

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA Y TEXTIL



**“TRATAMIENTO TÉRMICO PARA ESTABILIZAR LA
CHICHA DE JORA”**

TESIS

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO QUÍMICO

PRESENTADO POR:

**CRISTIAN AYMA DE LA CRUZ
GLORIA ALICIA CACSIRE JANAMPA**

LIMA – PERÚ

2012

Dedicado a nuestros padres
José Cacsire y Alejandrina Janampa
Ciro Ayma y Aurelia De La Cruz

Agradecemos a nuestro asesor Enrique Neira,
a nuestros profesores Warren Reategui y Janet Rojas,
a los amigos y familiares por el apoyo y orientación constante.

RESUMEN

La chicha de jora es la bebida obtenida por fermentación de la materia azucarada contenida en el mosto del maíz malteado (Vásquez, 1979.); además, es una bebida oriunda del Perú, difundida sobre todo en la zona andina y el norte del país. Presenta diversas variedades según la región pero su preparación se basa principalmente en la fermentación de jora.

En la actualidad la elaboración de la chicha de jora sigue siendo artesanal, el proceso de elaboración de manera general es: germinación de maíz (jora), molienda, cocción, filtración, adición de azúcar y fermentación.

Las bacterias ácido lácticas en especial los *Lactobacillus plantarum* son responsables en gran medida de la fermentación de la chicha de jora, Quillama (1998); por tal motivo los productos que se obtienen principalmente son lactatos, acetatos, etanol y dióxido de carbono.

Para detener la fermentación es necesario destruir estas bacterias, en esta investigación se realiza mediante tratamientos térmicos, por lo cual es necesario conocer lo siguiente: la cinética de destrucción microbiana de las bacterias ácido lácticas en la chicha de jora, la correlación entre la constante de muerte térmica con la temperatura y la termorresistencia de las bacterias ácido lácticas en la chicha de jora.

Para tal fin se somete a la chicha de jora a diferentes perfiles térmicos (46, 48, 50, 52, 53, 55, 60, 65 y 70 °C) y a cada una de ellas a diferentes tiempos de exposición (0, 5, 10, 15 y 20 minutos), y a todas las muestras se realiza su análisis microbiológico.

Se encontró que el tiempo de muerte térmica de las bacterias ácido lácticas en la chicha de jora es de 15 minutos expuesto a 53°C, además la chicha conserva sus propiedades organolépticas a un nivel aceptable.

Por otro lado se realizan pruebas de penetración de calor para realizar el diseño del proceso térmico en una autoclave con capacidad de 40 litros y usando como medio de enfriamiento el agua, obteniéndose gráficos para determinar condiciones mínimas de tratamiento asegurando la inactivación de las bacterias ácido lácticas en la chicha de jora.

INDICE

	Página
RESUMEN	4
INTRODUCCION	7
CAPITULO I.- ASPECTOS GENERALES	
1.1 El Maíz	9
1.2 Chicha de jora	20
1.3 Caracterización de la chicha de jora	22
CAPITULO II.- MARCO TEORICO	
2.1 Obtención de la jora	25
2.2 Transformaciones durante la cocción	30
2.3 Fermentación Láctica	32
2.4 Tratamiento térmico “Pasteurización”	34
2.5 Prueba de penetración de calor y diseño del proceso térmico con el método de la fórmula de Ball	40
CAPITULO III.- DESARROLLO TECNOLOGICO	
3.1 Proceso de elaboración	49
3.2 Diseño Experimental	52
3.2.1 Fermentación de la chicha de jora	53
3.2.2 Análisis del tratamiento térmico	55
3.2.3 Pruebas de penetración de calor y diseño de proceso térmico	56
3.3 Evaluación sensorial	57
CAPITULO IV.- RESULTADOS Y DISCUSIONES	
4.1 Análisis de la fermentación de la chicha de jora	60
4.2 Tratamiento térmico	63

4.2.1	Correlación de la k_d vs temperatura	70
4.2.2	Correlación de la D vs temperatura y la constante de la termorresistencia (Z)	72
4.3	Diseño del proceso térmico con el método de la fórmula de Ball	73
4.3.1	Calculo de los parámetros de respuesta a la temperatura (f_h)	73
4.3.2	Calculo del factor de retraso (j_h)	75
4.3.3	Calculo de los parámetros de respuesta a la temperatura (f_c)	77
4.3.4	Calculo del factor (j_c)	78
4.4	Análisis sensorial de la chicha de jora	78
4.4.1	Pruebas afectivas	79
4.4.2	Categorización cuantitativa relativa	81
4.5	Tiempo de anaquel	88
	CAPITULO V.- COSTOS DE PROCESAMIENTO	89
	CAPITULO VI.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	92
	CAPITULO VII.- REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	94
	APENDICE	
	Apéndice 1: Método de análisis microbiológico para evaluar las bacterias ácido lácticas de la chicha de jora	95
	Apéndice 2: Evaluación sensorial de la chicha de jora	98
	Apéndice 3: Pruebas de comparación entre la temperatura real versus la temperatura estimada para la chicha de jora	101
	Apéndice 4: Control de tratamiento térmico mediante gráficos obtenidos por simulación	106

INTRODUCCION

El crecimiento del sector turístico (Cuadro N° I.1) y el interés gastronómico, ha dado lugar a la creación de microempresas que elaboran chicha de jora, incluso algunos han empezado a exportar, pero entre los principales problemas que enfrentan con su producto es la inestabilidad, la garantía de inocuidad y calidad.

Cuadro N° I.1 Llegada trimestral de turistas internacionales 2008-2010
(Miles).

Trimestre	2008	2009	2010
I Trimestre	531,1	532,2	553,9
II Trimestre	493,9	493,4	529,9
III Trimestre	558,8	553,1	612,7
IV Trimestre	473,8	561,3	602,8
Total	2057,6	2140,0	2299,3

Fuente: MININTER-DIGEMIN.

El reconocimiento de la gastronomía típica peruana crece considerablemente, prueba de ello es la feria anual Mistura que de 23 mil comensales en su primera versión 2008 creció a 400 mil en el 2011, asimismo las empresas de turismo receptivo vendieron paquetes turísticos solo para este evento a más de 4000 visitantes extranjeros amantes de la buena comida (Página web Mistura).

Según el informe presentado por Promperú “Perfil del Turista Extranjero 2009”, 12 % de los encuestados nombraron entre las razones por la que visitan Perú es para probar la comida peruana; además en el informe se menciona que el 97% de los turistas consideran la comida peruana de buena calidad y variada.

Por tal motivo la demanda de chicha de jora tiene expectativas para crecer; pero en la actualidad existen pocas investigaciones realizadas con respecto a este producto; entre los desafíos que tiene que superar son: la uniformidad del producto, la preservación de sus propiedades sensoriales y la inocuidad.

La investigación está orientado a la estabilización de la chicha de jora mediante tratamientos térmicos, estas operaciones buscan la reducción de la población de microorganismos presentes, de forma que se prolongue el tiempo de vida de anaquel del alimento; por lo tanto la chicha de jora es sometido a diferentes perfiles térmicos y diferentes tiempos con el fin de obtener un producto inocuo y sin alterar las propiedades características del producto.

Durante el proceso de fermentación participa activamente la microflora láctica nativa como responsable de la fermentación, siendo *Lactobacillus plantarum* la especie predominante en la chicha de jora, que durante la transformación participa en la formación del sabor y aroma, confiriendo propiedades organolépticas y reológicas deseables, entonces, será a las bacterias ácido lácticas a quienes se atacará con el tratamiento térmico para estabilizar el producto.

Objetivos

- Desarrollar tecnología para el procesamiento de la elaboración de chicha de jora.
- Estabilizar la chicha de jora.
- Elaborar un modelo matemático para el cálculo de sometimiento de tratamiento térmico y ecuaciones de penetración de calor.
- Aumentar la vida de anaquel.
- Obtener información del comportamiento de la fermentación de la chicha de jora, usando la adición de diferentes contenidos de materia prima (jora y granos adjuntos) como variable.
- Conocer el comportamiento de la fermentación, combinando el mosto de chicha de jora con diferentes proporciones de chicha de jora ya fermentada anteriormente.
- Inactivar la carga microbiana mediante tratamiento térmico usando como variables la temperatura y el tiempo de exposición.
- Obtener los parámetros necesarios para el diseño de operación de tratamientos térmicos como son: constante cinética de muerte térmica a diferentes temperaturas, tiempo de reducción decimal, termorresistencia de las bacterias ácido lácticas presentes en la chicha de jora y factor F (tiempo de muerte térmica).

CAPITULO I.- ASPECTOS GENERALES

1.1 EL MAIZ

Existe controversia sobre cuando el hombre andino empieza a cultivar el maíz. Duccio Bonavia (2008) es el principal difusor de la tesis según el cual el maíz era ya cultivado en tiempos “precerámicos temprano”, subrayando que era sembrado en la costa central y norte; pero de acuerdo a la mayoría de los estudiosos, el maíz no habría sido cultivado durante la etapa ya mencionada sino en sus postrimerías. Se trataba de una variedad de escaso rendimiento, por lo mismo, desprovista de la trascendencia que ocupó posteriormente, en el transcurso de la civilización andina, cuando se convirtió en producto central de la alimentación.

En el antiguo Perú el maíz era consumido en las más diversas formas: como granos secos pelados y sancochados (mote), grano tierno sancochado en su mazorca (choclo), grano seco tostado (cancha) y grano precocido deshidratado y molido (chochoca). Estas formas eran empleadas en la elaboración de diversos platos. Asimismo, de maíz germinado (jora) y fermentado se obtiene la chicha llamado por los incas “aqha”.

GENERALIDADES

El cultivo del maíz tuvo su origen, con toda probabilidad, en América Central, especialmente en México, de donde se difundió hacia el norte hasta Canadá y hacia el sur hasta Argentina. La evidencia más antigua de la existencia de maíz, es de unos 7000 años de antigüedad, fue encontrada por arqueólogos en el valle de Tehuacán (México) pero es posible que hubiese otros centros secundarios de origen en América. Este cereal era un artículo esencial en las civilizaciones maya y azteca y tuvo un importante papel en sus creencias religiosas, festividades y nutrición; ambos pueblos incluso afirmaban que la carne y la sangre estaban formadas por maíz. La supervivencia de maíz más antiguo y su difusión se debió a los seres humanos, quienes recogieron las semillas para posteriormente plantarlas. A finales del siglo XV, tras el descubrimiento del continente americano por Cristóbal Colón, el grano fue introducido a Europa a través de España. Se difundió entonces por lugares de climas cálidos del Mediterráneo y posteriormente a Europa septentrional. Mangelsdorf y Reeves (1939) han hecho notar que el maíz se cultiva en todas las regiones del mundo aptas

para actividades agrícolas y que se recoge en algún lugar del planeta todos los meses del año. Crece desde los 58° de latitud norte en Canadá y Rusia hasta los 40° de latitud sur en el hemisferio meridional. Se cultiva en regiones por debajo del nivel del mar en la llanura del Caspio y a más de 4 000 metros de altura en los Andes peruanos.

Pese a la gran diversidad de sus formas, al parecer todos los tipos principales de maíz conocidos hoy en día, clasificados como *Zea mays*, eran cultivados ya por las poblaciones autóctonas cuando se descubrió el continente americano. Por otro lado, los indicios recogidos mediante estudios de botánica, genética y citología apuntan a un antecesor común de todos los tipos existentes de maíz. La mayoría de los investigadores creen que este cereal se desarrolló a partir del teosinte, *Euchlaena mexicana Schrod*, cultivo anual que posiblemente sea el más cercano al maíz. Otros creen, en cambio, que se originó a partir de un maíz silvestre, hoy en día desaparecido. La tesis de la proximidad entre el teosinte y el maíz se basa en que ambos tienen 10 cromosomas y son homólogos o parcialmente homólogos.

En cualquier caso, la mayoría de las variedades modernas del maíz proceden de material obtenido en el sur de los Estados Unidos, México y América Central y del Sur

DESCRIPCIÓN BOTÁNICA

El maíz (*Zea mays*) pertenece a la familia de las gramíneas y es una planta anual alta dotada de un amplio sistema radicular fibroso. Se trata de una especie que se reproduce por polinización cruzada y la flor femenina (elote, mazorca, choclo o espiga) y la masculina (espiguilla) se hallan en distintos lugares de la planta. Las panojas (a menudo, una por tallo) son las estructuras donde se desarrolla el grano, en un número variable de hileras (12 a 16), produciendo de 300 a 1 000 granos, que pesan entre 190 y 300 g por cada 1 000 granos. El peso depende de las distintas prácticas genéticas, ambientales y de cultivo. El grano constituye aproximadamente el 42 por ciento del peso en seco de la planta. El maíz es a menudo de color blanco o amarillo, aunque también hay variedades de color negro, rojo y jaspeado. Hay varios tipos de grano, que se distinguen por las diferencias de los compuestos químicos depositados o almacenados en el grano.

Las variedades cultivadas fundamentalmente para alimentación comprenden el maíz dulce y el reventador, aunque también se usan en buena medida el maíz dentado, el amiláceo o harinoso y el cristalino; este

último también se utiliza para pienso. El maíz normal no maduro en la panoja es objeto de gran consumo, hervido o tostado. El maíz harinoso es un grano con endospermo blando que se emplea mucho como alimento en México, Guatemala y los países andinos. El maíz de tipo dentado tiene un endospermo calloso y vítreo a los lados y en la parte posterior del grano, en tanto que el núcleo central es blando. El maíz de tipo cristalino posee un endospermo grueso, duro y vítreo, que encierra un centro pequeño, granuloso y amilácea.

LA PLANTA DEL MAÍZ

Se puede considerar la planta del maíz como un sistema metabólico cuyo producto final es, en lo fundamental, almidón depositado en unos órganos especializados: los granos.

El desarrollo de la planta se puede dividir en dos fases fisiológicas. En la primera, o fase vegetativa, se desarrollan y diferencian distintos tejidos hasta que aparecen las estructuras florales. La fase vegetativa consta de dos ciclos. En el primero se forman las primeras hojas y el desarrollo es ascendente; en este ciclo, la producción de materia seca es lenta y finaliza con la diferenciación tisular de los órganos de reproducción. En el segundo ciclo se desarrollan las hojas y los órganos de reproducción; este ciclo acaba con la emisión de los estigmas.

La segunda fase, también llamada fase de reproducción, se inicia con la fertilización de las estructuras femeninas que se diferenciarán en espigas y granos. La etapa inicial de esta fase se caracteriza por el incremento de peso de las hojas y otras partes de la flor; durante la segunda etapa, el peso de los granos aumenta con rapidez (Tanaka y Yamaguchi, 1972).

La planta desarrolla características y diferencias morfológicas en las fases vegetativa y de reproducción, como consecuencia del terreno de evolución, selección natural y la domesticación. Algunos genotipos se han adaptado a zonas ecológicas concretas, desarrollando características particulares, como por ejemplo la sensibilidad con respecto a la duración del día y a la temperatura, que limitan su adaptabilidad a zonas con diferente latitud y altitud. Por tanto, se deben realizar programas de mejora en las zonas en que se van a cultivar las variedades mejoradas, aunque esto no significa, que se puedan obtener características genéticas específicas mediante retrocruzamiento.

La morfología o arquitectura de la planta también ha sido consecuencia de la evolución que ha dado lugar a una gran variedad de plantas (longitud y anchura de las hojas, altura de las plantas, lugares en que aparecen las mazorcas, el número de estas por planta, los ciclos de maduración, los tipos de granos, el número de hileras de granos, entre otras características).

Esta variedad es de gran valor para mejorar la productividad de la planta y determinados elementos orgánicos del grano. Los principales factores del rendimiento son el número y el peso de los granos, y están determinados por factores genéticos cuantitativos que se pueden seleccionar con relativa facilidad. El número de granos está determinado por el número de hileras y el número de granos por hilera de la mazorca. La relación entre el peso del grano y el peso total de la planta es, en la mayoría de las variedades de maíz, de aproximadamente 0,52.

ESTRUCTURA DEL GRANO DE MAÍZ

Los granos de maíz se desarrollan mediante la acumulación de los productos de la fotosíntesis, la absorción a través de las raíces y el metabolismo de la planta de maíz en la inflorescencia femenina denominada espiga. Esta estructura puede contener de 300 a 1 000 granos según el número de hileras y el diámetro y longitud de la mazorca. El peso del grano puede variar mucho, de aproximadamente 19 a 30 g por cada 100 granos. Durante la recolección, las panojas de maíz son arrancadas manual o mecánicamente de la planta. Se pelan las brácteas que envuelven la mazorca y luego se separan los granos a mano o, más a menudo, mecánicamente.

El grano de maíz se denomina en botánica cariósipide o cariopsis; cada grano contiene el revestimiento de la semilla, o cubierta seminal, y la semilla, como se ve en la Fig. N° 1.1.

La figura muestra también las cuatro estructuras físicas fundamentales del grano: el pericarpio, cáscara, o salvado; el endospermo; el germen o embrión; y la pilorriza (tejido inerte en que se unen el grano y el carozo). Wolf et al. (1952), Wolf, Koo y Seckinger (1969) han descrito adecuadamente la anatomía general y la estructura microscópica de estos elementos anatómicos.

La distribución ponderal de las distintas partes del grano se indica en el Cuadro N° 1.1, el 83 por ciento corresponde al endospermo, 11 por ciento al germen y 5 por ciento al pericarpio. El resto está constituido por la piloriza, estructura cónica que junto con el pedicelo une el grano a la espiga.

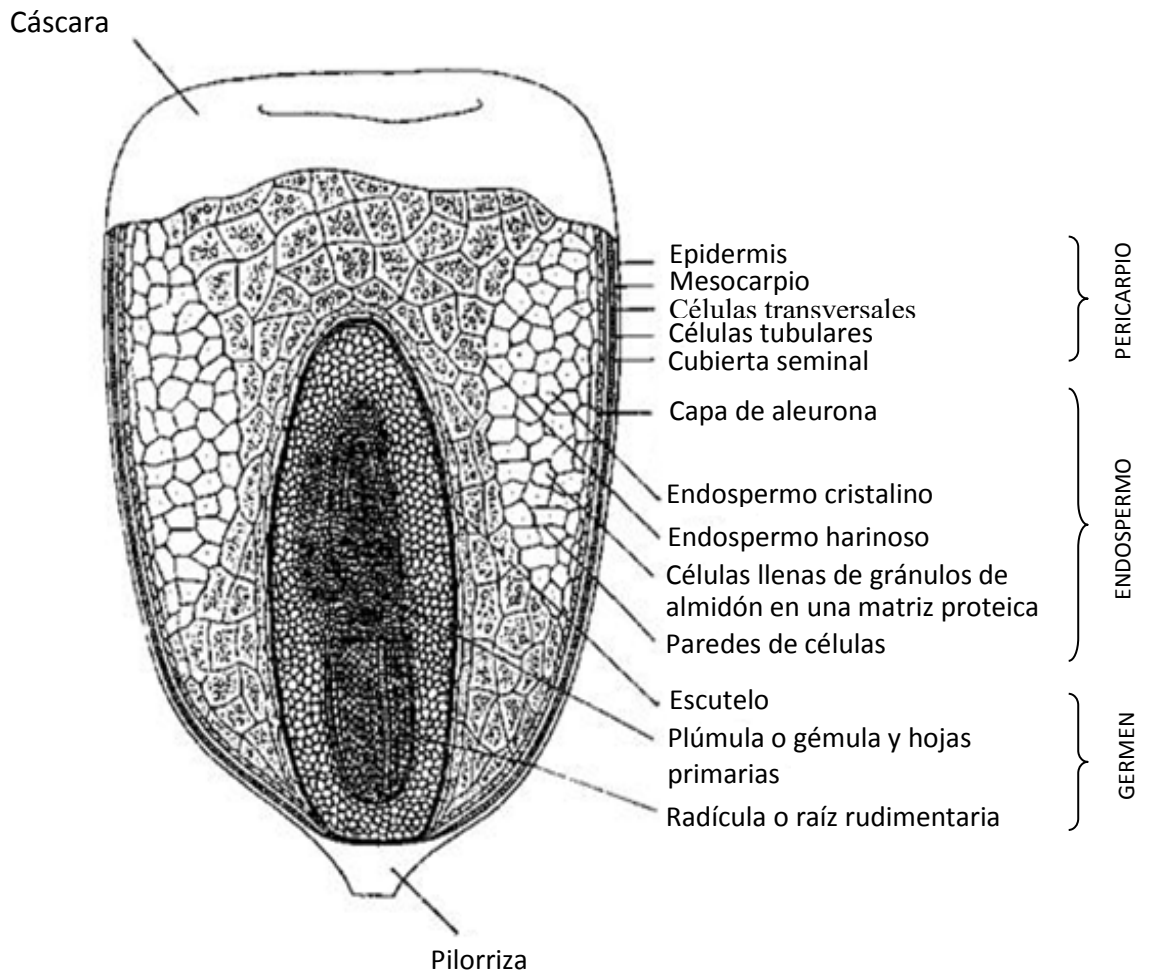


Fig. N° 1.1 Estructura del grano de maíz: corte longitudinal

Fuente: Wheat Flour Institute, Chicago, Illinois, 1964

En el Cuadro N° 1.2 se resumen los datos correspondientes a dos variedades comunes y a una de maíz opaco-2 (Landry y Moureaux, 1980). Las dos muestras de maíz común presentan las mismas características generales; ahora bien, el germen de la muestra de maíz opaco-2 es mayor y suministra más nitrógeno.

Cuadro N° 1.1 Distribución Ponderal de las principales partes del grano

Estructura	% Distribución ponderal
Pericarpio	5 -6
Aleurona	2 - 3
Endospermo	80 - 85
Germen	10 - 12

Cuadro N° 1.2 Distribución del peso y del nitrógeno de partes de granos de maíz común y opaco-2

Parte del grano	Materia seca (%)			Nitrógeno (%)		
	Común	Común	Opaco-2	Común	Común	Opaco-2
Germen	13,5	8,1	35,0	20,1	14,9	35,1
Endospermo	80,0	84,0	61,0	76,5	80,5	60,7
Cubierta seminal	6,5	7,9	4,0	3,4	4,6	1,2

Fuente: Landry y Moureaux 1980

PRODUCCION MUNDIAL DE MAIZ

La producción mundial de maíz aumentó de 1979 a 1987 como se indica en el Cuadro N° 1.3, en la que se desglosa por continentes. La superficie plantada con maíz pasó de 105 millones de hectáreas en 1961 a unos 127 millones en 1987. La producción creció significativamente debido al aumento de las tierras cultivadas con el cereal, sobre todo gracias a mejoras genéticas, aplicación de técnicas más eficientes y uso de fertilizantes, así como a la introducción de variedades nuevas con mayor capacidad de reproducción.

Los países en desarrollo dedican más tierras al cultivo de maíz que los países desarrollados, pero éstos obtienen un rendimiento aproximadamente cuatro veces mayor. La mayor parte de la producción de los países en desarrollo se dedica al consumo humano, la del mundo desarrollado sirve fundamentalmente para la elaboración industrial y para pienso. En América del Norte y América Central, los elevados rendimientos por hectárea y la gran producción de la región se deben sobre todo a los Estados Unidos.

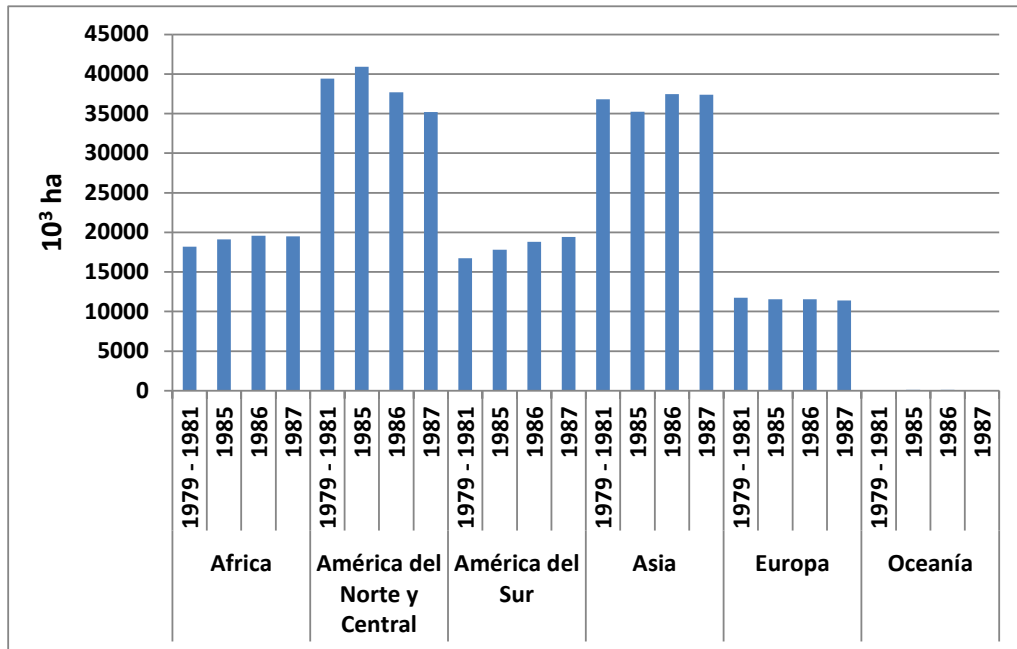


Fig. N° 1.2 Producción mundial de Maíz

Fuente: FAO 1988

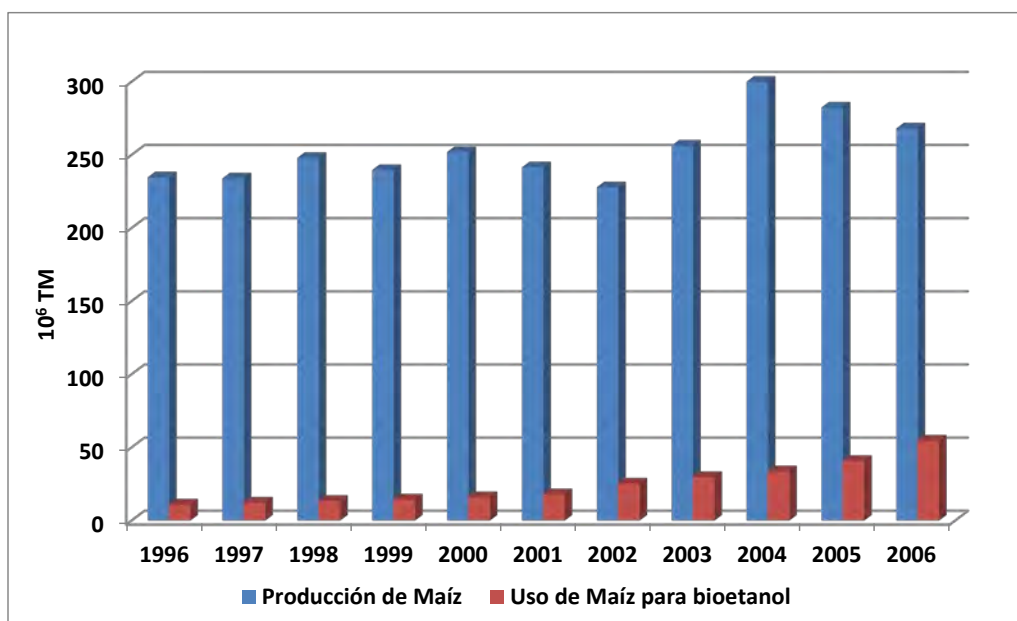


Fig. N° 1.3 Producción de maíz en USA.

Fuente: United Department of Agriculture (USDA), 2007

La emigración de los habitantes del campo a las ciudades y a los cambios del modo de vida que se da en los países en desarrollo, se registra tendencia a consumir trigo en lugar de maíz que influye en la producción. El empleo del maíz en la industria y para pienso, en particular para aves de corral y otros animales monogástricos ha aumentado ligeramente. La comparación de los datos disponibles para el maíz con los correspondientes al trigo y al arroz lo sitúa en el segundo puesto de los cereales, en cuanto a importancia, después del trigo. Ahora bien, por lo que se refiere a rendimiento por hectárea, el maíz supera a los otros dos cereales.

COMPOSICION QUIMICA Y MORFOLOGIA DEL MAIZ

El grano individual del maíz es botánicamente una cariósida y está formado por 4 estructuras principales: el pericarpio o cáscara, el germen o embrión, el endospermo y la piloriza.

El pericarpio, cáscara o salvado se caracteriza por un elevado contenido de fibra cruda, aproximadamente 87%; la fibra está constituida principalmente por hemicelulosa y celulosa. El resto de la composición química de la cáscara son cenizas, proteínas y azúcares. La función primordial de la estructura fibrilar en la cáscara es formar una red que proteja y contenga a las demás estructuras del grano.

El endospermo provee los nutrientes para el germinado de la semilla, hasta que la nueva planta tenga suficiente área de hoja para ser autótrofa. Esta estructura posee un alto contenido de almidón (87%) y aproximadamente 8 % de proteínas. Esta composición se aprecia claramente en una micrografía obtenida por microscopia electrónica de barrido (Fig. N° 1.4), en la que se observan 2 tipos de partículas: esféricas y laminares.

Las estructuras esféricas son los gránulos de almidón, mientras que la estructura laminar está formada por proteínas. Además, esta parte del grano de maíz contiene aproximadamente 5% de agua. La distribución del contenido de agua en el endospermo produce dos morfologías diferentes en esta sección del grano de maíz, el líquido se concentra en la parte interna del grano, mientras que la parte cercana a la cáscara presenta menor contenido de agua; por lo tanto, la morfología del endospermo “seco” tiene un aspecto mucho más compacto que la sección del endospermo “húmedo”. En la parte “húmeda” del endospermo (Fig. N° 1.4a) se aprecia las esferas del almidón y las laminas proteicas con una densidad de masa total menor a la densidad de masa observada en la parte

“seca” del endospermo (Fig. N° 1.4b). Esto se debe al mayor o menor contenido de agua en las dos diferentes secciones del endospermo. Además, en la parte “seca” del endospermo la parte proteica se ve como una interface continua entre las partículas de almidón; por el contrario en la parte “húmeda”, la estructura proteica se aprecia como una serie de laminas que se encuentran entre las partículas esféricas de almidón en la Fig. N° 1.5 puede observarse de una manera detallada la morfología del endospermo: la estructura proteica recubre las partículas de almidón (esferas) y se interconecta mediante una serie de láminas que se encuentran entre las mismas partículas del almidón.

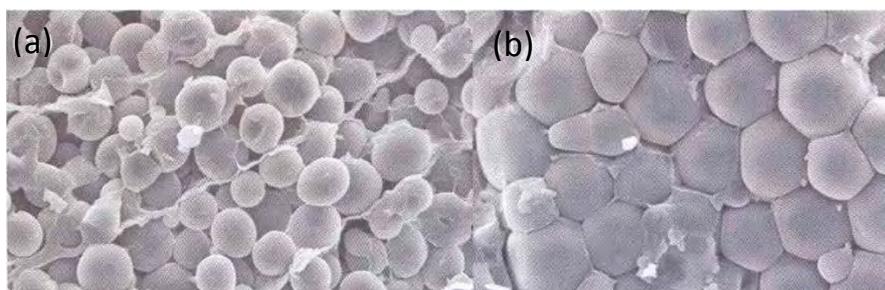


Fig. N° 1.4 Imagen del microscopio electrónico de barrido en la que se aprecian las diferentes partes del endospermo: a) parte central y húmeda del endospermo y b) sección seca y externa del endospermo.

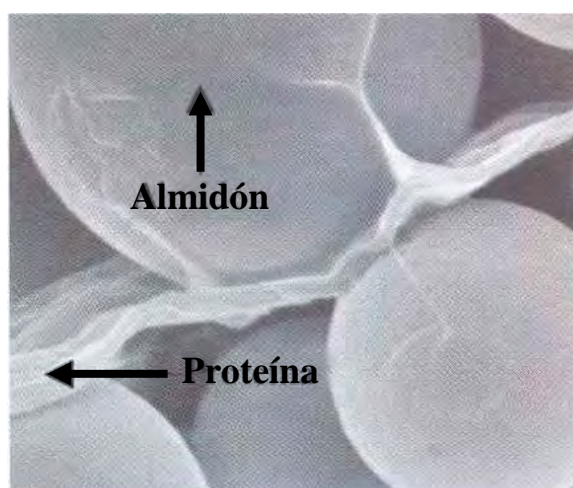


Fig. N° 1.5 Estructura morfológica detallada de los dos componentes del endospermo: el almidón (partículas esféricas) y la sección proteica, que forma láminas entre las partículas del almidón; asimismo, se observa que la parte proteica envuelve a las partículas del almidón.

El germen o embrión es la estructura a partir de la cual se desarrollará una nueva planta. Se caracteriza por un elevado contenido de grasa, proteínas y minerales. En este caso, la estructura morfológica del germen de maíz presenta una morfología muy densa (Fig. N° 1.6). Esta morfología puede estar relacionada por el alto contenido de minerales, los cuales tienen estructuras mucho más compactas que el de las proteínas y las grasas.

La piloriza es una estructura cónica de tejido inerte que une el grano y el carozo (olote). Al igual que el pericarpio, está compuesta de celulosa y hemicelulosa, entre otros carbohidratos complejos.

VALOR NUTRITIVO DEL MAIZ

Debido a su ingesta relativamente elevada en los países en desarrollo, a las cereales no se les puede considerar solo una fuente de energía, proporcionada por el almidón, sino que además suministran cantidades notables de proteínas y otros nutrientes. Vale la pena mencionar que cada una de las partes del grano de maíz difiere considerablemente su composición química, que a su vez varía ampliamente por causas tanto genéticas como ambientales.

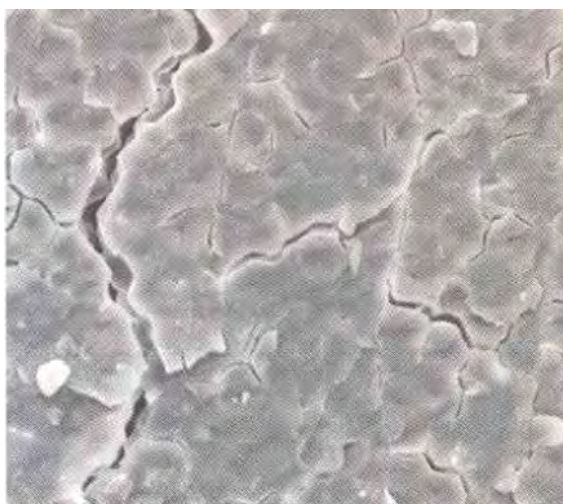


Fig. N° 1.6 Imagen microscópica del germen, en la cual se observa una alta densidad por la presencia de minerales y fracturas debido a la pérdida de agua durante el proceso de preparación de la muestra.

ALMIDON Y OTROS CARBOHIDRATOS

El componente químico principal del grano de maíz es el almidón, al que corresponde hasta el 72-73% del peso de grano. El almidón está formado por dos polímeros de glucosa: amilosa y amilopectina. La amilosa es una molécula esencialmente lineal de unidades de glucosa, que constituye hasta el 30% del almidón. El polímero amilopectina también consiste en unidades de glucosa, pero en forma ramificada, constituye hasta el 75% del almidón. Otros hidratos de carbono son azúcares sencillos en forma de glucosa, sacarosa y fructosa, en cantidades que varían de 1-3% del peso del grano.

PROTEINAS

En las variedades comunes de maíz, el contenido de proteínas puede oscilar entre 8 y 11% del peso del grano, la mayor parte, se encuentran en el endospermo. Las proteínas de los granos son estudiadas ampliamente y están formadas de varias fracciones distintas:

- a) La fracción de proteína soluble en agua, constituida por albúminas y globulina.
- b) La fracción de proteínas soluble en alcohol, constituidas por las prolaminas o zeínas (esta fracción representa entre 50 y 60% del total de proteínas del endospermo, por lo que se considera las proteínas de reservas más importantes), tiene como función servir como fuente de nitrógeno para el germinado de las semillas; las zeínas son ricas en prolina, glutamina, leucina y alanina. Se clasifican en 4 clases dependiendo de la solubilidad y la secuencia: alpha, beta, gamma y delta; cada una de estas clases son conjuntos de por lo menos una decena de proteínas con secuencias distintas que se han determinado genéticamente.
- c) Otra de las fracciones está constituida por las proteínas solubles en soluciones alcalinas en presencia de mercaptoetanol; esta fracción representa aproximadamente 1% de la proteína total en el grano.

ACEITE Y ACIDOS GRASOS

El aceite del grano de maíz esta principalmente en el germen y está determinado genéticamente, con valores que van de 3 a 18%. El aceite de maíz tiene bajo nivel de ácidos grasos saturados: ácido palmítico y esteárico, con valores medios de 11 y 2% respectivamente. En cambio, contienen niveles relativamente elevados de ácidos grasos poli-

insaturados, principalmente ácido linoléico, con un valor medio de cerca de 24%. Solo se encuentra cantidades mínimas de ácidos linolénico y araquidónico. Además, el aceite de maíz es relativamente estable, contiene pequeñas cantidades de ácidos linolénico (0.7%) y niveles elevados de antioxidantes naturales. Los ácidos grasos saturados afectan negativamente varios factores relacionados con enfermedades cardiovasculares y arterosclerosis; mientras los ácidos grasos poli-insaturados tienen efectos benéficos en el sistema cardiovascular; por eso el aceite de maíz goza de buena reputación, debido a la distribución de los ácidos grasos, principalmente del ácido linoléico.

La concentración de cenizas en el grano de maíz es aproximadamente de 1.3%, pero ese porcentaje varía considerablemente debido a factores ambientales como tipo de suelo, riego y fertilización entre otros. El germen es relativamente rico en minerales, con un valor medio de 11%, frente a menos de 1% en el endospermo. El germen proporciona casi 78% de todos los minerales de grano. Los elementos químicos que más abundan en forma de minerales son fósforo, potasio y magnesio, se encuentran en su totalidad en el embrión con valores de entre 0.90 y 0.92% dependiendo de la variedad de maíz.

1.2 CHICHA DE JORA

La chicha es la bebida por excelencia del antiguo Perú. La más sencilla y más antigua forma de “elaboración consiste en añadir agua caliente sobre el grano, previamente chancado o molido, al cabo de uno o dos días, agregar agua a la mezcla, para aligerarla; y después hervir, filtrar y poner a fermentar en un porongo dos o más días, según se desee una chicha ligera y refrescante o embriagadora. Después se generalizó el empleo del maíz germinado y masticado (chacchado), al cual se llamó jora. Para algunas festividades se acostumbra que las acllas (mujeres al servicio del inca) escogidas masticaran el grano germinado, de modo que la fermentación se acentuara por efecto de la “ptialina” contenido en la saliva; incluso hubo otra especie de chicha, a la cual se le agregaba un trozo de carne, desprovista de huesos, grasa y nervios, que recibió el nombre de “tekti”. Pero también podía elaborarse la chicha de los pequeños frutos del molle, de ocas o yucas, de maní o quinua; o se agregaba uno o más de estos productos a la chicha de maíz. Según el grado de fermentación o de las materias agregadas al maíz, la chicha puede variar la tonalidad y

consistencia (densa o acuosa, viscosa o cristalina, y de color amarillo oscuro o blanquecino, colorado o ceniciento).

Además de servir como bebida reconfortante durante las faenas agrarias, su uso en las ceremonias fue principal. En la actualidad, la chicha continúa siendo la bebida popular entre los pobladores de todo el Perú.

La chicha de jora se ha elaborado desde tiempos “pre incaicos”, un vestigio de esto se encuentra en la zona arqueológica de Chavín de Huantar (1500 a.c – 200 d.c) en la galería de ofrendas entre las numerosas vasijas y cántaros; se cree que varios de estos contenían bebidas entre ellas la chicha. Esta interpretación encuentra sustento en las representaciones de maíz en tres botellas presentes (Lumbreras op. cit.: lámina 74), así como en recientes análisis químicos efectuados en los restos óseos recuperados en Chavín de Huantar (Burger y van der Merwe 1993).

CARACTERISTICAS

La chicha de jora es una bebida tradicional y oriunda del Perú que es consumida por la mayoría de regiones del Perú. Es una bebida alcohólica obtenida de la fermentación de la materia azucarada contenida en el mosto del maíz germinado. Por intermedio de la fermentación se activa la micro flora láctica nativa la cual es responsable de la fermentación láctica y/o maltoláctica. Las bacterias lácticas son útiles como probióticos por sus beneficios terapéuticos y nutricionales.

El cuadro N°1.3, presenta el valor nutricional de la chicha de jora por 100 mL de sustancia comestible:

CARACTERISTICAS ORGANOLEPTICOS

- **Color:** El color predominante es el pardo claro, aunque varía dependiendo de la materia prima utilizada, por ejemplo puede encontrarse chicha de jora desde el blanco amarillento hasta el blanco rosa. El color varía a través del tiempo de duración de la fermentación, iniciándose con el color pardo oscuro y tornándose a pardo claro.
- **Aroma:** El aroma no varía a lo largo del tiempo de fermentación.

- **Sabor:** El sabor es fuertemente influenciado durante la fermentación que se inicia como a maíz dulce pasando por el agridulce y terminando con agrio, poco dulce y ácido.
- **Grado de claridad:** El grado de claridad de la chicha de jora es turbio.
- **Sedimento:** Es el resultado de la precipitación de los sólidos insolubles: gomas, proteínas, levaduras, cuando la fermentación ha terminado. Este se incrementa con el tiempo de elaborada la chicha.

Cuadro N° 1.3 Tabla de composición de la chicha de jora.

Contenido en 100g de Chicha de jora	
Energía (Kcal.)	28
Agua (g)	93.2
Proteínas (g)	0.4
Grasa (g)	0.3
Carbohidratos (g)	5.8
Fibra (g)	0.2
Ceniza (g)	0.3
Calcio (mg)	22
Fósforo (mg)	18
Hierro (mg)	1.8
Tiamina (mg)	0.02
Riboflavina (mg)	0.10
Niacina (mg)	0.20
Ácido ascórbico reducido	2.4

Fuente: Ministerio de Salud. Instituto Nacional de Salud. Centro Nacional de Alimentación y Nutrición. 2002

1.3 CARACTERIZACION DE LA CHICHA DE JORA

a) ESPECIFICACIONES DE LA MATERIA PRIMA

Para la elaboración es necesario especificar cada una de las materias primas a utilizar.

Maíz:

Ensayar con los granos del “maíz serrano” que es una variedad del tipo amiláceo, procedente de las zonas con climas templados de la sierra del Perú.

Los granos deben encontrarse secos, enteros y libres de insectos.

Color : Amarillo con pilorriza rosada.

Forma del grano : Elipsoidal u ovoide.

Jora:

La jora se obtiene por germinación de los granos de maíz serrano, deben tener como promedio sus raicillas 2 cm de crecimiento; pero para su uso deben estar secos, libres de moho e insectos.

Su principal función es la de proporcionar las enzimas (diastasas) que serán responsables de la degradación del almidón en maltosa y glucosa.

Granos adjuntos:

Los siguientes granos (Habas, trigo, quinua, cebada) deben estar secos, limpios y libres de insectos.

b) ESPECIFICACIONES DEL PRODUCTO FINAL

La chicha de jora al ser un producto de consumo humano debe tomar medidas para garantizar la inocuidad del producto final, conservar sus propiedades nutricionales y cuidar la salud de los consumidores.

Los requisitos de la chicha de jora se resumen de la siguiente manera:

Color: Pardo claro

Aroma: Debe mantenerse en el tiempo.

Sabor: Agridulce y debe mantenerse en el tiempo.

Textura: Ligeramente viscoso y con trazas de sólidos suspendidos.

Grado de claridad: Turbio.

Niveles de carga microbiana: Ver Cuadro N° 1.4.

Cuadro N° 1.4 Niveles microbiológicos máximos permitidos según
MR 591-2008 MINSA.

Agente Microbiano	Limite Max.
Aerobios mesófilos	10
Mohos	5
Levaduras	10

CAPITULO II.- MARCO TEORICO

2.1 OBTENCIÓN DE LA JORA

El principal ingrediente para la elaboración de la “chicha de jora” es el maíz germinado llamado comúnmente “jora”, para la obtención de jora de buena calidad, hay que tener en cuenta las siguientes consideraciones:

- Maíz que germine uniformemente y con facilidad.
- Cualidades enzimáticas satisfactorias (α -amilasa, β -amilasa, etc.).

CAMBIOS DURANTE EL PROCESAMIENTO EN LA ELABORACION DE JORA.

a) REMOJO:

La actividad vital del grano empieza en el mismo momento en que se introduce en el agua. El azúcar se disuelve, una parte sirve de alimento al embrión y la otra se consume en la respiración. Comienza también la producción de enzimas, principalmente, de la diastasa que hidroliza al almidón. Durante la imbibición las moléculas de sustancias completamente solventes se hinchan, causan disolución de las partículas coloidales, ocupan los espacios capilares libres y los espacios intermicelares del coloide. Los geles en los granos son polielectrolitos que contienen un largo número de grupos iónicos. Las moléculas por sí mismas son de considerable peso molecular, por esto, no se mueven libremente. Debido a esto la imbibición puede tratarse como un caso especial de ósmosis, además que las fuerzas desarrolladas en esta reacción son las mismas que suceden en ósmosis. Estudios consideran que parte de la hinchazón del coloide, debido a esta inmovilidad actúa como una membrana semipermeable y el grosor de ésta, como el sistema osmótico. Según Mayer (1963), citado por Velásquez (1982), en los granos, la proteína es el principal componente que imbibes agua. Sin embargo, otros componentes también se hinchan.

Los almidones no intervienen en el total de la hinchazón de los granos, aún cuando grandes cantidades de almidones están presentes. Estos solamente

se hinchan a un pH muy ácido o después de un tratamiento con altas temperaturas, condiciones por las cuales no ocurre naturalmente.

b) GERMINACION:

Durante el remojo la provisión de azúcar en el grano se agota rápidamente y la vida del embrión terminaría muy pronto si en este estado no tuviese la facultad de preparar por sí mismo las sustancias nutritivas necesarias para conservarla mediante la producción y segregación de enzimas o fermentos solubles, cuya única función es el de transformar las sustancias de reserva del grano de insolubles o no disolubles en materias nutritivas solubles y difusibles.

Según Ullman (1965), citado por Velásquez (1982), las transformaciones químicas que se producen en el grano durante la germinación hay que atribuirles a las enzimas que ya existen en el grano y de las que se desarrollan durante la germinación.

Grassini (1958), citado por Velásquez (1982), afirma que mientras el grano germina, en su interior, se van formando diastasas específicas, las cuales actúan sobre los distintos componentes del mismo, almidones, proteínas, elementos fosfatados, etc. , por otro lado, se forma nuevos compuestos enzimáticos como carbohidratasa, lipasa, fosfatasa, proteasa y desmolasas, las cuales actúan en la sacarificación del mosto. La fosfatasa produce la desfosforilación del almidón reduciendo su viscosidad y favoreciendo su licuefacción. Las amilasas (algunos las llaman diastasas), actúan sobre el almidón transformándolo en dextrinas, que es un azúcar no fermentable por las levaduras, y sobre la dextrina transformándola en maltosa, que es el azúcar que contiene el mosto de malta, el cual puede ser transformado en alcohol por las levaduras. Fritz Ullman (1965), citado por Velásquez (1982), afirma que la citasa es otra enzima que ataca las paredes de las células del almidón, y esto es muy importante ya que de eso depende la suavidad de la malta. Según Grassini (1958), las proteolíticas actúan sobre el gluten y el gleurona de la semilla, produciendo su degradación a cuerpos aaminados más simples, los cuales podrán ser utilizados como alimentos nitrogenados por las levaduras durante la fermentación del mosto.

Uno de los fenómenos más importantes de la germinación es la producción de la enzima amilolítica o diastasa; según las investigaciones de Chrzaszcz (1913), mencionado por Grassini (1958), en la germinación de la cebada se

producen tres diastasas: La solubilizante de la fécula, la dextrinizante y la sacarificante.

Las diastasas solubilizantes y sacarificantes se producen independientemente una de la otra, asimismo, su formación depende del tiempo que dure la germinación, la temperatura y la humedad que contiene el maíz. La aireación tiene gran influencia.

La actividad de la diastasa durante la germinación es pobre. En términos generales, solo se sacarifica la cantidad de fécula necesaria para la alimentación y la respiración del embrión. Sin embargo, la diastasa es la enzima que en el braceado va a realizar el principal trabajo.

La forma exacta de cómo estas amilasas funcionan es distinta en diferentes granos. Usualmente, los granos contienen amilosa y amilopectina. El almidón de maíz contiene únicamente un 25% de amilosa, siendo el resto amilopectina. Bravermann (1967), afirma que en la actualidad se han obtenido nuevas variedades de maíz que contienen en su almidón hasta un 65% de amilopectina.

En los granos existen dos tipos de amilasa, la alfa-amilasa y la beta-amilasa que ataca a la molécula de amilosa en su extremidad no reductora, separando moléculas de maltosa en las posiciones 1:4 y continuando de esta forma, hasta que llega al punto de ramificación del enlace 1:6 donde su actividad se detiene. Durante la germinación, otra enzima que ataca al almidón es formada, particularmente, la alfa-amilasa que actúa únicamente sobre los enlaces 1,4 separando moléculas largas de oligosacáridos a partir del almidón. En la industria, estas mezclas obtenidas por hidrólisis enzimática o ácida, se denominan dextrina o jarabe de almidón (también jarabe de maíz).

Dure, mencionado por Mayer (1963), afirma que los granos secos de maíz contienen solamente beta-amilasa. El aumento de la actividad de la amilasa en el grano durante la germinación es, principalmente, por la alfa-amilasa, la cual, cuando la actividad amilolítica está en lo máximo, tiene el 90% de actividad total en el endosperma. La alfa-amilasa se origina en el escutelo y es secretada dentro del endosperma, mientras que la beta-amilasa aparece formándose solamente en el endosperma. Las moléculas de maltosa por la acción de la amilasa, son degradadas por la enzima maltasa, que existe en la malta, y convertidas en moléculas sencillas de glucosa. Lo que antecede demuestra la especificidad absoluta de estas enzimas.

Según Conn (1965), citado por Velásquez (1982), la maltosa es un azúcar reductora ya que tiene un grupo aldehído potencialmente libre y presenta el fenómeno de mutarrotación. Este disacárido no se encuentra en la naturaleza, pero se obtiene de la forma que hemos indicado.

La acción de la diastasa sobre la fécula se manifiesta por la aparición de hoyuelos en la superficie del grano, que van aumentando progresivamente en número y profundidad; aparecen después hendiduras radiales y las capas concéntricas se van separando una de otras; por último, desaparece la parte fécula transformada en azúcar que sirve, en parte, para mantener la respiración y, en parte, para alimentar al embrión. En total se pierde con esto, según el método de trabajo seguido, de 4 a 7% de fécula.

Ullman (1965), afirma que las propiedades físicas y químicas de la malta no dependen en manera alguna de la longitud de la plúmula y radícula. Se puede obtener malta, cuyo estado de desagregación es completo, con plúmulas y radículas cortas.

Como se indicó anteriormente las proteínas también son degradadas por las proteinasas o enzimas proteolíticas, pero no se conoce la exacta naturaleza del mecanismo. Generalmente, hay pequeños cambios en el contenido de nitrógeno total de la semilla durante la germinación, no obstante una pérdida insignificante puede ocurrir, especialmente, debido a la impermeabilidad de las sustancias nitrogenadas. En lugar de las proteínas degradadas aparecen aminoácidos libres y amidas.

La grasa contenida en semillas cambia durante la germinación por acción de la lipasa. Es frecuente encontrar que más de una lipasa es activa. Esas son diferenciadas en varias formas, incluyendo el pH al cual funcionan. En esta forma es posible distinguir entre lipasas neutras y ácidas. Los tejidos de las semillas vegetales con gran contenido de grasas, transforman rápidamente sus depósitos de grasa en sacarosa durante la germinación. Según Conn (1965), las semillas que dependen más del almidón que de las grasas como fuente de energía durante la germinación, no poseen el ciclo glioxilato, es decir, no van a transformar los ácidos grasos liberados en azúcar.

Según Bennion(1970), citado por Velásquez (1982), las enzimas que degradan las grasas en ácidos grasos van a producir alteraciones aumentando acidez.

Las sustancias minerales del maíz sufren también hondas transformaciones; en primer término, las combinaciones orgánicas del ácido fosfórico en forma de ácido inositolfosfórico combinado con distintas bases (fitinas). Durante la germinación, la fitasa desdobla estas combinaciones en inosita y fosfatos minerales. La malta no tiene ácidos orgánicos libres. El aumento de acidez se debe exclusivamente a la solubilización del ácido fosfórico y formación de fosfatos ácidos.

Según Mayer (1963), los ácidos cítrico, málico y citocínico se incrementan, en diferentes proporciones, en el maíz durante la germinación.

c) SECADO O DESHIDRATADO:

Durante esta operación se producen modificaciones en la malta, tanto físicas como químicas. Las modificaciones físicas se refieren a la cantidad de agua, al volumen, al sabor, al olor y al color.

El volumen de la jora es siempre mayor que el del maíz de la que procede y ambas están, por término medio, en la proporción 1.3 a 1.

El olor y el sabor de la jora se modifica esencialmente: la jora verde tiene olor y sabor a pasto, que desaparecen en la jora secada.

Las transformaciones químicas se producen de acuerdo a la temperatura: si es baja, prosigue el crecimiento del embrión y de la desagregación del grano. La plúmula crece algo y continúa la segregación de enzimas; sin embargo, cuando la temperatura es alta (45°C), se producen una serie de fenómenos de reversión, el azúcar invertido se transforma de nuevo en sacarosa y aun en fécula; los azúcares fermentables pasan de nuevo a polisacáridos no fermentables.

En la malta desecada y tostada hay, pues, siempre más sacarosa que en la malta verde, que contiene mayor proporción de azúcar invertida.

De los azúcares reductores que intervienen en la formación del aroma, color ocupa el primer lugar el azúcar invertido, a su vez, la levulosa que se descompone a temperaturas relativamente bajas da a la malta cierto aroma y algo de color.

Las transformaciones químicas se producen por acción de las enzimas. La desecación modifica profundamente las enzimas de la malta verde o fresca. Ullman (1965), afirma que la enzima solubilizante de la fécula

soporta relativamente, bien las altas temperaturas de la desecación, aunque muy debilitada. Mucho más sensible a la temperatura es la diastasa.

2.2 TRANSFORMACIONES DURANTE LA COCCIÓN

a) AMILOLISIS

Las enzimas más importantes en el malteado son las amilasas α y β . Se denominan así según la posición α o β , respectivamente del hidroxilo del carbono 1 del carbohidrato producido. La amilasa α es un metaloenzima y un endoenzima, en tanto que la β amilasa es una enzima tílico y exoenzima. La α amilasa ataca cualquier enlace α 1,4 excepto aquellos próximos a un punto de ramificación y los situados a los extremos de la molécula. Actuando sobre la amilosa, el enzima rinde, moléculas de diversas longitudes y cadena lineal. Cuando ataca a la amilopectina, el producto que rinde es una mezcla de moléculas lineales y ramificadas.

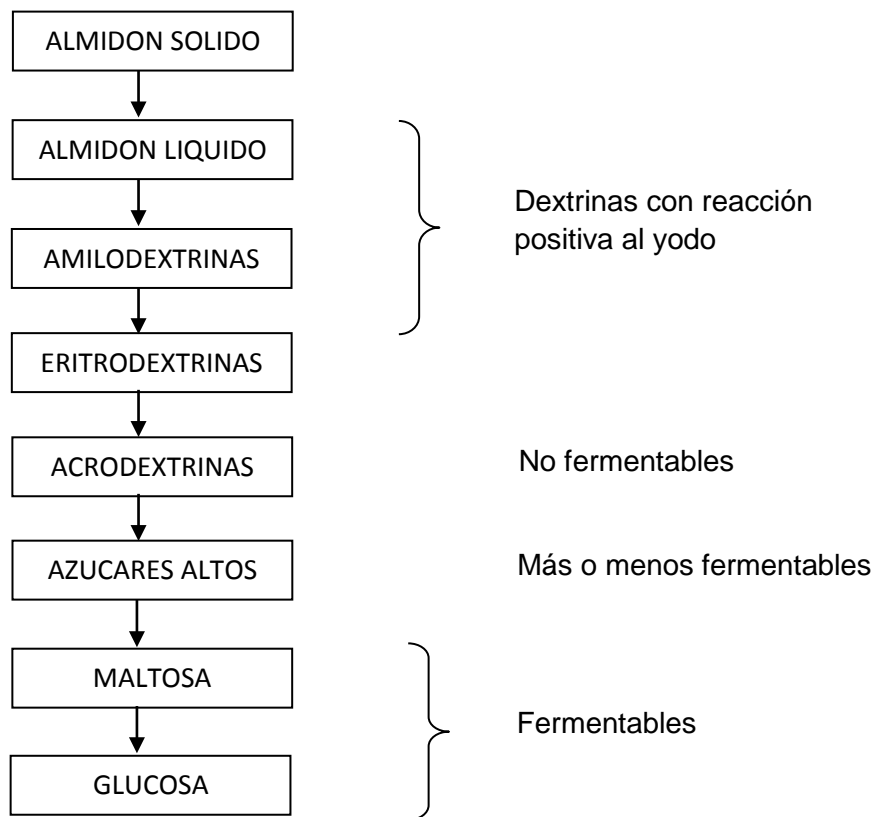


Fig. N° 2.1 Diagrama de bloques representando las etapas del amilólisis.

En contraste con esto la β amilasa ataca a las moléculas de almidón en sus extremos no reductores, rindiendo unidades de β maltosa, un disacárido reductor. Esta acción se ve dificultada por los puntos de ramificación con enlaces α 1,6 de modo que la acción β amilasa deja como residuo moléculas ramificadas

- El almidón está compuesto por dos fracciones diferentes que son la amilosa y amilopéctina.
- La amilosa se solubiliza fácilmente en agua caliente.
- Su molécula se representa por una cadena lineal de 200 – 1000 unidades de glucosa.
- Da reacción azul con el yodo.
- La amilopéctina es difícilmente solubilizada.
- Su molécula es ramificada, la constituyen de 50 – 70 ramificaciones; cada ramificación con 20 – 30 moléculas (unidades de glucosa).
- Da reacción violeta con el yodo.
- Las enzimas de la malta que actúan sobre el almidón son:
La α amilasa es responsable de la licuefacción del almidón.
La β amilasa degrada el almidón.

b) **PROTEOLISIS**

Las proteínas no son degradadas en su mayor parte a sus compuestos más simples durante la maceración.

- El 5 a 6 % de los sólidos del mosto son compuestos nitrogenados.
- Un 40 – 45 % de las proteínas de la malta son solubles.
- Los adjuntos tienen 8 – 10 % de proteínas.
- De las proteínas que se solubilizan en la maceración, buena parte de ellas se retiran por coagulación.
- La degradación de las proteínas tienen lugar especialmente en el maltaje.
- La actividad de las enzimas proteolíticas es baja durante la maceración por que las condiciones de pH no son óptimas.
- En el mosto quedan compuestos nitrogenados a partir de las proteosas y peptonas en forma coloidal.

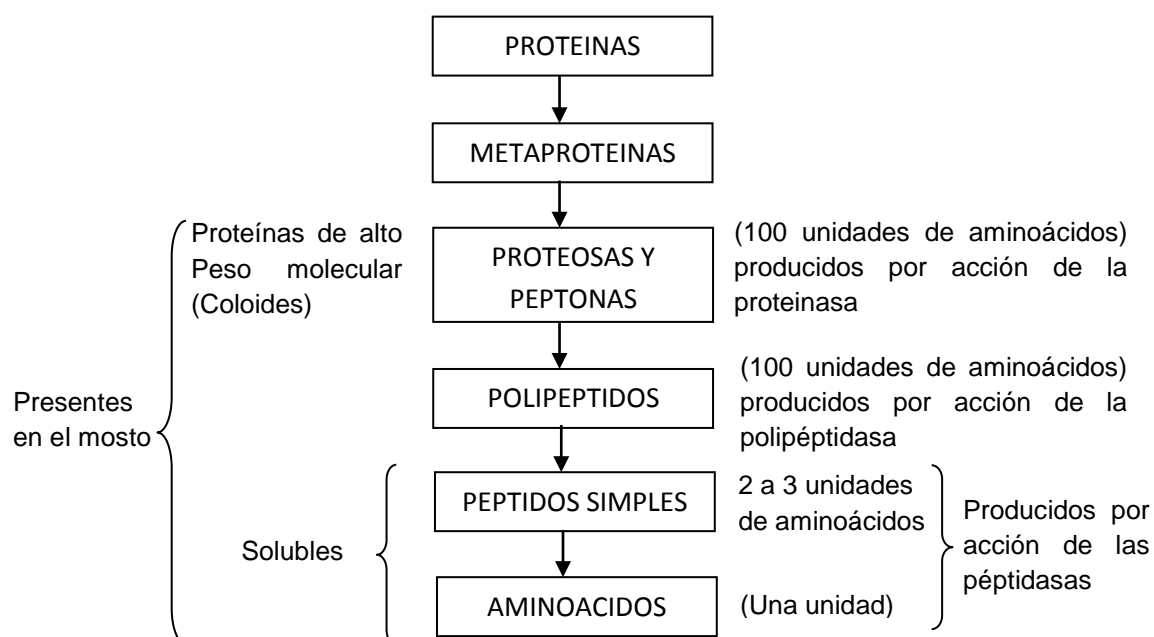


Fig. N° 2.2 Diagrama de bloques representando las etapas del proteólisis.

- Las proteínas que no son degradadas hasta proteos y peptonas se coagulan por desnaturalización durante la ebullición del mosto.
- Las proteos y peptonas no son coaguladas sino que permanecen dispersas en forma coloidal, pueden combinarse parcialmente con taninos.
- Otra parte de ellas que no se combina con taninos permanece en la chicha; su función es organoléptica, contribuyen al cuerpo, sabor y espuma.

2.3 FERMENTACIÓN LÁCTICA

La fermentación láctica se llama al proceso celular donde se utiliza glucosa para obtener energía y donde el producto de desecho es el ácido láctico.

Este proceso lo realizan muchas bacterias (llamadas bacterias lácticas), algunos protozoos y ocurre en los tejidos animales, en ciertos protozoarios, hongos y bacterias. Un ejemplo de este tipo de fermentación es la acidificación de la leche. Ciertas bacterias (*lactobacillus*), al desarrollar en

la baba utilizan la lactosa (azúcar de leche) como fuente de energía. La lactosa, al fermentar, produce energía que es aprovechada por las bacterias y el ácido láctico es eliminado. La coagulación de la leche (cuajada) resulta de la precipitación de las proteínas de la leche, y ocurre por el descenso de pH debido a la presencia de ácido láctico. En ausencia de oxígeno, las células animales convierten el ácido pirúvico en ácido láctico. El ácido láctico puede ser un veneno celular. Cuando se acumula en las células musculares produce síntomas asociados con la fatiga muscular.

El ácido láctico tiene excelentes propiedades conservantes de los alimentos.

El ácido láctico se produce mediante la fermentación láctica. En condiciones de ausencia de oxígeno (anaerobias), la fermentación responde a la necesidad de la célula de generar la molécula de NAD^+ , que ha sido consumida en el proceso energético de la glucólisis. En la glucólisis la célula transforma y oxida la glucosa en un compuesto de tres átomos de carbono, el ácido pirúvico, obteniendo dos moléculas de ATP; sin embargo, de en este proceso se emplean dos moléculas NAD^+ que actúan como aceptores de electrones entonces pasan a la forma NADH. Para que puedan tener lugar las reacciones de la glucólisis que producen energía es necesario restablecer el NAD^+ por otra reacción. Los dos tipos de fermentación que se ilustran aquí son particularmente importantes ya que, los subproductos –ácido láctico y etanol-, son utilizados en la industria alimentaria. La fermentación láctica también se verifica en el tejido muscular cuando, a causa de una intensa actividad motora, no se produce una aportación adecuada de oxígeno que permita el desarrollo de la respiración celular.

FERMENTACIÓN EN LA CHICHA DE JORA

Durante el proceso de fermentación de las bebidas participa activamente la microflora láctica nativa como responsable de la fermentación láctica o maloláctica, además de actuar como controladores biológicos, la especie predominante en chicha de jora es *Lactobacillus plantarum* (Quillama, 1998; Quillama y Manca de Nadra, 2000).

Las bacterias lácticas, durante la transformación de diversos productos fermentados, participan en la formación de sabor y aroma, confiriendo propiedades organolépticas y reológicas deseables. También cumplen una

acción conservante, debido a la síntesis de una variedad de compuestos inhibitorios: ácidos orgánicos (láctico, acético y propiónico), H₂O₂, reuterina y bacteriocinas, los cuales previenen patógenos y contaminantes de alimentos.

2.4 TRATAMIENTO TERMICO “PASTEURIZACION”

La pasteurización es una operación de estabilización de alimentos que persigue la reducción de la población de microorganismos presentes de manera que se prolongue el tiempo de vida útil del alimento.

Si se reduce la población de microorganismo al principio del almacenamiento (N₀), la vida de anaquel del alimento se alarga cuando el parámetro de calidad dominante es la presencia de microorganismos, ya sean patógenos ó alterantes, porque se tarda más tiempo en alcanzar una concentración intolerable de microorganismos (N_f).

La pasteurización consigue disminuir la población de microorganismos mediante la elevación de la temperatura durante un tiempo determinado.

La pasteurización es un tratamiento térmico suave, en contraposición con la esterilización, que es un tratamiento muy intenso. La pasteurización emplea temperaturas y tiempos de contacto relativamente bajos, consiguiendo una prolongación moderada de la vida útil a cambio de una buena conservación del valor nutritivo y de las cualidades organolépticas del alimento.

Cinética de la muerte térmica de microorganismos:

La muerte térmica de microorganismo se ajusta muy a menudo a una cinética de primer orden.

$$\frac{\delta N}{\delta t} = -k_d \cdot N \quad (2.1)$$

N: Número de microorganismos vivos en cada momento en cualquiera de sus formas, en células ó células /mL.

K_d: es la constante cinética de muerte térmica a temperatura T.

NOTA: K_d depende directamente de la temperatura T.

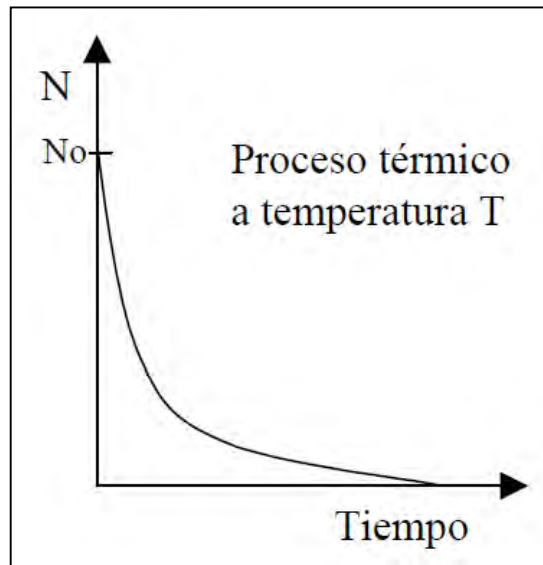


Fig. N° 2.3 Relación carga microbiana vs tiempo de tratamiento térmico.

Integrando la ecuación (2.1) para un proceso térmico que se realiza a temperatura constante (K_d constante) se obtiene:

$$\int_{N_0}^N \frac{\delta N}{N} = -k_d \cdot \int_0^t dt$$

$$N = N_0 \cdot e^{-k_d \cdot t} \quad (2.2)$$

$$\log \frac{N}{N_0} = -\frac{k_d}{2,3} \cdot t \quad (2.3)$$

Representando $\log(N/N_0)$ frente al tiempo para un microorganismo determinado se obtiene una recta de pendiente negativa de valor $K_d / 2,3$. Esta representación recibe el nombre de gráfico de supervivencia. Para cada temperatura se obtiene una pendiente diferente y por lo tanto un gráfico de supervivencia diferente ya que K_d varía con la temperatura.

Frecuentemente se emplean otras magnitudes equivalentes a K_d para caracterizar la velocidad de muerte de los microorganismos, como es el tiempo de reducción decimal, D , que es el tiempo necesario para reducir el número de microorganismos vivos en la décima parte del número inicial, es decir:

10 microorganismos vivos $\xrightarrow{t=D}$ 1 microorganismo vivo

N_0 microorganismos vivos $\xrightarrow{t=D}$ $N_0/10$ microorganismos vivos

$$\frac{N}{N_0} = \frac{1}{10} = \frac{0,1 \cdot N_0}{N_0} = 10^{-1} \text{ Tasa de supervivencia ó tasa de destrucción}$$

Sustituyendo $t=D$ y $N/N_0=10^{-1}$ en la ecuación (2.3):

$$\log 0,1 = -\frac{k_d}{2,3} \cdot D \quad \rightarrow \quad D = \frac{2,3}{k_0}$$

Es decir, $\log \frac{N}{N_0} = -\frac{t}{D}$ (2.4)

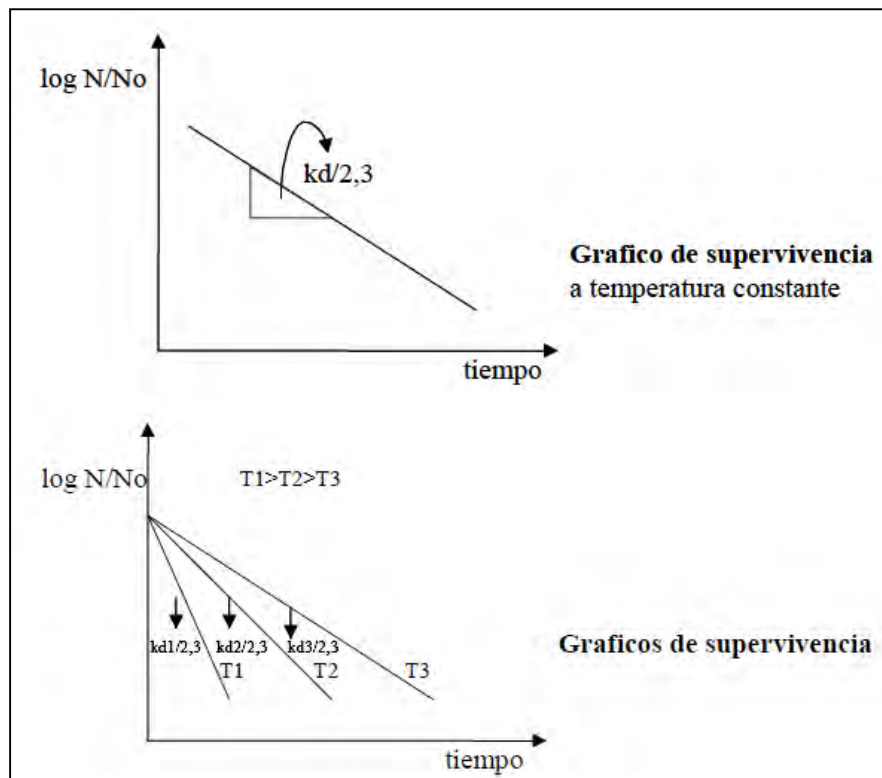


Fig. N° 2.4 Gráficos de supervivencia.

Los gráficos de supervivencia también se pueden representar en función de D :

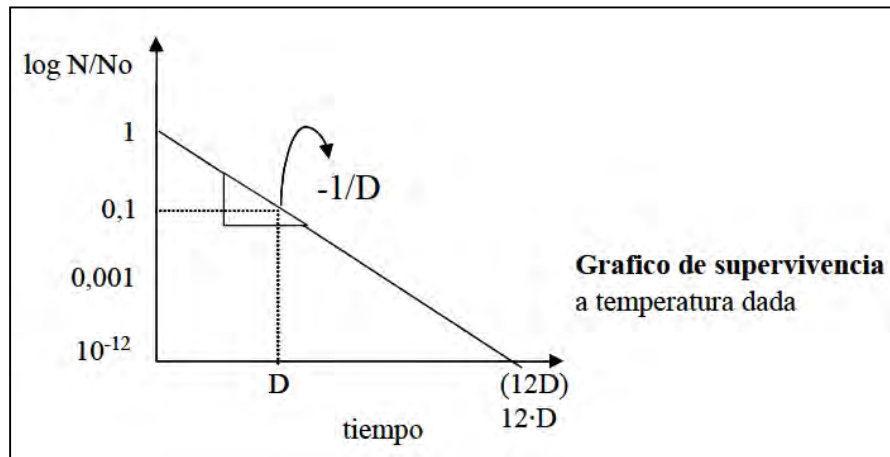


Fig. N° 2.5 Gráfico de supervivencia – tiempo de reducción decimal (D).

Influencia de la temperatura (T) en la cinética de la muerte térmica:

La constante de muerte térmica K_d y en consecuencia el tiempo de reducción decimal D , son función de la temperatura, se obtienen rectas de diferentes pendientes:

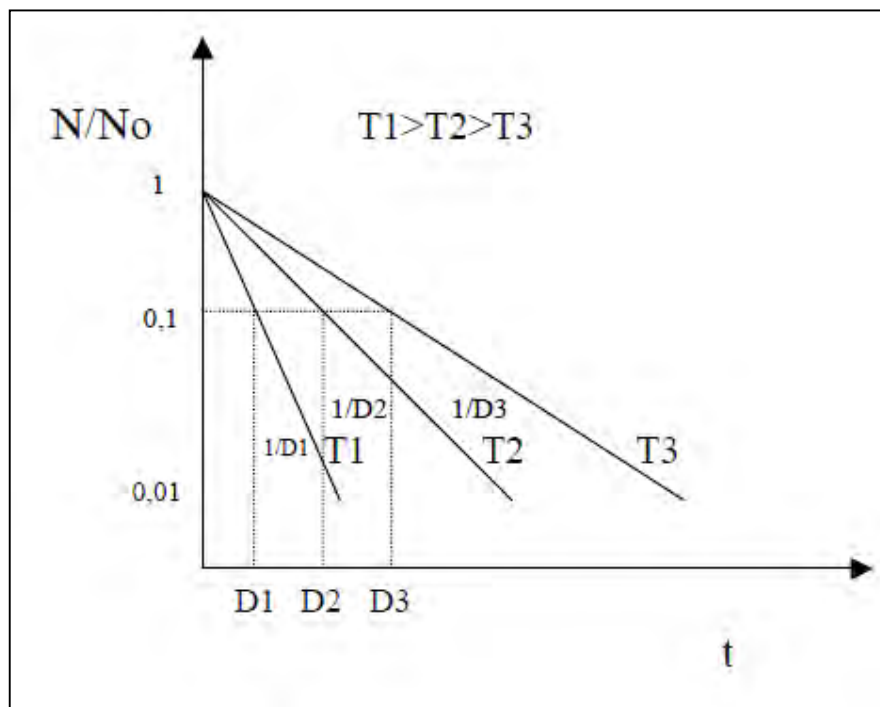


Fig. N° 2.6 Gráfico de supervivencia a temperatura constante.

Es decir, la cinética de la muerte térmica se acelera al incrementarse la temperatura, reflejándose en una disminución del tiempo de reducción decimal D y un incremento de la constante de muerte K_d

Correlación de la k_d y T: La ecuación de Arrhenius:

La constante de muerte térmica para un microorganismo dado, se correlaciona bien con la temperatura T a través de la ecuación de Arrhenius:

$$k_d = k_{\infty} \cdot e^{-\frac{E_a}{R \cdot T}} \quad (2.5)$$

Tomando logaritmo a la ecuación (3.5) se obtiene:

$$\ln(k_d) = \ln(k_{\infty}) - \frac{E_a}{R} \cdot \frac{1}{T} \quad (2.6)$$

Los valores de K_{∞} y E_a se obtienen graficando la ecuación (2.6) ($\ln(k_d)$ frente a $1/T$).

Correlación de D y T: Gráficos de termodestrucción y constante de termorresistencia (Z):

Puesto que $\frac{1}{D} = \frac{k_d}{2,3}$, se deduce que $D = D_{\infty} \cdot e^{\frac{E_a}{RT}}$ donde D_{∞} y E_a , dependen del tipo de microorganismo y se puede obtener de forma análoga a lo expuesto antes.

Cuando se representa el logaritmo decimal del tiempo de reducción frente a la temperatura, se obtienen líneas rectas de pendiente $-m$. Estas graficas reciben el nombre de gráficos TDT ó gráficos de termodestrucción.

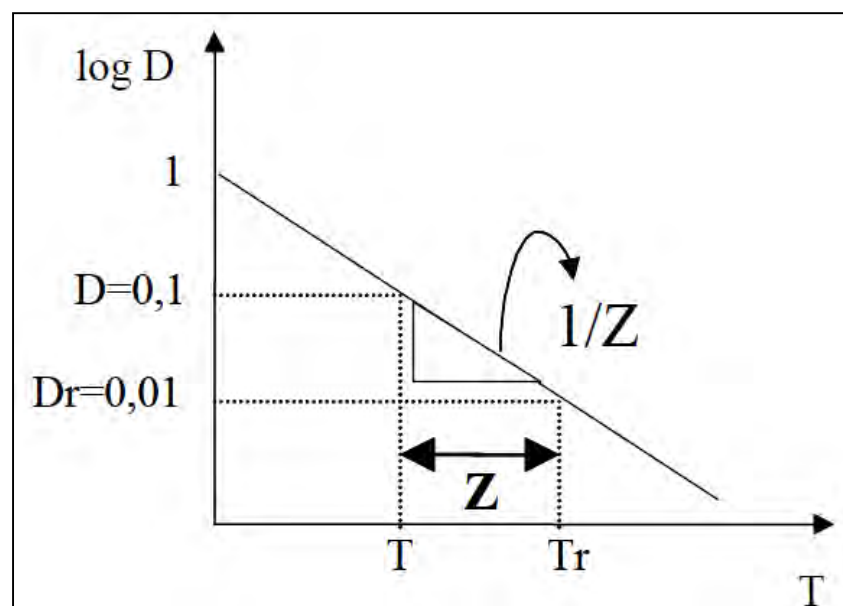


Fig. N° 2.7 Gráfico TDT.

Como se deduce de la geometría del gráfico, el inverso de la pendiente de esta línea de termodestrucción, que se denomina Z, es el número de grados que debe incrementarse la temperatura para que el valor del tiempo de reducción decimal D baje a la décima parte del inicial. En efecto de la geometría del gráfico se deduce que:

$$\frac{\text{Log}(D) - \text{Log}(D_{TR})}{(T - T_R)} = -\frac{1}{Z} = -m \quad (2.7)$$

Donde Z se denomina termorresistencia del microorganismo y físicamente es el valor del incremento de T que se necesita para que D varíe en un orden de 10.

De esta definición, se deduce la siguiente expresión:

$$D = D_{TR} \cdot 10^{\frac{T_R - T}{Z}} \quad (2.8)$$

Aunque en principio solo es válida para intervalos cortos de temperatura y para un mismo grado de muerte térmica.

Velocidad de muerte, L (letal rate)

Es una medida relativa de la velocidad de muerte. Se define como:

$$L = 10^{\frac{(T - T_R)}{Z}} \quad (2.9)$$

Tiempo de muerte térmica (Factor F: Thermal death rate)

El factor F se usa para medir la intensidad de una pasteurización. Tiene dimensiones de tiempo y representa el tiempo que debe pasar un alimento a una temperatura de tratamiento dada.

La letalidad se calcula integrando la velocidad letal con respecto al tiempo:

$$F = \int_0^t L dt \quad (2.10)$$

2.5 PRUEBA DE PENETRACION DE CALOR Y DISEÑO DEL PROCESO TERMICO CON EL METODO DE LA FORMULA DE BALL

En una prueba de penetración de calor, se coloca un termopar en un recipiente, de manera que mida la temperatura del alimento en el punto de calentamiento más lento, el llamado punto frío. Para alimento con calentamiento conductivo o alimentos que se están agitando, por lo general este punto se encuentra en el centro geométrico del recipiente. En el caso de alimentos convectivos que no se agitan, este punto podría localizarse un poco abajo del centro geométrico. Dos temperaturas se registran respecto del tiempo:

- 1.- La temperatura de la cámara de autoclave T_R .
- 2.- La temperatura en el punto frío del alimento T .

La diferencia entre estas dos temperaturas proporciona la fuerza impulsora que calienta al alimento. Esto significa que conforme la temperatura del alimento se aproxima a la temperatura de autoclave, la rapidez de calentamiento disminuye de manera exponencial como se representa en la Fig. N° 2.8.

Para estudiar este proceso, se definen las siguientes variables:

t : Tiempo desde el inicio del procesamiento (min).

T : Temperatura del punto frío del alimento en cualquier tiempo t .

T_0 : La temperatura del punto frío del alimento en el momento de inicio ($t=0$).

T_1 : Temperatura de procesamiento de la autoclave.

La Fig. N° 2.8 puede dividirse en dos partes:

- La fase de retraso donde la pendiente de la curva aumenta.
- La fase lineal donde los datos se ajustan a una línea recta.

El objetivo consiste en describir ambas partes de esta curva con una sola ecuación lineal. Basta trazar una línea a través de esa parte de los datos como se hace en la Fig. N° 2.9 observe que esta línea atraviesa el eje Y a 580 y toma 17,5 minutos cruzar un ciclo logarítmico.

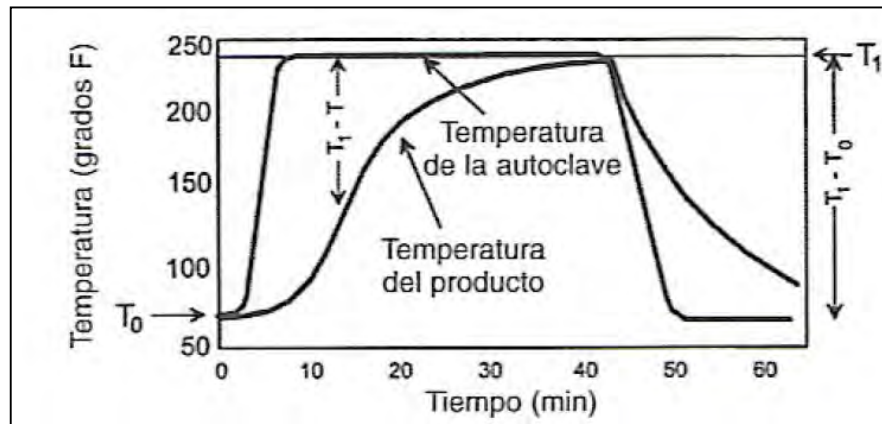


Fig. N° 2.8 Perfiles de la temperatura de la autoclave y la temperatura del producto en el punto frío en una prueba representativa de penetración de calor.

$$\log(T_1 - T) = \log(T_1 - T_A) - \frac{t}{f_h} \quad (2.11)$$

t: Tiempo de procesamiento (min)

T_1 : Temperatura de procesamiento en la autoclave

T_A : Temperatura inicial aparente que se necesita para obtener una línea recta.

f_h : Tiempo necesario para que la curva de penetración de calor atraviese un ciclo logarítmico

La Fig. N° 2.9 dice que $(T_1 - T_A) = 580$ y $T_1 = 240$, se concluye que la temperatura inicial aparente es $240 - 580 = -340^\circ F$. Ahora bien se sabe que la temperatura inicial era $70^\circ F$, no -340 , de modo que: ¿Qué significa -340 ? Se trata de una temperatura ficticia que se inventó para que los datos se ajusten a una línea recta que no lo es por completo. Pero es conveniente que fuera la temperatura inicial real la que determinara la intersección. ¿Cómo lograr lo anterior y todavía tener una ecuación lineal?.

En la Fig. N° 2.9 la curva real tiene una intersección en $\log(T_1 - T_0)$. La diferencia entre esta intersección verdadera y la intersección aparente es:

$$\text{Diferencia} = \log(T_1 - T_A) - \log(T_1 - T_0) \quad (2.12)$$

De esta manera, si se conoce el valor inicial verdadero, es posible encontrar la intersección aparente sumando esta diferencia. Si se le llama a esta diferencia $\log(j_h)$, la ecuación 2.12 se convierte en:

$$\log(j_h) = \log(T_1 - T_A) - \log(T_1 - T_0) \quad (2.13)$$

Resolviendo la ecuación 2.13 con respecto a la intersección aparente, $\log(T_1 - T_A)$:

$$\log(T_1 - T_A) = \log(j_h) + \log(T_1 - T_0) \quad (2.14)$$

Se sustituye esta equivalencia en la ecuación 2.11 y se simplifica:

$$\log(T_1 - T) = \log(j_h) + \log(T_1 - T_0) - \frac{t}{f_h} \quad (2.15)$$

$$\log(T_1 - T) = \log[j_h \cdot (T_1 - T_0)] - \frac{t}{f_h} \quad (2.16)$$

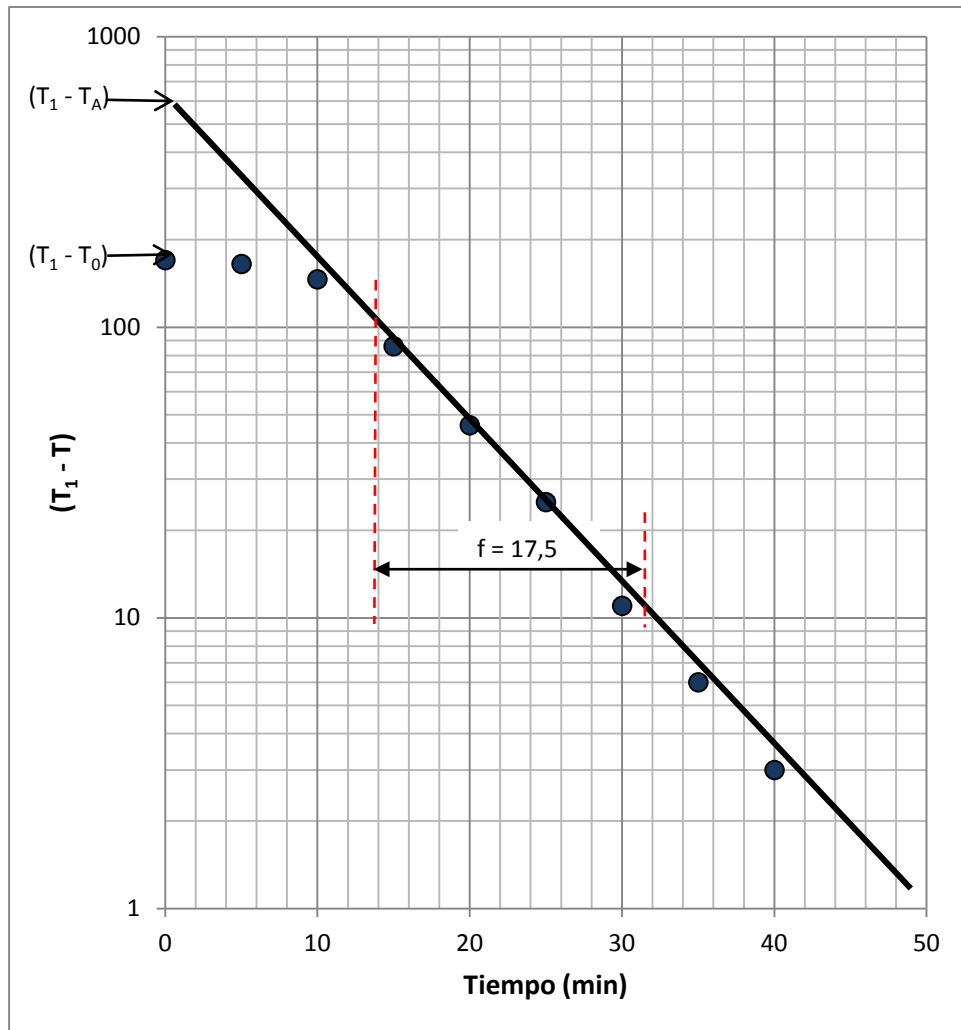


Fig. N° 2.9 Grafica característica de una curva de penetración de calor.

La ecuación 2.16 es la ecuación lineal de elección, cuya intersección se calcula a partir de la temperatura inicial real. El único requisito es que se cuente con alguna manera de determinar j . Para hacerlo simplifique la ecuación 2.13 como sigue:

$$\log(j_h) = \log\left(\frac{T_1 - T_A}{T_1 - T_0}\right) \quad (2.17)$$

$$j_h = \frac{T_1 - T_A}{T_1 - T_0} \quad (2.18)$$

De este modo, j_h es la razón de dos diferencias, una aparente y otra real. Ambas diferencias se leen de manera directa en la gráfica semilogarítmica. Ahora es posible determinar f_h y j_h para un alimento o un recipiente en particular a partir de una serie de datos, luego utilizarlo para predecir la rapidez de calentamiento para el mismo producto y el mismo recipiente en situaciones con distintos valores para T_0 y T_1 .

CURVA DE ENFRIAMIENTO

En la Fig. N° 2.10 es posible calcular los valores de f_c y j_c de la siguiente manera:

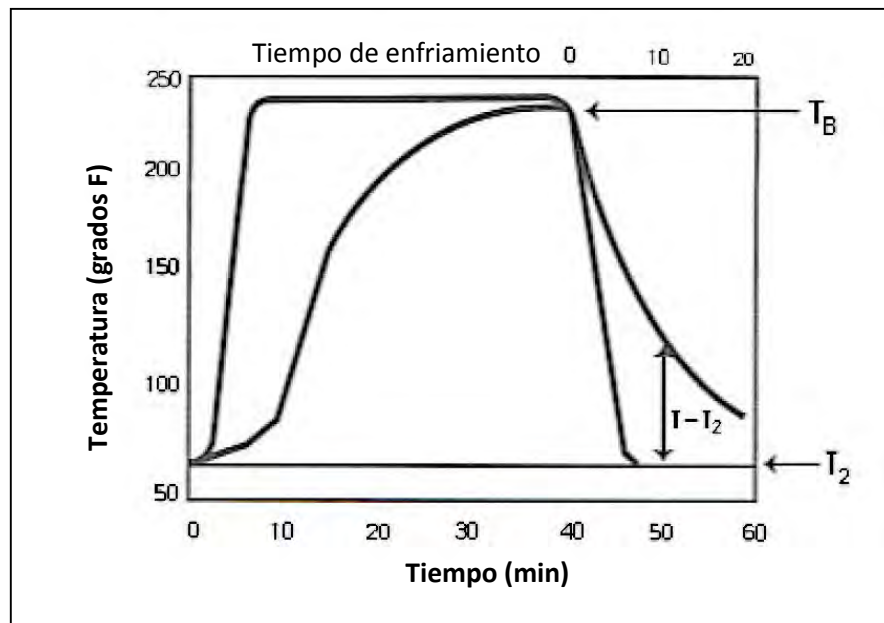


Fig. N° 2.10 Puntos sobresalientes de un perfil de temperatura durante la porción de enfriamiento de una prueba de penetración de calor.

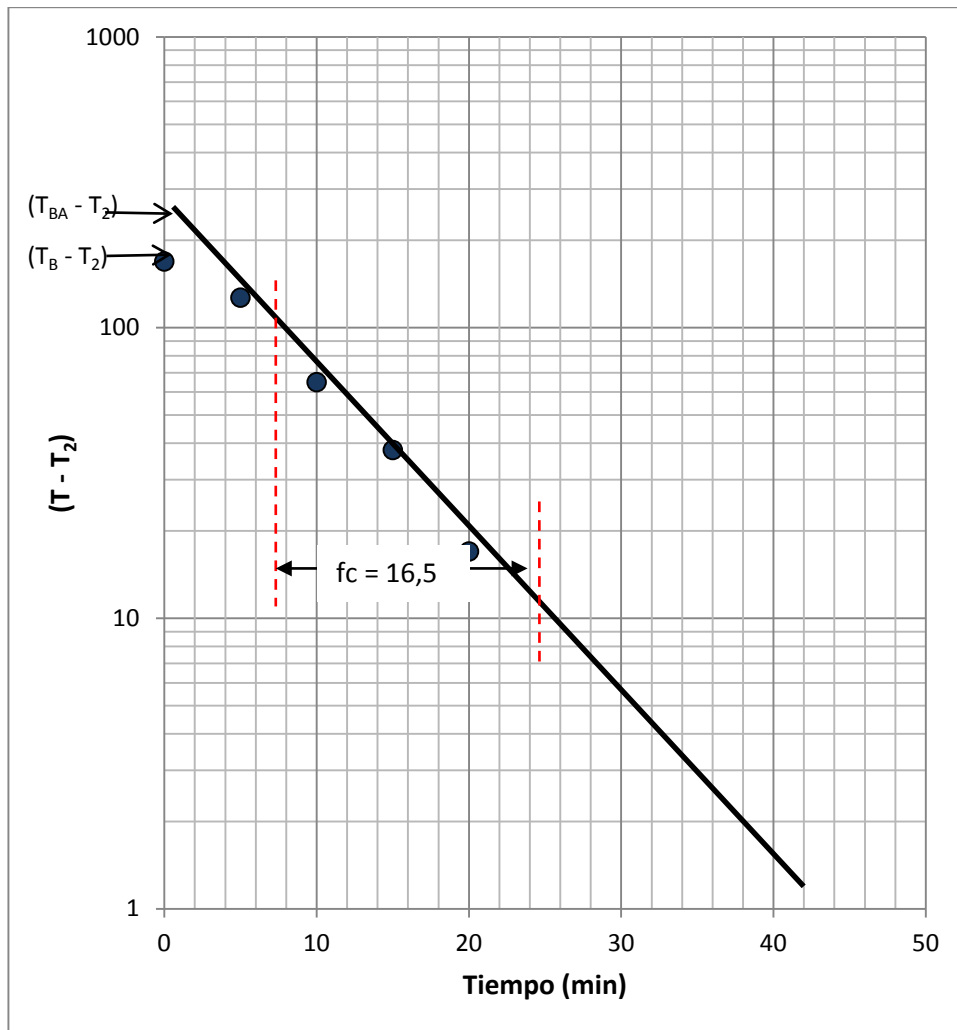


Fig. N° 2.11 Diferencia de temperatura contra el tiempo de enfriamiento.

1. Tratar el tiempo de desconexión de vapor como tiempo cero, tal como se indica en la parte superior de la Fig. N° 2.10.
2. Sea T_2 la temperatura del medio de enfriamiento.
3. Sea T_B la temperatura del alimento al momento de la desconexión.
4. Elaborar una gráfica de $(T - T_2)$ contra tiempo sobre papel semilogarítmico como en la Fig. N° 2.11.
5. Ajustar a una línea recta y determinar f_c como el tiempo necesario para que la curva de enfriamiento atravesase un ciclo logarítmico.
6. Sea T_{BA} la temperatura aparente del alimento al momento de la desconexión, como se lee como dicha línea recta.
7. Determinar j_c y escribir la ecuación del enfriamiento.
8. Utilizar la ecuación resultante para predecir el tiempo y la temperatura de enfriamiento.

Por consiguiente, la ecuación de la curva de enfriamiento es:

$$\log(T - T_2) = \log[j_c \cdot (T_B - T_2)] - \frac{t}{f_c} \quad (2.19)$$

METODO DE LA FORMULA DE BALL

El siguiente paso consiste en utilizar los parámetros de penetración de calor para diseñar o evaluar un proceso. El diseño implica determinar el tiempo que se necesita para alcanzar cierta letalidad. La evaluación incluye determinar la letalidad que alcanza el proceso. La deficiencia del método general es que para cada nueva situación se necesitan datos experimentales. Si se utiliza una autoclave nueva, cambia la temperatura inicial del producto o cambia la temperatura de la autoclave, o bien cambia el tamaño del envase, se necesita una nueva serie de datos experimentales.

Ball ha propuesto una fórmula para calcular la letalidad en una nueva situación utilizando los valores de f y j obtenidos experimentalmente para un producto particular. Este método implica utilizar la misma serie de valores de f y j , los valores pueden utilizarse con distintas temperaturas iniciales y temperaturas del medio de calentamiento sin necesidad de experimentación adicional. Además, se cuenta con las fórmulas para convertir los valores f , a fin de que se ajusten a diferentes tamaños de envase.

Ball propuso la siguiente simplificación: la curva de temperatura de la autoclave empieza a ascender desde el tiempo cero hasta el tiempo en que se alcanza la temperatura de procesamiento, como se representa en la Fig. N° 2.12A. Durante este tiempo t_c “de levante”, la velocidad letal está cambiando constantemente. Ball propuso reemplazar por otra que pertenece a la temperatura inicial durante el 58% del tiempo de levante, luego cambia instantáneamente a la temperatura de procesamiento total, como se indica en la Fig. N° 2.12B. La experiencia demuestra que la simplificación da resultados confiables.

En el método de la fórmula de Ball, se hace la suposición de que la autoclave se halla a la temperatura de procesamiento de Ball, pero que no hay ningún tratamiento térmico antes de que comience el procesamiento de Ball.

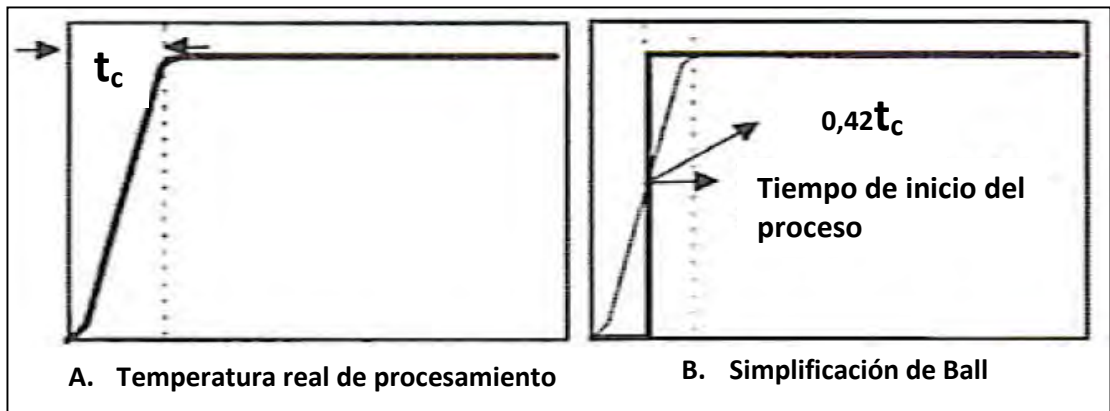


Fig. N° 2.12 El tiempo de levante del proceso e inicio del tiempo de procesamiento de Ball.

Para utilizar el método de Ball, se debe mover la intersección aparente al comienzo del tiempo de procesamiento de Ball como se ilustra en la Fig. N° 2.14.

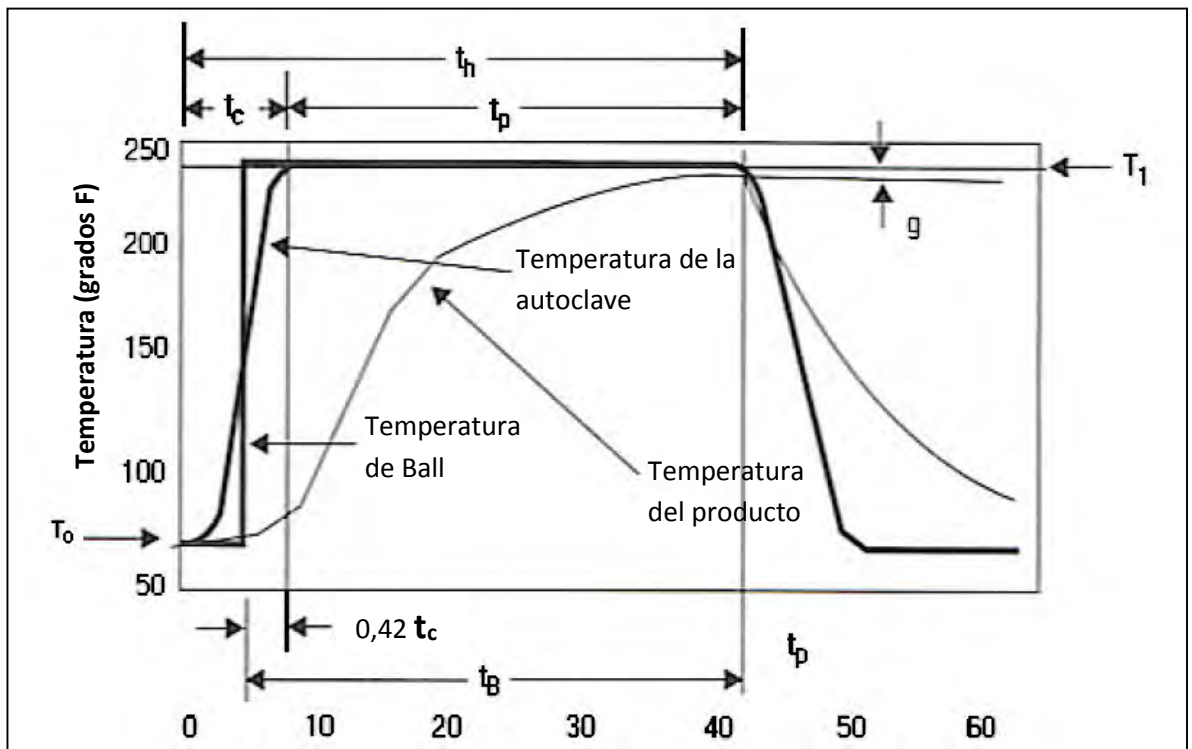


Fig. N° 2.13 Curva característica que muestra varios términos en el cálculo del tiempo de procesamiento de Ball.

t_c : tiempo de levante = tiempo que se requiere para que la cámara de la autoclave alcance la temperatura de procesamiento.

t_p : tiempo de procesamiento = tiempo durante el que la autoclave mantiene la temperatura de procesamiento.

T_h : tiempo total de calentamiento = $t_c + t_p$. t_B = tiempo de procesamiento de Ball = $0,42 t_c + t_p$.

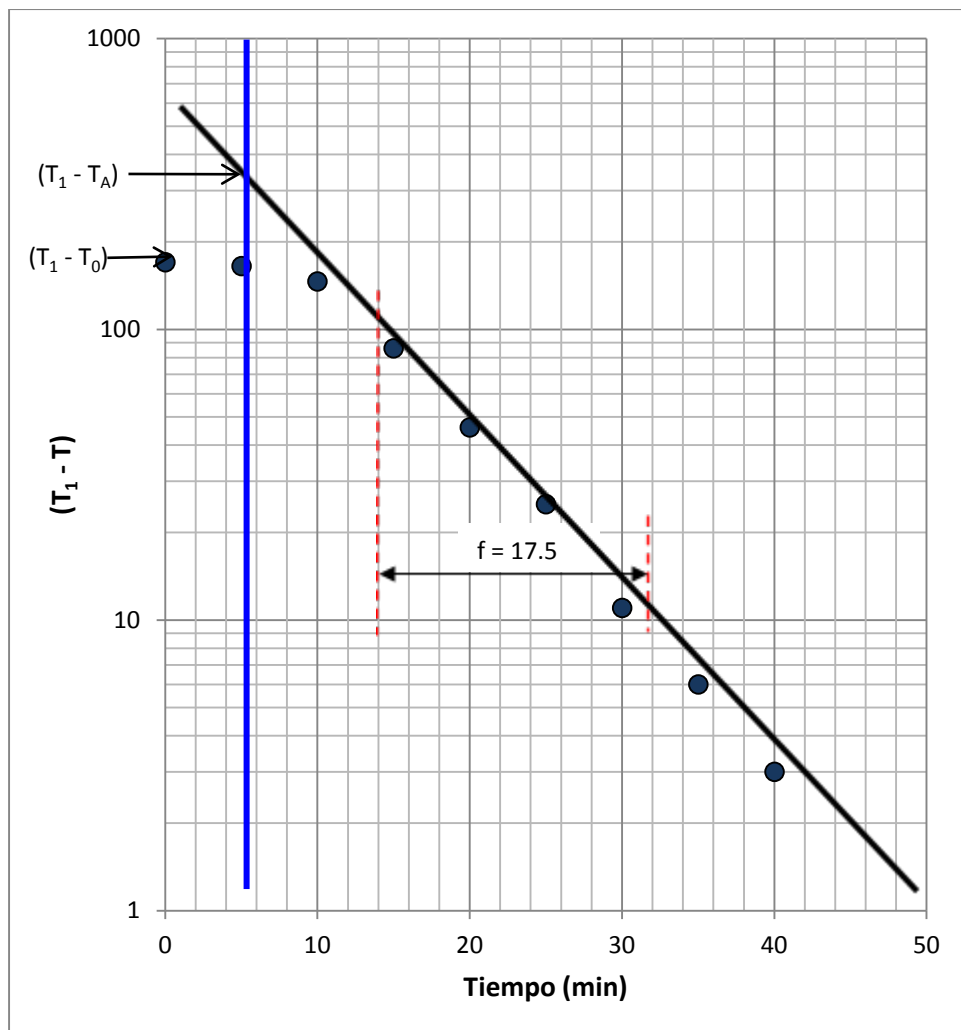


Fig.N° 2.14 Curva representativa de diferencia de temperatura contra el tiempo que indica el comienzo del tiempo de procesamiento de Ball y el punto de intersección aparente de Ball.

Si se utiliza el tiempo de preprocesamiento de Ball, la ecuación de la curva de calentamiento se convierte en:

$$\log(T_1 - T_b) = \log[j_h(T_1 - T_0)] - \frac{t_B}{f_h} \quad (2.20)$$

T_1 : Temperatura del medio de calentamiento.

T_0 : Temperatura inicial del alimento.

T_b : Temperatura maxima del alimento al final del procesamiento.

t_B : Tiempo de procesamiento de Ball.

J_c se calcula utilizando la interseccion ($T_1 - T_A$) con el comienzo del tiempo de calentamiento de Ball como aparece en la Fig.Nº 2.14.

Si se define $g = T_1 - T_b$ = la diferencia entre la temperatura maxima del alimento y la temperatura del medio de calentamiento (Fig. Nº 2.13) la ecuacion 2.19 se transforma en:

$$\log(g) = \log[j_h(T_1 - T_0)] - \frac{t_B}{f_h} \quad (2.21)$$

Empleando esta ecuacion se puede calcular g para cualquier tiempo de procesamiento de Ball. De manera inversa, se puede calcular el tiempo de procesamiento de Ball para cualquier g deseada con la ecuación:

$$t_B = f_h \cdot \log \left[\frac{j_h \cdot (T_1 - T_0)}{g} \right] \quad (2.22)$$

CAPITULO III.- DESARROLLO EXPERIMENTAL

3.1 PROCESO DE ELABORACIÓN

A) PREPARACION DE LA JORA

Para lo cual se debe realizar las siguientes etapas:

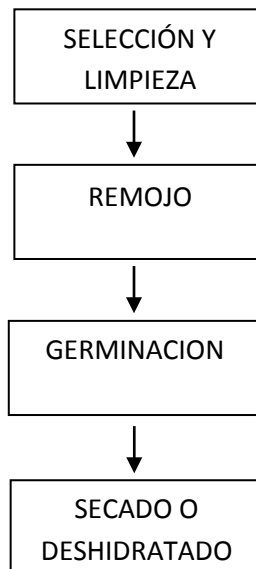


Fig. N° 3.1 Diagrama de bloques para la obtención de la jora a partir de los granos de Maíz

Limpieza:

Eliminar las impurezas (polvo, insectos, otros granos, etc.) del maíz y aquellos granos deteriorados.

Remojo:

Durante este proceso se consigue que los granos de maíz absorban suficiente cantidad de agua y se ablanden por la solubilización de algunas de sus proteínas.

Este proceso consiste en colocar los granos en recipientes plásticos cubriéndolos enseguida con agua. El agua se cambia cada dos horas

durante el día y por las noches se deja sin agua. Los granos se dejan sin agua por espacio de una hora, entre cada renovación para que de esta manera tomen oxígeno del aire.

Germinado:

El proceso de germinación se lleva en medio ambiente para lo cual se utiliza una cámara de plástico, cuyas dimensiones son de 20x40x15 cm. A estas muestras se les coloca encima un pedazo de tela, la cual está sumergida, en parte, en un depósito de agua permitiendo así una circulación lenta del agua por capilaridad. En esta etapa se controla la longitud de las raicillas.

Secado:

Para el secado del maíz germinado, se utiliza una secadora de aire caliente procurando mantener la temperatura de 30 a 45°C, sobre la superficie de la jora.

Empacado:

La jora seca y desprovista de raicillas es empacada en bolsas plásticas, debidamente selladas e identificadas.

En esta etapa se controla el cierre de la bolsa.

Almacenado:

Las bolsas de jora son almacenadas en cajas de madera a temperatura ambiente.

B) MOLIENDA DE LA JORA Y TOSTACIÓN DE LOS GRANOS ADJUNTOS

Una vez obtenido la jora se procede a moler y se tuestan los granos adjuntos. El cuadro N° 3.1 muestra la relación de los granos adjuntos y sus cantidades para preparar chicha de jora para 15 litros.

Tostado de los granos adjuntos a 140°C

Para el tostado se necesita una cocina a gas doméstico y un tiesto cerámico. Esta etapa se realiza en el siguiente orden y tiempo de exposición.

Cuadro N° 3.1 Lista de granos para la obtención de 15 litros de chicha de jora

MATERIA PRIMA	CANTIDAD (kg)
JORA (Molido)	1,00
QUINUA (Tostado)	0,25
CEBADA (Tostado)	0,25
TRIGO RESBALADO (Tostado)	0,25
HABAS SIN PELAR (Tostado y molido)	0,25

Cuadro N° 3.2 Tostado de granos, cantidad y tiempo en el tiesto.

Granos Adjuntos	CANTIDAD (kg)	Tiempo de tostado (min)
HABAS SIN PELAR	0,25	15,0
TRIGO RESBALADO	0,25	9,5
QUINUA	0,25	10,0
CEBADA	0,25	12,5

Molienda

En un molino manual se hace la molienda de la jora y las habas ya tostadas por separado; en el caso de la jora triturar el grano procurando no destruir las cáscaras.

C) COCCION

Agregar la jora y los granos adjuntos (tostados) a 16 litros de agua y dejar hervir por una hora, seguidamente separar los sólidos del mosto con un cernidor.

Debido a la evaporación y retención de agua por los sólidos se obtiene 8 a 9 litros de mosto, luego agregar agua para completar los 15 litros, dejar hervir por 15 minutos, filtrar y agregar 250 gramos de chancaca.

Dejar enfriar hasta alcanzar la temperatura ambiente.

D) FERMENTACIÓN

Enfriado el mosto se debe filtrar para luego ser envasado en recipientes de vidrio sellados para así evitar el ingreso de oxígeno.

Dejar fermentar por 15 días para obtener chicha de jora.

E) ENVASADO

Una vez fermentado la chicha de jora, agregar 200 gramos de jarabe de azúcar por litro de chicha, seguidamente filtrar y envasar en recipientes de 250 mL debidamente esterilizadas.

F) TRATAMIENTO TERMICO

Introducir los envases con chicha de jora dentro de autoclave (potencia: 3000 W, capacidad: 40 litros y diámetro interno: 36 cm), previamente calentado, dejar que las muestras alcancen la temperatura de pasteurización que es de 53°C y mantener por 15 minutos.

Finalmente enfriar en agua a temperatura ambiente.

G) ESTABILIZACION

Almacenar los envases en un ambiente fresco y sin ser expuestos directamente a los rayos solares por 48 horas, tiempo en el cual tomará su color final y evitara sólidos indeseables y de mal aspecto.

3.2 DISEÑO EXPERIMENTAL

VARIABLES DE CONTROL:

Materia Prima: Afecta a la fermentación según la cantidad de jora y granos adjuntos (trigo, quinua, cebada y habas) suministrada en la elaboración.

Siembra de Bacterias: La siembra de bacterias ácido lácticas en el mosto se da por aporte del medio ambiente o por adición de una preparación anterior de chicha de jora sin pasteurizar (rico en bacterias); para el último caso el número de veces consecutivas de reúso también influye en la fermentación.

Temperatura ambiental: Esta variable afecta la fermentación; por tal motivo se usa un termostato para controlar la temperatura.

Temperatura de tratamiento térmico: La reducción de la carga microbiana, las variaciones organolépticas y fisicoquímicas en el producto final dependen principalmente de esta variable.

Tiempo de exposición: Variable importante, se asocia a la temperatura de tratamiento al no controlar causa cambios en el producto final.

3.2.1 FERMENTACION DE LA CHICHA DE JORA.

MATERIALES:

- Un envase de vidrio con capacidad de 4 litros
- Una manguera quirúrgica
- Un tubo tarado.
- Dos tapones.

PROCEDIMIENTO:

- Seguir todos los pasos ya mencionados en el punto 3.1 (proceso de elaboración); hasta la etapa de cocción, agregar los granos correspondientes al experimento y continuar con el proceso.
- De requerirse, al mosto obtenido, separar y mezclar con chicha de jora fermentada según las condiciones planteadas por el experimento a realizar.
- El mosto debe fermentar en un medio controlado (temperatura 20°C).
- Relacionar el comportamiento de la fermentación con la obtención de gas producto derivado de la misma. Para lo cual, usar equipo capaz de capturar y medir el gas resultante (Fig. N° 3.2 y 3.3).
- Las mediciones son dadas mediante un diagrama de control: Volumen de gas obtenido versus tiempo de fermentación.
- Cuando la trampa de agua se encuentra llena con el volumen del gas, tener cuidado al reemplazar.
- Realizar comparación entre el Experimento A, B y C, con el fin de analizar el comportamiento de la fermentación variando los ingredientes de la materia prima.
- Realizar comparación entre el experimento C, D y E, con el fin de analizar el comportamiento de la fermentación al variar la proporción de la siembra de bacterias mediante adición de chicha sin pasteurizar (primer reuso).

- Realizar comparación entre el experimento E y F, con el fin de analizar el comportamiento de la fermentación teniendo como variable el número de reúso.



Fig. N° 3.2 Equipo de fermentación

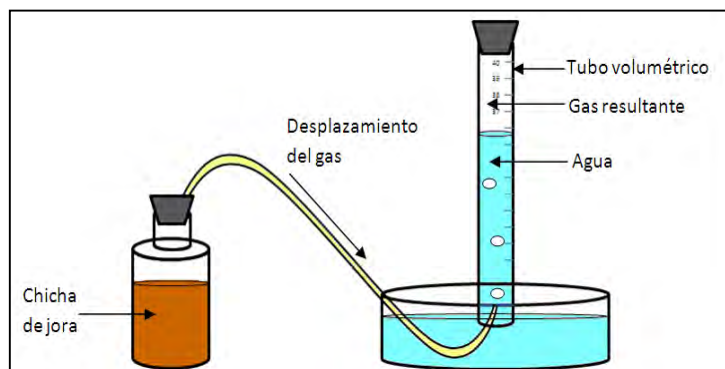


Fig. N° 3.3 Equipo para medir flujo de gas

Cuadro N° 3.3 Lista de materia prima de los experimentos A, B y C; el experimento C es la fórmula original planteado para el trabajo de investigación.

MATERIA PRIMA	EXPERIMENTO		
	A	B	C
Jora (kg)	2,00	1,00	1,00
Trigo resbalado (kg)	-	0,35	0,25
Quinoa (kg)	-	0,35	0,25
Cebada (kg)	-	0,35	0,25
Habas (kg)	-	-	0,25

Experimento D:

Usar como materia prima la lista dada para el Experimento C, realizar el primer reúso de la chicha obtenida del experimento C para la siembra de bacterias en una proporción de volumen al 9% del total; para lo cual, al mosto obtenido separar 2730 mL y mezclar con 270 mL de chicha de jora fermentada.

Experimento E:

Usar como materia prima la lista dada para el Experimento C, realizar el primer reúso de la chicha obtenida del experimento C para la siembra de bacterias en una proporción de volumen al 17% del total; para lo cual, al mosto obtenido separar 2410 mL y mezclar con 510 mL de chicha de jora fermentada.

Experimento F:

Usar como materia prima la lista dada para el Experimento C, realizar el segundo reúso proveniente de la chicha del experimento C para la siembra de bacterias en una proporción de volumen al 17% del total; para lo cual, al mosto obtenido separar 2410 mL y mezclar con 510 mL de chicha de jora fermentada del experimento E.

3.2.2 ANALISIS DEL TRATAMIENTO TERMICO.

Usar la chicha de jora fermentada del experimento C; las temperaturas a trabajar para el tratamiento térmico son: 46, 48, 50, 52, 53, 55, 60, 65 y 70°C y a diferentes tiempos de exposición.

MATERIALES

- Autoclave (Acero inoxidable, capacidad: 40 L, presión: 40 Psi).
- Termómetro Digital.
- 6 muestras de chicha de jora del experimento C en botellas de vidrio esterilizadas de 200 mL herméticamente selladas para evitar contaminación.
- Equipo de materiales para realizar la evaluación microbiológico de las bacterias ácido lácticas (apéndice 1).

PROCEDIMIENTO

- Mantener la temperatura interna de autoclave a 80°C por 5 minutos y luego apagar.
- Tomar una de las muestras e instalar dentro de ella el termómetro digital, asegurar que el sensor llegue a la porción del envase que toma más tiempo en calentar (zona fría).
- Introducir todas las muestras a la autoclave y asegurar el correcto sellado de las tapas.
- Encender la autoclave y controlar la temperatura interna de las muestras con el termómetro digital hasta alcanzar la temperatura deseada (46, 48, 50, 52, 53, 55, 60, 65 y 70°C).
- Una vez alcanzada la temperatura de tratamiento apagar la autoclave y proceder a mantener dicha temperatura constante en el tiempo con una variación máxima de $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$.
- Retirar la primera muestra al momento de alcanzar la temperatura de tratamiento, la segunda muestra cinco minutos después, así sucesivamente cada cinco minutos hasta terminar las muestras.
- Rotular las muestras según van saliendo de autoclave, colocar fecha, temperatura de tratamiento y tiempo de exposición.
- Enfriar las muestras retiradas con agua a temperatura ambiente por 10 minutos.
- Finalmente proceder a realizar el método de análisis para la evaluación microbiológico de las bacterias ácido lácticas de dichas muestras (apéndice 1).
- Con los datos obtenidos del análisis microbiológico realizar los cálculos correspondientes para determinar las constantes de destrucción térmica (K_d) y el valor de termorreducción (Z).

3.2.3 PRUEBAS DE PENETRACION DE CALOR Y DISEÑO DEL PROCESO TERMICO

MATERIALES

- Autoclave (Acero inoxidable, capacidad: 40 L, presión: 40 Psi).
- Termómetro Digital.
- 6 muestras en botellas de vidrio esterilizadas de 200 mL de chicha de jora del experimento C.

PROCEDIMIENTO

- Tomar una de las muestras e instalar dentro de ella el termómetro digital, asegurarse que el sensor llegue a la zona fría de la muestra.
- Introducir todas las muestras a la autoclave, asegurar el correcto sellado de las tapas.
- Encender la autoclave, registrar cada minuto la temperatura interna de las muestras con el termómetro digital y la temperatura de la autoclave.
- Una vez alcanzada la temperatura de la autoclave a 60°C apagar y esperar hasta que la temperatura interna de la muestra alcance los 55°C.
- Retirar las muestras y enfriar en agua a temperatura ambiente.
- Registrar las temperaturas internas cada minuto en el proceso de enfriamiento.

3.3 EVALUACION SENSORIAL

Luego de realizar el tratamiento térmico a la chicha de jora esta sufre cambios en sus propiedades sensoriales por efecto de la temperatura, el presente análisis es para analizar si aún después de estos tratamientos es posible mantener cierto grado de satisfacción en sus principales propiedades.

Para el análisis sensorial se usa chicha de jora del experimento C, que es la fórmula original planteada para el trabajo de investigación.

La evaluación está constituida por dos procesos definidos según su función: análisis sensorial y análisis estadístico.

ANALISIS SENSORIAL

El análisis sensorial puede ser definido como el método experimental mediante el cual los jueces perciben y califican, caracterizando y/o midiendo, las propiedades sensoriales de muestras adecuadamente presentadas.

Pruebas Afectivas: Las pruebas afectivas son aquellas en las cuales el juez expresa su reacción subjetiva ante el producto, indicando si le gusta o le disgusta, si lo acepta o lo rechaza, o si lo prefiere respecto a otro.

ANALISIS ESTADISTICO

Categorización cuantitativa relativa: En este tipo de análisis se requiere presentar al jurado una escala dimensionada relativa para: Textura, dulzor y acidez.

PROPIEDADES ORGANOLEPTICAS

Color: Esta propiedad es la percepción de la luz de una cierta longitud de onda reflejada por un objeto.

Aroma: Es la sensación causada por la percepción de sustancias olorosas de un alimento que es puesto en la boca, además es el principal componente del sabor.

Textura: Propiedad sensorial de los alimentos que se detecta por los sentidos del tacto, la vista y el oído, se manifiesta cuando el alimento sufre una deformación. Cuando se trata de alimentos líquidos se refiere a la viscosidad y consistencia.

Sabor: El sabor resulta de la combinación de cuatro propiedades: olor, aroma, gusto y textura.

Dulzor: Se percibe por las papilas gustativas ubicadas en la punta de la lengua.

Acidez: Se percibe por las papilas gustativas ubicadas a los costados de la lengua.

MATERIALES

- Chicha de jora del experimento C con tratamiento térmico 53°C y 20 minutos de exposición.
- Vasos descartables.
- Ficha de evaluación sensorial (Apéndice 2).
- Lapiceros.

PROCEDIMIENTO

- Preguntar al panelista cuantas veces consume chicha de jora al mes, de consumir dicha bebida más de una vez al mes se considera como consumidor habitual.

- De ser consumidor habitual, entregar al panelista la ficha de evaluación sensorial.
- Asegurar que el panelista lea las instrucciones de la ficha.
- Entregar muestra de chicha de jora en un vaso.

CAPITULO IV.- RESULTADOS Y DISCUSIONES

4.1 ANALISIS DE LA FERMENTACION DE LA CHICHA DE JORA.

Avance de la fermentación (experimentos A, B y C).

En el experimento C la formación de gas se inicia a partir del segundo día, mientras que la producción en el experimento B al cuarto día y en el experimento A en el quinto, debido a que la bacteria necesita de un tiempo de adaptación en el medio de cultivo y aumentar la carga microbiana (periodo de inducción); como resultado se obtiene el menor periodo de inducción para el experimento C (Fig. N° 4.1).

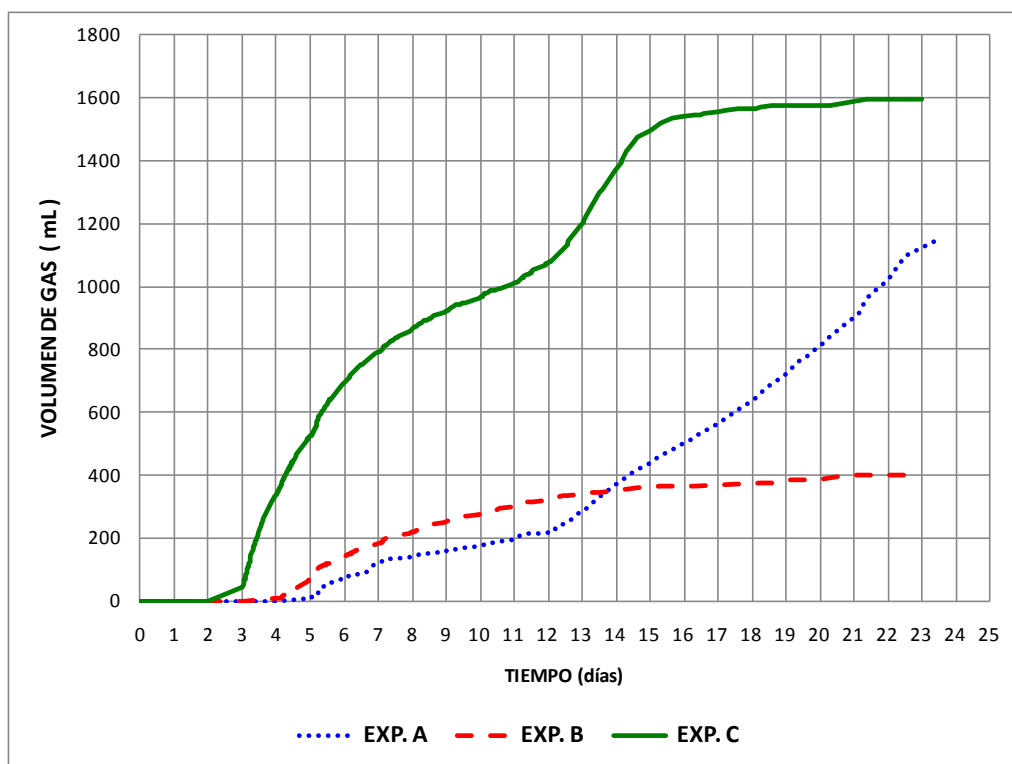


Fig. N° 4.1 Avance de fermentación de los experimentos A, B y C.

Se produce mayor cantidad de gas en el experimento C durante todo el proceso, de manera significativa respecto a los otros dos, resultado de la alta velocidad de gas liberado especialmente en los primeros 4 días (Fig. N° 4.2).

El experimento B al inicio obtiene mayor volumen de gas acumulado que el experimento A, pero a medida que pasa los días su velocidad comienza a disminuir todo lo contrario que con el experimento A (Fig. N° 4.2) del cual la velocidad comienza a aumentar a tal punto que a partir del día 14 el volumen es mayor y sigue creciendo mientras que el experimento B se detiene, finalmente el experimento A forma más volumen acumulado que B, lo que afirma que a mayor cantidad de jora mayor producción.

Se esperaba que el experimento C tenga menor volumen acumulado que los demás experimentos debido a la presencia de proteínas sulfatadas como la cistina presente en las habas; sin embargo, el volumen obtenido es mucho mayor que los demás, esto debido a que los sulfuros a bajas concentraciones actúan como catalizadores para la fermentación.

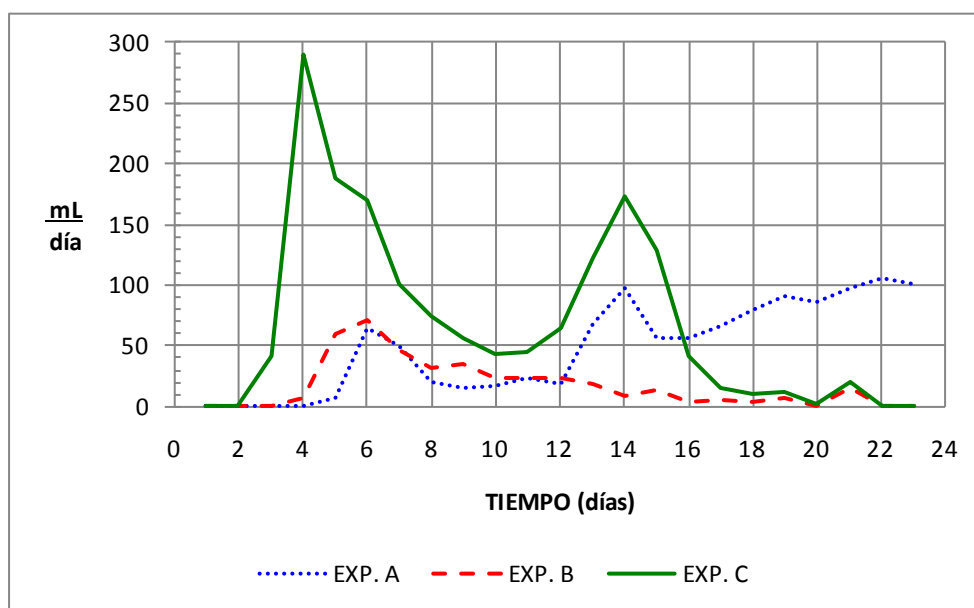


Fig. N° 4.2 Velocidad de fermentación de los experimentos A, B y C.

La velocidad máxima en el experimento C es 290 mL/día en el día cuatro, con un volumen acumulado de 1600 mL; en el experimento B la velocidad máxima es 70,5 mL/día en el día seis con un volumen acumulado de 400 mL; finalmente en el experimento A la velocidad máxima es de 100 mL/día a partir del día veintiuno con un volumen acumulado de 1140 mL.

Avance de la fermentación (experimentos C, D y E).

El inicio de la fermentación en los tres casos, empieza a partir del tercer día, se deduce que el periodo de inducción es de dos días (Fig. N° 4.3).

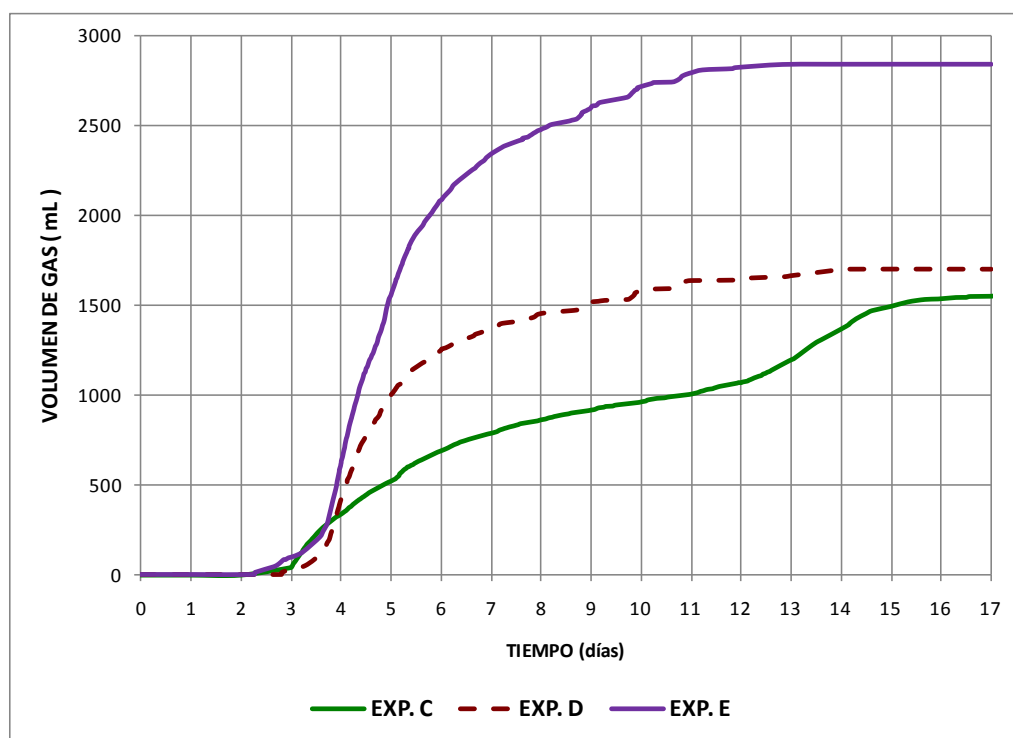


Fig. N° 4.3 Avance de fermentación de los experimentos C, D y E.

Se produce mayor cantidad de gas en el experimento E durante casi todo el proceso, a excepción de los primeros días en que con el experimento C tienen un proceso parecido; finalmente el orden del experimento que más formación de gas obtuvo es el siguiente: experimento E seguido muy de lejos por el experimento D y finalmente sin mucha diferencia el experimento C; por lo tanto se afirma que a mayor proporción de adición de cultivo de bacterias mayor producción.

La máxima velocidad de formación se da entre el cuarto y sexto día para los tres casos, siendo el pico más alto en el experimento E con velocidad 955 mL/día en el quinto día (Fig. N° 4.4).

El sembrado de bacterias mediante adición de chicha fermentada en los experimentos D y E, presenta en los primeros días como característica mucha actividad y logran terminar su proceso en poco tiempo aproximadamente al día 11.

Se observa que el experimento D obtiene el mismo volumen de gas comparado con el experimento C; sin embargo, el tiempo de fermentación es menor lo cual es una ventaja. Por otro lado, en el experimento E se obtiene los mejores resultados en volumen y tiempo de fermentación.

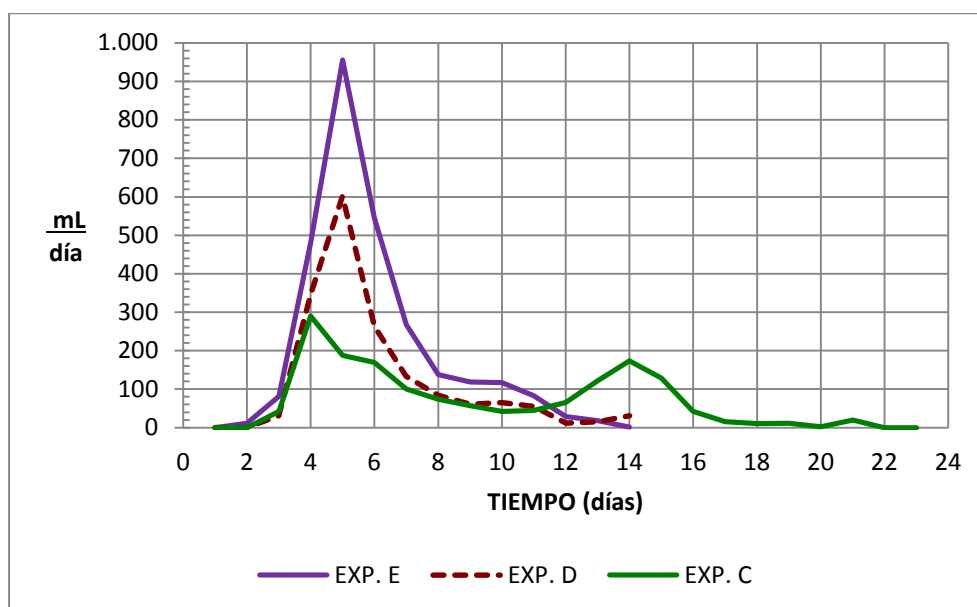


Fig. N° 4.4 Velocidad de fermentación de los experimentos C, D y E.

Avance de la fermentación de los experimentos E y F.

Al igual que en el avance anterior el periodo de inducción es de dos días en el experimento F (Fig. N° 4.5).

El mayor número de reúsos consecutivos de las bacterias afecta el rendimiento y producción de la chicha de jora, obteniéndose menores resultados a mayor número de reuso como lo demuestra el experimento F comparado con el experimento E.

La velocidad de formación de gas liberado del Experimento F es lento, por lo que el tiempo de fermentación se prolonga, el pico más alto se da en el día cinco con 318 mL/día.

4.2 TRATAMIENTO TERMICO.

a) Tratamiento térmico a 46°C

Las muestras del experimento C son sometidos a tratamiento térmico a 46°C y diferentes tiempos de exposición, el cuadro N° 4.1 muestra el análisis microbiológico de bacterias ácido lácticas por mililitro de solución con respecto al tiempo de sometimiento a tratamiento térmico de 46°C.

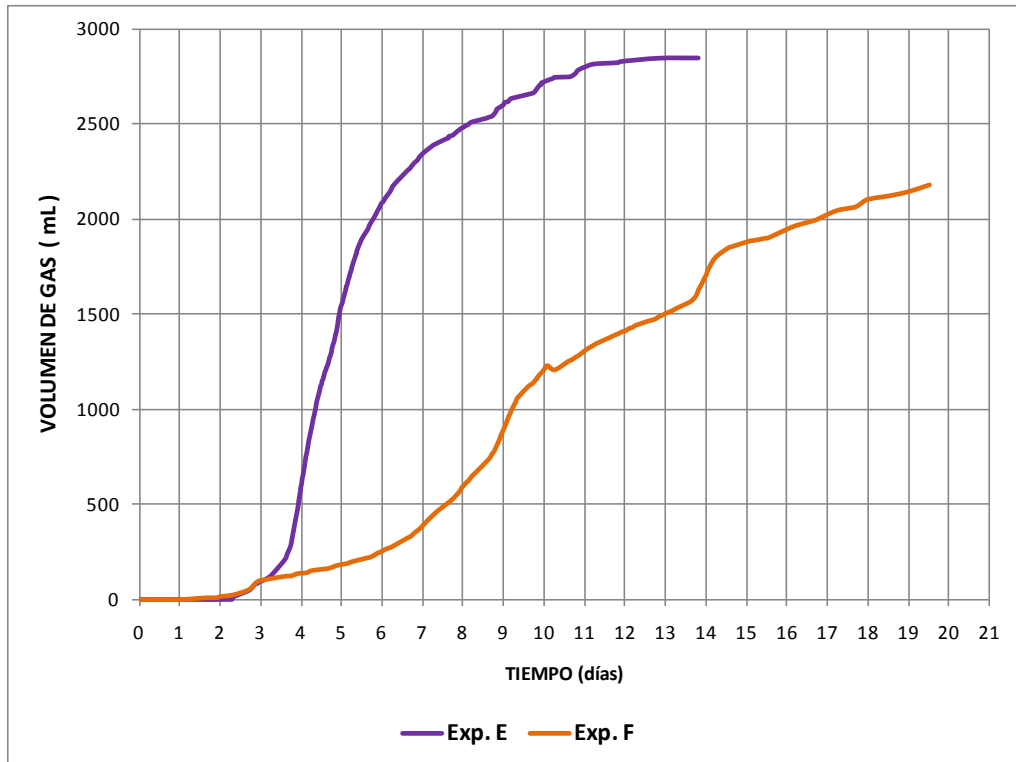


Fig. N° 4.5 Avance de fermentación de los experimentos E y F.

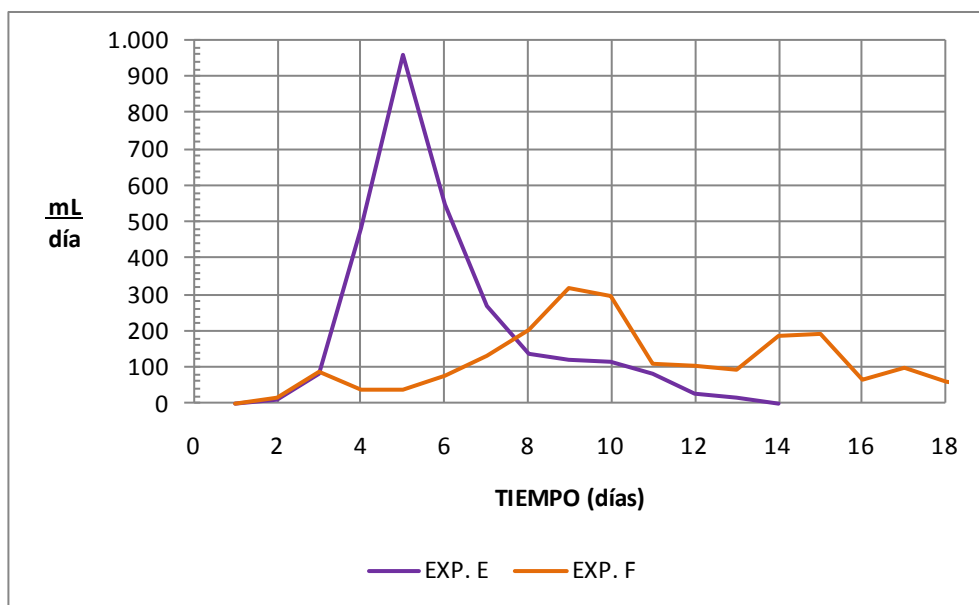


Fig. N° 4.6 Velocidad de fermentación de los experimentos E y F.

Cuadro N° 4.1 Relación del tiempo con respecto a la carga microbiana 46°C.

TIEMPO (min)	N (ufc / mL)	LOG (N/N ₀)
0	3x10 ¹¹	0,0
5	6x10 ¹⁰	-0,7
10	6,4x10 ⁹	-1,7
15	3x10 ⁹	-2,0
20	2,7x10 ⁸	-3,0

Con respecto a la formula dada $\log \frac{N}{N_0} = -\frac{kd}{2,3} \cdot t$ la pendiente obtenida de la Fig. N° 4.7 es comparada y se obtiene la constante cinética de muerte térmica (k_d) a 46°C es igual a 0,34 min⁻¹.

Con respecto a la formula dada $\log \frac{N}{N_0} = -\frac{1}{D} \cdot t$ la pendiente obtenida es comparada y se obtiene el tiempo de reducción decimal (D) a 46°C es igual a 6,76 min.

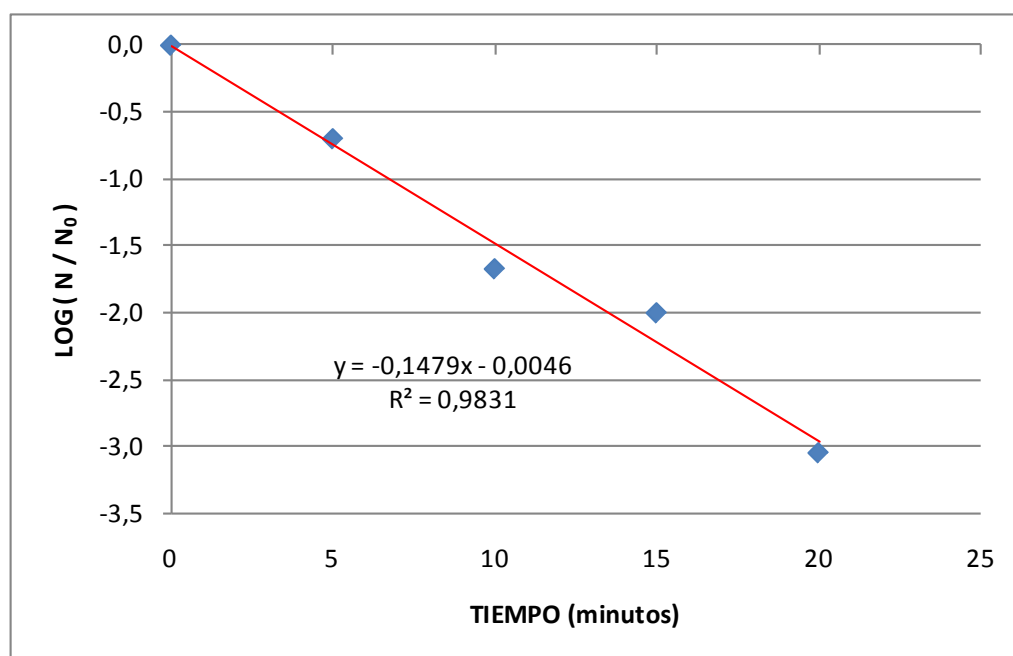


Fig. N° 4.7 Supervivencia a temperatura constante 46°C.

b) Tratamiento térmico a 48°C

Las muestras del experimento C son sometidos a tratamiento térmico de 48°C y diferentes tiempos de exposición, el cuadro N° 4.2 muestra el análisis microbiológico de bacterias ácido lácticas por mililitro de solución con respecto al tiempo de sometimiento a tratamiento térmico de 48°C.

Cuadro N° 4.2 Relación del tiempo con respecto a la carga microbiana 48°C.

TIEMPO (min)	N (ufc / mL)	LOG (N/N ₀)
0	2×10^{13}	0,0
5	$3,8 \times 10^{12}$	-0,7
10	1×10^{11}	-2,3
15	1×10^{10}	-3,3
20	53×10^8	-4,6

Con respecto a la formula dada $\log \frac{N}{N_0} = -\frac{k_d}{2,3} \cdot t$ la pendiente obtenida es comparada y se obtiene la constante cinética de muerte térmica (k_d) a 48°C es igual a $0,54 \text{ min}^{-1}$ (Fig. N° 4.8).

Con respecto a la formula dada $\log \frac{N}{N_0} = -\frac{1}{D} \cdot t$ la pendiente obtenida es comparada y se obtiene el tiempo de reducción decimal (D) a 48°C es igual a 4,26 min (Fig. N° 4.8).

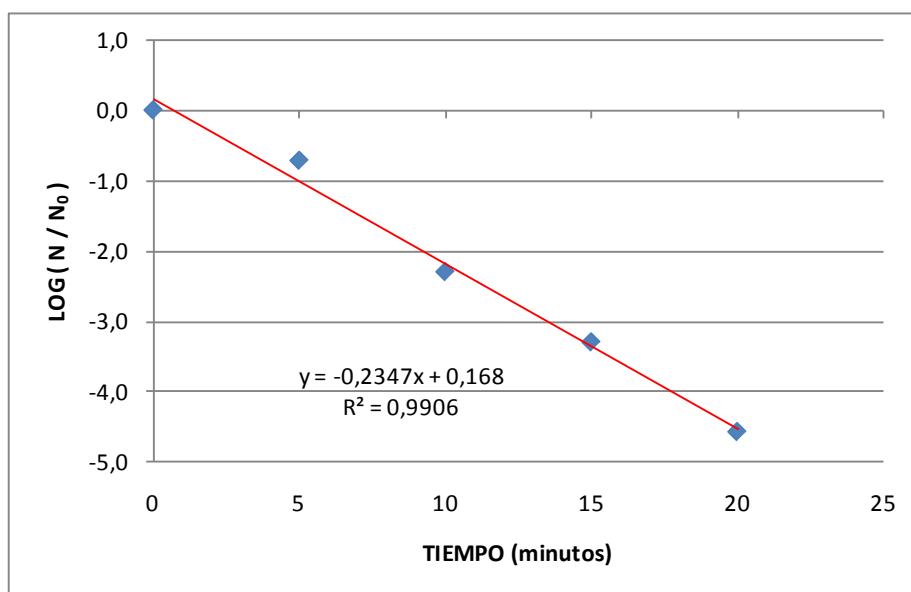


Fig. N° 4.8 Supervivencia a temperatura constante 48°C.

Cuadro N° 4.3 Relación del tiempo con respecto a la carga microbiana 50°C.

TIEMPO (min)	N (ufc / mL)	LOG (N/N ₀)
0	5x10 ⁹	0,0
5	1x10 ⁷	-2,7
10	1x10 ⁵	-4,7
15	1x10 ⁴	-5,7
20	3x10 ²	-7,2

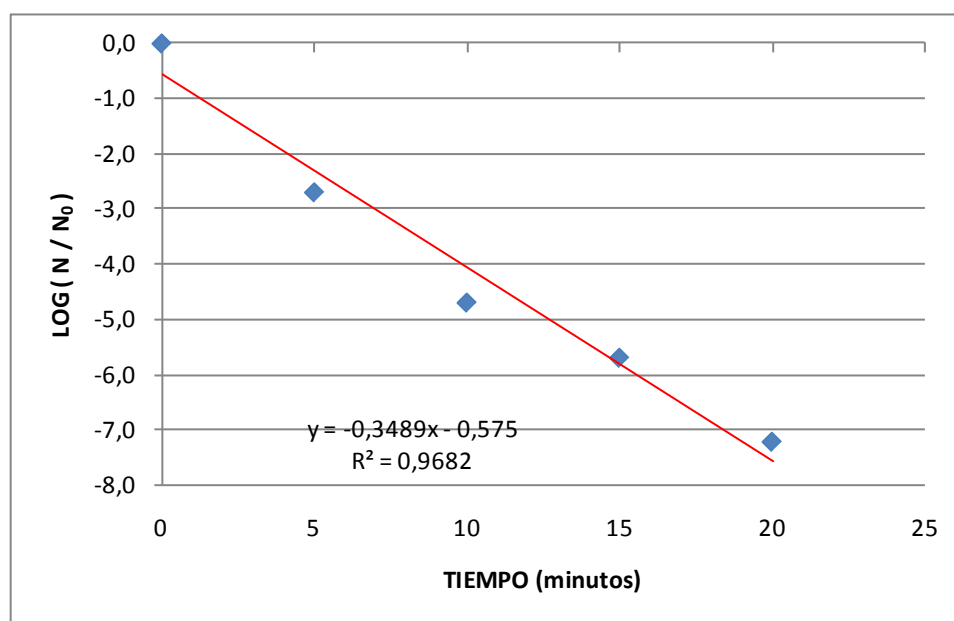


Fig. N° 4.9 Supervivencia a temperatura constante 50°C.

Con respecto a la fórmula dada $\log \frac{N}{N_0} = -\frac{kd}{2,3} \cdot t$ la pendiente obtenida es comparada y se obtiene la constante cinética de muerte térmica (k_d) a 50°C es igual a 0,80 min⁻¹(Fig. N° 4.9)

Con respecto a la fórmula dada $\log \frac{N}{N_0} = -\frac{1}{D} \cdot t$ la pendiente obtenida es comparada y se obtiene el tiempo de reducción decimal (D) a 50°C es igual a 2,87 min.

c) **Tratamiento Térmico a 52°C**

Las muestras del experimento C son sometidos a tratamiento térmico de 52°C en diferentes tiempos, el cuadro N° 4.4 muestra el análisis microbiológico de bacterias ácido lácticas por mililitro de solución con respecto al tiempo de sometimiento a tratamiento térmico de 52°C.

Cuadro N° 4.4 Relación del tiempo con respecto a la carga microbiana 52°C.

TIEMPO (min)	N (ufc / mL)	LOG (N/N ₀)
0	2x10 ⁷	0,0
5	7,6x10 ⁵	-1,4
10	1x10 ³	-4,3
15	50	-5,6
20	0	-

Con respecto a la formula dada $\log \frac{N}{N_0} = -\frac{kd}{2,3} \cdot t$ la pendiente obtenida es comparada y se obtiene la constante cinética de muerte térmica a (k_d) 52°C es igual a 0,91 min⁻¹ (Fig. N° 4.10).

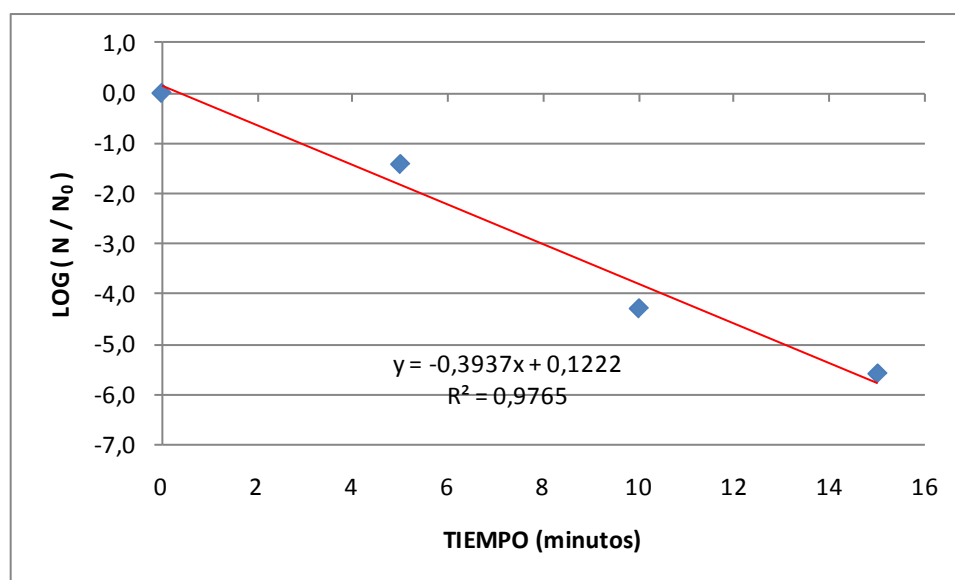


Fig. N° 4.10 Supervivencia a temperatura constante 52°C.

Con respecto a la formula dada $\log \frac{N}{N_0} = -\frac{1}{D} \cdot t$ la pendiente obtenida es comparada y se obtiene el tiempo de reducción decimal (D) a 52°C es igual a 2,54 min.

d) Tratamiento térmico a 53°C

Las muestras del experimento C son sometidos a tratamiento térmico de 53°C en diferentes tiempos, el cuadro N° 4.5 muestra el análisis microbiológico de bacterias ácido lácticas por mililitro de solución con respecto al tiempo de sometimiento a tratamiento térmico de 53°C.

Cuadro N° 4.5 Relación del tiempo con respecto a la carga microbiana 53°C.

TIEMPO (min)	N (ufc / mL)	LOG (N/N ₀)
0	4x10 ⁶	0,0
5	2x10 ³	-3,3
10	50	-4,9
15	0	-
20	0	-

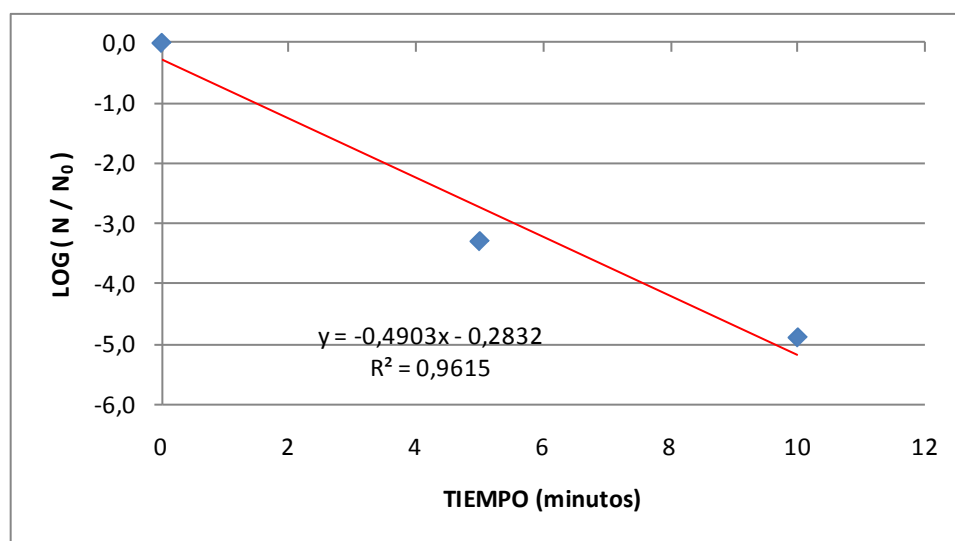


Fig. N° 4.11 Supervivencia a temperatura constante 53°C.

Con respecto a la formula dada $\log \frac{N}{N_0} = -\frac{kd}{2,3} \cdot t$ la pendiente obtenida es comparada y se obtiene la constante cinética de muerte térmica (k_d) a 53°C es igual a 1,13 min⁻¹ (Fig. N° 4.11).

Con respecto a la formula dada $\log \frac{N}{N_0} = -\frac{1}{D} \cdot t$ la pendiente obtenida es comparada y se obtiene el tiempo de reducción decimal (D) a 53°C es igual a 2,04 min.

Tratamientos Térmicos a diferentes temperaturas y tiempos de exposición.

Se observa que en el tratamiento a 55°C solo hay dato en el tiempo 0, esto debido que luego de cinco minutos de tratamiento ya no hay más microorganismos presentes.

Para los demás experimentos para cuando alcanzan la temperatura de exposición la carga microbiana ya fue destruida.

Cuadro N° 4.6 Resultados microbiológicos de bacterias ácido lácticas a tratamientos térmicos de 55, 60, 65 y 70°C.

TIEMPO (min)	TEMPERATURA DE TRATAMIENTO TERMICO			
	55°C	60°C	65°C	70°C
	N (ufc / mL)	N (ufc / mL)	N (ufc / mL)	N (ufc / mL)
0	5000	0	0	0
5	0	0	0	0
10	0	0	0	0
15	0	0	0	0
20	0	0	0	0

4.2.1 CORRELACION DE LA k_d VS TEMPERATURA

De las constantes cinéticas de muerte térmica obtenidas a diferentes temperaturas se obtiene.

Cuadro N° 4.7 Constantes cinéticas de muerte térmica obtenidas a diferentes temperaturas

TEMPERATURA (°C)	k_d
46	0,34
48	0,54
50	0,80
52	0,91
53	1,13

Tomando logaritmo a la ecuación de Arrhenius (ecuación 2.5) se obtiene:

$$\ln(k_d) = \ln(k_\infty) - \frac{E_a}{R} \cdot \frac{1}{T}$$

Entonces se correlaciona $\ln(k_d)$ versus la inversa de la temperatura:

Cuadro N° 4.8 Relación de la inversa de la temperatura con respecto al logaritmo decimal de la constante cinética de muerte térmica.

1/T	Ln (kd)
0,0217	-1,08
0,0208	-0,62
0,0200	-0,22
0,0192	-0,10
0,0189	0,12

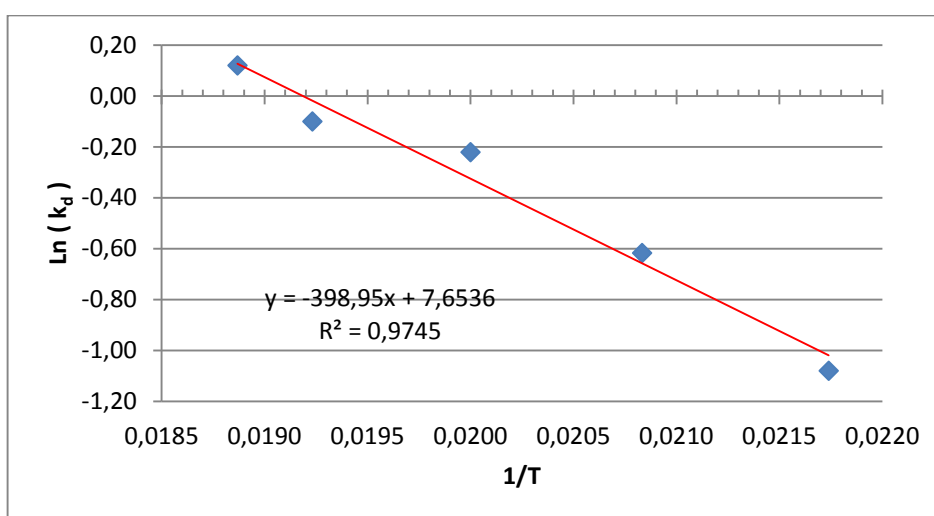


Fig. N° 4.12 Correlación de de la inversa de la temperatura con respecto a la constante cinética de muerte térmica.

Por lo tanto:

$$R = 1,987 \text{ cal}/(\text{mol} \cdot ^\circ\text{C})$$

$$E_a/R = 398,94 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$E_a = 792,71 \text{ cal/mol}$$

$$\text{Ln}(k_\infty) = 7,65$$

$$k_\infty = 2108,32 \text{ min}^{-1}$$

$$e = 2,71828$$

La ecuación resultante es: $k_d = 2108,32 \cdot e^{-\frac{398,94}{T}}$

4.2.2 CORRELACION DE LA D VS TEMPERATURA Y LA CONSTANTE DE LA TERMORRESISTENCIA (Z)

Cuadro N° 4.9 Tiempos de reducción decimal (D) obtenidas a diferentes temperaturas

TEMPERATURA (°C)	D	LOG(D)
46	6,76	0,83
48	4,26	0,63
50	2,87	0,46
52	2,54	0,40
53	2,04	0,31

Dado que $\frac{1}{D} = \frac{k_d}{2,3}$, se deduce que $D = D_\infty \cdot e^{\frac{E_a}{RT}}$

Entonces se correlaciona Log(D) versus la temperatura:

Por lo tanto:

Sabiendo que $\frac{\text{Log}(D) - \text{Log}(D_{TR})}{(T - T_R)} = -\frac{1}{Z} = -m$ de la ecuación (2.7)

Comparando de la gráfica TDT se obtiene $m=1/Z=1/14,2$

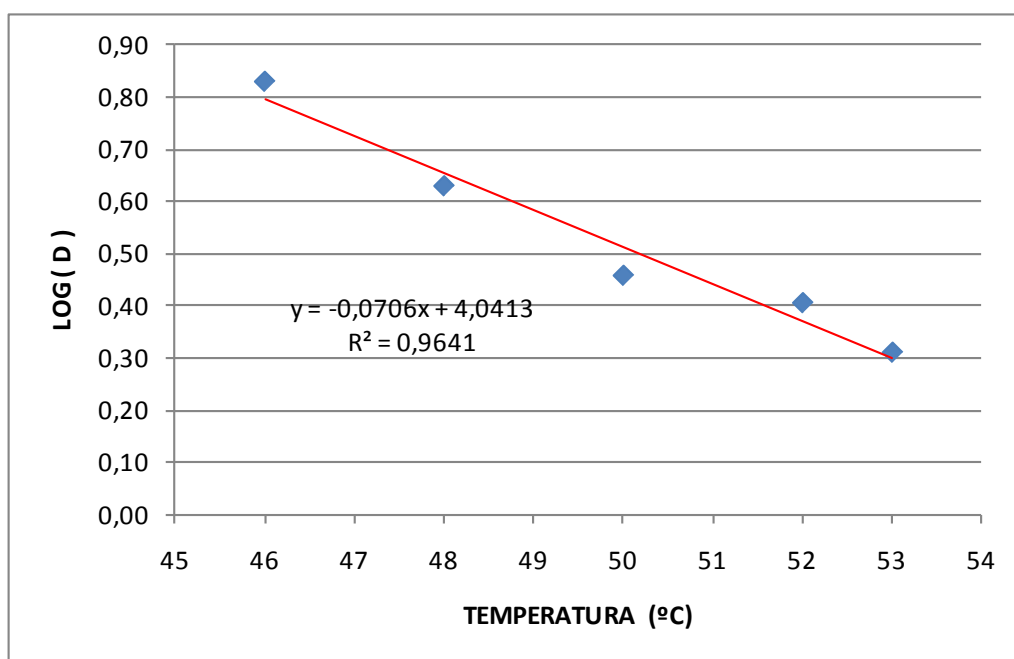


Fig. N° 4.13 Gráfico TDT: Correlación de la temperatura con respecto al Tiempo de reducción decimal (D).

Como resultado se obtiene la termorresistencia (z) el valor de 14,2 para las bacterias ácido lácticas presentes en la chicha de jora.

4.3 DISEÑO DEL PROCESO TERMICO CON EL METODO DE LA FORMULA DE BALL

4.3.1 CALCULO DE LOS PARAMETROS DE RESPUESTA A LA TEMPERATURA (f_h)

T_1 : Temperatura del medio de calentamiento o temperatura de procesamiento (60°C).

T_0 : Temperatura inicial del producto (19,4°C).

Cuadro N° 4.10 Datos obtenidos para la prueba de penetración de calor al calentar

TIEMPO (minutos)	TEMPERATURA AUTOCLAVE T_R (°C)	TEMPERATURA DE LA CHICHA T (°C)	Diferencia $T_1 - T$
0	22	19,4	40,6
5	24	19,4	40,6
10	27	20,2	39,8
15	34	22,7	37,3
20	42	27,1	32,9
25	50	33,3	26,7
30	60	40,6	19,4
35	62	48,5	11,5
40	61	52,5	7,5
45	60	54,6	5,4
50	60	55,3	4,7

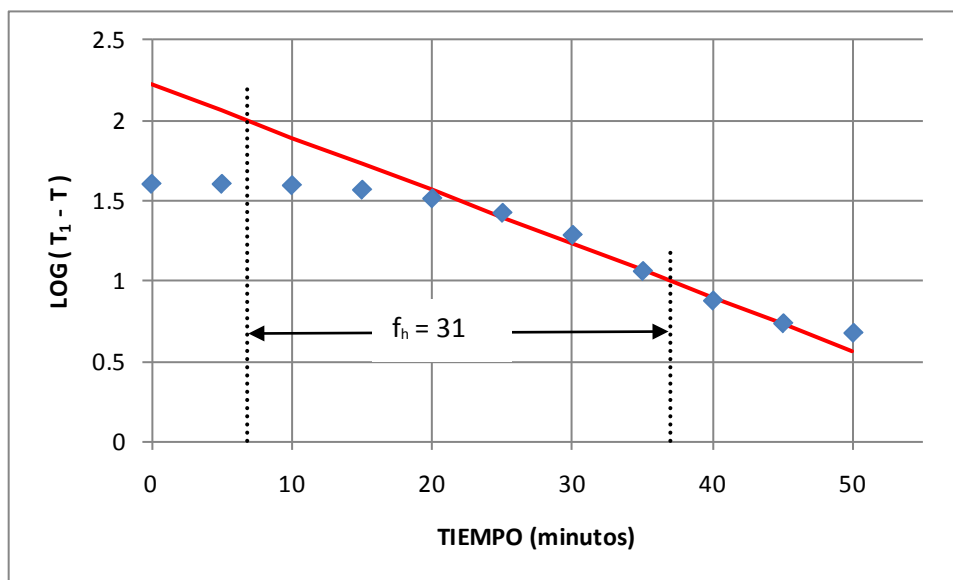


Fig. N° 4.14 Curva de penetración de calor para la chicha de jora

4.3.2 CALCULO DEL FACTOR DE RETRASO (j_h)

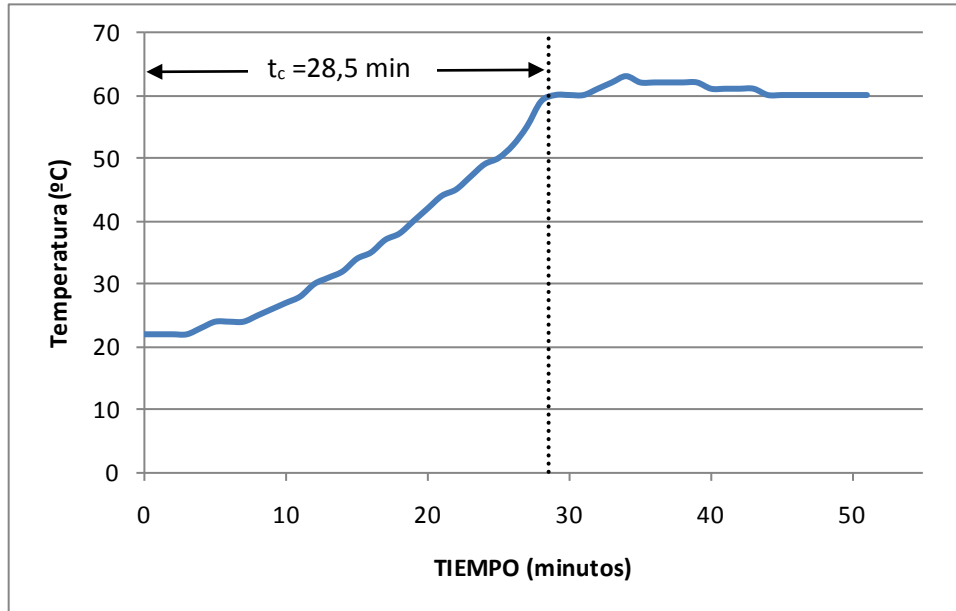


Fig. N° 4.15 Curva de la temperatura real en la cámara de la autoclave

t_c : Tiempo de levante, tiempo para que la cámara de la autoclave alcance la temperatura de procesamiento (28,5 minutos).

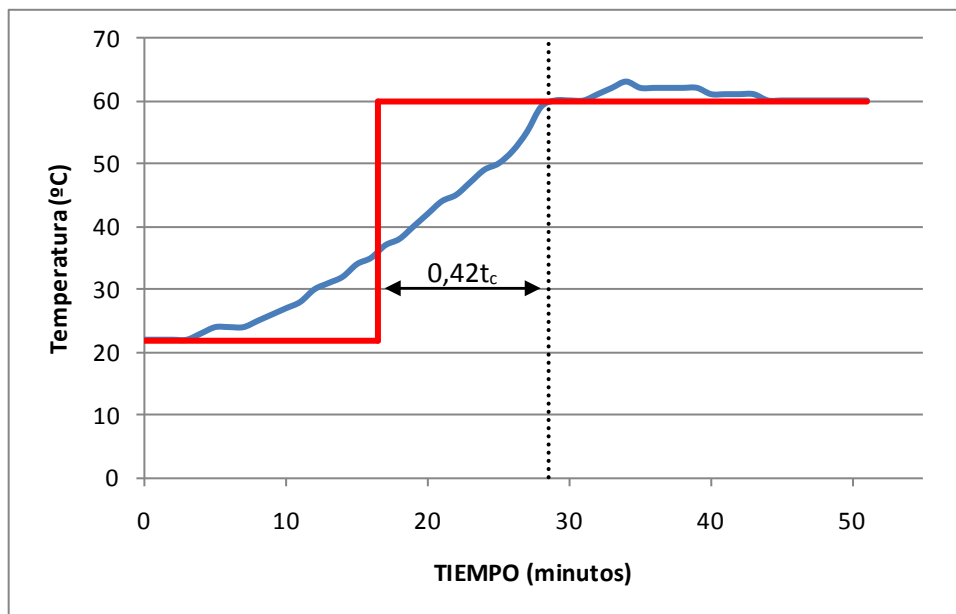


Fig. N° 4.16 Simplificación de Ball

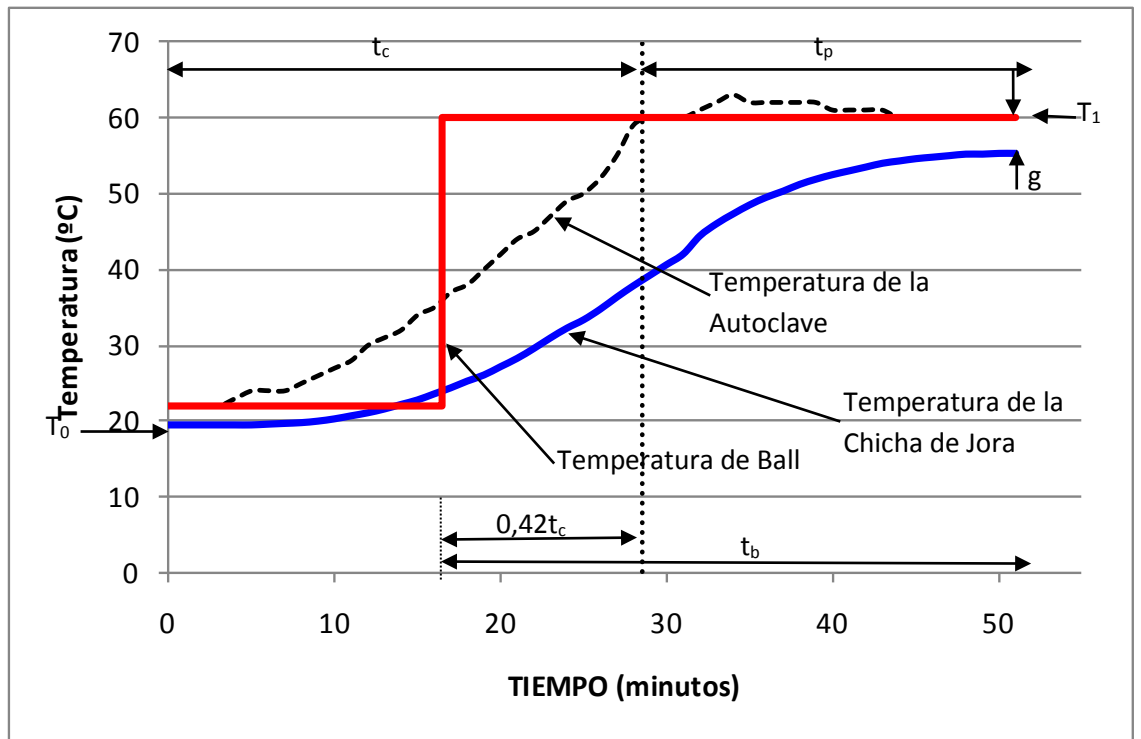


Fig. N° 4.17 Curva característica que muestra varios términos en el cálculo de procesamiento de Ball.

La Fig. N° 4.18 muestra la curva representativa de logaritmo de la diferencia de temperatura contra el tiempo que indica el inicio del tiempo de procesamiento de Ball y el punto de intersección aparente de Ball.

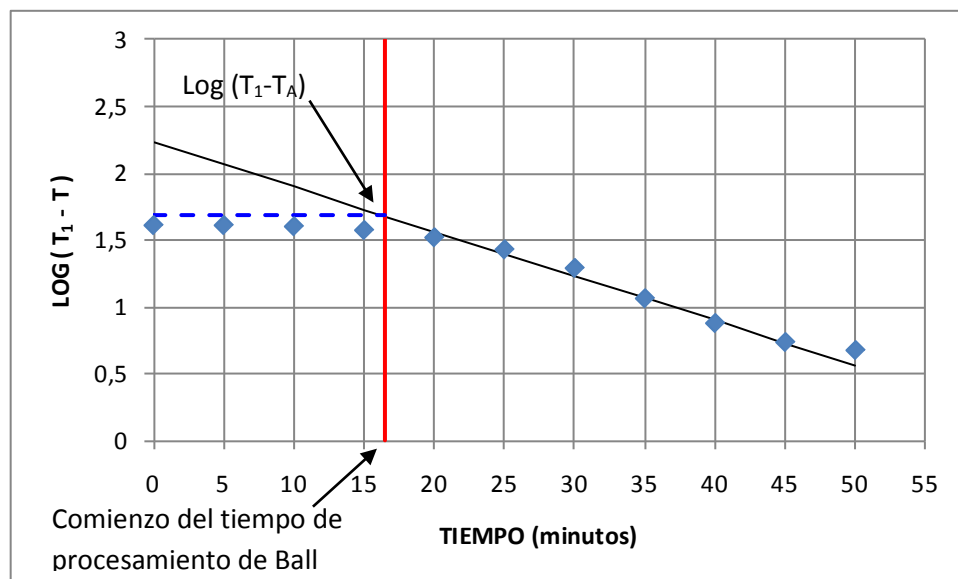


Fig. N° 4.18 Punto de intersección aparente de Ball.

T_A : Temperatura aparente de Ball

$$j_h = \frac{T_1 - T_A}{T_1 - T_0} = \frac{10^{1,6808}}{60 - 19,4} = 1,18$$

Reemplazando los valores de f_h y j_h en la ecuación 2.14, obtenemos:

$$\log(T_1 - T) = \log[1,18 \cdot (T_1 - T_0)] + \frac{t}{31}$$

4.3.3 CALCULO DE LOS PARAMETROS DE RESPUESTA A LA TEMPERATURA (f_c).

Cuadro N° 4.11 Datos obtenidos para la prueba de penetración de calor al enfriar

TIEMPO (min)	TEMPERATURA MEDIO DE ENFRIAMIENTO T_2 (°C)	TEMPERATURA ALIMENTO T (°C)	Diferencia $T-T_2$ (°C)	log
0	23,6	55,3	31,7	1,501
2	23,6	44,6	21,0	1,322
3	23,6	38,6	15,0	1,176
4	23,6	36,0	12,4	1,093
5	23,6	33,4	9,8	0,991
6	23,6	31,8	8,2	0,914
7	23,6	30,4	6,8	0,833
8	23,6	29,2	5,6	0,748
9	23,6	28,0	4,4	0,643
10	23,6	27,2	3,6	0,556

T_2 : Temperatura del medio de enfriamiento (23,6°C).

T_B : Temperatura del alimento al momento de la desconexión (55,3°C).

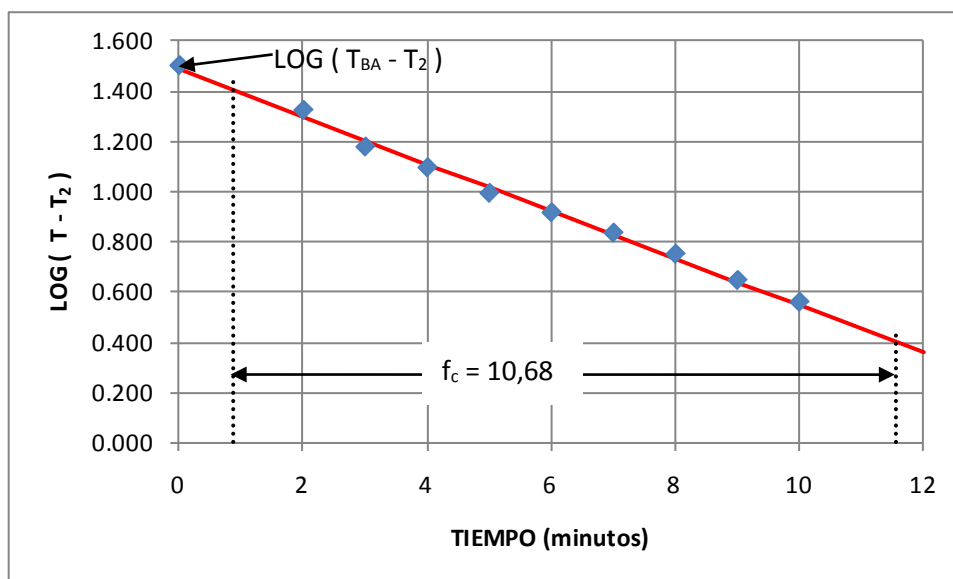


Fig. N° 4.19 Curva de penetración de calor de enfriamiento para la chicha de jora

4.3.4 CALCULO DEL FACTOR (j_c)

$$j_c = \frac{T_{BA} - T_2}{T_B - T_2} = \frac{10^{1,4834}}{55,3 - 23,6} = 0,96$$

Reemplazando los valores de f_h y j_h en la ecuación 2.17, obtenemos:

$$\log(T - T_2) = \log[0,96(T_B - T_2)] + \frac{t}{10,68}$$

NOTA

Las pruebas de comparación de penetración de calor entre datos reales y los estimados se pueden observar en el apéndice 3.

4.4 ANALISIS SENSORIAL DE LA CHICHA DE JORA

Para el análisis sensorial se usa la chicha de jora con tratamiento térmico de 53°C y 20 minutos de exposición ($F=20$), el cual a estas condiciones se produce mayor grado de destrucción térmica microbiana con respecto al experimento de 53°C y 15 minutos ($F=15$).

El análisis sensorial se realizó con un panel de 38 personas consumidores habituales de chicha de jora, en los distritos de Villa el Salvador, Villa María del Triunfo y Santiago de Surco, como consecuencia se obtuvo las siguientes caracterizaciones ver Fig. N° 4.20 y Fig. N° 4.21.

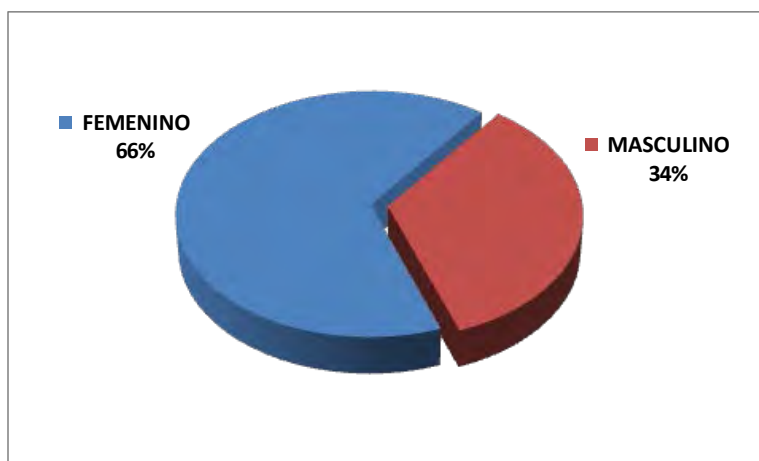


Fig. N° 4.20 Caracterización del panel de degustación por género.

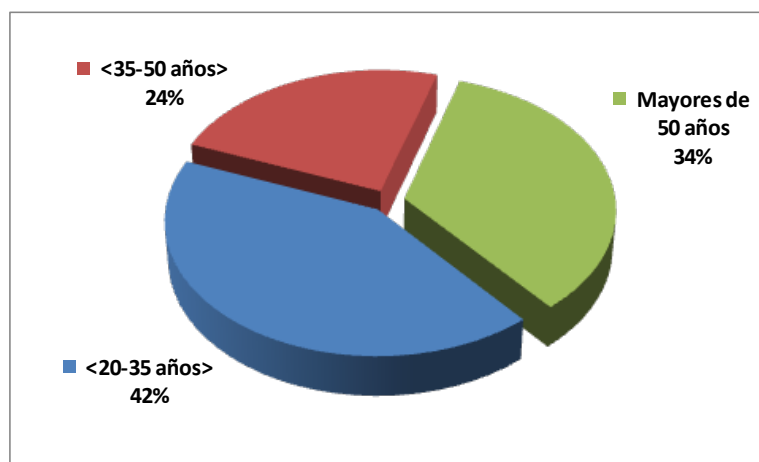


Fig. N° 4.21 Caracterización del panel de degustación por edad.

4.4.1 PRUEBAS AFECTIVAS

a) COLOR

Ante la pregunta si asocian el color de la muestra con la chicha de jora, el 84% de los juicios fueron positivos y el 16% restante negativa ver Fig. N° 4.22.

Entre los juicios que no asocian el color de la chicha, se sugiere que el color sea más claro; el color de los sólidos suspendidos son una combinación de tonos blancos y amarillos, por lo tanto, al ser retirados por filtración el color de la chicha se oscurece pero es transparente; otro motivo del oscurecimiento se debe al pardeamiento no enzimático debido al tratamiento térmico; sin embargo los juicios positivos indica claramente su aceptación.

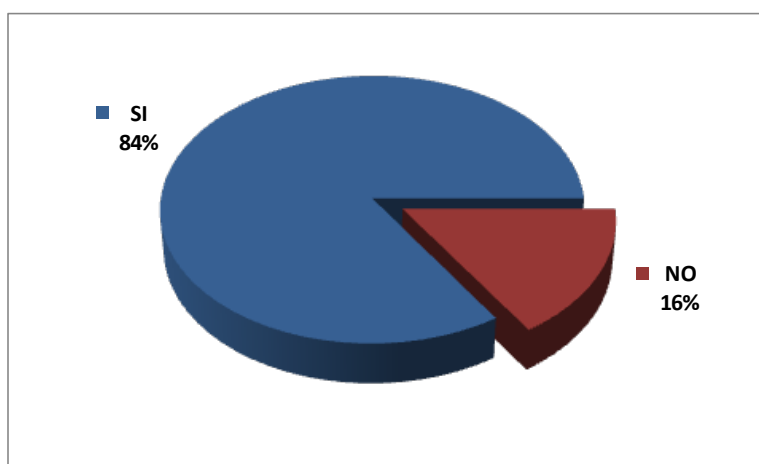


Fig. N° 4.22 Resultados de la prueba afectiva de color.

b) AROMA

Ante la pregunta si identifica el aroma a chicha de jora el 92% de los juicios fueron positivos y el 8% restante negativo.

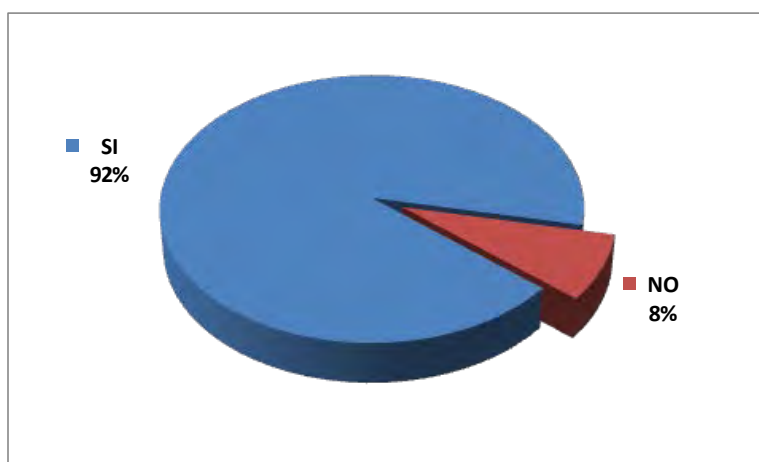


Fig. N° 4.23 Resultados de la prueba afectiva de aroma.

c) SABOR

Ante la pregunta de cómo considera el sabor de la chicha de jora dada como muestra el 84% de los juicios es aceptable y el 16% no aceptable.

Se atribuye algunas razones de cuyos juicios fueron negativas, debe ser espeso, con presencia de sólidos suspendidos y falta dulce.

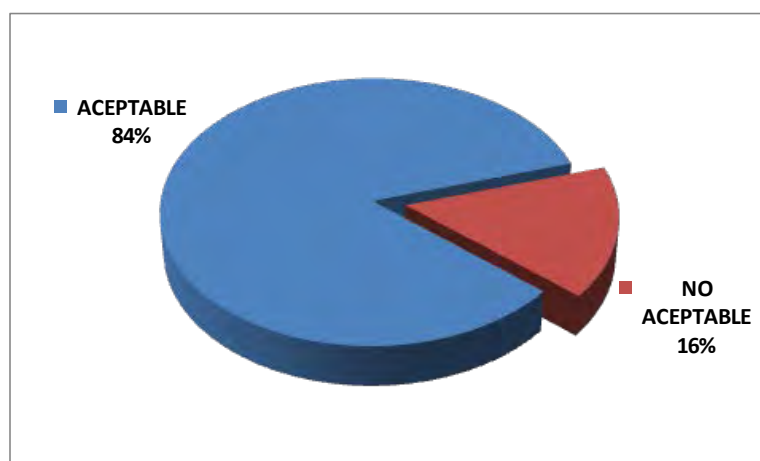


Fig. N° 4.24 Resultados de la prueba afectiva de sabor.

4.4.2 CATEGORIZACION CUANTITATIVA RELATIVA

La prueba de hipótesis es una técnica estadística que consiste en aceptar o rechazar un valor o valores de los parámetros propuestos y este procedimiento se basa en la información de una muestra aleatoria.

Para la prueba de hipótesis, las premisas de textura, dulzor y acidez son propuestas en base a la experiencia de uno de los investigadores del trabajo como degustador en industrias alimentarias y como consumidor habitual de chicha de jora.

Definición de variables:

H_0 : Hipótesis sometida a prueba.

H_1 : Hipótesis alternativa.

μ : Media poblacional.

α : Nivel de significación.

\bar{x} : Promedio muestral.

a) TEXTURA

Se parte de la premisa que la media de la textura es de escala 3 (ligeramente aguado), con un nivel de confianza del 99%.

Datos:

Cuadro N° 4.12 Escala dimensionada relativa con respecto a la textura y número de juicios.

ESCALA	DESCRIPCION	NUMERO DE JUICIOS
1	Muy aguado	5
2	Moderadamente Aguado	10
3	Ligeramente aguado	13
4	Ni aguado ni espeso	8
5	Ligeramente espeso	2
6	Moderadamente espeso	0
7	muy espeso	0
Total		38

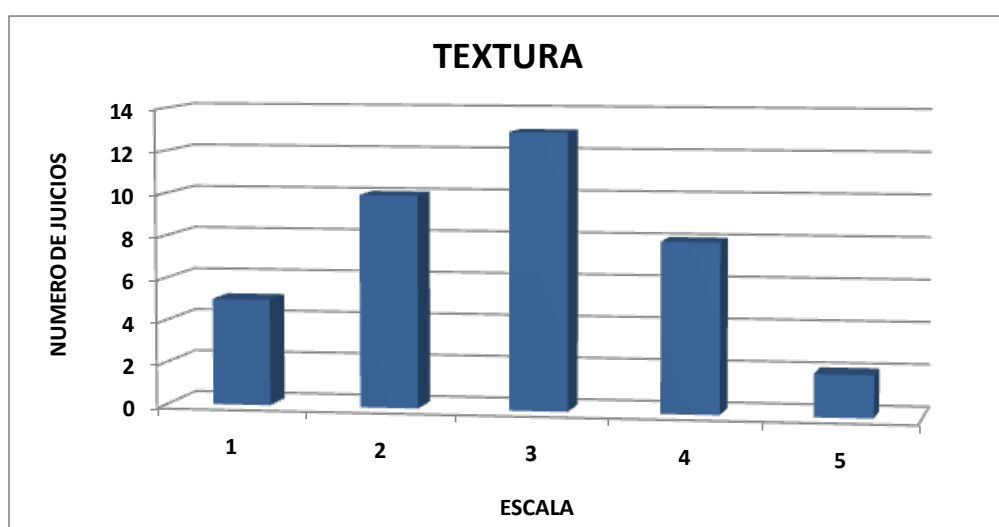


Fig. N° 4.25 Respuesta de textura.

Solución:

1. $H_0 : \mu=3$ y $H_1 : \mu \neq 3$
2. $\alpha = 0,01$
3. Se asume que la muestra tiene una distribución normal.

$$\bar{x} = \frac{\sum_1^n x_i}{n}$$

$$\bar{x} = 2,8$$

$$S_x^2 = \frac{\sum_1^n (x_i - \bar{x})^2}{n}$$

$$S_x^2 = 1,17$$

Debido a que n es mayor a 30, entonces:

$$\sigma_x^2 \approx S_x^2$$

\bar{x} es $N(3; \frac{1,17}{38})$

Luego $Z = \frac{\bar{x} - \mu}{\sigma/\sqrt{n}}$ es $N(0;1)$

4. Región Crítica: $Z < -z_{\alpha/2} = 2,58$ y $Z > z_{\alpha/2} = 2,58$ o
 $R.A = < -2,58; 2,58 >$
5. Cálculo de \bar{x} . De los datos $\bar{x} = 2,8$, y $\sigma^2 = 1,17$, luego

$$Z = \frac{\bar{x} - \mu}{\sigma/\sqrt{n}} = \frac{2,8 - 3}{1,08/\sqrt{38}} = -1,2$$

6. Conclusión: Puesto que $Z = -1,2 \notin R.A$, aceptamos H_0 ; es decir se acepta que la textura es ligeramente aguada.

b) DULZOR

Se parte de la premisa que la media del dulzor de la chicha de jora es de escala 2 (ligeramente dulce) con un nivel de confianza del 99%.

Datos:

Cuadro N° 4.13 Escala dimensionada relativa con respecto al dulzor y número de juicios.

ESCALA	DESCRIPCION	NUMERO DE JUICIOS
1	Ausencia de dulce	7
2	Ligeramente dulce	17
3	Dulce	6
4	Moderadamente dulce	8
5	Bastante dulce	0
6	Muy dulce	0
7	Extremadamente dulce	0
Total		38

Solución:

1. $H_0 : \mu=2$ y $H_1 : \mu \neq 2$
2. $\alpha = 0,01$

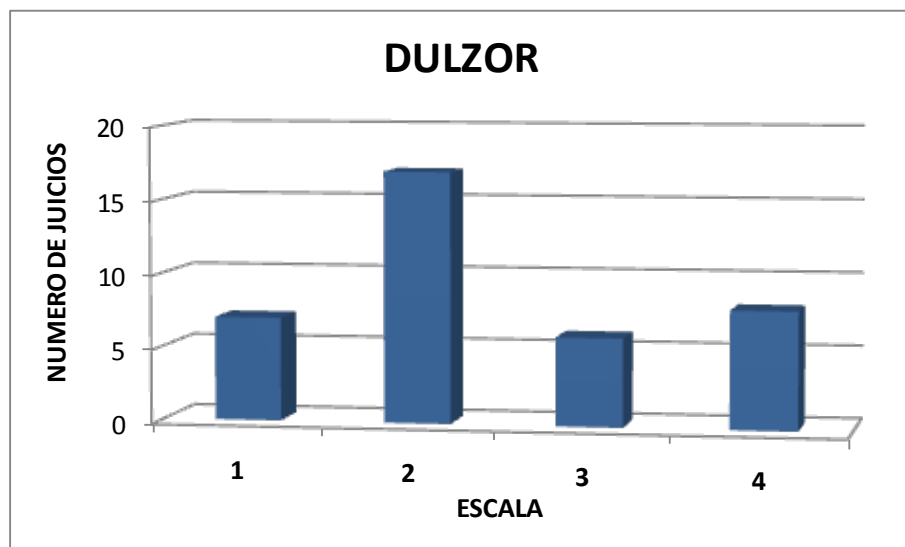


Fig. N° 4.26 Respuesta al dulce.

3. Se asume que la muestra tiene una distribución normal.

$$\bar{x} = \frac{\sum_1^n x_i}{n}$$

$$\bar{x} = 2,4$$

$$S_x^2 = \frac{\sum_1^n (x_i - \bar{x})^2}{n}$$

$$S_x^2 = 1,03$$

Debido a que n es mayor a 30, entonces:

$$\sigma_x^2 \approx S_x^2$$

$$\bar{x} \text{ es } N\left(2; \frac{1,03}{38}\right)$$

$$\text{Luego } Z = \frac{\bar{x} - \mu}{\sigma/\sqrt{n}} \text{ es } N(0;1)$$

4. Región Crítica: $Z < -z_{\alpha/2} = 2,58$ y $Z < z_{\alpha/2} = 2,58$ o
 $R.A = < -2,58; 2,58 >$
5. Cálculo de \bar{x} . De los datos $\bar{x} = 2,8$, y $\sigma^2 = 1,17$, luego

$$Z = \frac{\bar{x} - \mu}{\sigma/\sqrt{n}} = \frac{2,4 - 2}{1,01/\sqrt{38}} = 2,4$$

6. Conclusión: Puesto que $Z=2,4 \in R.A$, aceptamos H_0 ; es decir se acepta que el dulzor es ligeramente dulce.

c) ACIDEZ

Se parte de la premisa que la media de la acidez de la chicha de jora es de escala 3 (ácido) con un nivel de confianza del 99%.

Datos:

Cuadro N° 4.14 Escala dimensionada relativa con respecto al Acidez y número de juicios.

ESCALA	DESCRIPCION	NUMERO DE JUICIOS
1	Ausencia de acidez	1
2	Ligeramente ácido	19
3	Ácido	6
4	Moderadamente ácido	7
5	Bastante ácido	3
6	Muy ácido	2
7	Extremadamente ácido	0
total		38

Solución:

1. $H_0 : \mu=3$ y $H_1 : \mu \neq 3$
2. $\alpha = 0,01$

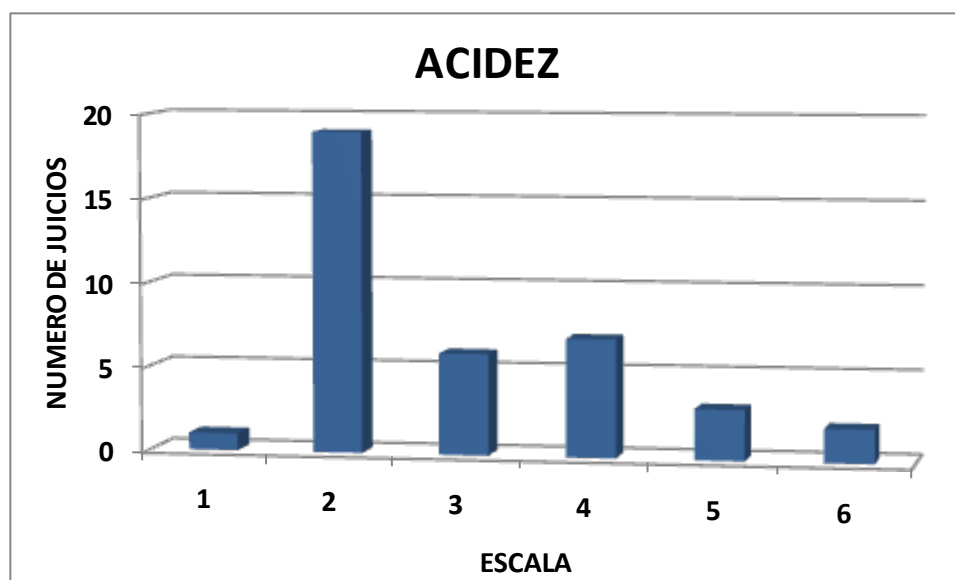


Fig. N° 4.27 Respuesta a la acidez.

3. Se asume que la muestra tiene una distribución normal.

$$\bar{x} = \frac{\sum_1^n x_i}{n}$$

$$\bar{x} = 2,9$$

$$S_x^2 = \frac{\sum_1^n (x_i - \bar{x})^2}{n}$$

$$S_x^2 = 1,58$$

Debido a que n es mayor a 30, entonces:

$$\sigma_x^2 \approx S_x^2$$

$$\bar{x} \text{ es } N\left(3; \frac{1,58}{38}\right)$$

$$\text{Luego } Z = \frac{\bar{x} - \mu}{\sigma/\sqrt{n}} \text{ es } N(0;1)$$

4. Región Crítica: $Z < -z_{\alpha/2} = 2,58$ y $Z < z_{\alpha/2} = 2,58$ o
 $R.A = < -2,58; 2,58 >$
5. Cálculo de \bar{x} . De los datos $\bar{x} = 2,9$, y $\sigma^2 = 1,58$, luego

$$Z = \frac{\bar{x} - \mu}{\sigma/\sqrt{n}} = \frac{2,9 - 3}{1,25/\sqrt{38}} = -0,26$$

6. Conclusión: Puesto que $Z = -0,26 \in R.A$, aceptamos H_0 ; es decir se acepta que la acidez de la chicha de jora es ácido.

PERFIL SENSORIAL DE LA CHICHA DE JORA

Por las suposiciones anteriormente aceptadas, se realiza el siguiente perfil sensorial de la muestra de chicha de jora, que lo caracteriza.

Cuadro N° 4.15 Perfil sensorial de la chicha de jora.

PARAMETRO	ESCALA	DESCRIPCION
DULZOR	2	Ligeramente Dulce
TEXTURA	3	Ligeramente aguado
ACIDEZ	3	Ácido

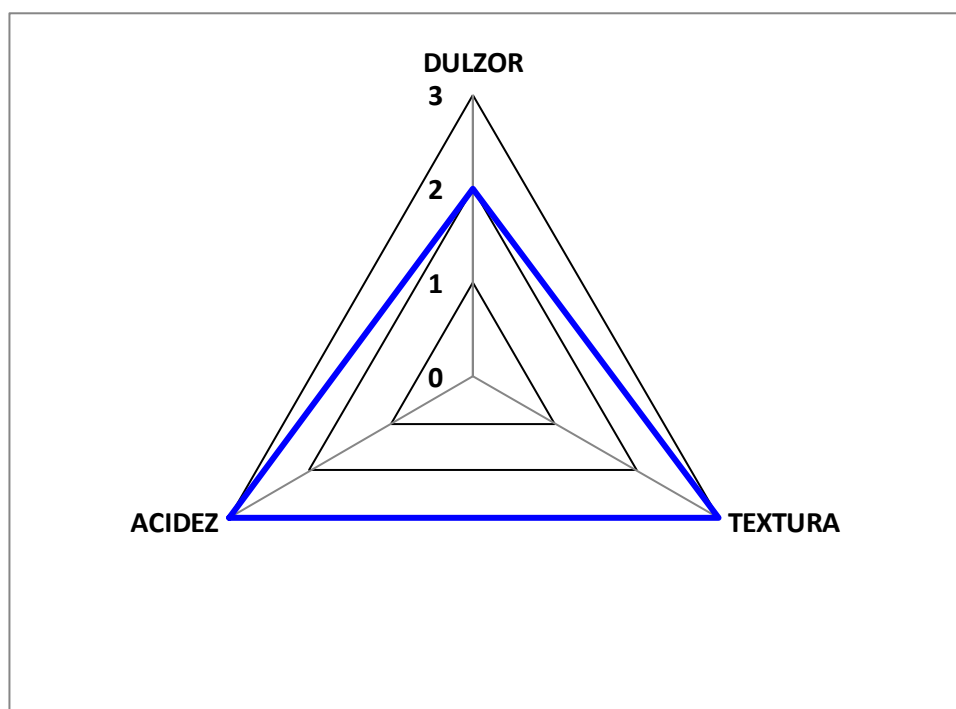


Fig. N° 4.28 Perfil sensorial de la chicha de jora.

4.5 TIEMPO DE ANAQUEL

La evaluación microbiológica corresponde a muestras sometidas a 53°C por 15 minutos.

Cuadro N° 4.16 Evaluación microbiológica de las bacterias ácido lácticas.

Tiempo	ufc/mL
1 día	0
45 días	0

Por los resultados se garantiza como tiempo de anaquel 45 días.

CAPITULO V.- COSTOS DE PROCESAMIENTO A NIVEL LABORATORIO

COSTOS DIRECTOS DE PRODUCCION

Para calcular el costo de procesamiento se toma como base la elaboración por lote (15 litros) de chicha de jora, la elaboración se realiza en dos etapas y el tiempo total es de 9,25 horas, se envasa en botellas de 250mL obteniendo 60 unidades por lote.

Se requiere de 1 persona (mano de obra) para esta labor.

a) MATERIA PRIMA, INSUMOS Y MATERIALES

Cuadro N° 5.1 Costos de materia prima, insumos y materiales

	Unidad	Cantidad	Precio Unitario S/.	Total S/.
Maíz	kg	1,00	3,00	3,00
Quínua	kg	0,25	6,80	1,70
Cebada	kg	0,25	2,20	0,55
Trigo resbalado	kg	0,25	2,50	0,63
Habas seca	kg	0,25	2,60	0,65
Chancaca	kg	0,38	1,20	0,45
Azúcar	kg	1,50	2,80	4,20
Canela y clavo	Unid	1	0,50	0,50
Agua potable	L	0,025	1,02	0,03
Botellas 250 mL	Unid	60	0,36	21,33
Tapas	Unid	60	0,05	3,12
Detergente (Unid. de 160 g)	Unid	0,25	1,00	0,25
Total S/.				36,40

b) MANO DE OBRA

Para la producción se requiere de una persona. Para la elaboración de este volumen de producción se necesita 9,25 horas de trabajo en dos etapas, el costo hora hombre es de 3,38 S./H-h.

Cuadro N° 5.2 Costo mano de obra

N° de trabajadores	Salario (S/.)	
	Unitario (S./H-h)	Total
1	3,38	31,27

c) **SERVICIOS****Cuadro N° 5.3** Costos de servicios

	Unidad	Cantidad	Precio Unitario S/.	Total S/.
Electricidad	kW.h	9,48	0,33	3,09
Agua potable	m ³	0,16	1,02	0,16
Gas	Balon	0,04	30,00	1,07
Total S/.				4,32

El costo directo de producción con tratamiento térmico es:

Cuadro N° 5.4 Costos directos de producción

ESPECIFICACIÓN	COSTO S/.
Costo materia prima, insumos y materiales	36,40
Costo de mano de obra	31,27
Costos de servicios	4,33
Total S/.	71,99

Para conocer cuál es el costo unitario de producción tenemos que dividir el costo total de producción entre el número de botellas producidas.

$$\text{Costo Unitario} = \frac{\text{Costo total de producción}}{\text{Unidades producidas}}$$

$$\text{Costo Unitario} = \frac{71,99 \text{ soles}}{60 \text{ botellas}}$$

$$\text{Costo Unitario} = 1,20 \frac{\text{soles}}{\text{botella}}$$

El costo unitario de producción de cada botella de chicha de jora con tratamiento térmico es de S/. 1,20.

De no realizar tratamiento térmico los costos de producción son:

Cuadro N° 5.5 Costos directos de producción sin tratamiento térmico

ESPECIFICACIÓN	COSTO S/.
Costo materia prima, insumos y materiales	36.40
Costo de mano de obra	22.82
Costos de servicios	1.17
Total S/.	60.38

El costo unitario de producción de cada botella de chicha de jora sin tratamiento térmico es de S/. 1,01.

La diferencia del costo unitario de producir una botella de chicha de jora con tratamiento térmico es de S/.0,19 nuevos soles con respecto a una sin tratamiento.

El incremento en el costo se equilibra con las ventajas obtenidas por el tratamiento térmico, como el aumento del tiempo de anaquel, inocuidad del producto, oportunidad de expansión en el mercado y mejora de la imagen.

CAPITULO VI.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

1. Se necesitan dos días de inducción para que las bacterias ácido lácticas puedan crecer exponencialmente; debido a que al inicio de la fermentación contienen baja concentración microbiana además de que necesitan tiempo para adaptarse a su nuevo ambiente.
2. Agregar habas como parte de los granos adjuntos aumenta la fermentación en la chicha de jora, debido a que la cistina contenida en las habas y en el trigo en vez de actuar como inhibidor de la fermentación se comporta como catalizador a bajas concentraciones.
3. El tiempo promedio de fermentación de la chicha de jora es de dos semanas.
4. La fermentación es más rápida cuando se agrega al mosto un porcentaje de volumen de una elaboración anterior, especialmente si el porcentaje es mayor a 10.
5. El número de reuso consecutivo de las bacterias afecta la fermentación; para una primera siembra el resultado es óptimo, sin embargo al realizar el reuso más veces disminuye su rendimiento.
6. La muerte térmica de las bacterias ácido lácticas en la chicha de jora se ajusta a una cinética de primer orden.
7. La constante de muerte térmica para las bacterias ácido lácticas en la chicha de jora, se correlaciona con la temperatura a través de la siguiente ecuación de Arrhenius:

$$k_d = 2108,32. e^{-\frac{398,94}{T}} \text{ min}^{-1}.$$

8. La termorresistencia (z) de las bacterias ácido lácticas en la chicha de jora es de 14,2.
9. El tiempo de muerte térmica (thermal death rate) o más conocido como factor F para el tratamiento térmico de la chicha de jora es de 15 minutos a 53°C.

10. La ecuación de penetración de calor para el calentamiento en la chicha de jora en envases de vidrio de 200 mL en una autoclave de 40 litros es:

$$\log(T_1 - T) = \log[1,18 \cdot (T_1 - T_0)] + \frac{t}{31}$$

11. La curva de enfriamiento de la chicha de jora en envases de vidrio de 200 mL usando agua es:

$$\log(T - T_2) = \log[0,96(T_B - T_2)] + \frac{t}{10,68}$$

12. Al aplicar tratamiento térmico a la chicha de jora su costo unitario es de S/1,20 por botella, aumenta el costo en 19% con respecto a una sin tratamiento.
13. El aumento del costo en S/0.19 por realizar tratamientos térmicos a la chicha de jora se equilibra con las ventajas en el aumento del tiempo de anaquel, inocuidad del producto, oportunidad de expansión en el mercado y mejora de la imagen.
14. El tiempo de anaquel es de 45 días.

CAPITULO VII.- REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Anzaldúa, Antonio; 1994; La evaluación sensorial de los alimentos en la teoría y la práctica; Zaragoza; Editorial Acribia S.A.
2. Burger, Richard; 1998; Excavaciones en Chavín de Huantar; Lima; Fondo Editorial de la Pontificia Universidad católica del Perú.
3. Carrera, Eduardo; 2005; Tesis: Desarrollo Tecnológico para la elaboración de néctar de papaya (carica papaya); Lima; Universidad Nacional de Ingeniería.
4. Fellows, P.; 2000; Food Processing Technology: Principles and Practice; Cambridge; Woodhead Published Limited.
5. Heldman, Dennis; 2007; Handbook of Food Engineering; New York; CRC PRESS-Taylor and Francis Group.
6. Horst, Goldhahn; 2001; Fundamentos de tecnología de los alimentos; Zaragoza; Editorial Acribia S.A.
7. Hough, J.S.; 1990; Biotecnología de la cerveza y de la malta; Zaragoza; Editorial Acribia S.A.
8. Kauffmann, Federico; 2002; Historia y Arte del Perú Antiguo; Lima; Ediciones PEISA.
9. Levenspiel, Octave; 2004; Ingeniería de las reacciones químicas; México D.F; Editorial Limusa S.A.
10. Moya, Rufino; 1998; Probabilidad e inferencia estadística; Lima; Editorial San Marcos.
11. Sancho, J.; 1999; Introducción al análisis de alimentos; Barcelona; Edicions de la Universitat de Barcelona.
12. Sharma, Shri K.; 2003; Ingeniería de Alimentos - Operaciones unitarias y prácticas de laboratorio; México D.F; Editorial Limusa S.A.
13. Ulrich, Gael; 1993; Diseño y economía de los procesos de Ingeniería Química; México D.F; Editorial Mc Graw Hill Interamericana.
14. Ureña, Milber; 1999; Evaluación de los alimentos; Lima; Editorial Agraria-Universidad Nacional Agraria La molina.
15. Velásquez, Mario; 1982; Tesis: Determinación de los parámetros para la elaboración de jora, a partir del maíz Cancha de Huaraz; Lima; Universidad Agraria La Molina.

APENDICE 1

METODO DE ANALISIS MICROBIOLOGICO PARA EVALUAR LAS BACTERIAS ACIDO LACTICAS DE LA CHICHA DE JORA

Objetivo

Obtener el recuento de bacterias ácido lácticas presentes en 1 mL de chicha de jora; usando las placas petrifilm para el recuento de aerobios en combinación del caldo MRS (Método 3M).

Materiales

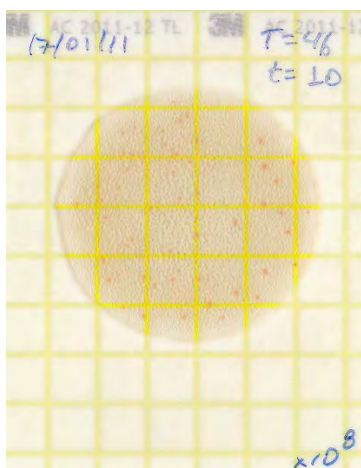
- Autoclave (Acero inoxidable, capacidad: 40 L, presión: 40 Psi).
- Placas petrifilm.
- Pipeta 10 mL.
- Pipeta de 1 mL.
- Balanza analítica.
- Botella para autoclave de 1L.
- Alcohol.
- Papel Kraft.
- Incubadora.
- Horno microondas.
- Difusor de 20 cm.
- Caldo MRS*.
- Agua destilada.
- Tubos de ensayo.
- Gradilla (porta tubos de ensayo).
- Espátula.

Procedimiento

- Preparación del caldo MRS:** preparar el caldo MRS en la botella de autoclave previamente esterilizada en una concentración de 55 gramos de MRS por litro de agua, luego someterlo a una temperatura de 120°C por 15 minutos dentro del autoclave.
- Preparación de la muestra:** preparar una dilución de 1:9 de la muestra (chicha de jora) con el caldo MRS respectivamente.

- c) **Inoculación:** tomar 1 mL de la muestra b) e inocular en la placa petrifilm.
- d) **Rotulado de placas:** colocar la fecha en la parte superior izquierda; seguidamente, colocar la temperatura y el tiempo de tratamiento en la parte superior derecha de la placa y en la parte inferior derecha colocar el factor 10 elevado al número de diluciones (d) de la siguiente manera (10^d).

Figura N° A.1 Placa petrifilm rotulada



- e) **Incubación:** Incube las placas petrifilm en una incubadora a una temperatura de 33°C por 48 horas (coloque las placas petrifilm con cara arriba).

Nota: Si se necesitan diluciones múltiples, sólo se requiere usar caldo MRS como diluyente; es decir agregar 1 mL de la muestra anteriormente diluida a 9 mL de caldo MRS.

INTERPRETACION DE RESULTADOS

1. Contar el número de colonias presentes en la placa petrifilm (Y ufc); tener en cuenta que las colonias son de color rojo a café rojizo, y pueden o no estar asociadas a burbujas de gas.
2. Al número de colonias multiplicar por el factor que se encuentra en la parte inferior derecha de la placa ($X=Y \cdot 10^d$).

3. El valor obtenido significa X ufc/mL de chicha de jora.

ufc: unidades formadas de colonias

***Caldo MRS:** Fué desarrollado por Man, Rogosa y Sharpe para proveer un medio que pueda evidenciar un buen crecimiento de lactobacilos y de otras bacterias ácido lácticas.

Cuadro N° A.1 Fórmula para la elaboración del caldo MRS.

Ingredientes	g/L
Proteosa peptona N° 3	10,0
Extracto de carne	8,0
Extracto de levadura	4,0
Glucosa	20,0
Monoleato de sorbitán	1 mL
Fosfato dipotásico	2,0
Acetato de sodio	5,0
Citrato de amonio	2,0
Sulfato de magnesio	0,2
Sulfato de manganeso	0,05
pH final: 6,4 ± 0,2	

APENDICE 2**EVALUACION SENSORIAL DE LA CHICHA DE JORA**

Fecha: _____

Panelista:

Edad: _____

Sexo: _____

1. ¿El **color** de la bebida se asocia a la chicha de jora?

- Si
 No

2. ¿Identifica usted el **aroma** a chicha de jora?

- Si
 No

3. ¿Cómo considera la **textura** de la chicha de jora?

- 1 Muy aguado.....
2 Moderadamente aguado.....
3 Ligeramente aguado.....
4 Ni aguado ni espeso.....
5 Ligeramente espeso.....
6 Moderadamente espeso.....
7 Muy espeso.....

4.¿Cómo considera el **dulzor** de la chicha de jora?

- 1 Ausencia de dulce.....
- 2 Ligeramente dulce.....
- 3 Dulce.....
- 4 Moderadamente dulce.....
- 5 Bastante dulce.....
- 6 Muy dulce.....
- 7 Extremadamente dulce.....

5.¿Cómo considera la **acidez** de la chicha de jora?

- 1 Ausencia de acidez.....
- 2 Ligeramente ácido.....
- 3 Acido.....
- 4 Moderadamente ácido.....
- 5 Bastante ácido.....
- 6 Muy ácido.....
- 7 Extremadamente ácido.....

6.¿Cómo considera el **sabor** de la chicha de jora?

- Aceptable
- No aceptable

COMENTARIOS

CARTILLA DE INSTRUCCIONES

Evaluación Sensorial

Textura:

Observar apariencia, viscosidad, existencia de partículas dispersas y grumos.

Aroma:

Es la sensación causada por la percepción de sustancias olorosas de un alimento que es puesto en la boca.

Sabor:

El sabor resulta de la combinación de cuatro propiedades olor, aroma, gusto y textura.

Lea atentamente las siguientes instrucciones:

- No hacer comentarios en el momento de la evaluación sensorial.
- Al contestar marque con (x) en el recuadro que usted considere adecuado.
- Para responder la pregunta 1, coja el vaso y observe.
- Para responder las preguntas restantes colocar la muestra en la boca (sin beber) de modo que permanezca unos instantes en la lengua, luego puede beberla.

APENDICE 3

PRUEBAS DE COMPARACION ENTRE LA TEMPERATURA REAL VERSUS LA TEMPERATURA ESTIMADA PARA LA CHICHA DE JORA.

a) **Materiales:**

- Autoclave (Acero inoxidable, capacidad: 40 L, presión: 40 Psi).
- Termómetro Digital.
- 6 muestras en botellas de vidrio esterilizadas de 200 mL de chicha de jora del experimento C.

b) **Procedimiento:**

- Tomar una de las muestras e instalar dentro de ella el termómetro digital, asegurar que el sensor llegue a la zona fría de la muestra.
- Introducir todas las muestras a la autoclave y asegurar que estén bien selladas.
- Encender la autoclave y registrar cada minuto la temperatura interna de las muestras con el termómetro digital, la temperatura de la autoclave.
- Una vez alcanzada la temperatura de la autoclave a 60°C apagar la autoclave y proceder a mantener dicha temperatura constante en el tiempo con una variación máxima de $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$, hasta que la temperatura interna de la muestra alcance los 55°C.
- Proceder a retirar las muestras y enfriar en agua a temperatura ambiente.
- Registrar las temperaturas internas cada minuto en el proceso de enfriamiento.

Cuadro N° A.2 Datos obtenidos para la prueba de comparación de penetración de calor entre datos reales y los estimados por las ecuaciones obtenidas.

TIEMPO (min)	TEMPERATURA AUTOCLAVE T_R (°C)	TEMPERATURA ALIMENTO T (°C)
0	40,0	29,0
1	45,0	29,7
2	48,0	30,8
3	50,0	32,0
4	54,0	33,4
5	57,0	35,0
6	60,0	36,9
7	62,0	38,9
8	65,0	41,1
9	67,0	43,8
10	70,0	46,6
11	70,0	50,0
12	28,8	48,1
13	28,8	44,8
14	28,8	41,3
15	28,8	38,5
16	28,8	36,5
17	28,8	34,6
18	28,8	33,4
19	28,8	32,5
20	28,8	31,3
21	28,8	30,7
22	28,8	30,5
23	28,8	30,2

Cuadro N° A.3 Cálculo de la velocidad de muerte (L) y Tiempo de muerte térmica (factor F) para la temperatura real.

TIEMPO (min)	TEMPERATURA ALIMENTO T (°C)	VELOCIDAD LETAL L	F (min)
0	29,0	0,0204	0,000
1	29,7	0,0229	0,022
2	30,8	0,0273	0,047
3	32,0	0,0332	0,077
4	33,4	0,0417	0,114
5	35,0	0,0540	0,162
6	36,9	0,0735	0,226
7	38,9	0,1016	0,314
8	41,1	0,1452	0,437
9	43,8	0,2250	0,622
10	46,6	0,3542	0,912
11	50,0	0,6148	1,396
12	48,1	0,4518	1,929
13	44,8	0,2646	2,288
14	41,3	0,1500	2,495
15	38,5	0,0953	2,618
16	36,5	0,0689	2,700
17	34,6	0,0506	2,759
18	33,4	0,0417	2,805
19	32,5	0,0360	2,844
20	31,3	0,0296	2,877
21	30,7	0,0269	2,905
22	30,5	0,0260	2,932
23	30,2	0,0248	2,957

Para el cálculo de la curva de calentamiento ideal se usa la siguiente fórmula:

$$\log(T_1 - T) = \log[1.18 \cdot (T_1 - T_0)] + \frac{t}{31}$$

Para el cálculo de la curva de enfriamiento ideal se usa la siguiente fórmula:

$$\log(T - T_2) = \log[0.96(T_B - T_2)] + \frac{t}{10,68}$$

T₀: Temperatura inicial del producto.

T_1 : Temperatura del medio de calentamiento o temperatura de procesamiento.

T_2 : Temperatura del medio de enfriamiento.

Cuadro N° A.4 Cálculo de la velocidad de muerte (L) y Tiempo de muerte térmica (factor F) para la temperatura estimado por las ecuaciones de penetración de calor.

TIEMPO (min)	TEMPERATURA IDEAL DEL ALIMENTO T_{IDEAL} (°C)	VELOCIDAD LETAL L	F (min)
0	21,62	0,0062	0,000
1	25,08	0,0108	0,008
2	28,30	0,0182	0,023
3	31,28	0,0295	0,047
4	34,06	0,0464	0,085
5	36,63	0,0703	0,143
6	39,02	0,1036	0,230
7	41,24	0,1485	0,356
8	43,29	0,2071	0,534
9	45,21	0,2828	0,779
10	46,98	0,3768	1,109
11	48,63	0,4923	1,543
12	47,84	0,4331	2,006
13	44,14	0,2377	2,341
14	41,17	0,1469	2,534
15	38,77	0,0995	2,657
16	36,84	0,0728	2,743
17	35,28	0,0565	2,808
18	34,02	0,0461	2,859
19	33,01	0,0391	2,902
20	32,19	0,0342	2,938
21	31,53	0,0308	2,971
22	31,00	0,0282	3,000
23	30,58	0,0264	3,028

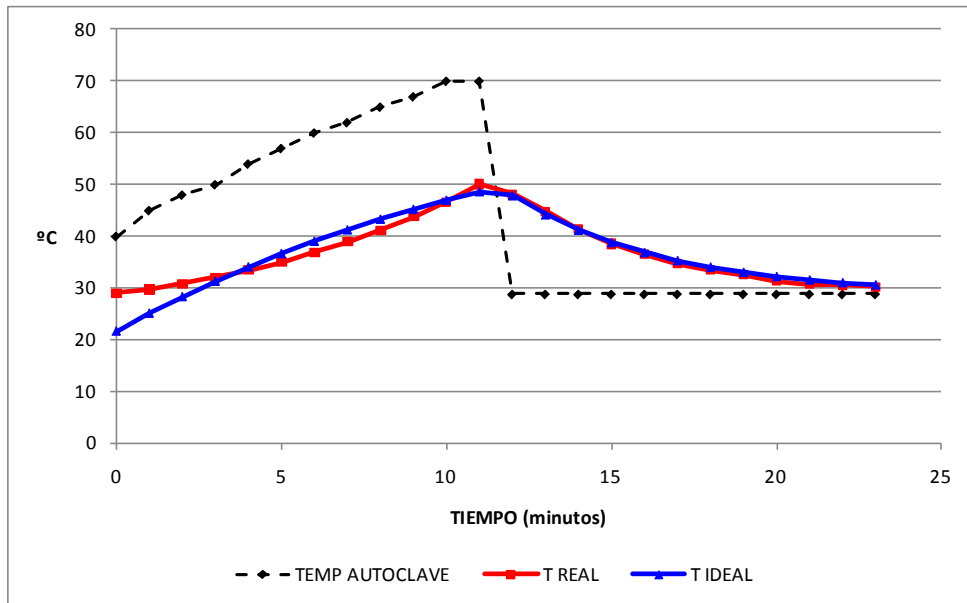


Fig. N° A.2 Curvas comparativas entre la temperatura real versus la temperatura estimado para la chicha de jora

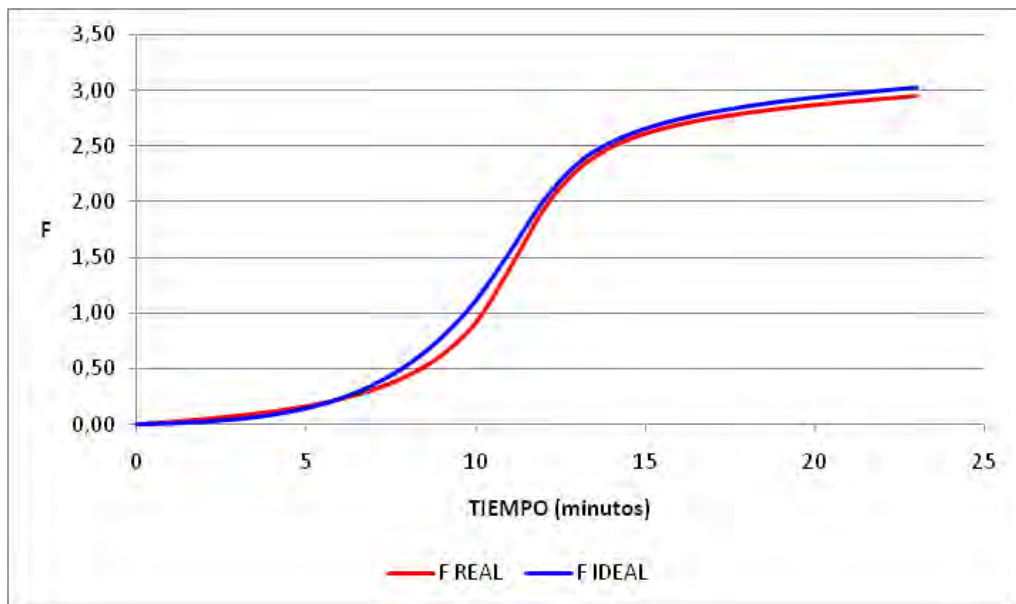


Fig. N° A.3 Curvas comparativas entre el tiempo de muerte térmica real versus la muerte térmica estimado para la chicha de jora

Se observa que los resultados son muy parecidos y la diferencia entre los F es menos de 0,2 minutos.

APENDICE 4

CONTROL DE TRATAMIENTO TERMICO MEDIANTE GRAFICOS OBTENIDOS POR SIMULACIÓN.

Con las ecuaciones obtenidas se realiza las siguientes simulaciones, obteniéndose:

SIMULACION 1:

Para la estimación del tiempo mínimo de residencia de las muestras de chicha de jora (200 mL) en la autoclave, debe cumplir las siguientes consideraciones:

- F mayor a 15 minutos.
- Temperatura inicial de la chicha de jora de 200 mL a 10, 15, 20, 25, 30 y 35°C.
- Temperatura del medio de enfriamiento (agua) a 25°C.
- Temperatura en el autoclave de 50 a 100°C.

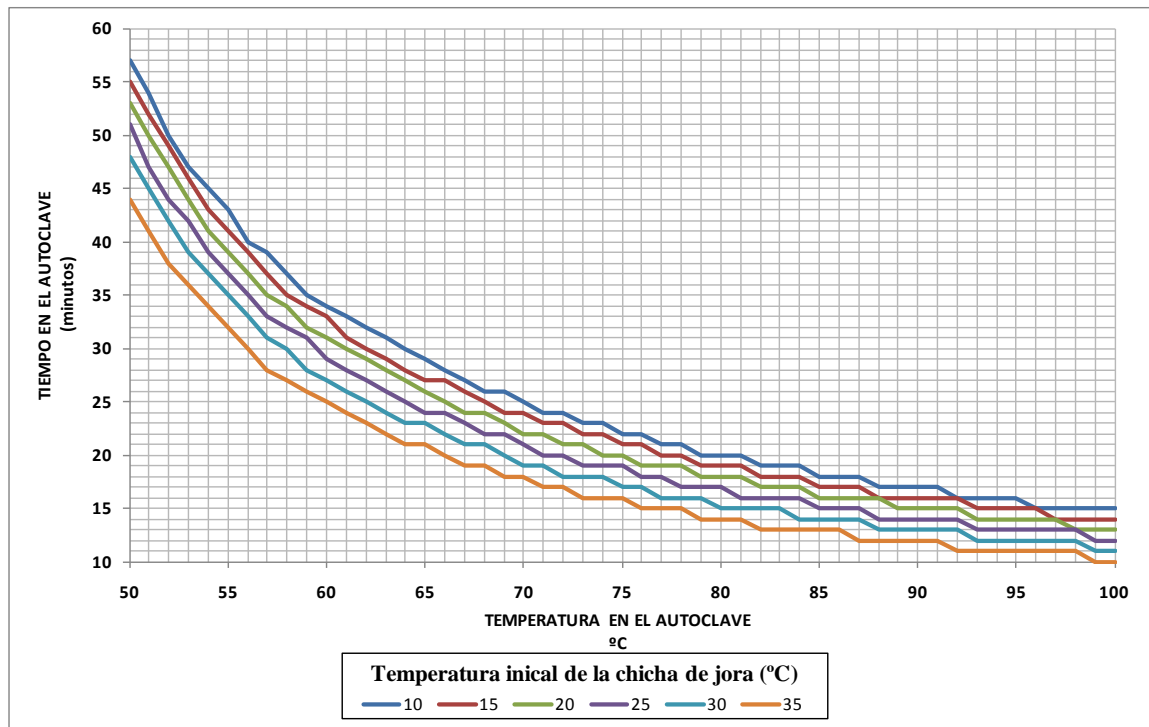


Fig. N° A.4 Resultados de la simulación 1

PROCEDIMIENTO DE EMPLEO DEL GRAFICO DE SIMULACION 1

- En la Fig. N° A.4 ubicar en el eje de las abscisas el valor de la temperatura de procesamiento de la autoclave (suponer 75°C).
- Trazar una línea vertical hasta alcanzar la curva de la temperatura inicial de la chicha de jora (suponer 20°C).
- Finalmente trazar una línea horizontal hacia el eje de ordenadas; el valor por el cual cruza la línea es el tiempo mínimo de residencia que debe permanecer la muestra en la autoclave para luego enfriar con agua a 25°C, para el ejemplo es de 20 minutos.

SIMULACION 2:

Para la estimación del tiempo mínimo de residencia de las muestras de chicha de jora (200 mL) en la autoclave, debe cumplir las siguientes consideraciones:

- F mayor a 15 minutos.
- Temperatura inicial de la chicha de jora de 200 mL a 25°C.
- Temperatura del medio de enfriamiento (agua) a 10, 15, 20, 25 y 30°C.
- Temperatura en la autoclave de 50 a 100°C.

PROCEDIMIENTO DE EMPLEO DEL GRAFICO DE SIMULACION 2

- En la Fig. N° A.5 ubicar en el eje de las abscisas el valor de la temperatura de procesamiento de la autoclave (suponer 75°C).
- Trazar una línea vertical hasta alcanzar la curva de la temperatura del agua de enfriamiento (suponer 30°C).
- Finalmente trazar una línea horizontal hacia el eje de ordenadas; el valor por el cual cruza la línea es el tiempo mínimo de residencia que debe permanecer la muestra en la autoclave para luego enfriar con agua, para el ejemplo es 19 minutos.

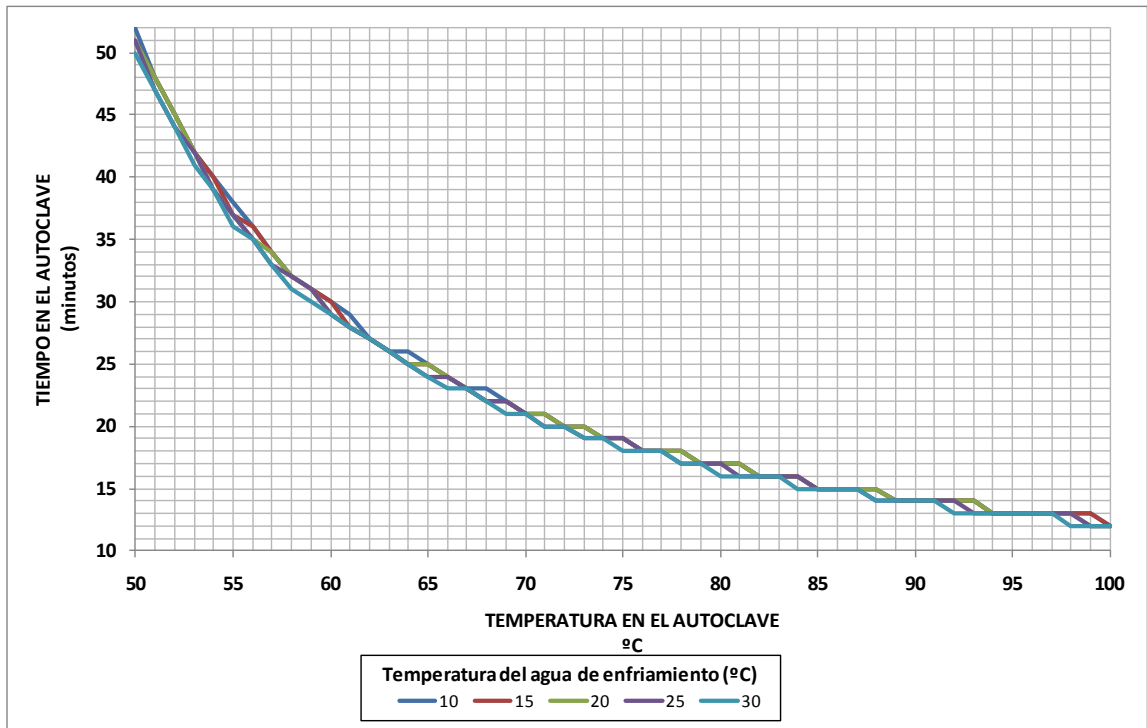


Fig. N° A.5 Resultados de la simulación 2.