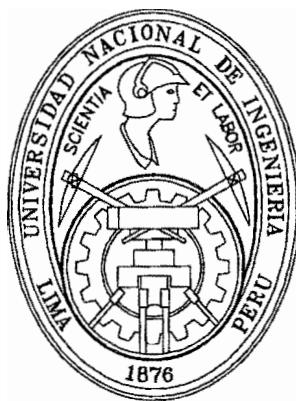


UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA Y
MANUFACTURERA



RECUPERACIÓN DE AZUCARES EN EL EFLUENTE PRODUCTO DE
LA FERMENTACIÓN DE LEVADURA PARA PANIFICACIÓN

INFORME DE SUFICIENCIA

Para optar el título profesional de:

INGENIERO QUIMICO

POR LA MODALIDAD DE ACTUALIZACIÓN DE
CONOCIMIENTOS

PRESENTADO POR:

CESAR ALBERTO VEGA ROSALES

LIMA – PERÚ

2002

**RECUPERACIÓN DE AZUCARES EN EL
EFLUENTE PRODUCTO DE LA
FERMENTACIÓN DE LEVADURA PARA
PANIFICACIÓN**

RESUMEN

El creciente mercado peruano de levaduras y el incremento de la competencia por parte de otras marcas, ha permitido una baja sustancial en el precio de venta del producto; siendo este preponderante a la hora de compra por parte del panadero. Por ello las empresas se han visto obligadas a incrementar su eficiencia de producción.

La industria de la panificación peruana está comprendida entre dos productores, levaduras RED STAR del PERU y levaduras FLEISHMAN, el proceso de obtención de la misma es muy similar en ambos casos. El presente informe buscará aportar en la optimización del proceso de fermentación, mediante la recuperación de la corriente que se desecha al desague, esto dependerá del tipo de semilla, así como características del producto final.

Dentro de la optimización del proceso, es posible reducir el tiempo de fermentación, reducir la cantidad de materias primas e insumos, pero también podemos recuperar parte de lo que es arrojado al desague; ya que esta corriente contiene una cantidad considerable de recursos aun utilizables, como los azúcares y nutrientes para la levadura, es en este punto donde nos centraremos

El informe pretende al comienzo dar el alcance teórico suficiente, para luego conocer el proceso de obtención de levadura y centrarnos en el análisis e identificar las oportunidades de optimización del proceso; terminando con la evaluación e implementación de la alternativa.

INDICE

1. INTRODUCCIÓN	1
1.1 Generalidades	3
a) Materias Primas Para la Producción de Levadura.	6
b) Principales materias primas y sustancias de adición	6
1.2 La Fermentación	9
2. LA LEVADURA	
2.1 Definición	13
2.2 Características Generales De Las Levaduras	
a) <i>Forma y estructura</i>	13
b) <i>Genética</i>	13
c) <i>Propiedades fisiológicas</i>	14
2.3 Composición De La Levadura	14
a) <i>Pared Celular</i>	15
b) <i>Membrana Citoplasmática</i>	15
c) <i>Citoplasma</i>	15
d) <i>Núcleo</i>	16
e) <i>Vacuolas</i>	16
f) <i>Mitocondrias</i>	16
2.4 Necesidades Nutritivas De La Levadura	
a) <i>Vitaminas</i>	18
b) <i>Sustancias Minerales</i>	18
c) <i>Fuentes de carbono</i>	18
d) <i>Fuentes de nitrógeno</i>	19

2.5 Factores Externos Que Influyen En El Desarrollo De La Producción De Levadura	19
<i>a) Concentración de iones hidrógeno (pH)</i>	19
<i>b) Necesidades de humedad (Aw)</i>	19
<i>c) Temperatura</i>	20
<i>d) Radiación Ultravioleta</i>	20
<i>e) Aireación</i>	21
<i>f) Etanol</i>	21
<i>g) Taninos</i>	21
<i>h) Azúcares</i>	22
2.6 Consumo De Oxígeno En Cultivos Celulares.....	22
<i>2.6.1 La Demanda De Oxígeno Celular</i>	22
2.7 Agentes Antiespumantes	23
2.8 Levadura Para Panificación	23
2.9 Presentaciones de la levadura comercial.	
<i>a) Crema de levadura</i>	25
<i>b) Levadura Fresca</i>	25
<i>c) Levadura granulada</i>	25
<i>d) Levadura seca activa</i>	25
<i>e) Levadura seca instantánea</i>	25
2.10 Requisitos de calidad de la levadura prensada	26
2.11 Características de calidad de la levadura panadera.	
<i>a) Fuerza</i>	26
<i>b) Uniformidad</i>	27
<i>c) Pureza</i>	27
<i>d) Apariencia</i>	27

2.12 Función de la levadura en la panificación.....	27
2.13 Las enzimas de las levaduras.....	28

3. MELAZA DE CAÑA

3.1 Definición.....	30
3.2 Características de la Melaza.	30
3.3 Composición de la Melaza	
<i>3.3.1 Composición variable</i>	32
<i>3.3.2 Análisis típico</i>	32
3.4 Descomposición de la melaza	37
3.5 Propiedades de la Melaza.	
<i>a) Viscosidad</i>	37
<i>b) Calor específico</i>	39
3.6 Usos comerciales de las Melazas.	39

4. PROCESO DE OBTENCIÓN DE LEVADURA

4.1 Desarrollo de la tecnología para producir levadura	41
4.2 Siembra de cultivo	43
4.3 Cocimiento	46
4.4 Clarificación	46
4.5 Fermentación	48
4.6 Separación	51
4.7 Filtración y empaque	52
4.8 Almacenamiento	53

5. RECUPERACIÓN DE AZUCARES

5.1 Análisis del Proceso	54
5.2 Caracterización de flujo - Data experimental	

a) <i>En la melaza</i>	54
b) <i>Relación del Brix y los azúcares</i>	61
c) <i>En la cinética de crecimiento</i>	64
d) <i>Evolución de la fermentación en el reactor</i>	68
5.3 Balance De Masa en las semillas	
a) <i>Semilla Cultivo Puro 2 (PC2)</i>	72
b) <i>Semilla Cultivo Puro 3 (PC3)</i>	73
c) <i>Semilla Stock</i>	74
d) <i>Comercial</i>	76
5.4 Alternativas de recuperación	82
5.4.1 <i>Melaza Reutilizada</i>	83
6. SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS	
6.1 Ventajas y desventajas de alternativas	85
6.2 Posibles defectos en la producción final	87
7. IMPLEMENTACION DE ALTERNATIVAS	89
7.1 Modificación del proceso de fermentación	89
7.2 Modificación del proceso de cocimiento	90
8. CONCLUSIONES	92
9. RECOMENDACIONES Y OBSERVACIONES	94
10. BIBLIOGRAFÍA	96
11. GLOSARIO	98
12. APÉNDICE	102
Apéndice A. Lista de Figuras	102
Apéndice B. Lista de cuadros	104

1. INTRODUCCION

La empresa Red Star del Perú se dedica a la fabricación de levaduras para panificación; desde el año 1966, desde entonces a ido desarrollando una gama de productos conexos a la industria panadera no dejando de ser la levadura fresca; su principal fuente de ingreso ya que representa cerca del 90% de sus ventas mensuales.

Existe otro tipo de presentación de levadura y es la levadura seca

Paralelamente con los nuevos productos ingreso una nueva presentación que es la levadura INSTANTANEA que es común en los países industrializados.

Producto de la apertura de mercados por el gobierno anterior han ingresado al mercado nacional una serie de levaduras a competir con la nuestra, siendo las más importantes LEVAPAN ecuatoriana, VOLUMAX chilena, SAFFT holandesa, y la ya existente en el Perú levaduras FLEISHMAN; La composición en el mercado nacional es como sigue:

LEVADURA (MARCA)	%PARTC. LEVADURA FRESCA	%PARTC. LEVADURA INSTANTANEA
RED STAR	26	12
FLEISHMAN	30	28
LEVAPAN	15	5
VOLUMAX	21	8
SAFFT	0	35
OTROS	8	12

El consumo nacional de levadura fresca es de aproximadamente 100000 paquetes por día y se espera que en los próximos 02 años alcance a 120000 paquetes por día. La

empresa ha ido explorando nuevos mercados y a visto la posibilidad de exportar a países como Ecuador, Colombia, Bolivia, Chile, Brasil y Venezuela; actualmente exportamos a Ecuador y a Colombia, se tiene proyectado hacer lo mismo con Bolivia.

Actualmente la planta produce 04 comerciales por día durante 05 días de la semana, los otros 02 días son para producir la semilla y 02 comerciales más, con lo que hace una producción semanal de 22 comerciales de levadura, capacidad máxima bajo las actuales condiciones de operación.

Se requiere aumentar la producción de levadura en los próximos meses para cubrir el mercado nacional y las exportaciones, así como optimizar el uso de recursos, para lo cual tenemos diversas alternativas que son:

- ❑ Ampliar la capacidad de la planta.
- ❑ Trasladar la planta a un área más grande y construir otra.
- ❑ Sembrar otra cepa que nos de un rendimiento mayor ala cepa existente.
- ❑ Optimizar el proceso de fermentación.
- ❑ Minimizar las pérdidas.
- ❑ Importar levadura y convertimos en distribuidor.

Este informe pretenderá dar luz para la toma de decisiones, a cerca de que es mejor para la empresa en base a datos históricos, datos experimentales y la experiencia de su personal.

1.1 GENERALIDADES

La industria panadera requiere una serie de ingredientes en su elaboración tales como antioxidantes, gluten, mejoradores de masa ,esencias, polvo para hornear, levadura Etc. Dichos ingredientes al ser mezclados y elaborados mediante procedimientos y recetas da como resultado uno de los productos más comercializados de la industria alimentaría El Pan, habíamos comentado que la levadura es uno de estos ingredientes, y es precisamente este tipo de levadura la cual es motivo del presente informe. La industria peruana se encuentra compuesta de dos empresas que producen levaduras, las cuales son FLEISHMAN del Perú perteneciente al grupo Nabisco Corp. Y levaduras RED STAR del Perú que trabaja bajo licencia de RED STAR Corp. Adicionalmente en el mercado peruano se encuentran otras marcas como LEVAPAN, VOLUMAX, SAFFT y otras, pero estas solo son distribuidores y no fabricantes(se dedican a la importación y distribución de la misma.

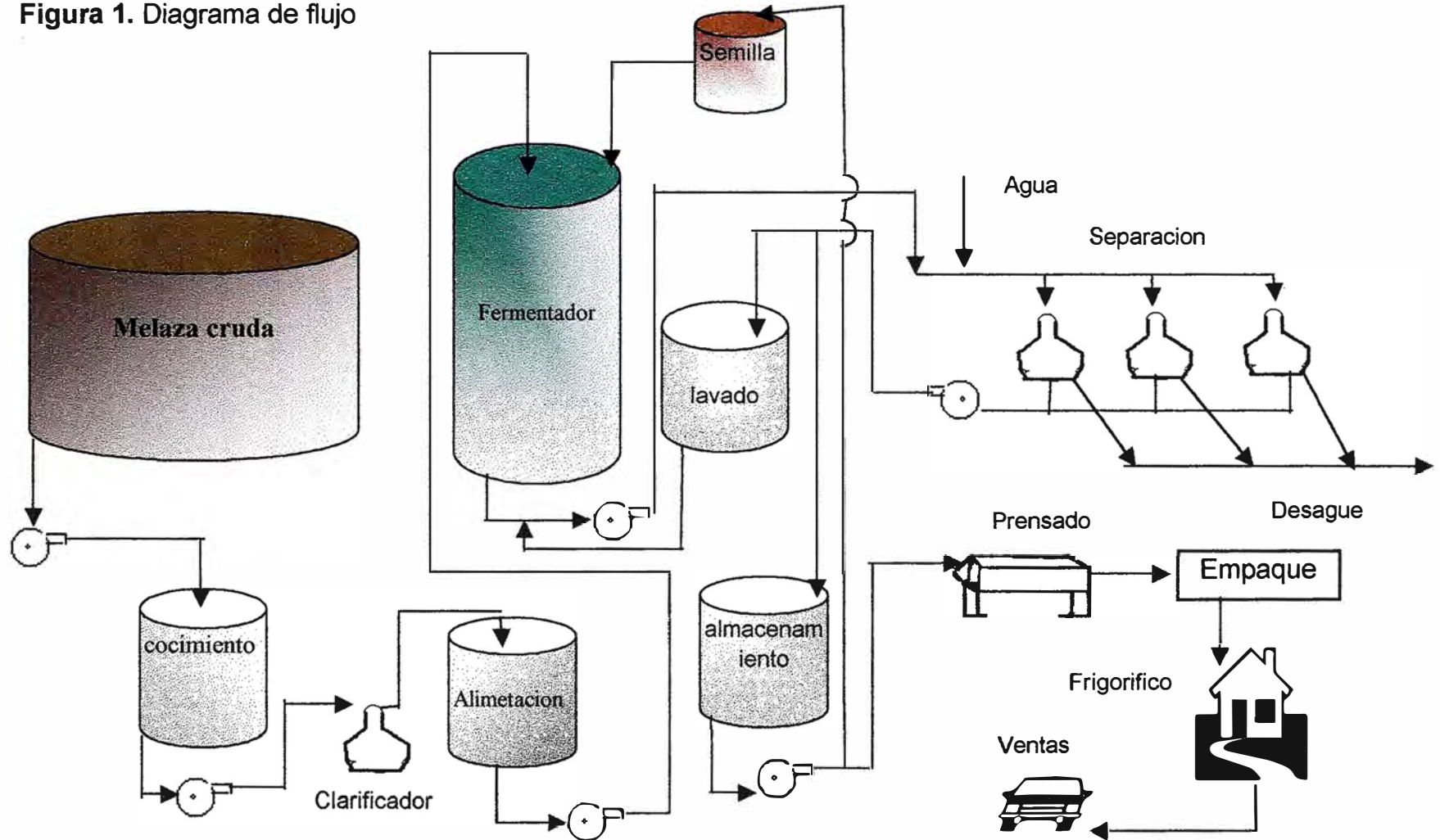
La levadura es un microorganismo unicelular considerada como un hongo, existen mas de 300 géneros de levaduras y mas de 500 tipos distintos de ella. La cepa con la cual trabajaremos es la SACCHAMORYCES CEREVISAE de la cual también existen algunas variantes.

Una planta de producción de levadura para panificación. Tiene el siguiente proceso; La melaza cruda es diluida y pasa a ser cocinada en los tanques, usando vapor saturado a 90 psia en contacto directo con la melaza, después pasa por una centrifuga donde este se clarifica es decir se saca el barro con el que viene la melaza. El barro de la melaza esta entre 4-10%(porcentaje volumétrico). La melaza cocinada junto con las sales nutrientes, la semilla, agua , son alimentados al fermentador al cual también ingresa aire. La fermentación dura entre 15 a 17 horas, luego el caldo de fermentación es pasado por centrifugas para separar la levadura del mosto, y este producto con una densidad de aprox. 1.07g/ml es almacenada en tanques refrigerantes donde son llevados hasta 0°C y de aquí es bombeada y llevada por los filtros prensa, donde

adquiere una humedad de 67 a 72%, seguidamente es envasada y llevada al frigorífico donde sale al mercado a una temperatura de -1°C a 2°C .

La levadura para panificación usa una fermentación anaerobia y es un proceso discontinuo, el alimento de la levadura se encuentra constituido básicamente por la melaza y por sales minerales que luego se detallan, producto de la fermentación se originan gases como el dióxido de carbono que son los que abandonan el fermentador y una mezcla de gases. El aire entra a una temperatura de 60°C y abandona junto con el CO_2 a 32°C . La melaza entra a la temperatura de ebullición, 100°C . La melaza y las sales minerales se van agregando según pasa el tiempo, hasta completar el comercial, se usa agua como liquido refrigerante dentro del fermentador y la temperatura no deberá exceder los 30°C debido a que la levadura se quema. La mayor parte de nitrógeno en el sistema es por la urea y sulfato de amonio, aunque en la melaza también existe pero en pequeñas proporciones, la levadura consume oxígeno y el calor que libera en la fermentación esta relacionado con la cantidad de oxígeno consumida y en consecuencia con la producción de levadura. La figura 1. Muestra el diagrama del proceso.

Figura 1. Diagrama de flujo



a) Materias Primas Para la Producción de Levadura.

Clasificación en grupos

En el proceso de fermentación para obtener levadura pueden utilizarse materias primas muy diversas, las cuales fundamentalmente han de contener carbohidratos, nitrógeno y sales adecuadas que aseguren la vida de las células de levadura. Estas materias primas pueden agruparse en tres apartados:

1. *Materias primas amiláceas.*- Cebada, avena, trigo, maíz, malta tostada, malta verde, gérmenes de malta, patatas, patata seca, trigo sarraceno, manioc, arroz.
2. *Materias primas que contienen azúcar.*- Melazas, azúcar en bruto, remolacha, rodajas de nabo.
3. *Sustancias que ya han sufrido un tratamiento previo.*- Vinazas, lejías sulfíticas, soluciones de azúcar de madera.

b) Principales materias primas y sustancias de adición.

Se hará una breve reseña teniendo en cuenta los requisitos que deben reunir para obtener levadura fresca.

Materias primas amiláceas

1. *Cebada:* Contrariamente a lo que ocurre en cervecería, se emplean las variedades ricas en albúmina, y casi siempre en forma de malta. En otro aspecto también la malta es distinta . en el primer caso se utiliza una malta corta, y en la fabricación de levadura una malta larga rica en enzimas. Entran en consideración cebadas con un peso / hectolitro de 60 a 63 y una capacidad de germinación de por lo menos 95%.
2. *Centeno:* Esta indicado no solamente porque se incorpora almidón, sino también albúmina. En el método Vienes se han empleado de forma particularmente ventajosa, mezclas de variedades pobres en albúmina pero ricas en almidón, pero el centeno fue reemplazado por el maíz y los gérmenes de malta debido a que el precio del centeno se incremento considerablemente.
3. *Trigo:* Si bien es una materia prima muy apropiada, pues da una malta muy rica en diastasas, resulta demasiado caro.

4. *Avena*: Este cereal no puede compararse con el trigo, ni como en grano en sí, ni en forma de malta. Por su estructura, la avena se ha utilizado en ocasiones para adicionarla a la malta de cebada, especialmente el salvado de avena esta indicado como agente dispersante.
5. *Maíz*: Para utilizar el maíz hay que prestar suma atención a la calidad. Las variedades más ricas en almidón son el “Mixed-mais2 y el “La-plata-mais”.
6. *Malta secada al aire y malta verde*: Son cereales germinados, cuya albúmina, almidón y celulosa han sido transformados por las correspondientes enzimas originados durante la germinación, en sustancias solubles y accesibles a las levaduras. En los inicios solo se operaba con malta secada al aire, pues se carecía de la experiencia de la malta verde fácilmente alterable.
7. *Gérmenes de malta*: Poseen un elevado contenido en compuestos nitrogenados fácilmente asimilables, son buenos agentes dispersantes y constituyen un alimento muy apropiado para la levadura. Se clasifican por el color y la longitud de los gérmenes y la cantidad de extracto.
8. *Patatas*: Por lo que respecta a su composición pueden compararse al maíz. No obstante el tubérculo fresco sufre en poco tiempo alteraciones tan notables que pueden ocasionar dificultades en la fabricación.
9. *Raíz de manioc*: Contiene mas del 70% de almidón, pero solamente un 25% de albúmina.

Materias primas que contienen azúcar

1. *melaza*: Se introdujo en la industria de levadura por su contenido de azúcar y elevada proporción de nitrógeno, de todas formas antes de ser utilizada como alimento para la levadura requiere un tratamiento previo cuidadoso. Teniendo en cuenta que en la fabricación del azúcar se precipitan ácido fosfórico por adición de cal, tanto este elemento como otras sustancias nutritivas para la levadura tienen que incorporarse artificialmente. La levadura cultivada solo asimila parcialmente los compuestos nitrogenados y, por ello, en un principio, no se operaba únicamente con melaza, sino mezclada con trigo, o por lo

menos, con gérmenes de malta. Las melazas crudas son alcalinas y contienen aproximadamente del 1.3% al 2.3% de nitrógeno.

2. *Melazas de caña de azúcar*: Frecuentemente son ácidas y antes de ser utilizadas requieren un tratamiento especial, dado su elevado contenido en azúcar invertido.
3. *Azúcar bruto*: Como solamente aporta carbono, ya que las escasas impurezas que contienen no bastan para asegurar la nutrición de la levadura, hay que emplearlo mezclándolo con otras sustancias.

Sustancias que ya han sufrido tratamiento previo.

1. *Vinazas*: Es la mezcla de heces de malta y agua caliente, fermentada y exenta de alcohol. Antiguamente tales mezclas contenían las vainas y demás elementos de las materias primas. En la actualidad antes de sufrir la fermentación se eliminan las heces del cereal y las impurezas de las melazas y solo se trabajan los mostos brillantes.
2. *Lejías sulfíticas*: Son las lejías de cocción que se separan en la obtención técnica de la celulosa de madera por tratamiento con sulfuro. Su escaso contenido de sustancias nutritivas minerales para la levadura y las sales sulfurosas que contienen interfieren desfavorablemente el proceso fermentativo.
3. *Soluciones de azúcar de madera*: Se forman al sacarificar la celulosa de la madera con ácidos diluidos y concentrados, haciéndola accesible a la fermentación.

Sustancias de adición

Además de las materias primas ya citadas, también se requieren otras sustancias para añadir al mosto. Las sustancias de adición más importantes son:

Para acidular: bacterias lácticas, ácido sulfúrico, ácido clorhídrico.

Para neutralizar: cal

Como elementos nutritivos: superfosfato, fosfato amónico, agua amoniacal, sulfato amónico, urea.

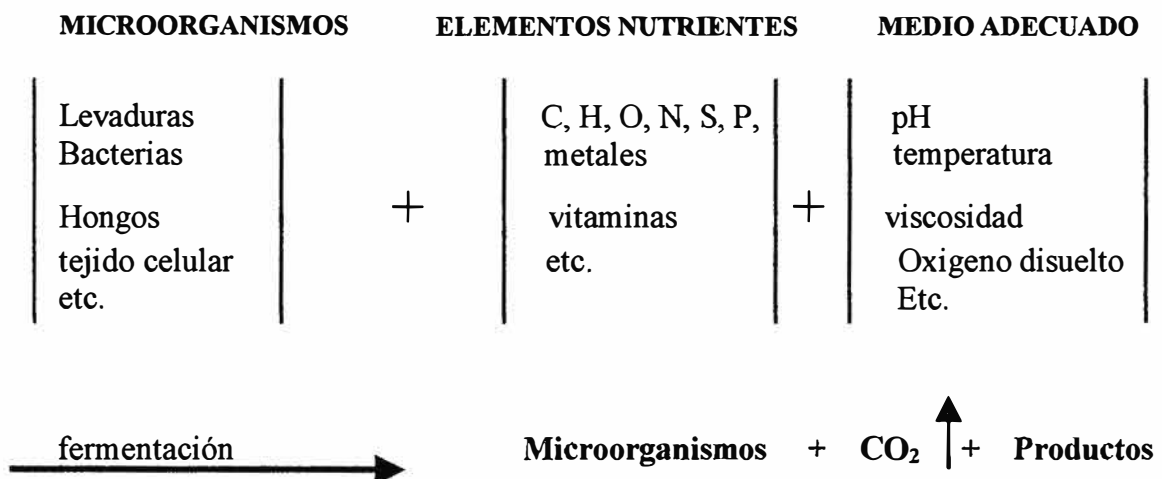
Para combatir la espuma: grasa de fermentación.

Finalmente, El agua que se utiliza en esta industria a de reunir, desde el punto de vista biológico, los requisitos exigidos a una buena agua potable.

1.2 LA FERMENTACIÓN

La industria de procesos bioquímicos se encargan del aprovechamiento, bajo condiciones controladas, de materiales biológicos tales como microorganismos, tejido celular animal, productos microbianos y enzimas. Los procesos asociados con la producción de microorganismos y de algunos productos específicos son importantes comercialmente.

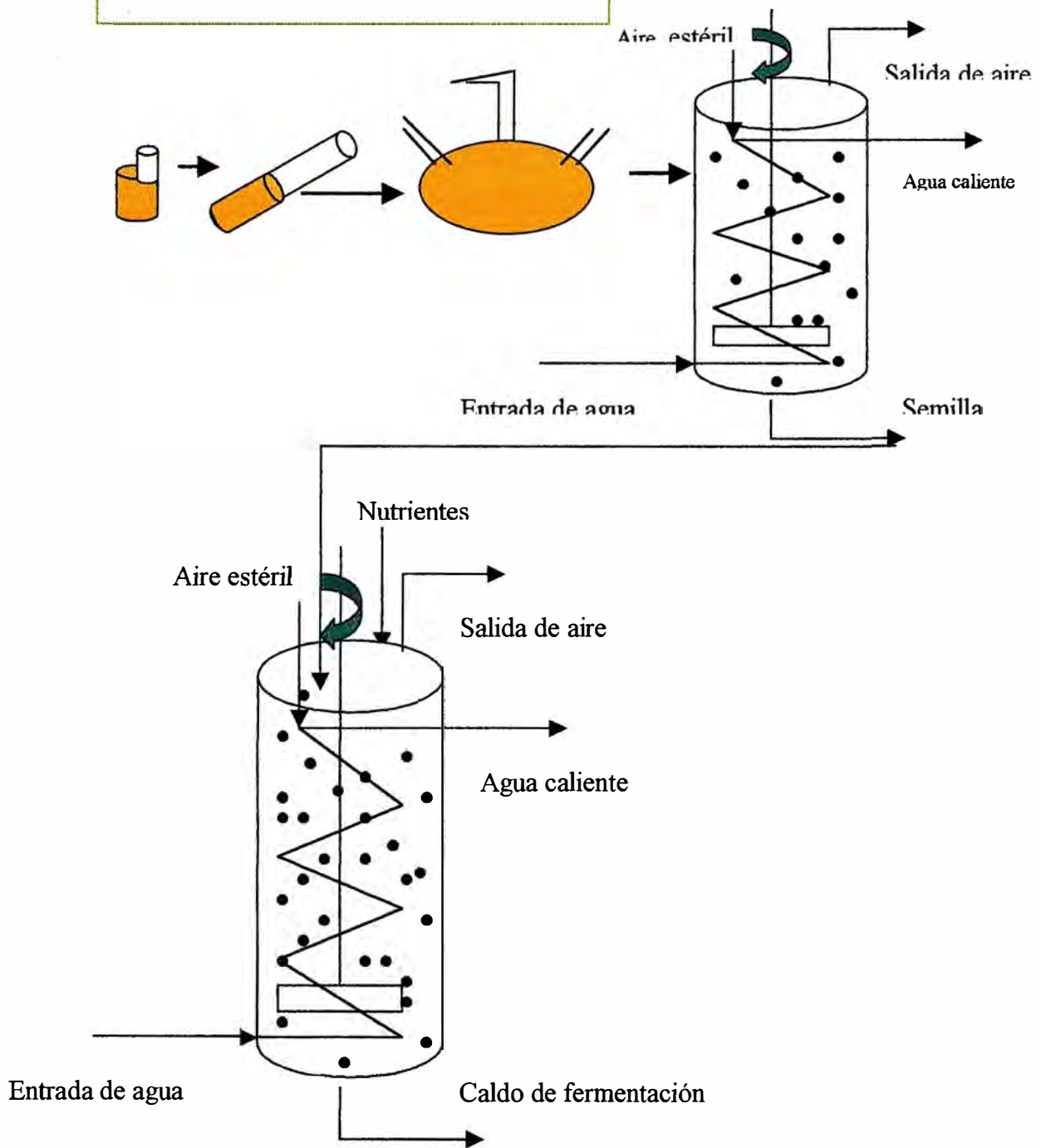
Como todos los seres vivos, los microorganismos crecen, se reproducen y segregan algunos compuestos bioquímicos de importancia para el hombre. Estas son las características en las que se han basado la utilización de los microorganismos como productores de fermentación, la que de una manera esquemática se puede representar así:



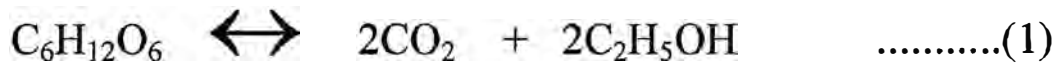
Cuando se provee de oxígeno molecular al sistema, la fermentación se denomina aeróbica y hay desprendimiento de CO_2 ; cuando el oxígeno molecular está ausente, se denomina anaeróbica.

Es decir, que para que una fermentación se realice son necesarios los siguientes requisitos: tener un microorganismo de características idóneas para el proceso y/o producto particular, proveer un medio de cultivo adecuado y finalmente, establecer y controlar las condiciones físico-químicas necesarias para el desarrollo de la fermentación. Como resultado se obtendrá una cantidad de organismos mayor que la inicial y diversos productos; como antibióticos, esteroides, enzimas, ácidos orgánicos, etc. Todas estas variables son las que interaccionan y deben optimizarse para lograr un proceso adecuado. En el caso de la proteína microbiana, por ejemplo, lo que se pretende es obtener la cantidad máxima de células y minimizar la formación de CO_2 o de cualquier otro producto extracelular; en la producción de antibióticos, por el contrario, se trata de obtener el máximo de productos específicos extracelulares. La figura 2. muestra el diagrama de flujo para una fermentación típica. Otro ejemplo es de la fermentación para obtener levadura, aquí se requiere orientar la reacción para obtener masa celular y no alcohol, por el contrario para producir cerveza se fuerza la reacción para obtener alcohol.

Figura 2. diagrama típico de fermentación



la ecuación global de la fermentación, establecida por Gay -Lussac y corregida por Dumas



Según Leibig, había que concebir el proceso desde un punto de vista puramente químico, es decir transmitiéndose el movimiento de las sustancias en descomposición de la levadura al azúcar capaz de fermentar. Por el contrario PASTEUR, con su concepción vitalista, defendía la tesis de que la fermentación constituía un fenómeno fisiológico íntimamente ligado a los procesos vitales de la célula. Con el descubrimiento de la zimasa, Buchner dio fin a esta controversia. Consiguió aislar esta enzima, contenida en el interior de las células de la levadura, una vez destruída la pared celular y pudo identificarla como el agente causal de la fermentación. Por tanto, es evidente que la vida celular esta asociado a la fermentación; por otra parte la formación de la zimasa está ligada a su crecimiento.

La levadura constituye un medio de extraordinaria importancia para estimar el metabolismo bioquímico del azúcar. Todt ha podido comprobar que el metabolismo del azúcar se encuentra íntimamente ligado al consumo de oxígeno y, por consiguiente, a las variaciones de oxígeno disuelto en el agua, constituyendo el proceso químico fundamental de todos los procesos vitales.

Resultará interesante examinar con detalle los componentes de una levadura tipo SACCHAROMYCES CEREVISAE, así como su estructura y partes.

2. LA LEVADURA

2.1 DEFINICIÓN

Las levaduras son verdaderos hongos cuya forma usual y dominante de crecimiento es la unicelular.

La distinción de levaduras, entre géneros y especies, esta basado en la diferenciación de los caracteres morfológicos, genéticos fisiológicos, bioquímicos, etc.

Según Politrenaud(1997), la clasificación de la levadura de panadería puede ser resumida de la manera siguiente:

- Reino fungí: células con pared protectora.
- Eucariota: núcleo diferenciado.
- Hongo(unicelular): ausencia de clorofila.
- Clase ascomicetos: presencia de sacos encerrando las esporas.
- Genero *Saccharomyces* . levaduras verdaderas, el nombre se refiere a su afinidad con el azúcar.
- Especie *Cerevisae*: el nombre se refiere a su papel en la fabricación de cerveza. La especie esta más subdividida en variedades y cepas.

2.2 CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LAS LEVADURAS.

a) Forma y estructura:

la forma de las levaduras puede ser desde esféricas hasta ovoide, alimonada cilíndrica, triangular e incluso alargada, en el caso de la cepa usada para la elaboración del presente informe (*saccharomyces cerevisae*) es esférica.

b) Genética:

Las levaduras presentan dos formas de reproducción:

Reproducción asexual: En medio favorable, no limitado en elementos nutritivos y suficientemente aireado, la levadura va a gemar. Después de una etapa de crecimiento, una célula nueva conteniendo un núcleo con el mismo número de cromosomas, y teniendo los mismos caracteres hereditarios que los de la célula madre, se desprenderá de esta.

Reproducción sexual: En un medio desfavorable, la célula de levadura va a esporular; es decir, producir 4 células reunidas en un mismo saco. Estas esporas no poseen mas que un cromosoma de cada uno de los pares, como respuesta a dos divisiones en la que una, reductora, separa los dos lotes de cromosomas.

c) Propiedades fisiológicas:

El intervalo de temperaturas de crecimiento de la mayoría de levaduras es, en general, parecido a los de los mohos, con una temperatura optima entre 25 a 30° C. Una reacción ácida del medio próxima a un pH de 4 a 4.5 estimula el crecimiento de la mayoría de las levaduras. Las levaduras crecen mejor en aerobiosis, aunque las especies de tipo fermentativo son capaces de crecer, aunque lentamente en anaerobiosis.

A la mayoría de las levaduras se les puede adaptar a crecer en condiciones bajo las cuales no hubiese crecido bien antes de haber conseguido la adaptación. De esto constituyen un claro ejemplo las distintas propiedades fisiológicas que se dan dentro de una misma especie, el gran número de cepas de *Saccharomyces cerevisiae* adaptadas a usos diferentes, como son las cepas utilizadas en la elaboración del pan, en la elaboración de cerveza, en la elaboración de vino.

2.3 COMPOSICIÓN DE LA LEVADURA.

Los componentes de la levadura varían debido a muchos factores, entre ellos la edad de las células de levadura que esta con relación al número de veces que esta haya sido usada en fermentación. Maslowski (1966) encontró que el contenido de

riboflavina fue de 4.0 - 15mg, pero el uso repetido(sobre 3 veces) hacía disminuir el contenido total de riboflavina. El mismo autor, en 1967, en un estudio sobre el contenido de Tiamina y Flavinas después de 3 a 5 fermentaciones, encontró que el contenido de ambas vitaminas decrecía en fermentaciones sucesivas.

La composición de la levadura también depende de su tipo y de sus condiciones de conservación. El cuadro 1. Presenta valores medios indicativos para muestras de levadura fresca.

La cepa de la *Saccharomyces Cerevisae* es un microorganismo unicelular formado por las siguientes partes:

a) Pared Celular:

Constituye una protección física externa. Es completamente permeable al agua, a los minerales y a las pequeñas moléculas orgánicas.

la pared celular está formada por 22.5% de polisacáridos, 10.25%, de aminoazúcares, 5.9% de nitrógeno, 0.81% de fósforo, 0.408% de magnesio, 0.84% de calcio, 0.006% de sodio y 0.12% de potasio. Otros autores como Mc Murrough y Rose señalaron que está compuesta de proteínas, lípidos, glucanos y mánanos.

b) Membrana Citoplasmática.

Regula los intercambios entre los medios intra y extracelulares. Se caracteriza por una permeabilidad selectiva , es decir la actitud de dejar circular el agua y ciertas soluciones, reteniendo las moléculas grandes.

Es de 75 a 80 Å de espesor y aparece como una doble capa compuesta de proteínas, ácido ribonucleico y lípidos. Juega un rol importante en la permeabilidad selectiva y en el transporte de nutrientes de la célula.

c) Citoplasma:

Sustancia coloidal en la que tienen lugar multitud de reacciones bioquímicas y que contiene orgánulos en suspensión. Es un fluido límpido con material granular muy fino el cual contiene glucógeno, ácido ribonucleico y proteína. El RNA se encuentra en ribosomas y algunos investigadores han informado de la posible presencia del retículo endoplasmático. Contiene glóbulos de lípidos.

d) Núcleo:

El núcleo encierra a los cromosomas que garantizan la transmisión de los caracteres hereditarios y gobiernan las síntesis de las proteínas. Posee un núcleo bien definido rodeado por una doble membrana conteniendo poros nucleares que se supone sirven para el intercambio de material citoplasmático y componentes nucleares. Se ha demostrado la presencia de cromosomas individuales, además en el núcleo existe material de alta densidad electrónica.

e) Vacuolas:

Las vacuolas son el lugar de almacenamiento de las diferentes sustancias de reserva. Son sacos de fluidos de mayor transparencia y menor viscosidad que el citoplasma circundante.

f) Mitocondrias:

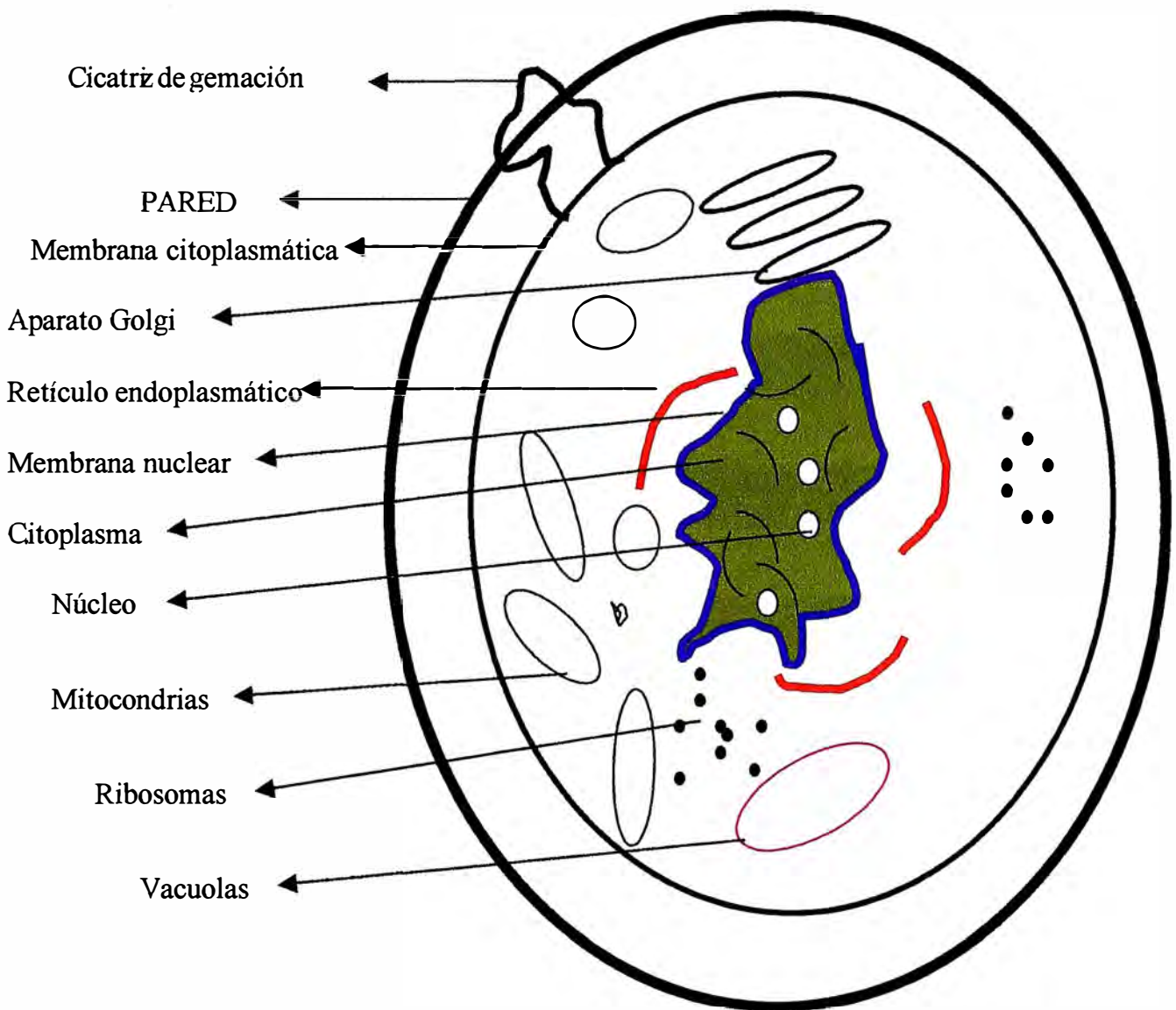
Las mitocondrias son las centrales energéticas de la célula, en presencia de oxígeno. Están localizadas muy cerca de la periferia de la célula. Tienen una pared externa de doble capa que contiene membranas internas en diversas configuraciones.

El contenido normal en lípidos es relativamente escaso. Se encuentra en cantidades muy pequeñas en las células en crecimiento y se incrementa en las células viejas. Los lípidos, más particularmente lipoproteínas y fosfolípidos, están implicados en la constitución de la membrana citoplasmática. En la figura 3. se muestra la estructura de la levadura que estamos describiendo.

Las Sustancias Minerales Representan del 5 al 8% del peso seco, los componentes principales son el ácido fosfórico con un 50% y potasio con un 30%. Entre los minerales, el fósforo que está implicado en la constitución de los ácidos nucleicos, membranas y moléculas, de gran poder energético.

En razón de su riqueza en proteínas; debido al aporte de todos los aminoácidos esenciales, fosfolípidos, minerales y vitaminas; como la tiamina, riboflavina, pirodoxina, niacina, la levadura desactivada esta considerada como un suplemento nutricional de primer orden.

Figura 3. Estructura interna de la célula de levadura



Cuadro 1. Composición química de la levadura

COMPONENTES	PORCENTAJE(%)
Materia seca (M.S)	30.0 a 33.0
Nitrógeno (M.S)	6.5 a 9.3
Proteínas (M.S)	40.6 a 58.0
Carbohidratos (M.S)	35.0 a 45.0
Lípidos Celulares	4.0 a 6.0
Minerales (M.S)	5.0 a 8.0

Fuente: POITRENAUD

2.4 NECESIDADES NUTRITIVAS DE LA LEVADURA

a) Vitaminas:

Las vitaminas pertenecen al complejo vitamínico B, las vitaminas de este complejo juegan un papel en los procesos catabólicos de la levadura. Seis Vitaminas del grupo B han sido identificadas como factores de crecimiento de la levadura: biotina, ácido pantoténico, inositol, tiamina(B₁), piridoxina(B₆), niacina(PP).

b) Sustancias Minerales:

Los minerales requeridos para el crecimiento de la levadura son las mismas precisadas por los mohos filamentosos y son: potasio, calcio, magnesio, azufre, fósforo, hierro, zinc y cobre. No cubriendo la melaza las necesidades de fósforo, su aporte se realiza bajo la forma de ácido fosfórico o de su sal amónica.

c) Fuentes de carbono:

En la fuente industrial se proporciona esencialmente la sacarosa contenida en la melaza de caña o de remolacha adquiridas a la industria azucarera.

d) Fuentes de nitrógeno: El nitrógeno es suministrado preferentemente bajo la forma de mineral; como el amoníaco y sus sales como el sulfato de amonio, u bajo forma orgánica como la urea.

2.5 FACTORES EXTERNOS QUE INFLUYEN EN EL DESARROLLO DE LA PRODUCCIÓN DE LEVADURA

Como consecuencia de los cambios físico-químicos, la levadura se ve expuesta a transiciones que afectan en mayor o menor grado su desenvolvimiento, a medida que la cantidad de azúcar disminuye sus dificultades aumentan a lo que se suman el empobrecimiento del medio en sustancias nitrogenadas, oxígeno y su sobresaturación por el anhídrido carbónico, es en este punto donde alcanzan su máximo grado, la formación de alcohol, la elevación de la temperatura, la producción de productos secundarios, etc. Dentro de estos factores tenemos los siguientes:

a) Concentración de iones hidrógeno (pH):

Las levaduras y los mohos toleran mejor la acidez que las bacterias, el crecimiento de la mayoría de las levaduras fermentativas es estimulada por un pH de 4.0 a 4.5. El tipo de ácido presente en la melaza influye sobre la capacidad fermentativa de la levadura. Fermentaciones hechas con melazas conteniendo ácido tartárico y ácido cítrico; teniendo ambos el mismo pH, reportan una fermentación más rápida para la melaza que contiene ácido tartárico que para la melaza con ácido cítrico.

b) Necesidades de humedad (Aw):

En el cuadro 2. figuran los límites mínimos de actividad de agua (Aw), para las bacterias, levaduras y mohos. Las bacterias necesitan más humedad que las levaduras, y las levaduras más que los mohos. No obstante, existen varias excepciones a esta regla general, ya que el Aw mínima de crecimiento de algunos mohos, tienen un valor superior a muchas levaduras y de algunas bacterias.

c) Temperatura:

La temperatura óptima para la levadura de panificación se encuentra entre 27 y 30° C. A temperaturas superiores a 30° C las levaduras pierden capacidad para desdoblar los azúcares y al aproximarse a los 40° C dejan de crecer y reproducirse. La temperatura letal para las células vegetativas de *saccharomyces cerevisiae*, es de 54° C después de 5 minutos. Las levaduras para panificación pueden sobrevivir a bajas temperaturas siendo esta hasta de -5.5° C.

Cuadro 2. Valores mínimos de actividad de agua de microorganismos

MICROORGANISMOS	A_w
<i>Pseudomonas</i>	0.97
<i>Escherichia coli</i>	0.96
<i>Bacillus subtilis</i>	0.95
<i>Enterobacter aerogenes</i>	0.94
<i>Staphylococcus aureus</i>	0.96
<i>Clostridium botulinum</i>	0.93
<i>Salmonella</i>	0.99
<i>Aspergillus</i>	0.98
<i>Rhizopus</i>	0.98
<i>Penicillium</i>	0.99
<u>Levaduras</u>	0.88

Fuente: Frazier 1993

d) Radiación Ultravioleta:

El poder bactericida de la luz aumenta en relación directa con la intensidad del calor, como ambos factores actúan en climas cálidos, secos y luminosos, la acción de luz puede traducirse en esas condiciones en una sensible destrucción de levaduras y la de retardar la iniciación de la fermentación. Las levaduras están dotadas de una

resistencia a la luz ultravioleta que es de dos a cinco veces mayor que las bacterias, aunque algunas son destruidas fácilmente.

e) Aireación:

Las levaduras necesitan de oxígeno para multiplicarse, el oxígeno aportado a la melaza sirve esencialmente para favorecer la biosíntesis, es decir con la multiplicación celular y la actividad fermentativa. En pruebas hechas se ha demostrado que se obtienen rendimientos mucho más altos de levadura en cultivos aireados, se demostró también que la presencia de oxígeno estimula la fermentación en levaduras jóvenes, es decir estimulan su crecimiento, que en levaduras viejas. Durante el arranque del comercial es recomendable que la cepa encuentre ya un medio aireado para que el tiempo de activación sea menor.

f) Etanol:

El etanol que es un producto de deshecho para la levadura puede llegar a ser para ella un verdadero veneno. El etanol inhibe la fermentación, y esta inhibición se incrementa con la temperatura, se han hecho pruebas con levadura elíptica y la fermentación se produce normalmente hasta un 13% de alcohol y que a partir de esta concentración la transformación del azúcar se hace cada vez más lenta y la fermentación se detiene en cuando el medio contenga por encima de 16% de alcohol, es decir que a partir de una concentración de 13% de alcohol este deja sentir su acción nociva sobre la levadura. Existen otras cepas de levaduras como las levaduras apiculadas, que solo pueden soportar hasta una concentración de 5% de alcohol, la cepa de *Saccharomyces ellipsoideus* y la cepa de *Saccharomyces oviformis*, pueden resistir hasta una concentración de 18% de alcohol.

g) Taninos:

La presencia de taninos puede también entorpecer la normal marcha de la fermentación cuando su presencia en la melaza es excesiva. La acción inhibidora del tanino es debida a que el exceso del mismo se adhiere a la membrana plasmática de la célula, impermeabilizándola, paralizando la labor de las exoenzimas que por ósmosis nutren la levadura.

h) Azúcares:

La concentración de azúcares también influyen en la capacidad fermentativa de las levaduras. Si la concentración de azúcares es por encima del 65% se comenzará a producir alcohol y si la concentración de azúcar es mas elevada se producirá ácido acético, es decir el etanol se oxidaría para obtener ácido acético. Si el mosto de fermentación contiene de un 25% a un 30% de azucares, las células de levadura pierden agua por ósmosis mermando su capacidad fermentativa.

2.6 CONSUMO DE OXIGENO EN CULTIVOS CELULARES.

Las células desarrolladas en cultivos aerobios toman el oxígeno del líquido. La velocidad de transferencia de oxígeno del gas al líquido es, por tanto, de vital importancia, especialmente cuando existen elevadas densidades celulares, es decir, cuando el crecimiento de las células probablemente se encuentre limitado por la disponibilidad de oxígeno en el medio. La solubilidad del oxígeno en soluciones acuosas a temperatura y presión ambiente es solo, de 10 ppm(g/ml) , esta cantidad de oxígeno es rápidamente consumida en fermentaciones aerobias, como en nuestro caso, y debe ser renovada constantemente mediante la inyección de aire. Para la respiración de una población de levadura con una densidad de 10^9 células por ml, puede calcularse que el contenido de oxígeno en el caldo de fermentación debe renovarse alrededor de 12 veces por minuto para mantener la demanda celular de oxígeno , pero en realidad esto es difícil de conseguir debido a la poca solubilidad del oxígeno.

2.6.1 Demanda De Oxígeno Celular

La velocidad a la que las células consumen oxígeno en los fermentadores determina la velocidad a la que este debe transferirse desde el gas al líquido. Muchos son los factores que influyen en la demanda de oxígeno del caldo fermentativo, siendo los

más importantes la especie celular utilizada , la fase de crecimiento del cultivo y la naturaleza de la fuente de carbono en el medio.

2.7 AGENTES ANTIESPUMANTES

La mayoría de los cultivos producen una gran variedad de agentes espumantes y de agentes estabilizantes de la espuma, como proteínas , polisacáridos y ácidos grasos. La formación de espuma en los fermentadores es muy común, particularmente en los sistemas aerobios, la espuma causa infinidad de problemas de operación por lo que el control de la misma es un parámetro importante. Una cantidad excesiva flotando sobre el fermentador proporciona una vía de acceso a los organismos contaminantes y produce un bloqueo de la salida de los gases; productos de la fermentación como el CO₂, o del aire que ingresa. Los líquidos y células atrapados en la espuma representan una pérdida de volumen del fermentador, ya que posiblemente las condiciones allí existentes son desfavorables para la actividad metabólica. Además las células frágiles pueden ser dañadas por la espuma retenida.

La adición de agentes antiespumantes especiales al medio es el método mas común de reducir la creación de espuma en los fermentadores. Sin embargo, los agentes antiespumantes afectan la superficie química de las burbujas y su tendencia a coalescer, por lo que representan un marcado efecto sobre la generación de levadura. La mayoría de los agentes antiespumantes son sustancias reductoras de la tensión superficial, esta disminuye el diámetro medio de las burbujas y produce por tanto, mayores valores del área superficial de contacto.

2.8 LEVADURA PARA PANIFICACIÓN

Las cepas de *Saccharomyces cerevisiae* que se utilizan para fabricar levadura de panadería, suelen ser aislamientos de una célula única, los cuales han sido seleccionados concretamente para esta finalidad, estas células proporcionaran un

buen rendimiento de células en la masa o medio elegido para su cultivo, deben ser estables, permanecer viables en la forma en que estarán en su presentación final, ya sea como levadura fresca o seca, deben producir rápidamente dióxido de carbono en la masa de pan cuando se utilicen.

Las melazas en la actualidad, son el sustrato más utilizado en la producción de levadura de panadería, aunque al ser deficientes generalmente en nitrógeno y fósforo con respecto a las necesidades nutritivas de las levaduras, deben ser suplementadas con sales amoniacales y ácido fosfórico u otras formas adecuadas de fosfato. En el cuadro 3. Se aprecia la composición química de la levadura fresca.

Cuadro 3. Valores característicos de la levadura fresca peruana

COMPONENTES	VALORES CARACTERISTICOS
HUMEDAD	68 - 71%
PROTEINAS	38 - 42%
MINERALES	6.0 - 6.5%
FOSFATO	1.7 - 3.0%
HIDRATOS DE CARBONO	50 - 52%
ACTIVIDAD	800 - 1000cm ³
ESTABILIDAD	7 - 15 días

FUENTE RED STAR DEL PERU

2.9 PRESENTACIONES DE LA LEVADURA COMERCIAL

La levadura durante su desarrollo ha tenido varias presentaciones, antiguamente se comercializaba la levadura líquida, en la actualidad esta forma no se da a nivel de panadería sino a nivel industrial.

a) Crema de levadura:

Hasta 1825, fecha de introducción de la levadura fresca por Tebbenhof, la levadura era comercializada en estado líquido. La temperatura de almacenamiento debería ser estrictamente controlada y mantenida de 0 a 2° C.

b) Levadura Fresca:

Es la forma más extendida en nuestro país y en los países industrializados, se presenta bajo la forma de bloques compactos. El envasado en papel parafinado limita los intercambios gaseosos y controla la migración de la humedad, para garantizar una mejor conservación. En el empleo de la levadura fresca, no deberá ser golpeada bruscamente y se desmiga fácilmente en la amasadora y la dispersión en el agua se hace sin problemas, la temperatura de conservación no deberá exceder la temperatura de 4° C.

c) Levadura granulada:

Se presenta bajo la forma de partículas relativamente finas y de fácil fluidez. Está envasada en sacos de papel multicapas con polietileno. La levadura granulada, en razón de su gran superficie de contacto, es muy sensible al oxígeno del aire, deberá ser almacenada entre 4 a 5° C, todo saco abierto deberá de ser utilizado el mismo día, puesto que vuelve a calentarse rápidamente con la temperatura ambiente.

d) Levadura seca activa:

Esta levadura se presenta bajo la forma de gránulos o de esférulas, se envasa en cajas de metal o plástico o al vacío en bolsitas. La conservación se efectúa a temperatura ambiente, la rusticidad del producto, le confiere una buena estabilidad que le hace ser apreciado en regiones donde las condiciones climáticas no son favorables para levaduras; es decir lugares con temperatura y humedad elevadas. Para la utilización de esta levadura tendrá que ser hidratada en alrededor de 5 veces su peso en agua.

e) Levadura seca instantánea:

Los pellets de levadura seca instantánea son envasados al vacío, los paquetes al vacío son duros y garantizan la estabilidad del producto a temperatura ambiente, esta levadura debe su nombre al hecho de que no es necesario prehidratarla con

anterioridad a su incorporación a la harina, se utiliza tan fácilmente como la levadura fresca.

2.10 REQUISITOS DE CALIDAD DE LA LEVADURA FRESCA

La norma peruana NTP 209.180 de 1981 bajo el título de “definiciones y requisitos” para levaduras establece lo siguiente:

- ❖ Levadura en pasta deberá presentarse como una masa uniforme de consistencia pastosa o granulosa.
- ❖ La levadura en pasta deberá tener un sabor, color y olor característicos; no tendrá sabor amargo, ni olor o moho, ni cualquier otro sabor u olor desagradable y estará exenta de rancidez y de gases.
- ❖ La levadura deberá estar libre de materias extrañas, manchas y mohos.
- ❖ La levadura no deberá tener gérmenes patógenos capaces de producir deterioros, ni sustancias conservadoras y elementos nocivos en general.
- ❖ Los requisitos químicos Para la levadura en pasta son:

Cuadro 4. Requisitos químicos de la levadura

Humedad	72% máx.
Ceniza	2.5% máx.
Acidez(ml de sol. De NaOH 1N/100g	5% máx.

2.11 CARACTERÍSTICAS DE CALIDAD DE LA LEVADURA PANADERA

a) Fuerza:

Es la capacidad de gasificación que permite una fermentación vigorosa, la cual es necesaria para acondicionar la masa a través de toda la etapa del proceso.

b) Uniformidad:

La levadura debe producir los mismos resultados si se emplean las mismas cantidades, con las demás condiciones permaneciendo iguales. Esto es muy importante para que el panadero siga un proceso constante y obtenga un pan uniforme.

c) Pureza:

Por ello queremos decir la ausencia de levaduras silvestres o bacterias indeseables las cuales producirán “fermentaciones silvestres” perjudicando la calidad de los panes.

d) Apariencia:

La buena levadura fresca debe ser firme al tacto y partir sin desmoronarse mucho. Debe mostrar algo de humedad. Debe tener sabor y color característico de la levadura. Su color puede variar de crema pálido a casi carmelita claro.

2.12 FUNCIÓN DE LA LEVADURA EN LA PANIFICACIÓN

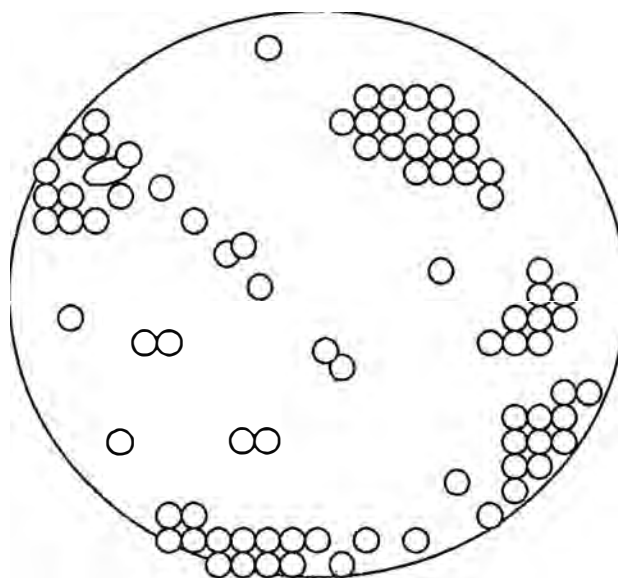
Hace posible la fermentación, la cual da alcohol y gas carbónico. Acondiciona la masa, airea el producto haciéndolo más liviano y de mejor apariencia. Aumenta el valor nutritivo al suministrar al pan proteína suplementaria de la mejor calidad. Convierte la harina cruda en un producto ligero que al hornearse es 100% digerible y le da el agradable sabor característico del pan.

Para que la levadura pueda actuar necesita de:

1. *Humedad*: Sin agua no puede asimilar ningún alimento.
2. *Azúcar*: La levadura necesita azúcares simples como la levulosa y destroza.
3. *Materias Nitrogenadas*: La levadura necesita Nitrógeno y lo toma de la proteína de la harina, de los alimentos minerales para la levadura y de la malta.
4. *Minerales*: La levadura necesita sales minerales para una actividad vigorosa y los obtiene de los alimentos para la levadura, harina, agua.

5. *Temperatura adecuada*: Hay temperaturas que le favorecen, la mejor temperatura es alrededor de 26 - 27°C y se le conoce como la temperatura de fermentación del pan. Las temperaturas bajas retardan su acción. Para conservarlas bien y suspender su actividad deberá estar expuesta a una temperatura de por lo menos 7°C. Puede congelarse algún tiempo; si se hace por mucho tiempo se morirán muchas células. A temperaturas superiores de 35°C, se debilita su acción y a los 56°C la levadura muere. En la figura 4. Se muestra como se observa las células de levadura en el microscopio, esta muestra es bastante diluida que nos permite apreciar su forma circular.

Figura 4. células de levadura



2.13 LAS ENZIMAS DE LAS LEVADURAS

Las enzimas son segregadas por la levadura durante su proceso de vida. Actúan como catalizadores en la fermentación ayudando a que se produzca la

conversión de algunos azúcares compuestos a azúcares más simples y fácilmente digeribles por la levadura. Las enzimas que hay en la levadura son las siguientes:

- ❖ Proteasa: Ablanda el gluten actuando sobre la proteína.
- ❖ Invertasa: Actúa sobre los azúcares compuestos.
- ❖ Maltasa: Actúa sobre la maltosa.
- ❖ Zimasa : Actúa sobre los azúcares simples.

3. MELAZA DE CAÑA

3.1 DEFINICIÓN:

La melaza, jarabe de purga, o jarabe incristalizable es el subproducto de la fabricación o refinación del azúcar crudo: el líquido denso, oscuro y viscoso que se separa de la masa cocida final de baja calidad y del cual no se puede cristalizar más azúcar por los métodos usuales, se suele decir que es incomedible porque no se usa para consumo humano, pero la melaza se puede comer sin resultados perjudiciales.

3.2 CARACTERÍSTICAS DE LA MELAZA.

Para fines comerciales, la melaza no obedece a la definición que hemos citado, ya que tal como sale de la centrífuga, es demasiado densa y viscosa para ser manejada por bombeo, especialmente en tiempo frío. El procedimiento comercial utilizado consiste en la dilución de la melaza densa de las fábricas hasta que alcance un Brix estándar. La Asociación Norteamericana de Funcionarios de Control de la alimentación (AAFCO) define la melaza de caña para la alimentación de ganado, como un subproducto de la fabricación de azúcar de caña, y deberá tener el 48% o más de su total de azúcares en forma de azúcar invertido. Su solución en un peso igual de agua deberá indicar no menos de 39.75°B (grados brix) equivalentes a 42°Baumé medidos a 80°F. La División de Investigación de Mercados del Departamento de Agricultura Norteamericano, en cooperación con la Estación Agrícola de Texas, publica un estudio detallado de las muestras de melaza de caña. El boletín recomienda también varias clasificaciones, a determinar por la presencia de dos factores, es decir, azúcares totales y la humedad, así:

1. *Melazas superiores*: Las que contengan 23.4% o menos de humedad, y 53.5% o más de azúcares totales.

2. *Melazas*: Las que contengan de 23.5 a 26.4% de agua, y de 48.5 a 53.4% de azúcares totales.
3. *Melazas Utility*(aceptadas para uso en general). Las que contengan 26.5% o más de agua y de 42.5 a 48.4% de azúcares totales.

S.L.Crochet sugiere que el Brix sea el único criterio. Y recomienda que se determinen tres categorías de melaza de caña.

1. *Melaza*: Ha de ser producto de la refinación o fabricación del azúcar de caña, y deberá tener un brix de 85°.
2. *Melaza de caña para la alimentación de ganado*: Melaza diluida con agua hasta que indique no menos de 79.5°Brix.
3. *Melazas de alta calidad*: El producto que se obtiene por la concentración de guarapo clarificado a un Brix de 85°.

En el Perú el INDECOPI caracteriza a las melazas de caña de azúcar, conforme a la cantidad de grados brix que esta contenga. Los tipos de melaza que señala son:

Cuadro 5. Tipos de melaza.

TIPO	RANGO DE GRADOS BRUX
MELAZA DE TIPO I	80 - 85
MELAZA DE TIPO II	MAYOR QUE 85

También establece los requisitos mínimos que deberá tener la melaza de caña de azúcar y es:

Cuadro 6. Requisitos mínimos de melaza.

REQUISITOS	MIN	MAX
Grados Brix Hidrométricos a 20°C.	80	-
Cenizas sulfatadas, %	11	17
Azúcares totales como reductores %	50	-

3.3 COMPOSICION DE LA MELAZA

3.3.1 *Composición variable:*

La melaza contiene la mayor parte de los no azúcares contenidos en el jugo del cual se obtiene, además de una parte de la sacarosa y los azúcares reductores; consecuentemente, su composición tiene que variar, como lo hace la composición del guarapo, según la variedad y madurez de la caña las condiciones climatológicas y agrícolas, la eficiencia de la molienda, la naturaleza del proceso utilizado para su clarificación y otros factores. En el proceso ocurren ciertos cambios, así que cualitativa y cuantitativamente los no azúcares de la melaza no son iguales a los de la caña de azúcar correspondientes. Los cambios ocasionados por la acción de la cal u otros álcalis calientes sobre los azúcares reductores, especialmente sobre la Levulosa, son la fuente principal de los nuevos compuestos que ocurren en la melaza.

3.3.2 **Análisis típico:**

No se puede formular un análisis típico, pero ciertas cifras generales nos servirán de utilidad. La gama amplia de melazas que salen de las centrífugas será de 80 a 92° Brix., con una cantidad de humedad de 16 a 28% , la sacarosa variará entre 25 y 40%, y los azúcares reductores entre 35 y 12%, y la suma de los dos(azúcares totales) será de 50% o más. Las cañas inmaduras tales como las que se encuentran en países

subtropicales suelen rendir melazas con menos sacarosa y más azúcares reductores que las cañas plenamente desarrolladas en los trópicos.

Los azúcares principales de la melaza son la sacarosa, la dextrosa y la levulosa, de los cuales los dos últimos componen la mayor parte de los *azúcares reductores* reseñados en los análisis. El contenido de sales minerales o ceniza ha aumentado con la molienda más eficiente y también a ciertas variedades de caña y a las mejoras en los métodos de agotamiento de melazas. En general, el contenido de cenizas es cualitativamente similar a la del jugo del que se obtiene la melaza hace algunos años era frecuente encontrar contenidos de 7-8% pero hoy en día se encuentran entre el 12-15%, ver el cuadro 7, los análisis completos de las cenizas de las melazas y los promedios de estas nos arrojan que casi el 40% de la ceniza total de carbonato la conforma la potasa, que la cal varía entre un 10-20%. Y otros componentes como:

Cuadro 7. Compuestos que forman parte de la ceniza en la melaza

<i>Compuesto</i>	<i>Porcentaje mínimo</i>	<i>Porcentaje máximo</i>
<i>SiO₂</i>	1.86	6.60
<i>K₂O</i>	37.48	41.79
<i>CaO</i>	10.27	16.58
<i>MgO</i>	5.45	11.37
<i>P₂O₅</i>	1.53	8.50
<i>SO₃</i>	3.69	9.59

Compuestos nitrogenados: El nitrógeno total que contienen las melazas llega desde 0.4 hasta 1.5% y de esta cifra frecuentemente se calcula la proteína cruda, multiplicando el valor de Nitrógeno por un factor que para el caso de la melaza es de 6.25, entonces el valor de la proteína quedará así, N *6.25.

Productos oscurecedores. Cuando los azúcares, dextrosa y levulosa, se someten al calor en un medio alcalino, como ocurre en la defecación, y a la calefacción subsiguiente que es parte del proceso, ocurren varias reacciones. De estas la más importante es la de los aminoácidos con estos azúcares o sus productos de deshidratación. Esta se llama la reacción de Maillard o “reacción oscurecedora” y su resultado es la formación de productos de color oscuro tales como las “melanoidinas”.

Sustancias reductoras no fermentable: La presencia de no azúcares cuproreductores en la melaza de caña ha sido tema de muchos estudios, y Mc Donald revisa detalladamente los trabajos hechos. Los primeros investigadores sugirieron la teoría de que una hexosa a la que denominaron “glutosa” era la parte no fermentable de las sustancias reductoras determinadas por la solución de Fehling, pero investigadores posteriores demostraron que esta materia es una mezcla compleja de la cual es posible que el azúcar constituya una porción muy pequeña y que no ay tal compuesto como la “glutosa”.

Ácidos no nitrogenados: El ácido aconítico es por mucho el ácido más abundante existente en los productos de caña, y en las melazas se han encontrado un contenido de hasta 6% sobre sólidos. El guarapo contiene cantidades minúsculas de los ácidos málico y cítrico, pero las melazas muestran contenidos apreciables. Los ácidos láctico y acético son producto de la acción microbiológica, y el ácido fórmico existe como producto de descomposición.

Vitaminas: las vitaminas que son estables en presencia de calor y en medio alcalino quedan concentradas en las melazas; pero de ellas solo el mionositol existen en cantidades suficientes. Pueden existir cantidades significativas de biotina, niacina, ácido pantoténico y riboflavina. El Cuadro 8. muestra la composición de la melaza.

Cuadro 8. Composición de la melaza

Composición aproximada de las melazas de caña.

(Porcentaje en peso de melazas)

Constituyentes Principales	Componentes	Gama normal de porcentaje
<i>Agua</i>		17-25
	<i>Sacarosa</i>	30-40
<i>Azucares</i>	<i>Glucosa(dextrosa)</i>	4-9
	<i>Fructuosa(levulosa)</i>	5-12
	<i>Otras sustancias reductoras</i>	1-4
	<i>Total de sustancias reductoras</i>	10-25
<i>Otros hidratos de Carbono</i>	<i>Gomas, almidón, pentosanos, también trazas de hexitoles; mionositol, D-manitol y ácidos uránicos.</i>	2-5
<i>Ceniza</i>	<i>Como Carbonatos</i>	
	<i>% de Ceniza</i>	
	Bases:	
	<i>K₂O</i>	30 - 50
	<i>CaO</i>	7 - 15
	<i>MgO</i>	2 - 14
	<i>Na₂O</i>	0.3 - 9
	<i>R₂O₃(Fe)</i>	0.4 - 2.7
	Ácidos	
	<i>SO₃</i>	7 - 27
	<i>Cl</i>	12 - 20
	<i>P₂O₅</i>	0.5 - 2.5
	<i>SiO₂ e insolubles</i>	1 - 7

<i>Compuestos Nitrogenados</i>	<i>principalmente ácidos aspartico y glutámico, incluyendo algunos ácidos pirrolidin carboxílicos</i>	<i>2.5 – 4.5</i>
<i>Ácidos no nitrogenado</i>	<i>Componentes nitrogenados no identificados</i>	<i>0.5 – 1.5</i>
<i>Cera, esteroides y fosfátidos</i>	<i>Ácido aconítico(1-5 %), cítrico, málico, oxálico, glicólico. Mesacónico, succínico, fumárico, tartárico</i>	<i>0.3 – 0.5 1.5 – 3.0</i>
<i>Vitaminas</i>	<i>Vitamina A, biotina, niacina, ácido pantoténico, riboflavina tiamina</i>	<i>1.5 – 6.0</i>
<i>Proteína bruta (N*6.25)</i>		<i>0.5 – 1.5</i>
<i>Proteína verdadera</i>		<i>0.1 – 1.0</i>
<i>Aminoácidos,</i>		<i>cantidades variables</i>

3.4 DESCOMPOSICIÓN DE LA MELAZA

Estudios realizados en Red Star Corp. Reflejan los cambios que ocurrían en las melazas crudas durante el almacenamiento, se analizaron dos muestras de melaza cada año, durante 02 años, habiéndose notado los cambios siguientes:

1. Pérdida de sacarosa: de 31.30 a 12.61%, en el tanque 1 y de 34.79 a 6.61% en el tanque 2.
2. Aumento de azúcares reductores de 19.10 a 23.57% y de 25.09 a 34.13%.
3. Pérdida de azúcares totales de 52.04 a 36.84% y de 61.71 a 41.08% .
4. Pérdida de sólidos totales.
5. Gran aumento de coloración.
6. Aumento en el porcentaje de no-azúcares orgánicos.

En Red Star del Perú el tiempo de almacenamiento, del crudo de melaza no es más de 03 meses, además que la temperatura media ambiente no sobrepasa los 40°C en el lugar de almacenamiento. Por lo cual solo lo mencionamos.

3.5 PROPIEDADES DE LA MELAZA

a) *Viscosidad* :

La viscosidad de la melaza que se vaya a bombear es de máxima importancia, ya que se ha encontrado que al fricción en tuberías aumenta en proporción aproximadamente directa a la viscosidad. Los no-azúcares orgánicos “son difíciles de deformar”, es decir, oponen elevada resistencia interna al movimiento, esta resistencia radica en el espacio entre las partículas individuales. Al tener composiciones diferentes de melazas , su viscosidad también será variada, se analizaron melazas provenientes de la misma materia prima, pero trabajadas de distintas maneras , dando por resultado valores distintos. La tabla representa los valores obtenidos:

Cuadro 9. Viscosidad de las melazas

CALIDAD	MÁXIMA (SSU)	MINIMA (SSU)
TIPO A	23000	1300
TIPO B	60000	6400
TIPO C	250000	16500

Viscosidad, SSU medidos a 100 °F.

Se verá que la viscosidad máxima de la melaza A es superior a la viscosidad mínima de C, con lo cual esta melaza será ligeramente más difícil de bombear, mientras que la viscosidad máxima de C es casi 11 veces la viscosidad máxima de A, es decir 11 veces más difícil su bombeo.

Variación de la viscosidad con la temperatura:

Es bien conocido el efecto de la temperatura sobre la viscosidad de la melaza, pero la magnitud de este efecto es mucho mayor de lo que generalmente se supone. Se hicieron pruebas considerando las melazas máximas y mínimas de tipo C y las encontramos en el Cuadro 10. Se verá que la viscosidad de la melaza C puede ser 10 ó 20 veces mayor a 70°F de lo que es a 100°F y esta relación se mantiene muy estrechamente en las demás calidades. También que la viscosidad de una melaza queda aproximadamente duplicada por cada 10° que disminuya la temperatura entre 100 y 70 °F. Esta relación lineal se mantiene a temperatura de 20 a 80°C y a brix de 72 a 89°B, pero la extrapolación otorgará datos razonablemente seguros para condiciones fuera de estos límites.

Cuadro 10. Dependencia de la viscosidad con la temperatura en melazas

Viscosidad, SSU				
Melaza tipo C.	70°F	80°F	90°F	100°F
130°F				
Viscosidad 65000 Máxima	5000000	1300000	500000	250000
Viscosidad 5500 Mínima	150000	60000	28000	16500

b) Calor específico:

Estas cifras no se han calculado para las melazas como tales, pero el procedimiento general consiste en utilizar los valores de las soluciones de sacarosa, siendo la densidad la variable. Se plantea la ecuación $c = 1 - 0.006B$, donde B es el Brix de la solución.

3.6 USOS COMERCIALES DE LAS MELAZAS

La distribución del consumo de melaza para los Estados Unidos en el año 1985 se muestra en el Cuadro 11.

4. PROCESO DE OBTENCIÓN DE LEVADURA

4.1 DESARROLLO DE LA TECNOLOGÍA PARA PRODUCIR LEVADURA

La producción de levadura para panificación deriva de la industria cervecera, en la actualidad se le conoce como levadura prensada ó levadura fresca, a una levadura de fermentación alta, separada de la solución nutritiva, parcial o totalmente fermentada, mediante despumación o tamizado, sedimentación o centrifugación, lavada con agua y desecada hasta consistencia sólida por prensado u otros sistemas.

A fines del siglo XVIII, cuando ya hacia tiempo que se conocía la levadura líquida para la cerveza, se había observado que una levadura de fermentación alta, adaptada a temperaturas elevadas, resultaba mucho mas idónea para panadería que las levaduras de fermentación baja. En Holanda, por ejemplo, ya se preparaba en el año 1781 una levadura para elaborar pan de trigo operando de la forma siguiente:

Un macerado de Centeno y malta triturados, de aproximadamente 10° Brix, se trata con levadura de 18-19° , y a continuación se deja reposar por algunas horas. Más tarde se pasan tres cuartas partes de la mezcla reposada a dos tinas de madera situadas sobre la tina principal, en estas dos tinas se separa la espuma formada por la levadura en la parte superior, y se trasvasa el resto de la mezcla a la tina principal, posteriormente la levadura separada se tamiza, lava y prensa.

Según otro sistema no es necesario separar la levadura de la parte superior del líquido, sino simplemente enviar a la tina principal el líquido de maceración que se encuentra debajo de la espuma y tratar esta como se ha indicado anteriormente. Este método fue introducido por TEBBENHOFF, en Alemania en 1810, así mismo dicho autor introdujo en el año 1825 una prensa de palanca para escurrir la levadura.

En 1820, F W Dursthoff fundó en Dresden una destilería de granos de trigo en la que obtuvo una levadura que se difundió hasta Austria. También en Austria se

hicieron grandes progresos en este terreno a partir de 1840. Burka expedía desde Gross-Engersdorf, cerca de Viena, levadura seca en paquetes.

Entre los pioneros de esta industria debe destacarse a Ing. Mautner, antiguo destilador de patatas y después cervecero, fundador del método vienes. Quien con ayuda de los hermanos Reininghaus, introdujo el maíz como primera materia más barata en lugar de centeno. En vez de trabajar con malta secada al aire y tostada se aprendió a utilizar la malta verde. Luego apareció el filtro prensa construido por Dehne, en Halle en 1867, mejorando y abreviando el secado de levadura; esto constituyó un notable progreso. En 1878, Simmen, ideó la máquina para dividir y empaquetar la levadura, y Hagspihl de Goerlitz, otro aparato para cribar la levadura.

En 1879 Rainer, de Viena, obtuvo la patente de un procedimiento para obtener la levadura fresca sin alcohol.

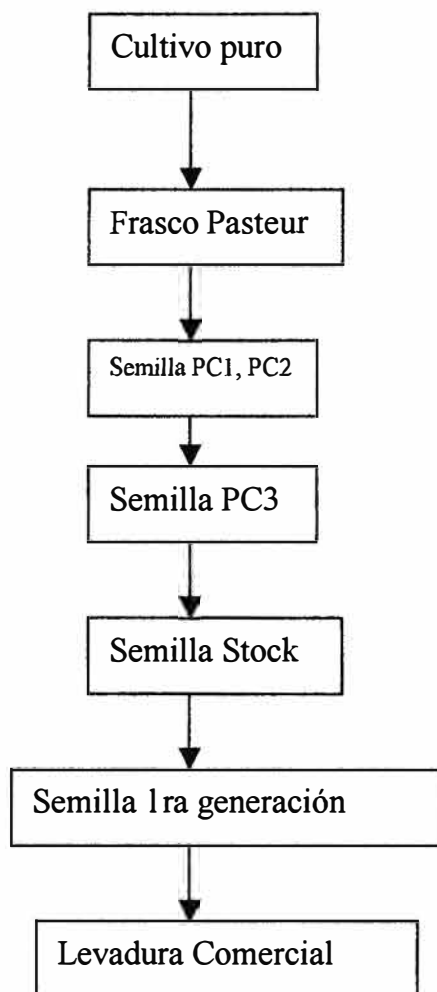
Por aquel entonces, los trabajos científicos de Maercker, Delbrueck y Hayduck realizados en el “instituto para las industrias para la fermentación” de Berlín, dieron un gran impulso a esta industria al valerse de los servicios del microscopio, dado a conocer 200 años antes por Leuwenhoek con su procedimiento de las “bolitas de levadura”, como valioso instrumento de investigación en el estudio de las fermentaciones. Delbrueck aportó nueva luz al problema comprobando la formación de ácido láctico y estableció las bases para tener garantía de seguridad en la fabricación de levadura fresca. Hayduck efectuó importantes trabajos acerca de la influencia de diversos ácidos sobre la actividad y multiplicación de levadura y el contenido y necesidades de albúmina en relación con su capacidad fermentativa.

Un giro decisivo tuvo cuando Marquardt, en 1879, consiguió una patente para obtener levadura de los caldos por introducción de aire en el líquido, recogiendo con ello una observación hecha por Pasteur, por otra parte este nuevo sistema denominada “levadura aireada” fue bien desarrollado sobre el año 1880 por el danés E. Brun. Este autor introdujo el procedimiento en Suecia e Inglaterra siendo perfeccionado en este último país por Housman, quien amasa en una tina de depuración una solución de azúcar de remolacha, invertida y calentada, con

gérmenes de malta o salvado, y extrajo un líquido claro que pasaba a la tina de fermentación provista de tubos de refrigeración y aireación; añadió al mosto levadura procedente de un cultivo e insufló aire durante las 9-12 horas del período de fermentación, regulando constantemente la temperatura. A continuación separó la levadura del mosto por centrifugación, posteriormente Wendel aportó las necesidades nutritivas de la levadura.

4.2 SIEMBRA DE CULTIVO

En la producción de levadura se distinguen dos tipos de cultivo, el cultivo puro natural y el cultivo puro absoluto. Mientras que en este último se parte del aislamiento de una o varias células preparadas para el proceso de multiplicación, el cultivo puro natural se basa en la eliminación de los agentes indeseables en la fermentación utilizando simplemente, por ejemplo, la acción del calor a temperaturas perjudiciales para los elementos contaminados, por el contrario, se buscará el desarrollo de los que interesan, hasta el punto de eliminar totalmente los microorganismos indeseados. De este modo, aplicando determinadas temperaturas y efectuando adiciones especiales al “cultivo natural” procedente de mostos que contienen una serie de hongos semejantes, se logra ya en la primera siembra obtener un mosto muy rico en el tipo deseado, que al, ponerlo de nuevo en las mismas condiciones, conduce a la levadura apetecida como “*único elemento predominante*”. En la empresa se trabaja generalmente con levadura aislada, pero a veces se obtiene por la mezcla de ambos métodos. En la figura 5. se aprecia el camino que sigue la levadura desde que es aislada hasta que se encuentra en manos del panadero.

Figura 5. Secuencia de Producción de levadura.

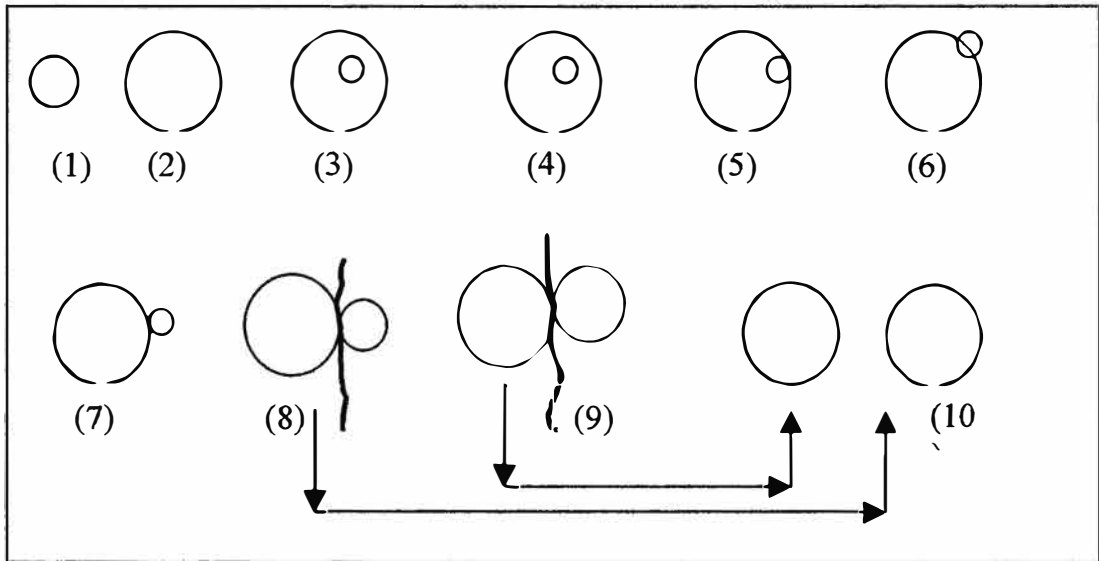
El cultivo debe ser mantenido exclusivamente en un medio adecuado. El medio consiste en extracto de malta con un Brix final de 10° a 11° al cual se le agrega agar, el medio es vertido en botellas pequeñas y son esterilizadas en una autoclave. La inoculación se hace con una varilla de acero, donde la cepa madre se va vertiendo en las botellas preparadas anteriormente y luego son incubados por 03 días a una temperatura de 30°C, después de terminar la inoculación las cepas son refrigeradas, hasta empezar la reproducción.

La cepa anteriormente preparada continúa su reproducción en frascos Pasteur; los cuales han sido previamente esterilizados y enfriados, estos frascos contienen extracto de malta filtrado con un Brix de 11°, la levadura es raspada de la botella con agar que contiene la cepa y es colocada dentro del frasco Pasteur. Estos

frascos inoculados ó sembrados son incubados entre 28 y 30°C por un periodo de 32 horas.

Las células siguen una secuencia de reproducción que se ilustra en la Figura 6.

Figura 6. Secuencia de reproducción de la levadura.



En el punto (1) tenemos una célula de levadura aun pequeña, en proceso de crecimiento, luego tenemos una célula adulta y en condiciones de reproducirse, posteriormente una levadura en proceso de reproducción que se va formando en el seno de la célula madre, esta célula en formación se va haciendo más fuerte y más notoria a la vista, luego esta se va aproximando hacia la parte exterior de la célula madre, en el punto 6 tenemos una célula que esta saliendo al exterior, esta sin embargo no se desprende de la célula madre, es en estas condiciones que comienza a absorber alimentos del medio y comienza su crecimiento, esta nueva célula se desprenderá aun tamaño pequeño ó a uno más grande según se muestra en los números 8 y 9. en 10 se tienen células ya adultas y listas para empezar otro ciclo.

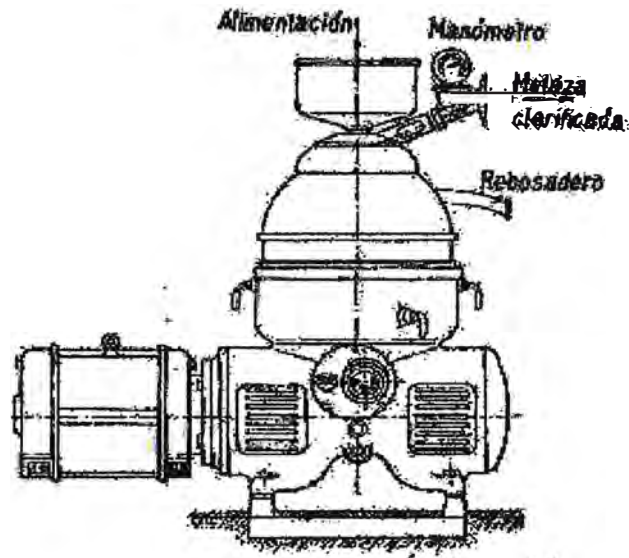
4.3 COCIMIENTO

El cocimiento consiste en llevar la mezcla azucarada a su temperatura de ebullición manteniéndola durante un tiempo prudente que permita asegurar la muerte de los microorganismos, el objetivo es tener una melaza diluida estéril; sin presencia de microorganismos que puedan posteriormente contaminar el caldo fermentativo. La melaza a cocinar es preparada así: se llena el tanque de cocimiento con agua caliente, luego se deja caer la suficiente melaza cruda para alcanzar un brix de 38 – 40° es agitado y a continuación se le inyecta vapor directo a la solución azucarada, a partir del momento de la ebullición es mantenido por unos 15 minutos a la temperatura de esterilización, el vapor vivo ingresa por la parte inferior del tanque y se dispersa a través de tubos con agujeros de 2mm de diámetro, parte del vapor que ingresa es condensado en la solución y por tanto diluye el mosto hasta un brix de 40 – 42°, la otra parte es recogido por un sistema de recuperación de gases y es aprovechado para calentar agua.

2.4 CLARIFICACION

La melaza cruda tiene un porcentaje de barro entre 6 y 12%, la melaza cocinada es dejada en reposo como mínimo 16 horas, para que pueda sedimentar el barro del mosto. La cantidad de barro que tiene este mosto varía entre 3 y 5.5%(porcentaje volumétrico) esta cantidad deberá ser reducida a una cantidad inferior al 0.3%. la cantidad de barro es perjudicial en la levadura porque le da un color oscuro y es perjudicial para la fermentación ya que esta contiene compuestos que pueden producir reacciones colaterales en la fermentación. El equipo usado para lograr esta clarificación es una centrífuga de marca Westfalia, la figura 7. Muestra el esquema de esta. Como único tratamiento previo basta simplemente diluir la melaza cruda a 35 – 42° B, sin embargo no es conveniente diluir demasiado, pues en este caso se disolverían de nuevo las sales que contiene, insolubilizadas en gran parte, sobre todo las cálcicas, sustrayéndolas a la separación, la concentración más adecuada es de 40° B.

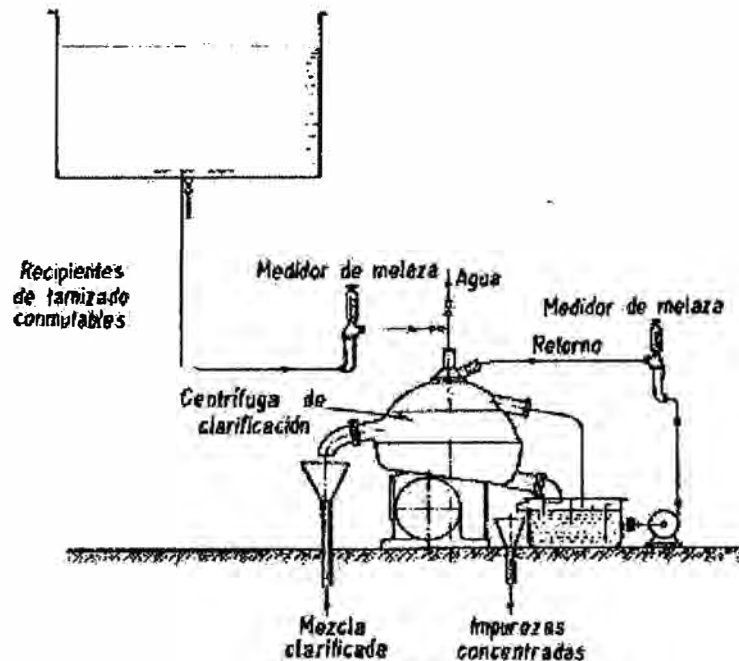
Figura 7. Centrífuga de clarificación de melaza.



El diagrama de la figura 8, muestra el arreglo para la clarificación continua. La melaza diluida viene del tanque de cocimiento ~~entre~~ al medidor de flujo, entra en la centrífuga de modo que la melaza limpia fluye por un lado y las impurezas concentradas en forma de lodo por otro lado, mediante una bomba y pasando a través de un medidor, el líquido sucio puede retornarse a la centrífuga para recuperar toda la melaza posible o puede recircularse parte de la melaza, la otra parte, es decir, la melaza limpia va a los tanques de alimentación donde antes de ser utilizadas son llevadas a la temperatura de esterilización. La unidad trabaja con un caudal de 6m^3 por hora.

Existen melazas que a pesar de someterlas a los métodos de clarificación químicos y mecánicos, solo se aclaran de una manera incompleta. Estas melazas contienen determinados coloides de carácter péptico que, actuando como protectores, dificultan la precipitación de las materias insolubles e interfieren, por tanto, en el proceso de clarificación. Estos mostos, clarificados del modo usual presentan un aspecto mate y son turbios vistos a la luz.

Figura 8. Sistema de clarificación continua de melaza



En estos casos la melaza deberá ser tratada con peróxido de hidrógeno, antes de la precipitación del mosto manteniendo la oxidación hasta que aparezca el precipitado. Para ello se diluye con agua hasta 25° B, luego se añade ácido sulfúrico, peróxido de hidrógeno y superfosfato, luego se procede a cocinarla con vapor directo.

Cuando termina la clarificación de los tanques de cocimiento, no se hace pasar el precipitado, sino que se deja una altura de unos 20cm, según la cantidad de barro que tenga esa melaza, y este barro es llevado a un tanque al cual se le denomina tanque de recuperación, en donde se pueden recuperar hasta 200Kg de melaza cruda, en condiciones normales de trabajo.

4.5 FERMENTACIÓN

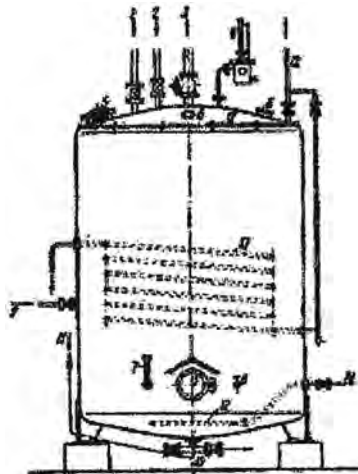
Es la parte más importante del proceso de obtención de la levadura y esta comienza a escala industrial en los cuartos de cultivo, en donde la levadura deja el hábitat del frasco Pasteur y es trasvasada ó sembrada al tanque más pequeño del

cuando la cantidad de masa celular sea constante. Lo mismo sucede de PC2 a PC3.

Una vez terminada PC3 este mosto es llevado por gravedad hasta un tanque mucho mas grande ó tanque comercial, donde continuará su crecimiento y reproducción, a esta fermentación la denominamos fermentación de semilla stock y a diferencia de las tres anteriores esta si es en sistema abierto, es decir, el ingreso de nutrientes y melaza se hace gradualmente según el consumo de esta, en las fermentaciones en el cuarto de cultivo estas eran cerradas, todo el material se cargaba antes de iniciar la fermentación y ya no se adicionaba nada hasta el final. De manera similar al stock se obtiene la fermentación denominada Semilla de primera generación, en donde ya tenemos una concentración de masa celular considerable alrededor de un 5% en peso. Es esta levadura la que será separada del mosto en las centrifugas, para obtener la semilla de comerciales industriales para toda una semana. La cantidad de semilla a producir estará supeditada a las ventas, en donde se escogerá el programa adecuado para producir mayor o menor cantidad de semilla. La figura 10, nos muestra un fermentador típico para la fermentación comercial industrial.

Para iniciar un comercial, se prepara agua estéril, esta se mezcla con melaza de unos 32 brix, se le agregan sales de calcio, magnesio, potasio, compuestos fosfatados, vitaminas y se agitan con la inyección de aire, en ese momento se le agrega la semilla y comienza la fermentación, esta durará de 15 a 18 horas y se le Irán agregando melaza y nutrientes según avance la fermentación, se deberá cuidar que la temperatura desarrollada no exceda los 30° C.

Figura 10. Tanque de fermentación.



4.6 SEPARACION

Para poder obtener la levadura líquida, el producto final de la fermentación, pasa por un arreglo de centrifugas, en donde la levadura es separada del mosto, mediante una separación mecánica y luego de 03 lavados con agua es llevado al tanque de almacenamiento de levadura líquida. Las centrifugas que se usan son similares a las utilizadas en la clarificación, pero se utilizan tres de ellas, ya que la cantidad a separar es mucho mayor. Pero no siempre la separación se realiza satisfactoriamente sino que la levadura se aglutinan formando unos copos de levadura.

Es bien sabido que la aglomeración de las células de levadura en forma de copos y escamas dificulta la eliminación por lavado de los restos de mosto adheridos y puede perjudicar su estabilidad. Las causas que se creían eran responsables de este fenómeno fueron muy discutidas y eran tres teorías:

1. *Una biológica* .- Que atribuye la aglutinación de las células a una infección por bacterias lácticas floculadas.
2. *Una enzimática* .- Según la cual la levadura, a consecuencia de la falta de enzimas proteolíticas activas, forma copos y no es, por tanto capaz de hidrolizar la albúmina del sustrato nutritivo.

3. *Una teoría eléctrica* .- Que estima la causa en una modificación de la carga de las células teniendo en cuenta que la formación de copos ocurre en el punto isoelectrico.

Sin embargo más tarde se comprobó que en la formación de los copos de levadura solo influye la concentración de iones hidrógeno. Las levaduras que no fermentan se aglutinan de preferencia a pH de 2.85 a 3.15. La levadura de la tercera generación forma copos en una zona de pH más amplia que la de la segunda generación. Los componentes salinos del medio nutritivo aumentan o disminuyen el efecto del pH en la misma zona en que la levadura aglutina con mayor facilidad. Sin embargo, el pH óptimo que se ha encontrado para la aglutinación carece de importancia biológica, puesto que el pH de fermentación y del crecimiento óptimo de la levadura es 4.5 -5.5. Se ha comprobado que la formación de copos esta relacionada con la acción enzimática. La asimilación del nitrógeno y la capacidad de fermentación experimentan un retroceso cuando la levadura flocula, floculación que se favorece por la fermentación prolongada y por la presencia de los propios productos metabólicos.

4.7 FILTRACION Y EMPAQUE

La levadura separada del mosto, es almacenada en tanques refrigerados por lo menos 1 día o el tiempo requerido para llevar su temperatura a 2° C, es entonces cuando es bombeada para atravesar los filtros prensa en donde se remueve agua y pasa de una cantidad de humedad en la levadura líquida de 82 a 79% hasta una pasta con una humedad de 67 a 70%. Se cuenta con un arreglo de 02 filtros de 20placas y de 1m² de área por placa. Luego es pasada a la sección de empaque en donde es cortada en pesos de 480g y es empaquetada con papel parafinado, la temperatura que alcanza en este momento es de 21 - 23° C, es por eso que deberá ser llevado al frigorífico rápido.

4.8 ALMACENAMIENTO

La levadura es empacada en cajas de cartón de 50 paquetes, y es trasladada a las cámaras frigoríficas, en donde permanecerán por 04 días, en la cual la temperatura descenderá en el rango desde -3°C hasta 0°C , en este momento ya se encuentra lista para su distribución. Las cajas son apiladas sobre soportes de madera, estas deberán de tener espacios vacíos entre caja y caja para tener una mejor circulación del aire frío.

5. RECUPERACION DE AZUCARES

5.1 ANALISIS DEL PROCESO

Es la parte central del informe y reúne información experimental acerca del comportamiento de la melaza, relación que existe con la cantidad de azúcares, la cinética de reacción, crecimiento de la levadura y pruebas adicionales.

5.2 CARACTERIZACION DEL FLUJO - DATA EXPERIMENTAL

a) *En La Melaza*

La principal materia prima en la obtención de levadura es la melaza, para la cual se han hecho corridas experimentales, para determinar el comportamiento de esta a lo largo del proceso, además de como influyen la cantidad de compuestos como los sulfuros, como los taninos, las cenizas, la humedad, el color, que no se encuentran en el presente informe, pero lo que sí reportamos, es, como varía la cantidad de brix con la dilución y la relación que tiene el brix con la cantidad de azúcares reductores totales. Que es lo que nos interesa para este informe. Cabe señalar que la data experimental que se muestra son recogidas en la misma planta y solo se mostraran algunas de ellas.

Dilución de la melaza cruda:

La melaza cruda tiene un brix de 80-92° la cual será diluida a diferentes concentraciones a lo largo del proceso, las diluciones serán desde el 50% en peso hasta pequeñas cantidades; se han tratado todas las melazas provenientes de las 11 cooperativas azucareras, las cuales han sido medidas con un brixómetro y a una temperatura de 20° C. Más adelante se reportan los resultados de cuatro cooperativas como son Casagrande, Laredo, Paramonga y San Jacinto. Los resultados muestran una relación lineal en la dilución por debajo del 50%, esta relación lineal también se comprueba con respecto al barro que contiene la melaza y así como con los azúcares reductores totales. La variación del pH en la dilución

permanece casi constante, la variación del color de las diluciones también varia pero no de una forma lineal. Si bien es cierto es necesario caracterizar la melaza, solo nos será útil conocer en todo momento la cantidad de azúcares reductores totales y el Brix de la solución o la dependencia entre ambas; tanto los azúcares como el Brix puede medirse en cualquier momento, siendo la determinación de los azúcares mas tediosa.

Los cuadros mostrados pertenecen a pruebas hechas en el laboratorio de la empresa y partimos de una dilución al 50% en peso con 200g de melaza cruda y 200g de agua, la cantidad de melaza va disminuyendo progresivamente hasta soluciones bastante diluidas, el peso total de la mezcla es de 400g y se evaluó la cantidad de: azúcares, Brix, barro, color y pH. Solo mostramos lo concerniente a el Brix.

Debido a la dependencia del brix con la temperatura, se ha cuidado bastante mantener la temperatura del mosto de melaza a la temperatura de 20° C. Y cuando no ha sido así se han utilizado las tablas que corrigen este error.

COOPERATIVA AZUCARERA CASAGRANDE

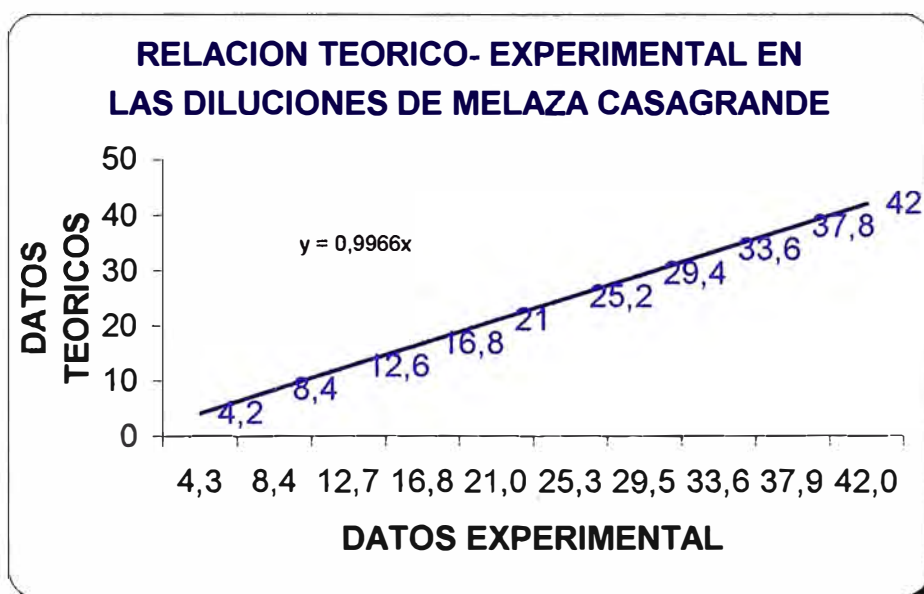
El brix de la melaza cruda, de una misma cooperativa no se mantiene constante y esto es debido a que su proceso de refinación no es constante ó a que usan diversas materias primas de diversas cosechas, algunas veces se ha detectado que en la empresa de transportes es adulterado diluyéndola con agua , esto debido a que en el camino es comercializada a los agricultores. El cuadro12, muestra los resultados obtenidos.

Melaza cruda con un brix de 84°

Cuadro 12. Dilución de melaza de Casagrande.

Peso Melaza	Peso Agua	Brix Teórico	Brix Experimental
200	200	42	42,0
180	220	37,8	37,9
160	240	33,6	33,6
140	260	29,4	29,5
120	280	25,2	25,3
100	300	21	21,0
80	320	16,8	16,8
60	340	12,6	12,7
40	360	8,4	8,4
20	380	4,2	4,3

Figura 11. Dilución de melaza de Casagrande.



MELAZA DE LA COOPERATIVA AZUCARERA LAREDO
Melaza cruda con Brix de 90°

Cuadro 13. Dilución de melaza de cooperativa Laredo.

Peso Melaza	Peso Agua	Brix Teórico	Brix Experimental
200	200	45,00	45,0
180	220	40,50	40,7
160	240	36,00	36,1
140	260	31,50	31,3
120	280	27,00	27,0
100	300	22,50	22,6
90	310	20,25	20,3
80	320	18,00	18,1
70	330	15,75	15,8
60	340	13,50	13,5
50	350	11,25	11,3
40	360	9,00	9,0
30	370	6,75	6,8
20	380	4,50	4,5
10	390	2,25	2,3

Figura 12. Dilución de la melaza de la cooperativa Laredo



MELAZA DE LA COOPERATIVA AZUCARERA SAN JACINTO

Melaza cruda de 87°B

Cuadro 15. Dilución de melaza San jacinto.

Peso Melaza	Peso Agua	Peso Teórico	peso Experimental
200	200	43,50	43,5
180	220	39,15	39,2
160	240	34,80	34,9
150	250	32,63	32,7
140	260	30,45	30,5
130	270	28,28	28,3
120	280	26,10	26,1
110	290	23,93	23,9
100	300	21,75	21,8
90	310	19,58	19,6
80	320	17,40	17,4
70	330	15,23	15,3
60	340	13,05	13,1
50	350	10,88	10,9
40	360	8,70	8,8
30	370	6,53	6,5
20	380	4,35	4,4
10	390	2,18	2,2

Figura 14. Dilución de melaza San jacinto.



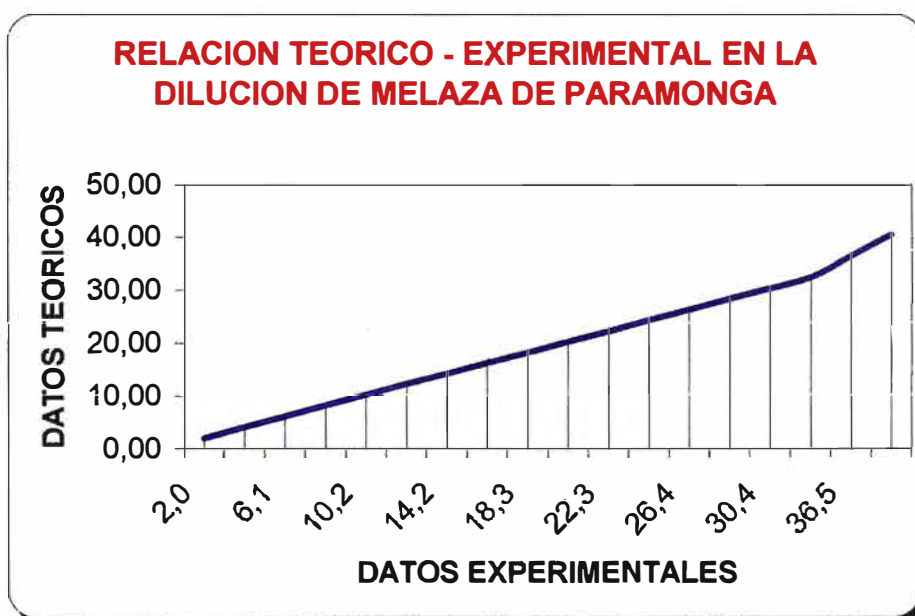
MELAZA DE LA COOPERATIVA AZUCARERA PARAMONGA

Melaza cruda con un Brix de 81°

Cuadro 14. Dilución de la melaza de Paramonga

Peso Melaza	Peso Agua	Peso Teórico	peso Experimental
200	200	40,50	40,5
180	220	36,45	36,5
160	240	32,40	32,5
150	250	30,38	30,4
140	260	28,35	28,5
130	270	26,33	26,4
120	280	24,30	24,3
110	290	22,28	22,3
100	300	20,25	20,3
90	310	18,23	18,3
80	320	16,20	16,3
70	330	14,18	14,2
60	340	12,15	12,2
50	350	10,13	10,2
40	360	8,10	8,1
30	370	6,08	6,1
20	380	4,05	4,1
10	390	2,03	2,0

Figura 13. Dilución de melaza de Paramoga.



$^{\circ}\text{B}_{\text{agua}}$ = Brix del agua de dilución.

$^{\circ}\text{B}_{\text{melaza cruda}}$ = Brix de la melaza cruda.

El agua de dilución que se usa no tiene en su contenido azúcar por lo que en las expresiones anteriores tanto $^{\circ}\text{B}_{\text{agua}}$, % azúcar en el agua, % A.R.T. tendrán el valor de cero y las expresiones se reducirán a:

$$\% \text{ azúcar en la mezcla} = \frac{\% \text{ azúcar mz cruda} * W_{\text{mz. cruda}}}{W_{\text{de la mezcla}}} \quad \text{Ecuación(4)}$$

$$\% \text{ A.R.T} = \frac{\% \text{ A.R.T.} * W_{\text{melaza cruda}}}{W_{\text{de la mezcla}}} \quad \text{Ecuación(5)}$$

también:

$$^{\circ}\text{B}_{\text{mezcla}} = \frac{^{\circ}\text{B}_{\text{melaza cruda}} * W_{\text{melaza cruda}}}{W_{\text{mezcla}}} \quad \text{Ecuación(6)}$$

Usando esta última ecuación es como se ha determinado el valor de la columna con encabezado brix teórico de las tablas anteriores, Ajustando los datos nos da la ecuación de $y = 0.9966x$ lo que prácticamente es una relación de 1 a 1.

Para los cálculos a realizarse se harán usando la ecuación 6, en todas las diluciones que ocurran en el proceso.

b) Relación del Brix y los azúcares

Al igual que en la dilución, se efectuaron análisis a las melazas de distintas cooperativas azucareras las cuales reportaron los siguientes resultados:

Cuadro 16. Azúcares reductores y Brix de melazas.

COOPERATIVA AZUCARERA	Brix	%A.R.T.	Brix / ART
Casagrande	84	54,90	1,53
	50	31,85	1,57
	40	25,32	1,58
	30	18,87	1,59
	20	12,58	1,59
	15	9,43	1,59
	10	6,21	1,61
	5	3,03	1,65
Laredo	90	59,60	1,51
	80	51,95	1,54
	50	31,65	1,58
	40	25,16	1,59
	30	18,87	1,59
	20	12,58	1,59
	15	9,43	1,59
	10	6,29	1,59
Túman	5	3,07	1,63
	88	57,89	1,52
	86	55,84	1,54
	85	55,19	1,54
	82	53,59	1,53
	80	52,29	1,53
	40	25,32	1,58
	35	22,01	1,59
	30	18,87	1,59
	20	12,58	1,59
	10	6,33	1,58
	15	9,43	1,59
	10	6,13	1,63
Cartavio	5	2,99	1,66
	90	59,60	1,51
	86	56,58	1,52
	84	55,26	1,52
	45	28,48	1,58
	40	25,16	1,59
	30	18,87	1,59
	20	12,58	1,59
	15	9,38	1,6
10	6,17	1,62	
5	3,01	1,66	

Paramonga	85	55,92	1,52
	81	52,94	1,53
	50	31,45	1,59
	40	25,16	1,59
	30	18,87	1,59
	25	15,72	1,59
	20	12,58	1,59
	15	9,32	1,61
	10	6,13	1,63
	5	3,01	1,66
San Jacinto	87	56,86	1,53
	83	54,25	1,53
	45	28,48	1,58
	40	25,32	1,58
	30	18,87	1,59
	25	15,72	1,59
	20	12,58	1,59
	15	9,26	1,62
	10	6,13	1,63
	5	3,03	1,65

Existe una relación entre °B y los ART desde 1.51 para los más concentrados y hasta 1.66 para los más diluidos, siendo el valor más frecuente de 1.59 que es cercano al promedio de los valores extremos; usaremos esta relación para el cálculo de los azúcares, conociendo el Brix, ya que la medida del Brix es casi inmediata y sencilla, los azúcares reductores son hallados mediante un procedimiento más complejo y resulta muy largo y engorroso.

Entonces:

$$\%A.R.T. = \frac{^{\circ}B}{1.59} \quad \text{Ecuación (7)}$$

c) De La Cinética De Crecimiento

Se han tomado datos en las diferentes etapas de crecimiento:

FRASCO PASTEUR

Es el primer paso en las siembras sucesivas que se realizan en la producción de levadura, nos permite obtener un nivel de masa celular que servirá como semilla a los tanques pequeños de fermentación, PC1, PC2 y PC3. Se tomaron muestras según el cuadro 17, analizando % de sólidos, % de azúcares y % de levadura, según transcurría el tiempo, luego:

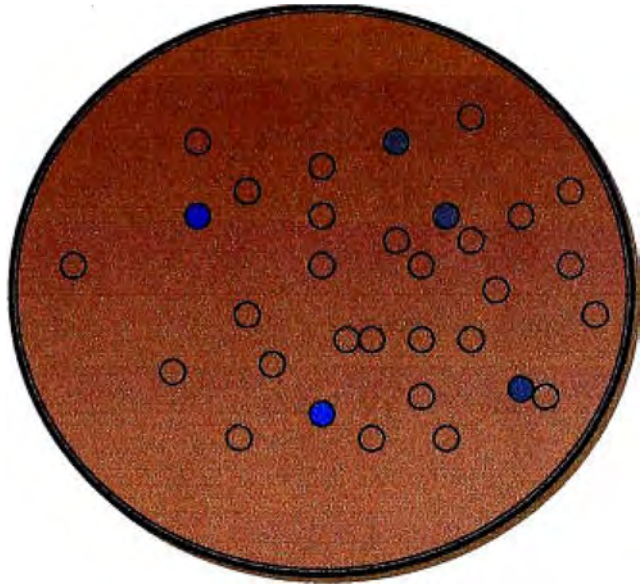
Cuadro 17. Data experimental obtenidas en frasco Pasteur en el crecimiento de levadura a nivel laboratorio.

Tiempo H	sólidos %	ART %	levadura %
0	11,6	6,35	0
12	11,2	5,66	0,42
18	9,54	4,18	1,69
24	8,96	3,14	2,32
41	7,11	2,08	4,26
43	6,15	1,02	5,34

Los sólidos van disminuyendo en una tendencia casi lineal con pendiente negativa, esta tendencia se aprecia

Figura 15. Células muertas de levaduras

más en caso de los azúcares reductores, que después de la hora 16 es prácticamente lineal, más aun la distancia entre ambas rectas es casi la misma; esto nos va reflejando cierta relación entre los azúcares contenidos en la solución con la cantidad de sólidos totales de la solución. La presencia de levadura es casi nula hasta la hora 10, es decir, el peso de la masa celular no es



considerable, no es que no exista levadura, Se observa un decaimiento en la curva de crecimiento de levadura por encima de la hora 30 esto debido a que la temperatura se haya incrementado por encima de 30°C o por falta de agitación del frasco Pasteur; hay zonas donde los nutrientes no se distribuyen bien o se sedimentan. Por ello se nota esto como levadura muerta, y esto es ratificada en la curva de sólidos totales en donde en ese mismo tiempo se incrementa el porcentaje de sólidos. Un ensayo rápido nos permite ver esta levadura muerta como puntos azules al observarlos en el microscopio. Ver figura 15, en donde a la muestra que contiene levaduras se le agrega indicador de azul de metileno en solución alcohólica al 1%, entonces las células muertas se pintaran de color azul y las vivas permanecerán igual.

Los datos presentados en el cuadro 17. son graficados para obtener la figura 16. La cantidad de azúcares se reduce hasta la cantidad de 1%, mientras que la cantidad de levadura se incrementa hasta 5%, después de este punto la levadura comienza a decrecer rápidamente, aquí la velocidad de crecimiento disminuye y aumenta la cantidad de células muertas debido a que la presencia de nutrientes es casi nula.

En el frasco Pasteur permanece hasta la hora 40-43. Es posible tener levadura con poca cantidad de azúcares en la solución pero no recomendable ya que tendríamos células débiles y con poca actividad, sin embargo en este caso la malta presente es un nutriente muy rico que permite que la célula se conserve en estado óptimo para seguir reproduciéndose.

En la Figura 17. se aprecia una dependencia casi lineal entre el consumo de azúcares y la acumulación de levadura

Figura 16. Cinética de crecimiento de levadura.

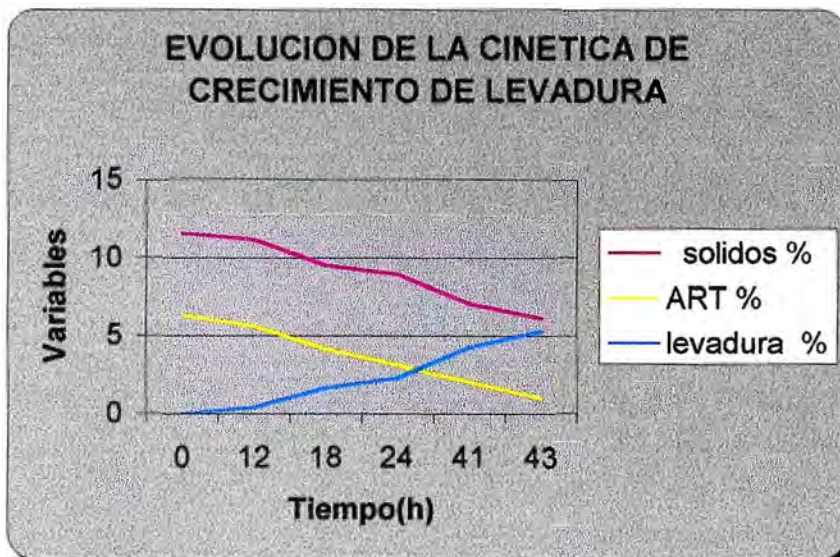


Figura 17. Consumo de azúcares en el tiempo.

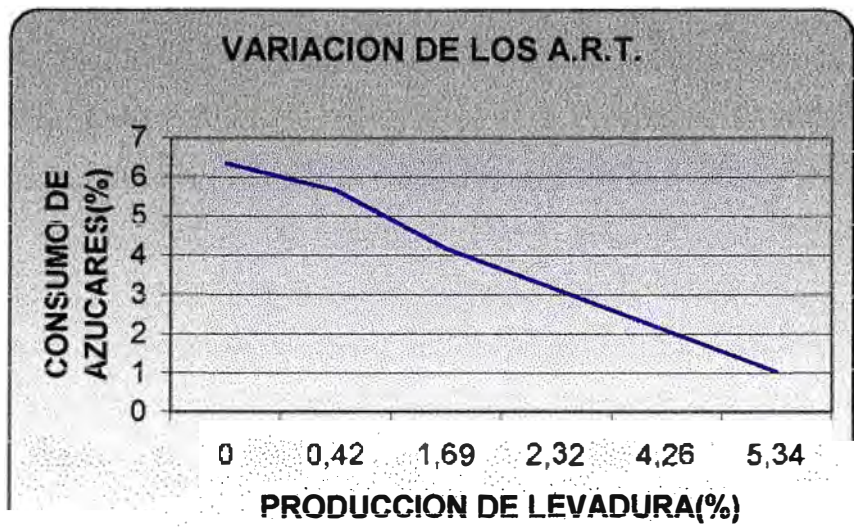
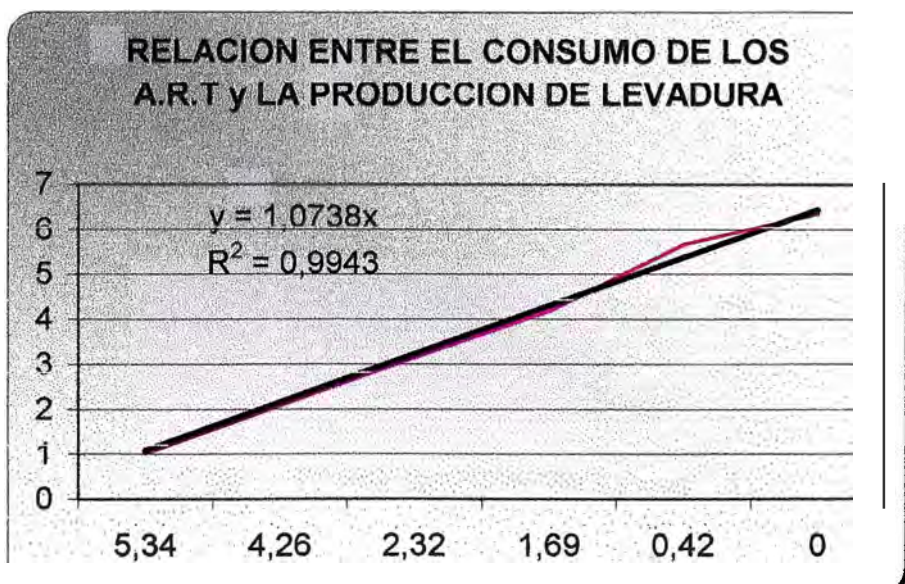
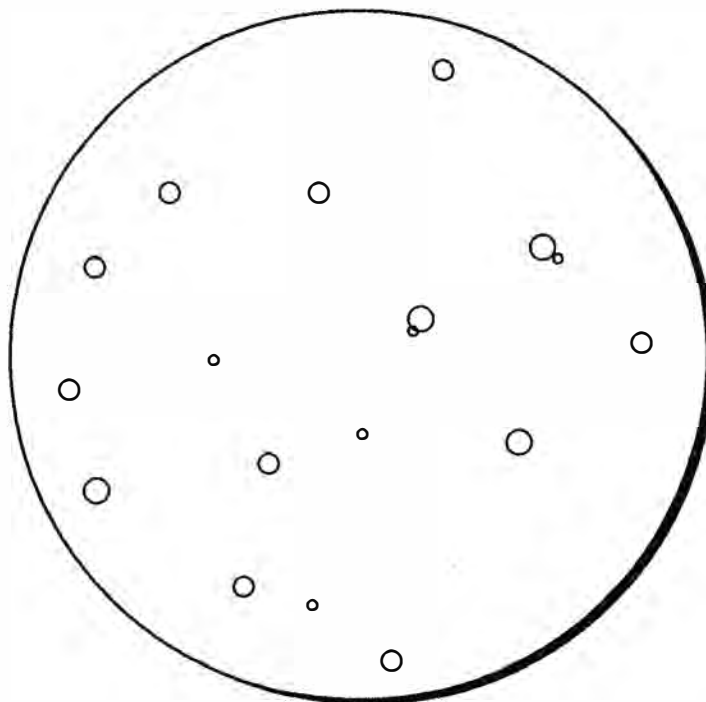


Figura 18. Consumo de azúcares y producción de levadura



d) Evolución de la fermentación en el reactor.

En esta parte del informe se ilustra como va evolucionando el crecimiento de las células, todas las muestras fueron tomadas bajo una misma dilución (2000 veces), y los resultados son del promedio de campos observados: un campo es una área del lente del microscopio que se mueve a través de la muestra a analizar. En una primera muestra tomada a la primera hora de empezada la fermentación, Figura 19, se nota una baja densidad de células por campo, además la cantidad de células en reproducción es baja, 2 células, como también la cantidad de células jóvenes, por el contrario la cantidad de células adultas es grande. La fermentación de un comercial empieza con un brix bajo de 2 a 2.5, mientras que la cantidad de células de levadura también es poca ya que ha sido diluida al ingresar al fermentador, es en ese momento en que la levadura recién se está adecuando al nuevo medio en el cual le tocará reproducirse ya que hasta antes de estar en el fermentador estaba refrigerada a 0° C, es decir estaba sin actividad.

Figura 19. Primera hora de fermentación

A la cuarta hora tenemos una mayor cantidad de células en reproducción 12 de 40, un mayor porcentaje de células pequeñas 13 de 40 y una mayor densidad de células, 40 células, en este punto la levadura está ya adecuada al ambiente, está alcanzado la temperatura de fermentación óptima y comienza a reproducirse, ver Figura 20. Si observamos la figura 24 la reacción está saliendo de la zona en donde la presencia de levaduras es casi constante, a la que denominamos zona de adecuamiento y está entrando a una zona en donde la pendiente se hace más notoria y es la zona de crecimiento. Ya en la sexta hora, Figura 21, el panorama es similar la densidad de células sigue aumentando a 110 células por campo con una cantidad de 56 de 110 de células en reproducción y 23 de 110 como células pequeñas, conforme avanza el tiempo de fermentación el porcentaje de células en reproducción va en aumento. Y también se encuentra ya en la zona de crecimiento.

Figura 20. Cuarta hora de fermentación

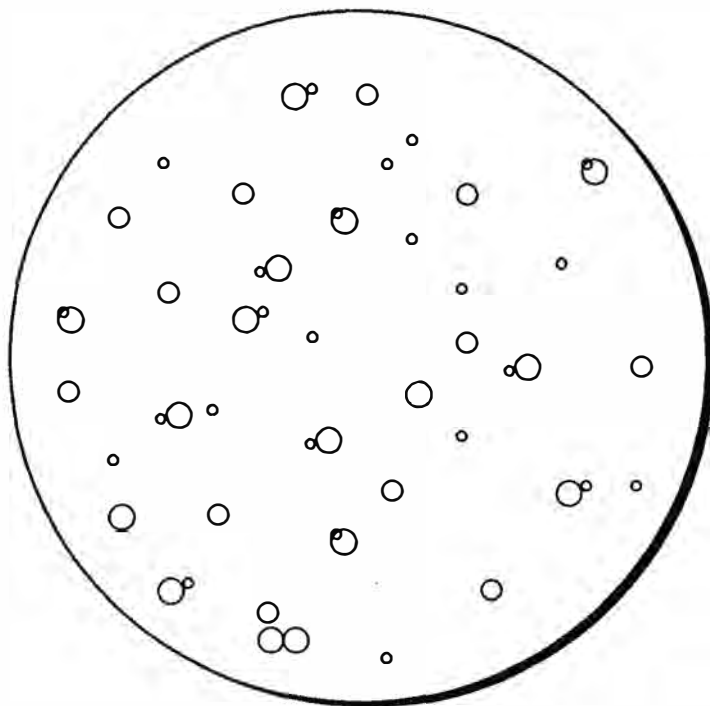
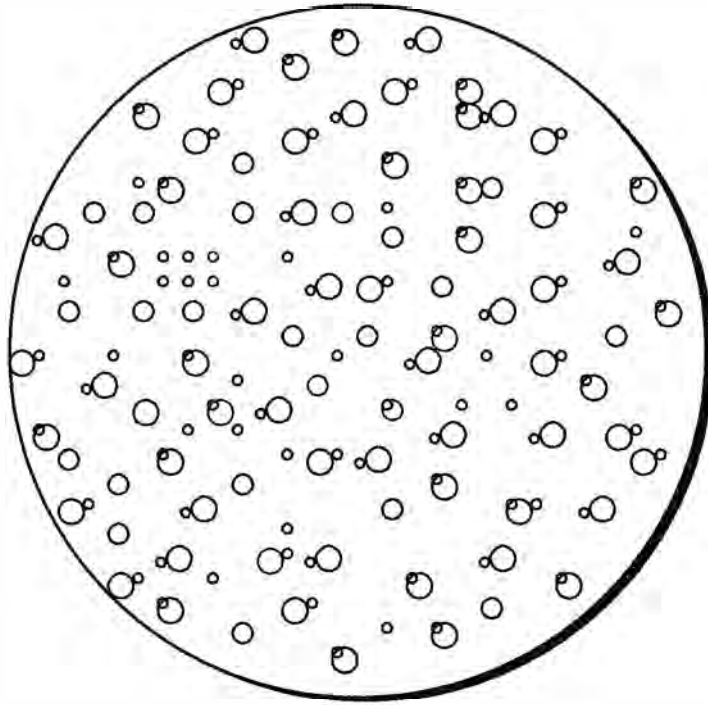
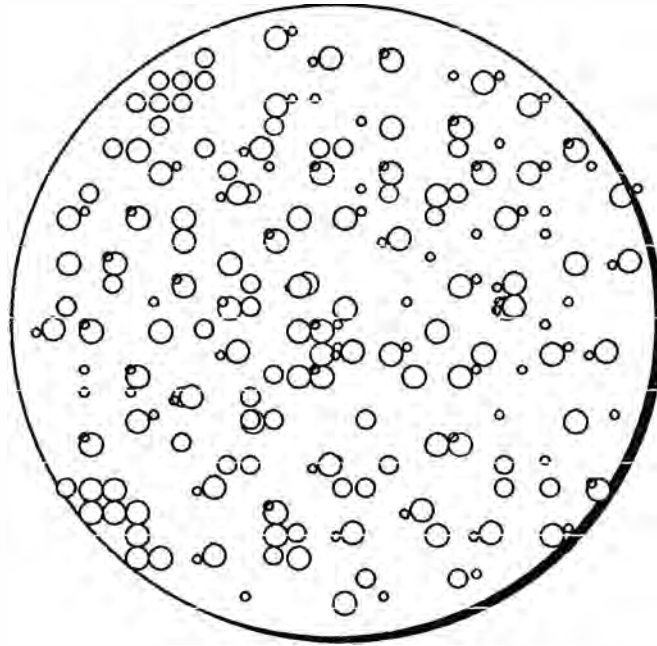


Figura 21. Sexta hora de fermentación



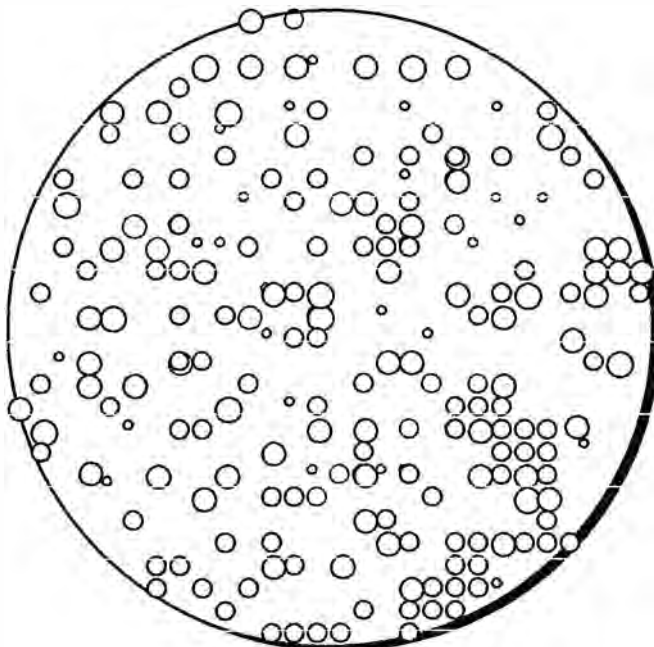
En la novena hora se nota una mayor cantidad de células en reproducción, células pequeñas y células que aun no se han dividido, figura 22, es la etapa donde la cantidad de calor desprendido por la fermentación es considerable y aumentaran los requerimientos de enfriamiento, cuando esta temperatura no es controlada adecuadamente se encontrara células muertas en mayor proporción, en una fermentación típica la cantidad de estas no excede el 8%. Y cuando el producto esta ya envasado no deberá de exceder el 20%.

Figura 22. Novena hora de fermentación



En la decimoquinta hora, casi para terminar, figura 23, se observa que la cantidad de reproducción no es tanto como en la hora 9, esto es debido a que la levadura no tiene ya mucho espacio para reproducirse y otros factores, la cantidad de células adultas es mayor y la cantidad total de células es mucho mayor que las presentadas a la hora 1. En esta hora, figura 18, es posible encontrar células pequeñas muertas en mayor cantidad que en otro momento de la fermentación.

Figura 23. Decimoquinta hora de fermentación



5.3 BALANCE DE MASA EN LAS SEMILLAS

a) Semilla de Cultivo Puro 2 (PC2)

DATOS

Brix de la melaza = 36.5

Melaza inicial = 156 litros

Melaza inicial = 176.1 kg

Agua de dilución = 392.6kg

Peso total = 568.7kg

Brix del fermento inicial = 11.3

densidad de la melaza = 1.1587gr/ml

azucares reductores totales = 22.96%

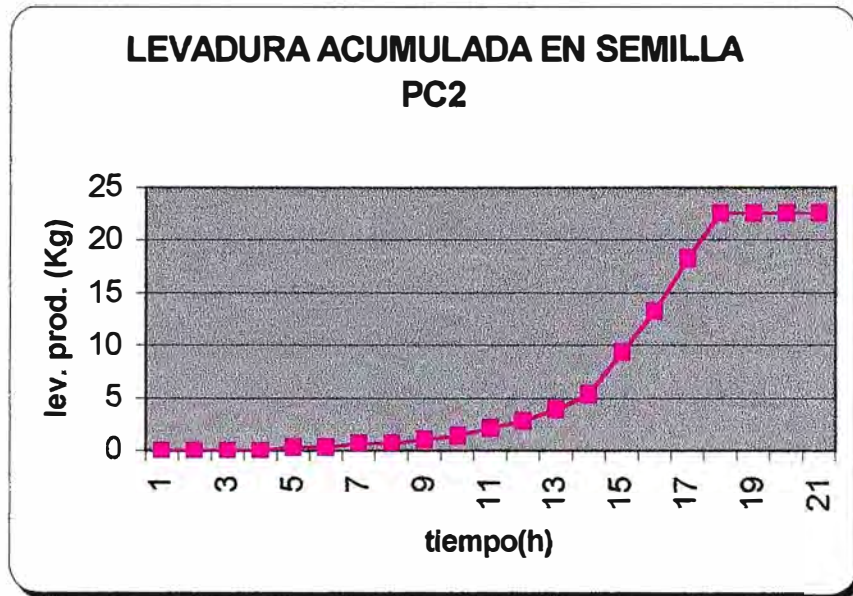
azucares reductores totales = 40.42kg

Brix del fermento final = 5

Cuadro 18 . Balance de masa en PC2

Hora	Brix del fermento	Peso de fermento (Kg.)	% de azucares reductores	azucares reductores (Kg.)	Levadura Producida (Kg.)	Lev. Prod. acumulada (Kg)
0	11,3	570,7	7,1	40,56	0	0
1	11,3	570,7	7,1	40,56	0,00	0
2	11,3	570,7	7,1	40,56	0,00	0
3	11,3	570,7	7,1	40,56	0,00	0
4	11,2	570,7	7,0	40,20	0,36	0,36
5	11,2	570,7	7,0	40,20	0,00	0,36
6	11,1	570,7	7,0	39,84	0,36	0,72
7	11,1	570,7	7,0	39,84	0,00	0,72
8	11	570,7	6,9	39,48	0,36	1,08
9	10,9	570,7	6,9	39,12	0,36	1,44
10	10,7	570,7	6,7	38,41	0,72	2,15
11	10,5	570,7	6,6	37,69	0,72	2,87
12	10,2	570,7	6,4	36,61	1,08	3,95
13	9,8	570,7	6,2	35,18	1,44	5,39
14	8,7	570,7	5,5	31,23	3,95	9,33
15	7,6	570,7	4,8	27,28	3,95	13,28
16	6,2	570,7	3,9	22,25	5,03	18,31
17	5	570,7	3,1	17,95	4,31	22,61
18	5	570,7	3,1	17,95	0,00	22,61
19	5	570,7	3,1	17,95	0,00	22,61
20	5	570,7	3,1	17,95	0,00	22,61

Figura 24. Producción de levadura en PC2

b) *Semilla de Cultivo Puro 3 (PC3)***DATOS**

Brix de la melaza = 36.5

Melaza inicial = 835.7 litros

Melaza inicial = 968.4 Kg.

Agua de dilución = 2187.4kg

Peso total = 3155.7kg

Brix del fermento inicial = 11.2

densidad de la melaza = 1.1587gr/ml

azucares reductores totales = 22.96%

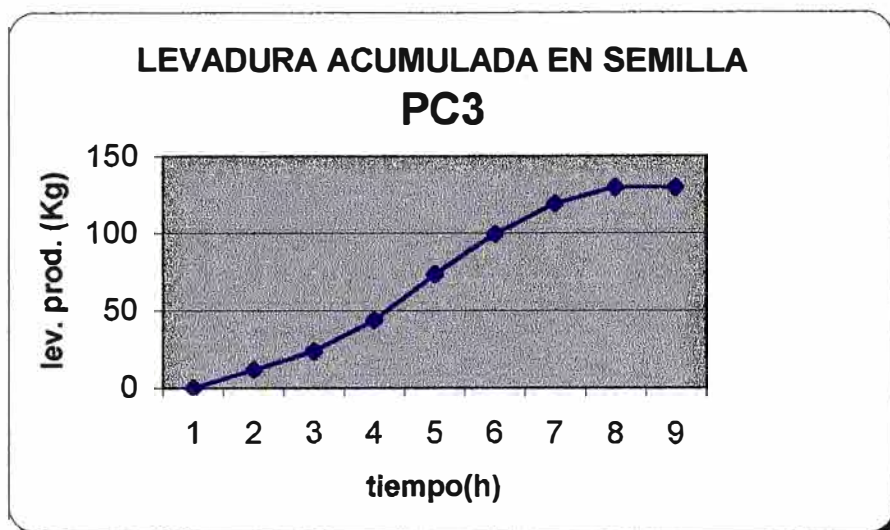
azucares reductores totales = 222.30kg

Brix del fermento final = 4.7

Cuadro 19. Balance de masa en PC3

Hora	Brix del fermento	Peso de fermento(Kg)	% de azucares reductores	azucares reductores (Kg)	Levadura Producida (Kg)	Lev. Prod. acumulada (Kg)
0	11,2	3.170,8	7,0	223,35	0	0
1	10,6	3.170,8	6,7	211,39	11,97	11,97
2	10	3.170,8	6,3	199,42	11,97	23,93
3	9	3.170,8	5,7	179,48	19,94	43,87
4	7,5	3.170,8	4,7	149,57	29,91	73,79
5	6,2	3.170,8	3,9	123,64	25,92	99,71
6	5,2	3.170,8	3,3	103,70	19,94	119,65
7	4,7	3.170,8	3,0	93,73	9,97	129,62
8	4,7	3.170,8	3,0	93,73	0,00	129,62

Figura 25. Producción de levadura en PC3



levadura total (PC2+PC3) en Kg =152.2

c) Semilla Stock

Es la semilla que sigue su reproducción en un tanque grande, el tanque que se usa es el mismo que se usa para los comerciales.

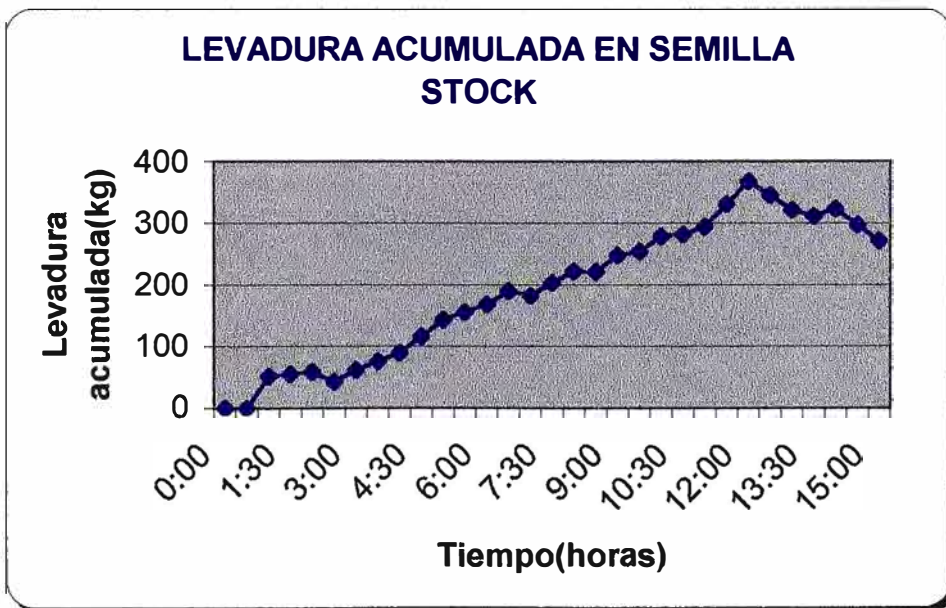
Cuadro 20. Balance de masa en Stock

Hora	Azucres añadidos (Kg)	Brix del fermento	% de azucres reductores	Peso del Stock (Kg)	Azucres reductores (Kg)	Levadura acumulada (Kg)
0	282,5	2,2	1,38	25012,7	346,1	-41,6
0,5	282,5	2	1,26	24997,8	314,4	-9,9
1	315,1	1,7	1,07	26686,7	285,3	51,8
1,5	336,8	1,8	1,13	26801,1	303,4	55,4
2	358,6	1,9	1,19	26915,5	321,6	58,9
2,5	396,6	2,2	1,38	27115,7	375,2	43,4
3	434,6	2,3	1,45	27315,9	395,1	61,5
3,5	478,1	2,45	1,54	27540,7	424,4	75,7
4	521,5	2,6	1,64	27774,5	454,2	89,4
4,5	570,4	2,7	1,70	28025,0	475,9	116,5
5	619,3	2,8	1,76	28282,4	498,1	143,3
5,5	662,8	2,95	1,86	28514,2	529,0	155,7
6	706,2	3,1	1,95	28740,0	560,3	167,9

Continuación.....

6,5	771,4	3,3	2,08	29083,2	603,6	189,8
7	825,8	3,6	2,26	29372,3	665,0	182,7
7,5	890,9	3,8	2,39	29712,5	710,1	202,8
8	956,1	4	2,52	30055,7	756,1	222,0
8,5	1021,3	4,3	2,70	30398,9	822,1	221,2
9	1097,4	4,5	2,83	30790,4	871,4	248,0
9,5	1173,4	4,8	3,02	31190,8	941,6	253,8
10	1249,5	5	3,14	31594,2	993,5	278,0
10,5	1314,7	5,25	3,30	31934,4	1054,4	282,2
11	1390,7	5,5	3,46	32334,9	1118,5	294,2
11,5	1461,4	5,6	3,52	32706,7	1151,9	331,4
12	1532,0	5,7	3,58	33078,5	1185,8	368,2
12,5	1608,0	6,1	3,84	33478,9	1284,4	345,6
13	1684,1	6,5	4,09	33879,4	1385,0	321,1
13,5	1754,7	6,8	4,28	34254,2	1465,0	311,8
14	1825,4	7	4,40	34623,0	1524,3	323,1
14,5	1863,4	7,25	4,56	34823,2	1587,9	297,5
15	1901,4	7,5	4,72	35023,5	1652,0	271,4

Figura 26. Producción de levadura en semilla stock.



d) COMERCIAL**SEMILLA**

semilla =	1219,7Kg.
Brix =	17 °
densidad =	1,07 Kg/l
%de sólidos =	19%
levadura seca =	231,7Kg.

AGUA

agua inicial =	16075,4Kg.
----------------	------------

MELAZA

Brix =	33
densidad =	1,139Kg/l
%A.R.T. =	20,75%
A.R.T. =	Azucares reductores totales

melaza inicial =	1022,5Kg.
A.R.T. iniciales =	212,2Kg.

melaza Total añadida =	13845,7Kg.
A.R.T. Total añadida =	2873Kg.

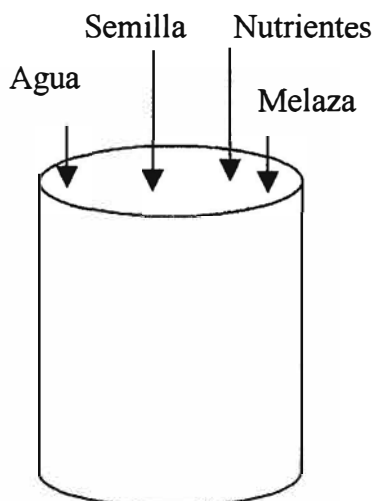
Comercial

Solución producto de la mezcla del agua, la semilla, las sales nutrientes, la melaza inicial y la melaza que se va añadiendo en el tiempo que dura la fermentación.

Comercial inicial =	18367,6Kg.
Brix Comercial inicial =	3

BALANCE DE MASA PUNTO POR PUNTO EN EL COMERCIAL**Punto 1. (condiciones iniciales)**

melaza =	1022,5Kg.
ART. =	212,2Kg.
levadura húmeda =	1219,7Kg.
levadura seca =	231,7Kg.
Peso del Comercial =	18367,6Kg.



Punto 2. (Después de 1/2 hora)

Melaza = 1022,5Kg.
 Brix = 2,5

Se observa que el Brix ha disminuído en 0,5°, es decir, que la cantidad de azúcares reductores totales a reducido, esto debido al consumo y formación de levadura en el fermentador. En ese momento no se ha añadido más melaza solo hay la cantidad agregada al inicio. 1022,5kg Se han agregado 5kg de sales.

peso Comercial = 18372,6Kg.

la cantidad de azúcar que ha disminuído y que se ha transformado en levadura viene dada por la ecuación:

$$\text{Azúcar}_{\text{consumida}} = \frac{\text{Diferencia de Brix} * \text{Peso del Comercial}}{1,59 * 100}$$

..... **Ecuación (8)**

luego :

azúcar consumida = 57,8Kg. levadura producida = 57,8kg

levadura acumulada = levadura inicial + levadura producida

levadura acumulada = 289,5Kg.

azúcar disponible = azúcar agregada - azúcar consumida

azúcar disponible pobre = 212,2Kg - 57,8Kg

azúcar disponible pobre = 154,4 Kg.

El azúcar disponible es lo que no ha reaccionado y queda como remanente en el fermentador, la cual se ira incrementando o disminuyendo según la reacción. Esta

azúcar permanecerá en el fermentador y la denominaremos melaza Pobre o melaza desgastada, ya que esta melaza no contendrá el mismo porcentaje de azúcares reductores totales como la melaza de alimentación, debido a que esta azúcar ha sido usada para la producción de levadura

Punto 3. (Después de 1 hora)

melaza pobre =	1022,5Kg	azúcar pobre = 154,4 Kg.
melaza añadida =	0Kg	azúcar añadida = 0 Kg.
melaza Total añadida =	1022,5Kg	azucar Total disp. = 154,4 kg
Brix =	2	diferencia de Brix = 0,5°B
Sales añadidas =	17Kg	

$$\text{Peso de fermento} = \text{peso sales añadidas} + \text{peso melaza añadida} + \text{Peso fermento anterior}$$

$$\text{Peso de fermento} = 18389,6\text{Kg}$$

azúcar consumida =	$0,5 * 18389,6 / 159$	
azúcar consumida =	57,8Kg	levadura producida = 57.8kg
azúcar disp. pobre =	$154,4\text{Kg} - 57,8\text{Kg}$	levadura acumulada = 347.3kg
azúcar disp. pobre =	96,6Kg.	

Punto 4. (Después de 1 1/2 hora)

melaza pobre =	1022,5Kg.	azúcar pobre = 96.6kg
melaza añadida =	255,6Kg.	azúcar añadida = 53.0kg
melaza Total añadida =	1278,1Kg	azucar Total disp. = 149.6kg
Brix =	2,3	incremento de Brix = 0.3° B
Sales añadidas =	5Kg.	

$$\text{Peso de fermento} = \text{peso sales añadidas} + \text{peso melaza añadida} + \text{Peso fermento anterior}$$

Peso de fermento = 18650,2Kg.

A partir de este punto 4, el Brix ya no disminuye, sino que aumenta, debido a que a partir de aquí se va adicionando melaza, entonces esta diferencia de brix nos proporciona en cuanto se va incrementando la cantidad de azúcares en el fermento, ya que la velocidad de adición de melaza es mayor que la velocidad de consumo de azúcares y en consecuencia mayor que la velocidad de producción de levadura.

$\text{Incremento de azúcares reductores} = \frac{\text{Incremento de Brix} * \text{Peso del fermento}}{1,59 * 100}$

..... ecuación (9)

$\text{Incremento}_{\text{azúcar}} = 0,3 * 18650,2 / 159$

$\text{Incremento}_{\text{azúcar}} = 35,2\text{Kg}$

Luego la cantidad de azúcar que debe de haber en el fermento en este punto es igual a los 96,6 Kg que había del remanente anterior, final del punto 3 + los 35,2Kg debido al incremento en el brix; por la melaza añadida al fermento. E igual a 131,8Kg. Ahora si observamos cuanto es la cantidad total de azúcares añadidos hasta el punto 4, nos damos cuenta que esta es mayor a la que deberíamos tener, 131,8Kg, lo que pasa es que esta diferencia corresponde a la levadura que se ha producido en el punto 4, e igual a $149,6\text{Kg} - 131,8\text{Kg} = 17,8\text{Kg}$.

$\text{Azúcar}_{\text{esperado}} = \text{Incremento de azúcar} + \text{azúcar}_{\text{pobre}}$

$\text{Azúcar}_{\text{esperado}} = 131,8\text{Kg}$

levadura producida = azúcar Total disponible - azúcar esperado

levadura producida =	17,8Kg
----------------------	--------

azúcar consumida =	17,8Kg
--------------------	--------

azúcar disp. pobre =	131,8Kg
----------------------	---------

levadura acumulada =	365,2Kg
----------------------	---------

Todo este calculo se repite a lo largo de toda la fermentación y su procedimiento es muy similar, por eso nos trasladamos hasta los últimos momentos de la fermentación

Punto 32. (Después de 15 1/2 horas)

melaza pobre =	12870,2Kg	azúcar pobre =	1405,9Kg
----------------	-----------	----------------	----------

melaza añadida =	317,3Kg	azúcar añadida =	65,8Kg
------------------	---------	------------------	--------

melaza Total añadida =	13187,5Kg	azúcar Total disp. =	1471,7Kg
------------------------	-----------	----------------------	----------

Brix =	11	incremento de Brix =	0,3°B
--------	----	----------------------	-------

Sales añadidas =	2Kg
------------------	-----

Peso del Comercial =	30759,5Kg
----------------------	-----------

Incremento azúcar =	58,0Kg
---------------------	--------

Azúcar esperado =	1463,9Kg
-------------------	----------

levadura producida =	7,8Kg
----------------------	-------

azúcar consumida =	7,8Kg
--------------------	-------

azúcar disp. pobre =	1463,9Kg
----------------------	----------

levadura acumulada =	1504,2Kg
----------------------	----------

Punto 33. (Después de 16 horas)

melaza pobre =	13187,5Kg	azúcar pobre =	1463,9Kg
melaza añadida =	317,3Kg	azúcar añadida =	65,8Kg
melaza Total añadida =	13504,8Kg	azúcar Total disp. =	1529,7Kg
Brix =	11,3	incremento de Brix =	0,3°B
Sales añadidas =	0Kg		
Peso del Comercial =	31076,8Kg		
Incremento azúcar =	58,6Kg		
Azúcar esperado =	1522,5Kg		
levadura producida =	7,2Kg		
azúcar consumida =	7,2Kg		
azúcar disp. pobre =	1522,5Kg		
levadura acumulada =	1511,4Kg		

Punto 34. (Después de 16 1/2 horas)

melaza pobre =	13504,8Kg	azúcar pobre =	1522,5Kg
melaza añadida =	288,5Kg	azúcar añadida =	59,9Kg
melaza Total añadida =	13793,3Kg	azúcar Total disp. =	1582,4Kg
Brix =	11,5	incremento de Brix =	0,2°B
Sales añadidas =	0Kg		
Peso de Comercial =	31365,3Kg		
Incremento azúcar =	39,5Kg		
Azúcar esperado =	1562,0Kg		
levadura producida =	20,4Kg		
azúcar consumida =	20,4Kg		

azúcar disp. pobre =	1562,0Kg
levadura acumulada =	1531,8Kg

La cantidad de levadura producida para este caso es de 1531.8Kg en materia seca.

5.4 Alternativas de recuperación

Tenemos que analizar nuestro sistema de producción actual, tenemos una cepa que nos proporciona un 18% de rendimiento, anteriormente se tenía otra cepa que nos daba 26% de rendimiento pero esta fue reemplazada porque su actividad era menor que las que hay en el mercado. La cantidad de melaza que se agrega al fermentador no es la óptima ya que cuando se cambio de cepa no se modifico la forma de fermentar, sino que se hace como en la cepa anterior. La cepa anterior tenía una mayor capacidad de aprovechar los azucres en consecuencia se esta agregando más melaza de la necesaria bajo la fermentación actual. Cuando se hizo el balance de masa en la fermentación del comercial, se nota que hay dos tipos de azucres los que debemos analizar, por un lado esta el azúcar nuevo que viene del tanque de alimentación y por otro esta el azúcar que permanece en el sistema sin ser consumido, la cantidad de azúcar que se agrega durante la fermentación también esta en exceso, ya que el sistema podría estar con los requerimientos de azúcar que ya tiene el sistema. En los casos de PC1, PC2, PC3 la levadura asimila mejor el azúcar llegando a consumir casi un 60% del azúcar, sin embargo en la fermentación de comercial este aprovechamiento no llega a un 30%. Es por eso que ay una posibilidad de que se pueda aumentar la capacidad de asimilación de azúcar por parte de la levadura o en todo caso reducir la cantidad de melaza de alimentación, en este ultimo caso estaríamos ahorrando, energía, melaza e insumos, lo cual es posible.

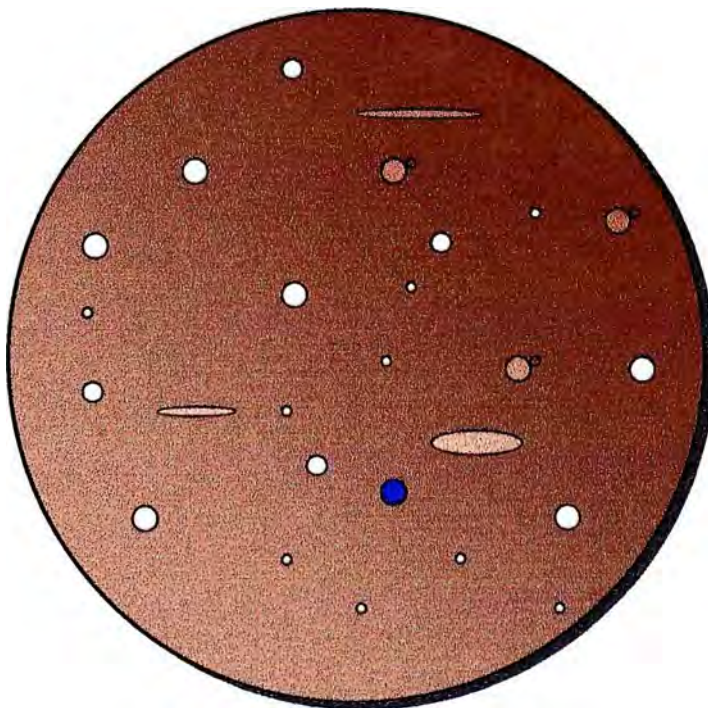
Otra alternativa es que la forma de fermentación actual sea la misma y parte de la melaza que se bota, cuando se separa de la levadura sea recirculada hacia la unidad de cocimiento, esta corriente puede ser tratada previamente para eliminar la cantidad de agua, o sea concentrarla, o puede ir directo a cocimiento. La

corriente que se bota al desagüe en la separación tiene un brix de 8° - 10° y una cantidad de azúcares que oscila de 5 a 6%, lo cual se puede aprovechar.

5.4.1 Melaza Reutilizada

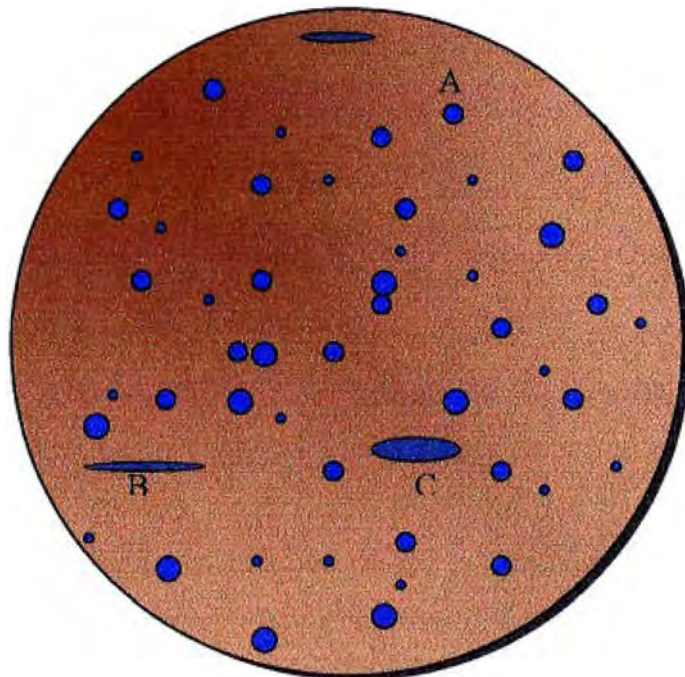
Muestras de melaza que iba al alcantarillado fueron tomadas y analizadas. La cantidad de Azúcares Reductores para una melaza de 8- 10° brix es de 5 -6.5%, La figura 27, nos ilustra el aspecto de uno de los campos observados en el microscopio, estas muestras fueron observadas directamente es decir sin dilución, en donde se aprecia una célula de levadura muerta. En lo que corresponde a la parte microbiológica se observó que existían células de levaduras tanto pequeñas como adultas y como en reproducción, así como otras células de levadura, levaduras salvajes o contaminadas, las levaduras salvajes tienen un tamaño mayor que la cepa de levadura que se usa, pero esta levadura salvaje tiene una menor densidad. La melaza que se quiera recircular deberá tener una inocuidad total, es decir, sin presencia de contaminantes, esta inocuidad la aseguramos llevando la melaza a una temperatura de por encima de 100°C.

Figura 27. Melaza a reutilizar antes de cocinarla



Cabe señalar que se debe estar monitoreando constantemente ya que el viento trae nuevos virus los cuales mueren por encima de los 100° C. En la figura 28, se observa la misma muestra de melaza pero después de haber sido cocinada. La totalidad de células se encuentran muertas, tanto de levadura como de levaduras salvaje, lo cual nos asegura que esta melaza si puede reutilizarse. Lo que deberá tenerse en cuenta ahora es la cantidad de azúcares reductores al momento de calcular la cantidad de melaza cruda a utilizar. El punto A corresponde a una célula típica de levadura, mientras que los puntos B Y C corresponden a las levaduras salvajes o contaminadas que pueden tener distintas formas según el tipo de especie que sea.

Figura 28. Melaza de recuperación cocinada



6. SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS

6.1 Ventajas y desventajas de alternativas

Reduciendo la cantidad de melaza de alimentación: Sabemos que la levadura para que pueda estar en condiciones apropiadas para su desarrollo, además de sus nutrientes, necesita un exceso de azúcares lo cual varía según el tipo de cepa que tengamos. Para nuestro caso no conocemos ese valor o el rango en el cual no afectara la reducción del azúcar. Se podría obtener estos valores pero habría que realizar muchas pruebas adicionales. Por otra parte el fermentar con menos cantidad de melaza ó azúcar, nos da un mayor espacio para el crecimiento de la levadura y un mayor aprovechamiento de esta, a la vez, que obtenemos una levadura mas clara en color, se tendría ahorro de energía en la unidad de cocimiento y separación. También podría aumentarse el tiempo de fermentación del comercial, por ejemplo, a 20 horas. Para ello se deberá analizar lo que cuesta producir 3 horas mas , con la cantidad de levadura que se obtendría.

Recirculando parte de la melaza que se bota: La cantidad de melaza que va al desague es de unos 27000Kg por comercial, si al día se produce 04 comerciales tendremos mas de 100000kg. Pero de esta corriente el 5-7% es lo que nos interesa que es de azúcar, es posible acondicionar una unidad para concentrar la solución, ya sea aprovechando los condensados, el vapor flash, y evaporar parte de la solución o con un sistema de purificación o ósmosis, en cualquiera de los casos habrá que hacer una inversión lo cual no se ha magnificado. Pero también podemos recircular la corriente directamente hacia la unidad de cocimiento en una cantidad de unos 7000kg por comercial y mezclarla con melaza cruda.

Tomaremos como base de calculo un comercial con una densidad de 1.040gr/ml, un peso de 34900kg y un volumen de 33600litros, con un brix final de 11°B y una cantidad de azúcares reductores igual a 1472kg, a la salida de la centrífuga salen dos corrientes, ver figura 29, una va al tanque de lavado, en la cual se encuentran 3500kg de agua, al final de la separación el tanque de lavado tiene una solución de 15° B, con 10626 litros y 11300kg : por tanto la cantidad de levadura separada es de 11300 menos la cantidad de 3500kg o sea 7800kg: luego la cantidad que se va

al desagüe es de 34900kg menos 7800kg o sea 27100kg con un brix de 9° , la relación hallada para la melaza; relación del brix y los azúcares, en este punto no se cumple ya que no es una melaza obtenida por dilución directa sino una melaza pobre; si aplicaríamos esa ecuación nos daría una cantidad de 1631kg y solo tenemos 1472kg de azúcares, ahora calcularemos la cantidad de kg que nos representa la cantidad de purga a recuperar: tomaremos 7500kg de la purga y la bombearemos al tanque de cocimiento.

De la ecuación de diluciones:

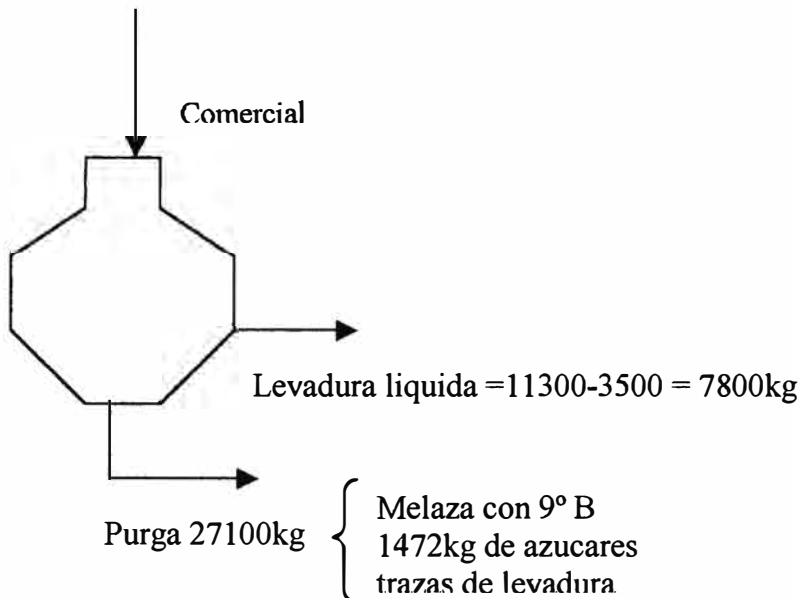
$$7500 * 9^{\circ} B = W_{\text{melaza cruda}} * 85^{\circ} B$$

$$W_{\text{melaza cruda}} = 794.1\text{kg}$$

Es decir dejaríamos de consumir 794.1kg de melaza cruda, que por los cuatro comerciales del día serían más de 3 toneladas por día, la tonelada de melaza puesta en la fábrica está costando entre S/. 280 –310 soles, lo que equivale a ahorrar en el peor de los casos cerca de S/. 900 soles por día y más de \$130000 dólares año.

Es posible hacer un arreglo involucrando una mezcla de ambas alternativas, la cual requerirá de una modificación por completa del actual proceso de fermentación y que dará mejores resultados.

Figura 29. Balance de masa en la Separación



6.2 Posibles defectos en la producción final

La levadura que se obtenga con estas nuevas formas de producción pueden estar expuestas a muchos inconvenientes como, por ejemplo, su baja actividad, es decir la poca capacidad que tendrá la levadura en el proceso de levantamiento de la masa panadera en la elaboración del pan u otros productos. El tiempo que esta masa permanezca levantada y no se caiga, también será importante, ya que le permitirá al panadero mayor o menor tiempo para realizar su trabajo. Por otro lado el hacer una levadura demasiado activa también será perjudicial, porque levantaría muy rápido la masa panadera y consecuencia tendríamos panes con hueco, que es un problema frecuente en las panaderías porque el panadero con el fin de sacar mas producción quiere fermentar más rápido y por ello agregan más levadura a la masa y esta se fermenta más rápido, pero se llena de gas carbónico y no levanta la masa correctamente como para obtener un pan con fibra, o miga.

Su estabilidad también es importante, es decir la capacidad, medida en días que tendrá la levadura para permanecer en buen estado conservándola a temperatura ambiente. Y esto es importante al momento de transportar la levadura al interior del país, la forma como la empresa lleva la levadura a otros departamentos es por vía terrestre y aquí ocurren problemas, por ejemplo cuando hay Huaycos u otros

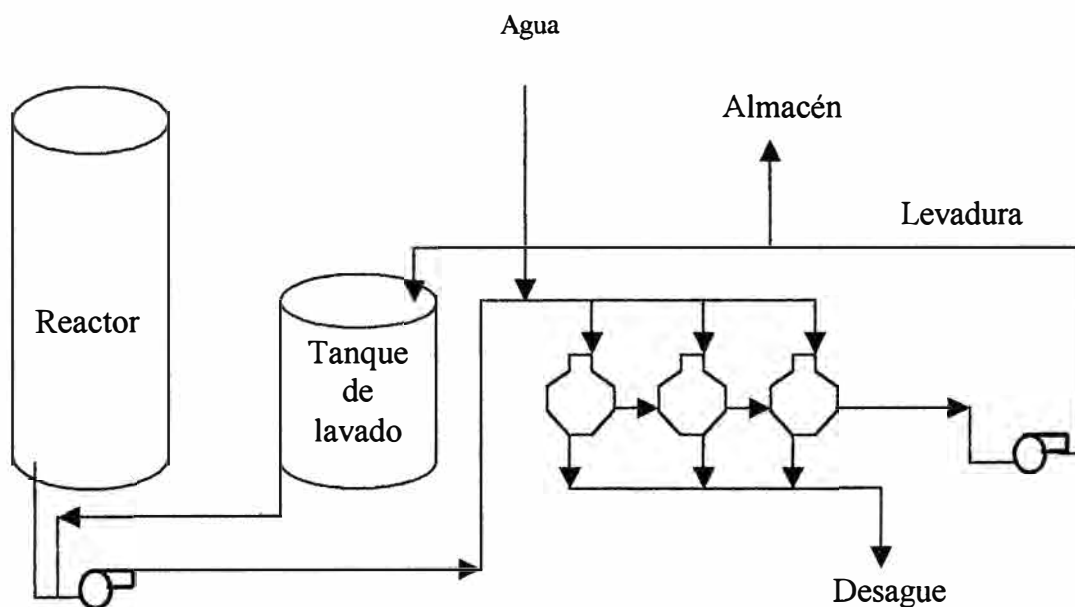
tipos de inconvenientes, ya que al tener una levadura baja en estabilidad estas no llegaran a su destino en óptimas condiciones y este problema se agranda cuando las distancias son mayores, todo esto en el caso de la levadura fresca, ya que en las demás presentaciones no ocurre este problema, pero es la levadura fresca la que se vende más.

Otro inconveniente es el color final de la levadura, el color típico varia de un crema pálido, hasta un color carmelita, se podría aclararlo más usando carbonato de calcio para blanquearlo, pero este es perjudicial para la actividad de la levadura. El sabor característico que le da al pan también es importante, la levadura seca instantánea proporciona al pan un sabor diferente a la levadura fresca, es este uno de los motivos por el cual este tipo de levadura no ha tenido gran aceptación, al menos en Lima.

7. IMPLEMENTACION DE ALTERNATIVAS

La forma como viene operando el sistema de separación, la línea que viene del reactor va hacia las centrífugas; en la separación esta entra sin agua y durante el lavado lo hace con agua: de la centrífuga salen dos corrientes una va seguir lavándose y la otra va al alcantarillado ó desague según como indica la Figura 30. Durante la separación de la levadura los sopladores seguirán prendidos en el tanque de fermentación, para dar agitación al comercial y evitar que sedimente la levadura, esto es, para evitar que el porcentaje de sólidos en la solución sea mayor, y en consecuencia podamos perder levadura.

Figura 30. Separación del comercial actual



7.1 Modificación del proceso de fermentación

Tendríamos que modificar la secuencia de alimentación tanto, de la melaza como de los nutrientes, también se deberá verificar la cantidad de estos parámetros en todo momento hasta estandarizar el proceso. Y esto tendrá que verificarse con el aumento de la masa celular en el fermentador.

7.2 Modificación del proceso de cocimiento

Actualmente el proceso de cocimiento es así: se vierte al tanque de cocimiento con agua caliente y luego se deja caer la melaza cruda unos 6000kg y después es completado con agua, es puesto en agitación y se inyecta vapor para el cocimiento al final de ello el tanque tendrá unos 12500kg de mosto a unos 40° de brix. En la figura 31 se muestra el esquema que tendrá el proceso.

Como se recirculara 7500kg de solución pobre en azúcares, entonces la cantidad de melaza cruda a usar será menor. Ahora asumiremos que la relación entre el brix y los azúcares se cumple para hacer un calculo preliminar. Luego

La cantidad de azúcar ó brix presente en la solución pobre multiplicada por el peso de esta, mas el producto del brix de la melaza cruda por su peso, será igual al brix final (40) multiplicado por el peso total.

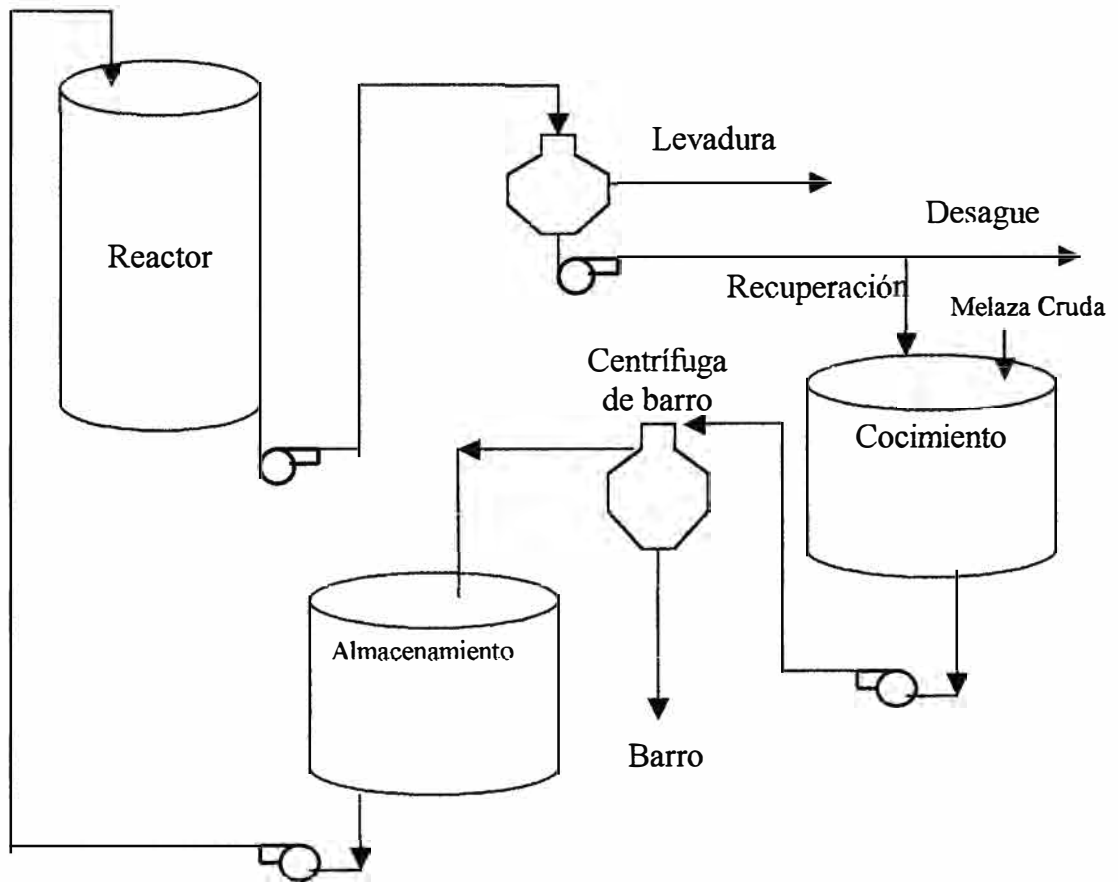
$$7500 * 9^{\circ} B + W_{\text{melaza cruda}} * 85 = (7500 + W_{\text{melaza cruda}}) * 40$$

$$W_{\text{melaza cruda}} = \frac{7500 * (40 - 9)}{(85 - 40)}$$

$$W_{\text{melaza cruda}} = 5166\text{kg}$$

Es decir ahora se bombeara solo 5166kg y no los 6000gk de melaza cruda.

Figura 31. Recirculación de la melaza



8. CONCLUSIONES

1. La forma más óptima de cómo producir levadura con esta nueva Cepa es con un arreglo combinado, es decir reducir la cantidad de melaza de alimentación al fermentador, recuperar parte de la melaza diluida que se va al desague y tratarla.
2. Las células de levadura necesitan determinado espacio para reproducirse y crecer, al no haber espacio suficiente por más que haya sales minerales y azúcar estas morirán.
3. La inversión necesaria para la optimización no es considerable por lo que se recuperará en pocos meses después de estar funcionando el nuevo arreglo.
4. La mayoría de los análisis de esta nueva levadura cumplen los mismos requisitos que la anterior, faltaría verificar las pruebas estabilidad y actividad.
5. En los cultivos de PC2 y PC3 hay un mayor aprovechamiento de los azúcares, hay un mayor consumo de estos y una mayor producción de levadura que los comerciales normales, lo cual nos dice que el azúcar en el fermentador puede aprovecharse, pero sin embargo en estos últimos puntos hay muerte de levadura acentuada, lo que ratifica la probabilidad que la falta de espacio para reproducirse y vivir sea la causante; al ver una mayor densidad de células las células pequeñas tendrán dificultad para obtener sus alimentos y solo las más fuertes sobrevivirán.

6. Cuando existe contaminantes en el reactor, estos microbios entran en competencia de crecimiento y reproducción con la levadura, teniendo la levadura menos cantidad de alimentos y espacio para vivir, al mismo tiempo que estos bichos ó microbios tienen una menor temperatura de activación para que puedan estar en capacidad de fermentarse, esto se traduce en una menor capacidad de días en que el producto pueda durar en el mercado; disminuye su estabilidad, Estos bichos se activan por debajo de los 10° C mientras que la levadura comienza a despertar por encima de los 16° C.

7. La temperatura desarrollada en el fermentador es proporcional al número de células que ese momento se están dividiendo, pero la temperatura también tiene dependencia de la melaza que se va añadiendo en el tiempo, cuya temperatura varía desde 100° C hasta 55° C; también tendrá que ver la temperatura con la que entra el aire de agitación y esta se incrementará con la cantidad de filtros que se puedan tener en la toma del aire, y esta varía de entre 42 a 65° C. Además, se considerará la baja de temperatura que tendrá al disolverse la urea en la solución, pero estos tres últimos responsables de la temperatura no tienen mucho peso con referencia al calor desarrollados por las células en división.

9. RECOMENDACIONES Y OBSERVACIONES

1. Se deberá prestar cuidado a la recuperación de melaza ya que este constituye un foco infeccioso primordial de detectarse microbios termofílicos.
2. Cada célula de levadura se reproduce aproximadamente cada 12 minutos. Se deberá tener un máximo de porcentaje de semilla en el fermentador, ya que esta podría desarrollar demasiado calor que pudiera hacer coalicionar al sistema de refrigeración y podría quemarse la levadura o algún tipo de accidente.
3. Se recomienda aumentar la presión de vapor saturado de las calderas al momento de cocinar la melaza de 90 psia hasta una presión que nos proporcione una temperatura superior a los 120° C.
4. Se podría trabajar con una melaza de alimentación al fermentador más concentrada, es decir con un brix mayor de 34°, por ejemplo 45°, y con esto poder reducir el volumen a añadir al fermentador, consecuentemente aumentaría el espacio para que más levadura se pueda reproducir.
5. En la cinética de crecimiento de las células existen relaciones de esta con la temperatura y el pH de la solución, que no se ha redactado en este informe pero que se deberá tener en cuenta al momento de diseñar los sistemas de enfriamiento.
6. Cuando la levadura es conservada a bajas temperaturas, su actividad se reduce a tal punto que las células se comportan como si estuvieran muertas, la temperatura de conservación no deberá ser demasiado baja, por debajo de -5° C, ya que a esta temperatura la levadura también muere. La temperatura normal de un frigorífico doméstico es de 6° C, bajo estas

condiciones un paquete de levadura puede durar hasta 5 semanas, mientras que un paquete de levadura en tiempos de verano con temperaturas entre 24 y 27° C durara de 07 a 11 días en el ambiente. Mientras que en épocas frías por debajo de 18° C durará hasta 16 días expuestas al ambiente.

7. Es necesario todo el estudio de la cinética de crecimiento, debido a que se está trabajando con una nueva cepa de levadura, y esta deberá optimizarse, la cepa anterior tenía un rendimiento de un 25% más que la actual cepa, pero su fuerza para levantar la masa panadera es de 20% menos que la cepa actual. Se ha intentado obtener una levadura intermedia; mezclando ambas levaduras para poder cubrir al mercado; dando resultados favorables, sin embargo; la probabilidad que la levadura se contamine es grande, a la vez que trabajar con dos cepas en simultáneo, hace que haya un tiempo muerto, en el cual se dejaría de producir un día, es decir, cuatro comerciales. La Cepa anterior es una levadura generalmente adulta y por tanto no posee la actividad que una célula joven, por eso es que su fuerza de actividad es menor; sin embargo al ser más longeva que la cepa actual presenta una mayor presencia de estas y por tanto tiene un rendimiento mayor, es por esta razón que es más estable, más fuerte y tiene una durabilidad expuesta al ambiente mayor que la actual.
8. El consumo de azúcar por parte de las células es para mantenimiento o lo que cualquier ser vivo necesita para que pueda vivir y reproducirse.
9. Una levadura contaminada es reconocida fácilmente por el olor en el reactor durante la fermentación; olor a alcohol, lo cual nos indica que se está fermentando otras cosas y no levadura.

10. BIBLIOGRAFÍA

1. Baca Piñas. Merino Flores, Ortiz Rodríguez, Rojas Naeda, “Elaboración de un manual de calidad para la fabricación de levadura Leva S.A. y propuesta de un plan HACCP en la línea de levadura fresca”. 1999, páginas 21 al 26.
2. Velásquez Millu, Marco Rolando, “Determinación de los parámetros para la elaboración de Jora a partir de Maíz de cancha de Huaraz”. 1982, páginas 32 al 35.
3. Ponce Aranibar, Luz Marina, “Contenido de riboflavina en levadura, sub-producto de la industria cervecera.” 1977, páginas 11 al 17.
4. Enrique Alfonso de Florio Ramírez. “Estudio de fermentación de Chicha de Jora”, 1986 Páginas 10 al 22 y 32 al 36.
5. Torres Carvajal, Jaime Ramírez. “Elaboración de chicha, vinagre y extracción de aceite esencial de Molle”. 1978, Páginas 19 al 28.
6. Hatta Sakoda, Beatriz. “Aislamiento y selección de levaduras para vinificación”. 1987, Páginas 29 al 48.
7. Gutiérrez Correa, Gabriel Marcel. “Utilización de agua de coco para la producción de levadura”. 1977, Páginas 11 al 19.
8. Kretzchmar, Herme, “Levaduras y alcoholes”. editorial Reverte. S.A. 1955 páginas 3-20, 80-86, 343-350, 357-359.
9. Rood, Geral. “Yeast technologic”. Editorial Reverte S.A. 1973, páginas 32 al 36.
10. Ward, Owen, "Biotecnología de la fermentación". Editorial McGraw-Hill Inc. 1993, páginas 25-32, 82-96, 115-118.
11. Quinteros Ramírez, Rodolfo, “Ingeniería Bioquímica”. Editorial Alhambra Universal, 1993, páginas 15-27, 87-94, 175-180.
12. Leveau, Jhon. “Microbiología Industrial”, Editorial Compañía editora Continental S.A. 1996, páginas 72 –78.

13. Jorgensen, Alfred. "Microbiología de las fermentaciones". Editorial McGraw-Hill Inc.1962, páginas 52-63.
14. Jorgensen, Alfred. "Microorganismos y fermentaciones". Editorial McGraw-Hill Inc.1984, páginas 88-91.

11. GLOSARIO.

Ácido ribonucleico : Componente esencial de las nucleoproteínas presente en el núcleo y en el citoplasma.

Agentes Antiespumantes: Sustancia que rompen la capa de espuma que se forma en la fermentación de la levadura.

Albúmina: Sustancia compuesta de carbono, hidrógeno, nitrógeno, oxígeno y azufre, que forman la clara de huevo y se halla en disolución en los líquidos que contienen microorganismos como la levadura.

Almidón: Polisacáridos $(C_6H_{10}O_5)_n$ que se encuentran en la melaza.

Caldo de fermentación: ó fermento, es el producto de la fermentación, es el licor al final del proceso de fermentación.

Capacidad fermentativa: Es la facultad que tienen los microorganismos para desdoblar los azúcares por intermedio de sus enzimas.

célula única : Conjunto de células aisladas completamente de su medio, sin la presencia de ningún otro microorganismo.

Cepa : Células de levadura, aisladas desde su habitud natural y que son utilizadas para el inicio del cultivo puro.

Cerevisae: Es un tipo de levadura y su nombre se refiere a su papel en la fabricación de cerveza.

Comerciales : Lotes de producción de levadura a escala industrial.

Crecimiento unicelular: Desarrollo de los seres vivos que están constituidos por una sola célula.

Cromosomas : Son los que contienen la información genética de las células.

Cuartos de cultivo: Son ambientes preparados para la iniciación del proceso fermentativo, son como plantas pilotos, pequeñas, y tienen sus servicios de agua aire, agua, melaza, vapor independientes de la planta. Tiene la particularidad que deberá permanecer estéril en todo momento.

Cultivos aireados : Soluciones con melaza, nutrientes y levadura en los cuales se insufla aire a presión.

Cultivos: Son cepas de levadura aisladas y listas para empezar el proceso de fermentación, se conservan en tubos de ensayo.

Diastasas: Enzima soluble que cataliza la transformación del almidón en maltosa.

Fermentación anaerobia: Es la que se realiza en presencia de oxígeno molecular, y es proporcionado por el aire.

Fermentación: Degradación anaeróbica de los compuestos orgánicos realizadas por las enzimas de la levadura. Reacción de descomposición y generación de masa celular y CO₂.

Fermentador : Tanque donde se realiza la fermentación de levadura.

Flavinas : Pigmento hidrosoluble de color amarillo e intensa fluorescencia verde que interviene en la composición de algunas enzimas y vitaminas.

Germinación: Brotar y comenzar a crecer las plantas.

Glucógeno : Polisacárido de la glucosa, base de los glúcidos de reserva del metabolismo.

Gluten: Sustancia de reserva proteica de la harina, formada en su mayor parte por las glutelinas.

Grasa de fermentación: Son lípidos usados en la industria de la levadura como agentes antiespumantes y pueden ser aceites vegetales.

Invertasa : Enzima de la levadura que actúa sobre los azúcares compuestos.

Levadura cultivada : Levadura extraída de su hábitat y conservada en agar.

Levadura de fermentación alta : Son las cepas de levadura que fermentan a temperaturas elevadas, alrededor de 30° C.

Levadura desactivada: Levadura inocua para el ser humano, es levadura donde las células están muertas y no tienen capacidad fermentativa.

Levadura en pasta: Llamada más comúnmente levadura fresca.

Levadura fresca: Levadura en pasta, con una humedad no mayor de 67%.

Levadura instantánea : Levadura granulada envasada al vacío con 4% máx. de humedad.

Levadura seca : Levadura en pellets con 6% máx. de humedad.

Macerado: Melaza diluida con presencia de nutrientes.

Malta corta: Malta cuyo contenido de enzimas es pobre.

Malta larga: Malta cuyo contenido de enzimas es abundante.

Maltasa : Es la enzima que actúa sobre la maltosa.

Medio de cultivo: Son soluciones que contienen todos los nutrientes esenciales para el crecimiento de la levadura, en las proporciones y cantidades óptimas.

Productos extracelulares : Masa celular que se va formando producto de la fermentación.

Mejoradores de masa: Aditivo usado en panadería para hacer más fuerte y estable a la masa panadera.

Melaza cocinada : Melaza cruda diluida llevada al punto de ebullición

Melaza cruda : Producto residual en la obtención de la refinación del azúcar.

Metabolismo bioquímico: Conjunto de reacciones químicas que tienen los microorganismos como la levadura y que genera energía.

Mohos filamentosos: Hongos filamentosos que forman colonias sobre sustancias en descomposición.

Mosto: Solución ó licor azucarado que se obtiene tratando la melaza con vapor saturado.

Organismos Unicelulares: Son organismos que carecen de especialización celular, por lo que son potencialmente inmortales y solamente mueren por causas exógenas, viven formando colonias, se reproducen por bipartición.

Orgánulos : Son partes de una célula en la cual estos cumplen la función de un órgano.

Osmosis : Es la difusión de un líquido a través de una membrana semipermeable que separa dos disoluciones de diferente concentración.

Proteasa: Enzima de la levadura que ablanda el gluten actuando sobre la proteína.

Proteína microbiana: Proteína obtenida a partir de microorganismos.

Retículo endoplasmático: Red de fibras de tejidos o filamentos que se encuentran cerca al núcleo que contienen citoplasma.

Riboflavina : Vitamina B₂ que desempeña un importante papel en el contexto del metabolismo.

Ribosomas : Cada uno de los orgánulos del plasma celular, compuestos por A.R.N y proteínas, que traducen el mensaje genético en la síntesis de la proteína.

Saccharomyces : Son las levaduras verdaderas, el nombre se refiere a su afinidad con el azúcar.

Sales nutrientes Sales de calcio, magnesio, potasio, zinc y compuestos nitrogenados.

Semilla : Levadura líquida, que es elaborada desde el laboratorio hasta escala industrial y que se usa como levadura de iniciación para la fermentación de los comerciales.

Taninos: Sustancias responsables del color oscuro de la melaza.

Tiamina : Vitamina B₁ que se agrega al caldo de fermentación.

Tiempo de activación: Es el tiempo que tarda la levadura en ambientarse al nuevo medio a la cual está expuesto, y se da al inicio de la fermentación.

Zimasa : Enzima soluble presente en la levadura que descompone las hexosas en alcohol y dióxido de carbono.

12 APÉNDICE

Apéndice A. Lista de Figuras

<i>Figura 1.</i> diagrama de flujo del proceso de obtención de levadura	5
<i>Figura 2.</i> diagrama típico de fermentación.....	11
<i>Figura 3.</i> Estructura interna de la célula de levadura.....	17
<i>Figura 4.</i> células de levadura	28
<i>Figura 5.</i> Secuencia de Producción de levadura.....	44
<i>Figura 6.</i> Secuencia de reproducción de la levadura.....	45
<i>Figura 7.</i> Centrífuga de clarificación de melaza.....	47
<i>Figura 8.</i> Sistema de clarificación continua de melaza.....	48
<i>Figura 9.</i> Cuarto de cultivo.....	49
<i>Figura 10.</i> Tanque de fermentación.....	51
<i>Figura 11.</i> Dilución de melaza de Casagrande.....	56
<i>Figura 12.</i> Dilución de la melaza de la cooperativa Laredo.....	57
<i>Figura 13.</i> Dilución de melaza de Paramoga.	58
<i>Figura 14.</i> Dilución de melaza San jacinto.....	59
<i>Figura 15.</i> Células muertas de levaduras.....	65
<i>Figura 16.</i> Cinética de crecimiento de levadura.	66
<i>Figura 17.</i> Consumo de azúcares en el tiempo.....	67
<i>Figura 18.</i> Consumo de azúcares y producción de levadura.....	67
<i>Figura 19.</i> Primera hora de fermentación.....	68
<i>Figura 20.</i> Cuarta hora de fermentación.....	69
<i>Figura 21.</i> Sexta hora de fermentación.....	70
<i>Figura 22.</i> Novena hora de fermentación.....	71
<i>Figura 23.</i> Decimoquinta hora de fermentación.....	71
<i>Figura 24.</i> Producción de levadura en PC2.....	73
<i>Figura 25.</i> Producción de levadura en PC3.....	74
<i>Figura 26.</i> Producción de levadura en semilla stock.....	75

<i>Figura 27. Melaza a reutilizar antes de cocinarla.....</i>	83
<i>Figura 28. Melaza de recuperación cocinad.....</i>	84
<i>Figura 29. Balance de masa en la Separación.....</i>	87
<i>Figura 30 Separación del fermento actual.....</i>	89
<i>Figura 31. Recirculación de la melaza.....</i>	91

Apéndice B. Lista de cuadros

Cuadro 1. Composición química de la levadura.....	18
Cuadro 2. valores mínimos de actividad de agua de microorganismos.....	20
Cuadro 3. valores característicos de la levadura prensada peruana.....	24
Cuadro 4. Requisitos químicos de la levadura.....	26
Cuadro 5. Tipos de melaza.....	31
Cuadro 6. Requisitos mínimos de melaza.....	32
Cuadro 7. Compuestos que forman parte de la ceniza en la melaza.....	33
Cuadro 8. Composición de la melaza.....	35
Cuadro 9. Viscosidad de las melazas.....	38
Cuadro 10. Dependencia de la viscosidad con la temperatura en melazas....	39
Cuadro 11. Consumo de melaza	40
Cuadro 12. Dilución de melaza de Casagrande.....	56
Cuadro 13. Dilución de melaza de cooperativa Laredo.....	57
Cuadro 14. Dilución de la melaza de Paramonga.....	58
Cuadro 15.. Dilución de melaza San jacinto.....	59
Cuadro 16. Azúcares reductores y Brix de melazas.....	62
Cuadro 17. Data experimental obtenidas en frasco Pasteur en el crecimiento de levadura a nivel laboratorio.....	64
Cuadro 18 . Balance de masa en PC2.....	72
Cuadro 19. Balance de masa en PC3.....	73
Cuadro 20. Balance de masa en Stock.....	74