

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1 ANTECEDENTES

El arte de conservar verdura tras el proceso de fermentación del ácido láctico es una costumbre antigua. La conservación del repollo blanco de este modo fue descubierta en China en el año 221 A.C.

Los chinos necesitaban la manera de asegurar una buena alimentación para los obreros de la Muralla China durante los meses del invierno.

La tradición de fermentar el repollo fue presentada en Europa en el siglo XIII por los Mongoles en un “Sancai” (recipiente de arcilla). Su popularidad empezó en Europa Oriental y rápidamente se extendió hacia Europa occidental.

En el siglo XVIII encontraron que el chucrut era un excelente medio para prevenir el escorbuto en los marineros de la época, por su alto contenido de vitamina C.

El repollo fermentado se volvió muy popular en los países europeos donde lo consumían en invierno para obtener vitamina C, ya que no tenían disponibilidad de cítricos, por ello en estos países forma parte de muchas comidas tradicionales.

En Bolivia no se conoce mucho este encurtido y no es consumido por la mayor parte de la población debido a que no conocen sus propiedades nutritivas ni tampoco el producto.

En Tarija existen personas extranjeras que conocen y consumirían el producto pero son muy pocas, la mayor parte de la población ni siquiera sabe de que se trata este producto.

1.2 JUSTIFICACIÓN

Es un producto saludable que mejora la nutrición y la salud del consumidor.

Se constituye en un alimento de bajo costo monetario accesible para personas de bajos recursos.

El producto tiene propiedades anticancerígenas, enzimáticas, biorreguladoras y dietéticas teniendo en cuenta que la población tarijeña tiene índices elevados de cáncer este producto sería demandado.

El producto puede ser almacenado por largos periodos por el consumidor y el productor debido a su acidez la cual lo conserva como un encurtido.

El mercado del producto tiene mucho potencial debido a que no se produce en la región además se sabe que existe sobreproducción de la materia prima, lo cual hace que el precio sea bastante bajo, ideal para elaborar una conserva.

1.3 OBJETIVOS

Los objetivos planteados para el trabajo de investigación, se detallan a continuación:

1.3.1 OBJETIVO GENERAL

- Aplicar la fermentación láctica para elaborar chucrut.

1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar las características físicas y fisicoquímicas del repollo.
- Desarrollar el diseño experimental adecuado para identificar el proceso de producción óptimo cambiando variables en el proceso.
- Determinar el tiempo adecuado para la fermentación en condiciones controladas.
- Elaborar el balance de materia y energía del proceso de elaboración de chucrut.
- Realizar la evaluación sensorial del producto terminado.
- Determinar las características fisicoquímicas del chucrut.

1.4 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

¿La producción de chucrut y su introducción al mercado podrá ayudar a los consumidores a mejorar su nutrición y salud?

1.5 HIPÓTESIS

La fermentación láctica permitirá obtener chucrut con las propiedades deseadas que ofrecerá a los consumidores un alimento saludable que ayude a mejorar su salud a través de una mejor nutrición.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 CARACTERÍSTICAS DE LA MATERIA PRIMA E INSUMOS

2.1.1 REPOLLO

El repollo o col es una planta comestible de la familia de las brassicáceas. Es una herbácea bienal, cultivada anualmente, cuyas hojas pueden ser ovales, oblongas, lisas, rizadas o circulares, dependiendo de su variedad, forman un característico cogollo compacto.

La clasificación taxonómica del repollo es la siguiente:

Reino: Magnoliophyta

Clase: Manoliopsida

Orden: Brassicaceae

Familia: Brassica

Especie: *B. olearacea*

Las diferentes variedades han sido obtenidas a partir de la especie silvestre, conocida desde hace siglos, a través de cruces y selección para adaptarlas a diferentes condiciones climáticas.

Existen dos variedades principales de repollos: tempranas y tardías. Las tempranas maduran en 50 días aproximadamente. Producen cogollos pequeños y se destinan al consumo inmediato ya que no resisten almacenamiento. Las tardías, que maduran a los 80 días, producen cogollos mucho más grandes y se destinan a la provisión invernal. Se consume tanto cocinado como en ensalada y se puede conservar cocido, congelarse tras escaldarlo previamente e incluso preparar como chucrut.

La importancia de la familia de las Crucíferas reside en los compuestos azufrados que contienen, y que están considerados como potentes antioxidantes que ayudan a prevenir enfermedades.

Esta planta medicinal es rica en provitamina A y vitaminas B2, B6, C, K, U y D, y azufre orgánico, también en cantidades considerables dispone de minerales como el yodo, el hierro, el potasio y el calcio, entre otros. Se le reconocen multitud de propiedades, como ser: Antirreumáticas, anticatarrales, vermífugas, antidiabéticas, carminativas, digestivas, energéticas, cicatrizantes, cardíacas, remineralizantes y recientes investigaciones hablan de sus propiedades anticancerígenas.

Para aprovechar sus propiedades es preciso utilizarla cuanto antes y transformarla lo menos posible, ya que sus valiosas vitaminas U y K se destruyen pronto por el efecto del calor perdiendo todo su potencial medicinal. Una excelente manera de aprovecharse de sus beneficios es consumirla en zumo recién exprimido; la vitamina U es muy eficaz en los trastornos digestivos, y en especial para la úlcera péptica.

Esta planta a pesar del poco aprecio medicinal del que goza, sin embargo, se puede decir de ella que al igual que la cebolla, el limón, el puerro, la zanahoria y el ajo es una de las mejores que existen, y no solo desde el punto de vista medicinal sino también del dietético.

El repollo está considerado como un antibiótico natural por contener ciertas sustancias bactericidas capaces de reducir algunos gérmenes microbianos.

Es una sencilla planta medicinal de fácil adquisición y que se puede y se debe consumir sin ningún tipo de miramiento por los muchos beneficios saludables que aporta a nuestro organismo.¹

2.1.2 CARACTERÍSTICAS DEL REPOLLO

2.1.2.1 CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y FISICOQUÍMICAS

Forma: Esférica, compuesta por hojas muy compactas más o menos rizadas, redondas u ovaladas.

Tamaño y peso: el diámetro de los repollos suele tener de 20 a 25 centímetros y su peso oscila entre kilo y medio, los ejemplares pequeños, a dos kilos y medio, los de mayor tamaño.

Color: sus hojas tienen diferentes tonalidades que van desde verde claro hasta el oscuro, blanquecino o morado.

Sabor: poseen un sabor fuerte característico, en ocasiones de toque dulzón.

Información nutricional del repollo cada 100 gr.

Agua: 80 g.

Hidratos de carbono: 3,7g.

Proteínas: 1,8 g.

Lípidos: 0,3 g.

Potasio: 270 mg.

Sodio: 16 mg.

Fósforo: 46 mg.

Calcio: 57 mg.

Hierro: 1 mg.

Vit C: 65 mg.

Vit A: 4 mg.

Vit B9 (folatos): 78 mg.

La pirámide nutricional presentada a continuación (Figura 2.1), representa las necesidades nutricionales del organismo que plantean los nutricionistas.

El repollo es una hortaliza y se ubica en el segundo escalón de la pirámide junto con las frutas.²

Figura 2.1.1
Pirámide Nutricional



Fuente: <http://3.bp.blogspot.com>

Las hortalizas son un conjunto de plantas cultivadas generalmente en huertas o regadíos, que se consumen como alimento, ya sea de forma cruda o preparada culinariamente, y que incluye las verduras y las legumbres verdes (las habas y los guisantes). Las hortalizas no incluyen las frutas ni los cereales.

Sin embargo, esta distinción es arbitraria y no se basa en ningún fundamento botánico. La Real Academia de la Lengua no reconoce esta taxonomía, y circunscribe esta acepción a los cultivos realizados en un huerto.³

2.1.2.2 PRODUCCIÓN DEL REPOLLO

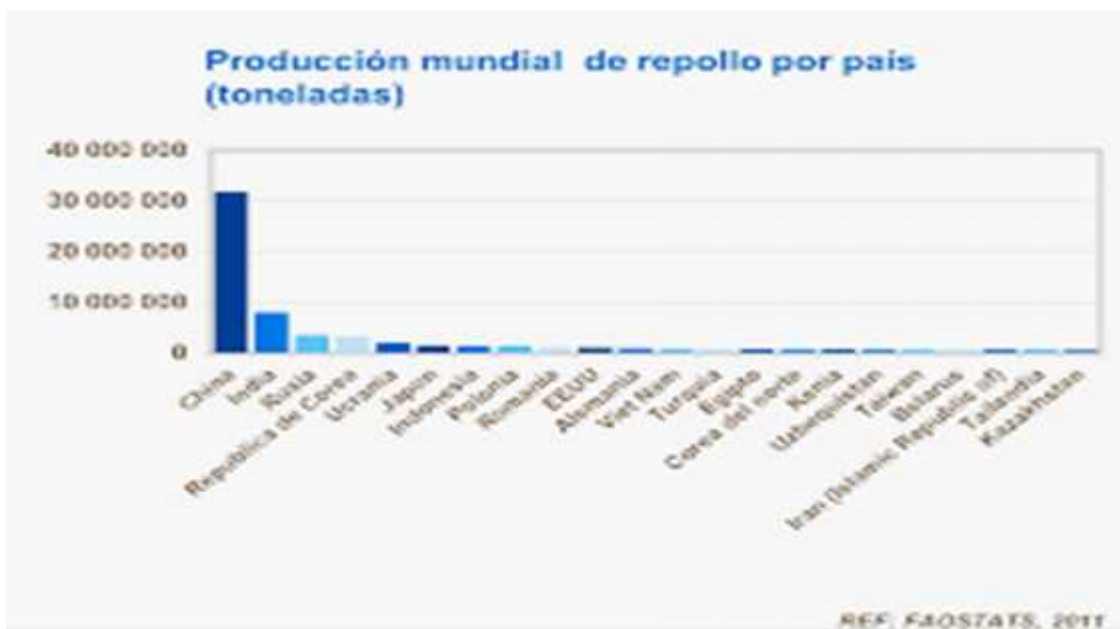
2.1.2.2.1 PRODUCCIÓN MUNDIAL

La producción del repollo a nivel mundial se concentra en países asiáticos y euro asiáticos como se puede observar en la figura 2.1.2 presentada a continuación.

Como se puede observar China e India son los principales productores debido a que en esas regiones es mayor el consumo de vegetales.

Figura 2.1.2

Producción Mundial de Repollo



Fuente: Faostats.2011

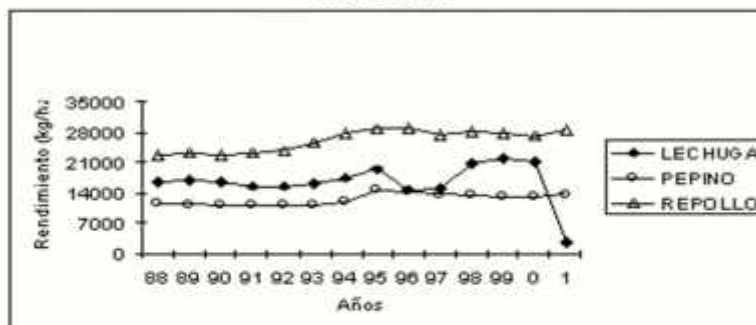
2.1.2.2.2 ESTIMACIÓN DE LA PRODUCCIÓN NACIONAL

Al no contar con datos nacionales se hizo una comparación con Venezuela que muestra alto rendimiento de repollo sobre otras verduras de hoja verde como la lechuga y el pepino. Esto demuestra que es muy rentable para el agricultor cultivar repollo.

Considerando los datos presentados en la figura 2.1.3, presentada a continuación, se presume que la producción en Bolivia puede rondar entre las 56000 y 70000 toneladas debido a que son países semejantes en cuanto a tamaño y disponibilidad de tierras de cultivo.

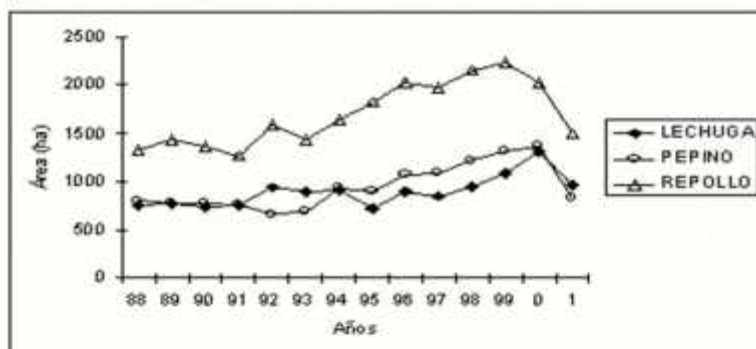
Figura 2.1.3
Producción de Repollo en Venezuela

Venezuela: rendimiento de lechuga, pepino y repollo, 1988-2001



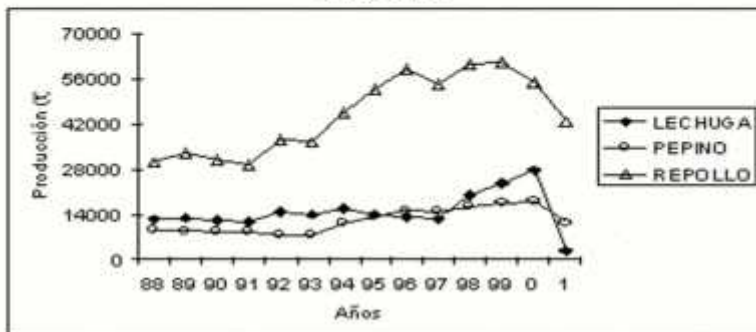
Fuente: Viceministerio de Agricultura y Alimentación (varios años).

Venezuela: área cosechada de lechuga, pepino y repollo, 1988-2001



Fuente: Viceministerio de Agricultura y Alimentación (varios años).

Venezuela: producción de lechuga, pepino y repollo, 1988-2001



Fuente: Viceministerio de Agricultura y Alimentación (varios años).

Fuente: erevistas.saber.ula.ve

2.1.2.2.3 PRODUCCIÓN DEPARTAMENTAL

Se adopta la suposición por el tamaño de territorio cultivable que la producción departamental rondaría alrededor del 3% de la producción nacional resultando unas 1800 toneladas anuales, lo que significa una suficiente disponibilidad de materia prima para encarar la elaboración de chucrut.

2.1.3 VARIEDADES DE REPOLLO

Los repollos constituyen una especie vegetal que incluye un gran número de variedades muy diferentes entre sí. Las que se comercializan en la actualidad derivan de la col silvestre, que todavía persiste en las costas atlánticas de Francia e Inglaterra. Existen variedades tempranas, de temporada media, tardía, otoñal e invernal. Las más destacadas y cultivadas son la berza, la col de Milán y la lombarda.

a).- Berza o repollo verdi - blanco - liso: se la conoce también como col de hoja suave. Es la variedad más común y representativa del grupo. Sus hojas externas son de color verde claro mientras que las del interior son blancas. Su sabor es fuerte y de consistencia bastante dura.

b).- Col o repollo blanco o de Milán: muy similar a la berza, también se la conoce como repollo rizado, repollo crespo redondo o col de Savoy. Sus hojas son arrugadas y rizadas, de color verde o algo azulado. Las variedades tempranas presentan el repollo de color blanco y las hojas claras, mientras que las más tardías presentan hojas de color verde oscuro más recias y de sabor más fuerte.

c).- Col lombarda o col roja o morada: es un repollo de forma redondeada y de hojas lisas. Su sabor es ligeramente dulce y muy apreciado. Se caracteriza por el atractivo color morado de sus hojas.⁴

Figura 2.2
Variedades de col blanca, verde y morada.



Fuente: <http://lpcdedios.files.wordpress.com>

2.1.4 PROPIEDADES DEL REPOLLO

Las propiedades del repollo están muy relacionadas con sus nutrientes:

Ditoltonas: Compuesto anticancerígeno y antioxidante.

Indoles: Compuesto protector de las células de la mama y del colon.

Sulfuro: Compuesto con propiedades antibióticas y antivirales.

M-metilmetionina: Componente que protege las paredes del estómago y parte del intestino (jugo de col en crudo y en ayunas para úlceras, parásitos y gastritis)

Vitamina C: gran antioxidante, antihemorrágica, protectora arterial y cofactor para la desintoxicación del hígado.

Celulosa: Fibra insoluble que mejora el tránsito intestinal. Ideal en casos de alteraciones intestinales.

Vitamina B9 (folato): Interviene en la maduración del glóbulo rojo, y evita la acumulación de homocisteína.

Debido a su gusto ligero amargo el repollo ayuda a digerir y a mejorar la función hepática. (en casos de colesterol, dispepsias, estreñimiento crónico)

También se puede aplicar el repollo tópicamente en forma de cataplasma: Se corta el repollo y se enrolla con un trapo. Se aplica en erupciones, úlceras en las extremidades, varices y heridas.

Propiedades de los germinados de repollo o col: contienen vitamina C y bioflavonoides.⁵

2.1.5 LA SAL

La sal es el condimento más utilizado en la cocina. Antiguamente era el cloruro sódico impuro extraído del agua de mar. Contenía hasta un 3 % de agua y un 2,5 % de otras sales: cloruro de magnesio, cloruro de calcio, sulfato de sodio, sulfato de magnesio, sulfato de calcio, y vestigios de bromo, boro, yodo y litio. La sal marina es higroscópica porque contiene vestigios de cloruro y magnesio.

El sabor de la sal de cocina depende también de otras sales de su composición. Si tiene más de un 1 % de cloruro de potasio, es ligeramente amarga.

De todos modos, la sensación gustativa de los individuos es muy variada. Algunas personas perciben el cloruro sódico con la concentración de una parte de sal por 3.000 de agua, mientras que otras solamente la notan cuando la proporción es de dos partes y media de sal por la indicada cantidad de agua.

La sal es un agente conservador que impide que se desarrollen y reproduzcan las bacterias. Conserva el pescado y la carne y destruye los microbios del queso. Los jamones y carnes ahumados han sido previamente sometidos a salazón completa durante 15 días. Por otra parte, la sal es indispensable en todas las conservas de verduras, si bien es suficiente una pequeña cantidad.

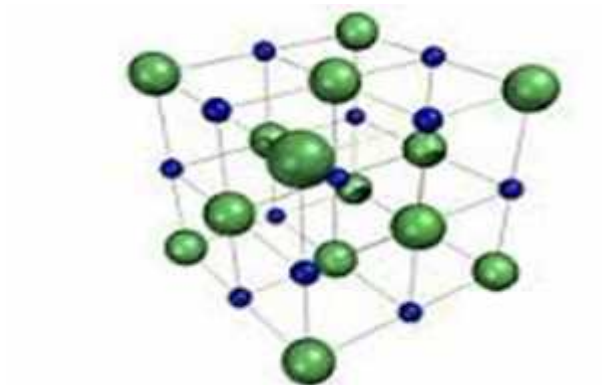
La sal abre el apetito. Salar los alimentos es agradable y necesario cuando se sigue un régimen vegetariano. Los vegetales contienen, en efecto, bastante potasio y poco sodio. Esto explica la apetencia que los herbívoros manifiestan por la sal. No obstante, si salar los alimentos con moderación es una práctica útil, el salarlos con exceso puede tener perniciosos efectos.⁶

Figura 2.3
Cristales de Sal (NaCl)



Fuente: <http://www.taringa.net>

Figura 2.4
Estructura Cristalina del (NaCl)



Fuente: <http://www.taringa.net>

2.1.6 LA SAL EN EL ORGANISMO

El cuerpo de una persona que pese 70 kilos contiene 46 litros de agua, 3 litros de plasma sanguíneo, 14 litros de líquido intercelular (que impregna los espacios intercelulares de los tejidos) y 29 litros de líquido intracelular (que forma parte de las células). Estos líquidos llevan un gran contenido de sal (unos 300 gramos) al propio tiempo que cantidades notablemente fijas de azúcar, urea, proteínas y otras sustancias.

El sodio existe principalmente en el líquido intercelular y en el plasma. En el líquido intracelular, en cambio, abunda el potasio y se encuentra escasa cantidad de sodio. La membrana celular es, pues, una barrera entre estos dos minerales antagónicos.

Por varias razones, la sal posee importancia vital. El medio interior del organismo humano forma como innumerables lagos, ríos y arroyos que lo surcan. Pero la sal contenida en estos líquidos no se halla en su forma común, sino en estado de iones, es decir, en moléculas descompuestas, perpetuamente en movimiento. En este caso, el

cloruro de sodio, fórmula química de la sal, se halla disociado, estando el cloro en una parte y el sodio en otra; se reencuentran, se combinan de nuevo y vuelven a separarse según las necesidades del organismo, en el cual puede decirse que la sal vive cambiando sin cesar de forma.

La parte del organismo más rica en sal es el líquido cefalorraquídeo contenido en la columna vertebral. Después viene el plasma sanguíneo y la linfa. Entre los órganos, son los riñones los que contienen mayor cantidad, después el útero, los pulmones, el cerebro, el corazón y la piel.

La sangre contiene un tres por ciento de sal y, sin esta concentración, no se hallaría en condiciones de realizar sus funciones.

Asimismo, es de la mayor importancia el hecho de que el efecto digestivo de los jugos gástricos se debe a su concentración en ácido clorhídrico. Este se forma en las glándulas del estómago a partir del cloro contenido en la sal. Sin sal en los alimentos, la digestión sería imposible.

Todas las secreciones del tubo digestivo contienen sal: la más rica es el jugo intestinal, después el jugo gástrico, la bilis, el jugo pancreático y la saliva. Esta sal no sale del organismo. En cierta forma es prestada por la sangre al tubo digestivo y, una vez absorbida en los intestinos, vuelve a la sangre. Es lo que se denomina ciclo digestivo de la sal.

El papel de la sal durante la digestión consiste en mantener el equilibrio químico entre las materias digeridas y el resto del organismo. En efecto, un intercambio biológico a través de una membrana (como la mucosa intestinal) sólo puede efectuarse si los líquidos de ambos lados tienen la misma concentración salina. Para que la absorción pueda tener lugar a través de la mucosa intestinal hace falta, por

tanto, que los productos de la digestión tengan la misma concentración en sal que el resto del cuerpo.

Esta función no la cumple la sal solamente en el tubo digestivo, sino en todo el organismo. Mediante su constante viaje arrastrada por la sangre, asegura el equilibrio de todos los líquidos orgánicos y permite los intercambios que garantizan la hidratación de los tejidos.

Es una necesidad orgánica la de que se mantenga constante el porcentaje mineral correspondiente a los diversos líquidos del cuerpo. Para ello, cada vez que se produce una eventual modificación, el agua aumenta o disminuye según convenga. La retención de 330 miligramos de sodio, por ejemplo, requiere que el organismo disponga de 100 centímetros cúbicos de agua. Esto explica que la retención de sodio de lugar a hinchazones que aparecen en el organismo a causa de la aglomeración de líquido en los espacios intercelulares.

Con la dieta sin sal y con alimentos crudos y ricos en potasio se puede provocar una secreción de las cantidades anormales de líquido intercelular del cuerpo y eliminar los edemas. De tal modo se puede restablecer el buen funcionamiento de la circulación del hígado, de los órganos digestivos, de los riñones, del corazón, de los pulmones y de la piel.

Los edemas pueden ser debidos a un exceso de hormonas producidas por el córtex de las glándulas suprarrenales. La enfermedad de Addison, por el contrario, consiste en una pérdida de sodio debida a un deficiente funcionamiento de dicho córtex. Requiere un mayor consumo de sal.⁶

2.1.7 FUNCIONES DE LA SAL EN EL ORGANISMO

La sal cumple en el organismo las siguientes funciones:

- Regula el equilibrio ácido-básico.
- Mantiene la presión osmótica de los líquidos corporales protegiendo el organismo contra pérdidas excesivas de los mismos.
- Ayuda a conservar la excitabilidad normal del músculo.
- Colabora en la conservación de la permeabilidad celular.⁷

2.1.8 NECESIDADES DIARIAS

El organismo puede alterarse por defecto o por exceso de sal. Las necesidades mínimas diarias de sal para un adulto normal se calculan en 7,5 gramos.

Hay personas que consumen sal, con un promedio de 20 a 30 gramos por día. Las hay tan aficionadas a ella que la ingieren directamente, como una golosina.

A las cantidades de sal que se utilizan para espolvorear las ensaladas y otros alimentos, hay que tener en cuenta que se suman las utilizadas en la condimentación y conservación de diversos alimentos: salsas, quesos, pastas para aperitivos, etcétera. Algunos restaurantes tienen por costumbre salar mucho los alimentos con objeto de disimular los defectos de sabor y, al propio tiempo, fomentar el consumo de bebidas.

Por otra parte, algunos alimentos contienen sodio en bastante cantidad ya en estado natural: apio, perejil, algunos cereales, leche, huevos, etc.

En los países de la Unión Europea se calcula un consumo diario de 15 gramos por persona, distribuidos del siguiente modo:

- Contenido propio de los alimentos: 5 gramos.
- Sazonamiento en la cocina o en la mesa: 5 gramos.
- Pan: 5 gramos.⁷

2.2 CARACTERIZACIÓN DEL PRODUCTO

2.2.1 ELABORACIÓN DE CHUCRUT

2.2.1.1 ELABORACIÓN ANTIGUA Y ACTUAL

a) -Elaboración antigua

El chucrut se hace tradicionalmente en toneles de madera pero puede adaptarse en cantidades más pequeñas utilizando un recipiente de vidrio o cerámica de boca ancha apropiado para prensar la verdura.

Figura 2.5

Vasijas usadas antiguamente para la elaboración del chucrut



Fuente: <http://fermentacionvegetales.wikispaces.com/CHUCRUT>

El sistema antiguo consistía en colocar el repollo picado y salado en vasijas de cerámica y cubrir el mismo con una capa de aceite para evitar el contacto con el aire, dejándolo fermentar espontáneamente durante un tiempo adecuado en bodegas o ambientes frescos y protegidos de la luz.

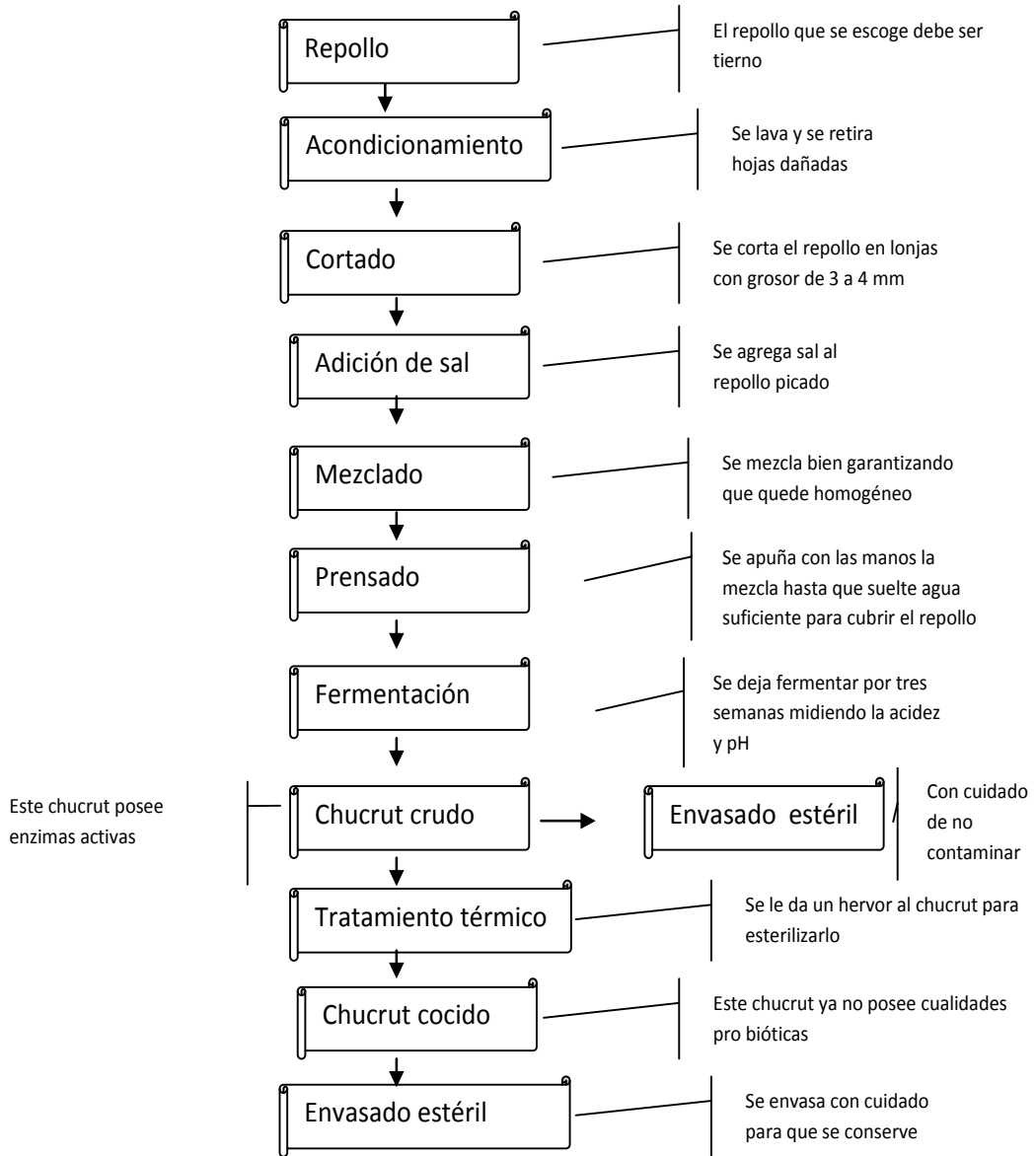
b) – Elaboración Actual

La producción artesanal de chucrut en la actualidad, se la realiza cortando el repollo en rodajas finas, agregando un determinado porcentaje de sal y amasando el mismo hasta que suelte jugo, luego se lo introduce en bolsas de tela limpias, se apreta las mismas para que salga su jugo, se introduce en el recipiente destinado para su fermentación y se asegura con pesas que la totalidad del repollo se mantenga sumergido para mantener condiciones anaerobias durante el proceso. Se deben utilizar suficientes pesas para que la salmuera quede a unos 5 cm por encima del plato, facilitando el espumado diario. Si fuese necesario, se prepara salmuera adicional. Tapar el pote con una toalla de rizo gruesa y atar la toalla. Destapar cada día el pote, retirar la capa de levadura o moho con una cuchara de acero inoxidable escaldada. El chucrut puede conservarse en el frigorífico una vez terminada la fermentación.

En resumen, el chucrut se elabora con coles finamente cortadas que se mezclan con sal y se ponen juntos en un contenedor anaeróbico para que se produzca la fermentación; la misión de la sal es la de secar la verdura hasta que posea un porcentaje de agua bajo, se debe distribuir homogéneamente sobre la col cortada sino se obtendrá un 'chucrut rosa'. Durante este proceso se forman hongos en la superficie, para poder eliminarlos totalmente una vez preparado y tratando de que el nivel de agua con sal se presente en superficie se le instala una madera cubriendo la superficie y un peso sobre ella (botella con agua) y se vierte dentro del recipiente un vaso de aceite vegetal, al quedar a flote ese aceite hace imposible el contacto del aire con el agua salada (salmuera) y elimina la posibilidad en la formación de hongos.⁸

Figura 2.6

Proceso de elaboración de Chucrut



Fuente: Elaboración propia

2.2.1.2 DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROCESO

Se selecciona repollo tierno para luego lavarlo con abundante agua procurando retirar toda suciedad presente, se acondiciona el repollo retirando las hojas superficiales y el corazón.

Una vez el repollo esta acondicionado se procede a cortarlo y pesarlo para poder determinar la cantidad de sal que se debe adicionar al mismo.

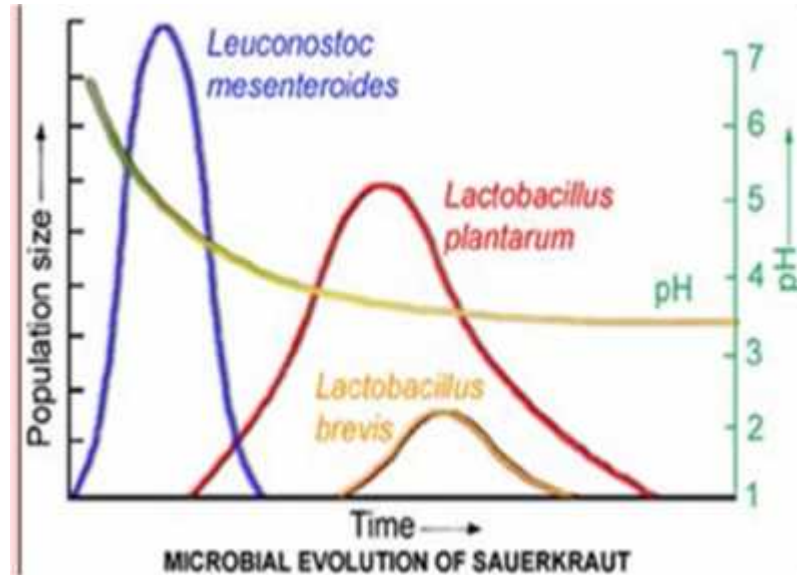
Luego se mezcla el repollo con la sal y se comienza a machacarlo para sacarle el agua por acción mecánica aprovechando la diferencia de concentraciones que genera la presión osmótica.

Con el jugo cubriendo el sólido se da por concluido el machacado y se procede a introducirlo en los recipientes que albergaran al repollo durante su fermentación.

La fermentación es iniciada por el *Leuconostoc mesenteroides* mientras que otras bacterias (principalmente *Lactobacillus*, *Streptococcus* , y *Pediococcus spp.*) son los que continúan el proceso de fermentación dentro del recipiente; la temperatura de fermentación debe estar por debajo de los 18°C para que se produzca con garantías y con sabor ácido (proporcionado por el ácido láctico y el ácido acético, este último en proporción menor).

Al finalizar la fermentación se envasa el producto para luego almacenarlo a una temperatura de 1°C.

Figura 2.7
Fases de la fermentación del chucrut



Fuente: http://www.regmurcia.com/73_Fermentacion_lactica_chucrut.pdf

2.2.2 CARACTERÍSTICAS DEL CHUCRUT

El chucrut resulta de la fermentación ácido láctica del repollo por efecto de la sal. Para preparar chucrut tradicionalmente se utiliza col blanca. Después de haber cortado en tiras el repollo y haberlas lavado y escurrido, se colocan en toneles con el fondo revestido con anchas hojas de repollo o parra, se salan por capas sucesivas. Se espolvorea cada capa con bayas de enebro, que confieren un delicado perfume a la preparación. Una vez lleno se cubre con un trapo o paño esterilizado luego se coloca una tapa de menor diámetro que entre dentro del recipiente y encima de la tapa se coloca un peso como una piedra esterilizada o frascos de vidrio llenos de agua también esterilizados, el fin de esto es que el repollo quede sumergido en el líquido.

La fermentación dura entre 15 días y 3 semanas y se divide en tres fases: la fermentación alcohólica, la fermentación ácido láctica y la fermentación de refinado. No se aconseja llevar demasiado lejos esta última para evitar que la acidez baje demasiado. Se recomienda retirar de vez en cuando, durante la fermentación, un poco de salmuera, sustituyéndola por una solución salina nueva, para que el repollo no se altere. Aunque el chucrut sea bueno para el consumo al cabo de un mes, no adquiere todo su sabor y perfume antes de 6 a 8 semanas.

Cada vez que se saque chucrut, hay que quitar el líquido sobrante, volver a colocar el paño en su lugar así como la tapa y la piedra y añadir agua fresca.

El chucrut esta mejor cuando su preparación no es demasiado vieja; amarillea en seguida y adquiere un sabor más pronunciado. Según algunos debe quedar un poco crujiente, y no ser calentada nunca. Otros, por el contrario, consideran que es mejor después de varias cocciones y con una coloración ligeramente rubia, debido al contacto con el fondo del recipiente cuando el agua casi se ha evaporado. En este caso las propiedades pro bióticas se destruyen por el calor. Se debe dosificar bien la sal para que ocurra la fermentación ya que si es mucha o muy poca la fermentación no ocurrirá.

Aunque el chucrut (sauerkraut en alemán, en países hispano parlantes chucrut) se le considera típico de Alemania y se le imagina acompañando a un bocadillo de salchichas ahora se tiene que forzar un poco la mente para romper esta falsa imagen y así poder conocer un maravilloso alimento extendido por todo el mundo.

El chucrut se obtiene de la fermentación de la col apropiándose así de las cualidades de los alimentos fermentados: son especialmente útiles para quienes consumen alimentos grasos en gran cantidad que resultan favorecedores de los procesos de putrefacción pues los alimentos fermentados inhiben estos procesos y facilitan la digestión reduciendo así la toxicidad de cualquier comida (destacando las carnes grasas).

Es necesario aclarar que se está hablando de fermentaciones lácticas y no de las alcohólicas ya que bien al contrario las alcohólicas crean por medio de este mismo alcohol un medio maligno en el cual mueren hasta las propias bacterias que produjeron esa misma fermentación. Por lo tanto, mientras que el ácido láctico es uno de los mejores agentes salúferos y vitamínicos, por el contrario, el alcohol obtenido de la cerveza, aguardientes, etc., es fundamentalmente un veneno para todas las células del organismo y muy especialmente para las del sistema nervioso, el hígado y los riñones.

El chucrut o col fermentada está a la altura del yogurt y del kéfir a la hora de repoblar y proteger la flora bacteriana e incluso por encima ya que no es rico en proteínas ni grasas así que lo podemos consumir en grandes cantidades sin ningún problema. Esto permite hacer curas de chucrut o bien, la opción más depurativa, de su ácido láctico, recomendadas sobre todo a pacientes con enfermedades del tracto digestivo y generales como colitis, avitaminosis digestivas (mala absorción de nutrientes), diverticulosis, leucocitosis digestivas (al ser un alimento crudo), acidosis general, acidez de estómago, ácido úrico, colesterol, cáncer e hipertensión.

El chucrut puede tomarse durante todo el año, pero es especialmente en los meses fríos de otoño e invierno cuando más beneficios aporta su ingestión. Su riqueza en ácido ascórbico (vitamina C, una taza de chucrut contiene 24 mg) es, junto con los limones y las naranjas, el mejor remedio natural para prevenir y tratar las afecciones comunes de estas estaciones: resfriados, gripe, etc.

Es necesario aclarar que el chucrut, para que conserve sus propiedades curativas, debe consumirse crudo y, al comprarlo se debe observar líquido (ácido láctico) en el interior del recipiente.⁹

2.2.3 PROPIEDADES BENÉFICAS DEL CHUCRUT

Propiedades del chucrut: limpia y regenera el sistema digestivo. Sobretodo mejora nuestra flora bacteriana, que es fundamental para un buen sistema inmunológico.

El método de preparación del chucrut ofrece una amplia gama de beneficios para la salud, ya que en el proceso se generan sustancias saludables llamadas isotiocianatos, las cuales pueden ayudar a prevenir la formación de tumores, habiéndose demostrado en distintos estudios que las mujeres consumidoras de grandes cantidades de col fermentada tienen una menor incidencia de cáncer de mama, comparadas con aquellas que rara vez lo consumen.

Otra condición sobre la que se extienden los beneficios saludables del chucrut es la diarrea, condición incómoda que se produce por un desequilibrio del sistema digestivo y que el contenido de ácido láctico producto natural de la fermentación del chucrut ayuda a prevenir la diarrea, sumada a la fibra dietética que favorece el correcto funcionamiento intestinal.

La vitamina C contenida en el chucrut es esencial para mantener una buena salud, debido a que previene infecciones y estimula la sanación de los distintos niveles orgánicos, debido a que potencia naturalmente el sistema inmune. Por lo tanto el consumo de chucrut sobre una base regular puede aumentar la inmunidad natural gracias a su contenido de vitamina C, que también se encarga de mantener saludables los dientes, las encías y los músculos, así como favorece la correcta absorción del hierro en la sangre, evitando o previniendo el desarrollo de anemias.⁹

2.2.4 EFECTO PROBIÓTICO DEL CHUCRUT

El chucrut es un probiótico como el yogur, que es el alimento más común asociado con la producción de bacterias beneficiosas para la salud digestiva, por lo cual el consumo de este tipo de alimentos fermentados ayuda a reducir las probabilidades a desarrollar síndrome del intestino irritable, trastornos de la piel y enfermedades del corazón.

Para tener muy en cuenta; el consumo de fermentos en la dieta se traduce en la mejor opción para la salud general, ya que actúan directamente sobre el sistema inmune e incrementan los niveles de bacterias benéficas en el organismo, por lo tanto el chucrut es una muy buen opción para potenciar la salud.¹⁰

2.2.4.1 LOS PROBIÓTICOS

Los alimentos probióticos son aquellos que contienen organismos vivos que, tras su ingesta, benefician de forma notable al organismo, en especial al estómago. Lo que hace que se destaquen tanto es que son una opción natural para mantener la flora intestinal en buen estado.¹⁰

2.2.4.2 ALIMENTOS PROBIÓTICOS

El más destacado de todos los alimentos probióticos es el yogur, que además es uno de los más fáciles de consumir. Se puede tomar al desayuno, en la merienda o después de cualquier comida. Pero además se pueden encontrar probióticos en la leche, el queso, el kéfir (una especie de yogurt búlgaro), los encurtidos como los pepinillos, las aceitunas y todos aquellos vegetales en vinagre, el chucrut (una especie de col fermentada), el chocolate negro y todos aquellos platillos que para su elaboración requieran de la fermentación.¹¹

2.2.4.3 BENEFICIOS DE ALIMENTOS PROBIÓTICOS

Los alimentos probióticos ofrecen grandes aportes a nuestra salud:

- Mejoran el estado de nuestra flora intestinal y son muy útiles cuando estamos tomando antibióticos o cuando hemos sufrido de diarreas y problemas estomacales
- Mejoran nuestras defensas contra la invasión de bacterias que nos pueden causar enfermedades
- Favorecen a las personas que sufren de alergias disminuyendo sus síntomas
- Favorece la producción de jugos gástricos que nos ayudan a mejorar la digestión y evitar la pesadez del estómago
- Ayudan a fortalecer el sistema inmunológico¹¹

2.2.5 MICROORGANISMOS INVOLUCRADOS

Las bacterias lácticas son Gram positivas, ácido tolerantes, algunos en rangos de pH entre 4.8 y 9.6, permitiéndoles sobrevivir naturalmente en medios donde otras bacterias no aguantarían la aumentada actividad producida por los ácidos orgánicos. Son organismos que no forman esporas, son inmóviles, cocos o bacilos con bajo contenido de guanina y citosina, y asociados todos por sus características metabólicas y fisiológicas comunes. Estas son bacterias que generalmente se encuentran en plantas y productos lácteos en descomposición produciendo ácido láctico como producto metabólico final de la fermentación de carbohidratos. Esta particularidad ha enlazado, históricamente, a las Bacterias Acido – Lácticas (BAL). con la producción de alimentos fermentados, pues la acidificación que producen inhibe el crecimiento de agentes que causan descomposición. Más aún, algunas BAL son productoras de bacteriocinas tóxicas, proveyendo un obstáculo adicional para los microorganismos patogénicos. De hecho, el ácido láctico y otros productos metabólicos de las BAL contribuyen a las propiedades organolépticas y el perfil textural de un alimento específico. La importancia industrial de las BAL se evidencia también porque, por lo

general consideradas no peligrosas, debido a que están en variados alimentos y por su contribución como flora saprófita de las superficies mucosas humanas. Los géneros básicos que comprenden las BAL son *Lactobacillus*, *Leuconostoc*, *Pediococcus*, *Lactococcus*, y *Streptococcus* así como los Lactobacillales *Aerococcus*, *Carnobacterium*, *Enterococcus*, *Oenococcus*, *Teragenococcus*, *Vagococcus*, y *Weisella*.

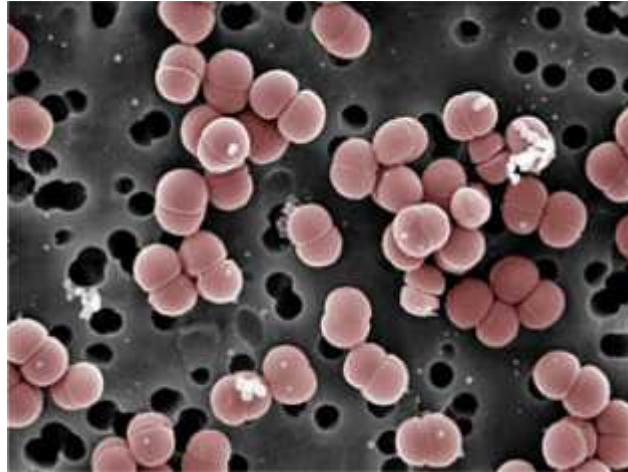
Los medios de cultivo para bacterias lácticas típicamente incluyen fuentes de carbohidratos, siendo que la mayoría de estas especies son incapaces de aprovechar la respiración celular.

a).- *Pediococcus*.- Es un género de bacterias del ácido láctico Gram-positivas de la familia Lactobacillaceae. Normalmente se presentan en pares o tétradas, siendo las únicas bacterias del ácido láctico con forma de coco que se dividen a lo largo de dos planos de simetría. Son bacterias puramente homofermentativas, usualmente consideradas contaminantes de la cerveza y vino aunque en algunas cervezas tales como la de tipo Lambic es deseable su presencia.

Ciertos *Pediococcus* producen diacetil, lo que proporciona un aroma a mantequilla o butterscotch a algunos vinos (tales como Chardonnay) y unos pocos tipos de cerveza.

Las especies de *Pediococcus* a menudo se utilizan en el proceso de conservación del forraje denominado ensilado.

Figura 2.8
Micrografía electrónica de *Pediococcus lactis*



Fuente: <http://es.wikipedia.org/wiki/Pediococcus>

Pediococcus, junto con otras bacterias del ácido láctico tales como *Leuconostoc* y *Lactobacillus*, se utiliza en la fermentación del repollo para la elaboración de chucrut. Durante este proceso, los azúcares de las coles frescas se transforman en ácidos lácticos que le dan un sabor agrio y permiten que se conserven en buenas condiciones.

Se presenta a continuación la clasificación científica y el listado de las especies de *Pediococcus*:

Clasificación y Especies de *Pediococcus*

Clasificación científica

Dominio: Bacteria

Filo: Firmicutes

Clase: Bacilli

Orden: Lactobacillales

Familia: Lactobacillaceae

Género: *Pediococcus*

Especies

Pediococcus acidilactici

Pediococcus cellicola

Pediococcus claussenii

Pediococcus damnosus

Pediococcus dextrinicus

Pediococcus ethanolidurans

Pediococcus inopinatus

Pediococcus parvulus

Pediococcus pentosaceus

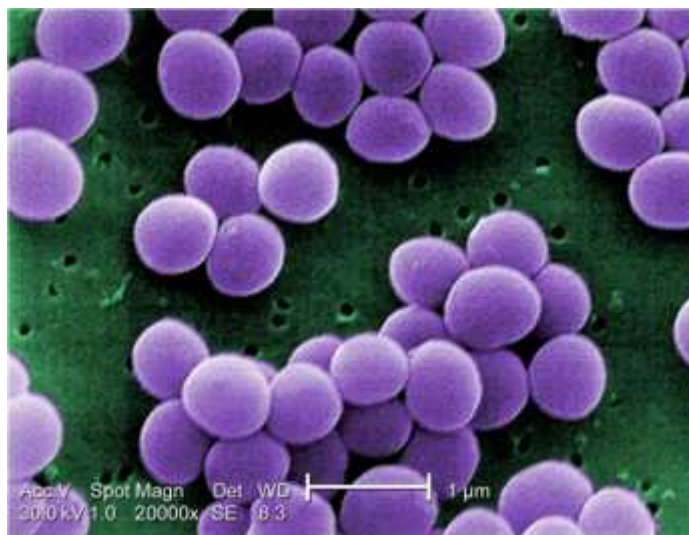
Pediococcus stilesii

Fuente: <http://es.wikipedia.org/wiki/Pediococcus>

b).- *Leuconostoc* es un género de bacterias del ácido láctico Gram-positivas de la familia Leuconostocaceae. Las especies de *Leuconostoc* tienen generalmente forma de cocoide ovoide y a menudo forman cadenas. Son resistentes intrínsecamente a la vancomicina y catalasa-negativos (lo cual los distingue de *Staphylococcus*). Son heterofermentativos, capaces de producir dextrano a partir de la sacarosa.

Figura 2.9

Micrografía electrónica de Leuconostoc mesenteroides.



Fuente: <http://es.wikipedia.org/wiki/Leuconostoc>

Aunque inicialmente se consideraban comensales no-patógenos en humanos, desde la descripción en 1985 del primer caso de bacteriemia por *Leuconostoc* spp., algunas especies son también capaces de producir infecciones a los seres humanos. Se consideran patógenas oportunistas aunque en muy baja frecuencia, que se pueden encontrar en pacientes críticamente enfermos, inmunocomprometidos y con infecciones intra-hospitalarias. Generalmente, se asocian a bacteriemia por dispositivos intra-vasculares y al uso de nutrición parenteral total. Sin embargo, también se han descrito otras infecciones asociadas, dentro de las que se cuentan meningitis, osteomielitis, infección del torrente sanguíneo, de vías urinarias y peritonitis.

Se presenta a continuación la clasificación científica y el listado de las especies de *Leuconostoc*:

Clasificación científica y especies de *Leuconostoc*.

Clasificación científica

Dominio: Bacteria

Filo: Firmicutes

Clase: Bacilli

Orden: Lactobacillales

Familia: Leuconostocaceae

Género: *Leuconostoc*

Especies

Leuconostoc camosum

Leuconostoc citreum

Leuconostoc durionis

Leuconostoc

Leuconostoc fallax

Leuconostoc ficulneum

Leuconostoc frutosum

Leuconostoc garlicum

Leuconostoc gasicomitatum

Leuconostoc gelidum

Leuconostoc inhae

Leuconostoc kimchii

Leuconostoc lactis

Leuconostoc menesteroides

Leuconostoc oenos

Leuconostoc pseudoficulneum

Leuconostoc pseudomenesteroides

Fuente: <http://es.wikipedia.org/wiki/Leuconostoc>

Debido a que estas enfermedades son raras, los kits de identificación comerciales estándar a menudo no identifican estos organismos.

También se considera a *Leuconostoc oenos* principal responsable del inicio de los procesos de fermentación maloláctica muy apreciada en los procesos vinícolas.

c).- Lactobacillus.- Los lactobacilos (también *Lactobacillus* o bacterias del ácido láctico) son un género de bacterias Gram positivas anaerobias aerotolerantes, denominadas así debido a que la mayoría de sus miembros convierte a la lactosa y algunos monosacáridos en ácido láctico.

Habitualmente son benignas e incluso necesarias, habitan en el cuerpo humano y en el de otros animales; por ejemplo, están presentes en el tracto gastrointestinal y en la vagina. Muchas especies son importantes en la descomposición de la materia vegetal.

La producción de ácido láctico hace que su ambiente sea ácido, lo cual inhibe el crecimiento de bacterias dañinas de la salud. Algunas especies de *Lactobacillus* se usan industrialmente para la producción de yogur y de otros alimentos fermentados.

Algunas bebidas de yogur contienen *Lactobacillus* como suplemento dietético. Muchos lactobacilos son los únicos seres vivos que no requieren hierro para vivir y tienen una tolerancia extremadamente alta al peróxido de hidrógeno.

Figura 2.10

Lactobacillus bulgáricus utilizados para la producción casera de yogur



Fuente: <http://es.wikipedia.org/wiki/Lactobacillus>

Muchos lactobacilos presentan la característica inusual de operar usando un metabolismo homofermentativo (es decir, sólo producen ácido láctico a partir de azúcares) y son aerotolerantes a pesar de la ausencia de cadena respiratoria. Esta aerotolerancia es dependiente del manganeso y ha sido estudiada y explicada en el *Lactobacillus plantarum*.

En otro orden de cosas, los lactobacilos tienen un rol fundamental una vez que se inicia la caries dental y durante su etapa de desarrollo. Por otra parte, desempeñan importantes funciones en el cuerpo humano como, por ejemplo, la regeneración de la flora intestinal.

Un medio adecuado para su crecimiento es el agar, el cual permite evidenciar un buen crecimiento de bacterias ácido lácticas, tales como los lactobacillus.

Se presenta a continuación la clasificación científica y el listado de las especies de *Lactobacillus*:

Clasificación científica de *Lactobacillus*

Clasificación científica

Dominio: Bacteria

Filo: Firmicutes

Clase: Bacilli

Orden: Lactobacillales

Familia: Lactobacillaceae

Género: *Lactobacillus*

Especies

Lactobacillus acidophilus

Lactobacillus bulgaricus

Lactobacillus casei

Lactobacillus delbrueckii

Lactobacillus fermentum

Lactobacillus gasseri

Lactobacillus johnsonii

Lactobacillus lactis

Lactobacillus paracasei

Lactobacillus plantarum

Lactobacillus reuteri

Lactobacillus rhamnosus

Lactobacillus salivarius

Fuente: <http://es.wikipedia.org/wiki/Lactobacillus>

2.2.6 BENEFICIOS DEL PRODUCTO

Más de 200 especies de bacterias que viven en el intestino. Estos microbios ayudan a descomponer los alimentos en los intestinos, ayuda en el proceso de la digestión, ayudar a combatir la enfermedad, y mejorar el sistema inmunológico.

Un buen equilibrio de la flora intestinal es muy importante para la salud en general. Si se come excesivamente alimentos procesados y se es difícil de digerir los mismos, entonces el proceso de fermentación que se produce dentro del estomago comenzará a toda marcha resultando gases, distensión abdominal, diarrea, estreñimiento y, posiblemente, podría conducir a otras enfermedades como el cáncer. Proveer al cuerpo con alimentos pre digeridos como buena fermentación ayudará a los microbios existentes en hacer el trabajo que tienen que hacer.

La fermentación es no sólo una forma de preservar ciertos alimentos, en algunos casos realmente añade valor nutritivo del mismo alimento. Hortalizas fermentadas contienen más vitamina C (los marineros en la antigüedad comían chucrut para prevenir el escorbuto) y los productos lácteos fermentados tienen grandes cantidades de vitaminas del grupo B. La biodisponibilidad de estas vitaminas también aumenta con la fermentación. Los probióticos, o bacterias "buenas" también se forman a través del proceso de fermentación. Esto puede verse en la creciente popularidad de los lactobacilos que se encuentran en el nombre de la marca, tales como yogures Activia y DanAlive.¹²

2.2.6.1 EL CHUCRUT COMO ESTIMULANTE INMUNOLÓGICO

Uno de los beneficios no tan secretos de chucrut es el impulso que da al sistema inmunológico. Repleto de vitaminas y minerales, el chucrut se ha utilizado como un refuerzo inmunológico por siglos. El chucrut contiene fitoquímicos que se crean durante el proceso de fermentación. Los productos de chucrut estimulan el sistema inmune que conduce a una disminución en un número de problemas de salud. El resfriado común, problemas de la piel, aumento de peso y sangre contaminada, todos se arreglan por medio de un funcionamiento del sistema inmunológico saludable.¹²

2.2.6.2 CHUCRUT COMO COMBATIENTE DEL CÁNCER

La evidencia más reciente de la condición de chucrut como un súper alimento, se encuentra en numerosos estudios sobre las propiedades de la maravilla de las crucíferas en la lucha contra el cáncer. Los resultados de un estudio publicado en la revista *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, concluyeron que el chucrut es un inhibidor del cáncer. El estudio descubrió que la fermentación de la col produce una sustancia llamada isotiocinatos, lo que impide el crecimiento del cáncer, particularmente en el de mama, colon, pulmón e hígado.¹²

Aunque ya de por sí la col cruda es normalmente rica en un compuesto llamado glucosinolatos, los investigadores encontraron que durante el proceso de fermentación las enzimas se liberan y descomponen completamente el compuesto mencionado generando algunos productos de descomposición. La mayoría de estos productos son los isotiocinatos que combaten el cáncer. La Universidad de Nuevo México publicó un estudio que vincula el consumo de col fermentada por las adolescentes con un menor riesgo de cáncer de mama estudios anteriores indican que chucrut puede reducir el riesgo para otras formas de cáncer, incluyendo el pulmón, colon, próstata e hígado.¹²

2.2.6.3 AYUDA DIGESTIVA

Comer chucrut es una gran manera de proteger el equilibrio de las bacterias en el tracto gastrointestinal. El chucrut es uno de los pocos alimentos que contienen la bacteria *Lactobacillus planatarum*, que es una variedad muy dominante de bacterias saludables que ayuda al sistema digestivo de las siguientes maneras: estimula el sistema inmunológico mediante el aumento de los anticuerpos que ayudan a combatir las enfermedades infecciosas al inhibir microorganismos patógenos como *E. coli*, la salmonella y el crecimiento excesivo no saludable de *Candida* (levadura), creando antioxidantes que eliminan los radicales libres que son precursores del cáncer.

Neutraliza los anti nutrientes que se encuentran en muchos alimentos como el ácido fítico que se encuentra en todos los granos y los inhibidores de la tripsina de la soja generan nuevos nutrientes como los ácidos grasos omega-3. Estas diversas propiedades son las mejores razones científicas dadas para lo que ha sido conocido por usuarios leales por milenios. Muchas fuentes dicen que los alimentos crudos fermentados son beneficiosos para el sistema digestivo, ya que aumentan la flora sana en el tracto intestinal o crean el tipo de ambiente para que puedan florecer. El chucrut y su jugo son remedios tradicionales para el estreñimiento. La fermentación en realidad aumenta los valores de nutrientes en el repollo, especialmente el ácido ascórbico o vitamina C.¹²

2.3 FERMENTACIÓN LÁCTICA

2.3.1 PRINCIPIO

En la microbiología se utilizan los términos fermentación y fermentaciones industriales, para caracterizar a los procesos o tecnologías basados en el uso de

microorganismos. El término "fermentación", que deriva del latín fermentar (hervir), inicialmente solo utilizado en la actividad microbiana anaerobia, se fue aplicando así mismo a procesos aerobios y finalmente también a aquéllos que utilizan células animales y vegetales.

La función primaria de los cultivos iniciadores lácticos es la producción de ácido láctico a partir de la lactosa, que consecuentemente produce un cambio en el estado de la leche, líquido a gel, debido a que la caseína alcanza un pH de 4.4 a 4.6, llamado punto isoeléctrico (carga neta cero). Este cambio en la acidez produce inhibición de microorganismos indeseables.

Desde el punto de vista organoléptico los cultivos tiene como función: producción de sabor, aroma ocasionado por la producción de etanol, la actividad proteolítica y lipolítica.¹³

2.3.2 METABOLISMO DE BACTERIAS LÁCTICAS

Existen dos vías básicas de fermentación de hexosas que son usados para la clasificación de los géneros de Bacterias Acido – Lácticas (BAL). En condiciones de exceso de glucosa y un limitado uso de oxígeno, las BAL homolácticas transforman un mol de glucosa a través de la vía glucolítica de Embden-Meyerhof-Parnas para formar dos moles de piruvato. El balance redox intracelular se mantiene por la oxidación de NADH con la concomitante reducción del piruvato en ácido láctico. Este proceso genera dos moles de ATP por cada mol de glucosa consumida. Los representantes de las BAL homolácticas incluyen Lactococcus, Enterococcus, Streptococcus, Pediococcus y el grupo Lactobacilli.

Las BAL heterofermentativas utilizan la ruta de la pentosa fosfato, en la que un mol de glucosa-6-fosfato es inicialmente deshidrogenada a 6-fosfogluconato y luego descarboxilada para producir un mol de CO₂. El resultante pentosa-5-fosfato es disociada en un mol de fosfato de gliceraldehído y un mol de acetilfosfato. El fosfato

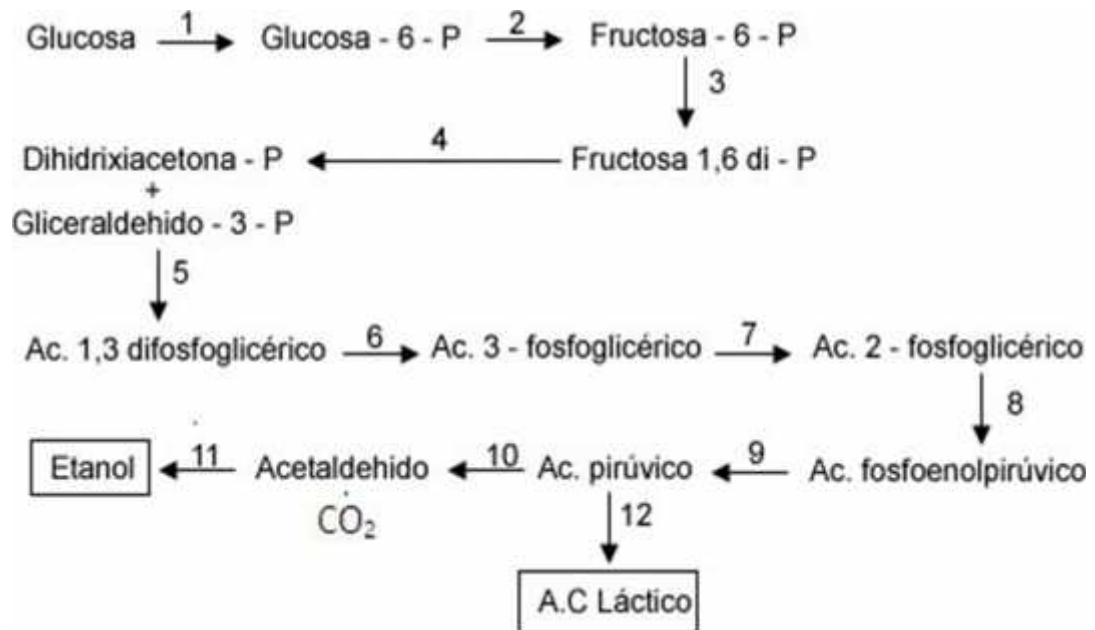
de gliceraldehído se metaboliza luego en ácido láctico, tal como en la reacción de los homofermentadores, con el acetilfosfato reduciéndose a etanol vía los intermediarios acetil-CoA y acetaldehído. Teóricamente, los productos finales (incluyendo el ATP) son producidos en cantidades equimolares a partir del catabolismo de un mol de glucosa. Las BAL obligatoriamente heterofermentativas incluyen: Leuconostoc, Oenococcus, Weissella, y el grupo III Lactobacilli.¹³

a).- Ruta de fermentación láctica Homofermentativa.-

Una vez completada la ruta metabólica de la glucólisis, una reacción en un solo paso catalizada por la piruvato reductasa ligada a NADH, reduce el piruvato a lactato. No se forma gas. Rendimiento neto de energía por glucosa: 2 ATP. Es utilizada por bacterias que intervienen en la fabricación de queso. Puede ser - homoláctica, cuando se forma sólo lactato (2 ATP/ glucosa), o, heteroláctica, cuando sólo la mitad de glucosa se convierte en lactato y la otra mitad genera etanol y CO₂.

Figura 2.11

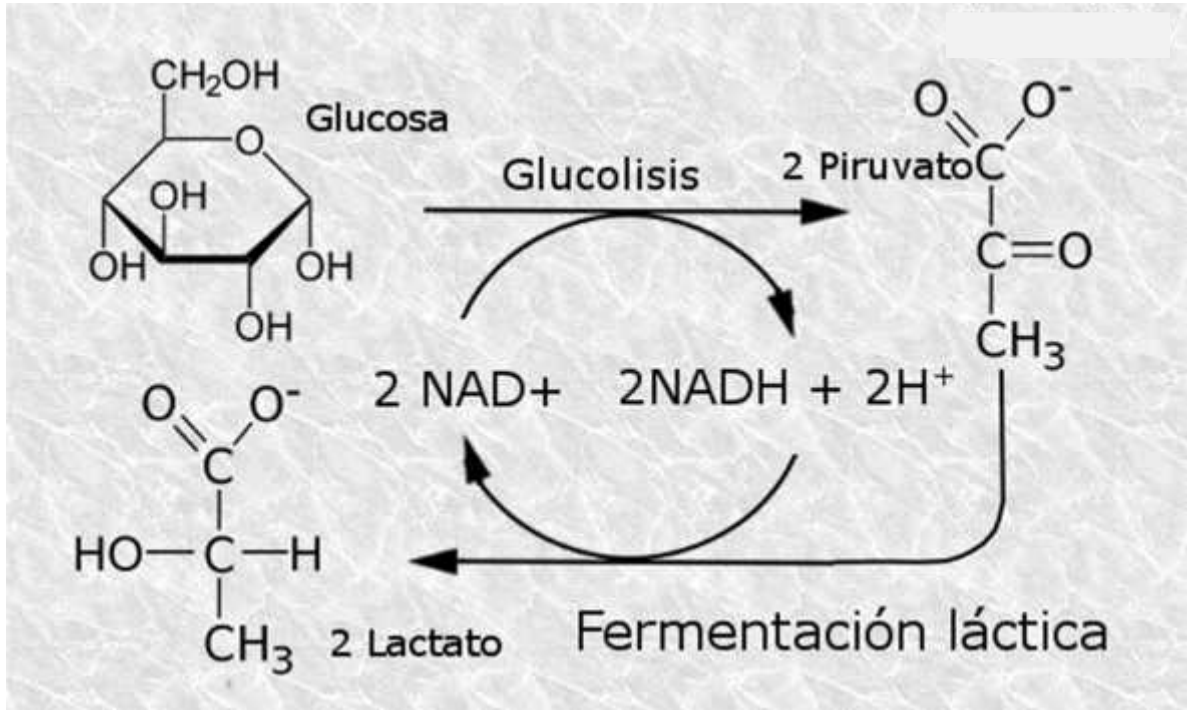
Rutas Anaerobias de la Glucólisis: Fermentación Láctica y Fermentación Alcohólica



Fuente: http://bteduc.bio.br/guias_es/73_Fermentacion_lactica_chucrut.pdf

Figura 2.12

Fermentación Láctica - Representación del intercambio de NAD como molécula de alta energía entre la glicólisis y la conversión de piruvato a lactato



Fuente: http://bteduc.bio.br/guias_es/73_Fermentacion_lactica_chucrut.pdf

b).- Ruta de la Fermentación Láctica Heterofermentativa.-

La ruta de las pentosas es una vía alternativa a la glucólisis que tiene como finalidad la obtención de azúcares de 5 átomos de carbono, como la ribosa, necesarios para la biosíntesis de nucleótidos, y de coenzima reducido NADPH necesario para diversos tipos de biosíntesis en el anabolismo (particularmente para la biosíntesis reductora de ácidos grasos).

En la ruta de las pentosas la glucosa-6-fosfato da lugar, mediante dos deshidrogenaciones y una descarboxilación en las que se obtiene NADPH, a una

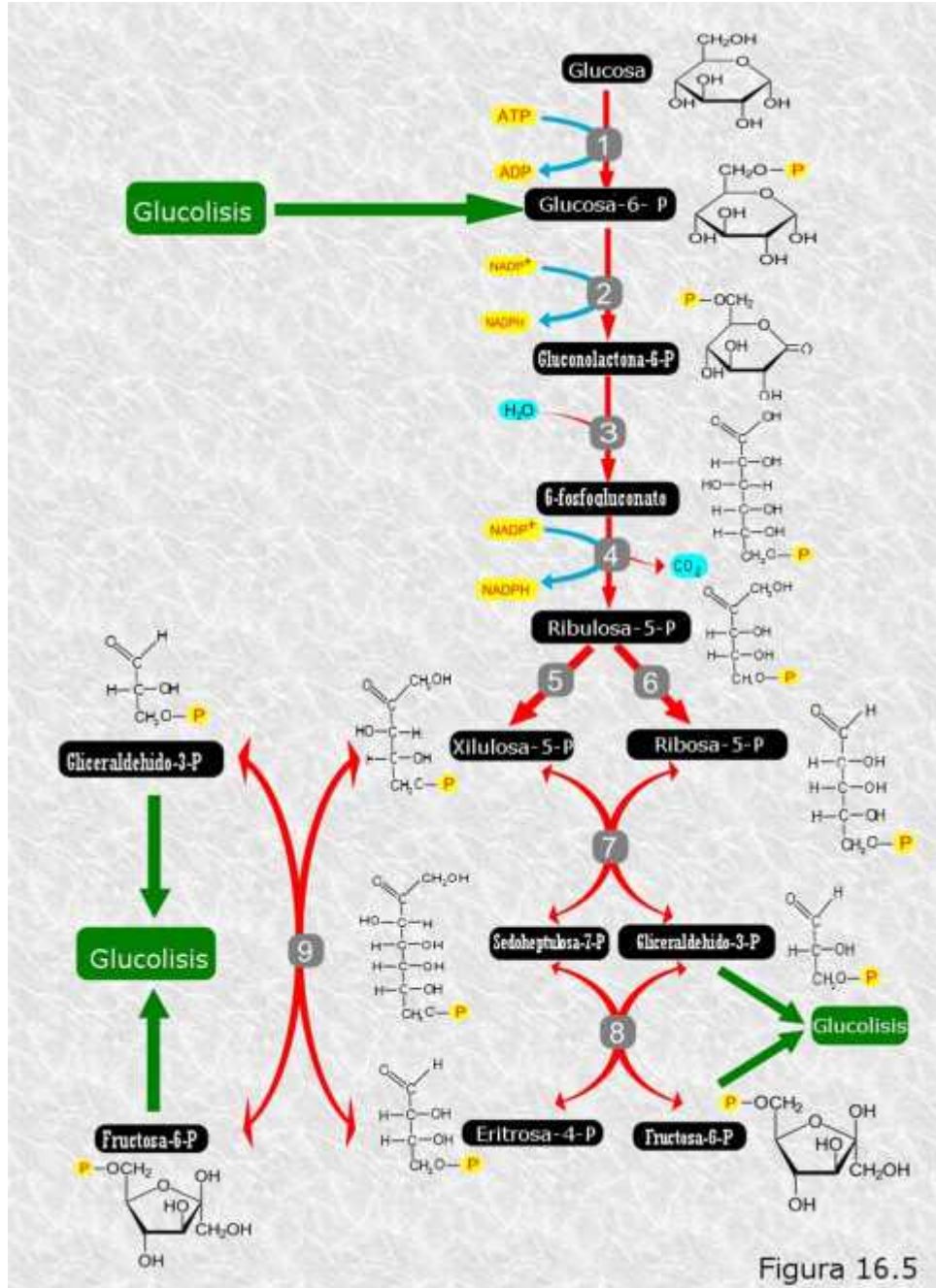
molécula de CO₂ y a un azúcar de 5 átomos de carbono, la ribulosa-5-fosfato, que después se transforma en ribosa-5-fosfato.

Dado que los productos de esta ruta se emplean en procesos biosintéticos del anabolismo, podemos considerar que la ruta de las pentosas es una ruta típicamente anfibólica.

Las etapas finales de conversión del gliceraldehído 3P en Lactato, son idénticas a las utilizadas por las bacterias lácticas homofermentativas.

Figura 2.13

Ruta de la Pentosa Fosfato empleada por las bacterias lácticas heterofermentativas



Fuente: <http://es.wikipedia.org/wiki/pentosafofosfato>

2.4 EVALUACIÓN SENSORIAL DE LOS ALIMENTOS

El análisis sensorial es el estudio de los alimentos a través de los sentidos. La aceptación o rechazo de los alimentos por parte de los consumidores depende de la percepción del alimento que tenga el consumidor. La evaluación sensorial nos permite aproximarnos a la realidad de la percepción de un determinado alimento al evaluar sus propiedades organolépticas con un grupo de personas que juzgan el alimento en cuestión.

2.4.1 PRUEBAS SENSORIALES

Se agrupan de dos categorías

- Métodos de respuesta objetiva
- Métodos de respuesta subjetiva

2.4.1.1 PRUEBAS OBJETIVAS

En este método el juez no considera su preferencia personal, evalúa el producto según su conocimiento previo.

Este tipo de prueba requiere un entrenamiento previo; cumpliendo con la etapa de selección y entrenamiento de las técnicas de degustación. Además, debe tener conocimiento de las características sensoriales y tener la habilidad de repetir sus juicios emitidos con mucha seguridad.

2.4.1.2 PRUEBAS SUBJETIVAS

En este método, se utiliza la sensación emocional que experimenta el juez en la evaluación espontánea del producto y da su preferencia en ausencia completa de influencias externa y de entrenamiento.

Este tipo de prueba permite verificar los factores psicológicos que influyen sobre la preferencia y aceptación del producto.

2.5 DISEÑO FACTORIAL

El diseño factorial se entiende como aquel en el que se investiga todas las posibles combinaciones de los factores en cada ensayo completo o replicas de experimento. En el diseño factorial existen varios tipos de diseños como ser el 2^k que consiste en k factores cada uno con dos niveles, estos niveles pueden ser cualitativos o cuantitativos.

En este caso se dicen que están cruzados, apareciendo el concepto de interacción. Los principios teóricos y las fórmulas para la aplicación del diseño factorial 2^k se presentan en el Anexo 4 del presente trabajo.

En este trabajo se propone un diseño factorial 2^3

Donde:

2 = Es el numero de niveles

3 = Es el numero de factores o variables

El análisis de los resultados obtenidos a partir de las combinaciones de los factores permitirá obtener conclusiones sobre el sistema de investigación y decidir cuáles serán las variables a seleccionar durante el proceso de experimentación.

CAPÍTULO III

DISEÑO EXPERIMENTAL

3.1 INTRODUCCION

El trabajo de investigación experimental de elaboración de repollo fermentado (Chukrut), se realizó en ambientes de la fábrica de alimentos productos Bandy.

3.2 DESCRIPCIÓN DE EQUIPOS

Para el desarrollo del proceso de investigación experimental se utilizaron los siguientes equipos:

3.2.1 pH METRO DIGITAL

Se utilizó el pH metro para medir el pH del jugo de repollo antes durante y después de la fermentación para llevar el registro del pH. Este instrumento pertenece al laboratorio de la fábrica de alimentos productos Bandy.

Marca: GREISINGER ELECTRONICS

Origen: Alemania

Modelo: GPHR 1400 Digital- pH/mV-meter

Rangos: pH – 0,0...14,00 mV – (-)1999...(+)1999

3.2.2 BALANZA ANALÍTICA

Se utilizó la balanza para efectuar los pesos de repollo y sal necesarios para el mezclado de materias primas y rendimientos del repollo. Este instrumento pertenece al laboratorio de la fábrica de alimentos productos Bandy.

Marca: Aerotex machinery

Origen: Brazil

Rango: 3000 gr/0,1 gr

3.2.3 CÁMARA FRÍA

La cámara fría se utilizó para mantener los ensayos a una temperatura controlada durante el proceso de fermentación de los mismos. Este instrumento pertenece al laboratorio de la fábrica de alimentos productos Bandy.

Motor: 0,75 HP

Voltaje: 220 v

Marca: FRECON

Capacidad: 3 m³

3.2.4 CUARTO ACONDICIONADO – EQUIPO DE ACONDICIONADOR

Para la fermentación de las muestras, se utilizó un cuarto acondicionado con un equipo domestico para el control de la temperatura, en el que se mantuvo una temperatura controlada de 16°C. El equipo doméstico utilizado tiene las siguientes características:

Motor: 1300 w

Voltaje: 220 v

Marca: DOMUS - HOMECCO

Dimensiones Cuarto: 2 x 2,1 x 2,5 m

3.2.5 COCINA

La cocina se utilizó para hervir agua necesaria para el esterilizado de los materiales. Este instrumento pertenece al laboratorio de la fábrica de alimentos productos Bandy.

3.2.6 CORTADORA DE SIERRA CIRCULAR

La cortadora se utilizó para cortar el repollo en tiras delgadas y facilitar la etapa de machacado. Este instrumento pertenece al laboratorio de la fábrica de alimentos productos Bandy.

Marca: Philips

No se cuenta con especificaciones debido a que es un equipo viejo y se extravió la placa de características.

3.2.7 REFRIGERADOR

Se usó el refrigerador a una temperatura de 1°C para almacenar los ensayos después de la fermentación inhibiendo los microorganismos presentes en los ensayos y así detener la fermentación. Este instrumento pertenece al laboratorio de la fábrica de alimentos productos Bandy.

Marca: Iglú

No se cuenta con especificaciones debido a que es un equipo viejo y se extravió la placa de características.

3.3 MATERIALES Y REACTIVOS.-

Lista de materiales

- Cortadora de sierra circular
- Cuchillo
- Fuentones de plástico
- Termómetro
- pH metro digital
- Bureta
- Pipetas de 10 y 5 ml
- Soporte universal
- Vasos de precipitado
- Matraz Erlenmeyer
- Guantes de latex
- Recipientes de plástico
- Bolsas de tela
- Pesos (piedras de rio)
- Cámaras de temperatura controlada
- Botas de goma
- Mandil
- Barbijo
- Cofia
- Balanza analítica digital
- Ollas

Reactivos

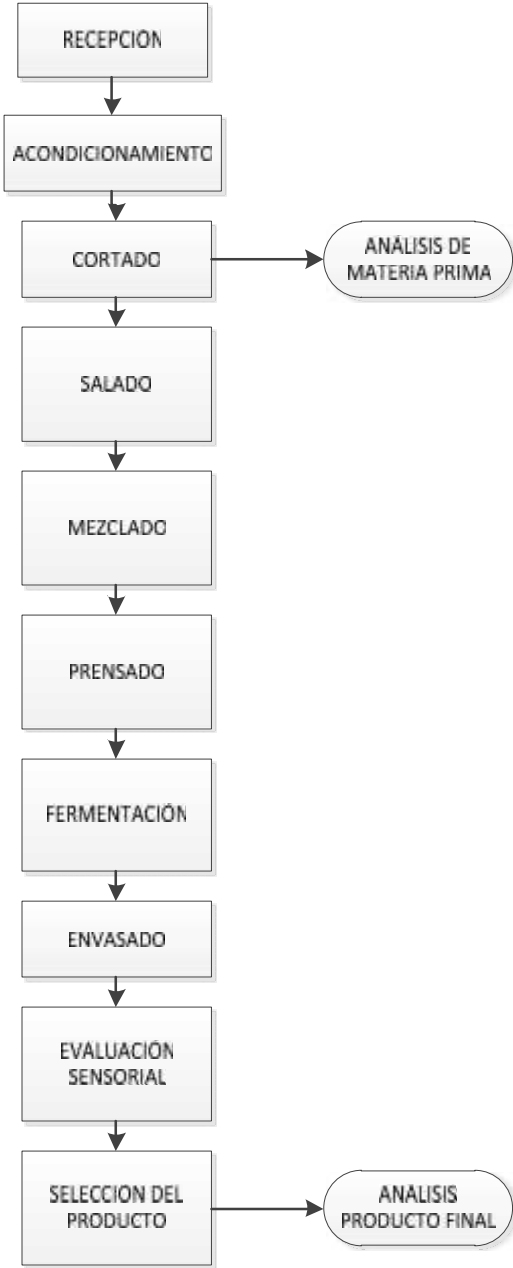
- Alcohol 96%
- Hidróxido de sodio
- Fenolftaleína
- Agua destilada

3.4 DESCRIPCION DEL PROCESO

3.4.1 DIAGRAMA DE BLOQUES DE LA PARTE EXPERIMENTAL:

Figura 3.1

Diagrama de bloques de la elaboración de chucrut



Fuente: Elaboración propia

3.4.2 ADECUACIÓN DE LA MATERIA PRIMA

Se trabajó con repollo blanco, adquirido en el mercado campesino de la ciudad de Tarija

3.4.2.1 RECEPCIÓN

Al recepcionar el repollo se debe inspeccionar que se encuentren frescos observando las hojas superficiales las cuales no deben estar marchitas ni muy dañadas.

Luego de la inspección se procede a reparar los repollos que estén bien para luego lavarlos y acondicionarlos.

3.4.2.2 LAVADO Y ACONDICIONADO

Luego de la inspección del repollo se procedió a lavarlo con abundante agua para retirar restos de tierra que pueda tener el repollo luego se procede a retirarle las hojas superficiales con la mano y con un cuchillo se le saca el corazón dejando el repollo listo para ser cortado en la cortadora de sierra circular.

3.4.2.3 CORTADO

Luego con el repollo acondicionado se procede a cortarlo en tiras delgadas de un ancho de 3 a 4 mm utilizando la cortadora de sierra circular. El repollo cortado es depositado en fuentes de plástico para pesarlo posteriormente.

3.4.3 ESTERILIZACIÓN

Paralelamente al cortado del repollo se procedió a esterilizar con agua hirviendo los fuentones, las piedras, las bolsas de tela, los recipientes plásticos y las botas.

Luego de utilizar agua hirviendo para la esterilización se dejó secar los materiales y se procedió a esterilizarlos de nuevo con alcohol al 96%.

3.4.4 PESADO Y MACHACADO

Luego de terminar de cortar el repollo se pesó la porción comestible y la porción no comestible para obtener el rendimiento de la materia prima.

Con la porción comestible se calculó la cantidad de sal a ser usada en la pisada.

Se coloca el repollo cortado con la sal en los fuentones de plástico para luego proceder con el machacado del mismo utilizando presión mecánica con los pies cubiertos con las botas de goma.

Se machaca hasta que el repollo libera su contenido de agua ayudado con la sal una vez el repollo machacado termina de soltar líquido se continúa machacando pero esta vez se controla un tiempo previsto en el diseño factorial.

3.4.5 CARGADO EN RECIPIENTES DE FERMENTACIÓN

Una vez concluido el machacado se procede a separar el repollo machacado en 4 partes iguales de 1.5 kg aproximadamente al ser 4 cortadas se obtiene un total de 16 muestras las cuales se introdujeron en las bolsas de tela esterilizadas y se las amarró para luego colocarlas adentro de los recipientes de fermentación.

Luego se añade el jugo y la piedra usada como peso para mantener en el fondo del líquido la bolsa con el repollo para evitar así que se produzca oxidación y fermentación heteroláctica.

Luego se tapan los recipientes y se los refrigeran a temperaturas controladas de 8°C y 16°C.

3.4.6 RECOLECCION DE DATOS INICIALES

Una vez que se envasaron todas las muestras se extrajeron 5 ml de jugo para medir su pH y titularlo con NaOH, para luego poder determinar la cantidad de miliequivalentes de NaOH necesarios para neutralizar el jugo.

3.4.7 FERMENTACION

Una vez determinados los valores iniciales se introducen los recipientes en un cuarto acondicionado y en una cámara fría de temperaturas controladas a 16°C y 8°C respectivamente para dejarlos fermentar.

3.4.8 ENVASADO DEL PRODUCTO FINAL

Una vez terminada la fermentación se procede a envasar las muestras en bolsas plásticas teniendo el cuidado de no dejar aire dentro de la bolsa para así evitar la oxidación.

3.4.9 ALMACENAMIENTO

Las muestras ya envasadas se trasladan a un refrigerador a una temperatura de 1°C para inhibir los microorganismos y así parar la fermentación por completo.

3.5 METODOLOGÍA UTILIZADA PARA LA OBTENCION DE RESULTADOS

El diseño experimental está constituido por tres fases:

Fase uno.- Se procedió a conseguir las materias primas y analizarlas en el laboratorio del CEANID para así tener los datos iniciales de las materias primas luego se propone procesar las materias primas para dividir las en las muestras correspondientes y analizar los parámetros iniciales del producto antes de la fermentación.

Fase dos.- Se plantea un diseño factorial de dos al cubo modificando tres variables en un punto alto y un punto bajo con dos repeticiones de las corridas para así poder obtener 8 muestras diferentes entre sí con su duplicado obteniendo un total de 16 con lo que se podrá evaluar la evolución de la fermentación y los resultados finales para escoger las mejores variables a ser utilizadas.

Fase tres.- Se realizó una evaluación sensorial con 17 jueces y 7 atributos a ser evaluados, la evaluación sensorial se manejará con la escala hedónica con puntuaciones del 1 al 9 y luego de obtener los resultados se deberá analizarlos para obtener el mejor puntaje y el peor puntaje.

3.6 ANÁLISIS DE LABORATORIO

3.6.1 PROPIEDADES FÍSICAS

Las propiedades físicas que se realizaron al repollo son:

Peso	kg
Diámetro	cm
Porción comestible	%
Porción no comestible	%

3.6.2 ANÁLISIS FISICOQUÍMICOS

Tabla 3.1

Técnicas para la determinación de propiedades fisicoquímicas de la materia prima y del producto

INDICADORES	UNIDADES	MÉTODO	NORMA
Acidez	Mg	Titulación	NB 454-81
pH	Ph	Potenciometrico	
Cenizas	%	Gravimétrico	NB 075-74
Fibra	%	Gravimétrico	Manual tec. CEANID
Materia grasa	%	Gravimétrico	Enc. Química Industrial
Humedad	%	Gravimétrico	NB 074-2000
Proteína total	%	Gravimétrico	NB 466-81
Carbohidratos	%	Aritmético	Diferencia

Fuente: Elaboración propia

3.6.3 ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO

Tabla 3.2

Determinaciones del análisis microbiológico de materia prima y producto

INDICADORES	UNIDADES	MÉTODO	NORMA
Coliformes totales	Ufc/g	Recuento de placas	NB 32005
Coliformes termoresistentes	Ufc/g	Recuento de placas	NB 32005
Bacterias aerobias mesófilas	Ufc/g	Recuento de placas	NB 32003

Fuente: Elaboración propia

3.7 DISEÑO FACTORIAL 2³

3.7.1 NIVELES DE VARIACIÓN

En la elaboración de chucrut se aplicara un diseño experimental de dos al cubo tomando en cuenta las variables independientes de temperatura, concentración de sal y tiempo de machacado.

Se realizarán dos repeticiones para el diseño factorial.

A= temperatura

B= concentración de sal

C= tiempo de machacado

Tabla 3.3

Niveles de variación de los niveles fijadas

NIVELES	A	B	C
-	8°C	2%	5 min
O	12°C	2,5%	15 min
+	16°C	3%	25 min

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.4

Matriz de variables para las condiciones de fermentación

Nº prueba	A	B	C	Respuesta	Nº prueba	A	B	C	Respuesta
1a	+	+	+	Y1	1b	+	+	+	Y1
2a	+	+	-	Y2	2b	+	+	-	Y2
3a	+	-	+	Y3	3b	+	-	+	Y3
4a	-	+	+	Y4	4b	-	+	+	Y4
5a	+	-	-	Y5	5b	+	-	-	Y5
6a	-	+	-	Y6	6b	-	+	-	Y6
7a	-	-	+	Y7	7b	-	-	+	Y7
8a	-	-	-	Y8	8b	-	-	-	Y8

Fuente: Elaboración propia

1a y 1b.- Se mantendrá en ambiente controlado a 16°C, tendrá una concentración de sal del tres por ciento y después del machacado inicial se continuará machacando por 25 minutos.

2a y 2b.- Se mantendrá en ambiente controlado a 16°C, tendrá una concentración de sal del tres por ciento y después del machacado inicial se continuará machacando por 5 minutos.

3a y 3b.- Se mantendrá en ambiente controlado a 16°C, tendrá una concentración de sal del dos por ciento y después del machacado inicial se continuará machacando por 25 minutos.

4a y 4b.- Se mantendrá en ambiente controlado a 8°C, tendrá una concentración de sal del tres por ciento y después del machacado inicial se continuará machacando por 25 minutos.

5a y 5b .- Se mantendrá en ambiente controlado a 16°C, tendrá una concentración de sal del dos por ciento y después del machacado inicial se continuará machacando por 5 minutos.

6a y 6b.- Se mantendrá en ambiente controlado a 8°C, tendrá una concentración de sal del tres por ciento y después del machacado inicial se continuará machacando por 5 minutos.

7a y 7b.- Se mantendrá en ambiente controlado a 8°C, tendrá una concentración de sal del dos por ciento y después del machacado inicial se continuará machacando por 25 minutos.

8a y 8b.- Se mantendrá en ambiente controlado a 8°C, tendrá una concentración de sal del dos por ciento y después del machacado inicial se continuará machacando por 5 minutos.

3.7.2 APLICACIÓN DEL DISEÑO FACTORIAL – PLANIFICACIÓN MUESTRAS

Figura 3.2

1º Grupo – Cuarto Acondicionado – Combinaciones [A+,B+,C+] y [A+,B+,C-]

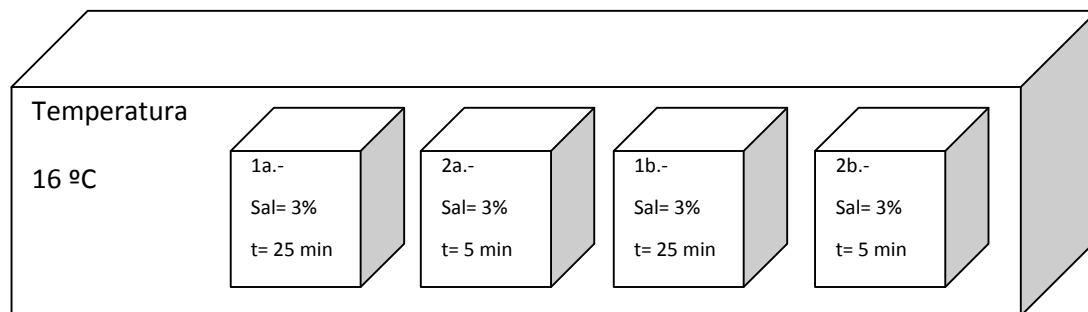


Figura 3.3

2º Grupo – Cuarto Acondicionado Combinaciones [A+,B-,C+] y [A+,B-,C-]

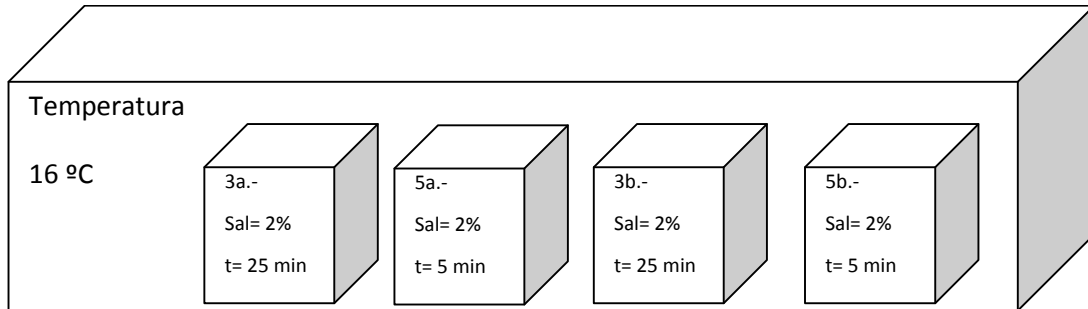


Figura 3.4

3º grupo – Cámara Fría – Combinaciones [A-,B+,C+] y [A-,B+,C-]

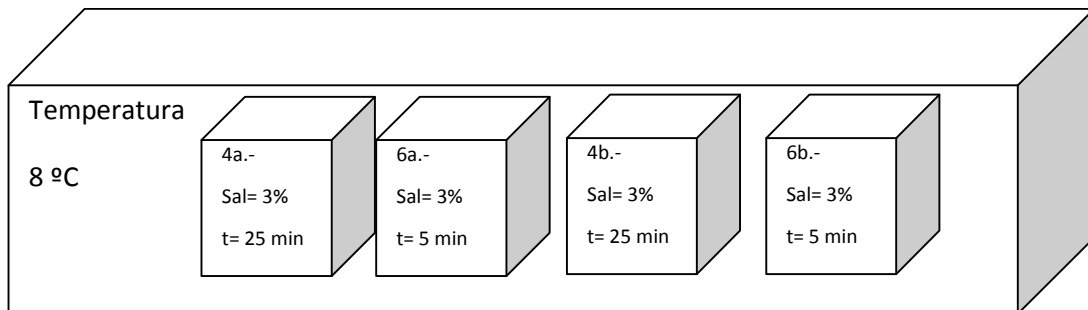
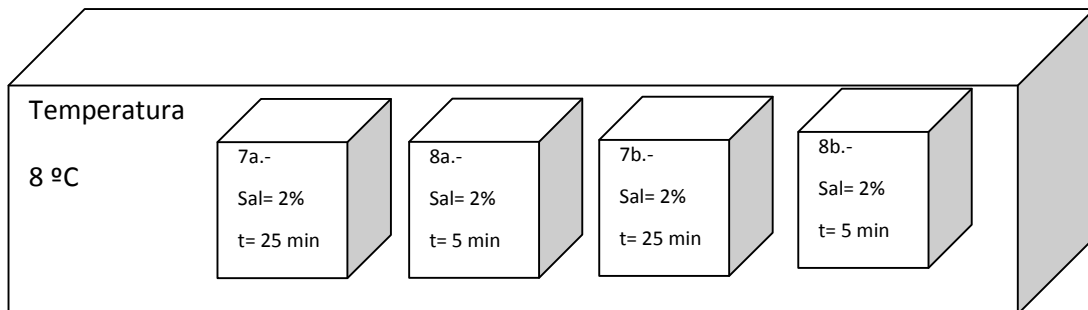


Figura 3.5

4º Grupo – Cámara Fría – Combinaciones [A-,B-,C+] y [A-,B-,C-]



3.8 ANALISIS SENSORIAL

Para efectuar el análisis sensorial del repollo fermentado se utilizará la siguiente metodología:

3.8.1 METODOLOGÍA EVALUACIÓN SENSORIAL

La evaluación sensorial se aplicará con la escala hedónica, la que consiste en otorgarle a cada atributo una puntuación ubicada en un rango entre el uno y el nueve. Puntuación en la que el 1 significa disgusta muchísimo y el 9 significa me gusta muchísimo. Se escogió la escala hedónica porque es la más fácil de interpretar para los evaluadores o sea los jueces.

Tabla 3.5
Boleta de evaluación sensorial

Escala hedónica

Nombre:

Fecha:

Producto:

MUESTRA	COLOR	OLOR	TEXTURA	SABOR	ACIDEZ	NIVEL DE SAL	ACEPTABILIDAD GENERAL
1							
2							
3							
4							
5							
6							
7							
8							
9							
10							

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.6

Asignación de puntuaciones de acuerdo a la valoración realizada

PUNTUACIÓN	ATRIBUTO
9	Me gusta muchísimo
8	Me gusta mucho
7	Me gusta moderadamente
6	Me gusta poco
5	No me gusta ni me disgusta
4	Me disgusta poco
3	Me disgusta moderadamente
2	Me disgusta mucho
1	Me disgusta muchísimo

Fuente: Elaboración propia

3.8.2 EVALUACION SENSORIAL PARA ELEGIR MUESTRA DE PREFERENCIA EN EL DISEÑO EXPERIMENTAL

En la evaluación de los atributos definidos se presentaron las muestras a 17 jueces no entrenados, se entregaron 10 muestras, consistentes en las muestras (b) de las ocho muestras realizadas, una muestra control y una muestra de producto similar existente en el mercado de la industria Kral.

3.9 RECOLECCIÓN DE DATOS

3.9.1 SEGUIMIENTO DE LA FERMENTACIÓN - DATOS DE ANÁLISIS DE pH Y ACIDEZ

Durante la fermentación se extrajo muestras de 5 ml de jugo para medir el pH y la acidez del jugo en distintos periodos de la fermentación.

Tabla 3.7
Fechas de Control de la Fermentación

CONTROL	1	2	3	4	5	6	7	8
Fecha	15/11/2014	19/11/2014	23/11/2014	30/11/2014	02/12/2014	10/12/2014	17/12/2014	14/01/2015

Fuente: Elaboración propia

Se realizaron controles en las fechas anteriormente indicadas, en cada control se efectuó la medición de pH y la titulación de cada una de las muestras.

Luego de la preparación de los ensayos se prosiguió a dejarlos fermentar por 32 días, luego de 28 días se realizó otra medición para corroborar que los valores se mantuviesen estables desde la última medición.

Se realizaron mediciones de pH y acidez individuales de cada muestra en distintos tiempos de la fermentación utilizando pH metro digital y solución valorada de hidróxido de sodio – 0,1 normal hasta que los valores de las mediciones se estabilizaron.

Una vez finalizada la fermentación de 32 días se guardó las muestras en cámara fría a 1°C para su posterior evaluación sensorial y análisis garantizando la inhibición de enzimas y microorganismos por la baja temperatura

Se utilizaron 5 ml de solución del chucrut para cada medición, primero se midió el pH y luego se tituló con NaOH en presencia de indicador fenolftaleína para encontrar la acidez en mili equivalentes de NaOH gastados para neutralizar la solución de chucrut.

La fermentación se la realizó en ambiente de temperatura controlada y en total oscuridad para evitar la oxidación provocada por la luz UV, también se mantuvo completamente sumergido el repollo en su misma solución y cada envase quedo enrazado y tapado con la mínima cantidad de aire posible para obtener una fermentación anaerobia y minimizar la oxidación de los ensayos.

Una vez terminada la fermentación se prosiguió a envasar las muestras en bolsas selladas y sin aire para evitar la oxidación.

Se guardo las muestras en un refrigerador a 1°C y privadas de luz.

No se pasteurizaron los ensayos por que se pretendía conservar las enzimas y microorganismos presentes luego de la fermentación, obteniendo así chucrut probiótico que es más beneficioso que el pasteurizado.

Las muestras envasadas se guardaron en un ambiente refrigerado a 1°C para evitar que continúe la fermentación.

3.9.2 VALORACIÓN DEL PRODUCTO FINAL – DATOS DE LA EVALUACIÓN SENSORIAL

Luego de la obtención del producto terminado se procede a realizar una evaluación sensorial con escala hedónica.

Fue evaluado por 17 jueces estudiantes y docentes de la carrera de ingeniería de alimentos que evaluaron un grupo de 10 muestras en total, de las que 8 muestras

pertenecían al duplicado B del diseño experimental, una muestra perteneciente al mercado de la industria Kral y una muestra patrón de elaboración propia.

Los atributos evaluados fueron sabor, olor, textura, sabor, acidez, nivel de sal, y aceptabilidad general.

Luego de la recolección de datos se los introdujo en tablas de Excel para poder ejecutar un análisis de los mismos y conocer la muestra con mejor puntuación de cada atributo.

También se introdujo los datos a un programa de Excel de elaboración propia que resuelve estadísticamente el nivel de significancia entre cada muestra a través de Fisher calculado y de tablas de Duncan.

3.10 ANÁLISIS DEL PRODUCTO FINAL

El producto seleccionado como resultado del diseño experimental, fue analizado en el CEANID en relación a sus propiedades Fisicoquímicas y Microbiológicas al igual que la materia prima utilizada; los datos obtenidos por el respectivo análisis se tomaron como base para el Balance de Materia.

CAPÍTULO 4

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 CARACTERÍSTICAS DE LA MATERIA PRIMA

Se presenta en esta sección los resultados de los análisis realizados al repollo tanto en relación a sus propiedades físicas como fisicoquímicas y microbiológicas.

4.1.1 PROPIEDADES FÍSICAS DE LA MATERIA PRIMA

Para obtener las propiedades físicas de la materia prima se tomó al azar n unidades de repollo midiéndolas y pesándolas.

El promedio es la suma de los valores obtenidos dividido entre el número de valores.

$$\bar{X} = \frac{x_1 + x_2 + \dots + x_n}{n}$$

dónde:

\bar{X} = Valor promedio de los resultados

x_1, x_n = Son los valores observados

n = Numero de observaciones (muestras)

Se realizó un total de cuatro cortes del repollo para arrancar las corridas fermentativas.

En la tabla 4.1 se muestra las propiedades físicas consideradas importantes de la materia prima.

Tabla 4.1**Propiedades físicas del repollo en los cuatro cortes realizados**

REPOLLOS	PRIMERA CORTADA	SEGUNDA CORTADA	TERCERA CORTADA	CUARTA CORTADA
Numero de repollos cortados	8 repollos	8 repollos	7 repollos	7 repollos
Peso total	7,4 kg	8,1 kg	7,1 kg	6,8 kg
Peso porción comestible	6.2 kg	6.1 kg	6.2 kg	6 kg
Peso porción no comestible	1.2 kg	2 kg	0.9 kg	0.8 kg
Peso promedio por repollo	0.9 kg	1.1 kg	1 kg	0.9 kg
Peso promedio porción comestible	0,775 kg	0,763 kg	0,886 kg	0,857 kg
Peso promedio porción no comestible	0,15 kg	0,247 kg	0,129 kg	0,114 kg
Porcentaje rendimiento	84%	75%	87%	88%
Perímetro promedio	60 cm	63 cm	60 cm	59 cm
Altura promedio	18 cm	20 cm	19 cm	18 cm

Fuente: Elaboración propia

4.1.2 PROPIEDADES FISICOQUÍMICAS DE LA MATERIA PRIMA

Se presenta a continuación los resultados del análisis de laboratorio de las muestras de repollo realizados por el CEANID; la copia del informe oficial presentado por dicho laboratorio se encuentra en el Anexo A.

Tabla 4.2
Propiedades fisicoquímicas del repollo

INDICADORES	UNIDADES	VALORES
Acidez (como ác. Cítrico)	%	0,052
pH	pH	5.65
Cenizas	%	0,52
Fibra	%	1,62
Materia grasa	%	0,41
Humedad	%	91,97
Proteína total	%	0,67
Carbohidratos	%	4,81

Fuente: Elaboración propia

4.1.3 ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO DE LA MATERIA PRIMA

Tabla 4.3
Propiedades microbiológicas del repollo

INDICADORES	UNIDADES	VALORES
Coliformes totales	Ufc/g	< 10
Coliformes termo resistentes	Ufc/g	<10
Bacterias aerobias mesófilas	Ufc/g	8×10^1 y $4,6 \times 10^2$

Fuente: Elaboración propia

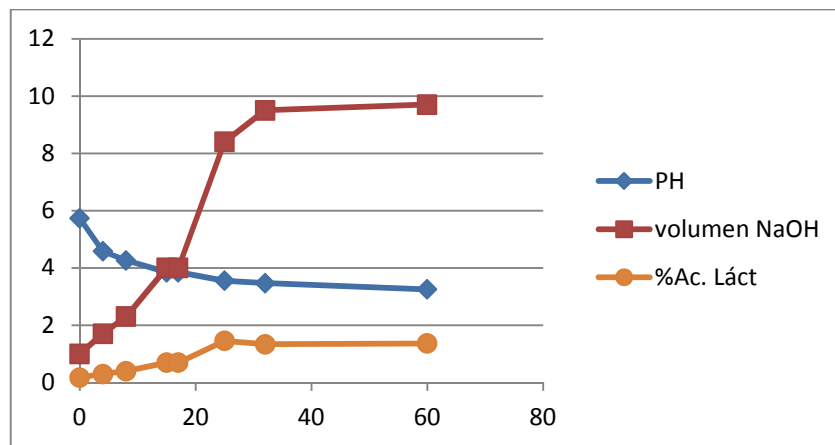
4.2. SEGUIMIENTO DE LA FERMENTACIÓN DEL CHUCRUT – DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Las corridas fermentativas sujetas al diseño factorial descrito en el punto 3.7 del capítulo precedente, arrancaron el día 15 de Noviembre del 2014, y se prolongaron por un lapso total de 60 días, manteniendo las condiciones de temperatura superior de 16°C (en cuarto acondicionado) e inferior 8°C (en cámara fría).

En las fechas indicadas en la tabla 3.7, se realizaron los análisis de pH y de Acidez de un volumen igual de 5 ml de cada una de las muestras, presentándose los resultados correspondientes en el Anexo C, donde en cada uno de los casos se puede resaltar la siguiente conducta observada:

Figura 4.1

Recipiente – (1a) Combinación [+,+,+] – (16°C, 3% sal, 25min pisado)

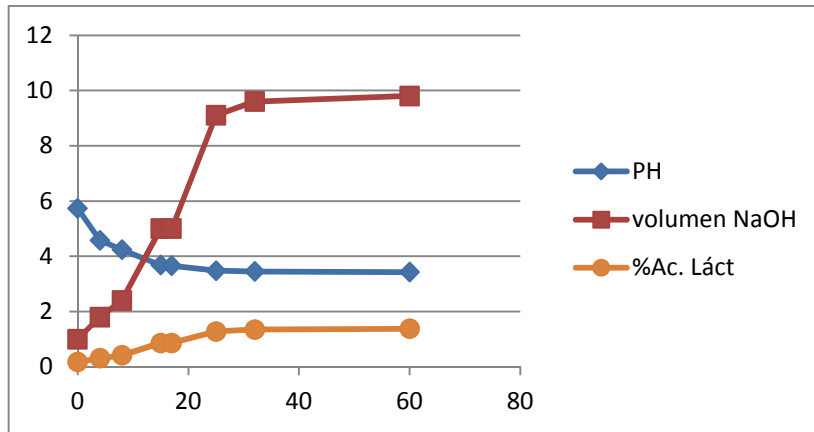


Fuente: Elaboración propia

En la figura 4.1 – (1a) se puede observar que la fase logarítmica de la fermentación dura hasta el día 25; a partir del día 32 se estabilizan las mediciones indicando la declinación del proceso fermentativo, se llega sin embargo en el día 60 a un pH mínimo de 3,27 y un máximo de acidez equivalente a 1,36% de ácido láctico.

Figura 4.2

Recipiente – (1b) Combinación [+,,+] – (16°C, 3% sal, 25min pisado) - repetición



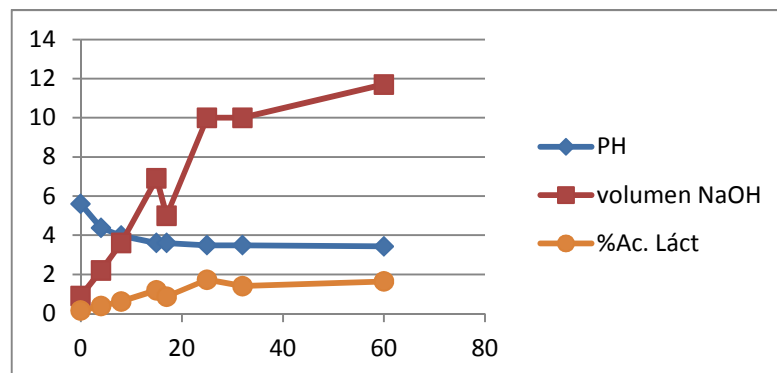
Fuente: Elaboración propia

De modo similar, en la figura 4.2 – (1b) se puede observar que la fase logarítmica de la fermentación dura hasta el día 25; luego a partir del día 32 se estabilizan las mediciones indicando la declinación del proceso fermentativo, se llega en este caso en el día 60 a un pH mínimo de 3,43 y un máximo de acidez equivalente a 1,375% de ácido láctico.

Considerando que ambos tachos tienen los mismos niveles de las tres variables adoptadas, se calcula un valor de respuesta $Y_{1prom} = (Y_{1a} + Y_{1b})/2 = 1,369$.

Figura 4.3

Recipiente – (2a) Combinación [+,,+] – (16°C, 3% sal, 5min pisado)



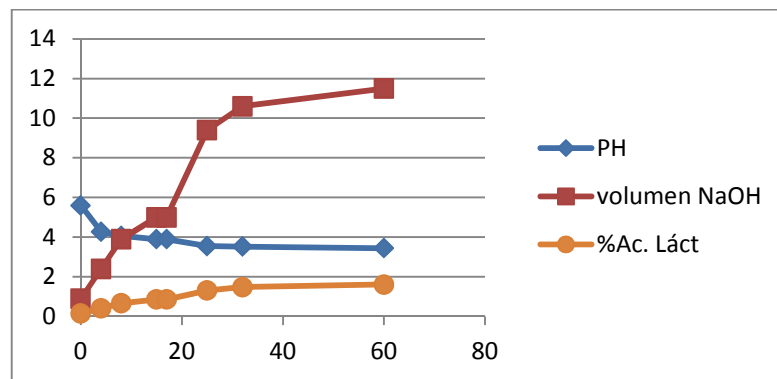
Fuente: Elaboración propia

En la figura 4.3 – (2a) se puede observar que la fase logarítmica de la fermentación dura hasta el día 15 luego baja el día 17 y vuelve a subir el día 25; a partir del día 32 se estabilizan las mediciones indicando la declinación del proceso fermentativo, se llega sin embargo en el día 60 a un pH mínimo de 3,43 y un máximo de acidez equivalente a 1,642% de ácido láctico.

En la figura 4.3 se puede observar que a partir del día 25 se estabilizan las mediciones indicando el final de la fermentación láctica.

Figura 4.4

Recipiente – (2b) Combinación [+ ,+ , -] – (16°C, 3% sal, 5min pisado) - repetición



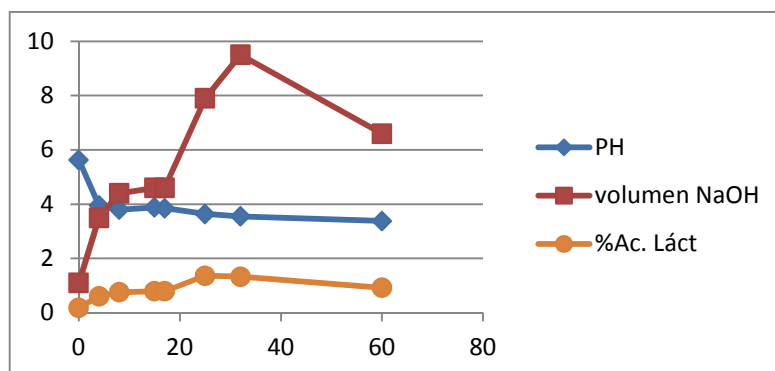
Fuente: Elaboración propia

De modo similar, en la figura 4.4 – (2b) se puede observar que la fase logarítmica de la fermentación dura hasta el día 25; luego a partir del día 32 se estabilizan las mediciones indicando la declinación del proceso fermentativo, se llega en este caso en el día 60 a un pH mínimo de 3,45 y un máximo de acidez equivalente a 1,614% de ácido láctico.

Considerando que ambos tachos tienen los mismos niveles de las tres variables adoptadas, se calcula un valor de respuesta $Y_{2prom} = (Y_{2a} + Y_{2b})/2 = 1,625$.

Figura 4.5

Recipiente – (3a) Combinación [+,-,+] – (16°C, 2% sal, 25min pisado)

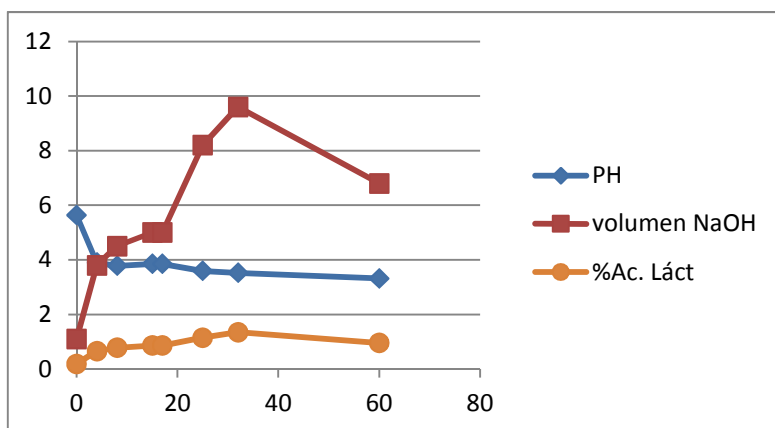


Fuente: Elaboración propia

En la figura 4.5 – (3a) se puede observar que la fase logarítmica de la fermentación dura hasta el día 32; a partir del día 25 se estabilizan las mediciones indicando la declinación del proceso fermentativo, se llega sin embargo en el día 60 a un pH mínimo de 3,38 y una de acidez equivalente a 0,926% de ácido láctico y se ve que la cantidad de NaOH llega a su tope el día 32 para comenzar a disminuir hasta el día 60.

Figura 4.6

Recipiente – (3b) Combinación [+,-,+] – (16°C, 2% sal, 25min pisado) - repetición



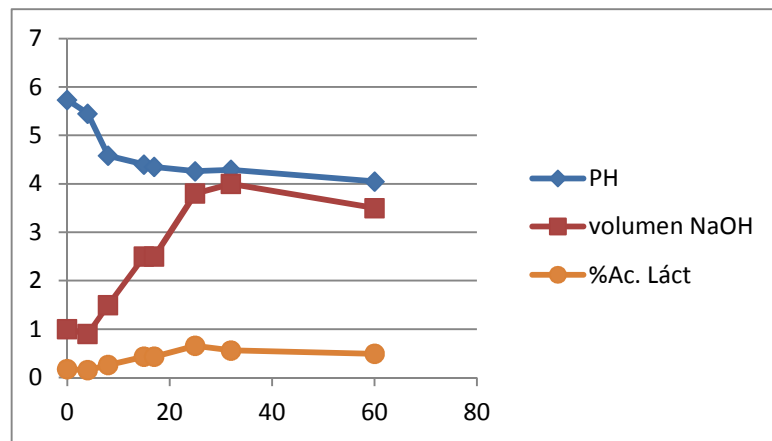
Fuente: Elaboración propia

De modo similar, en la figura 4.6 – (3b) se puede observar que la fase logarítmica de la fermentación dura hasta el día 25; luego a partir del día 32 se estabilizan las mediciones indicando la declinación del proceso fermentativo, se llega en este caso en el día 60 a un pH mínimo de 3,32 y un máximo de acidez equivalente a 0,954% de ácido láctico.

Considerando que ambos tachos tienen los mismos niveles de las tres variables adoptadas, se calcula un valor de respuesta $Y_{3prom} = (Y_{3a} + Y_{3b})/2 = 0,94$.

Figura 4.7

Recipiente – (4a) Combinación [-,+,+] – (8°C, 3% sal, 25min pisado)

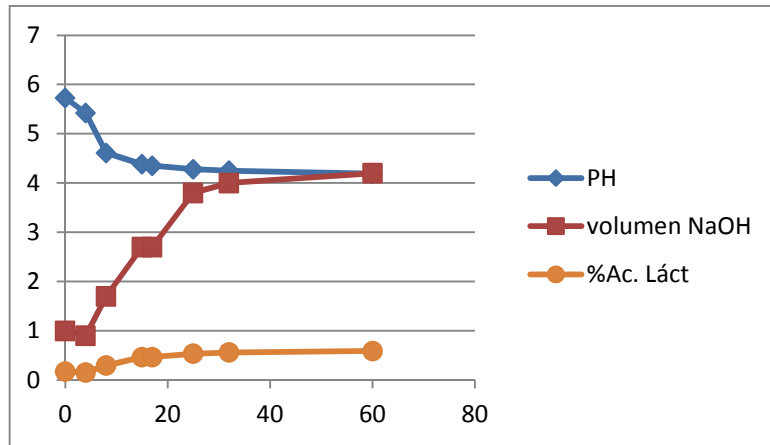


Fuente: Elaboración propia

En la figura 4.7 – (4a) se puede observar que la fase logarítmica de la fermentación dura hasta el día 25; a partir del día 32 se estabilizan las mediciones indicando la declinación del proceso fermentativo, se llega sin embargo en el día 60 a un pH mínimo de 4,05 y un máximo de acidez equivalente a 0,491% de ácido láctico.

Figura 4.8

Recipiente – (4b) Combinación [-,+,-] – (8°C, 3% sal, 25min pisado) - repetición



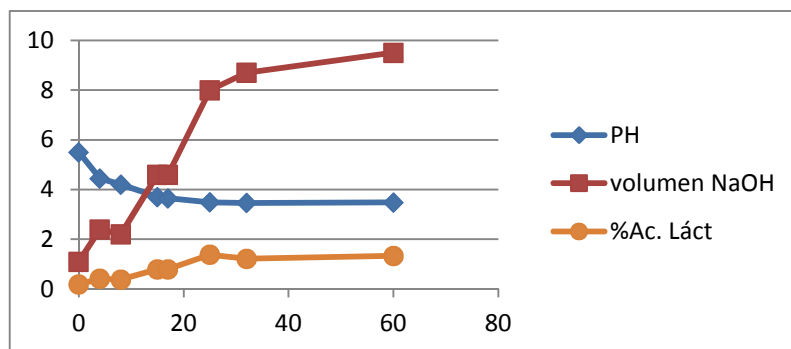
Fuente: Elaboración propia

De modo similar, en la figura 4.8 – (4b) se puede observar que la fase logarítmica de la fermentación dura hasta el día 25; luego a partir del día 32 se estabilizan las mediciones indicando la declinación del proceso fermentativo, se llega en este caso en el día 60 a un pH mínimo de 4,19 y un máximo de acidez equivalente a 0,589% de ácido láctico.

Considerando que ambos tachos tienen los mismos niveles de las tres variables adoptadas, se calcula un valor de respuesta $Y_{4prom} = (Y_{4a} + Y_{4b})/2 = 0,54$.

Figura 4.9

Recipiente – (5a) Combinación [+,-,-] – (16°C, 2% sal, 5min pisado)



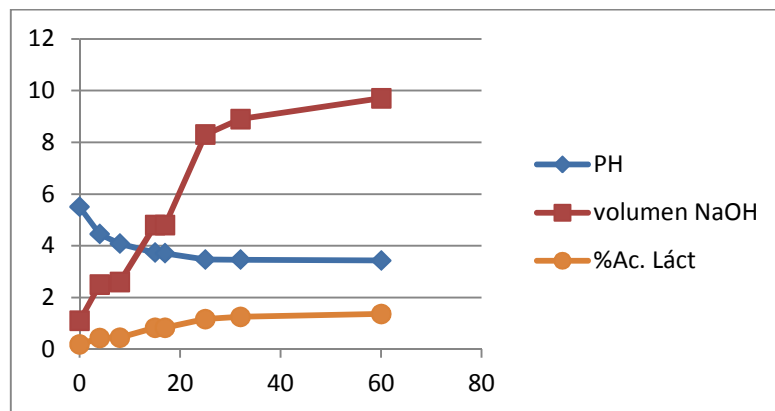
Fuente: Elaboración propia

En la figura 4.9 – (5a) se puede observar que la fase logarítmica de la fermentación dura hasta el día 25; a partir del día 32 se estabilizan las mediciones indicando la declinación del proceso fermentativo, se llega sin embargo en el día 60 a un pH mínimo de 3,48 y un máximo de acidez equivalente a 1,33% de ácido láctico.

En la figura 4.9 se puede observar que a partir del día 25 se estabilizan las mediciones de pH y %Ac. Láct indicando el final de la fermentación láctica aunque se ve un incremento en el volumen de NaOH.

Figura 4.10

Recipiente – (5b) Combinación [+,-,-] – (16°C, 2% sal, 5min pisado) - repetición



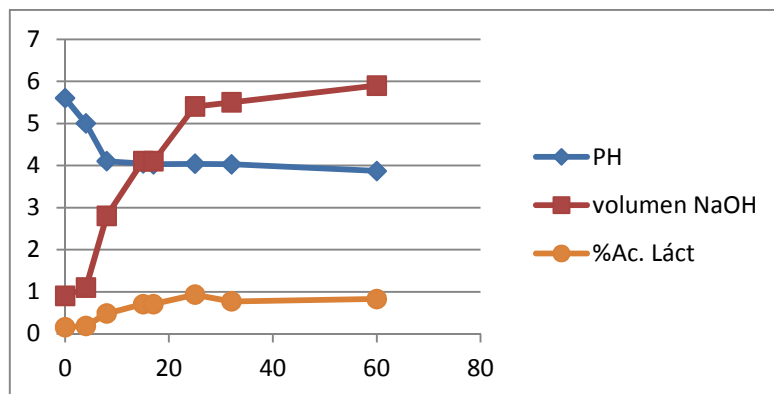
Fuente: Elaboración propia

De modo similar, en la figura 4.10 – (5b) se puede observar que la fase logarítmica de la fermentación dura hasta el día 25; luego a partir del día 32 se estabilizan las mediciones indicando la declinación del proceso fermentativo, se llega en este caso en el día 60 a un pH mínimo de 3,43 y un máximo de acidez equivalente a 1,361% de ácido láctico.

Considerando que ambos tachos tienen los mismos niveles de las tres variables adoptadas, se calcula un valor de respuesta $Y_{5prom} = (Y_{5a} + Y_{5b})/2 = 1,347$.

Figura 4.11

Recipiente – (6a) Combinación [-,+,-] – (8°C, 3% sal, 5min pisado)



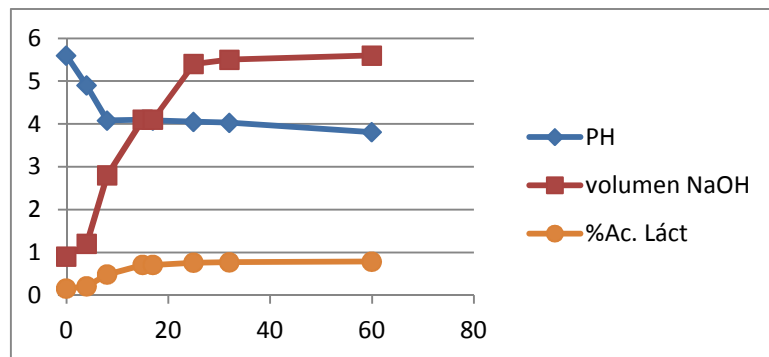
Fuente: Elaboración propia

En la figura 4.11 – (6a) se puede observar que la fase logarítmica de la fermentación dura hasta el día 25; a partir del día 32 se estabilizan las mediciones indicando la declinación del proceso fermentativo, se llega sin embargo en el día 60 a un pH mínimo de 3,87 y un máximo de acidez equivalente a 0,828% de ácido láctico.

En la figura 4.11 se puede observar que a partir del día 25 se estabilizan las mediciones indicando el final de la fermentación láctica.

Figura 4.12

Recipiente – (6b) Combinación [-,+,-] – (8°C, 3% sal, 5min pisado) - repetición



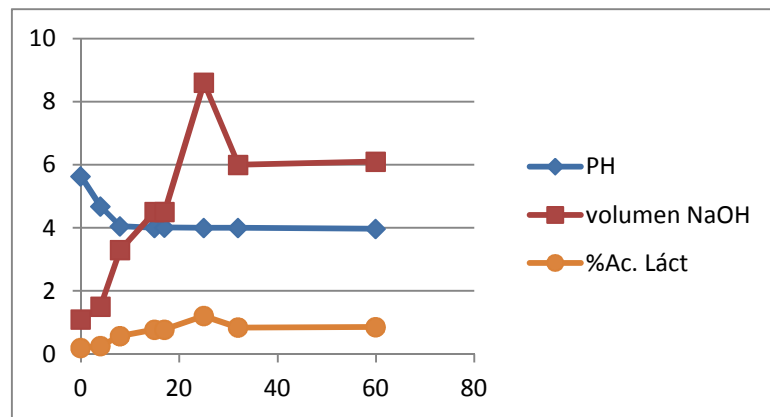
Fuente: Elaboración propia

De modo similar, en la figura 4.12 – (6b) se puede observar que la fase logarítmica de la fermentación dura hasta el día 25; luego a partir del día 32 se estabilizan las mediciones indicando la declinación del proceso fermentativo, se llega en este caso en el día 60 a un pH mínimo de 3,81 y un máximo de acidez equivalente a 0,786% de ácido láctico.

Considerando que ambos tachos tienen los mismos niveles de las tres variables adoptadas, se calcula un valor de respuesta $Y_{6prom} = (Y_{6a} + Y_{6b})/2 = 0,807$.

Figura 4.13

Recipiente – (7a) Combinación [–,–,+] – (8°C, 2% sal, 25min pisado)

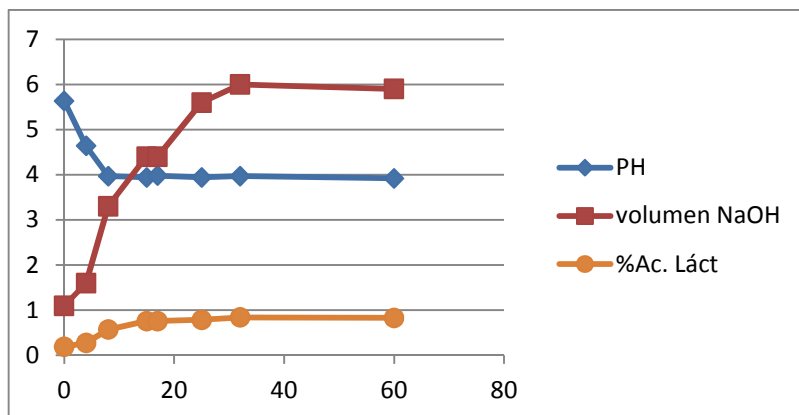


Fuente: Elaboración propia

En la figura 4.13 – (7a) se puede observar que a partir del día 25 se estabilizan las mediciones de pH y % Ac. Láct indicando la declinación del proceso fermentativo, se llega sin embargo en el día 60 a un pH mínimo de 3,97 y un máximo de acidez equivalente a 0,856% de ácido láctico, aunque se ve un pico el día 25 en la curva de volumen de NaOH que se puede atribuir a error de medición debido a que el pH no tiene pico el día 25.

Figura 4.14

Recipiente – (7b) Combinación [-,-,+] – (8°C, 2% sal, 25min pisado) - repetición



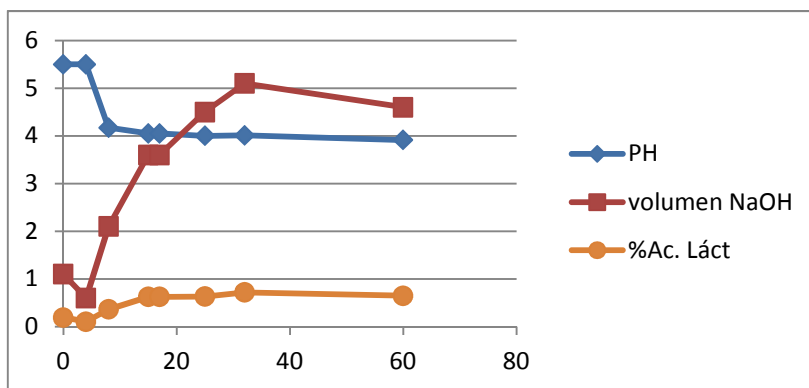
Fuente: Elaboración propia

De modo similar, en la figura 4.14 – (7b) se puede observar que la fase logarítmica de la fermentación dura hasta el día 25; luego a partir del día 32 se estabilizan las mediciones indicando la declinación del proceso fermentativo, se llega en este caso en el día 60 a un pH mínimo de 3,92 y un máximo de acidez equivalente a 0,828% de ácido láctico.

Considerando que ambos tachos tienen los mismos niveles de las tres variables adoptadas, se calcula un valor de respuesta $Y_{7prom} = (Y_{7a} + Y_{7b})/2 = 0,842$.

Figura 4.15

Recipiente – (8a) Combinación [-,-,-] – (8°C, 2% sal, 5min pisado)

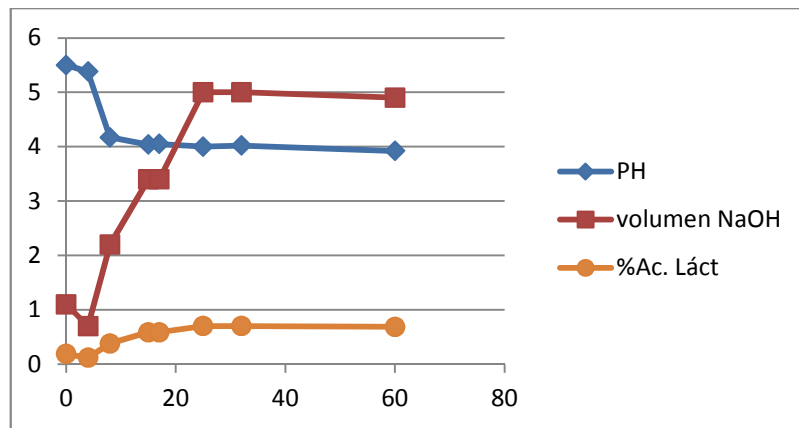


Fuente: Elaboración propia

En la figura 4.15 – (8a) se puede observar que la fase logarítmica de la fermentación dura hasta el día 25; a partir del día 32 se estabilizan las mediciones indicando la declinación del proceso fermentativo, se llega sin embargo en el día 60 a un pH mínimo de 3,91 y un máximo de acidez equivalente a 0,64% de ácido láctico, registrándose un pico en el día 32 en la curva de volumen de NaOH.

Figura 4.16

Recipiente – (8b) Combinación [-,-,-] – (8°C, 2% sal, 5min pisado) - repetición



Fuente: Elaboración propia

De modo similar, en la figura 4.16 – (8b) se puede observar que la fase logarítmica de la fermentación dura hasta el día 25; luego a partir del día 32 se estabilizan las mediciones indicando la declinación del proceso fermentativo, se llega en este caso en el día 60 a un pH mínimo de 3,92 y un máximo de acidez equivalente a 0,687% de ácido láctico.

Considerando que ambos tachos tienen los mismos niveles de las tres variables adoptadas, se calcula un valor de respuesta $Y_{8prom} = (Y_{8a} + Y_{8b})/2 = 0,664$.

Con las figuras de acidez y pH se puede observar que en la mayoría de los casos luego de los 32 días se mantiene constantes los valores indicando que la fermentación finalizó.

Se puede observar algunas en las que varía y eso se debe a que continuó la fermentación o sea que no fue suficiente el tiempo de fermentación.

Tabla 4.4

Tabla comparativa de la variable respuesta (Yprom) en % de ácido láctico para las diferentes combinaciones del diseño 2³ factorial

A	B	C	RESPUESTA	%AC. LÁCTICO
+	+	+	Y1	1,369
+	+	-	Y2	1,635
+	-	+	Y3	0,94
-	+	+	Y4	0,54
+	-	-	Y5	1,347
-	+	-	Y6	0,807
-	-	+	Y7	0,842
-	-	-	Y8	0,664

Fuente: Elaboración propia

Se puede observar en la tabla anterior que el máximo de acidez corresponde a la corrida Y2 cuya combinación implica 16°C, 3% de NaCl y 5 min de machacado. Niveles[+,+,-], mientras que la muestra con menor respuesta en % Acidez es Y4, correspondiente a la combinación [-,+,+]. Se observan niveles intermedios para las respuestas Y3, Y6 y Y7.

Los tres valores más altos Y1, Y2 y Y5, coinciden con niveles mayores en la temperatura de fermentación de 16°C, mientras que los tres inferiores Y4, Y6 y Y8, corresponden a la temperatura de fermentación menor de 8°C.

Esta valoración será determinante para la etapa posterior de evaluación sensorial del producto terminado.

4.3 RESULTADOS DE LA EVALUACION SENSORIAL PARA ELEGIR MUESTRA DE PREFERENCIA EN EL DISEÑO EXPERIMENTAL

Luego de la obtención del producto terminado se procedió a realizar una evaluación sensorial con escala hedónica.

Fue evaluado por 17 jueces, seleccionados al azar entre estudiantes y docentes de la carrera de ingeniería de alimentos que evaluaron un duplicado de cada ensayo una muestra perteneciente al mercado de industria Kral y una muestra patrón de elaboración propia con niveles intermedios de las tres variables consideradas; dando como resultado una evaluación de 10 muestras.

Los atributos evaluados fueron sabor, olor, textura, sabor, acidez, nivel de sal, y aceptabilidad general.

Luego de la recolección de datos se los introdujo en tablas de EXCEL para poder ejecutar un análisis de los mismos y conocer el ensayo con mejor puntuación de cada atributo.

También se introdujo los datos a un programa de Excel de elaboración propia que resuelve estadísticamente el nivel de significancia entre las muestras tomadas de dos en dos a través de Fisher calculado y de tablas de Duncan. El programa correspondiente se encuentra en el Anexo E, y el mismo fue aplicado por separado para cada una de las

características organolépticas evaluadas, como también para la aceptabilidad general de las muestras. A continuación se presentan los resultados y su interpretación correspondiente:

En la tabla 4.5 se muestran los resultados de la evaluación sensorial para los atributos sabor, olor, textura, sabor, acidez, nivel de sal, y aceptabilidad general. Donde se señala con verde los atributos mejor puntuados y con rojo los atributos con menor puntaje.

Tabla 4.5
Resultados promedio en la valoración de las propiedades organolépticas de las muestras de chucrut

MUESTRAS	COLOR	OLOR	TEXTURA	SABOR	ACIDEZ	NIVEL DE SAL	ACEPT. GENERAL
1	6,18	6,35	6,12	5,76	5,76	6,29	6,00
2	6,06	5,35	5,76	5,29	4,88	5,82	5,53
3	5,82	6,12	6,53	5,82	5,29	5,94	5,94
4	6,24	5,65	6,47	5,47	5,71	5,82	5,88
5	6,65	5,18	5,94	5,12	4,88	5,29	5,76
6	5,82	5,76	6,24	5,82	5,35	5,82	5,94
7	5,88	6,35	6,47	6,12	5,94	6,06	6,06
8	6,18	6,24	5,82	5,59	5,47	5,29	5,65
9	7,65	6,41	7,06	6,29	5,82	6,41	6,59
10	5,12	6,29	6,53	5,59	5,47	5,82	6,06

Fuente: Elaboración propia

4.3.1 INTERPRETACIÓN DE EVALUACIÓN SENSORIAL

Los datos obtenidos de la evaluación sensorial se promediaron para elaborar la siguiente tabla, la cual muestra en verde los dos valores más altos de cada atributo para los 8

ensayos y con rojo los dos más bajos, mismos que al sumarlos nos muestran las dos muestras de mejor puntaje y las dos muestras de peor puntaje.

Tabla 4.6

Análisis e interpretación de los resultados promedio en la valoración de las propiedades organolépticas de las muestras de chucrut

Muestras	Color	Olor	Textura	Sabor	Acidez	Nivel de sal	Aceptabilidad	Número de puntuaciones superiores	Número de puntuaciones inferiores	Número de puntuaciones intermedias	Observaciones
1	6,18	6,35	6,12	5,76	5,76	6,29	6,00	4	0	3	2º mejor
2	6,06	5,35	5,76	5,29	4,88	5,82	5,53	0	4	3	Puntuación mínima
3	5,82	6,12	6,53	5,82	5,29	5,94	5,94	1	2	5	
4	6,24	5,65	6,47	5,47	5,71	5,82	5,88	2	1	4	
5	6,65	5,18	5,94	5,12	4,88	5,29	5,76	0	5	1	Penúltima Puntuación
6	5,82	5,76	6,24	5,82	5,35	5,82	5,94	1	1	5	
7	5,88	6,35	6,47	6,12	5,94	6,06	6,06	6	0	1	1º mejor
8	6,18	6,24	5,82	5,59	5,47	5,29	5,65	0	2	5	
9	7,65	6,41	7,06	6,29	5,82	6,41	6,59	7	0	0	Control Externo
10	5,12	6,29	6,53	5,59	5,47	5,82	6,06	2	1	3	Control Propio

Fuente: Elaboración propia

A continuación se presentan los gráficos comparativos de los resultados promedio de la evaluación sensorial para cada uno de los atributos evaluados:

a).- Evaluación sensorial del color:

Tabla 4.7

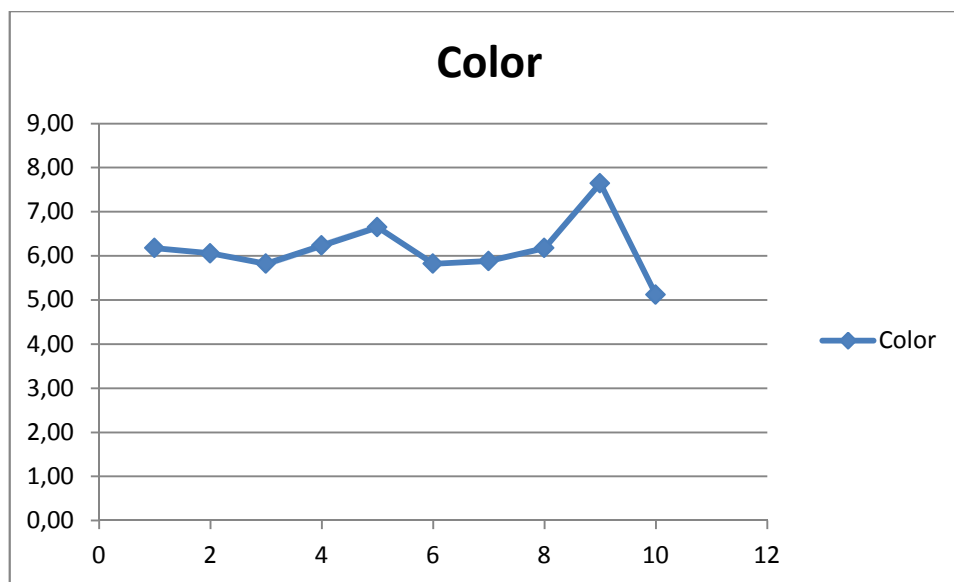
Promedio de muestras de valoración color

MUESTRAS	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Valoración Color	6,18	6,06	5,82	6,24	6,65	5,82	5,88	6,18	7,65	5,12

Fuente: Elaboración propia

Figura 4.17

Respuesta promedio de la valoración del color



Fuente: Elaboración propia

En la evaluación sensorial de color se observó que las dos muestras que tuvieron el mejor puntaje fueron las muestras 4 y 5 (coloreadas de verde); y las muestras con puntaje más bajo fueron las 3 y 6 (coloreadas de rojo).

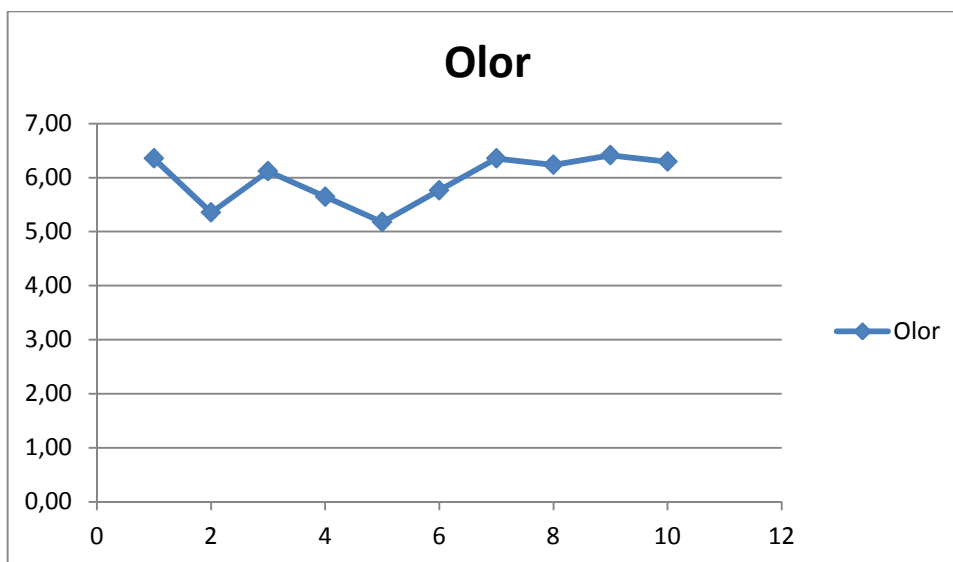
b).- Evaluación sensorial del Olor.-

Tabla 4.8
Promedio de muestras de valoración olor

MUESTRAS	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Valoración										
Olor	6,35	5,35	6,12	5,65	5,18	5,76	6,35	6,24	6,41	6,29

Fuente: Elaboración propia

Figura 4.18
Respuesta promedio de la valoración del olor



Fuente: Elaboración propia

En la evaluación sensorial de olor se observó que las dos muestras que tuvieron el mejor puntaje fueron las muestras 1 y 7 (coloreadas de verde); y las muestras con puntaje más bajo fueron las 2 y 5 (coloreadas de rojo).

c).- Evaluación sensorial de la textura

Tabla 4.9

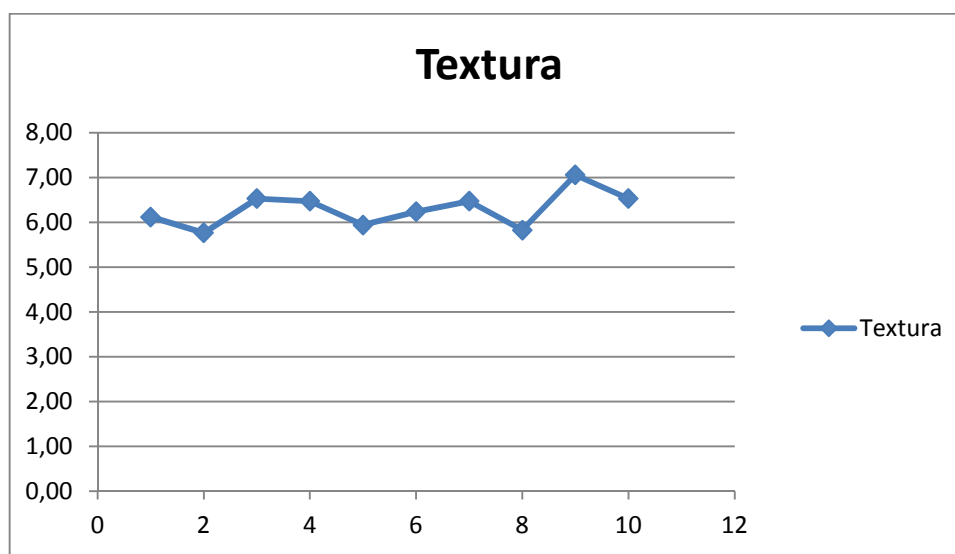
Promedio de muestras de valoración textura

MUESTRAS	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Valoración										
Textura	6,12	5,76	6,53	6,47	5,94	6,24	6,47	5,82	7,06	6,53

Fuente: Elaboración propia

Figura 4.19

Respuesta promedio de la valoración de la textura



Fuente: Elaboración propia

En la evaluación sensorial de la textura se observó que las tres muestras que tuvieron el mejor puntaje fueron las muestras 4 y 7 (coloreadas de verde); y las muestras con puntaje más bajo fueron las 5 y 8 (coloreadas de rojo).

Interpretación: Casi no hay diferencia en la textura y se puede concluir que no es significativo el tiempo de machacado usado en el diseño y se puede probar con rangos de tiempo más amplios.

d).- Evaluación sensorial del Sabor.-

Tabla 4.10

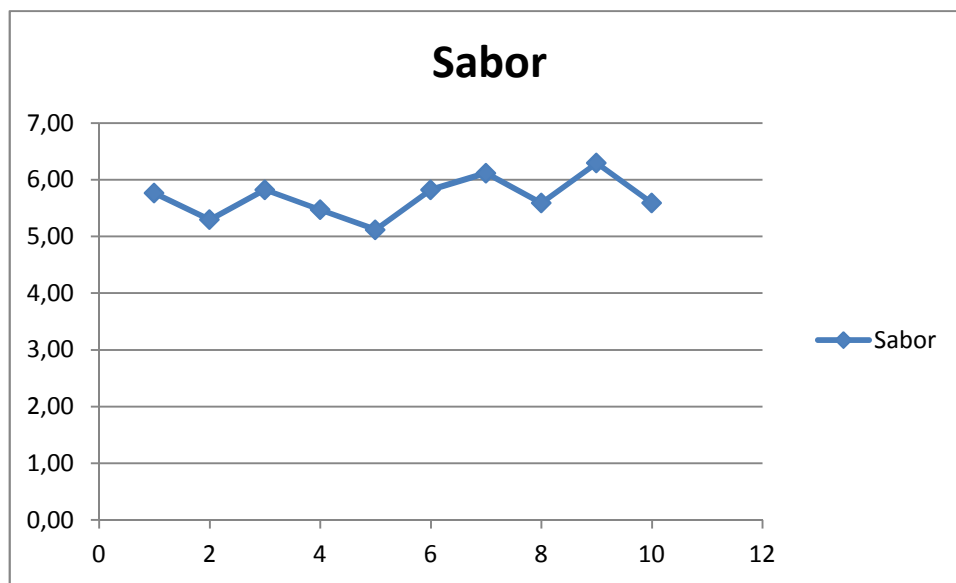
Promedio de muestras de valoración sabor

MUESTRAS	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Valoración Sabor	5,76	5,29	5,82	5,47	5,12	5,82	6,12	5,59	6,29	5,59

Fuente: Elaboración propia

Figura 4.20

Respuesta promedio de la valoración del sabor



Fuente: Elaboración propia

En la evaluación sensorial de sabor se observó que las tres muestras que tuvieron el mejor puntaje fueron las muestras 3, 6 y 7 (coloreadas de verde); y las muestras con puntaje más bajo fueron las 2 y 4 (coloreadas de rojo).

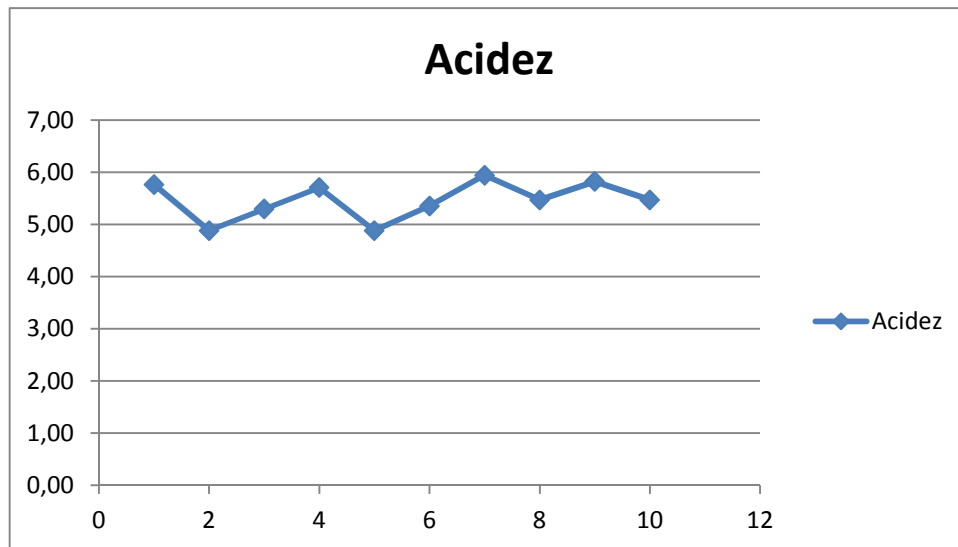
e).- Evaluación sensorial de la acidez

Tabla 4.11
Promedio de muestras de valoración acidez

MUESTRAS	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Valoración										
Acidez	5,76	4,88	5,29	5,71	4,88	5,35	5,94	5,47	5,82	5,47

Fuente: Elaboración propia

Figura 4.21
Respuesta promedio de la valoración de la acidez



Fuente: Elaboración propia

En la evaluación sensorial de la acidez se observó que las dos muestras que tuvieron el mejor puntaje fueron las muestras 1 y 7 (coloreadas de verde); y las muestras con puntaje más bajo fueron las 2, 3 y 5 (coloreadas de rojo).

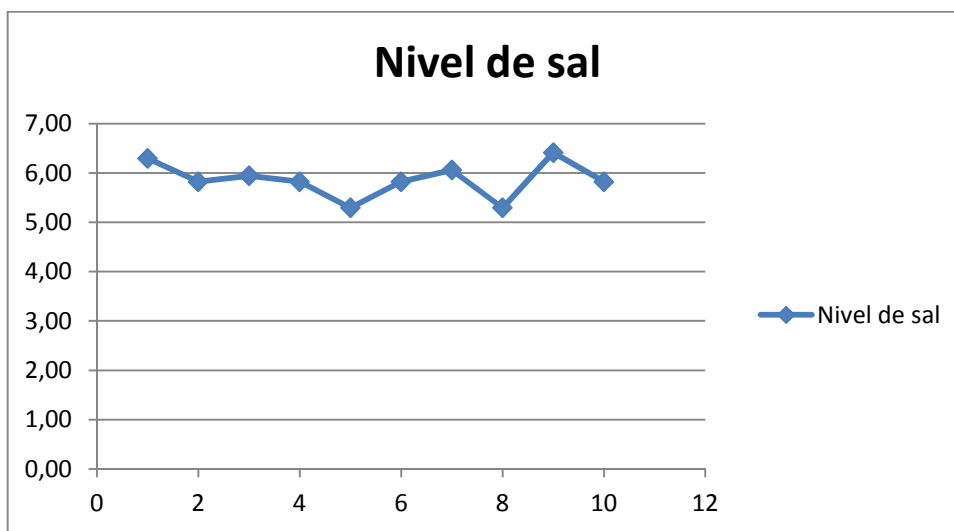
f).- Evaluación sensorial del nivel de sal

Tabla 4.12
Promedio de muestras de valoración nivel de sal

MUESTRAS	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Valoración										
Nivel de sal	6,29	5,82	5,94	5,82	5,29	5,82	6,06	5,29	6,41	5,82

Fuente: Elaboración propia

Figura 4.22
Respuesta promedio de la valoración del nivel de sal



Fuente: Elaboración propia

En la evaluación sensorial del nivel de sal se observó que las dos muestras que tuvieron el mejor puntaje fueron las muestras 1 y 7 (coloreadas de verde); y las muestras con puntaje más bajo fueron las 5 y 8 (coloreadas de rojo).

g).- Evaluación de la aceptabilidad general

Tabla 4.13

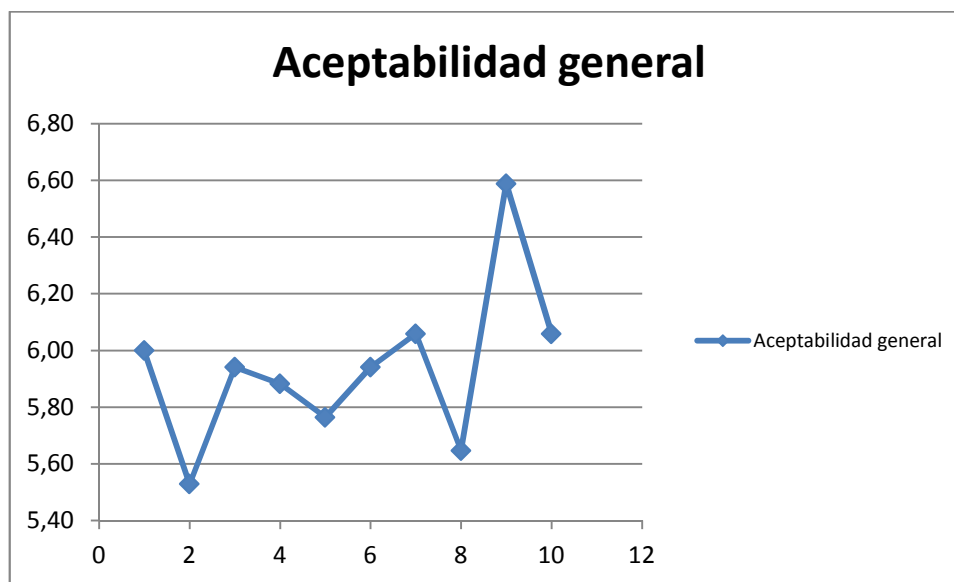
Promedio de muestras de valoración aceptabilidad general

MUESTRAS	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Valoración Aceptabilidad general	6,00	5,53	5,94	5,88	5,76	5,94	6,06	5,65	6,59	6,06

Fuente: Elaboración propia

Figura 4.23

Respuesta promedio de la Aceptabilidad General



Fuente: Elaboración propia

En la evaluación sensorial de la aceptabilidad general se observó que las dos muestras que tuvieron el mejor puntaje fueron las muestras 1 y 7 (coloreadas de verde); y las muestras con puntaje más bajo fueron las 2 y 5 (coloreadas de rojo).

4.3.2 PRUEBA DE DUNCAN PARA CADA ATRIBUTO EVALUADO

a).- Evaluación del Color.-

En la tabla 4.7 se muestra si existe significancia entre las muestras evaluadas en niveles de significancia 0,05 y 0,01, se excluyó de la tabla las comparaciones no significativas, las tablas completas se encuentran en el Anexo C.

Tabla 4.14

Resultados significativos de la prueba de Duncan para la evaluación del color

TRATAMIENTOS	SIGN. 0,05	SIGN. 0,01
M1-M9	Significativo	Significativo
M1-M10	Significativo	No Significativo
M2-M9	Significativo	Significativo
M2-M10	Significativo	No Significativo
M3-M5	Significativo	No Significativo
M3-M9	Significativo	Significativo
M4-M9	Significativo	Significativo
M4-M10	Significativo	Significativo
M5-M9	Significativo	No Significativo
M5-M10	Significativo	Significativo
M6-M9	Significativo	Significativo
M7-M9	Significativo	Significativo
M8-M9	Significativo	Significativo
M8-M10	Significativo	No Significativo
M9-M10	Significativo	Significativo

Fuente: Elaboración propia

Se puede ver una diferencia significativa entre las muestras (M1-M9, M1-M10, M2-M9, M2-M10, M3-M5, M3-M9, M4-M9, M4-M10, M5-M9, M5-M10, M6-M9, M7-M9, M8-M9, M8-M10 y M9-M10) con significancia de 0,05 y entre las muestras (M1-M9,

M2-M9, M3-M9, M4-M9, M4-M10, M5-M10, M6-M9, M7-M9, M8-M9, M9-M10) con significancia de 0,01.

Interpretación: En el color se puede apreciar que resaltan diferencias significativas entre muestras esto se debe a los distintos grados de oxidación que se obtuvo en las muestras y se puede atribuir esto a que durante la recolección de muestras durante la fermentación se tuvo que abrir los envases permitiendo que entre aire y se de la oxidación del producto.

b).- Evaluación del Olor.-

Tabla 4.15

Resultados significativos de la prueba de Duncan para la evaluación del olor

TRATAMIENTOS	SIGN. 0,05	SIGN. 0,01
M1-M2	Significativo	No Significativo
M1-M5	Significativo	No Significativo
M2-M9	Significativo	No Significativo
M3-M5	Significativo	No Significativo
M5-M7	Significativo	No Significativo
M5-M9	Significativo	No Significativo
M5-M10	Significativo	No Significativo

Fuente: Elaboración propia

Se puede ver una diferencia significativa entre las (M1-M2, M1-M5, M2-M9, M3-M5, M5-M7, M5-M9, M5-M10) con significancia de 0,05 y ninguna diferencia significativa con significancia de 0,01.

Interpretación: En este análisis se puede apreciar algunas diferencias significativas y se deben a los distintos tipos de microorganismos que debido a sus diferentes metabolismos producen diferentes gases aromáticos.

c).- Evaluación de la Textura.-

Tabla 4.16

Resultados significativos de la prueba de Duncan para la evaluación del textura

TRATAMIENTOS	SIGN. 0,05	SIGN. 0,01
M2-M9	Significativo	Significativo
M5-M9	Significativo	No Significativo
M8-M9	Significativo	No Significativo

Fuente: Elaboración propia

Se puede ver una diferencia significativa entre (M2-M9, M5-M9, M8-M9), con significancia de 0,05 y hay diferencia significativa solo entre M2-M9 con significancia de 0,01.

Interpretación: Casi no hay diferencia en la textura y se puede concluir que no es significativo el tiempo de machacado usado en el diseño y se puede probar con rangos de tiempo más amplios.

d).- Evaluación de los demás atributos.-

Los demás atributos no presentan diferencias significativas en las valoraciones de los panelistas, como puede observarse en los cuadros presentados en cada uno de los ensayos del Anexo C.

4.3.3 SELECCIÓN DE LA MUESTRA DE PREFERENCIA

En la siguiente tabla, se resume las combinaciones de variables que obtuvieron los puntajes mayores y menores en la valoración de cada característica organoléptica. No se incluye en la selección la muestra control, ni tampoco el producto externo, por tener los mismos saborizantes y condimentos que no tenían las muestras incluidas en el diseño factorial. Sus respectivas valoraciones por el panel de jueces, solo se toman como un parámetro comparativo.

Tabla 4.17

Identificación muestras con puntajes más altos y más bajos en la evaluación sensorial

CARACTERÍSTICA VALORADA	MUESTRAS CON PUNTAJES MAYORES	MUESTRAS CON PUNTAJES MENORES
Color	4b y 5b	3b y 6b
Olor	1b y 7b	2b y 5b
Textura	3b, 4b y 7b	5b y 8b
Sabor	3b, 6b y 7b	2b y 5b
Acidez	1b y 7b	2b, 3b y 5b
Nivel de Sal	1b y 7b	5b y 8b
Aceptabilidad General	1b y 7b	2b y 8b

Fuente: Elaboración propia

Se observa como resultado del análisis de la tabla anterior, que las combinaciones 7b (6 veces) y 1b (4 veces) son las que calificaron con los mayores puntajes en las diferentes valoraciones de las características organolépticas, mientras que las muestras 5b (cinco veces) y 2b (4 veces) son las que tienen puntajes más bajos, sin embargo la muestra 5b tiene uno de los puntajes superiores en la valoración del color del producto, mientras que no ocurre lo mismo con la combinación 2b.

A continuación se presenta un cuadro comparativo de dichas combinaciones para justificar la selección final:

Tabla 4.18

Análisis de los niveles de las variables del diseño factorial 2^3 que tienen mayor y menor aceptación

MUESTRA	A	B	C	UBICACIÓN PUNTAJE	%AC. LÁCTICO
7b	-	-	+	Mayor	0,842
1b	+	+	+	Segundo Lugar	1,369
5b	+	-	-	Penúltimo lugar	1,347
2b	+	+	-	Menor	1,635

Fuente: Elaboración propia

Resumen:

- Las dos muestras con mayor aceptación coinciden en el nivel C+, o sea en un mayor tiempo de machacado (25 min), mejorando la textura del producto, mientras que las de menor calificación tienen dicha variable en el nivel inferior C- (5 min). Se selecciona por tanto el nivel C+.
- En lo que respecta a la temperatura de almacenamiento la muestra mejor calificada (7b), se desarrolló en el nivel inferior A- (8°C), mientras que las otras 3 muestras fermentaron a la temperatura superior A+ (16°C); seguramente se debe a la mayor conservación de las sustancias volátiles responsables de la fragancia típica del chucrut a una menor temperatura. Se selecciona el nivel A-
- En relación al contenido de sal, se encuentra el mismo distribuido entre ambos extremos, seguramente debido a que la apreciación del sabor salado es muy variable entre los consumidores. Se selecciona por tanto un nivel de sal intermedio A0.

- Finalmente un análisis del % Ácido Láctico, indica que el consumidor prefiere niveles de acidez intermedios y no así los elevados, lo que sugiere que se podría llevar a cabo la fermentación solamente hasta alcanzar un nivel de acidez no mayor al 1%, expresado en contenido de ácido láctico.

Las condiciones seleccionadas como resultado del presente estudio son por tanto:

Tabla 4.19
Condiciones seleccionadas

A (-)	B (0)	C (+)
8°C	2,5%	25 min

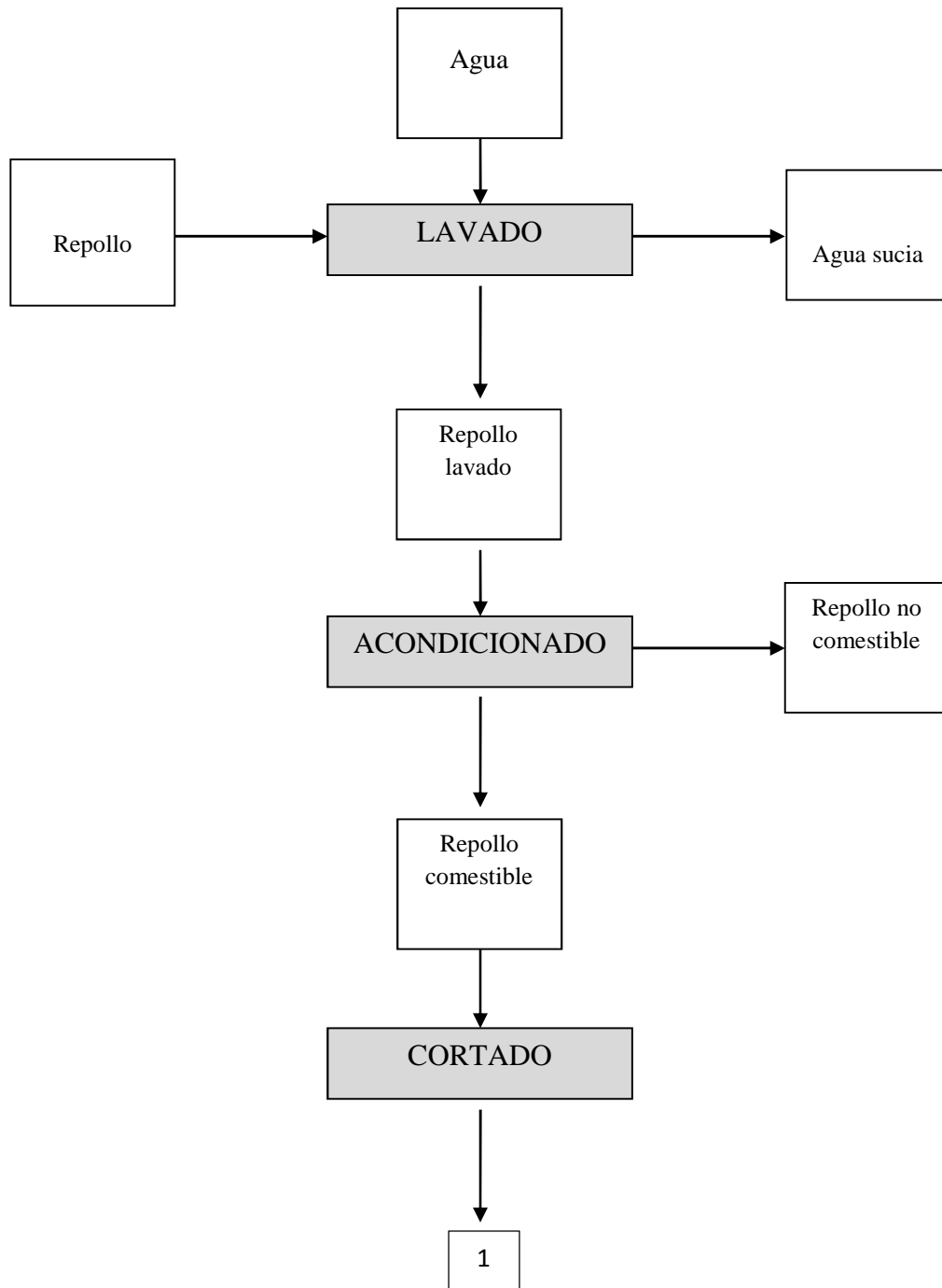
Fuente: Elaboración propia

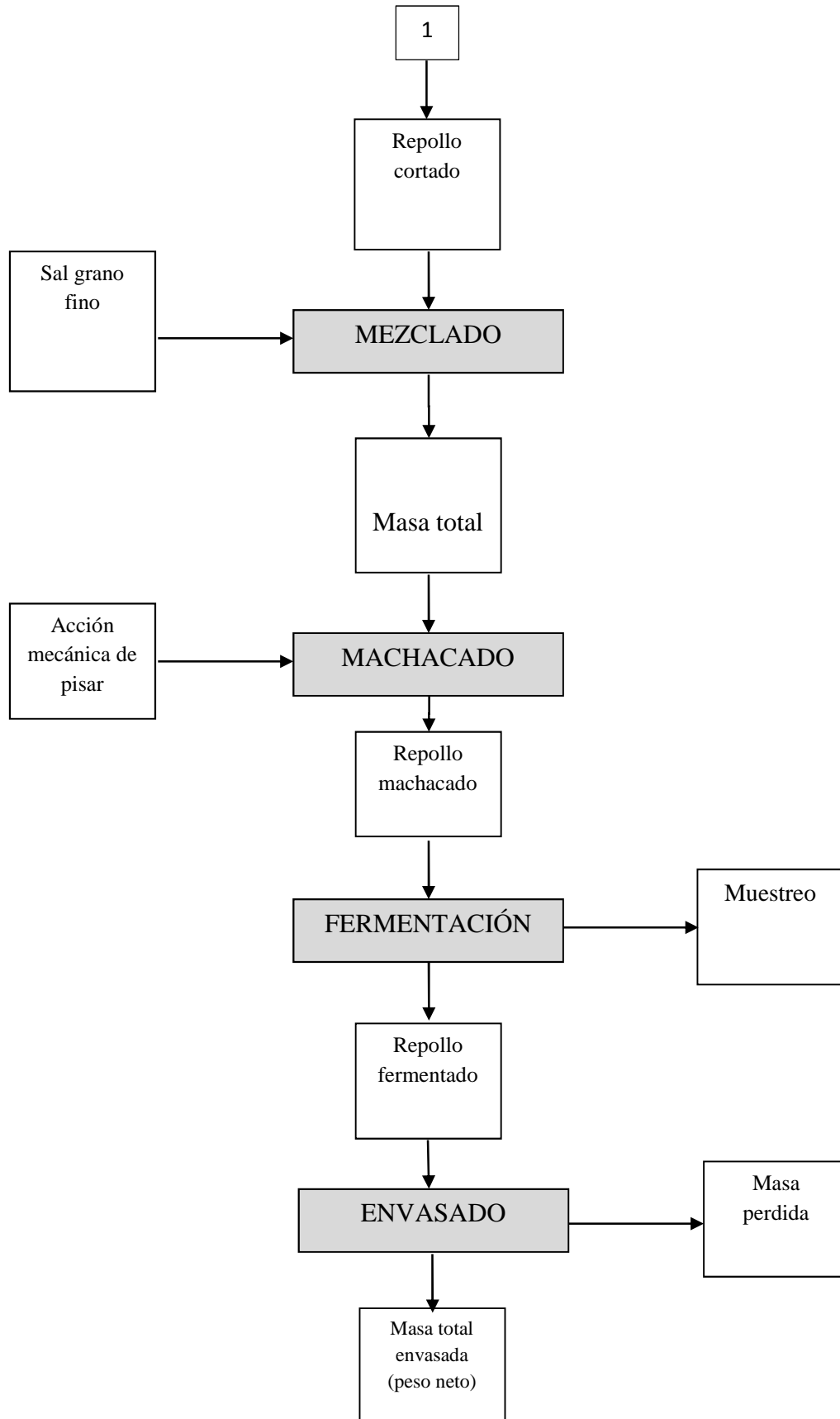
4.4.- BALANCE DE MATERIA

4.4.1.- DIAGRAMA DE BLOQUES PARA EL BALANCE DE MATERIA

Figura 4.24

Diagrama de bloques para el balance de materia

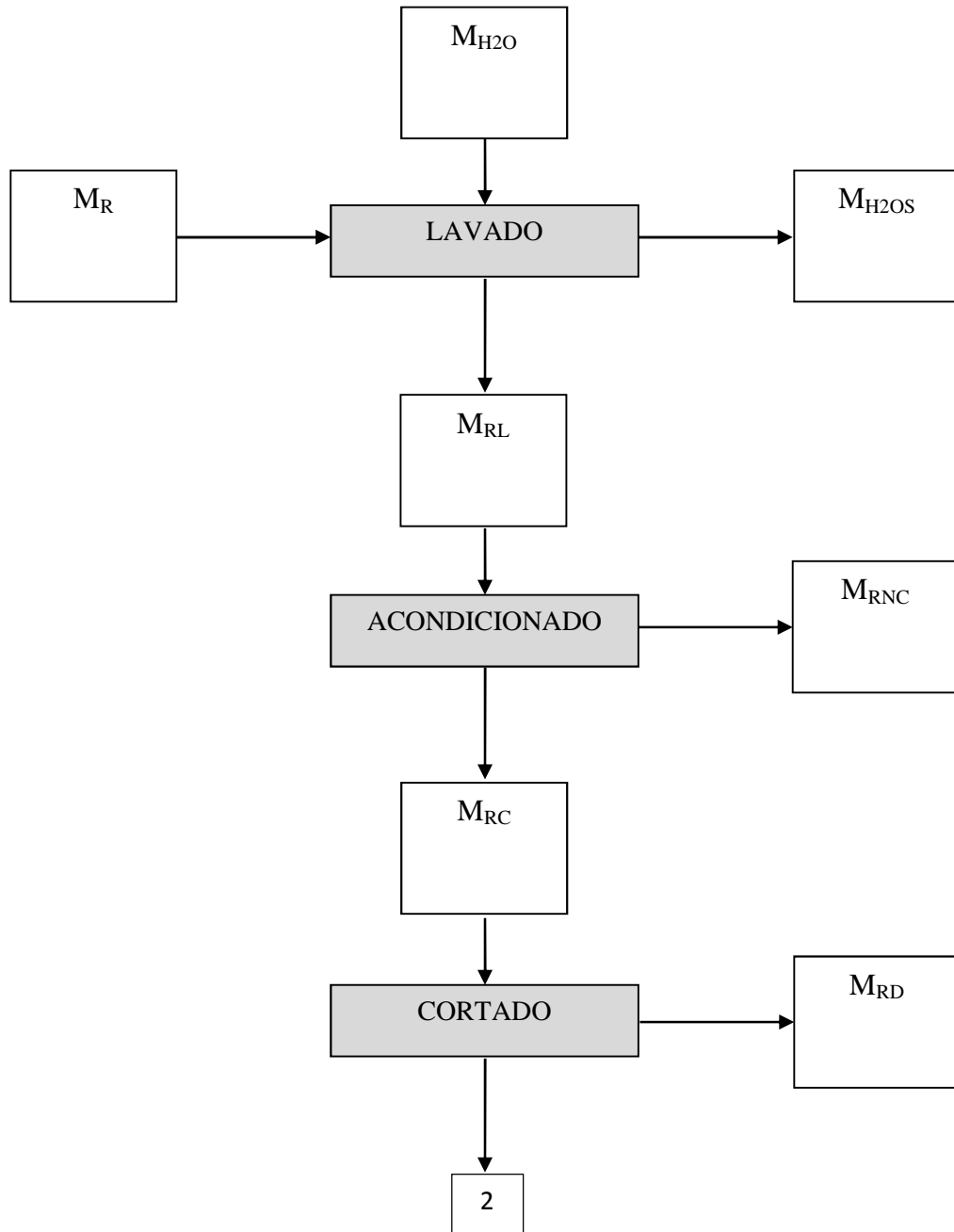


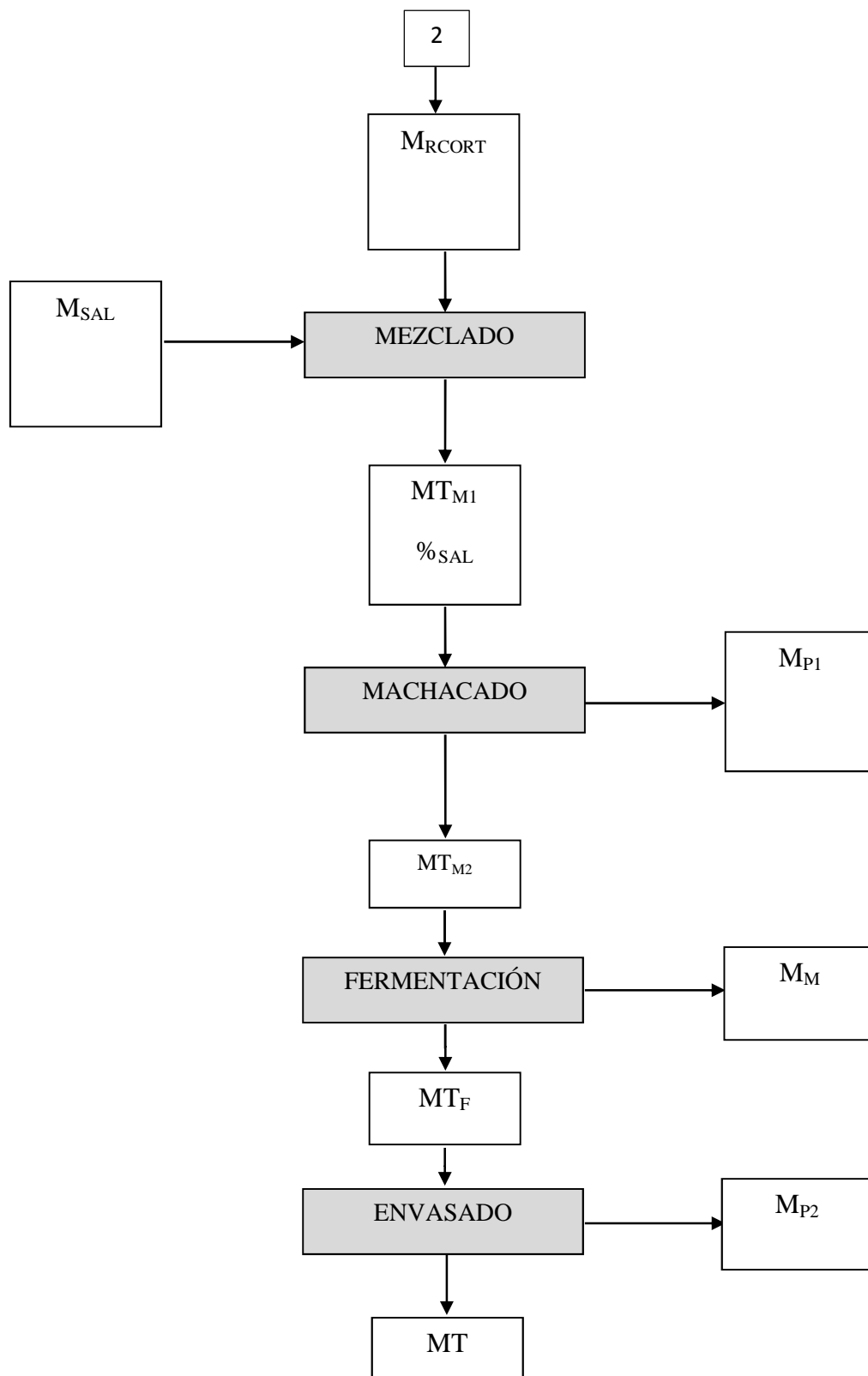


4.4.2.- FLUJOGRAMA DEL BALANCE DE MATERIA

Figura 4.25

Flujograma del balance de materia

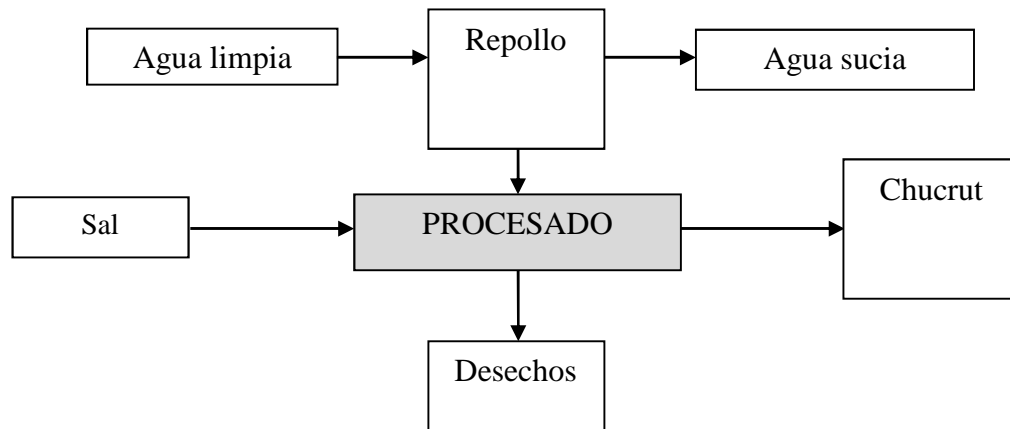




$$MT = M_R + M_{H_2O} - M_{H_2O_S} - M_{RNC} - M_{RD} + M_{SAL} - M_{P1} - M_M - M_{P2}$$

4.4.3.- BALANCE DE MATERIA GLOBAL DEL PROCESO

Figura 4.26
Balance de materia Global del Proceso



Dónde:

$M_{H_2O_S}$ = Masa de agua sucia

M_{H_2O} = Masa de agua limpia

M_R = Masa de repollo

M_{RL} = Masa de repollo lavado

M_{RNC} = Masa de repollo no comestible

M_{RC} = Masa de repollo comestible

M_{RD} = Masa de repollo desechado

M_{RCORT} = Masa de repollo cortado

M_{SAL} = Masa de sal yodada en grano fino

MT_{M1} = Masa total de la mezcla

MT_{M2} = Masa total después de machacar la mezcla

M_M = Masa extraída por muestreo

MT_F = Masa total después de la fermentación

MT = Masa total peso neto envasado

M_{P1} = Masa perdida en el machacado

M_{P2} = Masa perdida en el envasado

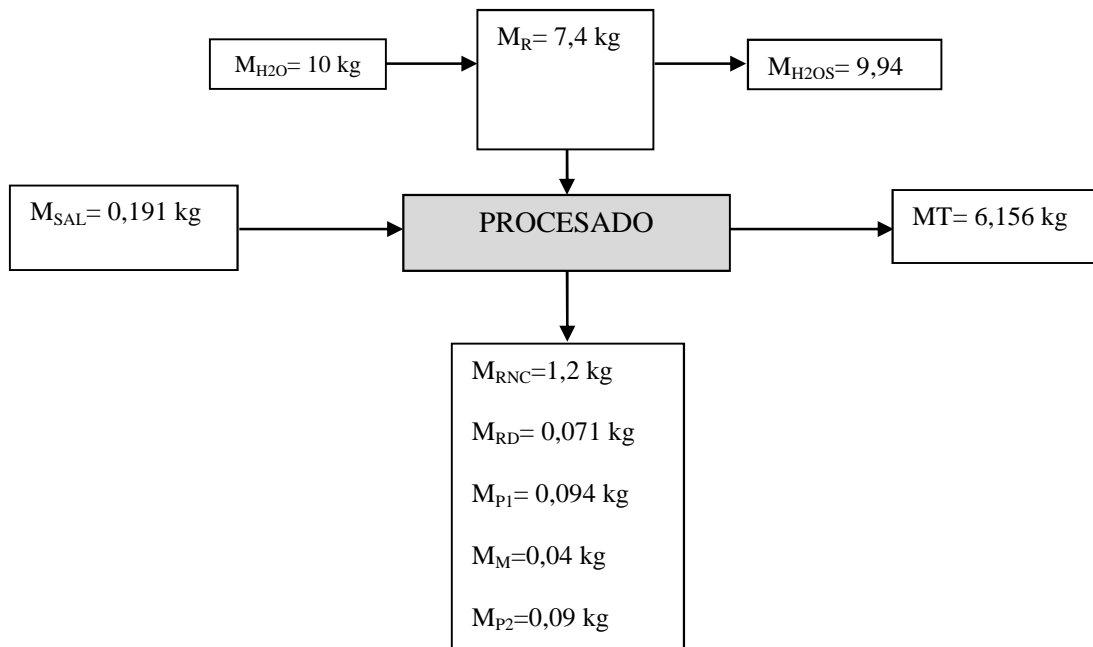
$\%_{SAL}$ = Porcentaje de sal en la masa

4.4.4.- BALANCE DE MATERIA DE LA PRIMERA CORTADA

a).- Balance Global

Figura 4.27

Balance de materia de la Primera Cortada



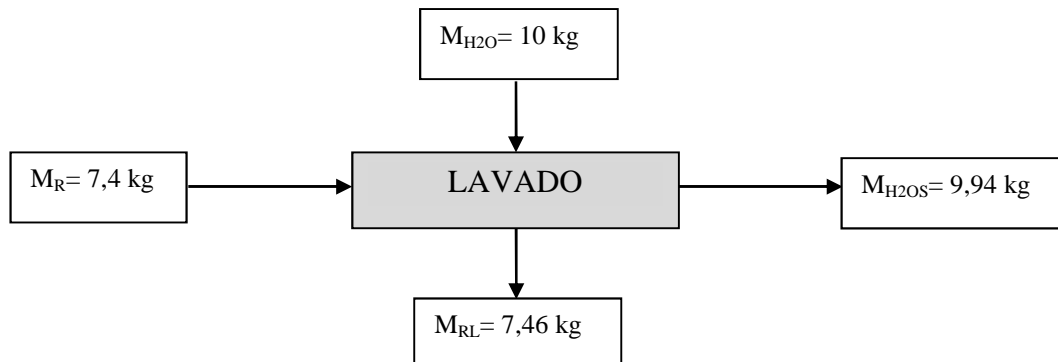
$$MT = M_R + M_{H_2O} - M_{H_2OS} - M_{RNC} - M_{RD} + M_{SAL} - M_{P1} - M_M - M_{P2}$$

$$MT = 7,4 \text{ kg} + 10 \text{ kg} - 9,94 \text{ kg} - 1,2 \text{ kg} - 0,071 \text{ kg} + 0,191 \text{ kg} - 0,094 \text{ kg} - 0,04 \text{ kg} - 0,09 \text{ kg}$$

$$MT = 6,156 \text{ kg}$$

b).-Balance de materia para el lavado

Figura 4.28
Balance de materia para el lavado

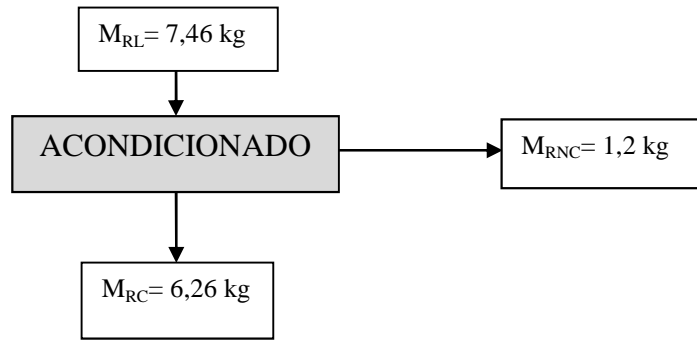


$$M_{RL} = M_R + M_{H_2O} - M_{H_2OS}$$
$$M_{RL} = 7,4 \text{ kg} + 10 \text{ kg} - 9,94 \text{ kg}$$
$$M_{RL} = 7,46 \text{ kg}$$

c).- Balance de materia para el acondicionado

Figura 4.29

Balance de materia para el acondicionado



$$M_{RC} = M_{RL} - M_{RNC}$$

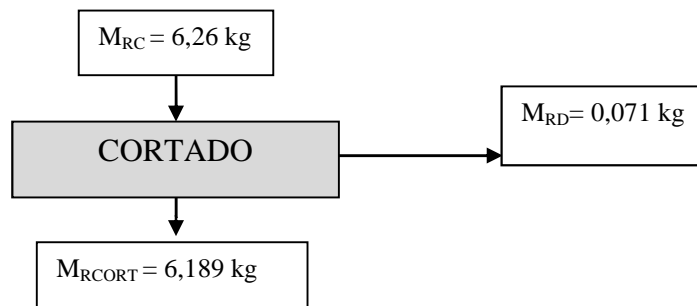
$$M_{RC} = 7,46 \text{ kg} - 1,2 \text{ kg}$$

$$M_{RC} = 6,26 \text{ kg}$$

d).-Balance de materia para el cortado

Figura 4.30

Balance de materia para el cortado



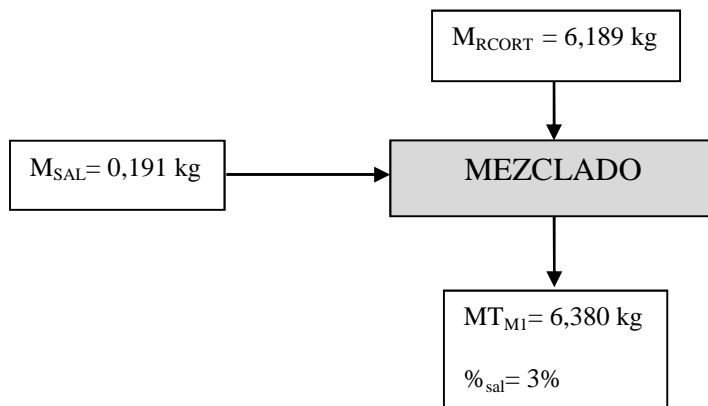
$$M_{RCORT} = M_{RC} - M_{RD}$$

$$M_{RCORT} = 6,2 \text{ kg} - 0,011 \text{ kg}$$

$$M_{RCORT} = 6,189 \text{ kg}$$

e).- Balance de materia para el mezclado

Figura 4.31
Balance materia para el mezclado



$$MT_{MI} = M_{SAL} + M_{RCORT}$$

$$MT_{MI} = M_{SAL} + 6,189 \text{ kg}$$

$$MT_{MI} X_{SAL} = M_{SAL} X_{SAL} + M_{RCORT} X_{SAL}$$

$$(M_{SAL} + 6,189 \text{ kg}) 0,03 = M_{SAL} 1 + M_{RCORT} 0$$

$$0,03 \cdot M_{SAL} + 0,03 \cdot 6,189 \text{ kg} = M_{SAL} + 0$$

$$0,97 \cdot M_{SAL} = 0,18567 \text{ kg}$$

$$M_{SAL} = 0,18567 \text{ kg} / 0,97$$

$$M_{SAL} = 0,191 \text{ kg}$$

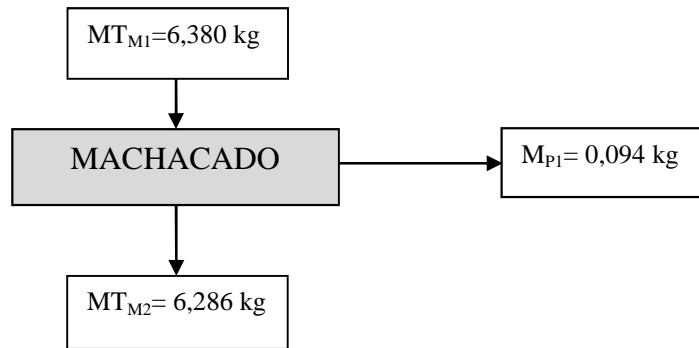
$$MT_{MI} = 0,191 \text{ kg} + 6,189 \text{ kg}$$

$$MT_{MI} = 6,380 \text{ kg}$$

f).- Balance de materia para el machacado

Figura 4.32

Balance materia para el machacado

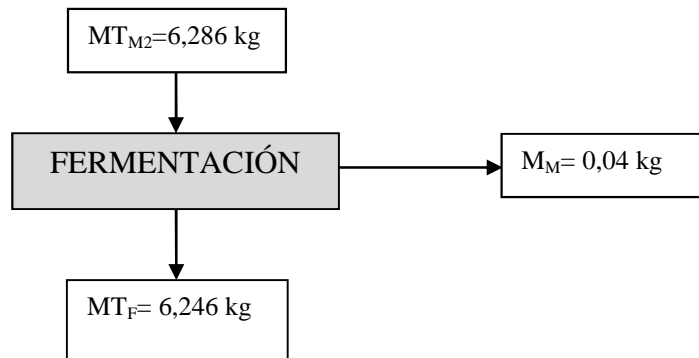


$$MT_{M2} = MT_{M1} - M_{P1}$$
$$MT_{M2} = 6,380 \text{ kg} - 0,094 \text{ kg}$$
$$MT_{M2} = 6,286 \text{ kg}$$

g).- Balance de materia para la fermentación

Figura 4.33

Balance materia para la fermentación

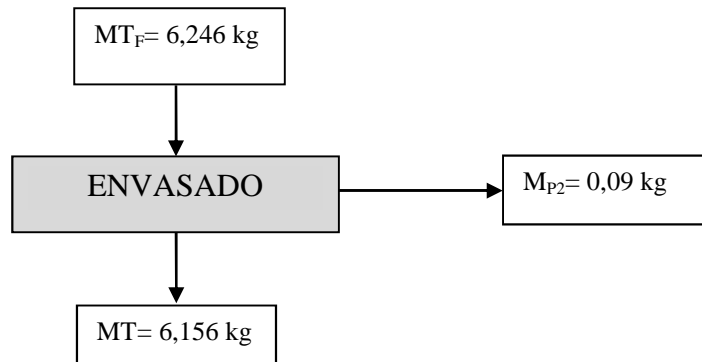


$$MT_F = MT_{M2} - M_M$$
$$MT_F = 6,286 \text{ kg} - 0,04 \text{ kg}$$
$$MT_F = 6,246 \text{ kg}$$

h).- Balance de materia para el envasado

Figura 4.34

Balance materia para el envasado



$$MT = MT_F - M_{P2}$$

$$MT = 6,246 \text{ kg} - 0,09 \text{ kg}$$

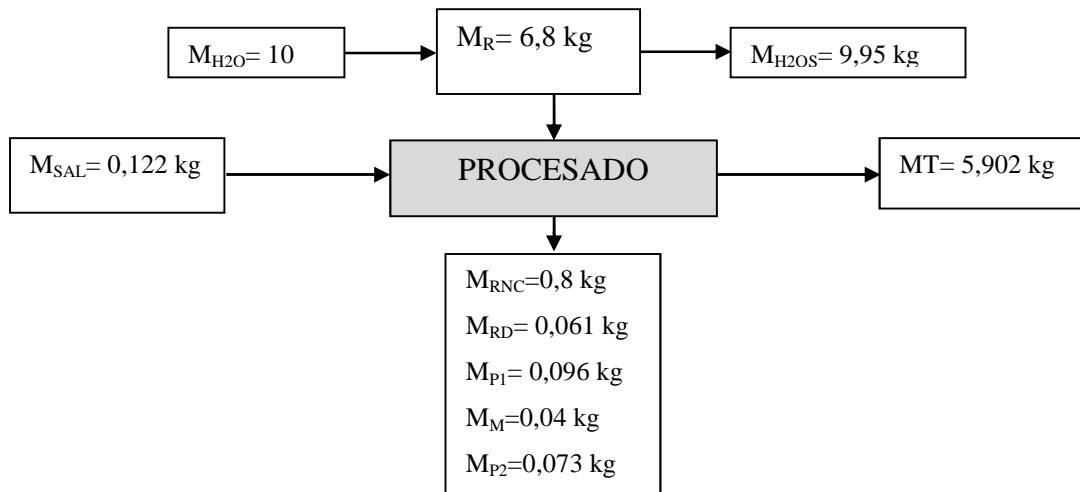
$$MT = 6,156 \text{ kg}$$

4.4.5 BALANCE DE MATERIA DE LA CUARTA CORTADA

a).- Balance Global

Figura 4.35

Balance de Materia de la Cuarta Cortada



$$MT = M_R + M_{H_2O} - M_{H_2OS} - M_{RNC} - M_{RD} + M_{SAL} - M_{P1} - M_M - M_{P2}$$

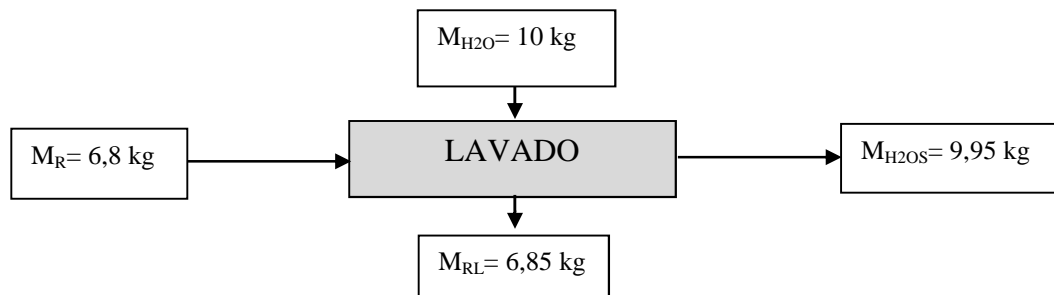
$$MT = 6,8 \text{ kg} + 10 \text{ kg} - 9,95 \text{ kg} - 0,8 \text{ kg} - 0,061 \text{ kg} + 0,122 \text{ kg} - 0,096 \text{ kg} - 0,04 \text{ kg} - 0,073 \text{ kg}$$

$$MT = 5,902 \text{ kg}$$

b) Balance de materia para el lavado

Figura 4.36

Balance de materia para el lavado 2



$$M_{RL} = M_R + M_{H_2O} - M_{H_2OS}$$

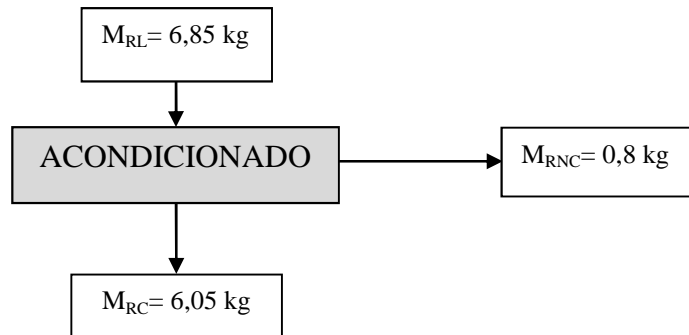
$$M_{RL} = 6,8 \text{ kg} + 10 \text{ kg} - 9,95 \text{ kg}$$

$$M_{RL} = 6,85 \text{ kg}$$

c) Balance de materia para el acondicionado

Figura 4.37

Balance de materia para el acondicionado 2



$$M_{RC} = M_{RL} - M_{RNC}$$

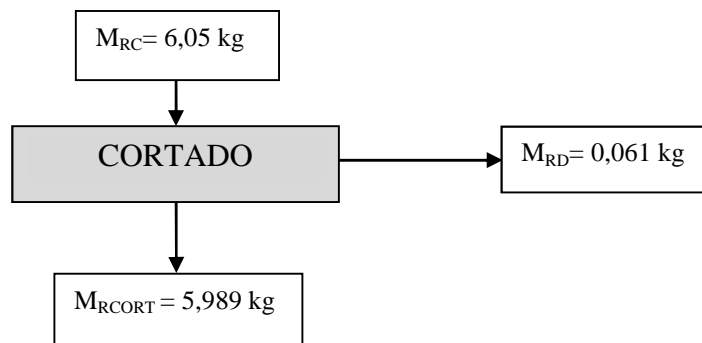
$$M_{RC} = 6,85 \text{ kg} - 0,8 \text{ kg}$$

$$M_{RC} = 6,05 \text{ kg}$$

d) Balance de materia parcial en el cortado

Figura 4.38

Balance de materia para el cortado 2



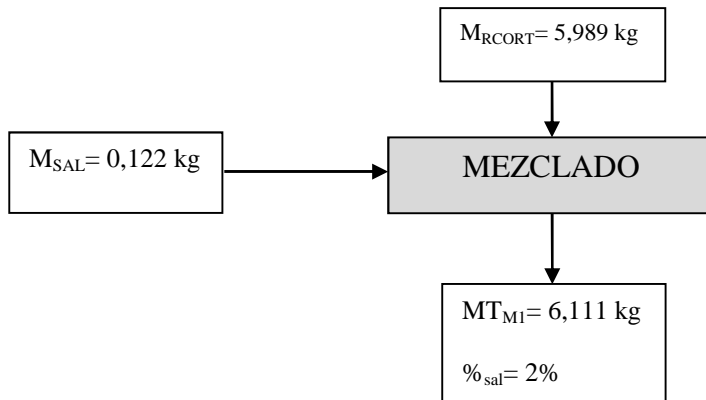
$$M_{RCORT} = M_{RC} - M_{RD}$$

$$M_{RCORT} = 6,05 \text{ kg} - 0,061 \text{ kg}$$

$$M_{RCORT} = 5,989 \text{ kg}$$

e) Balance de materia para el mezclado

Figura 4.39
Balance de Materia para el mezclado 2



Fuente: Elaboración propia

$$M_{T_{M1}} = M_{SAL} + M_{RCORT}$$

$$M_{T_{M1}} = M_{SAL} + 5,989 \text{ kg}$$

$$M_{T_{M1}} X_{SAL} = M_{SAL} X_{SAL} + M_{RCORT} X_{SAL}$$

$$(M_{SAL} + 5,989 \text{ kg}) 0,02 = M_{SAL} 1 + M_{RCORT} 0$$

$$0,02 \cdot M_{SAL} + 0,02 \cdot 5,989 \text{ kg} = M_{SAL} + 0$$

$$0,98 \cdot M_{SAL} = 0,11978 \text{ kg}$$

$$M_{SAL} = 0,11978 \text{ kg} / 0,98$$

$$M_{SAL} = 0,122 \text{ kg}$$

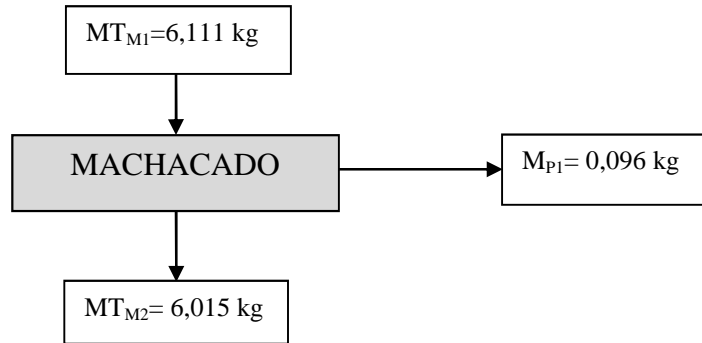
$$M_{T_{M1}} = 0,122 \text{ kg} + 5,989 \text{ kg}$$

$$M_{T_{M1}} = 6,111 \text{ kg}$$

f) Balance de materia para el machacado

Figura 4.40

Balance de Materia para el machacado 2

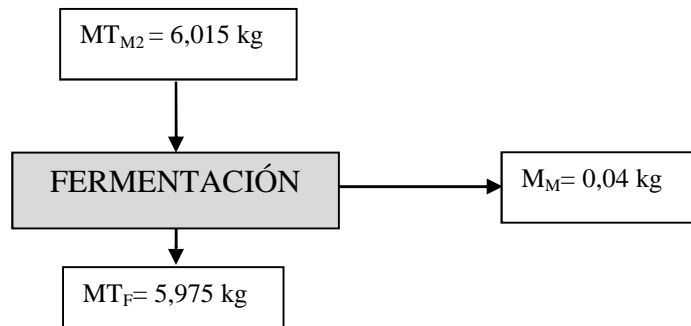


$$MT_{M2} = MT_{M1} - M_{P1}$$
$$MT_{M2} = 6,111 \text{ kg} - 0,096 \text{ kg}$$
$$MT_{M2} = 6,015 \text{ kg}$$

g) Balance de materia para la fermentación

Figura 4.41

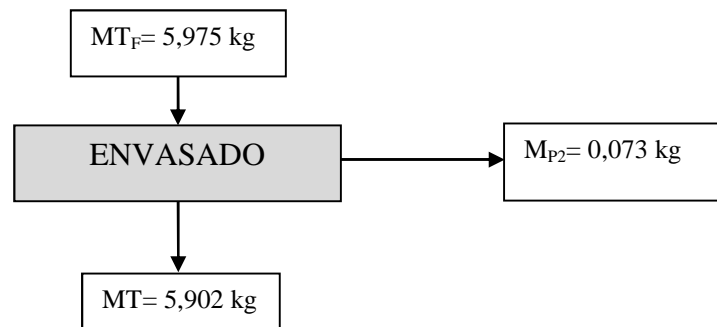
Balance de materia para la fermentación 2



$$MT_F = MT_{M2} - M_M$$
$$MT_F = 6,015 \text{ kg} - 0,04 \text{ kg}$$
$$MT_F = 5,975 \text{ kg}$$

h) Balance de materia para el envasado

Figura 4.42
Balance de materia para el envasado 2



$$MT = MT_F - M_{P2}$$

$$MT = 5,975 \text{ kg} - 0,073 \text{ kg}$$

$$MT = 5,902 \text{ kg}$$

4.5 BALANCE DE ENERGÍA

Se considera para realizar el balance de energía, las etapas de cortado del repollo y de fermentación del chucrut.

4.5.1 BALANCE DE ENERGÍA DE CORTADO DE REPOLLO

Para realizar el balance en esta etapa, se toma en cuenta la potencia del motor de la cortadora utilizada y el tiempo empleado para realizar el corte.

La potencia fue medida con la fase del equipo, empleando una pinza amperométrica en condiciones de carga (funcionamiento), registrando la misma una lectura de 0,67 Amp.

Paralelamente con un voltímetro se midió el voltaje de la línea de alimentación domiciliaria, obteniendo una lectura de 215V.

Para el cálculo de la potencia, se emplea:

$$P = V \cdot I$$

$$P = (215V) \cdot (0,67A) = 144 \text{ Watt} = 0,196 \text{ HP}$$

El tiempo requerido para realizar el corte fue entre 40 min y 55 min, cronometrado para los cuatro cortes realizados. Tomando un tiempo medio de 47,5 min, se tiene:

$$E = P \cdot t$$

$$E = (144 \text{ Joul/s}) \cdot (47,5 \text{ min}) \cdot (60 \text{ s/min}) = 410.400 \text{ Joul} = 410,4 \text{ kJoul}$$

Considerando una masa de repollo cortado en dicho lapso de tiempo de 6 kg, se tendrá:

$$E_{\text{cort}} = E / m_{\text{rep}}$$

$$E_{\text{cort}} = 410,4 \text{ kJ} / 6 \text{ kg} = \mathbf{68,4 \text{ kJ/kg}}$$

4.5.2 BALANCE DE ENERGÍA FERMENTACIÓN DEL CHUCRUT

Se considerará en este caso tres factores principales:

1. Energía retirada para enfriar el repollo desde la temperatura ambiente hasta la temperatura de fermentación.
2. Energía metabólica generada por el proceso fermentativo
3. Energía consumida para el mantenimiento de la temperatura de la cámara fría, por el lapso total del proceso.

a).- Cálculo de la Energía retirada para el enfriamiento del repollo

Se tiene como dato: Calor específico del repollo = 0.92 Btu/lb°F

Con el mismo se ingresa al balance de calor, considerando temperatura inicial de 25°C (temp. ambiente) y temperatura final de 8°C.

$$Q_{\text{enfr}} = m_{\text{rep}} c_{\text{rep}} (T_2 - T_1)$$

$$Q_{\text{enfr}} = 6155\text{g}(0.92 \text{ Btu/lb}^\circ\text{F})(1,055\text{kJ/Btu})(11\text{b}/453,6\text{g})(1,8^\circ\text{F}/^\circ\text{C}) \times (25^\circ\text{C} - 8^\circ\text{C})$$

$$\implies Q_{\text{enfr}} = 403,01 \text{ kJ}$$

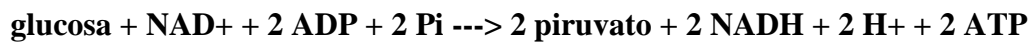
$$E_{\text{enfr}} = Q_{\text{enfr}}/m_{\text{rep}} = 403,01/6,155 = \mathbf{65,48 \text{ kJ/kg}}$$

b).- Cálculo de la Energía Metabólica de la Fermentación Láctica.

Se consideran las etapas de glicólisis hasta la formación de Piruvato y la etapa de transformación del piruvato en ácido láctico, ambos metabolismos representados en el capítulo 2 del presente trabajo.

b1).- Glicólisis

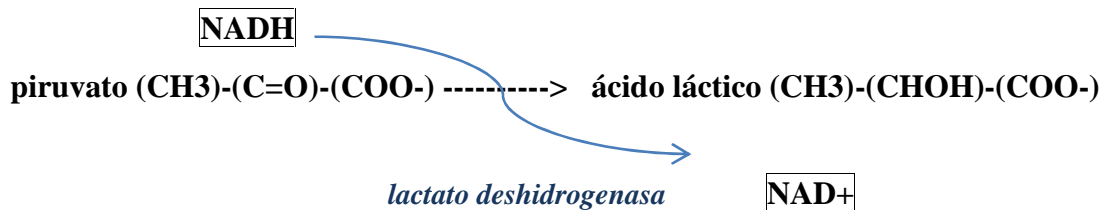
Balance:



El cambio de energía libre de Gibbs de la reacción equivale a: $UG_a = 686 \text{ Kcal/mol}$

El NADH debe reoxidarse para que la glicólisis no se pare. Si hay O_2 es mediante la cadena de transporte electrónico, si no hay otras moléculas se reducen. Depende del entorno del piruvato la manera de oxidarse.

b2).- Transformación del piruvato en ácido láctico.

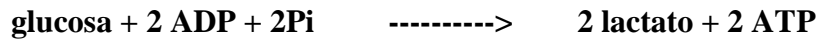


Con un cambio de energía libre de: $UG_b = - 46 \text{ Kcal/mol}$

Se obtiene una pequeña parte de la energía de la glucosa porque no se degrada completamente. El proceso es rentable porque se obtienen 2 ATP sin O_2 y porque se puede recuperar el lactato sintetizando glucosa. Fermentación láctica en el citosol por fosforilación a nivel de sustrato. Los organismos aerobios la utilizan cuando escasea el O_2 y no llega lo suficientemente rápido para reoxidar los cofactores.

b3).- Balance global reacción metabólica

El Balance Global de la Reacción de transformación de Glucosa en Lactato, sería:



con un $UG = UG_a + UG_b = 686 \text{ Kcal/mol} + (-46 \text{ Kcal/mol}) = 640 \text{ kcal/mol}$

Considerando el dato del balance de materia de 6,029 kg de chucrut con un promedio de 1% de ácido láctico al final de la fermentación, se tendría.

$$m_{\text{ac.lact}} = 0,01 \cdot m_{\text{chucrut}} = 0,01(6029 \text{ g}) = 60,29 \text{ g}$$

$$n_{\text{ac.lact}} = m_{\text{ac.lact}}/PM_{\text{ac.lact}} = 60,29\text{g}/(90\text{g/mol}) = 0,667 \text{ moles}$$

$$\text{=====>} \quad E_{\text{metabólica}} = \Delta G \cdot n_{\text{ac.lact}} = (640 \text{ kcal/mol}) \cdot (0,667 \text{ mol}) = 426,88 \text{ kcal}$$

Con lo que finalmente por kilogramo de repollo al ingreso del proceso, se tiene:

$$E_{\text{metabólica}} = 426,88 \text{ kcal}/6,155 \text{ kg} = 69,35 \text{ kcal/kg} = \mathbf{288,97 \text{ kJoul/kg.}}$$

c).- Cálculo de la Energía para mantenimiento de las Condiciones de Refrigeración

Se considera para este punto, las especificaciones técnicas de la cámara fría, presentadas en el capítulo 3.

Motor: 0,75 HP

Voltaje: 220 v

Capacidad: 3 m³

Se ha establecido paralelamente que el tiempo de funcionamiento frente al tiempo de reposo del compresor para mantener una temperatura interna promedio de 8°C, con una temperatura ambiente promedio externa de 25°C oscila entre 0,15 y 0,21.

Se toman además las siguientes consideraciones:

1. Se supondrá una capacidad de llenado de la cámara fría de un máximo de 1000 kg de repollo (1/3 de su volumen interno).
2. Se considera un tiempo de fermentación de 32 días, hasta la obtención de un producto final con las características adecuadas, de acuerdo a lo registrado en las corridas fermentativas.

Con los datos anteriores, se plantea la ecuación:

$$E_{\text{mant.frío}} = P_{\text{mot}} \cdot t_{\text{ferm}} \cdot f_{\text{func}} / m_{\text{repcargamáx}}$$

donde:

$$P_{\text{mot}} = 0,75\text{HP} \cdot (753\text{watt/HP}) = 567,75\text{watt}$$

$$t_{\text{ferm}} = 32\text{días}(24\text{h/día})(3600\text{s/h}) = 2764800 \text{ s}$$

$$f_{\text{func}} = (0,15 + 0,21)/2 = 0,18$$

$$m_{\text{repcargamáx}} = 1000 \text{ kg} \cong 1/3 \cdot V_{\text{camfría}}$$

Reemplazando en la ecuación anterior:

$$E_{\text{mant.frío}} = (567,75\text{j/s}) \cdot (2764800\text{s}) \cdot (0,18) / 1000\text{kg} = 282548,7 \text{ joul/kg} = 282,55 \text{ kj/kg}$$

$$E_{\text{mant.frío}} = 282,55 \text{ kj/kg}$$

d).- Balance de Energía Global

Finalmente, reuniendo los tres valores, se tiene por kilogramo de repollo:

$$E = E_{\text{enfr}} + E_{\text{metab}} + E_{\text{mantfrío}}$$

$$E = 65,48 \text{ kj} + 288,97 \text{ kj} + 282,55 \text{ kj}$$

$$\boxed{E = 637 \text{ kjoul/kg repollo}}$$

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

Según los datos obtenidos del trabajo de investigación se puede llegar a las siguientes conclusiones:

- Se determinó el tiempo de fermentación del repollo en condiciones anaerobias a baja temperatura que se encuentra en el rango de mínimo 25 días y máximo 32 días.
- Los resultados del balance de materia indican la necesidad de utilizar en promedio 1,145 kg de repollo y 0,025 kg de sal para obtener 1 kg de chucrut.
- El proceso de mejor puntaje en la evaluación sensorial es el 7b lo que posiciona esta muestra como la preferida por el consumidor.
- El resultado del diseño factorial identifica que las muestras 7 [-,-,+], con el mejor puntaje en la evaluación sensorial y el 2 [+,+,-] con el peor puntaje en la evaluación sensorial teniendo ambos sus condiciones iniciales opuestas.
- Se establece que las mejores condiciones para la fermentación del chucrut se presentan con los siguientes niveles: temperatura de fermentación inferior de 8°C (-), concentración de sal intermedia 2,5% (0) y tiempo de machacado superior de 25 min (+).
- Observando los resultados de acidez de las muestras 2 y 7; se identifica que la muestra 2 (l peor evaluado) posee la mayor acidez de todas las combinaciones realizadas, alcanzando un %Ac. Láctico de 1,635% al cabo de 32 días de fermentación, mientras que la muestra 7 posee una acidez intermedia, lo que indica que el consumidor no aprecia niveles altos de acidez en el producto.
- La temperatura de fermentación es determinante en la acidez del producto final ya que con la temperatura inferior de 8°C se obtienen los valores más bajos de acidez mientras que con la temperatura superior de 16°C se obtienen los valores más elevados de acidez.

5.2.- RECOMENDACIONES

Las recomendaciones propuestas como producto del presente trabajo son:

- Aplicar en la elaboración del chucrut temperaturas bajas, niveles de sal intermedios y tiempos de amasado más prolongados para la obtención de un buen producto.
- Proteger al producto de la luz y el aire debido a que se produce la oxidación y puede dar lugar a una fermentación no deseada del mismo.
- Tener especial cuidado en el envasado ya que al ser un producto probiótico no pasteurizado se corre peligro de contaminación microbiana, además no se debe dejar aire en el envase.
- Dejar reposar por completo el producto durante la fase de fermentación una vez concluida la misma se puede manipular y sacar del reposo el producto.
- Cortar el proceso fermentativo cuando se alcancen niveles de acidez intermedios, puesto que son los mejor valorados por el consumidor.
- Realizar nuevos estudios, tomando como base el presente trabajo, para la incorporación de condimentos y saborizantes en el chucrut, que incremente la demanda del producto en la población.
- Promover la fabricación artesanal de chucrut en Tarija, como un potencial probiótico beneficioso para la salud de la población, y además, como una alternativa de conservación de los grandes volúmenes de repollo que se producen en el departamento.