

300627
28
24



UNIVERSIDAD LA SALLE

ESCUELA DE QUIMICA

INCORPORADA A LA U.N.A.M.

“ ESTUDIO Y APLICACION DE ALMIDONES
MODIFICADOS EN LA ELABORACION DE CREMAS
PASTELERAS ”

TESIS PROFESIONAL

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE :
QUIMICO FARMACEUTICO BILOGO

PRESENTA :

ALMA CRISTINA SANCHEZ PEREZ

MEXICO, D. F. 30 DE OCTUBRE DE 1987



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.

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

INDICE

OBJETIVOS

CAPITULO I: Generalidades sobre almidones

- Definición	1
- Composición	1
- Amilosa	2
- Amilopectina	3
- Componentes menores	6
1. Grasas	6
2. Fósforo	6
3. Nitrógeno	7
- Proceso de obtención del almidón y otros derivados del maíz	7
- Almidón de tapioca	11
- Almidón de papa	12
- Clasificación de almidones:	12
- Por su origen	13
- Por su técnica de procesamiento	13
- Por su utilización en la industria de alimentos	14
- Acción e importancia de los almidones modificados	14
- Gelatinización:	16
- Interacción del almidón con otros constituyentes	21
a) Agua	22
b) Azúcares	22
c) Sales	22
d) Proteínas	23
e) Surfactantes	24
- Efecto del pH en la viscosidad de los almidones	25

- Retrogradación	26
- Métodos de Modificación de Almidones:	28
I. Blanqueo	30
II. Conversión	31
A. Modificación ácida	31
B. Hidrólisis ácida o calentamiento suave del almidón.	32
C. Dextrinización	33
D. Oxidación de almidones	34
III. Entrecruzamiento	35
IV. Estabilización:	38
A. Almidones acetilados	39
B. Almidones hidroxipronilados	40
C. Almidones con Succinato	40
D. Almidones Fosfatados	40
V. Pregelatinización	41
- Análisis de Almidones:	43
A. Contenido de Amilosa	43
B. Temperatura de Gelatinización e Hinchamiento	44
C. Grado de Gelatinización	47
D. Fluides y Viscosidad	49
1. Viscosímetro de Brabender	50
2. Viscosímetro de Industrias de Maíz.	51
3. Procedimiento de la Pasta Caliente de-Scott	51
4. Viscosímetro de Brookfield	51
5. Viscosímetro de Cannon-Ubbelohde	51
- Aplicaciones de Almidones	52

CAPITULO II: Generalidades sobre Cremas Pasteleras

- Generalidades	58
a) Rellenos a base de frutas	58
b) Rellenos tipo crema o rellenos suaves	59

- Ingredientes:	60
1. Almidones:	60
A. Almidón alimenticio de Tapioca (T.E.)	61
- Propiedades físicas	62
- Propiedades de la pasta:	62
a) Preparaciones acuosas	62
b) Sabor	63
c) Aplicaciones	63
B. Almidón de Waxy Maize pregelatinizado y estabilizado posteriormente (W.P.E.)	65
a) Propiedades físicas	66
b) Propiedades	66
c) Ventajas	66
d) Aplicaciones	66
C. Almidón pregelatinizado de Maíz híbrido (Waxy Maize), ligeramente modificado y no estabilizado (W.P.N.E.)	69
a) Propiedades físicas	69
b) Ventajas	70
c) Aplicaciones	70
D. Almidón de Maíz híbrido Waxy Maize reticulado o entrecruzado y posteriormente estabilizado mediante una acetilación (V.E.E.)	71
a) Propiedades físicas	71
b) Propiedades de la Pasta cocinada	71
c) Vida de anaquel y estabilidad al Congelamiento-descongelamiento.	71
d) Estabilidad en alimentos ácidos.	72
e) Aplicaciones	72
2. Gomas	76
1. Alginatos	77
2. Carragenina	79
3. Goma Acacia	83

4. Goma Guar	83
5. Goma CMC (Carboxi-metil celulosa)	83
6. Goma de Algarrobo	84
7. Goma de Tragacanto	84
8. Goma de Xantano	84
3. Conservadores	84
1. Acido Sórbico	84
2. Sorbato de Potasio	85
4. Azúcar	87
5. Fosfatos	88
6. Sal	89
7. Color	89A
8. Sabor	89A
- Especificaciones para la manutención de una - Crema Pastelera	90
- Aplicaciones de la Crema Pastelera	91
CAPITULO III: Metodología de la Parte Experimental	93
I. Experimentación con diferentes almidones mo- dificados.	93
II. Selección del almidón que haya gelatinizado- y optimización de la fórmula.	94
1. Pruebas para ajustar los ingredientes	94
2. Pruebas para alcanzar el óptimo de húme- dad y velocidad de batido.	94
3. Pruebas para estandarizar el color y sa- hor.	94
III. Análisis para determinar la calidad de la -- Crema Pastelera.	95
1. Análisis microbiológicos.	95
2. Análisis físicoquímicos	95
3. Determinación de la vida de anaquel	95
4. Análisis de Costos	96

CAPITULO IV: Resultados	
I. Selección de almidones	98
II. Ensayos de fórmulas	99
1. Ensayos de fórmulas elaboradas para el almidón W.P.E.	100
2. Determinación de la mejor formulación - en sabor, color y textura mediante pruebas sensoriales.	103
3. Pruebas de batido	106
4. Ensayos de fórmulas elaboradas para el almidón W.P.E. sabor fresa.	107
5. Ensayos de fórmulas elaboradas con el almidón W.P.N.E en sabor vainilla y fresa.	109
III. Análisis microbiológicos y fisicoquímicos de la crema.	111
1. Análisis microbiológicos	111
- Cuenta total bacteriana	111
- Cuenta total de hongos y levaduras.	111
- Cuenta total de coliformes	111
- Prueba confirmativa de coliformes	111
2. Análisis fisicoquímicos	112
a) Humedad	112
b) Viscosidad	112
c) pH	112
d) Vida de anaquel	112
3. Análisis de costos	114
CAPITULO V: Discusión de resultados	115
CAPITULO VI: Conclusiones y recomendaciones	
- Conclusiones	119
- Recomendaciones	123

- Bibliografia

- Apéndice

INDICE DE FIGURAS

CAPITULO I:

I.	Almidón. Polímero de glucosa.	2
II.	Estructura de la Amilopectina.	3
III.	Estructura del grano de maíz.	8
IV.	Mecanismo de hinchamiento del almidón granular.	17
V.	Viscosidad de varios almidones a pH 5.0.	18
VI.	Poder de hinchamiento de diferentes almidones.	20
VII.	Efectos de las sales de la leche en la viscosidad del almidón.	23
VIII.	Efecto del pH en la viscosidad de algunos almidones.	25
IX.	Mecanismos de retrogradación del almidón.	26
X.	Comparación de los amilogramas del almidón de trigo 5.5% con y sin 0.8% de CMC.	46
XI.	Curvas de Brabender de un almidón de maíz ácido modificado.	50
XII.	Efecto de la concentración y pH en la viscosidad (almidón T.E.).	64
XIII.	Efecto del pH en la viscosidad del almidón T.E.	64
XIV.	Efecto del azúcar sobre la viscosidad (almidón-T.E.).	65
XV.	Efecto de la viscosidad a diferentes concentraciones en preparaciones de almidón con 30% de azúcar. (almidón W.P.E.)	67
XVI.	Efecto del pH en la curva de viscosidad en una preparación de 6.5% de almidón con 30% de azúcar (almidón W.P.E.).	68
XVII.	Efecto del pH en la curva de viscosidad del almidón W.E.E.	73
XVIII.	Efecto de la viscosidad del almidón W.E.E. variando la concentración y el pH.	74

XIX.	Efecto del azúcar en la curva de viscosidad del- almidón V.E.E. en pH 3.0 y 6.5% de almidón.	75
XX.	Mecanismo de gelificación de la carragenina.	80
XXI.	Reactividad de la carragenina con las proteínas.	81
XXII.	Resultados de las pruebas sensoriales con respec<u>to</u> al sabor.	104
XXIII.	Resultados de las pruebas sensoriales con respec<u>to</u> al color.	105
XXIV.	Resultados de las pruebas sensoriales con respec<u>to</u> a la textura.	

INDICE DE CUADROS

I.	Características de los gránulos de almidón.	1
II.	Contenido de amilosa de algunos almidones	4
III.	Otras propiedades de amilosa y amilopectina	5
IV.	Contenido de componentes menores en el almidón	7
V.	Proceso de molienda húmeda del maíz	10
VI.	Producción y utilización del almidón	11
VII.	Clasificación por su origen	13
VIII.	Almidones más utilizados en la industria de ali- mentos.	14
IX.	Características de algunos almidones usados en- la industria alimentaria.	19
X.	Características específicas de diferentes almi- dones.	21
XI.	Funciones de los almidones en alimentos	52
XII.	Usos según el método de modificación empleado.	53
XIII.	Otros usos de los almidones modificados	54
XIV.	Usos generales de los almidones.	55
XV.	Solubilidad del ácido sórbico y sorbato de pota- sio en gramos por cien gramos de disolvente.	86
XVI.	Fórmula estándar	93
XVII.	Comportamiento de los almidones al batido.	98
XVIII.	Ingredientes a utilizar en la crema sabor vaini- lla.	99
XIX.	Resultados de los ensayos de formulación sabor- vainilla.	100
XX.	Resultados de las pruebas de batido a alta velo- cidad.	106
XXI.	Resultados de las formulaciones sabor fresa.	108
XXII.	Resultados de formulaciones para el almidón W.- P.N.E.	109
XXIII.	Resultado del análisis de costos para la crema- sabor vainilla con leche entera.	114

XXIV.	Resultado del análisis de costos para la crema-sabor vainilla con leche descremada.	114
XXV.	Resultados del análisis de costos para la crema sabor fresa con leche entera.	114
XXVI.	Resultado del análisis de costos para la crema-sabor crema con leche descremada.	114

OBJETIVOS

OBJETIVOS

1. Obtener una crema pastelera en frío a base de almidones modificados.
2. Encontrar la formulación óptima para el desarrollo de una crema pastelera en sabor fresa y vainilla.
3. Determinar la calidad de la crema, haciendo una comparación fisicoquímica y sensorial con alguna comercial.

INTRODUCCION

INTRODUCCION

Con la introducción de los almidones modificados a la industria de los alimentos, hace algunos años, el número de aplicaciones en alimentos ascendió considerablemente. La razón de este aumento es que los almidones modificados proporcionan un mejoramiento en el control de la viscosidad sobre un rango amplio de variables de proceso tales como pH, temperatura y acción cortante; además de mejorar la estabilidad durante el almacenamiento en frío de los productos en donde son utilizados. Así mismo, contribuyen en la mejora de las propiedades organolépticas del producto.

Examinando el valor funcional del almidón como un ingrediente en alimentos, encontramos que la aplicación predominante es como espesante.

Por años, los almidones nativos o no modificados han sido usados en los alimentos en un grado limitante debido a las mismas propiedades de esos almidones. En general, la difusión de almidones tales como maíz o trigo (que contenga amilosa) fueron limitados a sistemas de alimentos en los cuales el desarrollo de un gel era deseable. Los almidones con bajo contenido de amilosa como el maíz Waxy, y los almidones de raíces, tales como tapioca y papa, fueron severamente limitados en su uso debido a una especie de elasticidad en la textura que ellos producen.

La expansión de la utilidad de los almidones fue llevado a cabo por la implementación de una variedad de técnicas para modificar o cambiar las propiedades de los almidones nativos.

El resultado de modificar los almidones ha llegado a ser un factor principal en la industria de los alimentos donde son usados como ingredientes para espesar, estabilizar o texturizar una gran

amplia variedad de sistemas de alimentos, extendiéndose desde rellenos para pavs (crema pastelera) y pudines, hasta salsas para ensaladas y alimentos preparados congelados.

La modificación de los almidones está estrictamente controlada por la Food and Drug Administration. Todos los almidones modificados, deben cubrir ciertos requerimientos, tales como: los químicos con los cuales pueden reaccionar, los niveles de reacción y las cantidades de los reactivos que puedan quedar en el almidón procesado.

Las regulaciones están siendo evaluadas con relación al aseguramiento de inocuidad y digestibilidad de almidones preparadas bajo ciertas condiciones. Esta clase de interés enfatiza un nuevo aspecto de mercado el cual llegará a ser de gran importancia en el futuro.

Uno de sus usos más importantes de los almidones modificados, como se nombró anteriormente, son los rellenos para pavs o -- cremas pasteleras, por la viscosidad y textura que proporcionan. Estas han adquirido gran importancia en la industria de la Panificación, pero, generalmente, empleando almidones nativos o no modificados; es por esto que se le dará mayor énfasis a este producto pero con la utilización de almidones modificados y de esta manera obtener un producto instantáneo, es decir, sin necesidad de calentar para lograr el hinchamiento del gránulo de almidón.

CAPITULO I:

GENERALIDADES SOBRE ALMIDONES

- I. Generalidades**
- II. Acción e importancia**
- III. Métodos de modificación**
- IV. Análisis de los almidones**
- V. Aplicaciones**

GENERALIDADES SOBRE ALMIDONES

DEFINICION.

El almidón se define como un carbohidrato compuesto de amilosa y amilonectina principalmente, altamente funcionales, el cual puede ser modificado química, física o enzimáticamente, dependiendo de su uso en la industria (4).

COMPOSICION.

Los almidones nativos o no modificados se encuentran en muchos diferentes componentes de las plantas, pero principalmente en cereales o raíces, los cuales producen moléculas de almidón sostenidas fuertemente por puentes de hidrógeno, que depositan en capas sucesivas alrededor del núcleo central para formar un conglomerado muy estrecho de gránulos.

CUADRO I: Características de los gránulos de almidón (4).

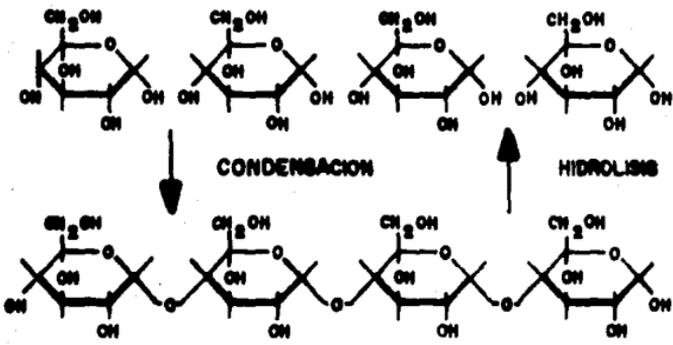
ALMIDÓN	TAMAÑO DEL GRÁNULO (μ)	FORMA DEL GRÁNULO	TEMP. DE GELATINIZACIÓN (°C) SOL. 0.4
Maíz	20	red., polig.	80
Maíz	20	red., polig.	74
Cebada	20	esf., oval.	—
Maíz	25	oval.	64
Tapioca	18	trunc., red.	63
Centeno	20	esf., lent.	—
Maíz	25	oval., trunc.	71
Trigo	10	oval., red.	77
Triticale	20	esf., lent.	—
Arroz	07	polig.	81

Claves:

- | | |
|-------------------|--------------------|
| red. = redondo | polig. = poligonal |
| esf. = esférico | oval. = ovalado |
| trunc. = truncado | lent. = lenticular |

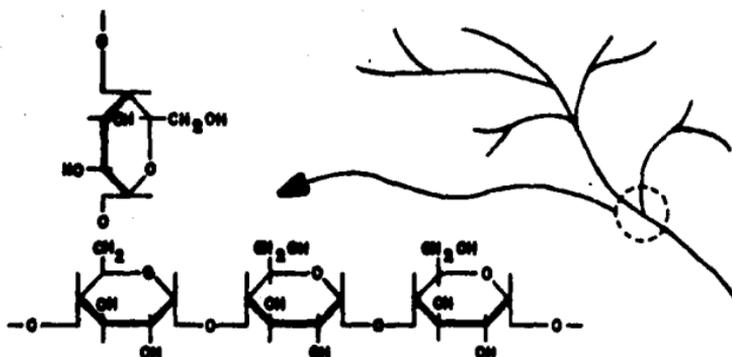
Las moléculas de almidón son polímeros de anhidroglucosa unidos por un enlace formando una cadena ramificada (amilosa y amilopectina). Por cada unión de anhidroglucosa se obtienen dos o tres grupos de hidroxilos libres. Los polímeros se caracterizan por tener propiedades hidrofílicas, es decir, afinidad con el agua. En relación a esta propiedad, esos hidroxilos libres también producen atracción de las moléculas entre sí, lo que resulta en asociaciones de moléculas. El mejor ejemplo de esta atracción es la amilosa, la cual es un producto de la condensación de hexosas (D-glucopiranosas), forma cadenas largas lineales que pueden tener desde 200 a 2500 unidades, con peso molecular que llega hasta un millón de daltones. Es un α -D (1,4) glucano siendo la α -maltosa la unidad repetitiva. Una propiedad de la amilosa es su facilidad para adquirir una conformación tridimensional helicoidal. Es flexible y humanamente digestible.

FIG. I: Almidón. Polímero de glucosa (4).



La amilopectina es otro α -D glucano que se diferencia de la amilosa por la presencia de ramificaciones y la forma molecular similar a un árbol en el que las ramas están unidas al tronco central por enlaces α -D (1,6). Las ramificaciones se localizan aproximadamente cada 10 - 25 unidades de moléculas lineales de D-glucosa. El peso molecular es muy superior al millón (hasta 200 millones de daltones).

FIG. II: Estructura de la amilopectina (4).



Los almidones contienen del 17 al 27% de amilosa y el resto de amilopectina, aunque algunos cereales como el maíz, el sorgo y el arroz, tienen variedades llamadas ceras constituidas casi de amilopectina con un mínimo de amilosa. Existen otras variedades en las que la amilosa alcanza hasta 80 a 90% del contenido total de almidón (6).

Es muy importante el contenido de amilosa en la determinación de la temperatura de gelatinización pues la eleva considerablemente, además de que los geles se forman más rápidamente (16).

CUADRO II: Contenido de Amilosa de algunos almidones. (16)

ALMIDON	AMILOSA (%)
Cebada	22
Avena	27
Trigo	26
Maíz	27 - 28
Haba	24
Chícharo (semilla lisa)	35
Chícharo (semilla rugosa)	66
Papa	27 - 40
Manzana	19
Plátano	16
Centeno	28
Arroz (Japón)	17 - 19
Arroz (India)	21 - 33
Maíz Waxy	1
Sorgo	23 - 28
Triticale	23 - 24

CUADRO III: Otras propiedades de amilosa y amilopectina. (16)

PROPIEDAD	AMILOSA	AMILOPECTINA
Estructura gen.	Lineal con ramificaciones limitadas	Altamente ramificados
Reacción con I ⁻ en λ máx. (nm)	Azul intenso 660	Rojo Violeta 530 - 550
Capacidad de ligamiento con I ⁻ .	19 - 20%	1 - 2%
Peso molecular	10^5 - 10^6	10^8
Largo de la cadena	1000	16 - 28
Estabilidad en soluciones acuosas	Inestable (retrogradación)	Estable
Análisis de Rayos X	Alto grado de cristalización.	Amorfo

CONVERSION A MALTOSA:

a) Con β -amilasa	70 - 80	55
b) Con pululanasa y luego β -amilasa	85	92
c) Con pululanasa + β -amilasa	97 - 98	99

CONSTITUYENTES MENORES: Como los almidones son preparados de plantas, varios constituyentes menores como contaminantes, están algunas veces presentes. Estos pueden haberse introducido durante el procesamiento de tejidos, pero normalmente aparecen durante el desarrollo de la planta y son depositados con el almidón.

Los constituyentes menores comúnmente encontrados en el almidón son grasas (lípidos), nitrógeno (proteínas), fósforo y trazas de elementos (minerales).

1. **Grasas:** Los almidones comerciales usualmente contienen menos de un 1% de materiales grasos. Normalmente son removidos por extracción o por hidrólisis, sin embargo hay unos llamados sujetos o ligados, los cuales no son fácilmente removidos por extracción con solventes polares, por lo que para completar la remoción, la hidrólisis ácida es algunas veces incluida antes de la extracción.

Los lípidos son distribuidos a través de todo el gránulo. Algunas evidencias indican que los lípidos están indefinidamente sujetos al carbohidrato por adsorción polar y pueden estar asociados con el almidón.

2. **Fósforo:** El almidón de papa contiene fósforo esterificado. Este se encuentra presente como fosfato, ligado al carbono 6-hidroxil de las unidades de glucosa.

En la mayoría de los almidones, el fósforo está presente en una cantidad menor de 0.1% (ver cuadro IV).

La naturaleza exacta del fósforo se desconoce, algunos pueden estar presentes en forma esterificada, mientras que otros pueden estar como una parte del material graso del almidón.

3. Nitrógeno: El contenido de nitrógeno es normalmente menor - del 1%. Esto probablemente representa la proteína residual in cluida en la síntesis del gránulo así como la proteína del endospermo, la cual está asociada con la superficie del gránulo. (16)

CUADRO IV: Contenido de componentes menores en el Almidón.

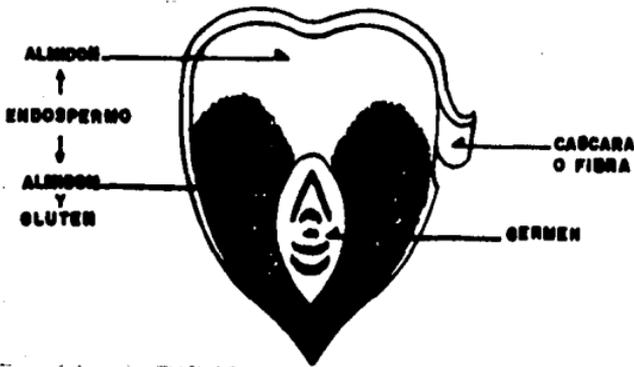
ALMIDON	CONTENIDO DE GRASA (%)	CONTENIDO DE FOSFORO (%)	CONTENIDO DE NITRO. (%)
Maíz	0.84	--	--
Arroz	0.59	--	--
Trigo	0.50	0.054	--
Papa	--	0.095	--
Maíz secado	0.64	0.016	--
Almidón de maíz preextraído.	0.23	0.017	0.05

Estos cambios difieren según el método de extracción utilizada.

PROCESO DE OBTENCION DEL ALMIDON Y OTROS DERIVADOS DEL MAIZ. (3).

Los granos de maíz tienen tres principales partes, el pericarpio, el endospermo y el germen. El pericarpio es la piel externa o cascarrilla del grano, el cual sirve para proteger la semilla. El endospermo, la principal reserva de energía, constituye arriba del 80% del peso total del grano y es cerca del 90% de almidón y 7% de gluten (proteína), además de pequeñas cantidades de aceite, minerales y algunos constituyentes trazas. El germen es el embrión de la planta y, en realidad, es lo que se transforma en la planta nueva. (40)

FIG. III: Estructura del grano de maíz (3).



En el proceso de molienda del maíz, el grano es separado en sus componentes y esas partes son, a su vez, más refinadas hasta llegar a otros derivados del maíz (ver cuadro V).

El maíz va limpio es transportado a tanques largos llamados de remojo, los cuales contienen agua caliente (125 - 130°F) con pequeñas cantidades de SO_2 disuelto, que circula a través del tanque por 24 - 48 horas. El H_2SO_3 diluido formado por la interacción del SO_2 y H_2O , controla la fermentación y ayuda en la separación del almidón y la proteína. Durante el remojo, el agua es drenada de los granos y concentrada en evaporadores de efecto múltiple. Este extracto rico en proteínas puede ser usado como un nutriente para microorganismos en la producción de enzimas, antibióticos y otros productos de fermentación. La mayor parte, sin embargo, se combina con fibra y gluten para la producción de alimentos para animales.

Una vez suavizados los granos de maíz, pasan a un molino cuya función es frotarlos para romperlos y así, pierdan la cáscara y se libere el germen del endospermo.

Después de senarar y limpiar el germen, se seca y se remueve - el aceite crudo por prensión mecánica y lo extraen con solventes. El aceite crudo es refinado para producir margarinas con aceite de maíz o bien, aceite para cocinar; y el germen extraído, en alimentos para animales.

La mezcla de cáscara y endospermo pasa entonces a través de -- una serie de operaciones de pulverización y tamizado. Las partículas de cáscara son removidas en el tamizado, mientras que las partículas más finas (proteína y almidón) pasan a través - del tamiz.

La cáscara es usada como un ingrediente de alimento para animales.

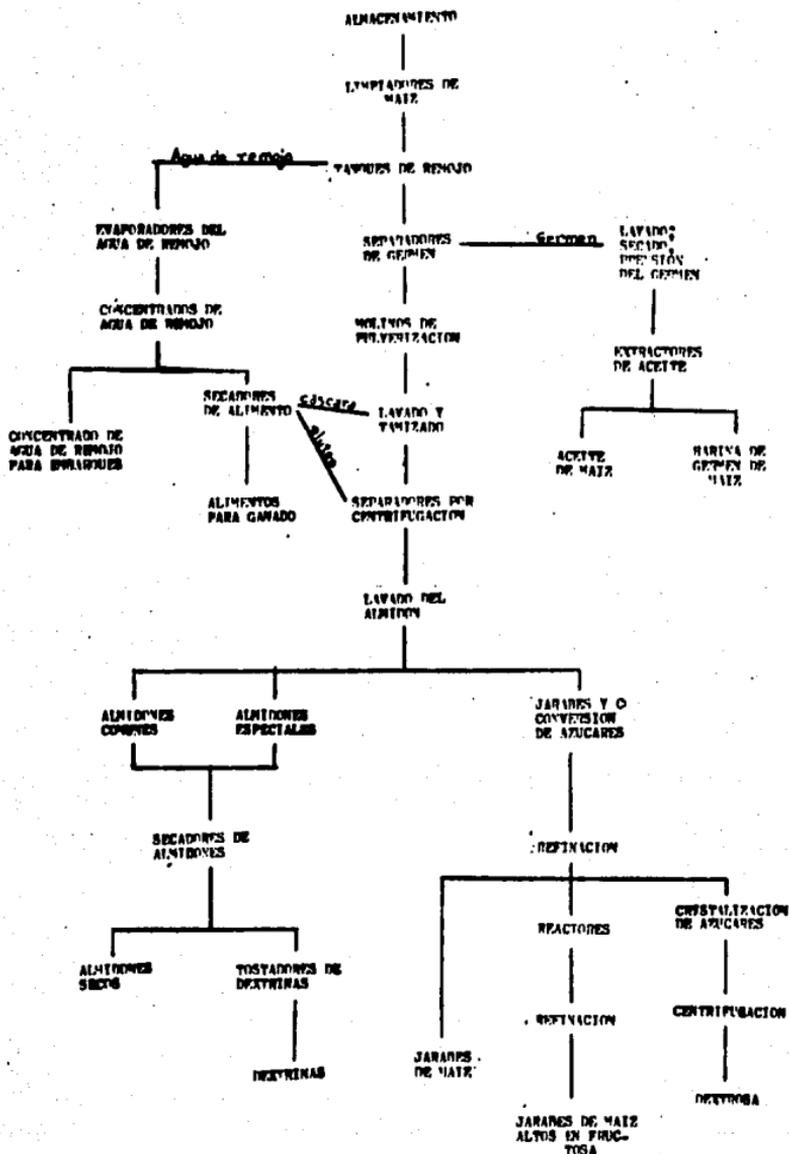
El agua donde se concentra el almidón y el gluten es separado por centrifugación. Debido a que el almidón y el gluten difieren en densidad se pueden senarar casi completamente. El gluten se seca y es vendido como harina (60% de proteína) o como alimento para ganado (21% de proteína).

El almidón casi puro se lava más para remover pequeñas cantidades de partículas solubles, usando también filtros o centrifugadoras y posteriormente es secado para producir el almidón de maíz común o no modificado.

Varios almidones derivados o modificados pueden producirse por medio de un tratamiento del almidón lavado con químicos o enzimas. Después del tratamiento los productos son recobrados por filtración o centrifugación y el almidón es secado.

Por otra parte, también se pueden obtener otros productos tales como los jarabes de maíz, los jarabes de maíz altos en fructosa y mediante una cristalización de azúcares, dextrosa.

CUADRO V. Proceso de Molienda húmeda del maíz



CUADRO VI: Producción y utilización del almidón en los Estados Unidos.

AÑO	PRIMICACION	ALIMENT. DOMESTICA	EXPORTACIONES	INDUST. Y ALIMENT. (ANUAL)	TOTAL
1965-70	4 687	3 706	612	393	4 801
1970-75	4 664	3 181	1 419	480	4 790
1975-80	7 928	4 808	2 430	674	7 614
1980-81	6 639	4 133	2 355	735	7 223
1981-82	8 119	4 202	1 967	811	6 980
1982-83	8 235	4 520	1 870	898	7 200
1983-84	4 175	3 735	1 806	973	6 574
1984-85	7 656	4 200	1 950	1 050	7 200

ALMIDON DE TAPIOCA:

El almidón de tapioca es una porción de la planta Mandioca o Yuca que ha sido aislado de la porción tubercular o fibrosa.

Tailandia, Malasia, China y Brazil son los mejores exportadores de almidón de tapioca. Estas cuatro ciudades exportaron 135 000 tons. métricas de almidón durante 1980, de éste, Estados Unidos exportó el 30%; esto fue 100 000 tons. menos que en 1965. La razón fue el uso incrementado de los almidones derivados o modificados del maíz.

Actualmente, aparte de los almidones de maíz, los de papa también se usan mucho por ser más económicos.

La suave gelificación y el excepcional sabor dulce han sido propiedades muy importantes del almidón de tapioca para la expansión de sus usos en la industria de alimentos.

Específicamente, se ha utilizado en puddings, rellenos cremosos, alimentos congelados y alimentos para bebés.

Algunos alimentos han utilizado el almidón de tapioca por la -
textura que imparte, principalmente, y porque forman geles --
transparentes y claros. Recientemente se han hecho estudios -
de anaquel que han demostrado que el almidón de tapioca especí
ficamente modificado, son más estables congelados que los deri
vados del maíz.

El término estabilidad al congelamiento denota almacenamiento-
del producto a temperatura de -10°F (-27°C). (16)

ALMIDON DE PAPA (32):

La papa pertenece a la familia de las solanáceas. Son tubércu
los subterráneos producidas en los rizomas de la mata. Repre
sentan almacenes de almidón manufacturado por las hojas de la-
planta.

Es originaria de la región altoandina del Ecuador y del Perú.

Los usos más importantes de la papa son como alimento, en la -
extracción industrial de la fécula, en la fabricación de harina
y en la destilación para obtener alcohol (32).

Sus almidones son muy importantes ya que imparten una viscosi-
dad muy alta a sus soluciones. Posee una textura granulosa. -
Son usadas en almidones procesados pero en una menor escala +
comparado con las variedades de maíz (5).

CLASIFICACION DE ALMIDONES:

Para un mejor estudio de los almidones, éstos se han clasi
ficado de diferentes formas que a continuación se muestran:

CUADRO VII: Clasificación por su origen (4).

- | | |
|-------------------------|---|
| 1. Granos de cereales: | Trigo, maíz, arroz, cebada, sorgo, centeno, mijo y triticale. |
| 2. Tubérculos y raíces: | Papa, tapioca, arrurruz, ñame (especie de papa dulce). |
| 3. Frutas: | Banana, plátano. |
| 4. Centros de tallo: | Sagu |
| 5. Otras semillas: | Frijoles, chícharos, lentejas, etc. |

CLASIFICACION POR SU TECNICA DE PROCESAMIENTO. (4, 16)

A. Almidones crudos: Son aquellos extraídos del grano de maíz, papa, tapioca, trigo, etc., que se encuentran en forma de gránulos, el cual es una asociación de moléculas sostenidas fuertemente por puentes de hidrógeno, y cada molécula está compuesta por polímeros de anhidroglucosa unidos por un enlace forman una cadena ramificada (amilosa o amilopectina). Estos gránulos no han sufrido ningún cambio en las cadenas ramificadas -- por lo que se conocen como almidones nativos o no modificados.

B. Almidones modificados: Son aquellos almidones cuyos gránulos han sido sometidos a una variedad de técnicas químicas o enzimáticas para modificar o cambiar las propiedades de los almidones nativos y de esta manera puedan ser más ampliamente usados en la industria de alimentos.

C. Almidones pregelatinizados: Son almidones cuyos gránulos han sido sometidos a una precocción con el fin de hinchar el gránulo en agua fría y no tener que recurrir al calor para lograrlo. Se utilizan también diferentes técnicas químicas, procediendo después al secado.

D. Mezclas: Son combinaciones de los diferentes tipos de almidones nombrados, con el fin de mejorar las propiedades más importantes utilizadas en la industria de alimentos.

CUADRO VIII: Almidones más utilizados en la industria de alimentos.

- A. Almidones Naturales (crudos):** Maíz, sorgo, papa, arroz, -- trigo, tapioca, arrurruz y -- sagú.
- B. Almidones modificados:** Acido-modificados, oxidados, entrecruzados y fosfatados.
- C. Almidones pregelatinizados:** Por tratamiento calor-húmedad.

ACCION E IMPORTANCIA DE LOS ALMIDONES MODIFICADOS.

Los almidones importantes en los alimentos son principalmente de origen vegetal, como se vió anteriormente, y tienen las siguientes propiedades:

1. No son dulces sino neutros.
2. No se disuelven fácilmente en agua fría (a menos que sean pregelatinizados), por lo que se tiene que usar agua caliente, produciendo la formación de pastas y geles, ya que al calentar una suspensión de gránulos de almidón en agua, los gránulos se hinchan y esto agrega viscosidad a la suspensión y finalmente se forma una pasta. Al enfriarse, esta pasta puede formar un gel.
3. Están presentes en semillas y tubérculos y otras partes de la planta para proporcionar una fuente de energía de reserva,--

tanto en la planta como en el hombre cuando son ingeridos.

4. Como proporcionan viscosidad se emplean para espesar alimen-
tos, principalmente. De su uso se hace en muddings, aderezos pa-
ra ensaladas y algunos tipos de adhesivos.

5. Sus pastas y geles pueden retrocederse a su forma insoluble al envejecer o congelarse, lo cual causa defectos en los alimentos que los contienen.

6. El desdoblamiento parcial de los almidones produce las dex-
trinas (productos cuyas cadenas son de una longitud intermedia
entre los almidones y los azúcares; exhiben propiedades que —
también son intermedias entre las de estas dos clases de mate-
riales).

7. Los almidones están compuestos de amilosa y amilopectina; —
el contenido de amilosa de un almidón debe ser determinado para
establecer el uso que se le dará, ya que, entre mayor sea —
la concentración de ésta en la molécula, los geles que se forma-
rán en solución serán más rígidos, aunque también influye el
origen del almidón (9).

8. Susceptibilidad a la B-Amilasa: La B-Amilasa es una enzima
que degrada la amilosa en un 70-80% a maltosa y limita la ami-
lopectina en un 35%. Se encuentra presente en granos de cerea-
les y algunos frijoles.

9. El almidón tiene la capacidad de que al formar pastas pue-
de dispersar y suspender otros ingredientes o partículas. En mu-
chos alimentos las grasas y proteínas son suspendidas y/o emul-
sificadas en las pastas de almidón (3).

10. Es el principal material crudo en la producción de alcohol

y de glucosa y jarabes de alta fructosa en la industria de bebidas.

12. Poseen gran estabilidad al congelamiento y descongelamiento, por lo que son muy usados en industrias de alimentos congelados; algunos de ellos hasta alcanzan 25 ciclos sin tener un gran cambio en su textura.

13. Los almidones en solución imparten una textura suave, que puede ser untuosa, lo cual es muy importante en productos como rellenos para pava, por la buena presentación que dan.

14. Los gránulos de almidón tienen partes amorfas en donde el agua se introduce, por lo que ahí la almacenan y por lo tanto, se puede decir que son conservadores de la humedad.

15. A nivel económico, los almidones tienen un relativo bajo costo, sobretodo en aquellos en los que no se ha efectuado alguna técnica de modificación.

16. La α -amilasa es una endo-enzima que se encuentra en plantas, animales, hongos y bacterias. Su acción se caracteriza por una rápida pérdida en la viscosidad. (1)

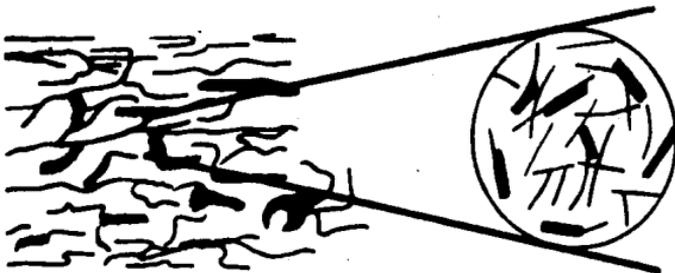
GELATINIZACION.

Una de las propiedades más importantes de los almidones es la gelatinización de sus soluciones, lo cual ocurre muy lentamente y en un almidón nativo se requiere del calor forzosamente. El procedimiento es como sigue:

Según la especie de almidón, es decir, según su origen y las

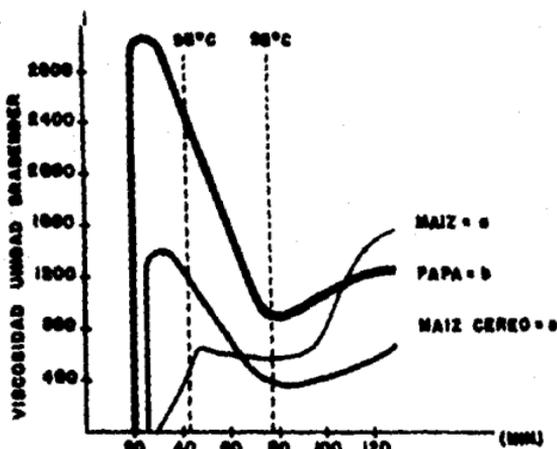
proporciones de las dos fracciones constitutivas, los gránulos de almidón absorben diferentes cantidades de agua, a través de sus zonas amorfas y de una manera muy lenta. El gránulo, en presencia de agua fría, se hincha y aumenta ligeramente de tamaño. Cuando las suspensiones de almidón se calientan a una temperatura de más de 50-55°C, los puentes de hidrógeno intermoleculares de las zonas amorfas se rompen, y continúan la absorción de una mayor cantidad de agua, en un fenómeno conocido como gelatinización. En estas condiciones se puede apreciar visualmente un aumento considerable del tamaño del gránulo, -- que va paralelo a la pérdida de la birrefringencia (el término se aplica al cuerpo que presenta una doble refracción, a través del cual los objetos se ven dobles), debido a una ruptura del arreglo radial de los moléculas (40). A medida que se incrementa la temperatura, aumenta el agua absorbida y parte de las moléculas de amilosa de bajo peso molecular se disuelven fuera del gránulo, mientras que las cadenas de mayor tamaño permanecen en él impidiendo que exista más solubilización de las de bajo peso molecular. La siguiente figura es una representación esquemática de la absorción del agua por el almidón, en la que las zonas cristalinas del gránulo están representadas por las líneas más intensas que reciben el nombre de micelas. Cada almidón tiene un diferente grado de gelatinización en distintas condiciones de temperatura (41).

FIG. IV: Mecanismo de hinchamiento del almidón granular. Las regiones cristalinas de asociación se muestran con -- pequeñas barras.



La temperatura a la que se pierde la birrefringencia y se produce el máximo hinchamiento de los gránulos de almidón se llama temperatura de gelatinización, y a esta temperatura existe un alto grado de absorción de agua que hace que las dispersiones de este polímero alcancen grandes viscosidades. A medida que continúa este proceso, los gránulos se rompen y aparecen moléculas libres hidratadas de amilosa y amilopectina, y la viscosidad de la pasta se reduce hasta alcanzar un cierto valor en el que se estabiliza.

FIG. V: Viscosidad de varios almidones a pH 5.0 (6.0% de sólidos): a. maíz; b. papa; c. maíz cereal (42).



La temperatura de gelatinización se expresa como un intervalo, ya que no todos los gránulos se hinchan y gelatinizan al mismo tiempo y temperatura debido a que algunos son más resistentes y, por lo tanto, pueden requerir hasta 10°C más que otros.

**CUADRO IX: Características de algunos almidones usados en la -
Industria de alimentos.**

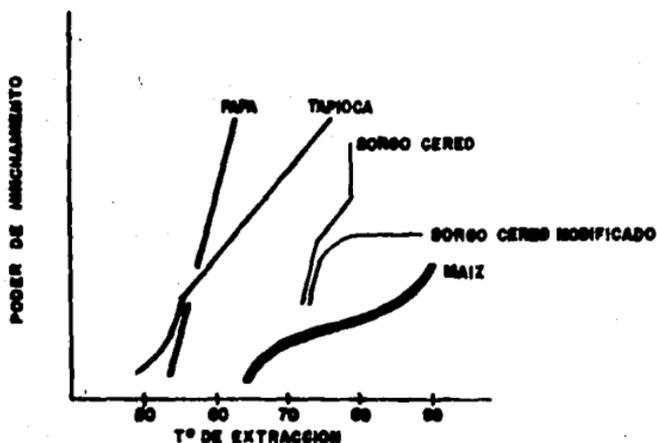
TIPO	AMILPECT. (%)	AMILOSA (%)	TEMP. DE RELATIVIZ. (°C)	TAM. DEL GRÁNULO (µ)
Maíz	73	27	62 - 72	5 - 25
Maíz rico en Amilona	80 - 45	55 - 80	67 - 80	5 - 25
Papa	78	22	58 - 67	5 - 100
Arroz	83	17	62 - 78	2 - 5
Tapioca	82	18	51 - 65	5 - 35
Maíz céreo	99 - 100	0 - 1	63 - 72	5 - 25
Suero céreo	99 - 100	0 - 1	67 - 74	5 - 25
Trigo	70	24	58 - 64	11 - 41

La determinación de la temperatura de gelatinización se hace en un microscopio de luz polarizada de placa caliente llamado-Kofler. (34)

La solubilización y destrucción del gránulo se consigue totalmente sólo cuando se le somete a temperatura de auto clave y se acelera considerablemente con agitación violenta. El resultado de este proceso es la formación de una pasta en la que existen moléculas de amilosa hidratada, de bajo peso molecular que rodean los agregados hidratados que resultan del rompimiento del gránulo. Estos últimos están formados básicamente por cadenas de amilonectina y de amilosa de alto peso molecular. La cantidad de agua absorbida por los almidones varía entre los diferentes tipos, pero podemos considerar que se encuentra entre 40 y 55 grs. de agua por 100 grs. de almidón. El poder de absorción puede ser determinado con el peso del gránulo hinchado por grano de almidón seco y es una propiedad de los almidones comerciales que se debe conocer, sobre todo dentro del

intervalo de temperatura comúnmente empleado en la industria de alimentos. Se puede observar que el almidón de maíz se hincha muy poco comparado con los de papa, tapioca, sorgo céreo, - y además, que los almidones modificados tienen poderes de hinchamiento muy diferentes a los que se presentan en forma nativa.

FIG. VI: Poder de hinchamiento de diferentes almidones.



El siguiente cuadro muestra algunas características de los almidones más comúnmente empleados en la manufactura de alimentos. El tipo de almidón utilizado dependerá del tipo de producto que se requiera para cada aplicación industrial.

CUADRO X: Características específicas de diferentes almidones

ALMIDON	CARACTERISTICAS
Maíz	Temperatura alta de gelatinización
Sorgo	Similar al almidón de maíz
Trigo	Menor viscosidad que la del maíz
Papa	Similar al almidón de tapioca
Tapioca	Las texturas de sus pastas son muy cohesivas.
Arroz	Las pastas son suaves y opacas
Maíz céreo	Similar a la tapioca, no gelatiniza fácilmente.

INTERACCION DEL ALMIDON CON OTROS CONSTITUYENTES

El almidón influye definitivamente en las propiedades organolépticas de muchos alimentos y esto está supeditado a las interacciones que tenga con los otros componentes que se encuentren presentes. La facilidad de este carbohidrato para interactuar no sólo está determinada por la fuente botánica a la que pertenece, sino también a la relación que tenga con cada sustancia que lo rodee. La forma precisa y el mecanismo de dichas interacciones no son totalmente conocidas, sin embargo, sus efectos se pueden observar fácilmente en diferentes alimentos. Las modificaciones que sufre un almidón en su temperatura y velocidad de gelatinización cuando está presente en un alimento, son reflejo de la influencia de los diferentes constituyentes del medio, en que se encuentra. A continuación se discuten los principales mecanismos a través de los cuales los almidones cambian su comportamiento de gelatinización cuando interaccionan con otros componentes en un alimento.

a) Agua: El principal factor que influye en las propiedades funcionales de los almidones es el agua disponible con la que pueden interaccionar.

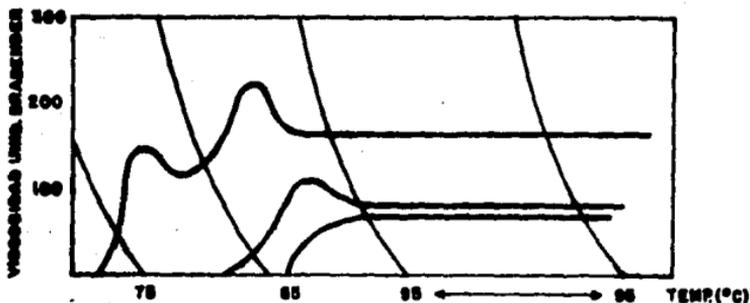
La intensidad y el grado de hinchamiento del almidón dependen fundamentalmente de la cantidad total de agua que el alimento contenga, de tal forma que a medida que aumenta, el hinchamiento es mayor y, por consiguiente, hay más almidón que se desprende del gránulo para solubilizarse. Durante la manufactura del pan se requiere de una cierta cantidad de agua para que las moléculas de almidón puedan expandirse libremente y contribuyan a la viscosidad de la masa del horneado.

b) Azúcares: En la manufactura de postres en general, el almidón desarrolla diferentes propiedades funcionales que varían de acuerdo con la presencia de azúcares, principalmente glucosa y sacarosa. Los azúcares presentan una competencia por el agua de hidratación del almidón, lo que trae consigo cambios en las propiedades reológicas del polisacárido. El efecto más importante que tienen los azúcares, se refleja en una reducción en la velocidad de reatinización y en la viscosidad final que se obtiene de las pastas de almidón. Los disacáridos influyen más intensamente que los monosacáridos en la retardación de la reatinización, lo cual se ha comprobado en la manufactura de productos de repostería en donde se observó que la fructosa ejerce un menor efecto que la glucosa, y ésta a su vez que la sacarosa (35).

c) Sales: La facilidad y la velocidad de reatinización del almidón también se ve afectada por la presencia de varias sales, ya que algunas la aumentan y otras la reducen. La siguiente figura muestra el efecto de las sales de la leche en la viscosidad del almidón: la curva A es el almidón en agua; B es en 5% de lactosa, concentración de disacárido que se encuentra normalmente en la leche; y el C es el dializado de la

leche descremada y sin proteínas. Esto significa que la diferencia de viscosidad entre las curvas B y C se debe fundamentalmente al efecto de las sales y de los azúcares de la leche.

FIG. VII: Efectos de las sales de la leche en la viscosidad del almidón



El almidón no tiene grandes ionizables como otros polímeros (- por ejemplo la carrazenina; las pectinas o las proteínas), y, - por lo tanto son relativamente insensibles a las sales y a los cambios de pH, además, la concentración de sales en la mayoría de los alimentos es muy baja y el efecto de éstas sobre la gelatinización del almidón debe ser mínimo. Sin embargo, en los sistemas modelo, se ha visto que el almidón es definitivamente afectado por alta concentración de aniones como fosfatos, acetatos, cloruros, citratos, sulfatos y tartratos y cationes como sodio y calcio.

d) Proteínas: Existen muchos alimentos cuya estructura está determinada por las interacciones físicas y químicas que existen con las proteínas y el almidón. Durante la manufactura del pan se introduce una interacción del almidón y las proteínas del trigo, de tal manera, que se produce una estructura tridimensional en donde el CC_2 que se forma durante la fermentación queda atravesado. Las proteínas de la leche se emplean conjuntamente con el almidón para la fabricación de diferentes alimen-

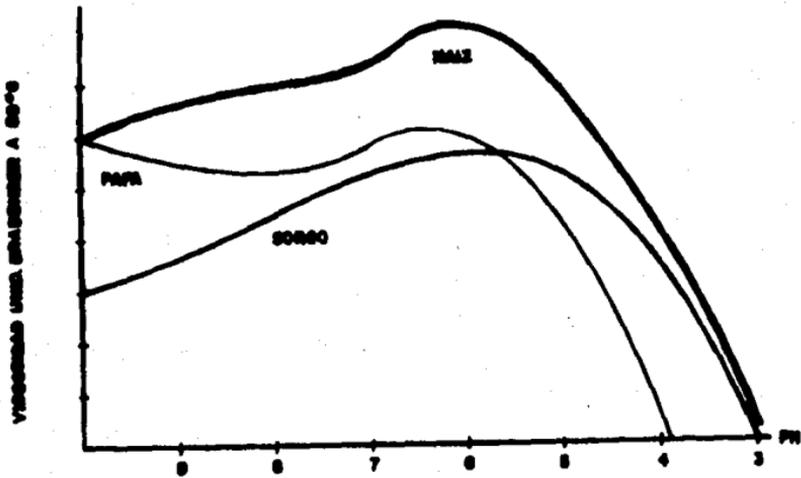
tos en los que se requiere que estos constituyentes impartieran propiedades funcionales al producto. La temperatura de gelatinización del almidón en presencia de proteínas lácteas está muy influenciada por los tratamientos térmicos previos a los que se sujeta la leche, ya que esto determina el grado de desnaturalización de las proteínas (37). En un estudio reciente se encontró que durante la manufactura de geles almidón-leche no se produce una verdadera interacción de las proteínas y el almidón, de tal forma que las micelas de caseína, al igual que los gránulos del almidón, se pudieron observar separadamente en el microscopio, lo que indica que no existe dicha interacción. (36).

e) Surfactantes y Lípidos: Los surfactantes que contienen ácidos grasos de cadena larga forman complejos con la amilosa a través de un mecanismo muy similar al descrito previamente para los complejos I-amilosa. Los hidrocarburos de más de 16 átomos de carbono reducen la velocidad de hinchamiento de los gránulos de almidón, y aumenta la temperatura de gelatinización. La intensidad de este efecto varía con la estructura química del surfactante, lo cual es directamente relacionado con la longitud y el grado de insaturación de su parte lipófila. En un estudio en el que se emplearon muestras de almidón con 22 surfactantes, se encontró que la viscosidad máxima de las pastas formadas era muy similar, y lo único que variaba era la temperatura a la cual esto se alcanzaba (35). Por otra parte, los hidrocarburos de cadena corta y los triglicéridos reducen la temperatura de gelatinización de las suspensiones de almidón en agua, lo que sucede sin importar el tipo de ácidos grasos que los acilglicéridos contengan. La temperatura de gelatinización se reduce progresivamente a medida que aumenta la concentración de triacilglicéridos.

EFFECTO DEL pH EN LA VISCOSIDAD DE LOS ALMIDONES.

La viscosidad y la intensidad del hinchamiento de los gránulos del almidón es afectada por el pH del sistema, ya que gradualmente los valores de pH menores que 5 y mayores que 7 tienden a reducir la temperatura de gelatinización y aceleran el proceso de cocción.

FIG. VIII: Efecto del pH en la viscosidad de algunos almidones



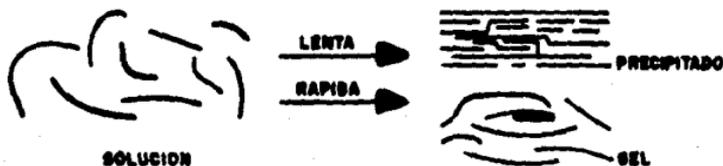
A pH muy alcalinos se reduce considerablemente la temperatura y el tiempo requeridos.

A pH muy alcalinos se reduce considerablemente la temperatura y el tiempo requeridos para el hinchamiento de los gránulos mientras que en condiciones muy ácidas puede favorecerse una hidrólisis del enlace glucosídico del almidón, con la -- consecuente pérdida de la viscosidad de sus suspensiones. -- La mayoría de los alimentos tienen un pH entre 4 y 7 y ésto se debe tener en cuenta para seleccionar un almidón que pueda desarrollar sus propiedades funcionales en forma adecuada en un sistema ácido. Actualmente existen en el mercado almidones modificados con una alta sensibilidad que se pueden -- usar en alimentos con diferentes grados de acidez.

RETROGRACION:

El fenómeno de retrogradación se define como la insolubilización y precipitación espontánea de las moléculas de amilosa, debido a que las cadenas lineales se orientan paralelamente e interaccionan entre ellas por puentes de hidrógeno a través de sus múltiples hidroxilos. La retrogradación se puede efectuar por dos rutas diferentes que dependen de la concentración y de la manera de enfriamiento de la dispersión del almidón. Una solución concentrada caliente forma un gel rígido irreversible cuando se enfría rápidamente hasta alcanzar la temperatura ambiente, las soluciones diluidas se vuelven opacas y forman precipitados cuando se dejan reposar y enfriar lentamente.

FIG. IX: Mecanismos de retrogradación del almidón.



Cada almidón tiene una diferente tendencia a la retrogradación, lo cual está directamente relacionado con su contenido de la fracción de amilosa. La retrogradación de la amilopectina es más difícil debido a que sus ramificaciones impiden la formación de puentes de hidrógeno entre moléculas paralelas; sin embargo, su insolubilización se produce cuando las soluciones de amilopectina se congelan y descongelan continuamente. Cuando las fracciones de amilosa o las secciones lineales de la amilopectina retrogradan, forman zonas con una organización cristalina muy ríida dentro de la propia estructura del almidón. Si esto sucede se requiere de una energía muy alta para poder romper las zonas cristalinas y hacer que el almidón relatinice. Todos estos cambios son muy importantes en la manufactura de alimentos y se deben considerar al desarrollar nuevos productos que contengan almidones.

El almidón se ha considerado como un principal constituyente que influye en las modificaciones físicas que conducen al envejecimiento del pan. Con respecto a los geles de almidón, cuando son mantenidos por prolongados periodos de tiempo, ocurre la retrogradación en el cuajado. Aplicado al almidón, esto significa un retorno de un estado amorfo, solvatado y dispersado, a una condición insoluble, aglomerada o cristalina. (2). La retrogradación es responsable, del encogimiento y sinéresis de los geles de almidón. Cuando se mantienen por largos periodos de tiempo, el almidón absorbe agua de la atmósfera y se retrograda.

La retrogradación de los geles de almidón es altamente amplificada cuando un gel es congelado y descongelado (7). El congelar y descongelar la estructura similar a una gelatina, destruye la propiedad esponjosa, y el agua liberada puede ser exprimida fácilmente a mano. Este fenómeno es indesea-

ble la mayoría de las veces, pero es útil en la manufactura de pastas alimenticias (fideo ó tallarín) donde ayuda a coagular el agua de la pasta húmeda y acelerar el secado.

La retrogradación es acelerada por temperaturas cerca de 0°C, concentraciones altas de almidón y grandes cantidades de amilosa en el almidón.

El fenómeno puede ser parcialmente reversible por calentamiento y fundición ó derretimiento de los agregados cristalinos, los cuales accidentalmente dan el modelo de cristal tipo B.

Con respecto al maíz Waxy, no tiene moléculas de amilosa, - por lo que la pasta permanecerá fluida y clara, y por lo tanto, no gelificará. En el caso de la tapioca, con una pequeña cantidad de amilosa, dá un suave gel, en cambio, pastas de almidones con alta cantidad de amilosa dará un gel duro.

MÉTODOS DE MODIFICACION DE ALMIDONES.

En la forma no modificada, los almidones tienen unos usos muy restringidos en la industria de alimentos.

Los almidones crudos no tienen propiedades funcionales necesarias para el procesamiento moderno de los alimentos (ejemplo: el almidón Waxy). Los gránulos no modificados se hidratan con facilidad, y se hinchan rápidamente, pero se rompen, pierden viscosidad, producen un cuerno débil y pastas muy duras y muy cohesivas. Estas características son las que los tienen muy limitados actualmente. Los almidones nativos tienen una mínima estabilidad a baja temperatura y no son muy resistentes a bajos pH, ó a un tratamiento con calor muy

fuerte. Para llevar a cabo cualidades deseables en los alimentos, se han desarrollado los almidones modificados, los cuales, algunas veces son referidos ó nombrados como derivados de almidones. Estos tipos de almidones son regidos por la FDA y las regulaciones aparecen en el Registro de Regulaciones Federales en el 21 CFR 172.892.

Cada reactivo químico usado para efectuar las modificaciones en los almidones, desarrolla ciertos resultados positivos -- cuando reaccionan con el almidón. Algunas de las reacciones son llevadas a cabo por etapas, en húmedo ó en seco, a pH altos ó bajos, o bien, neutrales, y en periodos de tiempo largos ó cortos (4).

Los almidones modificados fueron desarrollados primeramente para eliminar los defectos asociados con los almidones nativos tales como:

1. Textura indeseable de sus soluciones asociadas con la -- fragilidad de los gránulos hinchados por hidratación.
2. Alta viscosidad de sus soluciones a baja concentración de almidón para algunas aplicaciones.
3. Tendencia de las soluciones de almidones a llegar a ser -- opacos y sinérgicos a temperatura ambiente, debido a la amilosa presente.
4. Tendencia de las soluciones de almidones a llegar a ser -- opacos y sinérgicos, debido a la porción de amilonectina a -- asociarse (2).

A través de los tratamientos de modificación lasa caracterís
ticas físicas y químicas de los almidones nativos son altera
das para permitirles desempeñar más efectivamente sus funcio
nes y mejorar la calidad de los alimentos procesados.

Existen cuatro métodos de modificación de almidones: blan
queo, conversión, entrecruzamiento y estabilización.

I. Blanqueo. Los almidones blanqueados son aquellos trata
dos con niveles mínimos de agentes oxidantes. Estos inclu
yen el peróxido de hidrógeno, persulfato de amonio, permanga
nato de sodio, ácido peracético, clorito e hipoclorito de so
dio.

Estos tratamientos son usados para blanquear el color del al
midón de maíz, el cual normalmente posee un tono amarillento
que surge principalmente por las trazas de xantófilos, caro
tenos y otros pigmentos relacionados con éstos y considera
dos inconvenientes en aplicaciones donde el almidón es añadi
do como un humectante y agente fluidificante para polvos se
cos como confituras de azúcar.

Los tratamientos son hechos en suspensiones acuosas de almi
dón donde cualquier cuerpo de color solubilizado puede ser
removido por filtración y lavado.

Algunos agentes además de usarse como blanqueadores son uti
lizados también para ayudar a disminuir la cuenta bacteriana
considerada necesaria para ciertas aplicaciones en alimen
tos, lo cual es muy importante, pues la producción de almid
nes con bacterias termófilas se usan sobretodo, en la industria
latera y también ayudan en disminuir un poco la retrograda--

ción (2).

II. Conversión. Son procedimientos esencialmente usados para reducir las características de viscosidad de los almidones nativos ó crudos, por derradación de las moléculas de almidón. Implican una separación de moléculas donde un enlace glucosídico une una anhidroglucosa con otra. Para cada separación se introduce una mol de agua pues ésta es un componente esencial en el proceso.

Las conversiones son ampliamente usadas para reducir la viscosidad del almidón y permitir que sea cocido y usado a altas concentraciones como sería posible con los almidones nativos. Son también de valor en la modificación de propiedades tales como:

- a) El comportamiento a' cocinar
- b) La solubilidad en agua fría
- c) Propiedades de textura

La mayoría de las conversiones usadas producidas por molien- das húmedas son hechas en el gránulo intacto por lo que el almidón puede ser recuperado y vendido a la industria de ali- mentos (2).

Para llevar a cabo una conversión se puede hacer por diferen- tes métodos:

A. Modificación ácida: Los almidones ácido modificados, nor- malmente son hechos por una hidrólisis ácida catalítica con- trolada en suspensiones de agua a una temperatura en la que- no se produzca la gelatinización. El ácido clorhídrico o -- sulfúrico es usado como catalizador.

Cuando la reducción de la viscosidad deseada es alcanzada, -

el ácido es neutralizado y el almidón es filtrado, lavado y secado. La reacción básica es la hidrólisis de los enlaces -D glucosídicos con subsiguiente reducción del tamaño molecular.

Como los almidones ácido modificados son hechos en suspensiones acuosas, el grado de hidrólisis es limitado porque el gránulo de almidón no puede ser degradado al punto donde llegará a ser solubilizado e inapropiado para recobrar por filtración (4).

Los almidones ácido modificados son ampliamente usados en la industria dulcera para proveer solidez y textura a las gomitas, por ejemplo. (8).

B. Hidrólisis ácida ó calentamiento suave del almidón. Es un método usado para producir almidones levemente calentados los cuales son usados extensivamente en dulces de gomitas tales como las gomitas, raios de naranja, hojas de hierbabuena, etc., así como también en productos donde se necesite un gel fuerte tales como quesos procesados.

Un tratamiento con ácido moderado del gránulo de almidón consiste preferencialmente en el rompimiento del enlace -D glucosídico de la fracción de amilosa del almidón de maíz, reduciendo el tamaño molecular y disminuyendo la viscosidad en una pasta caliente. Este tratamiento es generalmente llevado a cabo usando ácido clorhídrico ó sulfúrico bajo condiciones controladas. Las propiedades de birrefringencia no son afectadas, lo cual indica que la hidrólisis toma lugar en las regiones más amorfas que en las regiones cristalinas del gránulo.

El tratamiento de hidrólisis ácida permite al almidón ser co

cinado completamente en altos sistemas de azúcar. Como la amilosa retrogradable se encuentra presente en concentraciones relativamente altas, se han obtenido geles muy fuertes, sin embargo, en caliente se disminuye la viscosidad (5).

C. Dextrinización: Las dextrinas son la siguiente clase de almidones convertidos, no son considerados como aditivos para alimentos pero son un producto similar al almidón nativo.

Las dextrinas cubren un amplio rango de productos, los cuales normalmente son hechas por degradación del almidón comercialmente secos en forma de polvo. En general, son producidas por tostado del almidón seco en presencia de humedad y trazas de ácido, usualmente clorhídrico. La reacción predominante responsable de la reducción de la viscosidad es la hidrólisis de los enlaces glucosídicos que hace que la cadena larga se rompa en fracciones más pequeñas.

En el caso de las dextrinas, la molécula es reducida en tamaño a un grado donde puede llegar a ser soluble en agua fría. Para llevar a cabo esto, el almidón es rociado con un ácido, tal como el sulfúrico ó clorhídrico, y sometido a un calentamiento prolongado pero controlado. El grado de hidrólisis depende de las condiciones de tiempo, temperatura y pH del tratamiento.

La relativa disminución de la viscosidad de las dextrinas -- permite su uso en altas concentraciones en el procesamiento de alimentos.

Existen varios tipos de dextrinas que incluyen: dextrinas blancas, amarillas o canarias y romas británicas, las cuales dependen de la cantidad de ácido y calor utilizados, del tipo de enjuino y de las condiciones de conversión empleadas (2).

Las dextrinas han tenido gran aplicación en la industria panadera y en el tostado del pan, además se utilizan en el tostado del pan, además se utilizan como agentes encapsuladores los cuales protegen del rociado y secado a los sabores de aceite (2), de la oxidación, así como de rellenos o transportadores de sabores (4).

También son usadas en el revestimiento de panes ó en confituras que tengan una cubierta de azúcar endurecida, para proteger los revestimientos de quebrarse e inhibir la crystalización desigual, dando uniformidad sobre las superficies. Por otra parte, son utilizadas como acarreadores y amplificadores de especias tan bien, como en la encapsulación de sabores y aceites. (3)

D. Oxidación de almidones. Es un método usado para reducir la viscosidad y alterar las propiedades del almidón. Se pueden utilizar diferentes agentes oxidantes tales como: cloruro, peróxido de hidrógeno, permanganato de potasio, etc., -- sin embargo, los almidones producidos por la industria de molienda de maíz húmeda son hechos usando hipoclorito de sodio casi exclusivamente como agente oxidante.

Como en el caso de la modificación ácida, las suspensiones acuosas de almidón con continua agitación son tratadas con hipoclorito de sodio diluido, en una cantidad del 5.5% del peso del almidón en seco, conteniendo un pequeño exceso de NaOH cáustica. La solución del reaccionante es añadida poco a poco a la suspensión del almidón que es el que reacciona, y se mantiene a 120°F. Se utilizan refrigerantes en el reaccionante con el fin de remover el calor producido por la oxidación. Cuando la cantidad correcta de reactivo ha sido añadida y el suficiente tiempo de reacción ha transcurrido, la viscosidad del almidón es determinada. Cuando se alcanza el

grado deseable de oxidación, el almidón que no reaccionó es tratado con un descolorante tal como bisulfito de sodio y se ajusta al pH deseable. Posteriormente se filtra, se lava y se seca (3).

Los almidones modificados por oxidación dan soluciones que muestran menor tendencia a gelificar que los almidones ácido modificados, teniendo una viscosidad comparable a las soluciones en caliente.

Se utilizan en productos donde la viscosidad intermedia ó baja media es deseada y donde los almidones levemente calentados no muestran estabilidad adecuada (8).

Los almidones oxidados también encuentran sus usos limitados en la manufactura del dulce. (3)

III. Método de Entrecruzamiento: Es el tercer método de modificación de almidones. Las características de un almidón no modificado en dispersión, cambia marcadamente durante el proceso de cocimiento. Sin embargo, cuando los gránulos se empiezan a hinchar por el calentamiento, se comienzan a dispersar desarrollando una textura corta, como emplaste, la cual, en el almidón Waxv, en particular, cambia rápidamente de un estado de elasticidad. Cuando los gránulos hinchados se rompen liberando los componentes moleculares y agregados.

La textura corta, como emplaste, asociada con los gránulos hinchados, es esencial impartiendo palatabilidad y espesor a los sistemas de alimentos tales como puddings, rellenos para pastas, aderezos, alimentos para bebés, etc. Sin embargo, durante el proceso de cocimiento de los almidones nativos, este estado de textura es muy leve y es fácilmente destruida

por variaciones mínimas en el tiempo de cocimiento, temperatura y concentración. La fuerza cortante y las variaciones en el pH también alterarán drásticamente.

Las modificaciones entrecruzadas son usadas para sobrellevar la extrema sensibilidad de los gránulos de almidón hinchados los cuales pueden ser usados a muchas más bajas concentraciones que los almidones nativos. También se utilizan para aumentar la fuerza de los gránulos hinchados de tal manera que serán más resistentes a la ruptura sin reducir el valor calórico y la digestibilidad. Esto es llevado a cabo por tratamiento del almidón en estado granular con muy pequeñas cantidades de agentes difuncionales capaces de reaccionar con grupos hidroxilos en dos diferentes moléculas dentro del gránulo. Por esta técnica se refuerzan los puentes de hidrógeno, responsables de sostener al gránulo intacto, con puentes químicos. Como resultado, los almidones entrecruzados, cocinados en agua a cierta temperatura, debilitan o destruyen los puentes de hidrógeno, aunque la integridad del gránulo hinchado es aún mantenida por las mismas ligaduras cruzadas químicas.

Reactivos tales como anhídrido mezclado con ácido acético δ -adípico, metafosfatos y acroleínas, pueden ser usados como agentes de entrecruzamiento. Las modificaciones con dichos agentes son normalmente hechas en suspensiones acuosas del gránulo de almidón sobre condiciones que conduzcan a una rápida reacción sin que se produzca la gelatinización del almidón. La porción del agente que no reaccione con el almidón, puede ser hidrolizado bajo las condiciones de reacción ó sustancias, las cuales, algunas veces, son comúnmente encontradas en alimentos y removidas por un lavado.

Se necesita sólo un entrecruzamiento para doblar el peso mo

lecular y son extremadamente pocas las necesarias para reforzar los gránulos de almidón. Algunas veces sólo un entrecruzamiento por cada 2500 unidades de anhidroglucosa es suficiente. Esto representa cerca de 0,014% del almidón.

La manera en que muy pocos niveles de entrecruzamientos alteran la textura y conducta reológica del almidón, es sorprendente.

Los almidones entrecruzados espesan los alimentos por lo que son usados para conservar ciertos componentes de la fórmula del alimento, en suspensión uniforme para proveer la textura y consistencia propias. Esto es particularmente importante en alimentos para bebés.

Cuando un almidón es ligeramente entrecruzado a una temperatura lo suficientemente alta, tiende a decaer en viscosidad; mientras que el almidón que tenga muchos entrecruzamientos incrementará en viscosidad y eventualmente dará la más alta viscosidad.

El entrecruzamiento puede también impartir una gran tolerancia a cambios de acidez. Las condiciones ácidas comúnmente encontradas en frutas, aceleran el proceso de cocimiento de tal manera que el máximo de viscosidad es alcanzado rápidamente y el rango de viscosidad que cae es incrementado.

Por otra parte, hace que los gránulos hinchados sean más resistentes a la fuerza cortante.

El grado al cual un almidón debe contener entrecruzamientos variará dependiendo de las condiciones de uso, tales como el tipo de sistema de alimento, pH, temperatura de procesamien-

to, tiempo y técnicas empleadas. Como resultado, un almidón entrecruzado tendrá más alta viscosidad que un nativo, y éstos permitirá ser usados a concentraciones significativamente más bajas que los almidones nativos. Por ejemplo, en una sopa cremosa, 3.5% del almidón de maíz entrecruzado puede ser reemplazado con un 5.0% de almidón de maíz no modificado. (2)

IV. Estabilización. Es el último método utilizado para corregir los defectos de los almidones nativos, introduciendo grupos sustituyentes de algunos de los hidroxilos en los polímeros de almidón con reactivos monofuncionales como los grupos acetato, succinato, fosfato ó hidroxipropilos. (4)

El propósito de este tipo de tratamiento es estabilizar la amilosa y la amilopectina de la retrogradación ó asociación intermolecular. La amilosa es muy susceptible a la retrogradación, causada por la asociación intermolecular (8), que sucede cuando hay una disminución del movimiento cinético provocado por un cambio en la temperatura (disminuye), permitiendo que las cadenas lineales más externas del almidón se asocian a través de puentes de hidrógeno, produciendo que las pastas de almidón se vuelvan opacas y se desarrolle la sínéresis. La amilopectina también exhibe efectos de asociación intermolecular pero en menor proporción (8). Es por esto, que la variedad de maíz Waxy, la cual no tiene amilosa en su gránulo, se conserva en mejores condiciones durante el almacenamiento, que un almidón de maíz normal. (4)

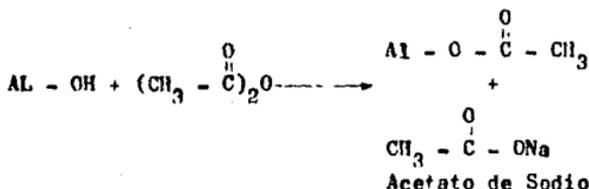
Sin embargo, durante ciertas condiciones de cocimiento ó procesamiento, las cadenas lineales y ramificadas son cortadas ó hidrolizadas fuera del tallo principal, los cuales pueden-

lazarse juntos produciendo un gel suave.

Para producir esta asociación intermolecular, grupos aniónicos son dispersados a través de todo el gránulo para bloquear tal asociación. Entre los grupos aniónicos utilizados se encuentran el tripolifosfato de sodio, el anhídrido acético, el óxido de propilén ó de succinato.

Para mejor estudio se han subdividido como se muestra a continuación:

A. Almidones acetilados. Los almidones acetilados normalmente son preparados por medio de la reacción del gránulo de almidón en suspensión de agua con anhídrido acético en presencia de un álcali, donde el acetato de sodio es formado como un producto secundario:



Después de que la reacción es completada, el almidón es recuperado por ajustamiento del pH, lavado, filtrado y secado.

Los almidones acetilados son también usados en alimentos, -- por ejemplo, el almidón Waxv puede ser tratado con Oxidocloruro de Fósforo para obtener un almidón entrecruzado y luego acetilado con anhídrido acético ó acetato de vinilo para producir un excelente estabilizante, texturizante ó usado en la preparación de una amplia variedad de productos. Además, son resistentes a la fuerza cortante y a la retrogradación y presentan también resistencia al ácido. ()

B. Almidones hidroxipropilados: Son hechos por la reacción del almidón granular con óxido de propileno, usualmente en presencia de una solución alcalina acuosa.



Para completar la modificación del almidón que no reaccionó, se acidifica para ayudar a remover las trazas de óxido de propileno que no reaccionó y entonces se neutraliza para posteriormente recuperar al almidón por medio de un lavado, decantado y secado.

Se utilizan principalmente en el empaquetamiento de alimentos y aplicaciones industriales. Sólo los almidones entrecruzados hidroxipropilados son usados en alimentos para adultos pero nunca para bebés (?).

C. Almidones con succinato: El uso de anhídrido succínico en lugar de anhídrido acético produce un almidón succinatado, el cual es usado como agente espesante en los alimentos.

D. Almidones fosfatados: El almidón puede ser esterificado con otro fosfato monosódico ó un trinofosfato de sodio para producir almidones fosfatados los cuales producen geles que son más estables que los producidos por otros almidones.

A bajas temperaturas los almidones estabilizados son esenciales en la industria de productos congelados, aunque también tienen muchas aplicaciones en muchas otras áreas. Las condiciones de almacenamiento a temperaturas frías (de refrigeración) de otros productos procesados tales como salsas y aderezos enlatados son comunes y requieren almidones estabilizados, si hay la posibilidad de que los productos sean sometidos a un almacenamiento a bajas temperaturas, ó va sea -

en un almacén a temperatura ambiente, mientras sean transportados o utilizados por el consumidor (3).

El resultado de este tipo de modificación son almidones estabilizados los cuales producirán pastas que resistirán varios ciclos de congelamiento-descongelamiento antes de que la sinéresis comience a desarrollarse.

Los tratamientos de estabilización de este tipo son frecuentemente usados en combinación con el entrecruzamiento dando agentes espesantes para usar en rellenos para pavs, pudings, etc., los cuales guardarán al producto de la pérdida de su claridad y textura durante el almacenamiento.

La mayoría de los almidones modificados aún están en forma granular y, con excepción de algunas dextrinas, requieren de un cocimiento en agua antes de la dispersión. Es por esto, que para ser utilizados en productos tales como pudings instantáneos es necesario someterlos a un hinchamiento previo en agua fría y posteriormente a un tratamiento de cocimiento y secado. En esta forma las fuerzas del gránulo son destruídas lo suficiente como para que el almidón se hinche al ser añadido al agua fría, a este proceso se lo conoce con el nombre de prerelatinización y el mecanismo completo se describirá a continuación.

PREGELATINIZACION.

Como la energía causa un decremento en la economía de las industrias, se han desarrollado los almidones instantáneos para aquellos que los necesitan, y de esta manera ahorrar la energía que se gasta al calentar el almidón normal. El método más común para hacer almidones instantáneos es el secado-

en tambores de suspensiones de almidón a alta temperatura, - con lo que se obtiene un almidón cocido y seco.

En lo referente a la tolerancia al calor, acidez y fuerza + cortante, dependen de la integridad de la hidratación que es un aspecto muy importante en un almidón pregelatinizado.

La integridad de la hidratación requiere de una cuidadosa -- dispersión de las partículas del gránulo a lo largo de la fa se acuosa y luego una penetración completa de la humedad en el gránulo. De otra manera, cuando no se completa la hidratación, se produce una baja viscosidad, y de apariencia repugnante. Una buena dispersión puede ser completada mediante una premezcla con azúcar, aceite u otro ingrediente que no forme gránulos al ser añadido al agua. Un rango típico - 4 a 5 partes de azúcar mezclado con una parte de almidón pre gelatinizado y añadido a la fase acuosa con buena agitación, generalmente produce poca granulación y muy buena apariencia

El tipo de tratamiento químico y también la molienda del almidón pregelatinizado a un tamaño propio, ayudan en el control de las propiedades de dispersión y rangos de hidratación. Algunos almidones pregelatinizados pueden ser dispersados directamente en agua sin que se formen gránulos y obtener una buena viscosidad y untuosidad de las pastas, mientras que otros pueden ser usados para producir un efecto grnular. Generalmente, los almidones instantáneos son designados específicamente para texturizar, por lo que producen menos viscosidad (sólo ciertos tipos).

En resumen, podemos decir que los almidones instantáneos han sido desarrollados para producir diferentes cuerpos, texturas y viscosidades. Esto puede ser realizado el tipo y cantidades de reactivos usados. Las características que impar-

ten varían desde: untuosidad, como un pudding; adherencia como una goma; viscosidad como en un relleno pastelero.

Uno de los descubrimientos más interesantes de años recientes, es un almidón instantáneo, el cual cuando es hidratado, forma un gel firme y duro, lo cual ayuda en la obtención de postres instantáneos y puddings hechos sin la necesidad de utilizar huevos. (4)

ANÁLISIS DE ALMIDONES.

A. Contenido de amilosa: La medición de amilosa puede ser hecha por los métodos siguientes:

1. Titulación potenciométrica con yoduro estándar.
2. Titulación amperométrica con yoduro.
3. Determinación espectrofotométrica de la intensidad de coloración azul con yoduro ("valoración del Azul").
4. Absorción del Rojo Congo.

Es más común que se haga por el procedimiento de Titulación-potenciométrica, y el resultado se reporta por porcentaje de Afinidad de yoduro, (IA).

Los valores típicos de IA por amilosa purificada son:

Maíz	19%	Tapioca	18.6%
Papa	19.9%	Trigo	19.9%

Este procedimiento es aplicable a todos los almidones no modificados, fracciones de almidones y almidones granulares -- preparados por una hidrólisis ácida.

Esto no es aplicable a productos altamente hidrolizados, almidones oxidados y almidones modificados en general.

Se ha desarrollado un método usando CaCl_2 como solvente para almidones, el cual es aplicable a almidones modificados en donde la estructura lineal ha sido alterada por oxidación, dextrinización, hidrólisis ácida o enzimática, eterificación ó esterificación.

El método de CaCl_2 dá resultados completamente diferentes de la titulación potenciométrica.

La "valoración Azul" está basada en la absorbancia del color azul producida en soluciones acuosas de amilosa con la adición de yoduro.

El problema de obtener una solución satisfactoria es común, sobretodo cuando se trabaja con amilosa ó fracciones lineales.

El contenido de amilosa no es usualmente medido en alimentos, pero es comúnmente hecha con muestras de almidón.

La presencia de amilosa puede también ser detectada por una combinación de procedimientos cromatográficos y la acción de β -amilasa.

B. Temperatura de gelatinización e Hinchamiento: La gelatinización inicia importantes cambios en las propiedades físicas, químicas y biológicas en general, de los almidones. -- Hay una falta de acuerdo general en la definición de la gelatinización del almidón. El término ha sido usado para determinar los siguientes cambios:

1. Pérdida del gránulo de almidón
2. Incremento de la susceptibilidad del almidón al ataque enzimático.
3. Incremento de la habilidad de ligamiento del almidón

dón.

5. Alteraciones en la cristalización del almidón medida por difracción de rayos-X.

Debido a la variedad de cambios que ocurren durante la gelatinización, un número de diferentes métodos han sido usados para seguir el curso de la gelatinización:

I. Métodos Microscópicos:

- a) Observación del hinchamiento
- b) Pérdida de la birrefringencia al calentamiento
- c) Coloración del gránulo gelatinizado con rojo Congo
- d) Examinar con el microscopio electrónico

II. Métodos enzimáticos que incluyen una digestión selectiva (-Amilasa, glucoamilasa, -Amilasa-pululanasa).

III. Medidas físicas de las pastas de almidón:

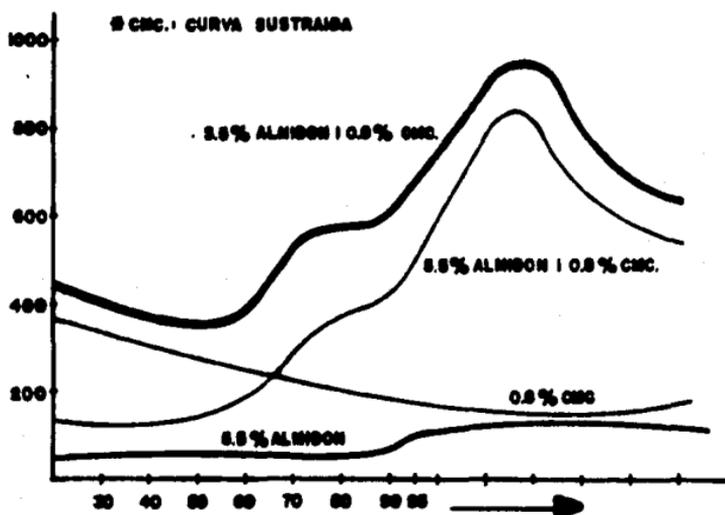
- a) Turbidez
- b) Solubilidad
- c) Viscosidad
- d) Modelo de difracción de rayos-X
- e) Claridez de la pasta
- f) Resonancia Magnética del protón
- g) Examinación diferencial Calorimétrica

La pérdida de la birrefringencia es medida por un método sensible y ampliamente usado para seguir la gelatinización. - Los gránulos de almidón son calentados sobre un microscopio. La temperatura es medida cuando el 2, 50 y 98% de los gránulos pierden su birrefringencia. Estos valores son conocidos como el punto inicial, medio y final del rango de temperatura de gelatinización. Cada gránulo tiene su propia temperatura de gelatinización, probablemente dependiendo de su tamaño y madurez. La pérdida de la birrefringencia marca la fase -

inicial del fenómeno total de la gelatinización.

La temperatura a la cual el hinchamiento empieza es llamada la temperatura de gelatinización. Esto es normalmente medido usando un amilógrafo de Brabender. Algunas veces se añade CMC para incrementar la viscosidad inicial, de este modo, permite la primera fase de cambio de la viscosidad para ser más fácilmente observada. Con CMC, la curva obtenida es la siguiente:

FIG. X : Comparación de los amilogramas del almidón de Trigo 5.5%, con y sin 0.8% de CMC



El hinchamiento puede ser medido por calentamiento del almidón en agua a una temperatura dada, centrifugando, removiendo la solución flotante y determinando el peso de los gránulos hinchados. La fuerza del hinchamiento es determinada de la manera siguiente:

$$\text{Fuerza de Hinchamiento} = \frac{\text{Peso de la pasta sedimentada}}{\text{Peso de la muestra en base seca}} \times 100$$

La solubilización es determinada por medición del contenido de sólidos de la solución flotante para el estudio del hinchamiento:

$$\% \text{Solubles} = \frac{\text{Peso del almidón soluble} \times 400}{\text{Peso de la muestra en base seca}}$$

El hinchamiento puede también ser observado y medido microscópicamente.

C. Grado de Gelatinización: Ya que muchos sistemas de alimentos son limitantes de agua con respecto a la gelatinización del almidón, el almidón en alimentos deberá ser incompletamente gelatinizado. De este modo hay algunas veces un interés en medir el grado de gelatinización en una muestra de almidón.

Para medir el grado de gelatinización, la metodología debe distinguir entre un almidón gelatinizado y uno no gelatinizado. Esto es un hecho difícil, además de complicado por la falta de una definición adecuada para un completo entendimiento de la gelatinización. La gelatinización es un proceso en donde no todos los gránulos están a un tiempo y temperatura dada en la misma fase del proceso. De esta manera, los valores determinados deben ser considerados valores medios y son dependientes de los procedimientos usados para la medición.

Los procedimientos que han sido usados para medir el grado de gelatinización, son listados a continuación:

I. Microscópico:

a) Con microscopio de luz (pérdida de la birrefringencia).

b) Con microscopio electrónico

II. Difracción de rayos-X

III. Cambios de la viscosidad

IV. Digestibilidad enzimática

La pérdida de la birrefringencia es difícil de aplicar para la determinación del grado de gelatinización del almidón en alimentos, porque los gránulos de almidón son difíciles de contar y porque el almidón no puede ser fácilmente separado de otros componentes con el material cocinado.

Los modelos ó estándares de difracción de rayos-X del almidón proveen una útil información en alteraciones de la organización molecular del almidón tan bien como en los cambios de cristalización del almidón. Ellos no proveen valores cuantitativos de la gelatinización ó hinchamiento del almidón, pero han mostrado que los gránulos de almidón pueden exhibir un hinchamiento extensivo y aún mantener un alto grado de cristalización.

El amilógrafo ha sido usado para obtener información en lo referente a el grado de gelatinización, basado en la incapacidad del almidón gelatinizado para desarrollar un incremento en la viscosidad al calentar. Sin embargo, la viscosidad de un alimento depende también de otros factores que gradúan la gelatinización e hinchamiento del gránulo. Por lo tanto, el amilógrafo no refleja con exactitud la gelatinización del almidón en un producto alimenticio.

Los valores cuantitativos para el grado de gelatinización del almidón han sido obtenidas con técnicas enzimáticas (α -amilasa, β -amilasa y glucoamilasa). Estos procedimientos se basan en la habilidad de las enzimas para degradar al almidón gelatinizado mucho más rápidamente que el almidón no gelatinizado.

Uno de los procedimientos enzimáticos más sensitivos incluye el uso de glucoamilasa, la cual degrada al almidón gelatinizado a glucosa. La glucosa puede ser medida con el procedimiento de la glucosa-oxidasa ó con o-toluidina.

Otro método basado en una técnica enzimática es usando β -amilasa y mutulanasa y fué reportado por Kainuma et al (1981), por medición del grado de gelatinización y retrogradación del almidón ó de productos con almidón.

D. Fluidéz y Viscosidad: El hinchamiento del gránulo y la desintegración del mismo, durante el calentamiento de una suspensión acuosa de almidón, son acompañados por cambios significativos en la viscosidad y otras propiedades reológicas de la pasta. Estas son importantes porque indican la utilidad de productos en aplicaciones específicas y porque ellas reflejan propiedades encontradas por el consumidor durante la preparación de alimentos.

La viscosidad del almidón gelatinizado es altamente complicada. Resultados reproducibles son difíciles de obtener y los sistemas son teóricamente complejos, haciendo la interpretación de los resultados difícil. Por esta razón se ha tendido a desarrollar instrumentos que midan una cantidad arbitraria, tal como la consistencia de la pasta sobre ciertas condiciones estándares, las cuales pueden ser fácilmente repro-

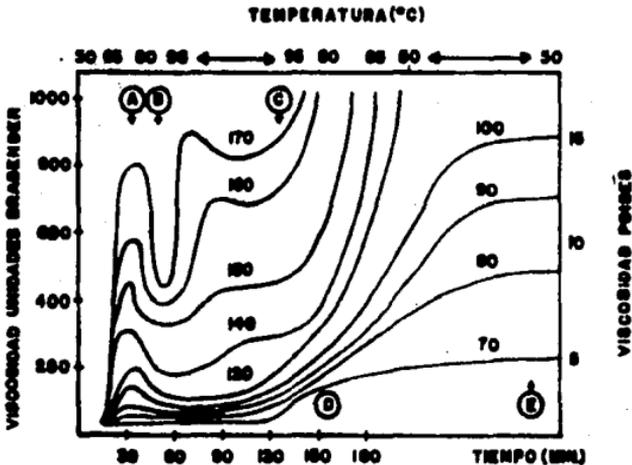
ducibles.

Existen varios métodos instrumentales los cuales hacen ésto, como se muestra a continuación:

1. Viscoamitógrafo de Brahender
2. Viscosímetro de Industrias de Maíz
3. Procedimiento de la pasta caliente de Scott
4. Viscosímetro de Brookfield

1. Viscosímetro de Brahender: Es ampliamente usado. Constituye un instrumento rotacional el cual permite una determinación continua de viscosidad mientras se calienta y enfría la pasta del almidón. Los almidones son normalmente corridos a varias concentraciones para obtener una serie de curvas.

FIG. XI . Curvas de Brahender de un almidón de maíz
Ácido-Modificado
(Números=concentración del almidón en g por 500ml; las letras indican la viscosidad significativa a los puntos referentes).



Los puntos importantes en la curva son:

1. El máximo de viscosidad
2. La viscosidad de la pasta a 95° .
3. La viscosidad después de una hora a 95° . Indica la estabilidad a la caída de la pasta.
4. La viscosidad después del enfriamiento a 50° . Es una medida del retroceso producida por el enfriamiento.

2. Viscosímetro de Industrias de Maíz: Es otro instrumento rotacional designado para la medición continua de la viscosidad durante la preparación de una pasta de almidón sobre las condiciones estándares.

3. Procedimiento de la Pasta caliente de Scott: Es un método usado extensivamente para la evaluación de almidones no modificados, ácido-modificados y oxidados, productos derivados del maíz, así como del grano de sorgo y de otros productos. Este procedimiento da un valor de la viscosidad a sólo un determinado tiempo en el ciclo de cocimiento. La simplicidad y precisión lo hace una herramienta efectiva para el control del proceso y análisis de producto terminado.

4. Viscosímetro de Brookfield: Está equipado con varios ejes de diferentes tamaños y un mecanismo de transmisión. Esto permite la determinación de la viscosidad sobre un amplio rango. La viscosidad de la pasta cocinada puede ser determinada inmediatamente después de la preparación ó después del enfriamiento. De este modo, la mayoría de las pastas son sistemas no newtonianos y las viscosidades pueden ser determinadas indicando la dependencia de la fuerza cortante.

El viscosímetro de Cannon Ubbelohde es usado para medir la viscosidad inherente de soluciones de almidón alcalinas. Este procedimiento es usado en la industria de la molienda húmeda del maíz para determinar el grado de modificación de --

los almidones ácido-débiles y oxidados y para distinguir éstos de los almidones no modificados (16).

APLICACIONES DE ALMIDONES.

El uso de almidones como esnesante en productos tales como rellenos para pavs, sonas, salsas, aderezos, etc., es aún una de las más importantes aplicaciones de los almidones.

El almidón modificado presente en la tecnología ha extendido sus usos inmensamente, al grado que pueden ser involucrados en casi todos los tipos de alimentos en la industria.

La siguiente tabla muestra varias funciones de los almidones y da algunos ejemplos para ilustrar que hacen y donde ellos podrían ser usados.

CUADRO XIII: Funciones de los almidones en alimentos.

FUNCION	ALIMENTO
Adhesivo	Productos de Panificación
Ligante	Productos cárnicos y alimentos extruídos.
Agente de Polvoreamiento	Pan y gomas
Fortalecedor de esnuma	Malvaviscos y pudings
Anti-añejante	Pastelería
Gelificante	Gomitas y pudings
Barnizador	Nueces carañadas
Retenedores de humedad	Panificación
Moldador	Gomitas y productos cárnicos
Estabilizante	Behidas y aderezos para ensaladas.

CUADRO XIV: Usos según el método de modificación empleado. -
(16)

PRODUCTO	METODO DE MODIFICACION
Rellenos para pastas	
- (frutas) ácido	Entrecruzado/Substituído
- (crema) neutral	Substituído
Puddings:	
- Asépticos	Entrecruzado/Substituído
- Refrigerados	Substituído
Sonatas, salsas y aderezos:	
- Retorcidos	Entrecruzado
- Congelados	Substituído
Jaleas horneadas	Entrecruzado y/o Substituído
Glaseados	Entrecruzado y/o Substituído
Harinas preparadas para pastel	Substituído
Bocadillos (extruídos)	Entrecruzado Blanqueado y substituído
Panificación	Entrecruzados y no modifica-- dos
Cereales	Entrecruzados y/o no modifica-- dos
Ligantes para carnes	Entrecruzado

CUADRO XV: Otros usos de los almidones modificados

METODO DE MODIFICACION	PROPIEDADES	USOS
Blanqueados	Humectante y agente fluidificante	Confituras de azúcar
	Agente que disminuye la cta. microb.	Industria latera
Acido-convertidos	Proveen solidez y - textura	Industria dulcera
Oxidados y Dextrinas	Proveen viscosidad-media o baja	Industria dulcera, - Revestimientos de - panes ó en confituras de azúcar endurecida.
		Acarreadores y am--plificadores de especias.
		Encapsuladores de - sabores y aceites.
Acido-Hidrolizados	Proveen un gel firme y duro	Gomitas y gajos de naranjas. Quesos procesados
Entrecruzados	Conservan la sus--nensión de los ingredientes.	Alimentos para be--bés.
	Proveen textura y - consistencia,	Alimentos enlatados Productos retorci--dos.

Los almidones pueden ser modificados para controlar la adhe--sión de los panes y también para darles una apariencia más -- fresca y más apetitosa con la ayuda de almidones de alta amilosa.

Son también útiles en el empanizado de carnes, pollos ó pescados, ya que ciertos tipos de almidones modificados se adhieren a ciertas proteínas superficiales mejor que otros almidones ó harina sola.

Los almidones estabilizantes de emulsiones pueden ser usados para suspender aceites y grasas ó para proteger el sabor emulsionado de bebidas. El pH juega un papel muy importante en este aspecto, ya que puede afectar la estabilidad de la emulsión.

Los almidones también actúan algunas veces como "bancos de humedad" y, por lo tanto, son usados para sellar los poros de la corteza. (5)

CUADRO XVI: Usos generales de los almidones

1. Alimentos para bebés

pan

roles

2. Productos de panificación

pasteles

pays

galletas

bizcochos

3. Polvos para hornear

4. Bebidas en general

5. Elaboración de cervezas

6. Bebidas de chocolate

7. Gomas de mascar

8. Confitería

9. Harinas preparadas: pasteles, mezclas, etc.

10. Postres: puddings, flanes, etc.

11. Productos cárnicos

- 12. Aderezos y salsas
- 13. Mezclas preparadas: Hot Cakes, Waffles, dulces, etc.
- 14. Mostazas preparadas
- 15. Rellenos para pays
- 16. Productos precocinados precongelaos
- 17. Sopas
- 18. Azúcar en polvo
- 19. Enlatados de vegetales
- 20. Levaduras

CAPITULO II:

GENERALIDADES SOBRE CREMAS PASTELERAS

- 1. Generalidades**
- 2. Ingredientes:**
 - a) Almidones a utilizar.
 - b) Gomas
 - c) Conservadores
 - d) Azúcar
 - e) Fosfatos
 - f) Sal
 - g) Color
 - h) Sabor
- 3. Indicaciones**
- 4. Aplicaciones**

GENERALIDADES

Las cremas pasteleras son rellenos para pasteles, pays ó panes que utilizan varias clases de agentes espesantes, de los cuales el almidón es el predominante, para darles la estructura de gel deseada, y una consistencia tal, que reducirá la proporción de líquido filtrado hacia la superficie y facilitar el servicio de las porciones de pay. El almidón de maíz modificado y el almidón de maíz Waxy son los más comúnmente utilizados, aunque actualmente hay otros tipos de almidón, tales como tapioca, papa y arroz, que también dan buenos resultados. Suplementariamente, se utilizan algunos hidrocoloides tales como gomas vegetales: alginatos, carrageninas, guar, acacia, karaya y CMC.

Aunque la variedad de rellenos para pays es de uso restringido, ellos pueden ser agrupados en dos grandes grupos:

- a) Rellenos a base de frutas.
- b) Rellenos tipo crema ó rellenos suaves.

En la práctica, los rellenos de frutas son generalmente precocidos. Dependiendo del tipo de fruta, la operación de cocimiento puede incluir la fruta o solamente el jugo drenado, con la adición posterior de los otros ingredientes.

El procedimiento en ambos casos es colocar la fruta o el jugo dentro de una vasija de cocimiento, se añade el agua necesaria y parte del azúcar y se calienta a una temperatura de por lo menos 88°C o a ebullición. El almidón se añade en forma de solución y lentamente para que no disminuya la temperatura demasiado. La mezcla entera deberá ser agitada hasta que el almidón gelatinice y la masa llegue a ser clara. Se añade el resto del azúcar, junto con los ingredientes adi

cionales tales como sabor y color, y se continúa calentando para asegurar la completa disolución del azúcar. Si la mezcla incluye la fruta, el lote cocinado es enfriado y está en tonces listo para depositar en el molde para pay. Si sólo el jugo fué cocinado, la fruta es entonces añadida para la e bullición del lote y generosamente agitado. En algunos casos puede ser deseable recalentar la fruta para ablandarla o para prevenir el exudado y la posible fermentación. Es esen cial en cualquier forma, que una vez que el almidón ha sido añadido, el resto de la operación sea llevada a cabo tan rápidamente como sea posible para evitar un decremento en el - gel por el calor y por los ácidos de las frutas.

En la preparación de los llamados rellenos suaves, los cuales incluyen los puddings y las cremas pasteleras, se aplica el - mismo procedimiento general. Se pueden hacer en agua o en - leche, predominando la cantidad de almidón, y dependiendo del mismo, en frío o en caliente. Si se utiliza huevo, se disminuye el contenido de almidón, ya que éste actúa como espesante.

En la preparación de los llamados rellenos suaves se recomien da que la gelatinización del almidón sea llevada a cabo en - una solución de concentración baja y que el resto de los ingredientes, tales como el resto del azúcar, huevos, sabori - zantes, etc. sea añadido después de que la gelatinización ha ya sido completa.

Sin embargo, hay otros tipos de rellenos suaves, que se hacen en polvo y que ya incluyen todos los ingredientes tales como azúcar, leche en polvo (algunos), fosfatos, algún conservador, una goma, sabor y color artificial, de tal manera que está - lista para hacerse en agua o en leche, fría o caliente. (27)

En los Estados Unidos, los más populares rellenos para pays son los que contienen almidón como un agente gelificante. - Estos son generalmente de dos tipos:

- a) Rellenos cocidos en los cuales un almidón crudo es - el único agente gelificante.
 - b) Rellenos instantáneos en los cuales el gel es formado con leche o agua fría, por el efecto sinérgico de un almidón pregelatinizado y la reacción entre la proteína de la leche y la sal de fosfato. Sin embargo, como en el caso de los geles de agua o geles de leche, puede también estar formado por extractos de algas marinas para formar un compuesto gelatinoso.
- (24)

Los ingredientes principales de la crema a elaborar, la cual pertenece a los rellenos instantáneos, son los siguientes:

- 1.- Almidón modificado.
- 2.- Leche entera en polvo.
- 3.- Azúcar.
- 4.- Conservador : Sorbato de potasio.
- 5.- Fosfatos.
- 6.- Sabor y color artificial.
- 7.- Goma: Carragenina o alginato.
- 8.- Sal.

El almidón es el que provee cuerpo y da textura al producto. Los mejores tipos de rellenos son hechos de almidón de papa y tapioca, debido al sabor dulce aún en altas concentraciones, además tanto el almidón de tapioca pregelatinizado y el almidón de Waxy maize pregelatinizado, también proveen una viscosidad más alta (mejor cuerpo) y una textura más cerrada que la de un relleno cocido.

Como en el caso de los almidones crudos, el almidón pregela-

tinizado también tiene una variante inherente. En algunos casos la adición de una pequeña cantidad de goma soluble en agua fría ayuda a proveer uniformidad de acción, por lo que se utilizan mucho en rellenos instantáneos.

Según Trempel (23), el almidón especial para usar en el relleno de un pay, deberá poseer las siguientes características:

- a) Gelatinizar con un mínimo de cocimiento, en el caso de un almidón modificado, que gelatinice en frío, al contacto con el agua.
- b) Producir un buen brillo y transparencia.
- c) Resistente a la acción de los ácidos de las frutas.
- d) Cuando el gel esté hecho, deberá estar libre de sabor a cereal (27).

El almidón es un aditivo muy importante dentro de una crema pastelera por que además de que es el ingrediente de mayor concentración, tiene una naturaleza comestible y nutricional, ya que 1 gramo de almidón es capaz de suplir cerca de 4 calorías, lo cual es comparable con lo que aporta el azúcar. Los almidones junto con los azúcares, suplen gran parte del valor calórico de nuestra dieta.

Al considerar los almidones como aditivos en alimentos, éste no concierne en sus usos, donde su función primaria es la de suplir el valor calórico, o donde son un constituyente natural de alimentos. Lo que es realmente importante es que se usa donde el almidón se aplica como un aditivo para facilitar el procesamiento o impartir propiedades específicas a los sistemas de alimentos (24).

Los almidones a utilizar son 4 tipos diferentes (42):

A. Almidón alimenticio de tapioca (manioca o yuca), entrecru-

zado o reticulado y después estabilizado por medio de una acetilación (T.E.)

Tiene una excelente estabilidad a ciclos de congelación-descongelación y una resistencia considerable a las condiciones de almacenado a baja temperatura. Tiene, además, muy buen sa hor.

Propiedades físicas:

Estado físico:	Polvo
Color:	Blanco
Húmedad (%):	12.0 aproximadamente
pH:	5.5 aproximadamente

Propiedades de la pasta:

a) Las preparaciones acuosas son:

- lisas
- de textura corta
- muy estables
- no gelifican
- resistentes a la degradación a bajo pH y a altas temperaturas.
- aumento uniforme y gradual de la viscosidad
- la viscosidad máxima se obtiene al final de la esterilización.
- acepta alrededor de 25 ciclos de congelación-descongelación
- el período de duración de conservación de los productos en latas es prolongado
- la textura permanece estable
- No se presenta sinéresis o separación de líquido
- no tiene tendencia a gelificarse o a formar grumos
- tiene gran resistencia a las variaciones de condiciones de almacenado.

- Magnífica apariencia y calidad en la masa después de almacenamiento.

b) Sabor:

- excelente sabor
- libera rápidamente los sabores naturales
- no se producen efectos de enmascarado
- no tiene gusto a cereal o almidón

c) Aplicaciones:

1. Alimentos infantiles: El almidón T.E. es un almidón que provee a este tipo de productos, una textura fina, un sabor excelente y una buena estabilidad.

2. Cremas para rellenos: Se pueden preparar cremas de limón chocolate y vainilla, debido al buen sabor que imparte a los productos enlatados o congelados.

3. Rellenos para tortas de frutas: Este tipo de almidón es muy útil, sobretodo cuando se desea preparar rellenos y preservar los sabores delicados, aumentando la resistencia a la degradación a bajas temperaturas.

4. Alimentos congelados: Este almidón conserva la calidad apetitosa de las salsas en los congelados. Se obtiene una textura más suave y mejor dispersabilidad en las sopas congeladas. (Ver figura XII).

Con el pH ajustado, las muestras son llevadas a 90°C, mantenidas 5 min. a esta temperatura y enfriadas a 20°C. Las viscosidades son medidas en el viscosímetro de Brookfield (modelo HAF; aguja no. 3 a 10 r.p.m.), (ver figura XIII).

FIG. XII: Efecto de la concentración y pH en la viscosidad.

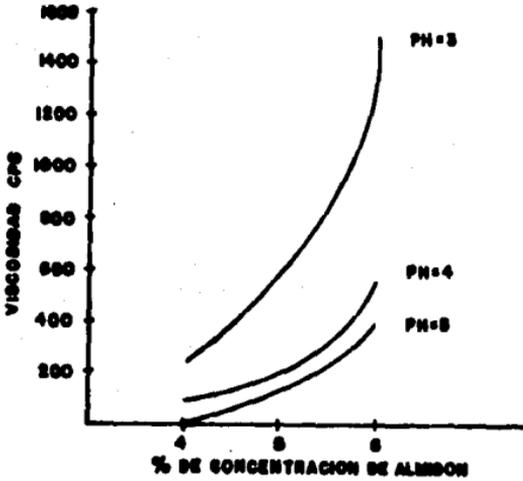
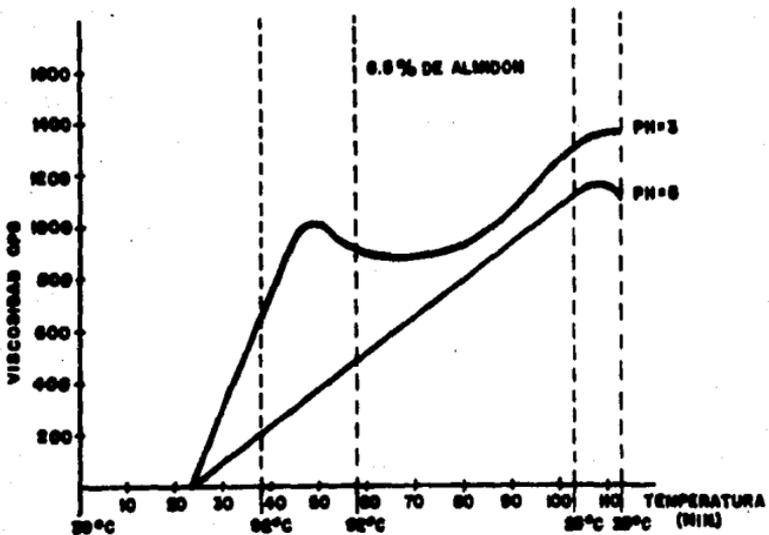
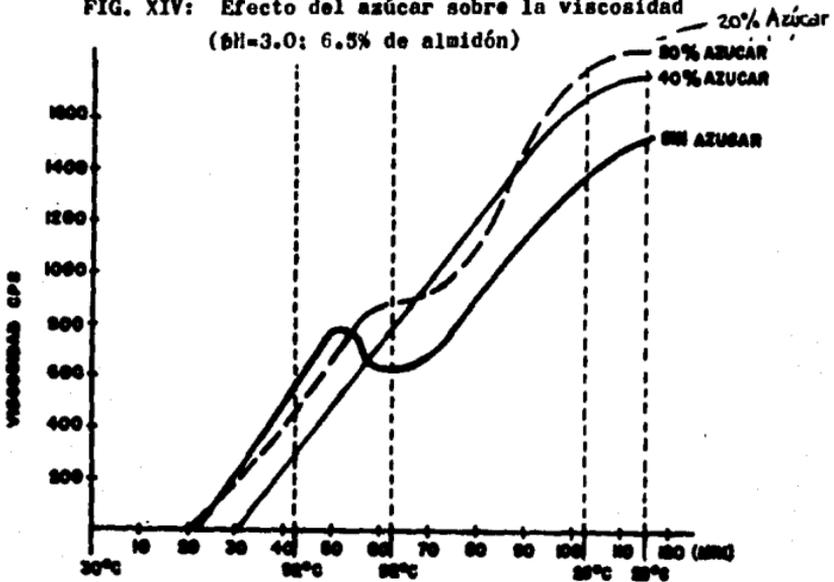


FIG. XIII: Efecto del pH en la viscosidad.



Con el pH ajustado, las suspensiones de almidón se vierten en la cuba de un visco-amilógrafo Brabender. Se calienta hasta 92°C a razón del 1.5°C por minuto, mantenidas 20 min. a esta temperatura y enfriando hasta 25°C a razón de 1.5°C por minuto, bajo agitación constante.

FIG. XIV: Efecto del azúcar sobre la viscosidad
(pH=3.0; 6.5% de almidón)



Con el pH ajustado, las suspensiones de almidón se vierten en la cuba de un visco-amilógrafo de Brabender. Se calientan -- hasta 92°C a razón de 1.5°C por minuto, mantenidas 20 minutos a esta temperatura y se enfrían hasta 25°C a razón de 1.5°C - por minuto, bajo agitación constante.

B. Almidón de Waxy Maize pregelatinizado y estabilizado poste-riormente (W.P.E.), que se espesa instantáneamente en líqui-dos fríos. Adecuado sobretodo para los alimentos congelados-

y para la fabricación de rellenos instantáneos para tartas.

a) Propiedades Físicas:

-Estado físico:	Polvo.
-Color:	Blanco
-pH	3,5 aproximadamente
-%Húmedad:	8,0 aproximadamente
-Granulometría	40-70% (pasan el tamiz U.S. 270)

b) Propiedades:

- Sus preparaciones son lisas
- Tienen una textura corta y una alta viscosidad
- Son estables a la congelación-descongelación aguantando unos doce ciclos.
- No gelifican
- Puede ser cocido u horneado y después de ésto adquiere una textura lisa y corta, una transparencia excepcional y un sabor excelente.
- Permanece liso aunque se deje reposar, sin mostrar tendencia a la gelificación ni a la sinéresis.
- La congelación puede efectuarse antes o después de la cocción.

c) Ventajas:

- Economía de tiempo, almacenado y mano de obra
- Facilidad de preparación, sin cocción ni enfriamiento
- No necesita equipo de cocción
- Dá mejor aspecto a las frutas enteras
- Disminución de derramamiento en el horneado

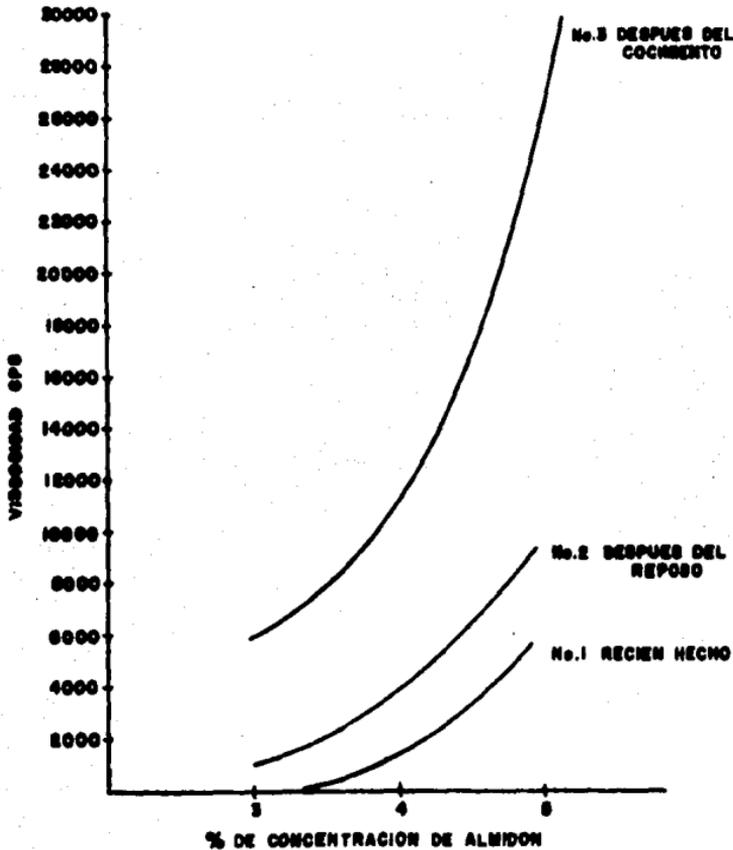
d) Aplicaciones:

- Rellenos para tartas de frutas, congelados y horneados, ya que tienen una excelente estabilidad a la congelación-des-

congelación y mejor aspecto de las frutas con un mínimo de -
preparación.

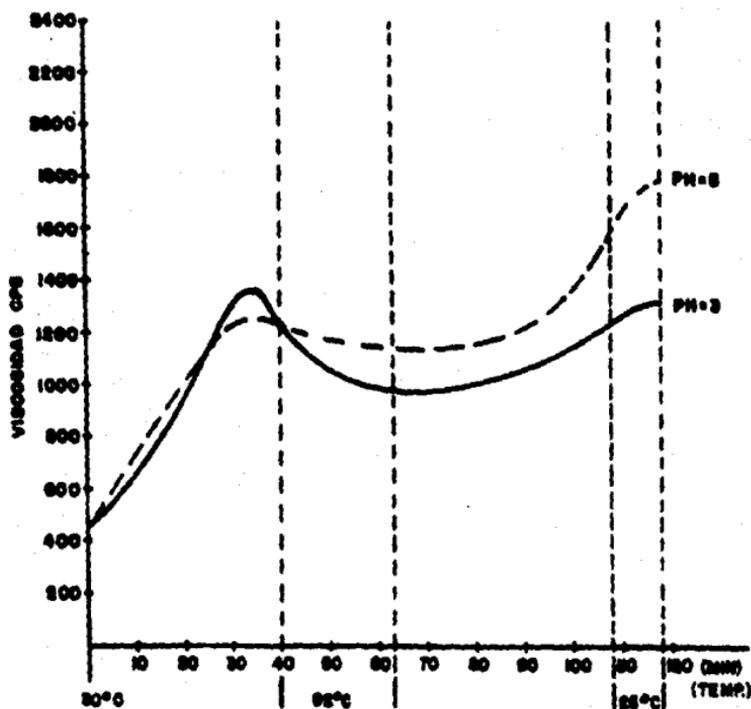
-En cremas para rellenos instantáneos, glaseados puddings
instantáneos y asegura un mejor control de los productos hor-
neados sin necesidad de cocido antes del congelamiento.

FIG. XV: Efecto de la viscosidad a diferentes concentracio-
nes en preparaciones de almidón con 30% de azúcar.



Para preparar las muestras se mezclan en seco el almidón y 30% de azúcar y se añaden al agua destilada a 20°C.; mezclar en un Mixmaster Sunbeam a la velocidad No. 1/2 minutos. Medir la viscosidad con el viscosímetro de Brookfield modelo HAF, (aguja No. 4; 10 r.p.m.). Tomar inmediatamente medidas para obtener la curva de viscosidad No. 2. Las muestras calentadas al baño María a 90°C durante 20 min. y enfriadas a 20°C., dan la curva de viscosidad No. 3.

FIG. XVI: Efecto del pH en la curva de viscosidad en una preparación de 6.5% de almidón con 30% de azúcar.



Para este ensayo, se mezclaron en seco 6.5% de almidón y 30% de azúcar. Se agregan a 93.5% de solución buffer a pH 3.0 ó pH 5.0 en el recipiente del Mixmaster Sunbeam, a la velocidad No. 1 durante 2 min. Verter la suspensión en la cuba de un viscoamilógrafo de Brabender, calentar hasta 92°C a razón de 1.5°C por minuto. Mantener 20 min. a esta temperatura, enfriar a 25°C a razón del 1.5°C por min., bajo agitación constante.

Este almidón debe mezclarse con azúcar cristalizado u otros ingredientes secos, para prevenir la formación de grumos y asegurar una buena homogeneidad. Puede añadirse también directamente al azúcar líquido, bajo agitación. La presencia del azúcar es para controlar el grado de hidratación del almidón.

Este almidón es pregelatinizado o precocido por lo cual se hincha y empieza a espesarse instantáneamente al ser añadido al agua fría o a jugos de frutas. Se produce un aumento gradual de viscosidad, la cual continúa durante el calentamiento. La viscosidad máxima se obtiene en el momento del enfriamiento.

Es resistente a la degradación a alta temperatura y a bajo pH, lo cual permite encontrar numerosas aplicaciones en la industria alimentaria.

C. Almidón pregelatinizado de maíz híbrido (Waxy Maize) ligeramente modificado y no estabilizado (W.P.N.E.), adecuado para alimentos soplados, horneados o fritos.

a) Propiedades físicas:

- Color

Blanco o blancuzco

- pH	5.5 aproximadamente
- Humedad	8.0 aproximadamente
- Estado físico	Polvo

h) Ventajas:

Este almidón permite fabricar alimentos soplados de un modo muy sencillo:

1. Mezcla
2. Formado
3. Horneado o fritura

Usando este sencillo procedimiento se obtienen los siguientes beneficios:

1. El tiempo de producción es altamente reducido.
2. No se requiere tiempo de secado para producir alimentos --- horneados.
3. No se precisa cocido previo o durante el proceso de formado.
4. Elimina la necesidad de extrusión de alta compresión. Se pueden utilizar equipos sencillos tales como las picadoras de carne.
5. El cortado se puede hacer inmediatamente después del formado.
6. El costo neutro del almidón permite un amplio rango de sabores.
7. El producto terminado, no absorbe humedad fácilmente por lo que la vida de anaquel es excelente.

Este almidón permite conseguir una gran variedad de texturas y productos terminados. Pueden ser livianos, expandidos, frágiles o crocantes. Es posible obtener productos intermedios si se utilizan las fórmulas adecuadas. También se usa para fabricar galletas, galletitas, bizcochitos, bollos -----

con colbres diversos y saberes especiales. Puede también utilizarse en rellenos pasteleros pero es poco recomendable por la consistencia que proporcionan.

D. Almidón de maíz híbrido Waxy Maize para uso alimentario, reticulado ó entrecruzado y posteriormente estabilizado por medio de una acetilación (W.E.E.), con excelentes propiedades para resistir ciclos de congelación-descongelación, así como resistencia al almacenaje a bajas temperaturas, lo cual lo hace particularmente adecuado para ser aplicado en alimentos -- congelados.

a) Propiedades físicas:

-Color	blanco
-Estado físico	Polvo
-Húmedad	11% aproximadamente
-pH	6.0 aproximadamente

b) Propiedades del almidón cocinado: Las propiedades que tienen principalmente las preparaciones de almidón son una claridad excepcional, son suaves y densas y de textura corta. -- Tiene una estabilidad excepcional y no forma gel. Las características de viscosidad de este almidón son poco influenciadas por las variaciones de pH. Por eso tiene una excelente resistencia a la degradación en condiciones de pH bajo y mantiene una estabilidad durante el enfriado y el almacenaje en congelación. Tiene un sabor neutro y no a cereal ó a almidón

c) Vida de anaquel y estabilidad al congelado-descongelado de los alimentos: Se puede obtener 15 o más ciclos congelación-descongelación. Los productos enlatados mantienen su textura suave y excelente transparencia y tienen mayor vida de anaquel.

No se presencia ningún tipo de sinéresis o grumos y poseen alta tolerancia a condiciones variables de almacenaje.

d) Estabilidad en alimentos ácidos: Este almidón es recomendado especialmente para ser usado en alimentos ácidos. Es altamente resistente a la degradación en condiciones de pH bajos y no tiende a gelificar. Tiene excelente claridad, brillo y textura suave, lo cual mejora el aspecto y lo hace más atractivo a la vista.

Este almidón no se usa en alimentos esterilizados a pH elevados.

e) Aplicaciones:

1. Rellenos de tartas de frutas: Este almidón es especial para los fabricantes de rellenos de frutas enlatados o congelados. Se recomienda en los rellenos enlatados para obtener mayor resistencia a la degradación en los períodos fríos del año, cuando el producto se somete a bajas temperaturas durante el transporte de almacenaje. También se pueden utilizar en rellenos de frutas congelados, donde la transparencia y suavidad de la textura después del congelado y horneado son importantes.

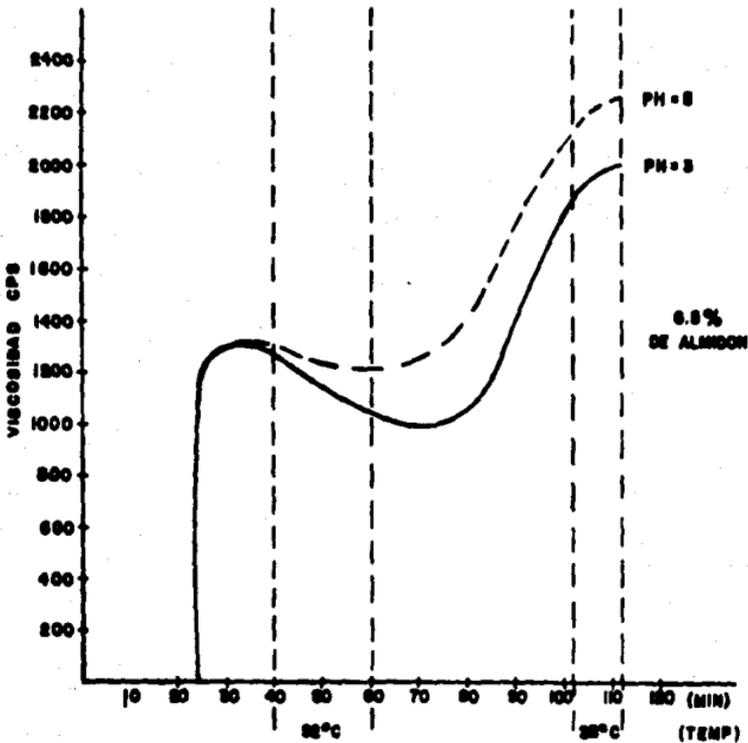
2. Pasteles de carne congelados y salsas: Puede ser utilizado solo o junto con harina para incrementar la estabilidad a ciclos de congelación-descongelación y para mejorar la textura de estos productos. Se recomienda especialmente para mantener todas las cualidades de las salsas preparadas hasta la mesa del consumidor.

3. Sosas congeladas y salsas: Cuando este almidón se utiliza en las sosas congeladas se obtiene una textura más suave y mejor poder de dispersión. Tiene amplio uso cuando se desea re

tención del color y transparencia en las salsas congeladas.

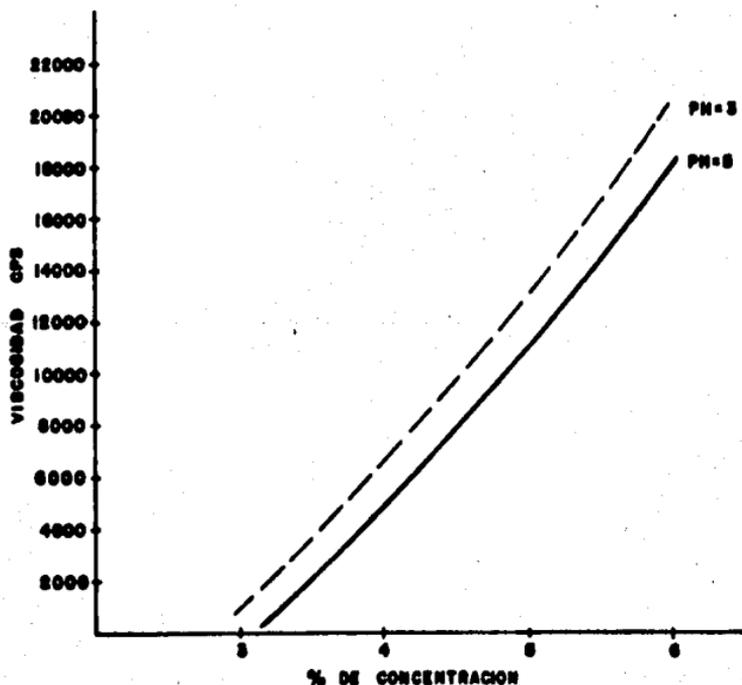
4. Comidas orientales congeladas: Al mismo tiempo que se obtiene claridad, brillo, suavidad y buen aspecto con este almidón y se mejora la calidad; no se estropean los sabores tan característicos de estas comidas especiales con gustos amiláceos ó de cereales.

FIG. XVII: Efecto del pH en la curva de viscosidad del almidón.



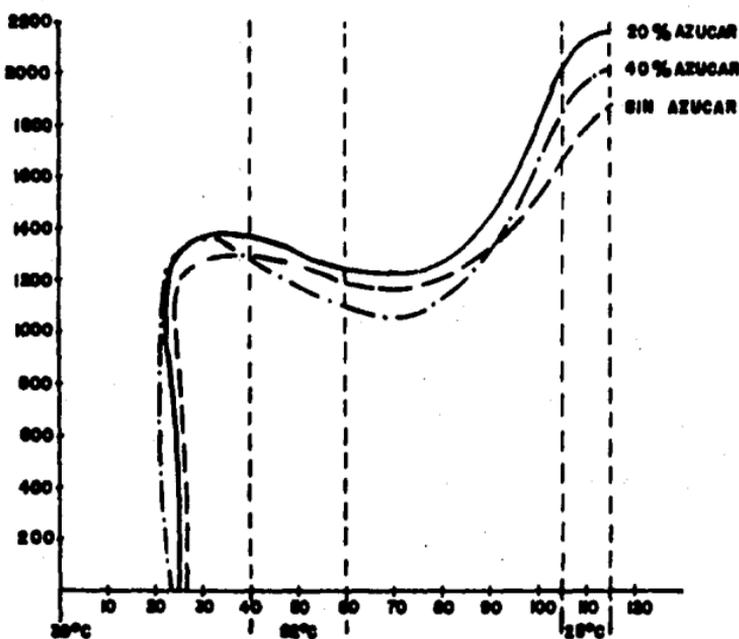
El pH es ajustado en la suspensión de almidón antes de colocarla en la cuba de un viscoamilógrafo de Brabender. Se calienta a 1.5°C por un minuto hasta 92°C (198°F). Se mantiene por 20 min., se enfría a 1.5°C por minuto hasta 25°C siempre bajo agitación continua.

FIG. XVIII: Efecto de la viscosidad del almidón variando la concentración y el pH.



El pH es ajustado en la suspensión de almidón, se cocina a 90°C y se mantiene por 5 min., se enfría a 20°C y se miden las viscosidades con el viscosímetro de Brookfield (modelo (HAF) con la aguja No. 4 a 10 r.p.m.

FIG. XIX: Efecto del azúcar en la curva de viscosidad del almidón en pH 3.0 y 6.5% de almidón.



El pH es ajustado en la suspensión de almidón antes de colocarla en la cuba de un viscoamilógrafo. Se calienta a 1.5°C por minuto hasta 92°C, se mantiene por 20 min., se enfría a 1.5°C hasta 25°C, siempre bajo agitación continua.

GOMAS.

Estos hidrocoloides, tanto naturales como sintéticos, se utilizan ampliamente en la industria alimenticia, para controlar las propiedades reológicas de muchos productos, en concentraciones que varían desde 0.05 a 5.0%. No contribuyen al valor nutritivo del alimento ya que el humano no los metaboliza y además no imparten olor o sabor a los productos finales en los que se emplean.

El término gomas se ha usado para referirse a un grupo muy vasto de polisacáridos que tienen propiedades gelificantes y espesantes. Originalmente las gomas eran consideradas como los productos de exudación de las plantas; sin embargo, actualmente dentro de este grupo se incluyen muchos polímeros, aún sintéticos. Cabe hacer notar que dentro de las gomas naturales también están las pectinas, los almidones, la gelatina y la carragenina.

Las gomas semisintéticas son productos derivados de materias naturales, como la celulosa y el almidón y otros de origen fermentativo microbiano. Por otra parte, también existen gomas que son sintetizadas químicamente, como los polímeros vinílicos y acrílicos, que hasta la fecha no están aprobados para el consumo humano.

La mayoría de las gomas naturales son polisacáridos muy complejos que pueden ser aniónicos o neutros. Existen varias gomas cuya estructura aún no es muy conocida debido a que son homopolisacáridos con múltiples ramificaciones compuestas de diferentes monosacáridos.

Las gomas se utilizan ampliamente debido a su poder espesante, por lo que le pueden impartir diferentes grados de viscosidad

a los alimentos en los que se emplean. Existen varios factores que influyen en la viscosidad y las propiedades reológicas de las dispersiones de las gomitas: La concentración del polímero, su peso molecular medio, las interacciones que tenga con otros constituyentes y el esfuerzo al que se sujeta. La mayoría de las gomitas se comportan como fluidos pseudoplásticos, cuya característica principal es la reducción de su viscosidad a medida que aumenta el esfuerzo cortante. Esta propiedad es muy importante en alimentos semifluidos viscosos, que están sujetos a diferentes manipulaciones mecánicas.

El uso de las diferentes gomitas es muy vasto y variado: en la producción de helados, confitería, aderezos, embutidos y en la elaboración de cremas pasteleras, en las cuales, las gomitas más utilizadas son las que a continuación se muestran (5):

1. Alginatos (Alginato de sodio, alginato de propilén glicol y alginato de amonio y calcio) (25 y 26), que recientemente han sido utilizados debido a defectos tales como solubilidad pobre en leche, falta de firmeza y una textura granular del gel producidos por la dificultad de disolver el alginato en presencia de iones calcio. Sin embargo, al aplicarlos en rellenos, los alginatos de sodio principalmente, proporcionan claridad, brillantez y estabilidad al congelamiento/descongelamiento y liberan el sabor. Estos geles son resistentes a la sinéresis y sus propiedades de fluidez son fácilmente controlables añadiendo sales de calcio. El alginato de propilén glicol es hidrofílico-lipofílico y, por lo tanto, tiene funciones como un verdadero emulsificador tan bien como un estabilizante de emulsión. Es más comúnmente usado en cremas, flanes y rellenos batidos así como en rellenos de fruta de alta acidez. La combinación de alginatos de amonio y calcio muestran superior estabilidad al calor y es generalmente usada cuando la espesura es el principal requerimiento. Como éste contiene calcio es capaz de gelificar por sí sólo para

producir características de boca fluida. En la práctica, la mayoría de los alginatos, reemplazan del 10-40% de almidón a una proporción de un 1/4 a 1/5 del peso del almidón. La práctica de mezclar alginatos con 5-10 veces de azúcar líquida o granular anterior a su adición al relleno se recomienda para uniformizar la dispersión e hidratación del mismo. (24).

El objeto de añadir sales de calcio es por lo siguiente: las sales solubles de alginato tienen la capacidad de iniciar reacciones químicas controladas con calcio u otros iones divalentes para formar geles comestibles. Esta importante y única propiedad ha sido utilizada en formulaciones de mezclas de polvos secos, los cuales son solubles en agua fría y mantienen el gel a temperatura ambiente. Los geles formados son químicamente estables, no son térmicamente reversibles, y por eso no se derretirán a temperatura ambiente. Se utiliza en una concentración de 0.4 a 1.0% del total de la fórmula. Las ventajas son:

1. Tiempo rápido de fijación
2. Capacidad de preparar y usar en climas calientes sin refrigeración.

Las desventajas, lo cual ha limitado el uso de geles de calcio en formulaciones de mezclas secas, son debido al hecho de que ellos son geles químicamente estables y no se deshacen en la boca para dar una sensación suave como gelatina. También el rango de estabilidad y la textura final de los geles son dependientes de la concentración final del ión calcio, y es por ello difícil de formular una mezcla la cual dará una textura de gel óptima y un tiempo de estabilización en agua suave y omia dura.

El rango de reacción es muy importante en la formulación de esos geles. Un alginato de sodio o potasio soluble, usualmente reacciona con una sal de calcio escasamente soluble sobre-

un pH controlado y una concentración determinada para formar un gel de alginato de calcio insoluble. También una rápida reacción conduce a la formación de un gel granuloso y discontinuo, incluyendo aire atrapado de apariencia pobre. Si el rango de reacción es muy corto, resulta una lenta y débil estabilidad del gel. Para que haya una buena regulación de la liberación de los iones calcio y consecuente formación de un gel suave son importantes los siguientes factores:

1. Selección de una sal de calcio que sea escasamente soluble en agua. Para el uso de alimentos, la elección se reduce a citratos, tartratos, fosfatos, gluconatos, sulfatos o carbonatos.

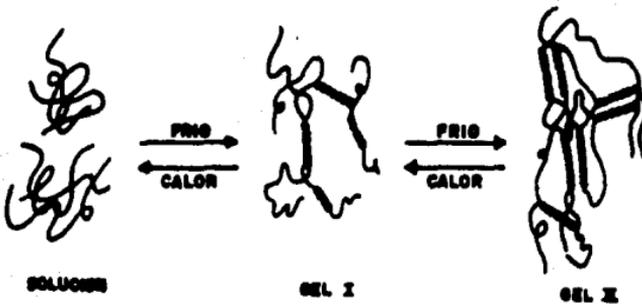
2. Control del pH para la elección de la propia concentración de un ácido, tales como cítrico o aspártico, o el uso de materiales tales como glucano-delta-lactona que hidrolizan en agua el ácido liberado.

3. El uso de agentes reestructurantes, tales como un citrato o fosfato, para permitir una liberación controlada de iones calcio.

2. Carragenina: es un polisacárido sulfatado proveniente de algas marinas rojas del género *Chondrus* y tienen como función biológica en las algas ser parte integral de la estructura rígida de sus paredes. Posee de 20-36% de éster sulfato y tiene una estructura que consiste en unidades de D-galactosa unidos por enlaces glucosídicos $\alpha(1-3)$ y $\beta(1-4)$ en forma alternada. Los polisacáridos derivados de la carragenina se diferencian entre ellos por la cantidad de moléculas de los azúcares anhidros 3,6 anhidro D-galactosa que contengan y por la posición en que los grupos sulfato se encuentran en la molécula D-galactosa. Las fracciones de carragenina más importantes son las denominadas

Los pesos moleculares de la carragenina varían de 500,000 en forma nativa en la planta marina, a 100,000, que es la forma comercial más usada en los alimentos. Al dispersarse en agua, la carragenina se hincha y se requiere de un calentamiento li pero para que se disuelva. La solución resultante tiene una alta viscosidad a temperaturas mayores de 60°C, pero al enfriarse forma veles, cuya calidad y rigidez dependen de la concentración del coloide y de la cantidad de iones K, NH₄, Ca, Sr y Ba que contengan. El mecanismo de gelificación no es totalmente conocido; sin embargo, se ha visto que las moléculas de carragenina tienen estructuras helicoidales a través de las cuales pueden reaccionar entre ellas formando una red tridimensional. A temperaturas mayores del punto de fusión del vel existe una agitación térmica que impide se produzcan las hélices y por lo tanto el polímero existe en solución con una conformación al azar.

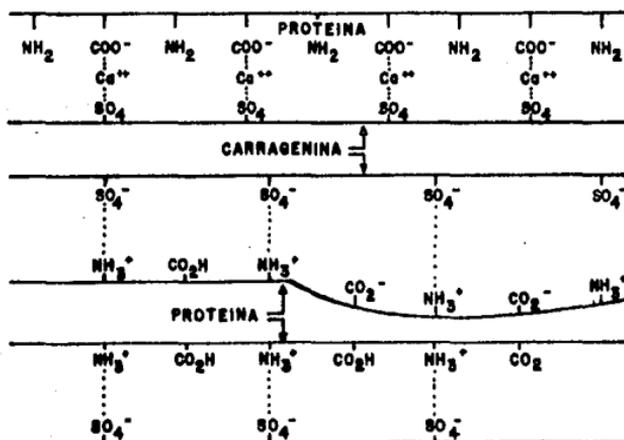
FIG. XX: Mecanismo de gelificación de la carragenina



Posteriormente, cuando se enfría se produce una transición sol-gel que induce la formación de una estructura tridimensional en la cual las dobles hélices son los puntos de unión de las cadenas de los polímeros (Gel I); al seguir enfriando se favorece la agregación de las moléculas, lo cual resulta en la formación final de gel (Gel II). La rapidez con la que estas transiciones ocurren afecta la rigidez del gel.

Una propiedad muy importante de la carragenina es su reactividad con proteínas, principalmente con las de la leche. Se ha visto que la carragenina tiene la capacidad de estabilizar las caseínas y contra su precipitación por iones calcio, tal como lo hace la caseína. Debido a que sus grupos sulfato están orientados hacia el exterior de la cadena de galactosas, la carragenina tiene la capacidad de reaccionar con proteínas según se muestra a continuación:

FIG. XXI: Reactividad de la carragenina con las proteínas. (a) por encima del punto isoeléctrico, (b) en el punto isoeléctrico, (c) por debajo del punto isoeléctrico.



Pueden existir interacciones de los iones sulfato de la carragenina con los grupos cargados de las proteínas, ya sea en forma directa o a través de iones divalentes como el calcio. La reacción depende de la carga neta del complejo y por lo tanto es una función del punto isoeléctrico de la proteína. El grado de interacción es mayor cuando la relación de la carga entre la carragenina y la proteína es igual a uno, resultando en una precipitación del complejo. Este tipo de reacciones se puede utilizar para recuperar proteínas y enzimas o para clarificar la cerveza.

Los usos de la carragenina son muy amplios, siendo los más importantes en la manufactura de leches infantiles y evaporadas a una concentración de 300ppm, en las bebidas a base de chocolate (250 ppm), en helados para estabilizar el suero (150ppm) y en pudines y flanes (3,000 ppm). Se usa también en la elaboración de productos dietéticos, como emulsionante, espesante y otros.

La carragenina natural de alto peso molecular no es dañina ya que no es absorbida a través del tracto gastrointestinal.(5).

Generalmente las mezclas preparadas secas que contienen carragenina como agente gelificante pueden ser usadas para preparar cremas y flanes suaves, o bien combinada con almidón para dar una amplia variedad de texturas desde cremas semi-fluidas hasta cremas duras.

La carragenina produce alta viscosidad en agua y sus geles son estables sobre un pH de 3.5-6.0. Cuando las carrageninas son usadas en rellenos para frutas, aseguran la estabilidad, ya que el pH del relleno es de 2.5 por el uso de cantidades apropiadas de citrato trisódico.

Para formar geles en agua fría y color se necesitan cantidades

des de 0.5-1.0% de carragenina y la fuerza del gel se ve aumentada con la presencia de cationes metálicos, particularmente potasio. La aplicación de estos geles en alimentos fue limitada debido al carácter quebradizo indeseable de la técnica-carragenina en agua. Sin embargo Baker (24) encontró que el carácter de los geles de carragenina podría ser modificado a fin de geles más fuertes y elásticos por el uso de un polímero neutral, preferiblemente goma de algarrobo. De aquí él propone, una mezcla de 3 componentes: 50% de carragenina, 33 1/3 de goma de algarrobo y 16 2/3 de KCl u otra sal de potasio.

Las ventajas de utilizar la carragenina en rellenos para pastas consisten en:

1. Las preparaciones no tienen que ser llevadas a ebullición-completa.
2. Los geles son de rápida fijación.
3. Los rellenos no son derretibles y son fáciles de moldear.
4. Se elimina un poco el sabor a almidón (24).

Otras gomas que pueden ser utilizadas son:

1. Goma acacia: posee gran capacidad de hinchamiento en agua sin que se disuelva completamente. Es usada frecuentemente para incrementar las características de gelificación de la carragenina.
2. Goma guar: se hincha rápidamente en agua caliente y sus sales son relativamente estables al calor y resistentes a los efectos de pH a bajo nivel de 3.2. Previene la deshidratación, contracción y cuarteadura en rellenos pasteleros.
3. Goma carboximetil celulosa: la goma de celulosa es común en la mayoría de las otras gomas, proporcionan geles los cuales decrecientan la viscosidad con el aumento de la temperatura pero recobran su viscosidad original tan pronto como la temperatura baja. Es compatible con la mayoría de los otros-hidrocoloides como para ser usados como estabilizantes o espesores.

santes en rellenos para pavs. Su uso es efectivo a bajos niveles para prevenir sinéresis de rellenos espesados con almidón de maíz sólo.

4. Goma de algarrobo: ha sido usada como un estabilizante de rellenos para pavs enlatados y en rellenos congelados en combinación con el almidón.

5. Goma de tragacanto: proveen espesor, claridad y brillantez a sus veles (24)

6. Goma de Xantano: actualmente se puede utilizar esta goma junto con la de algarrobo en la preparación de veles de leche.

CONSERVADORES.

Existen dos grandes conservantes muy importantes dentro de la industria de alimentos: el ácido benzoico y sus sales y el ácido sórbico y sus sales.

El ácido sórbico es el principal en lo que se refiere a rellenos para pavs, junto con el sorbato de potasio. El ácido sórbico cuya fórmula es la siguiente:



es un compuesto carbonílico no saturado, el cual es inocuo para personas y animales; muy activo contra numerosos microorganismos; de aplicación sencilla y económica; no ejerce ninguna influencia sobre el olor y el sabor de los alimentos conservados, siempre y cuando se emplee y dosifique correctamente.

El ácido sórbico es un ácido fraso y como éste se desintegra y aprovecha en el cuerpo, por esta razón, el ácido sórbico y sus sales son inocuos y no ofrecen ningún peligro para la salud. Es por esto que está admitido oficialmente hoy en día en todos los países como agente conservante para una gran cantidad de alimentos.

Este agente es un polvo cristalino blanco, casi sin olor y no es soluble en agua fría, de sabor débilmente ácido.

El sorbato potásico, en cambio, es un polvo blanco prácticamente incoloro o un granulado fino que en comparación con el ácido sórbico ofrece la ventaja de su mayor solubilidad en agua. Por ello, el empleo de sorbato de potasio es conveniente cuando se requiere una fácil solubilidad en agua o bien cuando para una cómoda dosificación hay que trabajar con soluciones concentradas de reserva.

Cuando se diluye sorbato de potasio en agua dura puede producirse un ligero enturbiamiento, que, sin embargo, no ejerce ninguna influencia sobre la eficacia del producto.

Al incorporarlo en los alimentos, el sorbato libera el componente conservante, el ácido sórbico, por lo que en el espectro de eficacia no existe ninguna diferencia entre el ácido sórbico y el sorbato de potasio.

CUADRO XVII: Solubilidad en gramos por 100 g de disolvente.

DISOLVENTE	ACTDO SORBICO	SORBATO DE POTASIO
Agua a 20°C	0.16	138
Agua a 50°C	0.6	150
Agua a 100°C	3.9	175
Alcohol etílico al 5%	0.16	130
Alcohol etílico al 20%	0.3	120
Alcohol etílico al 50%	5.0	80
Alcohol etílico absoluto	14.5	2
Solución de sal común al 5%	0.1	90
Solución de sal común al 10%	0.07	45
Solución de azúcar al 10%	0.14	132
Solución de azúcar al 50%	0.1	55
Grasas y aceites grasos	0.6 - 0.8	0.01

Espectro de eficacia: La acción del ácido sórbico y sus sales va dirigida contra mohos, levaduras y ciertas bacterias, así como a los formadores de micotoxinas, los cuales son inhibidos permanentemente. Para esto se necesitan sólo cantidades mínimas, las cuales dependen de la composición de la materia prima y las distintas condiciones de transformación.

Influencia del valor pH: Cuanto más bajo sea el pH, mayor será la eficacia del agente, en consecuencia, menor la cantidad necesaria del mismo. El ácido sórbico y sus sales desarrollan su actividad en todos los productos hasta un pH de 6,5 aproximadamente. Su ventaja especial radica en que es igualmente eficaz en un margen de pH ligeramente ácido, no lo que también es adecuado para la conservación de los alimentos poco ácidos como queso o renostrería.

Condiciones tecnológicas requeridas:

1. Buena distribución en el alimento, lo cual se logra por medio de un intensivo amasado, agitado o trasegado por bombas.
2. Los procedimientos de calentamiento no lo afectan pero puede volatilizarse con el vapor de agua, si los alimentos se cuecen en recipientes abiertos durante largo tiempo.

Usos: Mermeladas, mayonesa, ensaladas de ingredientes selectos, quesos, pescados, carnes, embutidos, verduras ácidas, productos frutales, bebidas no alcohólicas, vino, confitería, renostrería y materiales fumigáticos de envasado entre otros sectores de aplicación.

AZUCAR.

El azúcar es utilizado por tres importantes factores:

1. Asegurar la buena dispersión de la carragenina o alginato.

2. Proporcionar un sabor dulce (43).
3. Ayudan a controlar el grado de hidratación del almidón, al competir con éste por el agua, lo que trae consigo cambios en las propiedades del polisacárido, tales como reducción de la velocidad de gelatinización y en la viscosidad final que se obtiene de las pastas de almidón. (5)

FOSFATOS.

Los fosfatos tienen una actividad multifacética, por lo que son ampliamente usados en la industria alimentaria. Se emplean principalmente por su poder estabilizador en:

1. Producción de reacciones químicas directas con los constituyentes de los alimentos, ya que puede conducir a un entrecruzamiento de proteínas con el almidón.
2. Actúa como buffer o como estabilizante del pH, lo cual se requiere para el procesamiento o para un posterior almacenamiento de un alimento determinado.
3. Como dispersante de los constituyentes relativamente insolubles, tales como proteínas de la leche, en diferentes sistemas de alimentos.
4. Estabilizador de emulsiones.
5. Retienen el agua, por lo que evitan la sinéresis.
6. Ayudan en la suplementación de minerales sobretodo los fosfatos de calcio, hierro, sodio y potasio, y de esta manera proporcionar propiedades nutricionales a numerosos productos hechos a base de cereales.

7. Acidifican y disminuyen el pH.

8. Alcalinizan y aumentan el pH.

9. Se utilizan como preservativos de alimentos.

El fosfato disódico es una sal medianamente alcalina, la cual es usada para incrementar el pH de un producto alimenticio, o bien, para ajustar o estabilizar el mismo.

Usualmente se combina con el monofosfato de sodio en sistemas buffers.

Actúa con la carragenina en sistemas gelificantes en leche reduciendo y algunas veces eliminando completamente la sinéresis.

Por lo tanto, es usado en cremas pasteleras, además de por lo ya nombrado, como un acelerador de la gelatinización y para proporcionar mayor firmeza al gel una vez que ya esté formado (24).

Junto con el azúcar, la carragenina se añade para evitar la formación de grumos.

Proporciona una crema más brillante y lustrosa, además de que le dá una cierta pulidez (43).

SAL.

Gooding y Melnick descubrieron que la sal tiene un marcado sinergismo con el sorbato de potasio actuando como fungistáticos y que la misma relación existe con el azúcar en solucio-

nes fuertes o concentradas. Más recientemente Rao et al también reportaron sinergismo de sal y ácido ascórbico. Este efecto fué notado sobretodo cuando las concentraciones de sal eran de 1 a 2.5%. (45)

COLOR.

Para dar un valor estético al producto, es necesario añadir color en pequeñas cantidades para pintar lotes en diversas tonalidades. Es importante que los colores usados sean puros y no tóxicos. El gobierno de los Estados Unidos ha emitido una serie de estándares administrados por la FDA (Food and Drug Administration) que certifican todos los colores usados en la manufactura de alimentos, sin embargo, existe una gran variación de estándares en las diferentes naciones del mundo (44).

SABOR.

Hay básicamente dos clases de sabores: natural y artificial. Los sabores naturales son extractos de plantas, frutas, raíces y semillas. Los sabores artificiales es una imitación sintética y química de los sabores naturales.

En los alimentos, no es suficiente con añadir el mejor sabor de la industria, sino que hay que adecuarlo, para confeccionar el sabor tan bien que el consumidor quiera probar el producto otra vez. (44)

ESPECIFICACIONES PARA LA MANUTENCION DE UNA CREMA PASTELERA.

Los rellenos para pays suaves sólo pueden ser presentados al mercado de dos formas:

1. En polvo:

a) Instantáneo: Para preparar en agua o leche fría, espesando rápidamente.

b) Cocido: Para preparar en agua ó leche hirviendo.

2. Preparado: Se presenta listo para ser usado sin necesidad de ninguna preparación por parte del usuario.

El manejo apropiado de los rellenos precocidos antes de su -- utilización es de considerable importancia para la calidad -- del producto final.

Los rellenos deben ser refrigerados lo más rápidamente posible, ya que el rápido enfriamiento tiene por objetivo preservar el sabor, color y cuerpo del relleno. El enfriamiento inapropiado producido por dejar la crema a temperatura ambiente, o bien, cuando la porción central permanece a una alta -- temperatura por un largo período y la refrigeración produce -- en un ranco desigual, provoca el exudado y el rompimiento del gel, esto sucede sólo en rellenos cocidos, sobretodo en rellenos de frutas.

Los rellenos deben ser atemperados al ambiente antes de su -- uso, ya que los rellenos tibios tienen una tendencia a hundirse y acortarse dentro de la corteza causado por ser absorbido prematuramente y por lo cual destruye el hojuelado de la corteza.

APLICACIONES DE LA CREMA PASTELERA.

1. La crema pastelera es un producto que se utiliza fundamentalmente para rellenar diversos alimentos y proporcionarles, además, de un mejor sabor, una presentación apetitosa.

2. Este productos se utiliza básicamente en la industria de la panadería y la pastelería, predominando la primera, pues en pastelería sólo se usa para producir una especie de "sandwich" entre los dos pisos de un pastel.

3. En panadería, su uso es más amplio, pues se utiliza desde rellenos para panes, empanadas, etc., que van horneados; hasta para rellenar buñuelos que van freídos en aceite.

4. Otro uso muy importante y el más predominante es para rellenar pays. La crema pastelera en este producto se encuentra en la parte central, siendo la parte de abajo y la de arriba, pasta hojaldrada ó pasta especial para pays.

5. La crema pastelera puede ser de vainilla, chocolate o fresa, y en cualquiera de estos sabores puede comerse como un postre acompañado de frutas, o bien sólo, como si fuera un dulce.

CAPITULO III:

METODOLOGIA DE LA PARTE EXPERIMENTAL

- I. Selección del almidón a utilizar**
- II. Pruebas para estandarizar la fórmula.**
- III. Análisis para la determinación de la calidad.**
- IV. Elaboración de pruebas sensoriales.**
- V. Análisis de los costos.**

METODOLOGIA DE LA PARTE EXPERIMENTAL.

La metodología que se llevará a cabo para efectuar la realización de la crema pastelera instantánea es la siguiente:

I. Se parte de una fórmula estándar ya establecida con la que se experimentará variando el tipo de almidón modificado:

CUADRO XVIII: Fórmula estándar (46)

INGREDIENTES	GRAMOS	%POLVO	%CREMA
Azúcar	100.0	49.14	14.21
Almidón modificado	50.0	24.57	7.11
Leche descremada (polvo)	50.0	24.57	7.11
Goma	2.0	0.98	0.28
Sales Inorgánicas*	1.5	0.74	0.21
Conservador	0.5	0.24	0.07
Color y sabor		óptimo	
Total de polvo	204.0	100.0	28.99
Agua	500.0	---	71.01
Crema	704.0	---	100.00

*Las necesarias para que la crema se'atínice.

Los almidones a analizar son 4 tipos comerciales a los cuales se les denominará:

Almidón de tapioca entrecruzado	T.E.
Waxy pregelatinizado y estabilizado	W.P.E.
Waxy pregelatinizado no estabilizado	W.P.N.E.
Waxy entrecruzado y estabilizado	W.E.

La fórmula será la misma para todos, al igual que la cantidad utilizada.

El procedimiento será como sigue:

1. Mezclar todo perfectamente, sin color y sin sabor.
2. Pesar 204 gramos de la muestra.
3. Poner los 500 ml de agua en un recipiente y añadir poco a poco el polvo, mezclando continuamente con batidora eléctrica a la máxima velocidad hasta que desaparezcan los grumos.
4. Tomar el tiempo de batido hasta que ocurra algún cambio y si no ocurre ninguno, batir hasta completar 15 min. de batido con 4 min. de reposo intercalados cada 5 min. de batido; en el caso de que ocurra algún cambio pronto, batir hasta completar 3 min. completos de batido con un minuto de reposo intercalado entre cada minuto de batido.
5. Anotar los resultados obtenidos para cada almidón y las características observadas.

II. Selección del almidón que haya gelatinizado: Una vez que se determine que almidón gelificó, optimizar la fórmula realizando las siguientes pruebas:

1. Hacer los ajustes de los ingredientes que se juzguen necesarias, justificando los cambios y comparando las características antes y después del cambio.
2. Realizar distintas pruebas para alcanzar el óptimo de humedad y de velocidad de batido. El procedimiento será como sigue:
 - a) Hacer distintas pruebas variando la concentración de agua hasta encontrar las que tengan mejor viscosidad.
 - b) Determinar cual es la velocidad óptima de batido en una batidora eléctrica, considerando las muestras que resulten mejores al variar las concentraciones de agua y determinar, además el tiempo de batido, es decir, el tiempo que pasa antes de que el polvo se incorpore perfectamente al agua y desaparezcan por completo los grumos.
3. Hacer diferentes ensayos con color y sabor hasta obtener la mejor, haciendo pruebas sensoriales para determinar cual muestra es la óptima y anotar los resultados.

ANÁLISIS DE LA CREMA PASTELERA.

Una vez seleccionada la fórmula patrón para desarrollar la crema instantánea, se procederá a analizar la crema con el fin de determinar su calidad fisicoquímica y microbiológica.

I. Análisis microbiológicos (en el polvo):

- a) Cuenta estándar total de microorganismos (46)
- b) Hongos y levaduras (46)
- c) Coliformes (46)

II. Análisis fisicoquímicos:

a) Viscosidad: Se medirá en el Viscosímetro de Brookfield modelo RV, aruja No. 7, velocidad 10 r.p.m. El análisis se hará de acuerdo a las instrucciones del aparato y la aguja se elige de acuerdo a las mismas instrucciones.

b) Humedad: Será medido por el método de Secado de Egtufa (29), y deberá ser menor a 1%.

c) pH: Se determinará en una solución 0.5% en agua destilada a 20°C y se deberá encontrar alrededor de 7.0. Hacer este procedimiento en una comercial y en todos los almidones utilizados aunque no hayan gelificado, con el fin de observar si influye el pH en la gelificación. Se elaborará en un potenciómetro.

d) Grasa: La determinación del contenido de grasa se hará tanto en la muestra como en una comercial por el método de Soxhlet (29).

III. Determinación de la vida de anaquel: Elaborar la crema como se describió anteriormente y mantenerla en un recipiente cerrado a temperatura ambiente y en refrigeración, anotando los cambios que se produzcan cada 24 hrs. durante 7 días o más si se encuentra en buenas condiciones.

IV. Para determinar cuales fueron las mejores formulaciones se realizarán pruebas sensoriales siguiendo el método subjetivo de preferencia por ordenación o bien, el método objetivo de -- comparación múltiple.

La encuesta que se llevará a cabo es la siguiente:

1. De las siguientes muestras, diga ¿Cuál es la de su preferencia en color (de mayor a menor) y por qué?: 6, 10 y 14.

2. De las siguientes muestras, diga ¿Cuál es la de su preferencia en sabor (de mayor a menor) y por qué?: 6, 11 y 10.

3. De las siguientes muestras, diga ¿Cuál es la de su preferencia en textura (de mayor a menor y por qué? 6, 15 y 14.

Comparar las muestras contra una comercial para llegar a la -- elección de la formulación final.

V. Análisis de costos: Realizar un cuadro con los costos de cada ingrediente por kilogramo y por cantidad de gramos utilizados para elaborar la crema.

CAPITULO IV:

RESULTADOS

- I. Almidones seleccionados**
- II. Ensayos de fórmulas para el almidón W.P.E.**
- III. Pruebas de batido**
- IV. Ensayos de fórmulas para el almidón W.P.N.E.**
- V. Análisis fisicoquímicos y microbiológicos de la Crema Pastelera**

I. Selección de almidones:

De los cuatro almidones con los que se experimentó, cada uno de ellos tiene diferentes fines de modificación, lo cual hace que se comporten de desigual manera al elaborar la crema. Algunos de ellos, aunque son modificados, es necesario calentarlos para que puedan espesar. Tal fue el caso del almidón T.E. y del almidón W.E.E., los cuales se desecharon porque no cumplían con el objetivo de este trabajo.

CUADRO XIX: Comportamiento de los almidones al batido.

ALMIDON	TIEMPO DE BATIDO	CARACTERISTICAS
T.E.	15 min./4 min. intercalados cada 5 min.	No espesó, formación de espuma y precipitación del almidón durante el reposo.
W.P.E.	3 min./1 min. de reposo - en cada minuto	Gelificó casi instantáneamente y durante el reposo se incrementó la viscosidad.
W.P.N.E.	3 min./1 min. de reposo - en cada minuto	Espesó bastante y casi instantáneamente pero no en la misma proporción que W.P.E.
W.E.E	15 min./5 min. de reposo - intercalados en cada 5 min.	No espesó y precipitación del almidón al reposo.

Como se puede observar, los únicos almidones que gelificaron fueron W.P.E. y W.P.N.E., con los cuales se realizaron los diferentes ensayos de fórmulas hasta lograr o alcanzar la formulación óptima, o bien, desechar, aquel que no cumpla con el objetivo.

Cabe hacer notar que estos almidones no requirieron de mayor tiempo de batido debido a que la viscosidad deseada ya habia sido alcanzada.

II. Ensayos de fórmulas:

1. Ensayos de fórmulas elaboradas para el almidón W.P.E.: En todos ensayos se hicieron en primer lugar con sabor a vainilla utilizando la fórmula que a continuación se presentará, con excepción de aquellas en las que haya que variar algún ingrediente adicional, lo cual quedará perfectamente establecido.

CUADRO XX: Ingredientes a utilizar en la crema sabor Vainilla

INGREDIENTES	GRAMOS	%
Almidón	50.0	
Azúcar	100.0	Variable para
Goma	2.0	cada
Sales inorgánicas	1.5	formulación
Conservador	0.5	
Color Amarillo Huevo	0.03	

CUADRO XXI: Resultados de los ensayos de formulación sabor vainilla.

NUMERO DE FORMULACION	INGREDIENTES	CONCENTRACION gr.	CARACTERISTICAS	PRUEBAS SENSORIALES
1	L.D. Vain. E.V. Agua	50.0 0.07 0.02 500.0	-No muy viscosa -Sabor a almidón -Color amarillo - transparente	No gustó por <u>sa</u> bor y color
2	L.D. Vain. E.V. Agua	50.0 0.07 0.02 400.0	-Más viscosa -Sabor a almidón -Color amarillo - transparente	No gustó por <u>sa</u> bor y color.
3	L.E. Vain. E.V. Agua	50.0 0.07 0.02 300.0	-Consistencia <u>chi</u> cosa -Sabor a almidón -Color amarillo - cremoso.	No gustó por <u>sa</u> bor y textura.
4	L.E. Vain. E.V. Agua	50.0 0.07 0.02 500.0	-No muy viscosa -Sabor a almidón -Color amarillo - cremoso.	No gustó por <u>sa</u> bor y textura.
5	L.E. Vain. E.V. Agua	50.0 0.1 0.05 500.0	-No muy viscosa -Sabor a almidón -Color amarillo - cremoso.	No gustó por <u>sa</u> bor a almidón.

NUMERO DE FORMULACION	INGREDIENTES	CONCENTRACION gr.	CARACTERISTICAS	PRUEBAS SENSORIALES
6	L.E. Vain. E.V. Agua	50.0 0.1 0.06 420.0	-Buena viscosidad -Buen sabor -Buen color	Aceptada
7	L.E. Vain. E.V. Agua	50.0 0.12 0.06 500.0	-No muy viscosa -Sabor a vainilla -Color amarillo - cremoso	Faltó viscosidad
8	L.E. Vain. E.V. Agua	50.0 0.12 0.05 500.0	-No muy viscosa -Buen sabor -Buen color	Faltó viscosidad
9	L.E. Vain. E.V. Agua	50.0 0.12 0.05 420.0	-Buena viscosidad y untuosidad. -Buen sabor -Buen color	Tuvo mucha aceptación por color, sabor y textura.
10	L.E. Vain. E.V. Agua	50.0 0.12 0.05 450.0	-Buena viscosidad -Buen sabor -Buen color	Bien aceptada por color, sabor y textura.
11.	L.E. Vain. E.V. Agua	50.0 0.12 0.06 450.0	-Faltó viscosidad -Color transparente -Sabor ligeramente amargo	Fue rechazada por color pero en sabor y viscosidad se aceptó bien.

NUMERO DE FORMULACION	INGREDIENTES	CONCENTRACION gr.	CARACTERISTICAS	PRUEBAS SENSORIALES
12	L.D. Vain. E.V. Agua Sabor crema	50.0 0.12 0.05 420.0 .1021	-Buena viscosidad -Buen sabor -Color amarillo - transparente	Rechazada por - el color.
13	L.E. Vain. E.V. Agua Sabor crema	50.0 0.12 0.05 420.0 0.1021	-Buena viscosidad -Sabor ligeramente picoso. -Buen color	Rechazada por - el sabor.
14	L.D. Vain. E.V. Agua Azúcar	50.0 0.12 0.06 500.0 120.0	-Sabor muy dulce- y se pierde el - sabor a vainilla -Falta viscosidad pero se siente - untuosa. -Color amarillo - transparente.	Rechazada por - color y sabor - principalmente
15	Comercial	<u>250.0</u> 500.0 de agua	-Buena viscosidad, muy untuosa. -No se probó por- contener gusanos -Color amarillo - transparente muy claro.	

CLAVES:

- L.D. Leche descremada
- Vain. Vainillina

- L.E. Leche entera
- E.V. Etil Vainillina

ANALISIS DE LAS PRUEBAS SENSORIALES:

Las muestras para realizar las pruebas sensoriales se escogieron de acuerdo a lo siguiente:

En color, la 6 lleva leche entera, la 10 también, y la 14 leche descremada, y por lo que se observó, cuando es con leche descremada, el color se hacía más transparente y con leche entera, el color se hacía más cremoso. Además se eligieron dos ensayos con leche entera para probar al consumidor y la concentración de color fue la misma para los tres.

En sabor se eligieron las de mayor aceptación, primeramente la 6 de 0.1 de vainillina y 0.05 de etil vainillina, con leche entera; la 11 con 0.12 de vainillina y 0.06 de vainillina en leche descremada; y la 10 con 0.12 de vainillina y 0.05 de etil vainillina con leche entera. Como se puede observar, la variación es muy pequeña pero determinante en el tono final del sabor.

En textura, la 6 fue con 420 ml de agua, la 14 con 500 pero con 20 grs mas de sólidos y la comercial que lleva menor cantidad de agua. La muestra 14, a pesar de que fue rechazada en las primeras pruebas sensoriales, se volvió a tomar en cuenta para probar al consumidor.

Una vez que se realizaron las encuestas en una población de 10 personas solamente, los resultados que se obtuvieron de mayor aceptación fueron los siguientes:

FIG. XXII: Resultados de las pruebas sensoriales con respecto al sabor.

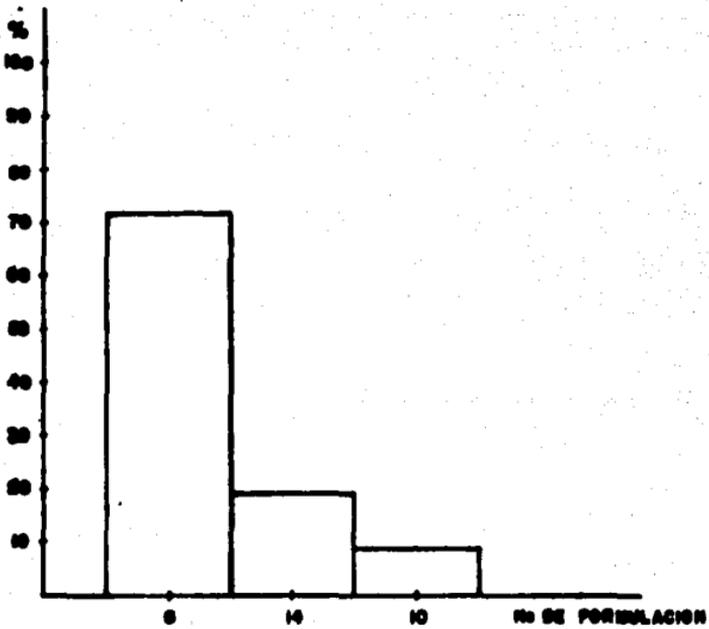


FIG. XXIII: Resultados de las pruebas sensoriales con respecto al color.

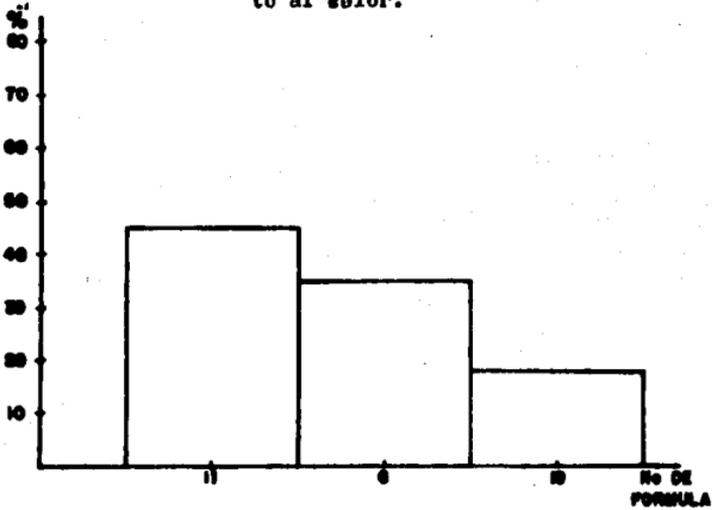
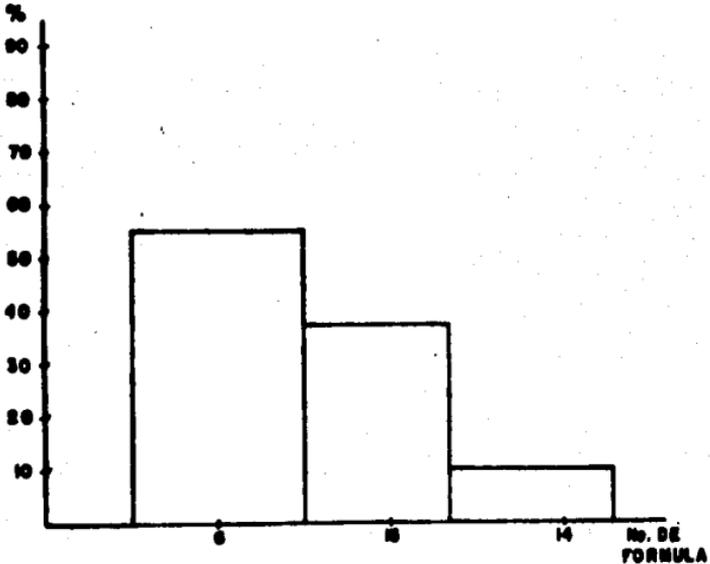


FIG. XXIV: Resultados de las pruebas sensoriales con respecto a la textura.



PRUEBAS DE BATIDO.

Las pruebas a diferentes concentraciones de agua y de velocidad de la batidora tienen como finalidad encontrar a qué velocidad de las siguientes:

Velocidad baja:	280 - 320 rev./min.
Velocidad media	600 - 700 " "
Velocidad alta	900 - 1200 " "

se encuentra el mejor gel, es decir, con cual velocidad el almidón espesa mejor y a qué tiempo de batido.

La concentración de agua es primordial en esta prueba debido a que dependiendo de la cantidad utilizada, es la viscosidad que se obtiene.

Las formulaciones utilizadas sólo difieren en la concentración de sabor, lo cual no es importante en esta prueba.

Estos resultados sólo se hicieron con una velocidad, ya que se observó con las otras velocidades que el batido era menos homogéneo, lógicamente tardaba más en alcanzar la textura deseada, y el tiempo de batido, por lo tanto, aumentaba, por lo que se desecharon y sólo se trabajó con la velocidad más alta.

Las concentraciones de agua se seleccionaron mediante las pruebas sensoriales que se efectuaron anteriormente.

A continuación se presenta en forma de cuadro los resultados - que se obtuvieron:

CUADRO XXII: Resultados de las pruebas de batido a alta velocidad.

VÍMERO DE FORMULACIÓN	CONC. DE AGUA	%	TIEMPO DE BATIDO	CONSISTENCIA
6	420 ml.	67,29	45 seg.	enrudo
			60	ligeramente --- más suave.
			75	igual
			90	ligeramente -- más lisa
			105	casi sin cru-- mos y esponjo-- sa.
10	450 ml	72,09	45 seg.	enrudo
			60	ligeramente -- más suave
			75	más suave y es ponjosa.
			90	lisa, untuosa-- y esponjosa.
			14	500 ml
60	medianamente - dura y sin cru mos.			
75	igual			
90	más suave y es ponjosa.			
105	lisa, untuosa-- y esponjosa.			

b) Ensayos de fórmulas elaboradas para el almidón Waxy pregela tinizado estabilizado con sabor a fresa, siendo también la misma base utilizada en las formulaciones con sabor a vainilla.

CUADRO XXIII: Resultados de las formulaciones sabor fresa

NÚMERO DE FORMULACION	INGREDIENTES	CONCENTRACION	CARACTERÍSTICAS	PRUEBAS SENSORIALES
1	L.E. Sabor y color fresa Agua	50.0 0.204 400.0	-Textura ligeramente chiclosa -Buen color -Buen sabor	No muy aceptada por textura
2	L.E. Sabor y color fresa Agua	50.0 0.204 350.0	-Sabor y color ligeramente más concentrado. -Consistencia dura y chiclosa.	No muy aceptada por consistencia.
3	L.E. Sabor y color fresa Sabor crema Agua	50.0 0.2239 0.1120 420.0	-Buen color -Buen sabor -Buena consistencia.	Muy bien aceptado.
4	L.E. Sabor y color fresa Sabor crema Agua	50.0 0.2244 0.1120 500.0	-Buen color -Buen sabor -Buena consistencia, aunque ligeramente amarga	Le faltó un mejor color.
5	L.E. Sabor y color fresa Agua	50.0 0.2244 420.0	-Buen sabor -Buen color -Buena consistencia.	Muy bien aceptado.

De los resultados presentados, las formulaciones mejor aceptadas fueron la 3 y la 5, aunque por análisis de costos, se puede eliminar la 4 que tiene sabor crema, pues en realidad no hubo mucha diferencia en sabor y pueden disminuirse los costos.

c) El siguiente cuadro muestra los ensayos de fórmulas elaboradas para el almidón de Waxy pregelatinizado no estabilizado en sabor vainilla y fresa, usando las mismas cantidades de ambos sabores y colores que para el almidón W.P.E.

CUADRO XXIV: Resultados de formulaciones para el almidón W.P.N.E.

NUMERO DE FORMULACION	INGREDIENTES	CONCENTRACION	CARACTERISTICAS	PRUEBAS SEN SERIALES
1	L.D. Almidón Goma Agua	50.0 50.0 2.0 500.0	- Consistencia -- muy suave.	Rechazada
2	L.D. Almidón Goma Agua	50.0 50.0 2.0 400.0	- Consistencia - suave.	Rechazada
3	L.D. Almidón Goma Agua	50.0 50.0 2.0 350.0	- Consistencia muy dura.	Rechazada
4	L.D. Almidón Goma Agua	50.0 50.0 2.0 300.0	- Consistencia - chiclosa	Rechazada

NUMERO DE FORMULACION	INGREDIENTES	CONCENTRACION	CARACTERISTICAS	PRUEBAS SENSORIALES
5	L.E. Almidón Goma Agua	50.0 70.0 2.0 400.0	- Muy chiclosa	Rechazada
6	L.E. Almidón Goma Agua	50.0 50.0 2.3 400.0	- Muy chiclosa y no cortaba, semejante al hule	Rechazada

CLAVES:

L.D. Leche descremada

L.E. Leche entera

De acuerdo con los resultados anteriores, se puede observar que el almidón W.P.W.E. no es muy útil en este tipo de productos, ya que proporciona una consistencia muy pobre, y por lo tanto se desechó.

A continuación se presentan los resultados microbiológicos y fisicoquímicos que se obtuvieron a partir de la formulación seleccionada del almidón W.P.E. en sabor vainilla.

La formulación seleccionada fue la número 6, con 0.12 de vainillina; 0.06 de etil vainillina y 420 ml. de agua.

I. Análisis Microbiológicos:

Se realizaron en el polvo, en la muestra 6 como se dijo anteriormente y se obtuvieron los siguientes resultados:

a) Cuenta total bacteriana de aerobios en placas de Agar Métodos Estándar incubadas a $35^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ por 48 hrs.

R = 100 col/er.

b) Cuenta total de hongos y levaduras en placas de Agar Pana - Dextrosa incubadas a $25^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ por 4 días.

R = 100 col/er.

c) Cuenta total de coliformes en placas de Agar Bifis Rojo Violeta incubadas a $35^{\circ} \pm 2^{\circ}\text{C}$ por 30 hrs.

R = cero

Prueba confirmativa de coliformes en placas de Agar de B.

R.

R = cero

II. Análisis físicoquímicos:

a) **Humedad:** Realizado por el método de Estufa de Secado (29).

Muestra 6:	3.51%
Comercial	4.85%

b) **Viscosidad:** Realizado en un viscosímetro de Brookfield, modelo No. 7:

Muestra 6:	12 800 cps.
Comercial	12 000 cps.

c) **pH:** Se realizó en una solución al 0.5% en agua destilada a 22°C.

Muestra T.E.	7.15
Muestra W.P.E.	6.8
Muestra W.P.N.E.	7.05
Muestra W.E.E.	7.0
Comercial	6.7

d) **Grasa Cruda:** Se hizo la extracción por medio del método de Soxhlet, dando los siguientes resultados:

Muestra 6	2.04%
Comercial	5.06%

III. Vida de Anaque:

1. Una vez preparada la muestra (no. 6), se conservó en un recipiente cerrado a una temperatura de 5°C (temperatura de refrigeración) y los resultados que se obtuvieron fueron los siguientes:

TIEMPO DE REFRIGERACION	CARACTERISTICAS
24 horas	Buen sabor, buen color y buena viscosidad.
48	igual

TIEMPO DE REFRIGERACION	CARACTERISTICAS
72 horas	igual
96	igual
120	igual
144	Comienza a disminuir el sa- bor, color y textura.
168	Mayor disminución en color, el sabor casi se ha perdido todo, y la textura, al- darle un pequeño batido se queda bien.
192	Se pierde totalmente el sa- bor, el color disminuye li- geramente y la consisten- cia se pierde totalmente, debido a que hay una espe- cie de separación del almí- dón.

2. Se elaboró la crema y se mantuvo a temperatura ambiente, a 22°C en un recipiente cerrado. Los resultados fueron los siguientes:

TIEMPO	CARACTERISTICAS
12 horas	Buen color, buen sabor y - buena viscosidad.
24	Disminuye ligeramente el - sabor y la viscosidad.
48	Se pierde la viscosidad -- por sinéresis, y no se eva- luó el sabor por presentar mal aspecto.

La única diferencia entre el sabor vainilla y el sabor fresco que se encontró en la vida de anaquel fue que éste último perduraba un poco más que el de vainilla.

CUADRO XXIV: Resultados del análisis de costos para la crema sabor vainilla con leche entera.

INGREDIENTES	CONC./Kg	PRECIO/Kg	PRECIO/g.
Almidón	244.85	1151.15	281.85
Azúcar	489.69	217.83	106.67
Leche entera	244.85	2398.23	587.21
Na ₂ HPO ₄	5.88	862.50	5.07
Carragenina	0.79	7774.00	76.11
Sal	1.47	90.00	0.12
Color Amarillo Huevo	0.15	9070.05	1.36
Etil Vainillina	0.29	31500.00	9.13
Vainillina	0.59	17940.00	10.58
Sorbato de Potasio	2.45	6900.00	16.90
TOTAL	1000.00		1095.00

Este análisis de costos fue efectuado con datos de diciembre de 1986, y todos los que a continuación se presentan.

CUADRO XXV. Resultados del análisis de costos para la crema Sabor Vainilla con leche descremada.

INGREDIENTES	CONC./Kg	PRECIO/Kg.	PRECIO/g.
Polvo de la base de la crema	755.16	---	507.79
Leche descremada	244.85	1495.00	366.05
TOTAL	1000.00		873.84

CUADRO XXIII. Resultados del análisis de costos para la crema sabor fresa con leche entera.

INGREDIENTES	CONC./Kg	PRECIO/Kg	PRECIO/G.
Polvo de la base de la crema sin sabor	999.79	---	1073.93
Color/sabor fresa	1.1	8786.00	9.66
TOTAL	1000.89		1083.59

CUADRO XXIV. Resultados del análisis de costos para la crema sabor fresa con leche descremada.

Polvo de la base de la crema sin sabor y sin leche	754.94	---	486.72
Leche descremada	244.85	1495.00	366.05
Sabor/color fresa	1.1	8786.00	9.66
TOTAL	1000.89		862.43

CAPITULO V:

DISCUSION DE RESULTADOS

DISCUSION DE RESULTADOS

1. Selección de almidones: Los almidones que más espesaron fueron principalmente el W.P.E. y posteriormente el W.P.N.E., aunque éste último permaneció un poco más líquido. Para los almidones de T.E. y W.E. desde el principio se observó que permanecieron líquidos, ya que no ocurría ningún cambio durante el batido, a pesar de que se les sometió a un tiempo muy largo de batido. Sin embargo, se les hizo una prueba calentándolos dando un gel muy compacto. Esto fue debido a que éstos almidones no son pregelatinizados y requieren del calor para hinchar sus gránulos como un almidón normal.

2. Ensayos de fórmulas con sabor a vainilla: Para obtener una mayor calidad y fidelidad en el sabor y en el producto en general, se utilizaron la etil vainillina (sintética), que, además de proporcionar sabor, aromatiza; y la vainillina (natural) en mayor proporción para dar un mejor sabor. Al principio se utilizaron en una concentración baja pero se tuvo que ir aumentando pues predominaba el sabor a almidón crudo, el cual, aunque el almidón sea precocido ó pregelatinizado, permanece su sabor.

3. Con respecto a los ingredientes que se cambiaron, fué únicamente la leche descremada por la leche entera, éste fue debido a que con la primera se obtenía un color amarillo medio-transparente que parecía muy sintético, en cambio, con la leche entera, el color resultante era más cremoso y más apetecible. Otra característica que proporciona es que ayuda a encubrir el sabor a almidón dando un sabor más cremoso; pero tiene la desventaja de que su costo es más elevado que el de la leche descremada.

4. La cantidad de agua se varió, experimentándose diferentes-

concentraciones hasta alcanzar la óptima, la cual fue de 420 ml para 204 grs. de polvo (en los dos almidones). Esta cantidad se obtuvo al alcanzar el equilibrio entre la cantidad de almidón, la goma que es un hidrocoloide y el agua. Todo esto unido hacen que se establezca la viscosidad, ya que la goma al ser un agente hidratante, es decir, al ayudar a capturar las moléculas de agua, produce que se lleve a cabo un mayor hinchamiento de los gránulos de almidón y se acelere la velocidad de gelatinización.

5. Las pruebas de batido se hicieron con el fin de tomar el tiempo que tarda en obtenerse la incorporación del polvo con el agua, variando la concentración de la misma para observar los cambios que ocurren en el tiempo y en la viscosidad, observándose que con 120 grs. y 420 ml. de agua se logra la mejor viscosidad, aunque como se puede observar, se necesita de mayor tiempo de batido comparándolo con 450 ml. de agua que requiere de 90 seg. y con 500 ml que requiere de 105 seg. Normalmente, al haber más cantidad de agua, los ingredientes se incorporan más rápido, sin embargo, el tiempo no disminuyó más con 500 ml, al contrario, aumentó. Y la que se escogió como óptima por lo tanto, fue la de 420 ml.

6. Con respecto a las diferentes velocidades utilizadas, con la baja y la media, los ingredientes se incorporan con el agua más lentamente y, por lo tanto, aumenta el tiempo de batido, lo cual puede ayudar a que el gel se forme más rígido o bien, puede ayudar a que el gránulo del almidón se rompa más rápidamente y se produzca una retrogradación. Al utilizar la más alta velocidad, aunque se somete a condiciones drásticas de batido, el tiempo utilizado es mucho menor, por lo que los gránulos de almidón se lastiman menos.

7. Los análisis microbiológicos obtenidos fueron muy positivos pues sólo se encontraron 100 col/rr de producto de hongos y levaduras, así con en la cuenta total estándar. Esto es debido a las buenas condiciones en que se encuentra la materia prima y a la efectividad del conservador utilizado, el cual es mejor a pH de 7 o cerca de 7, y la crema tuvo un pH de 6.8.

8. Con respecto al pH que se midió en los diferentes almidones se puede observar que éste no influyó en la gelatinización, ya que se encuentra alrededor de 7.0, por lo que se determinó --- que era cuestión puramente de la temperatura.

9. En base a los resultados de grasa y humedad que se obtuvieron, se puede suponer que va a tener una vida de anaquel muy alta, ya que al haber poca humedad no iba a ser posible el desarrollo de hongos y levaduras que afectaran al producto, además, el contenido de grasa también era tan pequeño que era difícil que el producto se enranciará.

Con respecto a la crema, (V.P.E. en vainilla y fresa), la vida de anaquel fue larga pues normalmente una crema comercial dura alrededor de 5 días en refrigeración. Sin embargo, este tiempo fue ayudado por un ligero batido, lo cual no es muy válido ya que cuando la crema va esté aplicada en un pastel, por ejemplo, no se podrá efectuar este batido.

CAPITULO VI:

**CONCLUSIONES
RECOMENDACIONES**

CONCLUSIONES

1. El almidón de tapioca entrecruzado es un almidón que no se puede utilizar en la elaboración de cremas pasteleras instantáneas, ya que no es pregelatinizado, por lo tanto, requiere del calor para que se produzca el máximo hinchamiento de sus gránulos, aunque puede ser utilizable en rellenos pasteles en caliente.

2. El almidón Waxy pregelatinizado y estabilizado posteriormente, es un almidón cuya característica principal es que espesa instantáneamente en líquidos fríos, por lo que es el más adecuado para utilizar en rellenos para pasteles, pasteles, etc., además por ser un almidón estabilizado impide que la retrogradación se produzca tan rápido como en un almidón normal ó como en uno no estabilizado.

3. El almidón Waxy pregelatinizado no estabilizado es un almidón que, aunque es pregelatinizado proporciona una textura poco recomendable, que con el tiempo se va aflojando más hasta que ocurre una completa separación del agua y ésto sucede en cuestión de horas solamente. Es probable que el motivo de éste resultado sea que el almidón no es estabilizado y, por lo tanto, la retrogradación se lleva a cabo más rápidamente. Además, se obtienen mejores resultados cuando se le somete a temperaturas más elevadas de 30°C.

4. El almidón Waxy entrecruzado y estabilizado es un almidón capaz de resistir muchos ciclos de congelación-descongelación, lo cual podría ser útil en la elaboración de la crema, en el caso de que el producto fuera llevado a la industria pastelería, debido a que la crema podría ser elaborada en grandes cantidades, de tal forma que se necesitara congelar y descongelar aquella parte que va a ser utilizada, sin embargo se presenta el mismo problema de que no es instantáneo y, por lo

tanto, no cubre con los objetivos planteados al inicio de este trabajo.

5. La intensidad y el grado de hinchamiento de los gránulos de almidón dependen fundamentalmente de la cantidad total de agua que el alimento contenga, de tal forma, que a medida que aumenta, el hinchamiento es mayor, sin embargo, es importante encontrar el equilibrio, es decir, el punto óptimo de agua para dar oportunidad a que el gránulo tome cierta humedad del medio ambiente y no obtenga más agua de la que necesita, pues de lo contrario, la viscosidad decrementa, como sucedió cuando se trabajó con 420 y 500 ml de agua, en donde se observó -- que con 500 ml de agua la viscosidad era menor que con 420 ml

6. El grado de hidratación del almidón depende también de los azúcares, los cuales presentan una competencia por el agua de hidratación del almidón, lo que trae consigo cambios en las propiedades del polisacárido, tales como reducción de la velocidad de gelatinización y en la viscosidad final que se obtiene de las pastas de almidón. Esto puede observarse también en el caso de la adición de 420 y 500 ml de agua; al añadir -- más agua de la necesaria para que los gránulos se hinchen, -- los azúcares tienden a competir por el agua, de tal manera -- que el gránulo sólo obtenga la suficiente, sin embargo esa -- cantidad extra de agua desequilibra la pasta haciendo que disminuya la viscosidad.

7. Con respecto a la concentración de amilosa, cuando la cantidad es muy grande, se tiende más a la retrogradación del gel por la formación de puentes de hidrógeno entre moléculas paralelas, lo cual no ocurre cuando la cantidad de amilonectina es mayor, debido a que sus ramificaciones impiden la formación de los puentes. En el caso del almidón Waxy, éste no tie

ne moléculas de amilosa por lo que la pasta permanecerá fluida y clara, por lo tanto, no gelificará tampoco, solamente se obtendrá una alta viscosidad. En el caso del almidón de tapioca con una pequeña cantidad de amilosa, sí dá un gel pero muy suave. De aquí que se concluya que cuando se tienen almidones con alta cantidad de amilosa se produce un gel duro y viceversa.

8. La viscosidad de una pasta de almidón se produce cuando ocurre el hinchamiento de los gránulos debido al alto grado de absorción del agua, y se estabiliza cuando el gránulo se rompe aunque no totalmente, y aparecen moléculas libres hidratadas de amilosa y amilopectina, produciendo geles irreversibles como en el caso del almidón Waxy.

9. La goma es otro de los agentes que influyen en la gelatinización, ya que al combinarse con el almidón producen una gran variedad de texturas desde cremas semi-fluidas hasta cremas duras. De acuerdo a esto, producen alta viscosidad en agua, asegurando la estabilidad y aumentando la fuerza del gel, pero esto varía con la concentración de goma utilizada, esto se pudo observar perfectamente en la prueba que se hizo aumentando la concentración de goma en la crema hecha con almidón de Waxy pregelatinizado no estabilizado, en donde se obtuvo una consistencia final muy deplorable, pues se sentía semejante al caucho, por lo que hubo necesidad de disminuirla nuevamente.

10. Las ventajas de utilizar una goma en una crema pastelera instantánea, incluyen la formación de geles de rápida fijación, se producen rellenos que son fáciles de moldear y no son derretibles, además de que ayudan a eliminar un poco el sabor a almidón.

11. Otra propiedad muy importante que se debe de tomar en cuenta de la goma es que es un agente humectante, el cual captura moléculas de agua produciendo un mayor hinchamiento de los gránulos de almidón, acelerando la velocidad de gelatinización ó aumentando la viscosidad de la pasta.

12. El efecto del pH varía dependiendo de si es alcalino ó ácido; cuando es muy alcalino se reduce considerablemente la temperatura y el tiempo requeridos para el hinchamiento de los gránulos, mientras que en condiciones muy ácidas puede favorecerse una hidrólisis del enlace glucosídico con la consecuente pérdida de la viscosidad de sus suspensiones. Sin embargo, cuando se determinaron los pH de todos los almidones en las cremas ya preparadas, se observó que todos se encuentran alrededor de 7.0, por lo que se concluyó que el pH no influyó en la gelatinización de ninguno de los almidones y sólo fué efecto de la variación de temperatura.

13. La temperatura de gelatinización se produce a la temperatura en que la birrefringencia se pierde y se produce el máximo hinchamiento de los gránulos de almidón, lo cual sucede por el alto grado de absorción de agua que hace que las dispersiones de este polímero alcancen grandes viscosidades. Esta temperatura varía dependiendo del origen del almidón y del método de modificación empleado, y también de si se trata de un almidón pregelatinizado, pues como se observó en el almidón Waxy pregelatinizado estabilizado actuó perfectamente como un almidón instantáneo, es decir al ser añadido en un líquido frío, en cambio en el caso del pregelatinizado no estabilizado, no se logró encontrar la optimización de la fórmula de la crema en frío, sin embargo al calentar, se obtuvo una buena viscosidad.

RECOMENDACIONES

1. Pesar cuidadosamente la cantidad indicada de polvo de la crema pastelera y agregar al agua fría, batiendo continuamente.

2. Mezclar a la velocidad máxima de la batidora eléctrica durante el tiempo indicado en el capítulo IV ó si persisten los grumos, hasta que éstos desaparezcan.

3. Se recomienda refrigerar si no se está usando, de esta forma se puede conservar hasta 7 días en perfectas condiciones, siempre y cuando, se guarde en un recipiente cerrado, cuidando de que al usar se le dé un ligero batido.

4. Es preferible preparar sólo la cantidad que vaya a ser utilizada, de esta forma no habrá desperdicios, sobretodo si no se cuenta con un aparato refrigerador.

5. Mantener el embalaje que contiene el polvo de la crema pastelera perfectamente cerrada y en un lugar fresco y seco.

6. En caso de que la crema se encuentre en una industria ó -- panadería, cuidar de que no tenga contacto con productos que contengan enzimas para evitar la degradación del almidón.

BIBLIOGRAFIA

BIBLIOGRAFIA

1. Hickenbottom, Joseph W. Sweeteners in Biscuits and Crackers Bakers Digest. Vol. 51 (6) 1977, pp. 18 - 22.
2. Corn Refiners Association. Products of the Corn Refining Industry in Food. Corn Refiners Association, Inc. Washington, D. C., 1978.
3. Corn Refiners Association. Corn Starch. Corn Refiners Association, Inc. Washington, D.C., 1985.
4. Smith, Paul S. Food Carbohydrates: Starch Derivatives and their Use in Foods. National Starch and Chem. Corp. Bridgewater, N.J., 1981.
5. Radni D., Salvador. Química de los Alimentos. Edit. Alhambra Universidad. México, D.F. 1a. edición. 1981. p.p. 80-91.
6. Southgate, D.A.T. Determination of Food Carbohydrates. -- Applied Science Publishers, LTD. London, Eng. 1a. edición. -- 1976.
7. Kent-Jones, D.N. and Amos, A.J. Modern Cereal Chemistry. -- Food Trade Press LTD. London, Eng. 6a. Edición, 1970.
8. Wurzburg, O.B. Corn Starch and Modified Starch. National Starch and Chemical Corporation. Plainfield, N.J., 1970.
9. Potter, N. La Ciencia de los Alimentos. Edutex, S.A. México, D.F. 1a. Edición. 1973. pp. 43-46.
10. Junk, W.R. and Pancoast, B.N. Handbook of Sugar. The Avi Publishing, Co., Inc. 1a edición. U. S.A., 1973.

11. Birch, G.G. and Green, I.F. et. al. Glucose Syrups and Related Carbohydrates. Elsevier Publishing Company Limited. 1a. edición. England, 1970.
12. Desrosier, V.W. Conservación de los Alimentos. Compañía - Continental, S.A. 2a. edición. México, 1976.
13. Fennema, D.R. Principles of Food Science. Marcel Dekker, - Inc. 1a. edición. Vol. IV. Part 1. New York, USA, 1976.
14. Lachman, A. Starches and Corn Syrups. Moyes Data Corporation. 1a. edición, New Jersey, U.S.A., 1970.
15. Corn Refiners Association. Tapping the Treasure. Corn Refiners Association, Inc. Washington, D.C., 1985.
16. A.A.C.C. Short Course: "Starch: Structure, Properties and -- Food Uses". Chicago, Ill. Dec. 8-9, 1983. Memories.
17. Hosenev, R.C. Lineback, J.R. and Seib, P.A. Role of Starch in Baked Foods. Bakers Digest. Vol. 52 (4). pp. 11-14, 16-18, - 40. 1978.
18. Hosenev, R.C., Atwell, W.A. and Lineback, D.R. Scanning - Electron Microscopy of Starch Isolated from Baked Products. --- American Association of Cereal Chemists, Inc. Vol. 22 (2), 1977 p.p. 56-60.
19. Ghiasi, K., Hosenev, R.C. and Varriano-Marston, E. Effects of Flour and Dough Ingredients on Starch Gelatinization. A.A. - of Cereal Chem. Vol. 60 (1), 1983. pp. 58-61.
20. Ghiasi, K., Rosenev, R.C. and Varriano-Marston, E. Gelati- nization of Wheat Starch. American Association of Cereal Chem.

Vol. 59 (2), 1982.

21. Spies, D. and Hosney, R.C. Effects of Sugars on Starch Gelatinization. American Association of Cereal Chem. Vol. 59 -- (2), pp. 128-131.

22. Atwell, W.A., Milliken, G.A. and Hosney, R.C. A Note on Determining Amylonectin A to B Chain Ratios. Stärke Vol. 32 - (11), 1980. pp. 362-364.

23. Ghiasi, K., Hosney, R.C. and Lineback, D.R. Characteristics of Soluble Starch from Bread Crumb. American Association of Cereal Chem. Inc. Vol. 56 (5), 1979.

24. Wurzburg, O.B. Starches in the Food Industry: Handbook of Food Additives. Edit. CRC Press. 2a. Edición. Ohio, U.S.A. -- 1972.

25. Banks, W. and Greenwood, C.T. Starch and its Components. - John Wiley and Sons, Inc. New York, U.S.A. 1975. pp. 342.

26. Birch, G.G. and Green, L.F. Molecular Structure and Function of Food Carbohydrate. Applied Science Publishers Co. LTD.- London, Eng., 1973.

27. Pvier, E.J. Baking Science and Technology. Siebel Publishing, Co. Vol. II. Chicago, Ill., 1973.

28. Association of Official Analytical Chemists. Official Methods of Analysis. Association of Official Analytical Chemists, Inc. 14a. Edición. Virginia, U.S.A., 1984.

29. Instituto Nacional de la Nutrición "Salvador Zubirán". Manual de Técnicas de Laboratorio para el Análisis de Alimentos.

TNN "Salvador Zuhirán". 2a. edición. México, D.F. 1985.

30. Desroster, V.W. Elementos de Tecnología de Alimentos. Editorial C.E.C.S.A. 1a. edición. México, D.F. 1972.

31. Corn Refiners Association. Facts on Corn. Corn Refiners -- Association, Inc. Washington, D.C., 1985.

32. Enciclonedia Britannica, Inc. Enciclonedia Barsa. Enciclonedia Britannica, Inc. Tomo 11. Chicago, U.S.A., 1973.

33. Americana Corporation. The Enciclonedia Americana. Enciclonedia Americana Corporation. Tomo 25. U.S.A., 1963.

34. T.J. Schoch v E.C. Newwald. Microscopic Examination of Modified Starches. Anal. Chem., 28 (3), 382, 1956.

35. E.M. Osman. Interaction of Starch with Other Components of Food Systems. Food Technology. 29 (4), 30. 1975.

36. L.F. Hood et. al. Microstructure of Modified Tapioca Starch Milk-Gels. J. Food Science. 39-117. 1974.

37. E.M. Osman, en R.L. Whistler v E.F. Paschall (Eds.). Starch Chemistry and Technology. Vol. 2. Academic Press. New York.- 1967.

38. Química Hoechst de México, S.A. de C.V. "La Conservación de Alimentos con Acido Sórbito Hoechst". Química Hoechst de México, S.A. de C.V. División Química. B.1130 Sp. México, 1980.

39. Química Hoechst de México, S.A. de C.V. "Seguridad para el Consumo de Alimentos". Química Hoechst de México, S.A. de C.V. Boletín 1122 Sp. México, 1980.

40. Grolier International, Inc. Diccionario Enciclonédico Quiliet. Grolier International, Inc. New York, 1970. Tomo II.
41. T.J. Schoch. Starches in Food, en H.W. Schultz et. al. (Eds) Carbohydrates and their Roles. The Avi Publishing, Westport, - Conn. 1969.
42. W.F. Harrington y P.H. Von Hippel. The Structure of Collagen and Gelatin, en Adv. Protein Chem. Vol. 16. p.1, 1961.
43. The Copenhagen Pectin Factory, LTD. Heat Resistant Instant Bakery Cream. The Copenhagen Pectin Factory LTD. Bulletin 1314 -2. Denmark. March, 1979.
44. Barnett, C.D. The Science and Art of Candy Manufacturing, - U.S.A. , 1978.
45. Kirk-Othmer. Encyclopedia of Chemical Technology. Edit. - Wiley interscience. 3a. edición. Tomo 11 y 21. U.S.A., 1976.
46. Pelczar, Reid & Chan. Microbiología: Mc Graw Hill. 4a edición. México, 1983.

APENDICE

APÉNDICE

ALMIDÓN: Es un polímero formado por unidades de anhidroglucosa que puede enlazarse para formar un polímero lineal, ó bien, un polímero ramificado llamado amilopectina.

ALMIDONES ACTIVO-MODIFICADOS: Son usualmente hechos mediante una hidrólisis ácida catalizada controlada en una suspensión de -- gránulos de almidón con agua, a una temperatura más baja que -- la de la gelatinización. Como catalizador se usa el ácido -- clorhídrico o sulfúrico. Cuando el almidón ha sido reducido -- en viscosidad al grado deseado, el ácido es neutralizado y el -- almidón es filtrado, lavado y secado. La reacción básica es -- la hidrólisis de las cadenas --D glucosídicos con subsecuente -- reducción en el tamaño molecular.

AMILOPECTINA: Polímero ramificado encontrado en el almidón en -- donde predominan los enlaces --(1,4), y ocasionalmente se en -- encuentran cadenas en la posición 6, las cuales son unidas vía -- --(1,6). Debido a la naturaleza ramificada de la amilopectina -- la asociación entre moléculas no ocurre, a menos que haya al -- tas temperaturas. El almidón de maíz Waxy es particularmente -- alto en amilopectina.

AMILOSA: Es un polímero lineal encontrado en el almidón, que -- contiene casi exclusivamente enlaces --(1,4). Las moléculas -- se pueden asociar entre sí, debido a su linealidad, pero esta -- asociación sólo ocurre a temperatura ambiente. Esta asocia --- ción intermolecular que sucede atrapando agua, produce un gel -- en soluciones concentradas. Los almidones comúnmente procesa -- dos de plantas contienen normalmente 19-27% de amilosa. Los -- soluciones de almidón de maíz algunas veces forman veles opa -- cos después del cocimiento y enfriamiento, esto es debido a la -- presencia de amilosa

ARRURUZ: Fécula que se extrae de la raíz de una planta que crece en la India.

BIREFRINGENCIA: Se aplica al cuerpo que presenta una doble refracción a través del cual los objetos se ven dobles. El fenómeno se debe al hecho de que en el cristal, la luz se propaga con velocidades distintas según dos direcciones diferentes, resultando dos índices distintos, y por lo tanto, dos rayos refractados.

ALMIDONES BLANQUEADOS: Almidones que son algunas veces tratados con bajos niveles de agentes oxidantes tales como peróxido de hidrógeno, ácido peracético, persulfato de amonio, hipoclorito de sodio, permanganato de potasio, cloruro de sodio, etc. para remover el tono amarillento en almidones de maíz. Estos agentes pueden reducir también el número bacteriano, especialmente termófilos y esporas de levaduras.

ALMIDONES CONVERTIDOS: La conversión es un tratamiento que puede reducir la viscosidad de los almidones crudos. Los tratamientos usados pueden incluir la modificación ácida, la dextrinización (mediante una especie de tostado del almidón en estado seco), o bien, por oxidación del almidón con soluciones de cloruros. Los tratamientos de conversión son usados para reducir la viscosidad de los almidones, de tal forma que altos porcentajes se puedan usar en el producto final. El tratamiento final también aumenta la solubilidad del almidón en agua.

DEXTRINA: Es un sacárido nutritivo obtenido por la acción del calor o de calor y ácido en el almidón. Las dextrinas son usualmente producidas por tostación y contienen ambos polímeros de glucosa: lineales y ramificados. Son altamente solubles en agua y son bajas en viscosidad.

ALMIDONES ENTRECruzADOS O RETICULADOS: Son almidones tratados con pequeñas cantidades de compuestos (normalmente una mezcla de anhídrido acético con ácido adínico, oxícloruro de fósforo, trimetafosfato de sodio y/o enciclorhidrina), que reacciona con los grupos hidroxilo de dos diferentes moléculas del gránulo de almidón. Esta reacción refuerza los puentes de hidrógeno, manteniendo el gránulo intacto a altas temperaturas. Los almidones entrecruzados son capaces de resistir temperaturas altas de cocimiento y otros malos tratos sin perder la integridad del gránulo. Pequeñas cantidades de almidones entrecruzados pueden reemplazar grandes porcentajes de almidones no entrecruzados. Generalmente un entrecruzamiento por cada mil unidades de anhidroglucosa es suficiente para cambiar las características de los almidones.

ESTABILIDAD: Es un término que indica que las pastas de almidón no cambian apreciablemente en viscosidad, claridad o textura con el tiempo.

- Estabilidad al calor: es un término que indica que las pastas hechas con almidones específicos no cambian apreciablemente con el calor.

- Estabilidad al congelamiento-descongelamiento: indica que las pastas hechas con un almidón pueden ser congeladas y descongeladas por un cierto número de ciclos sin cambio apreciable.

- Estabilidad al ácido y resistencia al corte: son términos que explican que el almidón ha sido especialmente procesado por los sistemas designados.

FRACCIONES: Los dos tipos de moléculas encontradas en el almidón: lineal (amilosa) y ramificada (amilopectina).

GEL: Es una pasta firme, semi-rígida de almidón que se asemeja a una gelatina.

GELATINIZAR: Se cocina al almidón en una solución acuosa al punto donde el hinchamiento de los gránulos toma lugar, formando una solución viscosa. La temperatura de gelatinización cambia dependiendo de la variedad del almidón y el tipo de modificación.

GRANULO: Son agregaciones de moléculas de amilosa y amilpectina. Los gránulos se hinchan al ser cocinados y son desintegrados por fluidos digestivos. Los gránulos de almidones no modificados son sensibles al corte cuando son hinchados, al igual que a las condiciones ácidas. Los gránulos de almidón pueden ser identificados microscópicamente debido a las diferentes formas y tamaños.

GRUPO HIDROXILO: Es un grupo o radical químicamente combinable que consiste en un átomo de oxígeno y un átomo de hidrógeno.

ALMIDON MODIFICADO: Es el resultado del tratamiento de cualquier almidón nativo que provenga de granos o raíces (maíz, sorgo, trigo, papa, tapioca o sagú), con pequeñas cantidades de ciertos agentes químicos, los cuales modifican las características físicas de los almidones nativos para producir propiedades deseables.

ALMIDONES NATIVOS: También llamados almidones crudos o almidones no modificados. Son aquellos que no han sufrido ningún cambio en sus cadenas ramificadas.

PASTA: Es una suspensión concentrada de almidón con una ligera tendencia a fluir y una textura corta uniforme.

POLIMERO: Es una molécula larga y compleja. El almidón es un polímero de glucosa.

RETROGRADACION: Es lo contrario de la gelatinización. Cuando un almidón cocinado retrograda, cambia de ser una pasta cremosa y espesa a una combinación insoluble de almidón y agua.

SINERESIS: Es una exudación de agua en una pasta de almidón; - el agua libre que se disocia de los productos que contienen al almidón.

SUSPENSION (coloidal): Es un sistema compuesto de partículas - dispersadas en un líquido en el cual las partículas no son --- realmente disueltas debido a su tamaño excesivamente pequeño.