

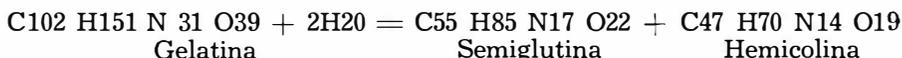
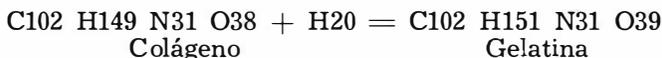
PROYECTO DE UNA PLANTA PARA LA OBTENCION DE GELATINA COMESTIBLE

Por OSCAR LONDOÑO RESTREPO

(Capítulos IV, V, VI, VII y VIII de la tesis de grado presentada por su autor para optar el título de Ingeniero Químico Industrial en la Universidad Pontificia Bolivariana).

EXTRACCION

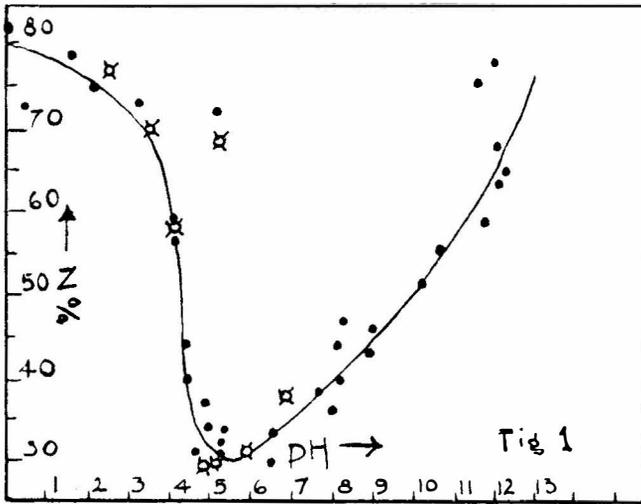
La extracción es el proceso por el cual el colágeno se convierte a gelatina. Alexander formula la reacción molecular de la siguiente manera:



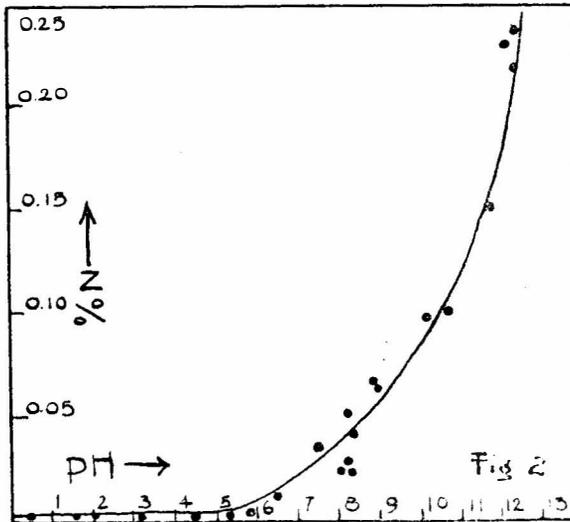
Sin embargo estas reacciones son sólo una indicación de los cambios complejos que se producen a partir de materias primas tan diversas (las distintas variedades de colágenos) para formar productos de naturaleza casi tan variada como ellas (gelatinas y colas de diversas clases).

Para poder comprender mejor por cuales motivos se ha escogido el procedimiento que va a seguirse, es preciso considerar la manera como influyen los diversos factores que determinan el rendimiento de la extracción; el pH del medio en que se extrae así como la duración de la extracción son los factores determinantes de este rendimiento como puede apreciarse en los siguientes gráficos publicados por "International Critical Tables" Vol. II y basados en experimentos verificados con trozos de piel encalados suficientemente.

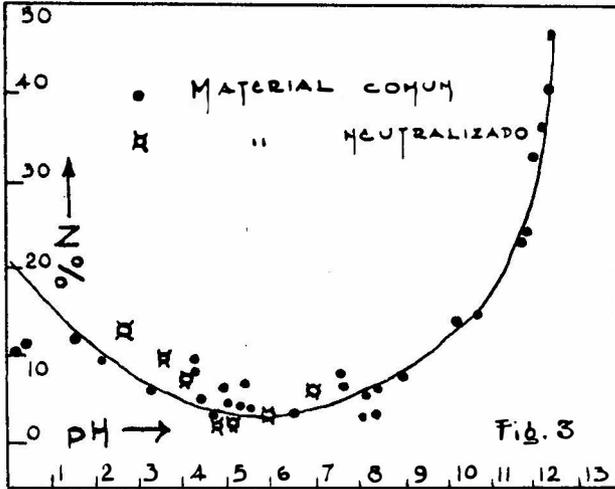
Las curvas que a continuación se presentan, se obtuvieron haciendo los experimentos de extracción por un período de 8 horas a menos que otra cosa se especifique.



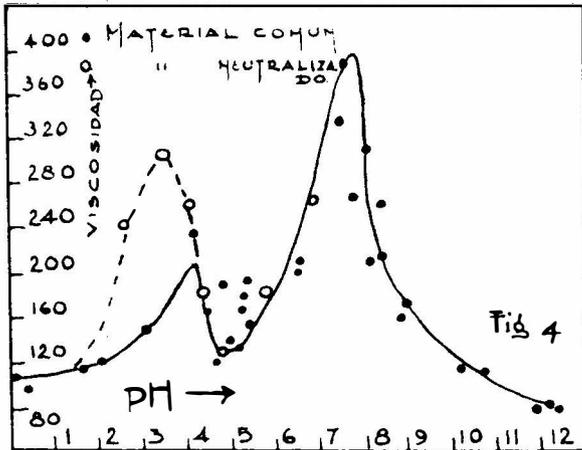
La figura 1 expresa el porcentaje de nitrógeno total recobrado en una solución de gelatina cuando se extrae con distinta acidez.



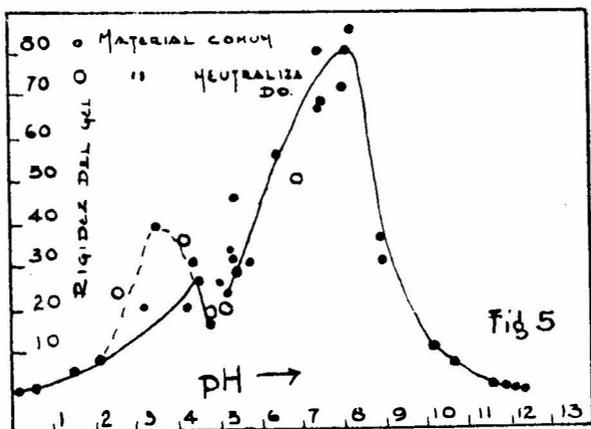
La figura 2 indica el porcentaje de nitrógeno obtenido en forma de amoníaco (NH_3) en una solución de gelatina cuando se extrae con distinta acidez.



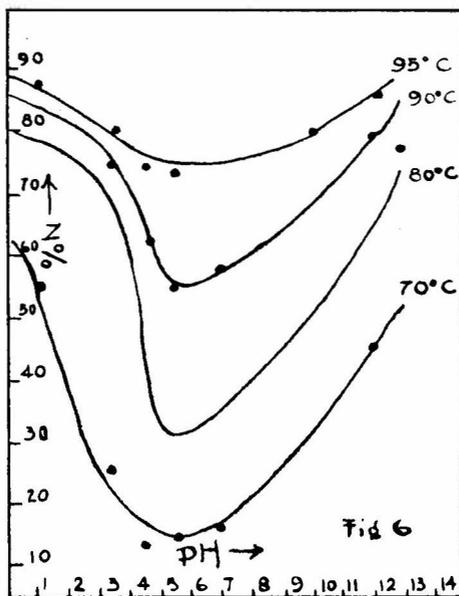
La figura 3 indica la influencia del pH del medio que extrae sobre la cantidad de nitrógeno recobrado con aminoácido en la solución.



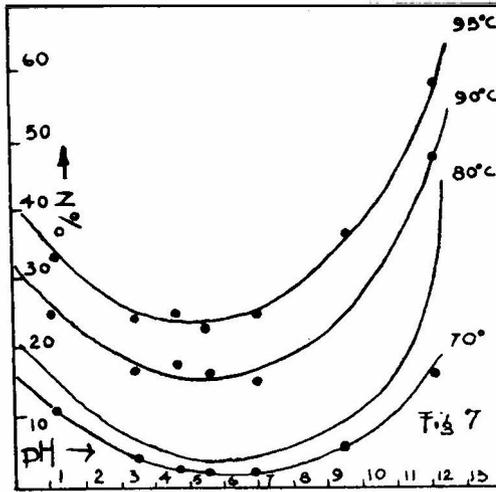
La figura 4 indica la influencia del pH del medio que extrae sobre la viscosidad del producto resultante (expresada en unidades arbitrarias).



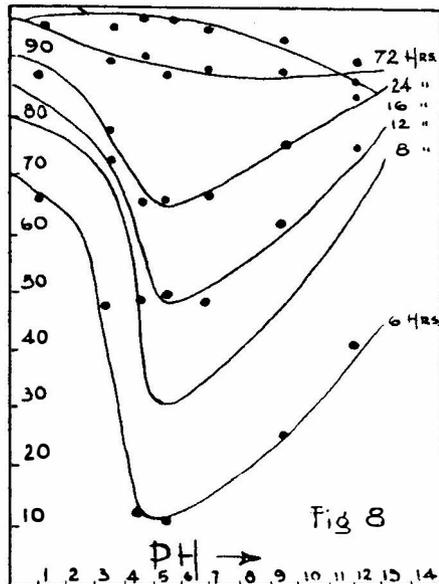
La figura 5 indica la influencia del pH del medio que extrae sobre la fuerza o rigidez del gel sólido que forma el producto obtenido, a 10°C.



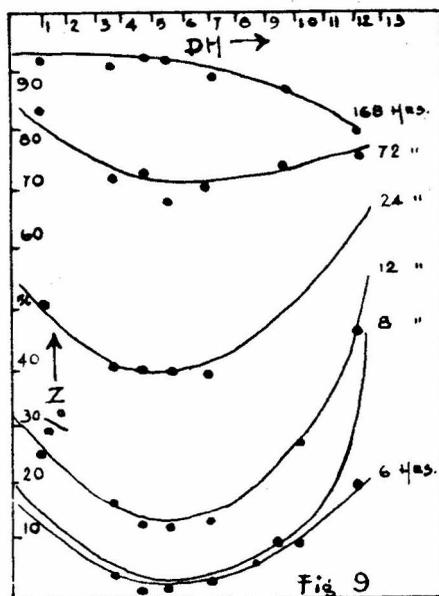
La figura 6 indica la influencia del pH del medio que extrae sobre la cantidad de nitrógeno total obtenido en la solución después de extraer a las temperaturas indicadas.



La figura 7 indica la influencia del pH del medio que extrae sobre el nitrógeno recobrado como aminoácido en la solución después de extraer a las temperaturas indicadas.



La figura 8 indica la influencia del pH del medio que extrae sobre la cantidad total de nitrógeno obtenido en la solución después de extraer a 80°C durante los tiempos indicados.



La figura 9 indica la influencia del pH del medio que extrae sobre la cantidad de nitrógeno obtenido como aminoácido en la solución después de extraer a 80°C durante los tiempos indicados.

Los resultados que deben procurarse para obtener una gelatina de buena calidad son los siguientes:

a) Obtener la mayor cantidad posible de gelatina en la primera extracción (mayor cantidad de nitrógeno recuperado). Según la figura 1, esto se logra manteniendo el pH entre 3 y 4; más bajo de 3 no se justifica la extracción porque al neutralizar la solución resultante quedaría mayor cantidad de electrólito en ella, y por lo tanto, su sabor sería desagradable; hacia el lado alcalino no se justificaría tampoco la extracción puesto que sería aún mayor la cantidad de electrólito resultante al neutralizar esta basicidad; además el rendimiento que se lograría al disminuir el pH de 3 o aumentarlo de 4 sería muy poco comparado con los perjuicios que puede acarrear. Hay que tener presente además que la corrosión del equipo empleado para manejar el extracto de gelatina, aumenta considerablemente a pH muy ácido o muy básico. En los ensayos efectuados por mí, he empleado para la extracción un pH entre 3 y 4 y he obtenido resultados bastante satisfactorios.

b) Debe procurarse que se forme la menor cantidad posible de amoníaco durante la extracción puesto que su presencia en la gelatina demerita mucho su valor (la gelatina fotográfica, por ejemplo,

debe indicar solamente trazas de amoníaco con reactivo de Nessler). Según lo indica la figura 2, el mejor porcentaje de amoníaco producido se obtiene con pH por debajo de 4.

c) Debe procurarse que se obtenga la menor cantidad posible de aminoácidos en la gelatina; estos deben estar formando moléculas complejas de proteínas. Según la fig. 3, este efecto se consigue a un pH de 5 aproximadamente; a pH entre 3 y 4, la cantidad de aminoácidos recuperada es un poco mayor pero dentro de límites que pueden permitirse en la práctica.

d) La viscosidad y rigidez del gel sólido que presenta el producto, deben ser lo más altas posibles; esto se logra según las figuras 4 y 5 solamente a pH entre 6 y 7 por lo cual el extracto resultante con el pH 3 o 4, debe llevarse casi a neutralización pero solamente después de terminada la extracción a pH ácido.

e) La extracción debe llevarse a cabo en el menor tiempo posible y con un gasto de calor mínimo. Las figuras 6 y 7 indican que a mayor temperatura, mayor será también el nitrógeno en forma de aminoácido que se produce; hay que tratar de equilibrar estos dos factores lo que sólo se consigue a una temperatura entre 60 y 75°C. Además mientras mayor sea el tiempo de extracción, mayor será la cantidad de nitrógeno recobrado y mayor será también la de nitrógeno como aminoácido. Las figuras 8 y 9 indican cómo varían estos dos factores a un determinado pH y de ellas se puede deducir que con un tiempo de extracción de 8 horas y un pH entre 3 y 4, se logra obtener resultados satisfactorios.

De acuerdo con las anteriores consideraciones y con los resultados obtenidos por mi trabajando con carnaza encalada por tres meses, los cuales están de acuerdo con lo dicho anteriormente, he escogido las siguientes condiciones de trabajo para la extracción:

Se harán dos extracciones sobre cada lote de carnaza encalada y lavada, a temperaturas de 60 y 70°C respectivamente y por un período de 8 horas cada una, manteniendo el pH de la solución entre 3, 5 y 4.

En las condiciones anteriores debe obtenerse como mínimo un rendimiento en gelatina seca del 50% del peso de la carnaza empleada (pesada con 3% de humedad), siempre que para las extracciones se empleen las condiciones ya descritas y aproximadamente las cantidades de agua que fueron empleadas por mí durante los ensayos que decidieron las condiciones de trabajo.

Según lo dicho antes, se tratará diariamente en los extractores la cantidad de material encalado que proviene de 900 kgms. de carnaza seca; por ser demasiado grande el volumen necesario, la operación se llevará a cabo en dos tanques extractores cada uno cargado con el material correspondiente a 450 kgms. de carnaza seca.

Balance de materiales para cada extractor proporcional al balance que resultó de las extracciones que determinaron las condiciones de operación:

Primera extracción a 60°C.

Peso del material lavado sin el agua que lo impregna	270 kgms.
Peso del agua que impregna el material lavado ..	1125 kgms.
Peso del agua añadida para la primera extracción	1125 kgms.
Peso total de componentes en el extractor	<u>2520 kgms.</u>
Solución de gelatina al 8% en peso obtenida	2250 kgms.
Gelatina seca obtenida de la primera extracción (80% del total que se extrae)	180 kgms.
Según la ecuación química de transformación de colágeno a gelatina, los 180 kgms. de gelatina	
proviene de:	$180 \times \frac{2415}{2433} =$
	178 kgms. de Colágeno
Colágeno sobrante de la primera extracción suponiendo que los 270 kgms. originales fueran colágeno (270-178)	92 kgms.

Segunda extracción a 70°C.

Peso del material sólido seco	92 kgms.
Peso del agua que lo impregna: (1125 + 1125) - (2250 × 0,92) =	180 kgms.
Peso del agua añadida	430,5 kgms.
Peso total de los componentes del extractor	<u>702,5 kgms.</u>
Solución de gelatina al 8% en peso obtenida	562,5 kgms.
Gelatina seca obtenida de la segunda extracción (20% del total que se extrae)	45 kgms.
Los 45 kg. de gelatina provienen de $45 \times \frac{2415}{2433} =$	44,5 kgms. de Colágeno

Residuo de las dos extracciones:

Material sólido sobrante seco	47,5 kgms.
Agua que impregna el residuo	93 kgms.

En este balance de materiales se expresó el peso de los extractos de gelatina ya filtrados, y el peso del residuo, 47,5 kgms. es el peso del material seco que quedó en el tanque sin convertirse a gelatina, más el residuo resultante de la filtración de dicho extracto; no es posible predecir la cantidad de sólidos en suspensión que van a quedar en cada extracto puesto que dicha cantidad depende de la facilidad para disgregarse que tenga la materia prima, la cual no siempre es la misma.

No siempre el extracto de gelatina resultará de una concentración del 8%; por lo general, en la primera extracción se obtiene una concentración mayor que puede llegar hasta un 10% y en la segunda extracción la concentración puede ser inferior al 8%; en aquellos casos en que la concentración resultante sea muy baja, se puede salvar la dificultad que esto crea para el secado usando esa solución diluida para extraer con ella en un nuevo lote de material encalado fresco.

He supuesto la concentración promedio de los extractos en un 8% (algo más diluida del promedio práctico), porque ella es la que determina la capacidad del secador y de esta manera se logrará obtener un margen de seguridad en este equipo para casos en que haya dificultad con la concentración demasiado baja.

Cálculo del equipo para la extracción

Los tanques extractores son recipientes cilíndricos que se fabrican de madera y están provistos de un falso fondo sobre el cual descansa la carga. Por debajo del falso fondo, que se coloca a 10 centímetros del piso, va un tubo de aluminio calentado con vapor y puesto en forma de espiral.

El diámetro de cada tanque es de 1,70 metros y la altura es de 1,25 metros; la construcción de estos tanques es semejante a la ya descrita para los tanques lavadores, con la única condición de que la madera de la cual se hacen, no produzca color o sabor a la solución de gelatina; ambos tanques se situán sobre una pequeña base de concreto y por el fondo se les hace una salida con reja metálica y tapón, todos de material anticorrosivo (níquel o acero inoxidable). El falso fondo se construye de tal manera que al terminar las extracciones, pueda sacarse con la carga que lleva encima tirándolo por medio de una polea atada al techo y que a su vez puede correrse por un riel de un tanque a otro, con lo cual se facilita el vaciado de los tanques. Los falsos fondos se construyen de una estructura fuerte de varilla de aluminio que a su vez sostiene una malla menuda de este mismo material.

Ambos tanques tienen una tapa abisagrada que se levanta con la misma polea que los falsos fondos y sirve para impedir la contaminación de la solución y evitar pérdidas por evaporación. Además de los dos tanques extractores ya descritos, se necesita un tercer tanque de las mismas dimensiones y características de los extractores excepto que no tiene falso fondo ya que se usa para almacenar solución de gelatina a 60°C antes de la filtración y para calentar agua necesaria

en el lavado de todas las tuberías de conducción de gelatina y demás equipo empleado para su manipulación.

Durante la extracción hay pérdidas de calor y por lo tanto gasto de vapor por las siguientes razones:

- a) Para suplir las pérdidas por convección y radiación al ambiente.
- b) Para suplir el calor consumido en la reacción.
- c) Para dar el calentamiento inicial a la solución.

El área de calentamiento del tubo del fondo del tanque debe ser de tal magnitud que sea capaz de mantener el equilibrio térmico durante la extracción y además debe poder transmitir el calor necesario para el calentamiento inicial de la carga en el tiempo requerido.

Calcular el calor perdido hacia el ambiente, es un problema bastante complejo puesto que para resolverlo hay necesidad de conocer datos tales como la temperatura exterior de la pared de madera y otros, los cuales solo pueden obtenerse de una manera experimental. Para el siguiente cálculo se supondrá que la única resistencia térmica que se opone al paso del calor hacia el ambiente, es la de la pared de madera definida por:

$$R_m = \frac{L_m}{K_m \times A_m}$$

En donde: R_m es la resistencia térmica de la pared de madera; L_m es el grueso de la pared de madera; A_m es el área media a través de la cual se transmite el calor.

En realidad existen otras dos resistencias en serie con la ya descrita, formadas por las capas de fluidos a ambos lados de la pared de madera, pero ante la imposibilidad de determinarlas siquiera aproximadas, se tomará la R_m como la única resistencia incurriendo con ello en un error para este caso en el que se supone un Δt correspondiente a la suma de las tres resistencias en serie, error que resultará en un gasto de vapor mayor que el verdadero, pero nunca menor, con lo cual se tendrá un margen de seguridad para casos en los cuales el gasto de calor sea mayor.

La velocidad de transmisión de calor a través de las paredes de un recipiente cilíndrico construido con material de conductividad térmica K de espesor L y a través de un área media A con una diferencia de temperatura entre las dos paredes de Δt °F es:

$$q(\text{Btu/hora}) = K (\text{Btu pie/hr} \cdot \text{pie}^2 \text{ } ^\circ\text{F}) \times A (\text{pies}^2) \times \Delta t (^\circ\text{F}) \times \frac{1}{L \text{ pies}}$$

Para el caso presente de la primera extracción, la temperatura del líquido es de 60°C, o sea 140°F y la temperatura ambiente suelta igual a la externa del cilindro de madera es de 24°C o sea de

75,2°F; por lo tanto, $\Delta t = 64,8^\circ\text{F}$, esto considerando que aún las partes superiores no bañadas por el líquido estén a 60°C por el lado interno. A través del fondo se considera despreciable la pérdida de calor.

Pérdida de calor a través de la pared lateral del tanque

Area media de transmisión:

$$\frac{3,14 \left(\frac{1,75}{0,3048} \right) \left(\frac{1,25}{0,3048} \right)}{12} = 73,8 \text{ pies}^2$$

$$L \frac{2,25}{12} = 0,187 \text{ pies}$$

$$q \frac{0,15 \times 73,8 \times 64,8}{0,187} = 3835 \text{ Btu/hora}$$

Pérdida del calor a través de la tapa

Area de transmisión:

$$\frac{3,14 \times 1,70^2 \times 10,76}{4} = 24,4 \text{ pies}^2$$

$$q \frac{0,15 \times 24,4 \times 64,8}{0,187} = 1270 \text{ Btu/hora}$$

Pérdida del calor total: 5100 Btu/hora

Pérdida de calor durante las 8 horas de extracción 40.800 Btu.

El calor consumido por la formación de gelatina es el siguiente:

Según datos obtenidos en "Journal of the American Chemical Society", que son solamente aproximados, el calor de la formación de la gelatina a partir del colágeno varía entre 20 y 30 kilocalorías por mole gramo de gelatina; el peso molecular probable de la gelatina es de 20.000 gramos por mole gramo; luego el calor consumido en la primera extracción es:

$$25\text{Kcal/mol-gmo } 180.000 \text{ gmos} \times \frac{1}{20.000 \text{ gmos/mol-gmo}} =$$

$$225.000$$

$$225 \text{ kilocalorías o sea: } \frac{225.000}{252} = 892 \text{ Btu.}$$

Calor total suministrado por el tubo del fondo durante las 8 horas de extracción $40.800 + 892 = 41.692 \text{ Btu.}$

Calor necesario para el calentamiento inicial de la carga

La carga que originalmente entra a los tanques se encuentra a una temperatura de 24°C (75,2°F) y hay necesidad de calentarla a 60°C (140°F) en una hora como máximo, para continuar la extracción por 7 horas más. Para poder calcular el calor necesario para este calentamiento, hay necesidad de conocer el calor específico de la carga de cueros encalados y agua, pero como no se conoce el dato del calor específico de los sólidos allí existentes, se supone que la carga es en su totalidad de agua con lo cual se obtendrá una cantidad de calor necesaria que dará un margen de seguridad en el aparato.

$$Q = M \times c \times \Delta t$$

En donde: Q es calor total necesario en Btu.

M es la masa calentada: $2520 \times 2,2 = 5550$ lbs.

$$c = 1 \text{ Btu/lb} \times \text{°F}$$

$$\Delta t = 140 - 75,2 = 64,8\text{°F}$$

$$Q = 5550 \times 1 \times 64,8 = 359.000 \text{ Btu.}$$

Este calor hay que suministrarlo en una hora y por lo tanto la rata de suministro de calor será: 359.000 Btu/hora.

Cálculo del tubo de calentamiento para el fondo

Para calentar se usa un tubo de aluminio de 2 pulgadas de diámetro externo puesto debajo del falso fondo en forma de espiral y que lleva vapor saturado a 25 lbs/pulg² de sobrepresión o sea para la presión atmosférica de Medellín (640 mm Hg) una presión absoluta de 37,38 Lbs/pulg².

Ambos tanques están provistos de trampas de vapor, de manera que la condensación del vapor dentro de los tubos ocurre a su temperatura de saturación o sea a 263°F.

Según "Chemical Engineer's Handbook John H. Perry, 1950" el coeficiente total de trasmisión de calor para el caso de solución acuosa calentada por vapor que se condensa dentro de los tubos del calentador y cuyo calor se transmite solo por convección natural, varía entre 50 y 200 Btu/hr \times pie²°F. Como no hay método para averiguar tal coeficiente total para este problema, se asumirá un valor para la U de 70 Btu/hr \times pie²°F.

La mayor rata de suministro de calor ocurre durante el calentamiento inicial y por ello el tubo de cada tanque debe tener un área externa de calentamiento tal que sea capaz de suministrar ese calor.

$$A = \frac{Q}{U \times \Delta t}$$

En donde A = Area de calentamiento externo del tubo de aluminio en pies².

$$Q = \text{Calor transmitido} = 359.000 \text{ Btu/hora}$$

$$\Delta t = 263-140 = 123^{\circ}\text{F}$$

$$A = \frac{359.000}{70 \times 123} = 41,7 \text{ pies}$$

El tubo usado y ya descrito posee un área externa de 0,5233 pies² por cada pie de longitud lineal; por lo tanto se necesitan:

$$\frac{41,7}{0,5233} = 79,7 \text{ pies o sean } 24,30 \text{ metros.}$$

Gasto de vapor durante la primera extracción

Calor necesario para el calentamiento inicial	359.000 Btu.
Calor necesario para sostener todo a 60°C 8 horas	41.692 Btu.
Calor necesario total en cada tanque	400.692 Btu.
Calor total necesario en ambos tanques:	801.384 Btu.

El calor latente de condensación del vapor a 263°F es de 936,3 Btu/lb.

Lbs de vapor necesarias para la primera extracción:

$$\frac{801.384}{936,3} = 856 \text{ lbs.}$$

En el proceso de extracción el gasto máximo de vapor será de $359.000 \times 2 \text{ Btu/hora} \times \frac{1}{936,3 \text{ Btu/lb vap.}} = 767 \text{ lbs de vapor/hora}$ a 25 lbs/pulg² de sobrepresión.

Gasto de vapor durante la segunda extracción

Para la segunda extracción se reúnen en un solo tanque los residuos resultantes de la primera extracción en ambos tanques, ya que no se justifica la manipulación de una cantidad tan pequeña en uno solo.

El peso de los componentes reunidos en un solo tanque es de:

Peso del material sobrante de las primeras extracciones:	
	272 × 2 .. 544 kgms.
Peso del agua añadida	861 kgms.
Peso total	1405 kgms.

Proyecto de una Planta para la obtención de Gelatina comestible

En este caso, 544 kgms de material hay que calentarlos desde 60°C hasta 70°C; el calor necesario para esto será con un $\Delta t = 18^{\circ}\text{F}$.

$$Q = (2,2 \times 544) \times 1 \times 18 = 21.550 \text{ Btu}$$

En realidad el calor específico de esta mezcla no es 1, pero ante la imposibilidad de conocerlo, lo he supuesto con ese valor. Hay necesidad de calentar además 861 kgms de agua desde 24°C hasta 70°C; el calor necesario para verificar este calentamiento será: $\Delta t = 82,8^{\circ}\text{F}$.

$$Q = (861 \times 2,2) \times 1 \times 82,8 = 157.000 \text{ Btu.}$$

El calor consumido por la reacción será:

$$Q = 25 \times \left[90.000 \times \frac{1}{20.000} \right] = 112 \text{ Kcal o sea } 447 \text{ Btu.}$$

El calor perdido hacia el ambiente se calcula asumiendo la temperatura interior de la pared de madera del tanque a 70°C aunque no se halle todo bañado por el líquido, y la temperatura exterior a 24°C.

Pérdida de calor a través de la pared lateral del tanque:

$$Q = \frac{0,15 \times 73,8 \times 82,8 \times 8}{0,817} = 39.200 \text{ Btu.}$$

Pérdida del calor a través de la tapa:

$$Q = \frac{0,15 \times 24,4 \times 82,8 \times 8}{0,187} = 13.000 \text{ Btu.}$$

Calor total necesario para la segunda extracción:

Para calentamiento del material	21.550 Btu.
Para calentamiento del agua añadida	157.000 Btu.
Para efectuar la reacción	447 Btu.
Por pérdidas al ambiente $39.200 + 13.000$	52.500 Btu.
Total	<u>231.497 Btu.</u>

Vapor necesario para la segunda extracción:

$$\frac{231.497}{936,3} = 247 \text{ lbs. de vapor a } 25 \text{ lbs/pulg}^2 \text{ de sobrepresión.}$$

La inyección de vapor durante el período de extracción se efectúa de una manera automática por medio de una válvula insertada en la línea de vapor y que a su vez la gobierna un termopar sumergido dentro de la solución; el control del pH es sencillo y puede ha-

cerse por medio de medidas periódicas con un potenciómetro o aún con papel indicador siempre que el lavado de la carga haya eliminado el exceso de hidróxido de calcio del interior de los trozos porque de lo contrario este $\text{Ca}(\text{OH})_2$ va disolviéndose en la solución aumentando su pH cosa que hay que corregir mediante la adición de pequeñas cantidades de ácido sulfúrico.

Al terminar el primer período de extracción se procede de la siguiente manera: uno de los extractores se vacía inmediatamente por medio de la bomba centrífuga que sirve para el filtro prensa y se pasa la solución de este extractor al tanque provisional de almacenamiento; el falso fondo del tanque ya vaciado, no se saca sino que sobre esa carga que le queda se le agrega la que proviene del otro extractor, al cual no se le vacía la solución sino que se le extrae el falso fondo con el mecanismo ya descrito.

De esta manera se logra comenzar la segunda extracción casi inmediatamente que se acaba la primera, a la vez que se puede mantener el extracto de gelatina almacenado caliente mientras se filtra y se le hacen los tratamientos necesarios para purificarlo.

Hay que tener presente, que como se trabaja con tanques de madera, se debe prestar especial atención a su mantenimiento y evitar que estos permanezcan secos por mucho tiempo lo cual causaría grietas en las juntas de los tablones que los forman; hay que mantener pues llenos de agua los tanques cuando no se están usando, y en estado de absoluta limpieza.

Por ningún motivo deben usarse termómetros de bulbo de mercurio a menos que se tome precauciones especiales, porque si se rompe y el mercurio cae en contacto con el aluminio, rápidamente el agua ataca a este metal.

Labor directa para el proceso de extracción — Otros consumos:

Para atender los tanques extractores hay necesidad de mano de obra durante la carga y descarga del material y vigilancia continua; durante todo el tiempo de la extracción, se necesita un obrero durante las 8 primeras horas y otro más para la segunda extracción y para atender al filtrado del extracto de las primera y segunda extracciones; por lo tanto, el consumo de trabajo humano por mes será:

$$16 \text{ horas/día} \times 24 \text{ días/mes} \times 2 \text{ hombres} = 768 \text{ hombres/hora}$$

Hay que tener presente en el avalúo de este trabajo, que las extracciones se principian a las dos de la tarde todos los días y se terminan al día siguiente a las seis de la mañana; por lo tanto, el 75% de este trabajo es nocturno. Se procede de esa manera para que el secador pueda ejecutar su trabajo durante las horas del día y por lo tanto pueda prestársele más atención técnica a su funcionamiento ya que es el aparato que más la requiere, y de cuyo funcionamiento normal dependen en mucha parte las cualidades del producto resultante

Proyecto de una Planta para la obtención de Gelatina comestible

Consumo de vapor:

Primera extracción	857 lbs.
Segunda extracción	247 lbs.
Total para cada lote	<u>1.104 lbs.</u>
Consumo total por mes	22.080 lbs. saturado
	25 lbs/pulg ² de sobrepresión

PURIFICACION DE LA SOLUCION DE GELATINA

La solución de gelatina tal como se obtiene de los extractores, está impurificada por sólidos suspendidos y algo de grasa fundida; tales impurezas hay que separarlas para obtener un producto de buena calidad sin olor ni sabor y para poder llevar a cabo la operación final del secado de una manera satisfactoria. Durante el secado la solución se somete a una atomización haciéndole pasar a gran presión por pequeños orificios los cuales se taparían en caso de no estar perfectamente filtrada la solución.

El contenido de grasa de la solución de gelatina es variable y depende de la clase de materias primas empleadas en el proceso. La carnaza con la cual se llevó a cabo la experimentación dio una solución de gelatina con un contenido de grasa apenas perceptible por su olor característico, pero con las pieles frescas ensayadas se encontró en la solución de gelatina una cantidad mayor que se presentó en forma de gotas en la capa superior de la solución; esto se debe a que la carnaza ya ha sufrido un lavado y encalado parcial cuando viene a la fábrica y por ello su cantidad de grasa ya ha disminuído considerablemente hasta el punto de que la poca cantidad restante, reacciona con el hidróxido de calcio para dar jabones de calcio insolubles.

La grasa es la primera impureza que se elimina de la solución de gelatina, y ello se hace dejándola reunirse en forma fundida en la superficie de la solución caliente de gelatina que ha quedado después de la extracción en uno de los extractores y en el tanque auxiliar. Después de formada la capa se saca por medio de una cuchara o bien, como la solución se succiona por el fondo de los tanques, se tiene el cuidado de no agotar totalmente el líquido de estos sino separar la última porción a otra vasija más pequeña en la cual se puede separar con más facilidad.

Si el control de la temperatura en la extracción ha sido exacto, sobre todo para no permitir un calentamiento mayor de los 70°C, el color de la solución resultante al mezclar los extractos primero y segundo de cada lote y el color de la gelatina de ellos resultante, son aceptables para un producto de primera calidad; por ello, no creo que sea conveniente ni necesario, y así lo he comprobado en los experimentos que he hecho, tratar de quitar a la solución resultante el poco color obscuro que pueda tener, ya que con ello se consigue casi

siempre una mejora en el color a expensas de la calidad del producto porque se le aumenta la cantidad de sustancias electrólitos disueltas.

Antes de bombear la solución de gelatina a través del filtro prensa, se agrega hidróxido de calcio en cantidad suficiente para dejar el pH de la solución entre 6 y 7 aproximadamente, mejor un poco ácido para retardar el crecimiento de colonias de bacterias; con ello se forma un precipitado muy pequeño de sulfato de calcio en caso de haber empleado ácido sulfúrico para ajustar el pH en la extracción, o una solución de cloruro de calcio en caso de haber empleado ácido clorhídrico. Es preferible que se forme el sulfato de calcio ya que puede eliminarse con la filtración y no el cloruro de calcio que no puede eliminarse y le comunica sabor característico.

Para poder determinar la capacidad del filtro necesario hay necesidad de conocer la cantidad de sólidos que se quieren separar de la solución. Como ya se dijo, la solución de gelatina que viene de los extractores, no tiene siempre una misma cantidad de sólidos en suspensión y por lo tanto la escogencia del filtro necesario hay que hacerla de tal manera que en el caso de presentarse la solución de gelatina con el máximo contenido de sólidos en suspensión, el aparato pueda ejecutar su trabajo normalmente.

Para el presente caso, se acostumbra usar filtros prensas del tipo de platos con superficie de drenaje tipo pirámide y bastidores; el material de construcción de los platos y bastidores, debe ser de acero inoxidable 304 o 316, de aluminio o de níquel; la alimentación en el filtro puede ser por la parte superior de los platos y el drenaje por la inferior.

Debido a la pequeñez de las partículas que opacan la solución de gelatina, se necesita filtrarlas a través de una capa de papel de filtro o pulpa de celulosa, la que debido a su poca resistencia se coloca entre dos capas de tela gruesa y tupida de algodón que la protegen.

Para filtrar solución de gelatina y líquidos similares a través del medio descrito, se usa una presión de 40 a 50 lbs/pulgada² en la línea de alimentación, presión que se da mediante una bomba centrífuga.

El residuo total húmedo que queda después de las dos extracciones en ambos tanques es de 281 kgms; suponiendo que se obtiene como torta en el filtro prensa un 10% máximo del residuo húmedo total de la extracción para condiciones normales de trabajo, se tendrá:

$$281 \times 0,1 = 28,1 \text{ kgms. de torta húmeda.}$$

Esta cantidad puede variar según muchos factores cuya influencia no es posible preverla cuantitativamente pero si controlarla efectivamente en la práctica con alguno (o ambos) de los procedimientos siguientes que tienden a obtener un mínimo de sólidos en suspensión o a aumentar la rata de filtración:

a) Se puede agitar durante la extracción lo menos posible (siempre que no se perjudique el rendimiento en este proceso) para evitar disgregación mecánica de la masa; mejor es agitar por medio

Proyecto de una Planta para la obtención de Gelatina comestible

de la misma bomba empleada para la filtración y hacer circular el líquido a través de la carga varias veces, con lo cual se logran buenos resultados ya que se obtiene una temperatura más uniforme en la solución y una concentración más pareja en los tanques.

b) Se puede esperar un poco, antes de bombear hacia el filtro la solución de gelatina, para permitir una decantación parcial y disminuir así la carga del filtro durante el primer período en el que se pasa la mayor cantidad de líquido a través de poca torta y se puede hacer por tanto la operación en menos tiempo.

La solución de gelatina no se filtra de una vez sino que al cabo de las 8 horas de la primera extracción, se empieza a filtrar el volumen obtenido que es un 80% del total, o sea suponiendo uniforme la cantidad de sólidos disueltos en ambas extracciones, hay que separar en esta primera filtración un 80% de la torta que va a obtenerse:

$$28,1 \times 0,80 = 22,5 \text{ kgms. de torta.}$$

Después de terminada la segunda extracción, se procede a separarle a la solución resultante los sólidos suspendidos que pesarán:

$$28,1 \times 0,20 = 5,6 \text{ kgms. de torta.}$$

La filtración de la solución más voluminosa, que es la primera, debe hacerse en un tiempo corto para dejar desocupada la bomba, que debe trabajar para hacer circular la solución en el tanque que está haciendo la segunda extracción.

La capacidad del filtro prensa está determinada por el volumen que ocupan los 22,5 kgms. de torta. Se supone que la torta tiene una densidad igual a la de la solución de gelatina que la impregna o sea 62 lbs/pie; a 60°C, tendremos un volumen de:

$$\frac{22,5 \times 2,2}{62} = 0,798 \text{ pies}$$

La casa T. Shriver & Company, Inc. de Estados Unidos produce filtros de las características del ya descrito. Esta casa da las especificaciones de los filtros que construye, en donde se expresa el área de filtración aproximada y su capacidad volumétrica. A continuación aparece la parte de la tabla necesaria para escoger el filtro que se va a usar.

Tamaño del plato en pulgadas	Área de filtración efectiva por cámara de filtración (en pies ²)		Capacidad por cámara de filtración de 1 pulgada de grosor (en pies ³)	
	Metal	Madera o Caucho	Metal	Madera o Caucho
4	0,14		0,005	
7	0,54		0,022	
12	1,68	0,938	0,070	0,043

Según esto, escogiendo platos de metal de 12 pulgadas, con cámaras de filtración de 1 pulgada de espesor, el número de platos necesarios será:

$$\frac{0,798}{0,07} = 12 \text{ platos aproximadamente.}$$

Para tener un margen de seguridad mayor se emplearán en total 14 platos; el área efectiva de filtración será de:

$$14 \times 1,68 = 25,3 \text{ pies}^2$$

Esta área efectiva de filtración está de acuerdo con lo que recomienda la casa constructora, la cual dice que para áreas de menos de 30 pies deben usarse platos de 12 pulgadas para obtener los mejores resultados en la filtración. El filtro debe ser del tipo sanitario y fácil de desarmar para asearlo.

Cálculo de la bomba necesaria para la filtración

Según el diagrama que aparece en la sección de distribución general de la fábrica, puede apreciarse que la misma bomba que sirve para filtrar y bombear la solución de gelatina al tanque de almacenamiento, es la que se emplea para hacer circular el líquido durante las extracciones.

El trabajo mayor que ejecuta esta bomba es el de la filtración del primer extracto, operación que se debe hacer en una hora.

La velocidad del flujo será:

$$9900 + 49,5 = 9949,5 \text{ Lbs/hora.}$$

La viscosidad de la solución es de 5,81 centipoises.

Según la Carta de Perry (página 386) el diámetro más económico de tubería para esta clase de flujo es de 2 pulgadas.

Se usará tubería de acero inoxidable (Standard Stainless Steel 304 o 316) de una composición aproximada de:

18-20% Cr; 9-10% Ni; Fe hasta balancear; C máximo 0,08% para el 304. Se ha escogido esta clase de tubería porque posee propiedades que la hacen apta para estar en contacto con soluciones de gelatina sin que sufra contaminación (Perry página 1555).

Las especificaciones de esta tubería son:

Diámetro interno: 2,067 pulgadas

Área seccional interna: 0,0233 pies²

El número de Reynold será:

$$\text{Re} = \frac{2,067 \times 9950}{12 \times 3600 \times 0,0233 \times 5,81 \times 0,000672} = 5235$$

Proyecto de una Planta para la obtención de Gelatina comestible

Por lo tanto el flujo es turbulento y está bien aplicada la Carta de Perry para la escogencia del diámetro de tubería más económico.

Según el diagrama que aparece al final, la bomba además de ejecutar el trabajo de vencer la resistencia a través del filtro (50 lbs/pulgada² de caída de presión) debe enviar el líquido a través de una tubería que descarga en el tanque de almacenamiento.

La longitud total de la tubería de bombeo es:

Largo total del tubo de 2 pulgadas, 21,15 metros o sea	69,5 pies
Longitud equivalente a 5 válvulas de compuerta (c/u 1,32)		6,6 pies
Longitud equivalente a 4 Tees como codos (c/u 7,05)	28,2 pies
Longitud equivalente a 2 codos (c/u 3,55)	7,1 pies
Longitud total	111,4 pies

Según el teorema de Bernoulli (Elements of Chemical Engineering, Badger and Mc. Cabe, 2^a edición página 24) para un fluido que circula por una tubería entre dos puntos A y B movido por una bomba que ejecuta un trabajo w:

$$X_A + \frac{u_A^2}{2g} + \frac{P_A}{p_A} - F + w = X_B + \frac{u_B^2}{2g} + \frac{P_B}{p_B}$$

Para nuestro caso, a ambos lados, el de succión y el de descarga, la presión es la misma, la atmosférica; la densidad del líquido va a tener una variación despreciable; por lo tanto:

$$\frac{P_A}{p_A} = \frac{P_B}{p_B}$$

La velocidad inicial del líquido en la superficie de los tanques en donde se succiona es prácticamente 0; luego:

$$u_A = 0; \frac{u_A^2}{2g} = 0$$

La diferencia de niveles entre la superficie del líquido que se succiona y la descarga es de 0,90 metros aproximadamente o sea 2,74 pies, luego:

$$X_B - X_A = 2,74 \text{ pies}$$

Por el tubo de la descarga deben salir 9900 lbs/hr. a una velocidad:

$$U_B = \frac{9900}{3600 \times 62 \times 0,0233} = 1,9 \text{ pies/segundo}$$

$$\frac{U_B^2}{2g} = \frac{3,61}{2 \times 32,2} = 0,06 \text{ pies}$$

El término F (pérdidas por fricción) de la ecuación de Bernoulli para nuestro caso está compuesta de las siguientes partes:

Pérdida por contracción al entrar a la línea de succión:

$$\Delta H_c = \frac{k \times u^2}{2g}$$

$$u^2 \frac{9950}{3600 \times 62 \times 0,0233} = 1,91 \text{ pies/seg.}$$

k es una función de la relación de áreas e igual a 0,5 cuando esta relación es prácticamente cero como ocurre con el presente caso:

$$\Delta H_c = \frac{0,5 \times 3,65}{2 \times 32,2} = 0,028 \text{ pies}$$

Pérdida por fricción en la tubería; según Badger esta pérdida se encuentra con la ecuación:

$$\Delta H_f = \frac{u^2 L}{D} = F_i (\text{Re})$$

En el gráfico que hace el mismo autor, página 37, para un Re de 5235:

$$F_i (\text{Re}) = 0,00065$$

$$\Delta H_f = \frac{3,65 \times 111,4 \times 12 \times 0,00065}{2,067} = 1,53 \text{ pies}$$

Pérdida máxima a través del filtro prensa:

$$\frac{50 \times 144}{62} = 116 \text{ pies}$$

Pérdida total debida a la fricción:

$$F = 0,028 + 1,52 + 116 = 117,55 \text{ pies}$$

$$w (X_B - X_A) + \frac{u^2}{2g} + F = 2,74 + 0,06 + 117,55 = 120,35 \text{ pies}$$

$$\text{Presión: } 120,35 \times 62 = 7461,7 \text{ lbs/pie}^2$$

La cantidad de líquido que se mueve es:

$$\frac{9950}{62 \times 3600} = 0,0445 \text{ pies}^3/\text{seg.}$$

Potencia que consume el bombeo:

$$7461,7 \times 0,0455 = 332 \text{ lbs-pie/seg. o sea:}$$

$$\frac{332}{550} = 0,604 \text{ HP.}$$

Asumiendo una eficiencia de un 60% para el conjunto de motor y bomba, la potencia práctica del motor de la bomba será:

$$\frac{0,604}{0,6} = 1 \text{ HP.}$$

Este resultado está de acuerdo con la potencia requerida para una bomba que ejecute el mismo trabajo según la carta publicada por la Fairbanks, Morse and Co. (Unit Operations, G. G. Brown, página 186).

La bomba ha de ser de tipo sanitario y construída de acero inoxidable (Stainless Steel 316 o 304), con motor trifásico acoplado directamente.

Pérdida de calor durante el bombeo

Según Perry (página 475) el coeficiente combinado de transmisión de calor para convección y radiación y para tubos de acero expuestos al ambiente, es, interpolando entre los valores dados en la tabla, de 2,22 Btu/hora-pie² °F para un Δt de (140-75,2) °F.

Para el caso se desprecian las resistencias de la capa de líquido y de la pared metálica del tubo; luego

$$q = \Delta t \times (hc + hr) \times A$$
$$(140 - 75,2) \times 2,22 \times \frac{2 \times 3,14 \times 1}{12} = 74,7 \text{ Btu/hr-pie de long.}$$

La pérdida total será para el bombeo del primer extracto:

$$Q = 74,7 \times 69,5 = 5200 \text{ Btu.}$$

Como se ve, la pérdida de calor durante esta operación es muy pequeña y hace bajar la temperatura del líquido que llega al tanque de almacenamiento aproximadamente en unos 2°F; por lo tanto, no se justifica el aislamiento del tubo de conducción en toda su longitud, lo que además sería estorboso en las partes adyacentes al filtro, a la bomba y a los tanques extractores en donde hay que lavar frecuentemente todo el equipo; hay que resguardar solamente los 6 metros de tubo que quedan expuestos a la interperie.

El bombeo y filtrado de extracto de la segunda extracción (2475 libras) se debe llevar a cabo en la cuarta parte del tiempo empleado para el primero si se trabaja en las mismas condiciones.

Para este caso $(hc + hr) = 2,30$ (interpolando en la tabla de Perry).

$$\Delta t = 82,8 \text{ } ^\circ\text{F};$$

$$A = \frac{2 \times 3,14}{12} = \text{pies}^2$$

$$q = \left\{ \frac{2 \times 3,14}{12} \right\} \times 2,3 \times 82,8 = 99,7 \text{ Btu/hr-pie}$$

La pérdida total será:

$$99,7 \times 69,5 \times 0,25 = 1735 \text{ Btu.}$$

Cálculo del tanque de almacenamiento para la solución de gelatina

La solución de gelatina que se envía al secador tiene que tener una concentración y fluidez constantes durante toda la operación para que ésta pueda ejecutarse normalmente y para que el producto obtenido sea de una calidad uniforme. Es necesario, pues, tener un tanque acondicionado de tal manera que pueda asegurarse la uniformidad de las condiciones ya dichas.

El tanque de almacenamiento debe tener una capacidad tal que pueda almacenar el producto obtenido de las extracciones de 900 kilos de carnaza y un poco más de capacidad para margen de seguridad en aquellos casos en que haya necesidad de hacer alguna corrección en la concentración.

El material de que está construido el tanque es madera; se forma de tablones de 2,25 pulgadas de espesor; el recipiente es cilíndrico y vertical y posee aros de hierro que soportan la presión interna y mantienen unidos los tablones entre sí; su construcción es semejante a la de los tanques lavadores ya descritos. Las dimensiones del tanque son:

Diámetro: 2 metros

Alto: 2 metros

La capacidad total será:

$$\frac{3,14 \times 2}{4} \times 2 = 6,28 \text{ metros}$$

La solución se almacena a 60°C aproximadamente y para lograr esto, se inyecta vapor a 25 lbs/pulg² de sobrepresión a un tubo sumergido en el fondo y colocado en forma de serpentín.

El área de calentamiento del tubo del fondo del tanque la determina la velocidad de transmisión de calor que haya que establecer durante su uso; para mantener la temperatura constante a 60°C del tanque lleno hay que suministrar un calor igual al cedido al am-

biente por convección y radiación. Para calcular esta pérdida se sigue el mismo método empleado en los tanques extractores:

Pérdida a través de la pared lateral:

$$q \text{ Btu/hr} = \frac{k \times A \times \Delta t}{L}$$

en donde:

$$k = 0,15 \text{ Btu-pie/hr-pie}^2 \text{ } ^\circ\text{F}$$

$$A = \frac{3,14 \times 2,05 \times 2,0}{0,3048 \times 0,3048} = 138,5 \text{ pies}^2$$

$$\Delta t = (140-75,2) = 64,8^\circ\text{F}$$

$$L = 0,187 \text{ pies}$$

$$q = \frac{0,15 \times 138,5 \times 64,8}{0,187} = 7200 \text{ Btu/hora}$$

Pérdida a través de la tapa:

$$q = \frac{k \times A \times \Delta t}{L}$$

$$A = \frac{3,14}{0,3048} = 33,8 \text{ pies}^2$$

$$L = 0,187 \text{ pies}$$

$$\Delta t = 64,8 \text{ } ^\circ\text{F}$$

$$q = \frac{0,15 \times 33,8 \times 64,8}{0,187} = 1758 \text{ Btu/hora}$$

La pérdida a través del fondo es despreciable ya que el tanque va montado sobre una base de concreto de 30 centímetros de espesor; el flujo de calor perdido al ambiente cuando se mantiene el tanque lleno y a 60°C es:

$$Q = 1758 + 7200 = 8958 \text{ Btu/hora}$$

El área externa del tubo metálico que suministra el calor con un coeficiente de transmisión de calor 70 Btu/pie² × hr × °F será:

$$A = \frac{8958}{70 \times 123} = 1,04 \text{ pies}^2$$

Debido a la poca área necesaria, para lograr una distribución

mejor del calor, se emplea tubo de aluminio de ¼ de pulgada de diámetro externo con un área de 0,0654 pies²/pie de longitud. La longitud necesaria será de:

$$\frac{1,04}{0,0654} = 15,9 \text{ pies}$$

Es conveniente tener un margen de seguridad y poder disponer de más área de calentamiento para cualquier eventualidad que pueda presentarse y por ello debe colocarse una longitud mayor de tubería de calentamiento que por lo demás no va a representar un gasto inicial mayor demasiado grande; debe colocarse un 100% más de longitud de tubo o sea 9,70 metros aproximadamente.

Las variaciones de la temperatura en el tanque de almacenamiento pueden controlarse perfectamente desde los tanques extractores, dándole al extracto que se va a filtrar la temperatura apropiada para que llegue a la que sea más conveniente al tanque de almacenamiento; estas variaciones no se pueden predecir en su totalidad a partir de consideraciones teóricas y solo en la instalación ya montada y trabajando, podrán equilibrarse todos estos factores para obtener un funcionamiento del equipo lo más económico posible.

Por lo visto anteriormente se puede deducir la ventaja que resulta del uso de tanques de madera para el manejo de soluciones calientes dada la gran resistencia que ofrece la madera al flujo del calor; por esta razón y por su bajo costo inicial, sumado a una larga vida de servicio si se maneja con cuidado, he escogido este material.

Consumo de trabajo

La bomba trabaja durante los siguientes tiempos:

Haciendo circular el líquido en la primera extracción	8	horas
Filtrando el primer extracto	1	horas
Haciendo circular el líquido en la segunda extracción	2	horas
Filtrando el segundo extracto	0,25	horas
En trabajo de limpieza	1	horas
	<hr/>	
Tiempo total	12,25	horas

El consumo mensual de la bomba será:

$$1 \text{ HP} \times 0,7457 \text{ Kw/HP} \times 12,25 \text{ hr/extracción} \times 20 \text{ extracciones/mes} = 184 \text{ Kw-hr/mes}$$

Consumo de vapor

Calor necesario para mantener 8 horas en un tanque extractor y en el tanque auxiliar el primer extracto antes de filtrarlo: 10210 Btu/hr × 8 hr.	81680	Btu
Calor perdido durante el bombeo	5200	Btu
	<hr/>	
Total de calor perdido del primer extracto	86880	Btu

Proyecto de una Planta para la obtención de Gelatina comestible

Con base en 60°C, el extracto 2do. lleva un exceso de calor igual a: $2475 \text{ lbs} \times (158 - 140) ^\circ\text{F} \times 1 \text{ Btu/lb}^\circ\text{F}$ 44600 Btu
Calor que pierde el segundo extracto en el bombeo 1735 Btu

Calor neto sobre los 60°C del segundo extracto 42865 Btu

Para obtener el extracto total a 60°C aproximadamente en el tanque de almacenamiento, ha habido que suministrar: $86880 - 42865$ 44015 Btu

Para lavar el equipo se usa agua caliente a 70°C; estimada la cantidad necesaria en la capacidad de un tanque extractor (5550 lbs), el calor necesario para calentarla es: $5550 \times 1 \times (158 - 75.2)$ 460000 Btu

Libras de vapor totales consumidas a 25 lbs/pulgadas de sobre-presión:

$$\frac{460000 + 44015}{936,3} = 538 \text{ lbs.}$$

El consumo de vapor por mes será:

$$538 \text{ lbs/extracción} \times 20 \text{ extracciones/mes} = 10.760 \text{ lbs/mes.}$$

SECADO

La solución de gelatina proveniente de los extractores ya filtrada, está muy diluída y hay necesidad de llevarla a sequedad para remover la enorme cantidad de agua que posee. Cualquier método que se emplee debe tenerse en cuenta que al ejecutar la operación hay que procurar lo siguiente:

a) La operación no debe hacer en el menor tiempo posible porque la solución de gelatina es un medio excelente para el crecimiento de bacterias y cuanto más demore en ejecutarse el secado, mayor peligro se correrá de que ocurran infecciones.

b) La temperatura a la cual se ejecuta el secado, debe ser tal que no se perjudiquen las propiedades de la gelatina seca; si la temperatura es demasiado alta, aumenta la dilatación de la molécula y el producto tiende hacia las características de la cola, o al menos, su color se oscurece y disminuye su poder de gelatinización.

c) La forma en que se obtenga el producto resultante es de gran importancia; la gelatina pulverizada tiene mejor aceptación que el producto laminado y por ello, debe procurarse que al secar la solución, se obtenga un sólido pulverizado o al menos en un estado tal que su molienda sea fácil.

Para el secado de las soluciones de gelatina se han ensayado y empleado industrialmente los siguientes métodos:

Túnel secador

Está formado por un túnel de muros de material aislante del calor y provistos de un enrielado a todo lo largo del túnel encima del cual se colocan carros en los que a su vez van redes que llevan hojas de gel sólido de gelatina; las redes se colocan espaciadas entre sí para permitir la libre circulación del aire.

Los carros circulan por el túnel en dirección opuesta a una corriente de aire caliente que entra por el otro extremo; la temperatura del aire al entrar al secador debe ser de 40°C. y no mayor porque de lo contrario el gel sólido de gelatina se licúa. En las redes, que usualmente se construyen de aluminio, aleaciones de aceros inoxidables o fibras de algodón, se colocan tajadas congeladas de 6 pies de largo, 2 pulgadas de ancho y media pulgada de espesor.

Los túneles secadores se construyen por lo general de 70 pies de largo y el tiempo de secado varía entre 16 y 30 horas, dependiendo de la concentración del producto; el aire que se hace circular por el túnel debe estar filtrado para evitar contaminación de bacterias y se calienta por medio de serpentines de vapor a través de los cuales circula antes de entrar al túnel.

El uso de un túnel secador exige también el uso de un cuarto frío en el cual se lleven hasta 4°C las soluciones de gelatina colocadas en moldes para solidificarlas y poderlas cortar, operación que se hace o manualmente o automáticamente cuando se dispone de un túnel enfriador muy usado para grandes instalaciones. Por este túnel, circula una banda sin fin de caucho en donde se extiende la solución de gelatina a un lado y por el otro sale congelada e inmediatamente se parte en tajadas que caen sobre las redes en las cuales se llevan al túnel secador.

El túnel secador cumple con el requisito de poseer una temperatura de secado baja, regulable a voluntad; el tiempo que se gasta en secar un extracto normal (de una concentración entre el 8 y el 10% en peso de gelatina), es largo, y a menos que se filtra muy bien el aire, y se tenga gran cuidado en el manejo de la solución, pueden presentarse trastornos serios por infecciones de la gelatina. Posee el túnel secador las desventajas de dar un producto en hojas que hay necesidad de molerlo y requiere mucha operación manual (para retirar el material de las redes, colocarlo en ellas etc.).

Con todo, el túnel secador ha sido el aparato más usado hasta hoy en la producción de gelatina comestible, pero rápidamente está perdiendo uso para ser reemplazado por otros sistemas más ventajosos.

Tambor rotatorio

Este es un procedimiento por el cual el extracto de gelatina filtrado se evapora al vacío hasta una concentración adecuada y luego se esparce en la superficie de un tambor o rueda giratoria (de 20 pies de diámetro por lo general) colocado entre una cámara de vacío;

el tambor se calienta por su interior con vapor y la solución de gelatina que cae en su superficie, se seca y al cabo de una revolución se raspa por medio de una cuchilla. Este método produce gelatina en forma de hojas pero posee la ventaja sobre el túnel secador, de tener un tiempo más corto de secado aunque exige una concentración previa del extracto en un evaporador al vacío.

Secador de dispersión

Los aparatos que secan por atomización forman una dispersión muy grande del estado líquido dentro de una zona de gases calientes, en donde hay una gran evaporación del disolvente, el cual se separa en una cámara del producto seco. Debido a que este tipo de secador posee grandes ventajas sobre los demás, como se verá en la explicación detallada de sus características que sigue a continuación, para la planta de gelatina que se planea, se usará un secador de este tipo.

En todo aparato de esta clase, hay que ejecutar las operaciones de atomización o dispersión de la solución; mezcla del líquido atomizado con los gases calientes; secado de las gotas de líquido y separación del producto seco. Para la atomización se emplean 3 clases principales de aparatos: boquillas, discos rotatorios y atomizadores con boquilla para dos fluidos. Los tipos de dispersadores, producen gotas de líquido cuyo tamaño puede variar entre dos micrones y 500 micrones como máximo de diámetro; por la forma misma como están contruídos los discos rotatorios, son más aptos para el manejo de líquidos con sólidos en suspensión, los que taparían una boquilla a su paso por ella; a esto se debe, que las boquillas se usen especialmente para soluciones bien filtradas como ocurre con el caso de la gelatina.

Las boquillas de atomización efectúan esta operación forzando el líquido para que salga a gran presión por un orificio muy pequeño; se emplean presiones entre 400 y 10.000 lbs/pulgada y tamaños de orificios entre 0,013 y 0,15 pulgadas de diámetro; el desgaste por fricción en las boquillas es muy rápido y para evitarlo, debe filtrarse bien la solución; por eso, como ya se dijo antes, la solución debe pasar por un medio filtrante tupido, con lo cual se evitará, fuera del desgaste, interrupciones en el trabajo por obstrucción de la boquilla, mal aspecto del producto, daños en las válvulas de la bomba de presión etc.

Para un tamaño de orificio en la boquilla de atomización y una presión determinada que den resultados satisfactorios, la cantidad de producto atomizado por unidad de tiempo no puede variarse a voluntad aumentando o disminuyendo la presión porque resultarían partículas más finas o más grandes de las deseadas, dañando así la uniformidad del producto seco. Esta desventaja de la inflexibilidad de las condiciones de trabajo, a menos que se disponga de boquillas auxiliares, hace necesario que se ponga gran cuidado a la selección del aparato apropiado para el uso que se requiere y que hasta donde sea posible, los ensayos previos que se efectúen para esta selección, se rea-

licen en un aparato de las mismas características y ojalá de las mismas dimensiones del que se va a usar en la fábrica.

Una de las ventajas principales de esta clase de secadores, es que producen partículas esféricas de producto seco, cosa que no puede obtenerse con ningún otro secador; la partícula seca puede ser sólida o hueca, característica que depende del material, el modo como se alimenta y las condiciones de secado; la gelatina por lo general se presenta en forma de partículas huecas cuando se seca en esta clase de secadores, debido a que en el primer contacto de la gota con los gases calientes, se seca su superficie y el líquido que queda por dentro se evapora en seguida haciendo expandir la pequeña esfera hasta reventar o al menos dejarla hueca por dentro; esta característica es muy valiosa en el caso de la gelatina puesto que por ello aumenta la facilidad y velocidad de su disolución en agua aún a temperaturas bajas.

Las propiedades físicas del producto obtenido (densidad aparente, pulverización etc.), varían dentro de límites muy amplios según la temperatura de la alimentación y su contenido de sólidos disueltos, principalmente por lo que es muy importante mezclar siempre los extractos de gelatina primero y segundo, y llevarlos siempre a una misma concentración y temperatura antes de atomizarlos.

La densidad aparente de producto seco, es de gran importancia en la gelatina comestible, porque de ella depende el costo de empaques para un peso determinado de producto, pero al mismo tiempo no debe quedar con una densidad muy grande para no restarle apariencia y facilidad de disolución cuando se obtengan partículas muy grandes; hay que tratar de equilibrar estos factores.

Los secadores por dispersión poseen las ventajas de ejecutar el secado en un tiempo muy corto (menos de un minuto por lo general); son aparatos especiales para el secado de productos sensibles al calentamiento como la gelatina, ya que las gotas de líquido permanecen frías, cuando se encuentran en la zona de los gases calientes por el calor que les quita la evaporación del agua que contienen y cuando están secas se encuentran ya en una zona en donde los gases están fríos por la evaporación, por lo cual desaparece el peligro de sobrecalentamiento.

Basado en las observaciones que hace Perry respecto al diseño de aparatos secadores por dispersión ("La determinación de las características de secado por dispersión de un material dado, es empírica casi en su totalidad y aunque es posible obtener información cualitativa valiosa en equipos a pequeña escala, es aconsejable, siempre que sea posible, confirmar tales datos en un secador de tamaño comercial"), he preferido no hacer cálculo en cuanto a diseño del aparato se refiere. En estos casos es el comprador quien debe someterse a las características del equipo fabricado normalmente so pena de pagar por equipo especial costos adicionales muy elevados.

En casos como el presente, lo mejor, es pedir a las distintas casas fabricantes los datos referentes al equipo que construyen y que más se aproxime a las necesidades que se tengan; para poder pedir

dichos datos, se deben dar a los posibles vendedores del equipo las siguientes especificaciones:

- a) Capacidad necesaria;
- b) Contenido inicial de humedad de la solución;
- c) Contenido final del producto;
- d) Temperatura permisible para los gases que entran;
- e) Temperatura de salida de los gases;
- f) Método de atomización;
- g) Datos físicos y químicos de la solución que se va a tratar y del producto obtenido.

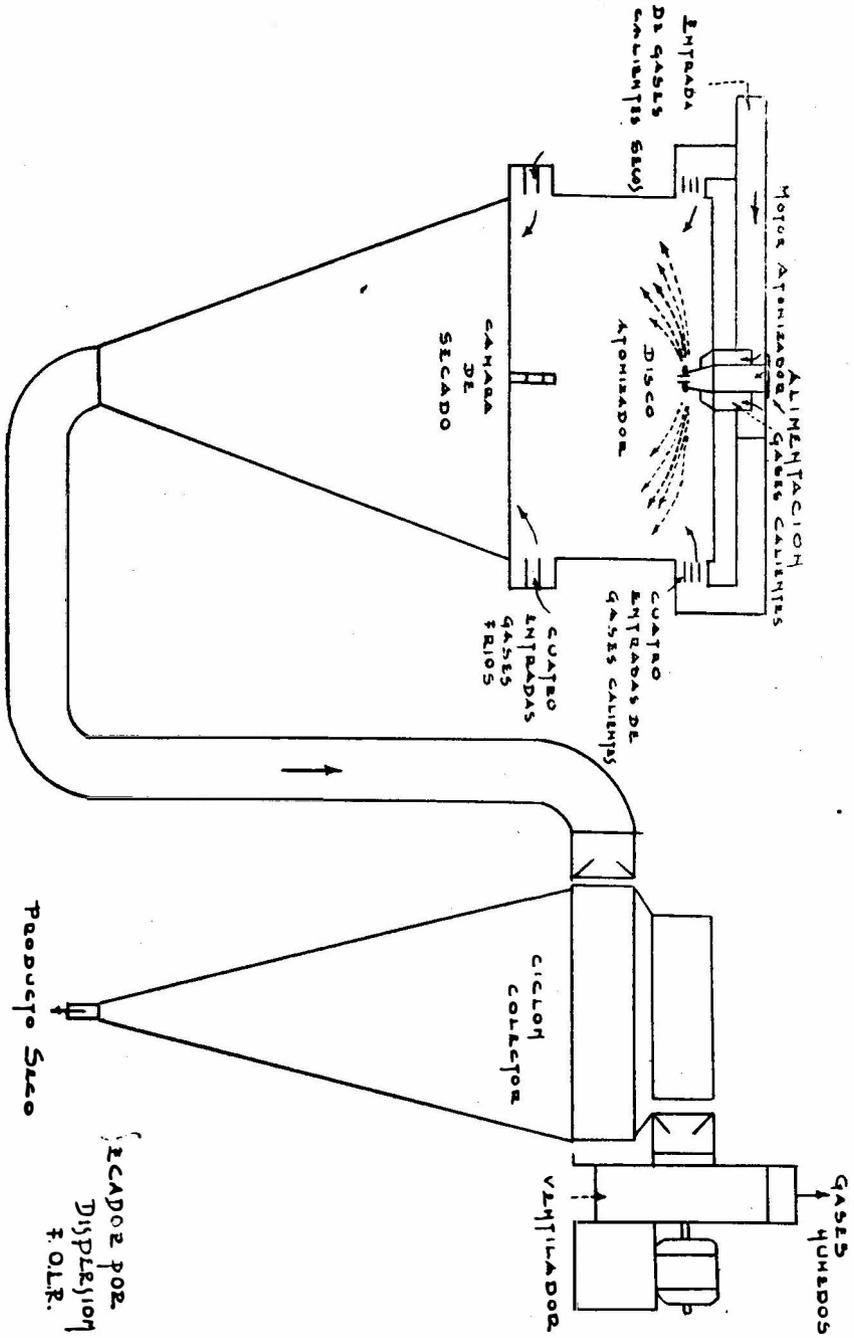
Para determinar el tamaño del secador necesario para la producción planeada se pidió a distintas casas fabricantes de este equipo, datos respecto a su funcionamiento y costo, para lo cual se suministraron los siguientes datos:

Capacidad diaria de alimentación	12375 lbs.
Porcentaje de sólidos en la alimentación	8% en peso
Porcentaje de sólidos en el producto seco	90% en peso
Producto seco obtenido por día: 12.375×0.08	990 lbs.
Producto obtenido (10% humedad) diario	1100 lbs.
Cantidad de agua evaporada por día	11275 lbs.

La casa Swenson Evaporator Co. de EE. UU., informó que el equipo que ellos producen, en el cual se dispersa la solución a través de una boquilla atomizadora, ejecuta el trabajo de secado de soluciones de gelatina y cola sin mayores dificultades, pero que el sólido obtenido no posee buenas características para hincharse y disolverse en agua, motivo por el cual esta clase de aparatos se encuentra en fase de estudio respecto a su aplicación a esta clase de productos.

La casa Bowen Engineering Inc. de EE. UU., construye un secador por dispersión del tipo de disco rotatorio que según los informes suministrados se adapta perfectamente al secado de soluciones de gelatina de la concentración y características de la que se necesita secar.

Para ejecutar la operación económica hay que usar con una alimentación de 12375 lbs. por día, un secador de 12 pies de diámetro en la cámara de secado. La unidad ofrecida viene equipada con calentadores de aire (para este caso, el calentamiento del aire se hace por medio de un radiador de vapor), cámara de secado, conductos de aire, equipo de atomización, equipo para recolectar el producto, y ventilador para mover los gases. El costo aproximado de una de estas unidades es de \$ US 40.000,00 si se construye de acero común y de \$ US 30.000,00 si el material es de acero inoxidable. A continuación aparece un diagrama de uno de estos aparatos:



Proyecto de una Planta para la obtención de Gelatina comestible

Con base en datos publicados en Perry, para un secador por dispersión que trabaje con una solución de una concentración aproximadamente igual a la que se va a secar y con gases secadores a una temperatura entre 260 y 270°F (la más usual para productos alimenticios sensibles al calor), el gasto total de calor para evaporar una libra de agua es de 1225 Btu. Este dato solo sirve para fijar un consumo de calor solamente y puede variar con el diseño definitivo del aparato que se compre. El gasto total de calor al día será:

$$1225 \times 11275 = 13'811.875 \text{ Btu.}$$

El gasto de vapor por día será, usándolo a 100 lbs/pulg² de sobrepresión (o sea haciéndolo condensar a una temperatura de 336,2°F para la presión atmosférica de Medellín):

$$\frac{13'811.875}{881,5} = 15669 \text{ lbs/día.}$$

En el mes será:

$$15669 \times 20 = 313.380 \text{ lbs.}$$

El consumo de energía eléctrica con un total de 15 HP para el secador (dato aproximado para un aparato de este tamaño) será al mes:

$$15 \text{ HP} \times 0,7457 \text{ Kw/HP} \times 16 \text{ Hrs/secado} \times 20 \text{ secados/mes} = 3580 \text{ Kw Hora/mes}$$

El consumo de trabajo humano será:

$$2 \text{ hombres} \times 16 \text{ hrs/secado} \times 20 \text{ secados/mes} = 640 \text{ hombres hr/mes}$$

El gasto de vapor del secador es a una velocidad de:

$$\frac{15669}{16} = 978 \text{ lbs/hora}$$

PRODUCCION DEL VAPOR — SUBPRODUCTOS — CONTROL DE LA PRODUCCION — SITUACION Y DISPOSICION GENERAL DE LA FABRICA

Producción del vapor

Como se deduce de los cálculos anteriores el consumo de vapor en la fábrica es continuo durante 24 horas diarias; la velocidad del consumo es variable a distintas horas, lo mismo que la presión a la cual se usa.

La potencia de la caldera necesaria está determinada por el valor de la velocidad máxima de suministro de calor. El gasto de mayor vapor ocurre cuando se está trabajando el secador normalmente con un consumo de 978 libras/hora (a 100 lbs/pulgada cuadrada de

sobrepresión) y además se está empezando una extracción, para lo cual hay que suministrar vapor a razón de 767 lbs/hora (a 25 lbs/pulgada cuadrada de sobrepresión); esto da una velocidad máxima de consumo de 1745 lbs/hora con una presión máxima de 100 lbs/pulgada cuadrada de sobrepresión.

Según datos publicados por la casa constructora de calderas automáticas Cyclotherm Corporation, una caldera de 50 HP para trabajar a una presión de 100 lbs/pulgada², es capaz de suministrar aproximadamente 1745 lbs. de vapor por hora a esta presión; por lo tanto, de esta potencia será la caldera necesaria, la cual debe preferirse de funcionamiento automático para evitar hasta donde sea posible mantener un obrero a su cuidado.

Subproductos

El subproducto resultante de la producción de gelatina es un material sólido que contiene proteínas y por lo tanto, su contenido de nitrógeno lo hace apto para usarlo como abono. Debido a que se obtiene muy húmedo y por lo tanto muy propenso a las infecciones bacterianas, este residuo se debe secar rápidamente después de obtenido y ojalá en un lugar apartado de la producción de gelatina para evitar contaminaciones en caso de que haya alguna putrefacción.

La producción mensual de subproducto seco es de 1900 kgms; por ser tan pequeña la producción, no se justifica un aparato especial para secarlo; basta un túnel construido de adobe y provisto de mallas tupidas de anejo sobre las cuales se pone el residuo; a lo largo del túnel se hace circular aire caliente por medio de un ventilador; el calentamiento del aire, puede hacerse aprovechando parte de los gases calientes de la chimenea que pueden absorberse, o por medio de un pequeño radiador de vapor.

Control de la producción

El control de la producción en la fábrica debe estar a cargo del laboratorio de la misma, el cual debe estar dotado para poder llevar a cabo todos los ensayos necesarios para averiguar: la pureza bacteriológica y química de las materias primas y del producto; las características físicas de la gelatina obtenida; el rendimiento de los procesos de encalado y extracción, y en general, el funcionamiento eficiente de la fábrica.

Examen bacteriológico

En el campo bacteriológico se debe ser estricto hasta el punto de ajustar el producto a una pureza igual a la exigida por la Farmacopea de los Estados Unidos, lo que puede conseguirse trabajando con materias primas sanas y con gran cuidado en el caso de la fábrica, lo cual hace necesario el empleo de un lavado semanal minucioso con agua caliente de todo el equipo, y una desinfección periódica con solución de hipoclorito de sodio u otro agente desinfectante bueno.

El procedimiento que debe seguirse para el examen bacterio-

lógico es el método de la farmacopea ya mencionada (XII edición, página 556); allí se dan las instrucciones detalladas de lo que se debe hacer, y expresados los resultados en término de bacterias por gramo de gelatina, su número no debe ser mayor de 10.000. Igualmente los micro-organismos *Escherichia Coli* no deben estar presentes en 10 gramos de gelatina o menos. Para la carnaza se procederá a hacerle un examen ocular cuidadoso para cerciorarse de que no hay putrefacción y en caso de duda, se le debe hacer el examen microscópico. El agua empleada en la fábrica debe ser potable, ello es, excenta de bacterias perjudiciales y además la de la alimentación de la caldera debe ser de una dureza no mayor a 50 ppm para evitar incrustaciones.

Examen químico

El análisis químico de la materia prima debe dirigirse a la averiguación de la presencia o ausencia de sales inorgánicas venenosas, principalmente compuestos de arsénico, los que se averiguan según simples pruebas cualitativas de este elemento. El análisis del producto acabado servirá para poder informar a los compradores de su pureza y de si se ajusta a las normas establecidas por los organismos que vigilan la pureza de los productos alimenticios; es importante también un análisis químico de la gelatina para investigar posibles contaminaciones por corrosión del equipo empleado, que pueden ser frecuentes si no se guardan las normas precisas para el ajuste del pH de las soluciones.

Las determinaciones más importantes que hay que hacer son las de arsénico, sulfitos (si acaso se ha empleado ácido sulfuroso en el proceso) y metales pesados; los métodos que deben seguirse para estas determinaciones son los de la Farmacopea de los EE. UU. (página 197) o los de "Official and Tentative Methods of Analysis of the A.O.A.C." 2ª edición, página 255.

Examen físico de la gelatina

El valor comercial de la gelatina depende en gran parte de las características físicas de sus soluciones acuosas para actuar como coiloide protector, como espesador de soluciones y como producto que, al enfriarse su solución, dé un gel sólido rígido.

Para valorar estas cualidades de la gelatina comestible, existen aparatos y métodos especiales desarrollados por el comité nacional de fabricantes de gelatina de los EE. UU. que son los que actualmente se usan. Es necesario tener en el laboratorio de la fábrica el equipo que estas pruebas requieren. Las instrucciones detalladas de estas determinaciones las suministran los fabricantes de estos aparatos y también se encuentran en "Allen's Commercial Organic Analysis" 5ª edición, Vol. X, página 175.

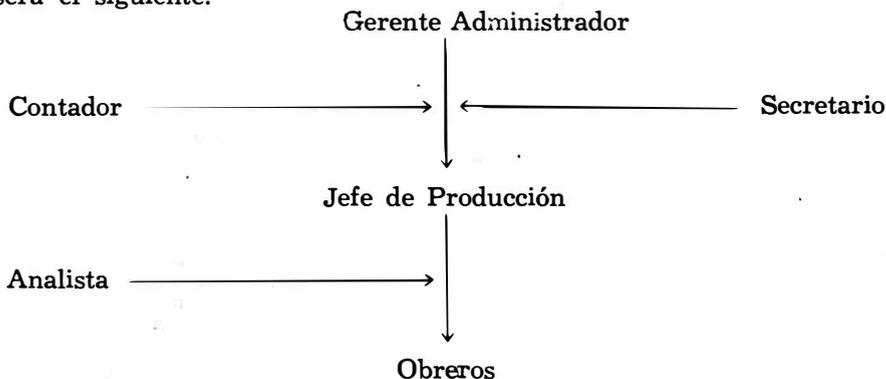
El laboratorio de la fábrica debe llevar un control permanente del encalado, haciendo ensayos en pequeña escala con muestras representativas de cada lote de carnaza, para establecer el tiempo óptimo de duración del proceso; igualmente, debe atender al control del

pH en cada uno de los procesos, lo que como ya se vio, es un factor definitivo en el rendimiento y la calidad de la producción.

Organización de la empresa

Por tratarse de una empresa pequeña en la cual se fabrica un solo producto y donde el número de obreros es reducido, basta para su marcha correcta una organización del tipo militar simple.

El personal de empleados necesario para dirigir la empresa será el siguiente:



Las funciones del gerente administrador serán las de la dirección general de la fábrica: atender a la compra de materias primas de acuerdo con las necesidades de la producción para lo cual estará informado continuamente por el jefe de la producción, el cual suministrará todos los datos técnicos referentes a la calidad de las muestras de las materias primas directas e indirectas que se vaya a comprar; atender a la venta del producto para lo cual el jefe de producción le suministrará también todos los datos necesarios; debe atender a la financiación de la empresa y poner todos los medios adecuados para su normal funcionamiento comercial.

Las funciones del jefe de producción serán: manejar el personal de obreros de la fábrica; controlar la producción enterándose de su marcha normal por medio de los informes de laboratorio que le suministre un analista que le ayuda y por medio de la observación personal de cómo se efectúan todas las operaciones unitarias y procesos, a fin de que se hagan con el máximo de rendimiento y economía; debe ordenar todas las pruebas de laboratorio que crea convenientes y rendir al gerente administrador informes de las necesidades para el abastecimiento de las materias primas.

Además de los obreros ya mencionados en cada sección, se necesitan al menos tres obreros más que atiendan al manejo de la caldera durante las 24 horas del día, cada uno con un turno diario de 8 horas; es posible siembargo, durante el período en que la caldera trabaja suministrando poco valor y aún durante todo su trabajo nocturno, que sea vigilada en su funcionamiento por el obrero encargado

del manejo de los extractores o del secador, siempre que la unidad sea de funcionamiento automático lo cual debe procurarse para obtener mayor economía de mano de obra.

En el precio de costo del vapor necesario para la producción, debe incluirse el valor de los jornales de los obreros de la caldera, teniendo en cuenta su mayor valor por concepto de horas de trabajo nocturnas. Además de los obreros de la caldera, se necesita un obrero para la vigilancia de la fábrica.

Situación de la fábrica

Para la producción de gelatina se emplea una materia prima, la carnaza, cuyo valor es muy bajo comparado con su peso y por lo tanto, no resiste un transporte demasiado largo antes de llegar a la fábrica sin una elevación exagerada del costo; hay que considerar también que el 50% del peso de la materia prima va a ser material inútil, casi en su totalidad; por ello, uno de los factores decisivos que deben determinar la situación de la fábrica de gelatina, es su cercanía a las fuentes de suministro de carnaza y pieles. La plaza de Medellín o sus cercanías ofrecen la ventaja de poder surtir las necesidades de la producción y un futuro ensanche ya que son varias las instalaciones de curtimbres que producen la carnaza en gran cantidad.

El mercado de consumo de la gelatina producida es otro factor que debe decidir la situación de la fábrica; Medellín ofrece la ventaja de ser una buena fuente de consumo por las fábricas que tiene de productos alimenticios que consumen gelatina, pero ventajas semejantes ofrecen otras ciudades del país; sin embargo, dado el elevado precio de la gelatina, resiste el recargo de valor por concepto de transporte hacia otros lugares de consumo sin que quede su precio de venta a un valor exagerado.

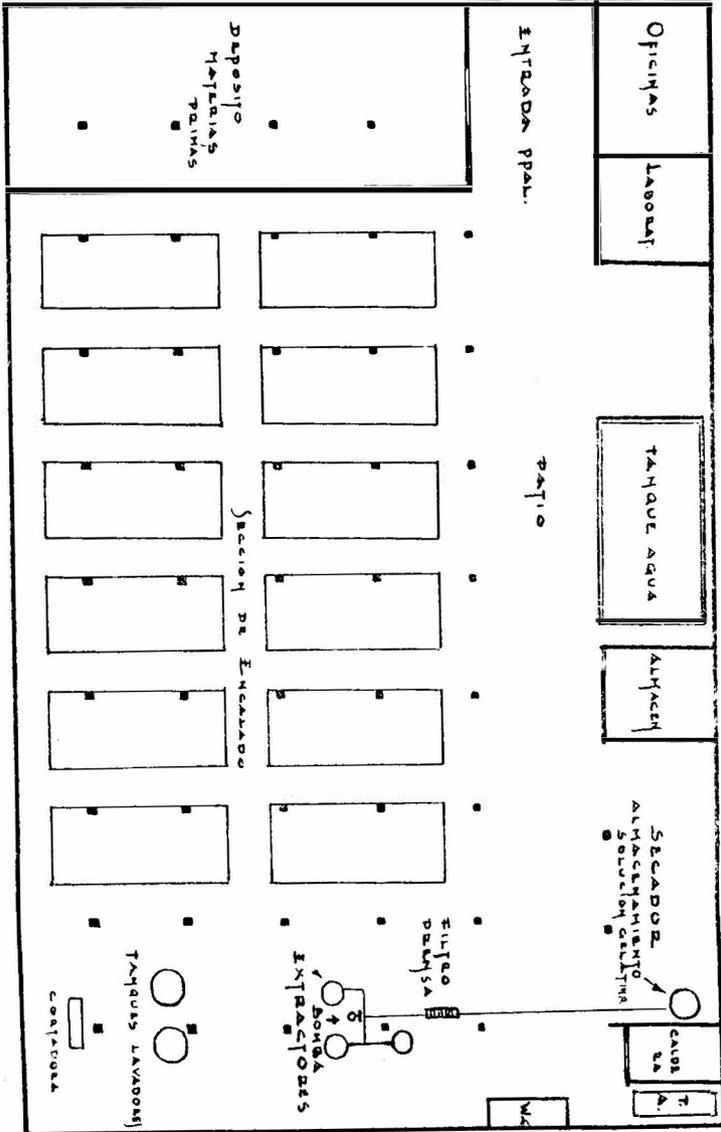
La mano de obra que requiere la producción es muy reducida así que ella fácilmente se consigue; las facilidades de transporte de Medellín a otras ciudades no son muchas, aunque no debe decidir en ello la situación de la fábrica ya que se cuenta con el recurso del transporte aéreo del cual puede echarse mano en una emergencia sin que ello represente un costo excesivo.

Los demás factores que deciden la localización de la fábrica como son combustibles, energía eléctrica, facilidades bancarias etc., son favorables para escoger a Medellín para su situación aunque posee el enorme inconveniente de tener un suministro de agua bastante malo, que de no subsanarse completamente, o porque el servicio del acueducto se mejore o porque se consiga agua en abundancia y de buena calidad en algún municipio cercano del valle de Medellín, será imposible tratar de hacer funcionar con éxito una planta de gelatina.

Si el agua de que se dispone está contaminada de bacterias y por ello se presentan dificultades en el proceso o el producto no se obtiene de la pureza requerida, deben instalarse aparatos estilizadores del agua que se usa en el proceso de la extracción y aún en la operación de lavado. La casa Sepco, (E.E. U.U.), produce aparatos estili-

zadores de luz ultravioleta que son capaces de tratar unos 36 metros cúbicos diarios c/u. con un consumo de energía eléctrica tan reducido que no afecta en mucho el costo de producción.

En el plano de distribución general de la fábrica que aparece a continuación, se puede ver la situación del tanque de almacenamiento de agua el cual puede hacerse del tamaño que se quiera según las necesidades determinadas por la constancia de las fuentes de suministro de agua del lugar en donde esté situada la planta.



DISPOSICION GENERAL DE LA FABRICA DE GELATINA COMESTIBLE

—Localización de los aparatos principales—

SECCION ECONOMICA

El establecimiento de una industria nueva en un medio como el nuestro en donde los mercados de consumo son inciertos y las estadísticas aún son bastante deficientes, debe ser motivo de un estudio detenido y cuidadoso; en este caso se trata de un artículo alimenticio que por su misma índole, su consumo naturalmente tiende a aumentar y nunca a disminuir.

Las fuentes de consumo de gelatina, están al presente en aumento continuo de su capacidad consumidora como lo prueba el siguiente cuadro estadístico de importación al país de gelatina comestible sin preparar:

Importación de gelatina en cualquier forma, sin preparar Años 1946 a 1950 inclusivos. Numeral estadístico 248-1:

Años	Artículos	kilos brutos	kilos netos	Valor Cif. pesos	Valor Cif. pes/kgm.
1946	— Gel sin prep.	21.799	18.934	43.490	2,30
1947	— Gel sin prep.	74.307	62.902	132.831	2,11
1948	— Gel sin prep.	51.196	45.031	104.417	2,32
1949	— Gel sin prep.	26.945	24.932	76.857	3,08
1950	— Gel sin prep.	64.467	60.138	181.611	3,02

Como puede verse, la importación tuvo un descenso a partir del año de 1947 hasta el de 1949, pero en 1950, subió a 2,41 veces la cantidad del año inmediatamente anterior; fenómeno semejante ocurrió al pasar del año de 1946 al de 1947 en donde el aumento fue de 3,28 veces la cantidad del 46 para dar en el 47 un total importado superior en 2764 kilos a la cantidad de 1950.

Como puede observarse, no puede deducirse que este fenómeno de aumento fuerte de la importación cada 3 años después de un período consecutivo de disminución, sea cíclico, dado el estrecho lapso de tiempo que abarcan estas estadísticas; más bien, debe haber sido producido por causas anormales de los mercados extranjeros, los cuales tuvieron una variación semejante para los mismos años, en la compra de materia prima nacional para elaborar gelatina. (El dato de que la carnaza exportada se dedica a la manufactura de gelatina fue suministrado por uno de los exportadores más importantes). Lo demuestra así el siguiente cuadro de exportación de carnaza.

Exportación de carnaza de res, años 1946 - 1950 Numeral estadístico 72-2

	kilogramos brutos	kilogramos netos	Val. Fob. pesos	Val. Fob. pes/kgms.
1946 - Car. de res	753.244	753.168	419.521	\$ 0.56
1947 - Car. de res	628.558	627.685	350.971	\$ 0.57
1948 - Car. de res	578.092	575.498	221.646	\$ 0.39
1949 - Car. de res	719.975	719.975	348.490	\$ 0.48
1950 - Car. de res	1.091.764	1.091.464	362.008	\$ 0.33

Hay que anotar, que mientras el precio de venta de la carnaza ha disminuído, el precio de la gelatina ha aumentado considerablemente a partir de 1946.

Según lo anterior, lo más probable, es que el aumento de importación de ge'atina en el año pasado, se deba a que en ese año se establecieron en el país nuevas fábricas de productos alimenticios que consumen gelatina. Es de esperar que el aumento del consumo siga creciendo durante el presente y los años venideros y que sea más ventajoso para el país elaborar aquí las materias primas cuyo precio de venta al exterior ha disminuído y no así el precio de compra del producto.

La capacidad de la planta planeada, 120 toneladas anuales, es exagerada a no ser que el consumo siga con la rata de aumento de los 2 años anteriores, pero no hay que perder de vista la posibilidad de exportar gelatina a los países compradores de la carnaza siempre que se ajuste a las normas corrientes del producto y se haga en un equipo moderno con bajo costo de producción, hecho por el cual se ha seleccionado el equipo ya descrito, que es el que demanda el mínimo costo de funcionamiento.

Costo

El costo de la gelatina manufacturada puede predeterminarse de los datos ya obtenidos en los capítulos anteriores. El costo primo del producto, o sea aquel que resulta de la suma de los valores de la materia prima directa y de la labor directa empleada, aparece en seguida para 10 toneladas de producto acabado o sea para un mes de trabajo continuo.

Labor directa

Depósito y manejo de materias primas	192 hombres-hra
Preparación de la materia prima	576 hombres-hra
Extracción	768 hombres-hra
Secado y empaque	640 hombres-hra
Total labor directa	<u>2176</u> hombres-hra

Consumo directo de energía eléctrica

Agitadores	1193 Kw-hora
Cortadora	2386 Kw-hora
Bomba	184 Kw-hora
Secado	3580 Kw-hora
Total de la energía eléctrica	<u>7343</u> Kw-hora

Consumo de vapor

	Vapor a 25 lbs/pulg. de sobrepresión	Vapor a 100 lbs/pulg. de sobrepresión
Extracción	22080 lbs	
Almacenamiento	10760 lbs	
Secado		313380 lbs
Consumo total	<u>32840 lbs</u>	<u>313380 lbs</u>

Consumo de materias primas

Carnaza	18000 kilogramos
Cal	2700 kilogramos
Agua estimada aproximadamente	2270 mts. cúbic.

Al valor del costo primo, hay que sumarle los gastos de manufactura: gastos en el pago de los demás empleados; transportes, tiempos perdidos, depreciación, reparaciones, seguros, intereses, gastos de herramientas, gastos en agua, luz y teléfonos, trabajo experimental y costo de material perdido, para obtener el costo de fábrica. El costo de fábrica, sumado a los gastos de ventas, da el costo total del producto. Para el presente caso, no hay necesidad de distribuir ninguno de estos gastos puesto que se produce un solo artículo y a él se le pueden cargar todos.

Como puede apreciarse, tanto el costo primo como los demás factores que afectan el costo de fábrica están sujetos a variaciones muy grandes con el tiempo; no es posible expresar un costo en pesos de una manera aproximada, a menos que se haga una valoración, en el momento necesario, de los diversos factores anotados.

Para este caso y para una producción de 10 toneladas de gelatina, con los precios aproximados que hoy tienen los distintos gastos, el costo de fábrica, con base en un capital invertido de \$ 250.000,00, es de \$ 20.000.00.

El costo anterior está hecho con un criterio tal, que su variación en la práctica, sea de tal manera que pueda hacerse disminuir considerablemente con una buena administración y con precios de compra de carnaza favorables. (Para el costo hecho, el precio de compra para la carnaza se asumió en \$ 0.50 el kilogramo).