Si.

Pegajosidad: No

Absorción por la pasta: No

Cristalización: No

Esta cuarta fase de aplicación permitió hacer una mejor selección de las formulaciones, pues evalúa los atributos donados por el abrillantador como tal, es decir, ya aplicado sobre el producto al que va destinado.

La formulación aprobada fué la Número 12, por tener un amplio rango de temperatura de aplicación, un tiempo mínimo de secado, y por conservar intactos los atributos de brillo, ausencia de cristalización, pegajosidad y de absorción por la pasta, después del tiempo solicitado.

C U A D R O No. X X X I I

ANALISIS DE COSTO Y RENDIMIENTO

CARACTERISTICA	FORMULACION
Costo del abrillan tador concentrado por kilogramo	\$572.00
Rendimiento	1.3 a 1.4 Kgs
Costo del abrillan tador preparado lig to para aplicar por kilogramo.	\$440.00

5.2 ANALISIS COMPARATIVO CONTRA UNA MUESTRA COMERCIAL

Es muy importante comparar la formulación elegida contra un producto comercial, para que la evaluación permita conocer el grado de aceptación del consumidor.

En el cuadro No. XXXIII, se muestran los resultados de la evaluación realizada entre la formulación número 12 (elegida) y la muestra comercial.

C U A D R O No. X X X I I I

COMPARACION ENTRE LA FORMULACION
ELEGIDA Y LA MUESTRA COMERCIAL.

CARACTERISTICAS	MUESTRA COMERCIAL	FORMULA ELEGIDA
Temperatura de aplicación	55 a 75°C	55-80°C
Tiempo de secado	75 seg.	80 seg
Brillo	SI	SI
Pegajosidad	NO	NO
Absorción por la pasta	NO	NO
Cristalización	NO	NO
Firmeza del gel	148.8gr	131.6gr
Sinéresis	6ml/100gr	8ml/100gr
Termorreversible?	SI	SI
Transparente ó Traslúcido,	Traslúcido	Transparente

5.3 RESULTADOS DE LAS PRUEBAS DE VIDA DE ANAQUEL

Las pruebas de vida de anaquel se realizaron permitiendo que el producto permaneciera a tres diferentes temperaturas:

- a) Temperatura ambiente (20-23°C)
- b) Temperatura de refrigeración (5-7°C)
- c) Temperatura alta (27-30°C)

por un periodo de tiempo determinado por la aparición de hongos visibles.

Los resultados de dichas pruebas se muestran en el cuadro No. XIXIV.

C U A D R O No. X X X I V

RESULTADOS DE VIDA DE ANAQUEL

TEMPERATURA (°C)	TIEMPO (meses)
Temperatura ambiente (20-23°C)	6 meses
Temperatura de refri- geración. (5 - 7 °C)	7 meses
Temperatura alta (27-30°C)	3-4 meses

C U A D R O No. X X X V

RESULTADOS DE LOS ANALISIS FISICOQUIMICOS
Y MICROBIOLOGICOS EN LA FORMULACION FINAL

DETERMINACION	RESULTADOS
HUMEDAD (Método de estufa a presión atmosférica)	47.5%
SOLIDOS TOTALES	52.5%
ACIDEZ TOTAL (Como ácido cítrico)	0.60%
SOLIDOS SOLUBLES (Por refractómetro)	54.5 Brix
SACAROSA	31.0%
DEXTROSA	17.0%
BACTERIAS MESOFILICAS AEROBIAS	Menos de 100 col/gr
HONGOS Y LEVADURAS	Menos de 10 col/gr
COLIFORMES	0 col/gr

CAPITULO VI

ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

6.1 DESARROLLO EXPERIMENTAL

Durante el transcurso de las diferentes etapas en las que se dividió el desarrollo experimental, se pudo observar detenidamente el comportamiento de cada sistema de hidrocoloides con respecto a las características ó parámetros que debían cumplir para llegar finalmente a ser considerados como un abrillantador apto para la aplicación en panes, tartas y "pies".

En la primera fase se evaluó en forma teórica todos los -- sistemas capaces de formar un gel. Estos mismos son evaluados en forma práctica a partir de la segunda fase, donde comienza el desarrollo experimental práctico.

En esta fase se evaluaron las primeras características que debe cumplir el abrillantador: ser transparente de preferencia ó en su defecto, traslúcido, pero nunca opaco, ya que no proporcionaría brillo, ni permitiría que se viera la fruta ó la nuez de las tartas ó "pies".

De esta forma se descarta la formulación número 14, ya que resultó ser un gel completamente opaco.

Se observó que los sistemas transparentes son aquellos formados únicamente por carragenina ó bien pectina, concluyéndose que, la adición de otra goma a estos sistemas les quita transparencia.

Este hecho pudiera parecer perjudicial, pero no lo es tanto, ya que la capa aplicada sobre los productos es muy delgada por lo que no afecta. Muy por el contrario, la combinación de gomas permite una mayor firmeza del gel y una menor sinéresis, aspectos muy importantes que influyen directamente en la apariencia tanto del abrillantador como tal envasado, como del mismo aplicado sobre los productos.

Las gomas que ayudaron más a retener la sinéresis fueron la de algarrobo y la de xantano. Un aspecto negativo de ésta última es que opaca bastante los geles y los vuelve mucilaginosos, lo cual los hace pegajosos en la aplicación y más difíciles de fundir, como se observa en la tercera etapa, donde la formulación número 8 (algarrobo/xantano) no es termorreversible y por lo cual es descartada. En esta misma etapa, además se descartan las formulaciones número 5 y 11 (la primera formada por alginato puro y la segunda de pectina alto metoxilo). La formulación número 5 a pesar de ser transparente, con buena firmeza y sinéresis aceptables, no es termorreversible al igual que la número 11.

De esta forma quedaron 10 formulaciones que cumplían con las restricciones más importantes para obtener un abrillantador, desde el punto de vista manufactura y aplicación.

La siguiente fase, que es la cuarta, contempló los aspectos relacionados a la apariencia y vida de anaquel del producto ya aplicado. Aspectos por demás importantes, pues de cumplirse debidamente implican haber logrado el objetivo final de un abrillantador que es: realzar la apariencia de los productos de pastelería y alargar su vida de anaquel.

Así pues, se observó de manera contundente que la única formulación que cumplió debidamente TODAS estas características fue la número 12. Un aspecto importante es el hecho de que en todos los demás sistemas se observó cristalización del azúcar antes del tiempo límite para cada producto.

Por lo que respecta a rendimiento, se observó que éste es el mismo que presentó la muestra comercial, y el costo resultó ser muy competitivo.

El cuadro No. 33 muestra que en cuanto a las características del abrillantador presenta resultados muy similares a los del producto comercial, teniendo una menor firmeza y mayor sinéresis (no muy significativos), pero una transparencia de la cual carece el producto comercial.

6.2 ANALISIS DE LOS RESULTADOS DE VIDA DE ANAQUEL Y DE LOS ANALISIS FISICOQUIMICOS/MICROBIOLOGICOS.

En nuestro país, no existe alguna Norma de Calidad del producto en cuestión, por lo que, no existe punto de comparación. En la presente investigación, el criterio que se tomó para evaluar los análisis de vida de anaquel y los fisicoquímicos/microbiológicos del producto fueron en base al uso del producto y la duración del mismo dentro de las panaderías.

El producto tiene un vida de anaquel aproximada de 6 meses, a temperatura ambiente, y envase cerrado, la cual es más que suficiente si consideramos que es un producto que a nivel pastelerías se utiliza a diario y por lo tanto es rápidamente consumido.

Los análisis fisicoquímicos y microbiológicos muestran un comportamiento normal, comparado con la muestra comercial, y un bajo índice microbiológico, lo cual era de esperarse, dado el alto nivel de azúcares del producto y la presencia de conservador como factor de seguridad.

5.3 OPTIMIZACION

Una vez elegida la formulación final, se procedió a optimizarla en lo que se refiere a costo.

El desarrollo de la optimización se facilitó bastante por el hecho de haberse realizado con la ayuda de un programa de programación lineal por computadora. No obstante se requirió analizar en cada ocasión que se obtenía algún tipo de resultado, dado que algunos de ellos que reportaban costos mínimos, no permitían mantener cuando menos la funcionalidad del producto.

Finalmente, después de aproximadamente 40 iteraciones, se llegó a la formulación óptima en cuanto a costo y funcionalidad.

A continuación se muestra la composición de la formulación elegida al final de la experimentación, y la composición de la misma ya optimizada.

C L A D R O X X X V I

COMPOSICION DE LA FORMULACION ELEGIDA AL FINAL
DE LA EXPERIMENTACION Y COMPOSICION DE LA MISMA
YA OPTIMIZADA.

I N G R E D I E N T E S	% EN PESO	
	FORMULA EXPERIMENTAL	FORMULA OPTIMIZADA
Agua	48.00	53.73
Azúcar granulada	35.44	38.00
Azúcar glass	7.00	0.00
Dextrosa	8.00	7.00
Pectina	1.00	0.80
Color	0.05	0.05
Sabor	0.09	0.09
Sorbato de potasio	0.10	0.05
Acido Citrico	0.30	0.25
Cloruro de Calcio	0.02	0.033

C O S T O

\$ 572.00/Kg

\$ 488.00/Kg

Como se podrá observar, se modificó la relación de azúcares, eliminándose por completo el azúcar glass de la fórmula elegida, (que funcionalmente se comprobó después que no altera la formulación), se redujo la concentración de pectina, lo cual no alteró la fuerza de gelado, ya que se aumentó la cantidad de cloruro de calcio, encontrándose así una relación óptima de pectina:cloruro de calcio, que mantiene las condiciones de gelificación anteriores con la diferencia de tener un costo mucho menor.

El conservador también fue disminuido, encontrándose que el producto no disminuye su vida de anaquel (dado que la concentración de azúcar alta, mantiene una alta presión osmótica y funciona como efecto sinergista.

Otro ingrediente que disminuyó fue el ácido cítrico, en muy pequeña cantidad, lo cual permite mantener casi igual el pH.

De esta forma, todas las cantidades que fueron disminuídas fueron compensadas en el porcentaje total ajustando la cantidad total de agua, que finalmente fue un poco superior a la de la fórmula experimental en 5.73%, lo cual no altero el producto.

Se demostró experimentalmente que la fórmula optimizada no fue alterada funcionalmente, y el costo de la misma se redujo en un 15%, lo cual significa un ahorro significativo si consideramos la producción de grandes volúmenes del producto.

CONCLUSIONES

Existe una gama muy extensa de hidrocoloides con una variedad muy amplia de funcionalidades, entre las que se encuentra la capacidad de formar geles.

En base a los hidrocoloides estudiados para la elaboración de un gel para abrillantar los panes y tartas, la pectina fue el producto que mejor resultado nos dió considerando las restricciones del experimento.

El producto desarrollado cumplió funcionalmente con las características de termorreversibilidad, tiempo de secado, facilidad de aplicación, brillantez sobre los panes y tartas, no se pega una vez seco, y en su vida de anaquel. Dichas características igualan, y en ocasiones superan, a aquellas de la muestra comercial tomada como referencia.

El uso de los programas existentes de optimización son una gran ayuda para la etapa final del desarrollo, pues permite optimizar la fórmula en base a su máxima funcionalidad/mínimo costo, por lo que se recomienda ampliamente para el desarrollo de formulaciones en la industria de alimentos. Esta técnica debería ser utilizada por todo experimentador para eliminar la técnica de ensayo/error y obtener el máximo beneficio de su uso.

B I B L I O G R A F I A

- (1) Encyclopaedia Britannica
Macropaedia Vol. 4
Pág. 1082
USA 1979

- (2) Levine, Lawrence
SWEET YEAST GOODS ICING STABILIZERS AND
HOW TO USE THEM.
Baker's Digest. 55(2):13 1981

- (3) Lipman, Harry
ADVANCES IN ICING TECHNOLOGY.
Baker's Digest. 57(4):32 1983

- (4) Dubois, Donald
ICINGS AND GLAZES. FORMULATION AND PROCESSING.
Cereal Foods World. 25(7):391 1980

- (5) Guckenberger, John
BAKERY ICINGS.
Baker's Digest. 55(1):12 1981

- (6) Badui, Salvador.
QUIMICA DE ALIMENTOS.
2a. Reimpresión de la 1a. Edición
Edit. Alhambra Mexicana, SA de CV.
México. 1984

- (7) Alikonis, Justin
 CANDY TECHNOLOGY.
 AVI Publishing Co.
 USA 1979
- (8) Prince
 USE OF SUGARS AND OTHER CARBOHYDRATES.
 Advances in Chemistry Series.
 USA 1955
- (9) Schanefelt, R.V.
 CORN SWEETENERS: PRODUCTS AND PROPERTIES.
 Cereal Foods World. 22(2):44 1977
- (10) Horn, Harold
 CORN SWEETENERS
 Cereal Foods World. 26(5):219 1981
- (11) Hobbs, Schenck, Long, Katz.
 CORN-BASED SWEETENERS
 Cereal Foods World. 31(12):852 1986
- (12) Glicksman, M.
 GUM TECHNOLOGY IN THE FOOD INDUSTRY.
 Academic Press
 New York. 1969
- (13) Anónimo.
 RHODIGEL 200. FINE MESH XANTHAN GUM.
 Rhone-Poulenc Specialites Chimiques.
 France. 1984

- (14) Glicksman, M.
"GELLING HYDROCOLLOIDS IN FOOD PRODUCT APPLICATION"
En: "POLYSACCHARIDES IN FOODS"
Editores: J.M.V. Blanchard y J.R. Mitchell
Pág. 185
Ediciones Butterworths.
Boston, Mass. USA 1979
- (15) Igoe, R.S.
HYDROCOLLOID INTERACTIONS USEFUL IN FOOD SYSTEMS.
Food Technology. 36(4):72 1982
- (16) Overseem, A.
LEGISLATION AND TOXICOLOGY OF FOOD HYDROCOLLOIDS
En: "GUMS AND STABILISERS FOR THE FOOD INDUSTRY 2"
Editores: Phillips, Wedlock & Williams.
Pág.:369
Pergamon Press
Great Britain. 1984
- (17) Pedersen, J. K.
THE SELECTION OF HYDROCOLLOIDS TO MEET FUNCTIONAL
REQUIREMENTS.
En: "POLYSACCHARIDES IN FOODS".
Editores: J.M.V. Blanchard & J.R. Mitchell
Pág. 218
Ediciones: Butterworths.
Boston, Mass. USA. 1979
- (18) Sanderson, G.R.
POLYSACCHARIDES IN FOODS.
Food Technology. 35(7):50 1981

- (19) Fennema, O. R.
INTRODUCCION A LA CIENCIA DE LOS ALIMENTOS.
Editorial Reverté, S.A.
España, 1982
- (20) Anonymous
MEXPECTIN; GENERALITIES, SPECIFICATION AND
APPLICATION.
Technical Memorandum. Grindsted Products A/S
Denmark, 1984
- (21) Lecallier, Ph.
EPAISSISSANTS, GELIFIANTS, STABILISANTS
Forum GIA
France, 15 Nov. 1984
- (22) Walker, B.
GUMS AND STABILISERS IN FOOD FORMULATIONS
En: "GUMS AND STABILISERS FOR THE FOOD INDUSTRY 2"
Editores: Phillips, Wedlock & Williams.
Pergamon Press
Great Britain. 1984
- (23) Anónimo
RHODIGEL 23. FINE MESH XANTHAN ALIMENTAIRE.
Rhone-Poulenc Specialites Chimiques
France, 1982
- (24) Anónimo
ORIGINE DES HYDROCOLLOIDES.
Rhone-Poulenc Specialites Chimiques
France, 1984
- (25) Sanderson, G.R., & Clark, R.C.
LABORATORY-PRODUCED MICROBIAL POLYSACCHARIDE HAS
MANY POTENTIAL FOOD APPLICATIONS AS A GELLING,
STABILIZING, AND TEXTURIZING AGENT.
Food Technology 37(4):63 1983

- (26) Anónimo
L'ANIDON DE MAIS POUR L'INDUSTRIE ALIMENTAIRE
Société des Produits du Mais
France 1986
- (27) Rogols, Saul
STARCH MODIFICATIONS: A VIEW INTO THE FUTURE
Cereal Foods World. 31(12):869 1986
- (28) Anónimo
EMPLOI DES AMIDONS MODIFIES EN INDUSTRIE ALIMENTAIRE
Société des Produits du Mais
France 1986
- (29) Smith, Paul & Bell, Harvey
NEW STARCHES FOR FOOD APPLICATIONS
Cereal Foods World 31(10):897 1986
- (30) Wurzburg, Otto
FORTY YEARS OF INDUSTRIAL STARCH RESEARCH
Cereal Foods World 31(12):897 1986
- (31) Anónimo
CRYSTAL GUM
Información Técnica de ARANAL, S.A. DE C.V.
México 1985
- (32) Anonymous
TROUBLESHOOTING: ICING AND GLAZE PROBLEMS
Baker's Digest 59(4):45 1985

- (33) Seiler, D.A.L.
 FERMENTATION PROBLEMS IN HIGH SUGAR COATINGS
 AND FILLINGS.
 Baking Industries Journal 9(7):4 1977
- (34) Chichester, D.F. & Tanner, F.W.
 ANTIMICROBIAL FOOD ADDITIVES
 Ed: "HANDBOOK OF FOOD ADDITIVES"
 Editor: Furla, T.E.
 CRC Press. Cleveland USA 1980
- (35) Sauer, F.
 CONTROL OF YEASTS AND MOLDS WITH PRESERVATIVES
 Food Technology 31(2):66 1977
- (36) Norback & Evans
 OPTIMIZATION AND FOOD FORMULATION
 Food Technology 37(4):73 1983
- (37) Hahn, Gerald
 DESIGN OF EXPERIMENTS
 Encyclopaedia of Chemical Technology Kirk-Othmer
 Vol. 7 Pág: 526-539
 USA 1979
- (38) Kramer, Bender, & Kahan
 LINEAR PROGRAMMING AND ITS APPLICATION IN THE
 FOOD INDUSTRY
 Food Technology 36(7):94 1982
- (39) Mullen & Ennis
 MATHEMATICAL SYSTEM ENTERS DEVELOPMENT REALM AS
 AID IN ACHIEVING OPTIMUM INGREDIENT LEVELS
 Food Product Development (11):50 1979

- (40) Mullen & Ennis
 FRACTIONAL FACTORIALS IN PRODUCT DEVELOPMENT
 Food Technology 39(5):90 1985
- (41) Weiss, Gilbert
 COMUNICATING SENSORY OBJECTIVES DURING
 PROTOTYPE PRODUCT DEVELOPMENT
 Food Products Development (9):621 1975
- (42) Snee, R.D.
 J. Quality Technology. 3(4):159 1975
- (43) Peñafiel Millán, Luis
 PROGRAMACION LINEAL
 Primera Edición
 Editorial Trillas
 México, 1982
- (44) Box, Hunter W., & Hunter S.
 STATISTICS FOR EXPERIMENTERS
 An introduction to Design, Data Analysis and
 Model Building
 John Wiley & Sons.
 USA 1978
- (45) A. O. A. C.
 Cap. 23.002 al 016,
 Cap. 31.009
 USA 1979