

CAPITULO I
INTRODUCCIÓN

1.1 Antecedentes

La industria láctea ha desarrollado muchas variedades de yogurt, desde el clásico yogurt batido y el tipo americano, hoy en día tenemos yogures batidos, light o descremados, vitaminados, con trozos de frutas, con cereales, aquellos con agregados que regulan el tránsito intestinal y en fin con muchos más beneficios para la salud. (Espinoza & Zapata, 2010)

Bolivia, ocupa los últimos lugares con 0,05 % del total de la producción mundial en la comercialización de leche fresca o derivados lácteos. Hasta el año 2003, el departamento de Santa Cruz se mostraba como el primer productor, alcanzando aproximadamente 183,3 millones de litros año (62%), seguido del departamento de Cochabamba con 66,8 millones (23%); La Paz con más de 17 millones (6%), ubicándose después los departamentos de Oruro, Tarija, Chuquisaca y Beni, que en total producen aproximadamente el 9% de la producción. (SENASAG, 2012)

Industrias Lácteas los Andes “Indulan” El Alto, se dedica a producir yogurt, pero uno innovador, que combina leche con verduras y frutas. Actualmente, la empresa produce cinco productos diferentes: yogurt con verduras, yogurt con frutas deshidratadas; generando sabores distintos como ser de calabaza con mango y durazno, remolacha con mora, berenjena con kiwi, zanahoria con naranja y mandarina, maracuyá con cidra cayote; pomelo con limón. A la fecha, los principales mercados de la marca están en La Paz, El Alto, Oruro y Cochabamba. (La Razón, 2012)

PIL Andina S.A presenta una cartera de nuevos productos, entre las novedades está el calcifem que es yogurt y leche con un 50% más de calcio, y está fortificado con vitaminas A, D y E. Además, trae a la venta el novedoso y familiar yogurt entero bebible con pulpa de fruta molida de frutilla y durazno. (La Razón, 2014)

“LACTEOSBOL cuenta con una amplia gama de productos lácteos en las diferentes plantas siendo los principales: Yogurt probiótico, frutado y bebible, queso maduro

(Edam), fresco y fundido. kumis, kumis quinua, leche UTH, leche saborizada, etc.” (Maldonado, 2015. Pág. 5).

“La empresa Pil Tarija S.A, sigue innovando y lanzando nuevos productos al mercado como su reciente yogurt con sabor a chicle y otros nuevos sabores de yogures como de sandía y naranja, que próximamente saldrán al mercado” (La Voz de Tarija, 2018).

El Laboratorio de Taller de Alimentos (LTA) de la UAJMS, elaborará productos derivados de lácteos con las normas de inocuidad alimentaria de acuerdo al SENASAG. Oferta una variedad de yogures, entre los que se encuentran el batido, natural, dietético, madurado y frutado. (El País, 2019)

1.2 Justificación

- Con el presente trabajo se pretende elaborar yogurt frutado con pulpa de carambola, con el propósito de ofertar un producto innovador en el mercado local; permitiendo al consumidor contar con un producto nutricional para el consumo de todas las personas.
- Se pretende incorporar pulpa de carambola en el yogurt batido con el propósito de enriquecer los niveles de calcio, fósforo y magnesio, ya presentes en el yogurt de esa manera se quiere disminuir el déficit nutricional que hay por falta de estos minerales.
- La incorporación de pulpa de carambola en el yogurt, sería una alternativa para promocionar el consumo de esta fruta, ya que no es muy conocida en el mercado local, ni es ampliamente aprovechada en la industria alimentaria por la no disponibilidad de la misma y que pueda de alguna manera contribuir a la alimentación de la población tarijeña.
- El yogurt frutado con pulpa de carambola por sus características puede considerarse como un producto tipo dietético, dado que la carambola es baja en

calorías, grasas e hidratos de carbono que resulta ideal para incluirla en dietas de control de peso.

1.3 Objetivos

Los objetivos planteados en el presente trabajo son los siguientes:

1.3.1 Objetivo general

Elaborar yogurt frutado con pulpa de carambola, aplicando el proceso de fermentación láctica; con el fin de obtener un producto de calidad nutricional, para que sea incorporado en la dieta alimentaria de la población tarijeña.

1.3.2 Objetivos específicos

- Determinar los análisis fisicoquímicos y microbiológicos de la leche entera y carambola, con la finalidad de establecer su composición química.
- Aplicar la evaluación sensorial para determinar las pruebas preliminares de la muestra ideal.
- Aplicar diseño experimental en el proceso de fermentación láctica del yogurt batido sin pulpa, con el fin de establecer las variables en el proceso.
- Realizar el control de acidez y pH durante la fermentación del yogurt batido sin pulpa.
- Realizar el control acidez y pH del yogurt batido sin pulpa durante el almacenamiento.
- Realizar el control acidez y pH de la pulpa de carambola durante el almacenamiento.
- Determinar la viscosidad del producto ideal (yogurt con pulpa de carambola) con la finalidad de establecer su consistencia.

- Determinar los análisis fisicoquímicos y microbiológicos del yogurt con pulpa de carambola, con la finalidad de establecer su calidad nutricional.
- Realizar el control de acidez y pH del yogurt con pulpa de carambola durante el almacenamiento.
- Realizar balance de materia y energía con la finalidad de conocer las entradas y salidas de materia a nivel experimental.

1.4 Variable independiente y dependiente

Variable independiente: Proceso de fermentación láctica

Variable dependiente: Yogurt frutado con pulpa de carambola

1.5 Planteamiento del problema

Debido a que en el mercado local de la provincia Cercado, no se elaboran productos derivados lácteos que incorporen la pulpa de carambola en su composición; debido a la falta de conocimiento de la parte nutricional que tiene esta fruta en la dieta alimentaria. Así mismo, aplicando el proceso de fermentación láctica permite obtener yogurt frutado con pulpa de carambola y de esta manera mejorar nutricionalmente este tipo de producto para que sea aprovechado por la población tarijeña.

1.6 Formulación del problema

¿Cuál será el proceso de fermentación láctica a ser aplicado para la elaboración de yogurt frutado con pulpa de carambola; para obtener un producto de calidad nutricional para que sea incorporado en la dieta alimentaria de la población tarijeña?

1.7 Planteamiento de la hipótesis

El proceso de fermentación láctica a ser aplicado para la elaboración de yogurt frutado con pulpa de carambola permitirá obtener un producto de calidad nutricional, para que sea incorporado en la dieta alimentaria de la población tarijeña.

CAPITULO II
MARCO TEÓRICO

2.1 Historia del yogurt

Según (Tamine, 2006) manifiesta que: “un estudio histórico del origen de los productos lácteos fermentados (por ejemplo, yogurt, kefir, koumis, leche agria) muestra que se remontan a las primeras civilizaciones alrededor de 10000 a.C.” (Pág. 1).

Las comunidades en el Medio Oriente y Asia son ampliamente reconocidas por haber introducido leches fermentadas como el yogurt en su dieta casi tan pronto como el hombre comenzó domesticar animales. Algunas leches fermentadas, por supuesto, se hicieron populares con poblaciones locales en regiones como Escandinavia y Rusia, pero fue miles de años más tarde que las secciones del público en general en Europa y el Norte América comenzó a interesarse seriamente en las leches fermentadas. (Tamine, 2006)

El proceso de elaboración de yogurt se remonta a miles años y posiblemente hasta la domesticación de la vaca, oveja o cabra, pero es seguro asumir que antes del siglo XIX las diferentes etapas involucradas en la producción de yogurt eran complejas. Sin embargo, en las últimas décadas el proceso se ha vuelto más racional, principalmente debido a diversos descubrimientos y/o mejoras en tales disciplinas como: microbiología y enzimología, física e ingeniería, química y bioquímica. Sin embargo, según los estándares actuales de la tecnología industrial, el proceso de fabricación de yogurt es y sigue siendo un proceso complejo que combina arte y ciencia juntos. (Tamine & Robinson, 2000)

2.2 Definición del yogurt

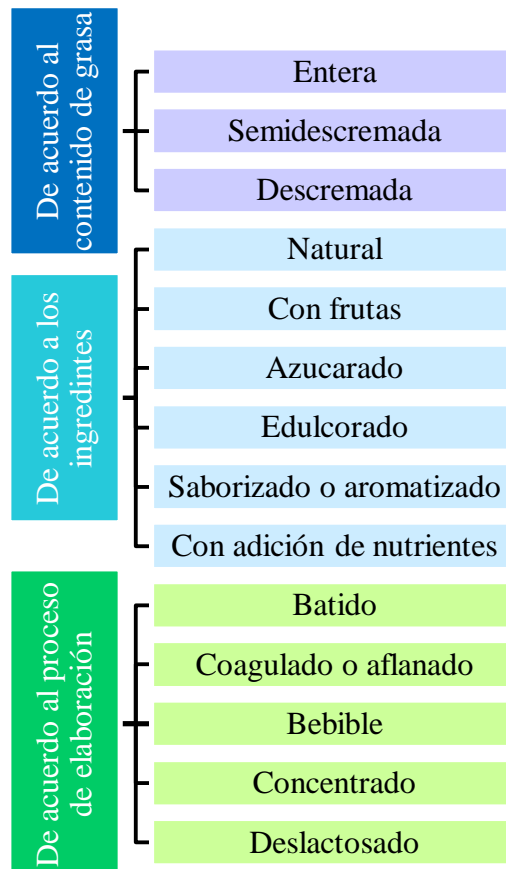
De acuerdo al Codex Alimentarius, el yogurt es leche que ha sido fermentada con *Streptococcus thermophilus* y *Lactobacillus bulgaricus* bajo condiciones definidas de tiempo y temperatura. Cada especie de bacterias estimula el crecimiento de la otra, y los productos de su metabolismo combinado dan como resultado la textura cremosa característica y el ligero sabor ácido, es un alimento de alto valor nutritivo, que

regularizan la flora intestinal, restablece las funciones hepáticas y es de fácil digestibilidad. (Mendoza, 2015)

Así mismo, es el producto coagulado obtenido por fermentación láctica de la leche o mezcla de esta con derivados lácteos, mediante la acción de bacterias lácticas. *Streptococcus thermophilus* y *Lactobacillus bulgaricus*, pudiendo estar acompañadas de otras bacterias ácido lácticas que por su actividad le confieren las características al producto terminado; estas bacterias deben ser viables y activas desde su inicio y durante toda la vida útil del producto. Puede ser adicionado o no de ingredientes y aditivos indicados en esta norma NB/NA0078:2009. (IBNORCA, 2013)

2.3 Clasificación del yogurt

En la figura 2.1, se muestra la clasificación del yogurt según NB 33036:2012.



Fuente: IBNORCA, 2013

Figura 2.1. Clasificación del yogurt

En la figura 2.2, se muestran las características de acuerdo al proceso de elaboración y en función de ingredientes añadidos a los diferentes tipos de yogurt.

Batido	• Aquel que presenta una consistencia cremosa y el producto escurre fácilmente.
Líquido	• Aquel yogurt batido de menor consistencia.
Aflanado	• Aquel que presenta una consistencia firme semejante a un flan.
Natural	• Yogurt líquido, batido o aflanado, que no contiene edulcorantes, esencias ni colorantes.
Saborizado	• Yogurt líquido, batido o aflanado, que contiene azúcares, esencias o colorantes.
Con frutas	• Yogurt líquido, batido o aflanado, que contiene mermelada, pulpa o trozos de fruta, azúcar o algún edulcorante.

Fuente: Espinoza & Zapata, 2010

Figura 2.2. Características de acuerdo al proceso de elaboración y en función de ingredientes añadidos a los diferentes tipos de yogurt

2.4 Valor nutricional del yogurt

Según (Mahuat, 2004) manifiesta que: “durante el proceso de fermentación, se producen en la leche numerosas modificaciones, algunas de las cuales hacen que el yogurt sea un producto con mayor valor nutritivo que la leche” (Pág. 35).

2.4.1 Composición química del yogurt

En la tabla 2.1, se muestra la composición de diferentes tipos de yogurt expresado en 100g de porción comestible.

Tabla 2.1

Composición química de los diferentes tipos de yogurt

Componentes	Yogurt				Unidad
	Entero	Bajo en grasa	Bajo en grasa/frutado	Estilo griego	
Agua	81,9	84,9	77,0	77,0	g
Valor energético	79,0	56,0	90,0	115,0	kcal
Proteína	5,7	5,1	4,1	6,4	g
Grasa	3,0	0,8	0,7	9,1	g
Carbohidratos	7,8	7,5	17,9	-	g

Fuente: Tamime & Robinson, 2000

❖ **Hidratos de carbono**

“La forma de azúcar que predomina en el yogurt es la lactosa, pero como ya se ha dicho, al estar digerida por los microorganismos no provoca intolerancia” (Espinoza & Zapata, 2010. Pág.14).

La expresión "carbohidratos disponibles" pretende cubrir todos aquellos compuestos de carbono que pueden ser asimilados por el cuerpo humano y, por lo tanto, pueden actuar como una fuente de energía para el metabolismo. En el caso del yogurt natural una cantidad de mono y disacáridos están presentes en cantidades mínimas, pero la lactosa sigue siendo el azúcar dominante en el yogurt natural; incluso después de la fermentación, el producto puede contener aproximadamente (4 - 5) g lactosa en 100g de yogurt. (Tamine & Robinson, 2000)

❖ **Proteína**

Las proteínas en la leche son de excelente calidad biológicamente y tanto las caseínas como las proteínas del suero de leche están bien dotadas de aminoácidos esenciales. El hecho de que el contenido de proteína del yogurt a menudo se eleva por la concentración o la adición de sólidos de leche desnatada, significa que es una fuente de proteína aún más atractiva que la leche líquida. La relevancia de este punto se destaca por la cantidad de yogures enriquecidos con proteínas que están disponibles en los países industrializados. El consumo de alrededor (200 - 250) ml de yogurt por día puede proporcionar fácilmente a una persona el requerimiento mínimo diario de proteína animal de 15 g. (Tamine & Robinson, 2000)

Las proteínas de la leche, además de enmascarar la acidez del yogurt, son las que nos proporcionan una mejor consistencia y viscosidad del producto, así también la materia grasa nos ayuda a que el producto sea suave, cremoso y con mejor aroma. (Vera, 2011)

❖ Lípidos

Uno de los componentes importantes del yogurt son los lípidos, gracias a ellos se logra la viscosidad, textura y apariencia requerida para el yogurt, además los lípidos ayudan a evitar la sinéresis. Los lípidos del yogurt no son grasas malas, estos nos ayudan a mantener una dieta equilibrada, además son una fuente de energía y sirven como protección de órganos vitales (Vera, 2011)

Aunque gran parte del yogurt que se vende en los países industrializados se produce a partir de leche desnatada, el yogurt tradicional siempre ha contenido entre (3 - 4) g de grasa láctea en 100 g de yogurt, el yogurt concentrado o los yogures de estilo griego contienen entre (9 - 10) g de grasa en 100 g de yogurt. La influencia de estos los materiales lipídicos es sobre la consistencia del yogurt y la sensación en la boca. (Tamine & Robinson, 2000)

❖ Minerales

El yogurt no solo puede actuar como una fuente de calcio para quienes padecen intolerancia a la lactosa, sino que, además, el calcio suministrado por el yogurt puede ser mejor absorbido y utilizado que el calcio disponible en otras formas. Además, el yogurt contiene cantidades apreciables de sodio y potasio. (Tamine & Robinson, 2000)

El mayor contenido en extracto seco magro del yogurt en relación con la leche líquida da como consecuencia una mayor concentración de iones inorgánicos, lo cual queda evidente en los datos expresados en 100 g de porción comestible que se presentan en la tabla 2.2.

Tabla 2.2

Contenido de minerales en leche y yogurt

Componentes	Leche		Yogurt		
	Entera	Desnatada	Entero	Desnatado	De frutas
Calcio (mg)	119	121	145	150	176
Fósforo (mg)	94	95	114	118	153
Sodio (mg)	50	52	47	51	-
Potasio (mg)	152	145	186	192	254

Fuente: Tamine & Robinson, 2000

❖ Vitaminas

La disponibilidad relativa de vitaminas en el yogurt es mucho más difícil de evaluar porque, a diferencia de los minerales, muchas vitaminas son sensibles a las condiciones de procesamiento. Por lo tanto, el método de fortificación, por ejemplo, la adición de leche en polvo o el procesamiento con membrana, el tratamiento térmico de la base láctea, las cepas de bacterias iniciadoras usadas y las condiciones de fermentación pueden alterar las concentraciones de las vitaminas más importantes. (Tamine & Robinson, 2000)

En la tabla 2.3, se puede evidenciar la concentración de vitaminas en leche y yogurt expresado en 100 g de muestra.

Tabla 2.3

Concentración de vitaminas en leche y yogurt

Vitaminas	Leche		Yogurt		Unidad
	Entera	Desnatada	Entera	Desnatada	
Vitamina A	148,00	-	140,0	70,00	UI
Tiamina B ₁	37,00	40,0	30,0	42,00	µg
Riboflavina B ₂	160,00	180,0	190,0	200,00	µg
Piridoxina B ₆	46,00	42,0	46,0	46,00	µg
Cianocobalamina B ₁₂	0,39	0,4	-	0,23	µg
Vitamina C	1,50	1,0	-	0,70	µg
Vitamina D	1,20	1,2	1,2	1,20	UI
Vitamina E	0,13	-	-	Trazas	UI
Ácido fólico	0,25	-	-	4,10	µg
Ácido nicotínico	480,00	-	-	125,00	µg
Ácido pantoténico	371,00	370,0	-	381,00	µg
Biotina	3,40	1,6	1,2	2,60	µg
Colina	12,10	4,8	-	0,60	mg

Fuente: Tamine & Robinson, 1999

2.4.2 Usos y aplicación del yogurt en la salud

Las diferentes aplicaciones que tiene el yogurt en la salud se detallan continuación:

❖ **Mejora la absorción de la lactosa**

La lactosa es el componente más afectado por estas modificaciones, ya que aproximadamente un 30% de la misma es transformado en galactosa y ácido láctico por acción de las bacterias lácticas. La presencia de bacterias lácticas viables en el yogurt permite una mejor asimilación de la lactosa a las personas que son deficitarias en la lactosa. (Mahaut, 2004)

❖ **Aumento de la digestibilidad de las proteínas**

El yogurt es más fácil de digerir in vitro que la leche antes de la fermentación y contiene dos veces más de aminoácidos libres; estas características son el resultado del tratamiento térmico, de la acidificación, y de la actividad proteolítica de las bacterias. (Mahaut, 2004)

❖ **Mejora la digestibilidad de la materia grasa**

Según (Mahuat, 2004) manifiesta que: “aunque las bacterias lácticas no tienen una gran actividad lipolítica, se produce un aumento significativo del contenido en ácidos grasos libres en el yogurt. Además, la homogeneización mejora la digestibilidad al aumentar la superficie de los glóbulos grasos” (Pág. 35).

❖ **Actividad antimicrobiana**

El yogurt tiene una acción preventiva contra las infecciones gastro-intestinales. El efecto beneficioso del yogurt en el tratamiento de las diarreas infantiles ha sido claramente demostrado por numerosos investigadores. Además del ácido láctico, las bacterias del yogurt producen sustancias antimicrobianas y probióticas. (Mahaut, 2004)

❖ **Estimulación del sistema inmune**

Según (Mahuat, 2004) manifiesta que: “la acción inmunorreguladora del yogurt es un efecto bien conocido. El papel que desempeña en el aumento de la producción de

interferones y de inmunoglobulinas y sobre la activación de los linfocitos B se atribuye fundamentalmente *L. Bulgaricus*” (Pág. 36).

❖ Acción preventiva contra los cánceres del sistema digestivo

Los lactobacilos modificarían las enzimas bacterianas que originan los carcinógenos (inductores de los cánceres) en el tracto digestivo, inhibiendo así la formación de estas sustancias precancerígenas. Diversas patentes japonesas protegen el empleo de extractos de bacterias lácticas en las terapias anti-cancerosas. (Mahaut, 2004)

❖ Acción anticolesterémica

Según (Mahuat, 2004) manifiesta que: “el consumo de yogurt ayuda a prevenir las enfermedades coronarias y es mucho más eficaz que la leche para mantener bajos los niveles de colesterol sanguíneo. Todos estos efectos hacen del yogurt un alimento con propiedades nutricionales y fisiológicas” (Pág. 36). En la figura 2.3, se detallan otras aplicaciones del yogurt natural en la salud.

En el tracto digestivo	<ul style="list-style-type: none"> • Mejor digestión de la lactosa.
En la microflora intestinal	<ul style="list-style-type: none"> • Mejoró el equilibrio entre poblaciones microbianas. • Disminución de la actividad enzimática fecal. • Colonización del tracto intestinal. • Reducción del tiempo de transporte de <i>Salmonella</i> spp.
En la diarrea	<ul style="list-style-type: none"> • Prevención / tratamiento de la diarrea aguda. • Prevención / tratamiento de la diarrea por rotavirus. • Prevención de la diarrea inducida por antibióticos.
Otros efectos	<ul style="list-style-type: none"> • Inmunidad mejorada a la enfermedad. • Supresión de algunos cánceres. • Reducción del colesterol sérico. • Reducción de la hipertensión.

Fuente: Tamine & Robinson, 2000

Figura 2.3. Aplicaciones del yogurt natural en la salud

2.5 Fermentación láctica del yogurt

Según (Romero & Mestres, 2004) manifiesta que: “los microorganismos que se utilizan en la industria láctea como cultivos iniciadores son principalmente las bacterias lácticas, que se añaden a la leche para que inicien y dirijan correctamente su fermentación” (Pág. 94).

Según (Romero & Mestres, 2004), los objetivos de los cultivos iniciadores son:

- Acidificación: por producción de ácido láctico a partir de la lactosa, como consecuencia desciende el pH. La producción de ácido láctico comporta:
 - Gusto ácido característico
 - Higienización, por acidificación, producción de bacteriocinas y competencia con los microorganismos indeseables
 - Precipitación de la caseína cuando el pH llega al punto isoeléctrico y formación del gel de lácteo
- Modificación de la textura:
 - Por precipitación de la caseína
 - Por producción de mucílagos
- Modificación del gusto y del aroma:
 - Por producción de ácido
 - Por producción de sustancias aromáticas a partir de la lactosa o del citrato
 - Por producción de sustancias aromáticas y sápidas por proteolisis y lipólisis.

2.5.1 Cultivos iniciadores de la fermentación láctica

Los microorganismos utilizados en los entrantes para productos lácteos cultivados se dividen en dos tipos basados en los rangos de temperatura en los que funcionan bien utilizado en productos que se incuban, en el rango de temperatura (20 - 30) °C se conocen como bacterias de inicio mesófilas, y los que se utilizan en productos que se

fermentan a más de 35 °C se conocen como termofílicas bacterias iniciadoras. (Chandan & Kilara, 2013)

2.5.1.1 *Streptococcus thermophilus*

Se presentan de manera ovoide solas o en pareja dependiendo de la temperatura y del medio de cultivo en el que se desarrollen, estas bacterias pueden producir cerca del 1% de ácido láctico, forma mucílago de polisacáridos útiles en la viscosidad del yogurt. (Vera, 2011)

Esta bacteria es homofermentativa (es decir, producen ácido láctico sólo a partir de azúcares). En la leche produce (0,7 - 0,8) % ácido láctico L (+), algunas cepas son capaces de producir hasta un 1% de ácido láctico. No produce amoníaco a partir de la arginina, ni metaboliza el citrato. Algunas cepas son capaces de producir polisacáridos que forman un mucílago, lo cual es interesante para la viscosidad del yogurt. En la leche, además de ácido láctico, produce los ácidos grasos volátiles: fórmico, acético, propiónico, butírico, isovalérico y caprónico, además produce acetoína y pequeñas cantidades de acetaldehído. Presenta una actividad proteolítica muy pequeña en la leche y la mayoría de aminoácidos liberados son consumidos durante la fase de crecimiento logarítmico. (Romero & Mestres, 2004)

Es una bacteria termófila, su temperatura óptima de crecimiento es entre (42 - 45) °C, la mínima de 10 °C y la máxima de 50 °C. También es una bacteria termodúrica, aguanta un tratamiento de calor en la leche de 30 minutos a 60 °C. (Romero & Mestres, 2004)

2.5.1.2 *Lactobacillus delbrückii bulgaricus*

Tienen forma de bacilo alargado producen grandes cantidades de ácido láctico existen dos tipos el *Lactobacillus bifidus* evita el crecimiento de bacterias contaminantes y mejora la digestión, y el *Lactobacillus acidophilus* se adhiere a los intestinos mejorando el flujo intestinal. (Vera, 2011)

Esta bacteria es homofermentativa (es decir, producen ácido láctico sólo a partir de azúcares). En la leche produce aproximadamente un 1,7 % de ácido láctico D (-). Además de ácido láctico, produce pequeñas cantidades de otros productos como los ácidos grasos volátiles: acético, propiónico, butírico, isovalérico, caprónico y cáprico; además produce acetoina, acetaldhido, acetona y 2-butanona. Presenta una actividad proteolítica mediana, pero importante por la liberación que supone de aminoácidos libres. (Romero & Mestres, 2004)

Es una bacteria termófila, su temperatura óptima de crecimiento es entre (40 - 43) °C, la mínima de 15 °C y la máxima de 52 °C (algunas cepas crecen hasta 60 °C). Aunque no se considera una bacteria termodúrica, algunas cepas aguantan temperaturas de 75 °C durante (20 - 30) minutos. (Romero & Mestres, 2004)

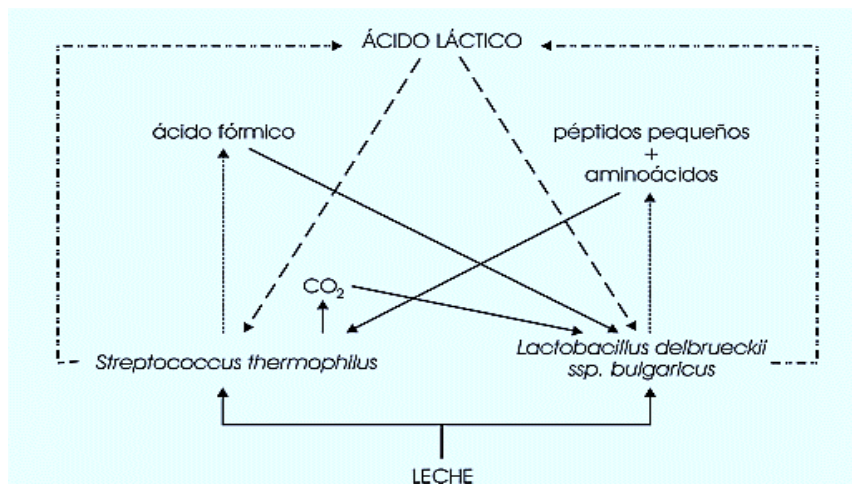
2.5.2 Simbiosis de las bacterias del yogurt

Cuando las bacterias del yogurt (*Streptococcus thermophilus* y *Lactobacillus delbrückii sub. bulgaricus*) se desarrollan conjuntamente en la leche, la producción de ácido láctico es mucho más rápida que si se desarrollan cada una por separado, ello es debido a que entre ellas se establece un fenómeno de mutua estimulación del crecimiento. Esta asociación es la que se conoce como simbiosis o protocooperación. (Romero & Mestres, 2004)

El mecanismo es el siguiente: los lactobacilos poseen una actividad proteolítica moderada, liberan péptidos pequeños y aminoácidos, principalmente valina, que favorecen el crecimiento de los estreptococos, éstos a su vez producen ácido fórmico a partir de ácido pirúvico en condiciones anaerobias y CO₂. Ambas sustancias son necesarias para el desarrollo de los lactobacilos. Como resultado de la mutua cooperación durante el crecimiento de estas dos bacterias en la leche, la producción de ácido láctico es mucho más rápida de lo que sería esperable en función del ácido que produce cada uno de los microorganismos cultivados individualmente. (Romero & Mestres, 2004)

Según (Romero & Mestres, 2004), la modificación de las condiciones de fermentación altera la proporción entre los bacilos y los cocos de la siguiente forma:

- Tiempo de incubación: Un tiempo de incubación más corto implica una acidificación menor que se traducirá en un aumento relativo de los estreptococos. Por el contrario, los tiempos de incubación largos desequilibrarán la población a favor de los lactobacilos.
- Porcentaje de inóculo: El aumento del porcentaje de inóculo incrementa la velocidad de acidificación y, en consecuencia, se alcanzará antes el nivel de acidez que detiene el crecimiento de los estreptococos, aumentando el número de lactobacilos. Si el porcentaje inoculado es menor, el equilibrio se desplazará a favor de los estreptococos.
- Temperatura de incubación: La temperatura óptima de crecimiento de los lactobacilos es superior a la de los estreptococos, por tanto, temperaturas más bajas favorecerán a los estreptococos y más altas a los lactobacilos. En la figura 2.4, se observa la simbiosis de las bacterias del yogurt.



Fuente: Romero & Mestres, 2004

Figura 2.4. Relaciones de cooperación de las bacterias del yogurt

2.5.3 Formación del gel

Durante la fermentación del yogurt se llegan a formar geles ácidos, un gel inducido por ácido es frágil y se rompe muy fácilmente, sin embargo se mejora el aspecto sensorial

como los atributos (es decir, olor: intensidad, agrio, afrutado, mantecoso, levadura, cremoso, dulce, otros; sabor: intensidad, agrio / ácido, afrutado, mantecoso, rancio, cremoso, salado, amargo, limón, dulce, otros; retrogusto: intensidad, amargo, ácido, otro; textura: firmeza, cremosidad, viscosidad, delgadez, carácter rizado, revestimiento bucal, calcáreo, separación de suero). (Tamine & Robinson, 2000)

Según (Romero & Mestres, 2004), las modificaciones físicas y químicas de la leche durante el proceso de fermentación y la formación del gel son las siguientes:

- a) Los microorganismos del yogurt metabolizan la lactosa presente en la leche para cubrir sus necesidades energéticas, produciendo ácido láctico y otros compuestos.
- b) La producción gradual de ácido láctico provoca la solubilización del fosfato cálcico y del citrato asociados a la micela, lo que conduce a la desestabilización de las micelas de caseína, que, dependiendo de la intensidad del tratamiento térmico, estarán formando complejos con las proteínas del lactosuero desnaturalizadas. Durante el intervalo de pH entre (6,6 - 5,3), el tamaño de las micelas se mantiene constante, pero en el intervalo (5,3 - 4,6) o inferior el tamaño de las micelas va decreciendo gradualmente.
- c) A medida que se va produciendo ácido láctico y el pH se aproxima al punto isoelectrico de las caseínas: (4,6 - 4,7), se van neutralizando las cargas negativas de las micelas de caseína, que se van aproximando y coalesciendo.
- d) Cuando se llega al pH del punto isoelectrico, las caseínas junto con las proteínas del lactosuero desnaturalizadas forman el gel constituido por una red de estructura regular que atrapa en su interior el resto de los componentes de la leche, incluyendo el agua.

La función de arranque principal es generar ácido láctico mediante la fermentación del azúcar principal en leche o mezclas lácteas, lactosa. La tasa deseada de desarrollo del ácido depende de los cultivos producto lácteo, la flora iniciadora utilizada, la temperatura de fermentación, la generación de sabor necesaria en el producto cultivado

(necesidad para el crecimiento equilibrado de la flora de inicio mixta). (Chandan & Kilara, 2013)

2.6 Materias primas para la elaboración del yogurt frutado con pulpa de carambola

Las materias primas utilizadas para la elaboración del producto se detallan a continuación:

2.6.1 Leche

La leche es un líquido limpio y fresco, producto del ordeño higiénico obtenido de la segregación de las glándulas mamarias de vacas sanas, exentas de calostro y sustancias neutralizantes, conservantes y libres de inhibidores. Sin ningún tipo de adición y extracción de sus componentes. (IBNORCA, 2013)

“La leche es el ingrediente fundamental para la elaboración del yogurt, generalmente se utiliza la leche de vaca, pero también puede ser de cabra, de yegua o de búfala” (Vera, 2011. Pág. 47).

En la leche se puede producir dos tipos de fermentaciones esenciales, en la primera conocida como alcohólica en la cual, la lactosa de la leche se transforma en alcohol desprendiendo ácido carbónico, esta fermentación se da generalmente en el kéfir. La segunda fermentación recibe el nombre de láctica, aquí la lactosa se transforma en ácido láctico dando como resultado el cuajo de la leche, y a su vez el desarrollo microbiano. (Vera, 2011)

❖ Propiedades organolépticas de la leche

Según (IBNORCA, 2013), las propiedades organolépticas de la leche son las siguientes:

- **Aspecto:** Líquido homogéneo
- **Color:** Blanco opaco o blanco cremoso

- **Olor:** Característico
- **Sabor:** Poco dulce, agradable

❖ **Composición química de la leche**

La leche contiene los siguientes componentes según la NB 33013:2013 que se muestra en la tabla 2.4.

Tabla 2.4

Composición química de la leche

Leche cruda y fresca	Límite	Método de ensayo
Materia grasa mínimo (%)	3,0	NB 228
Proteína mínimo (%)	3,0	NB 232
Lactosa mínimo (%)	4,5	-
Ceniza máximo (%)	0,7	NB 231:2
Sólidos totales mínimo (%)	11,2	NB 231:1

Fuente: IBNORCA, 2013

❖ **Propiedades fisicoquímicas de la leche**

En la tabla 2.5, se muestran las propiedades fisicoquímicas de la leche según NB 33013:2013.

Tabla 2.5

Propiedades fisicoquímicas de la leche

Leche cruda y fresca	Limite	Método de ensayo
Acidez titulable (% ácido láctico)	0,130 a 0,180	NB 229
Impurezas macroscópicas (sedimentos)	Max Disco B	*
Densidad a 20°C (g/ml)	1,028 a 1,034	NB 230
Punto crioscopico (°C)	-0,510 a -0,540	NB 830
Prueba de alcohol (70 - 83)% **	Negativo	NB 829
pH a 20°C	6,600 a 6,800	-
Materia grasa (%)	Mínimo 3,000	NB 228
Solidos no grasos (°Brix)	Mínimo 8,200	NB 706
*Se aplica el método de ensayo disponible hasta que se cuente con un método normalizado.		
**El porcentaje de alcohol que se utiliza en la prueba se define por acuerdo entre partes en función a la exigencia del proceso productivo.		

Fuente: IBNORCA, 2013

2.6.2 Carambola

Es una baya de 8 a 15 cm de longitud, de color amarillo, que presenta entre 3 y 5 costillas bien marcadas, con forma ovoide o elipsoidal y de sección transversal estrellada. La cáscara es lisa y cerácea perteneciente a la familia de las oxalidaceae. Su pulpa es jugosa, crocante, de color amarillo claro, y de sabor ácido, posee pocas semillas. Su peso oscila entre (100 – 200) g cuando esta apta para la comercialización. (FAO, 2006). En la figura 2.5, se puede apreciar la forma estrellada de la carambola.



Fuente: Elaboración propia
Figura 2.5. Carambola

En Bolivia, por el escaso desarrollo del cultivo, no son conocidas variedades mejoradas de carambolas, ni se han realizados investigaciones o introducciones de variedades seleccionadas de otros países. Pero, en general, se conocen dos grupos de variedades, las dulces para consumo en fresco y las agrias, que se consumen preferentemente procesada. Esta fruta se encuentra expandido en los departamentos del Beni, Pando, Cochabamba y Santa Cruz. (MACIA, 2003)

Esta fruta nos aporta vitamina C y provitamina A, sustancias con gran aporte antioxidante, fundamentales para evitar el envejecimiento prematuro de las células y reducir el riesgo de padecer enfermedades cardiovasculares, degenerativas e, incluso, el cáncer. (El Deber, 2015)

Aunque productos como pulpa congelada, mermeladas, jaleas y dulces con base a carambola son muy conocidos en otros países, en Bolivia, recién comienzan los

esfuerzos para procesar esta fruta. Apenas dos productos, la pulpa y jalea están siendo incorporados a los mercados de Cochabamba y Santa Cruz, en cantidades muy pequeñas (MACIA, 2003). En la tabla 2.6, se presenta el valor nutricional del fruto de carambola en 100 g de porción comestible.

Tabla 2.6

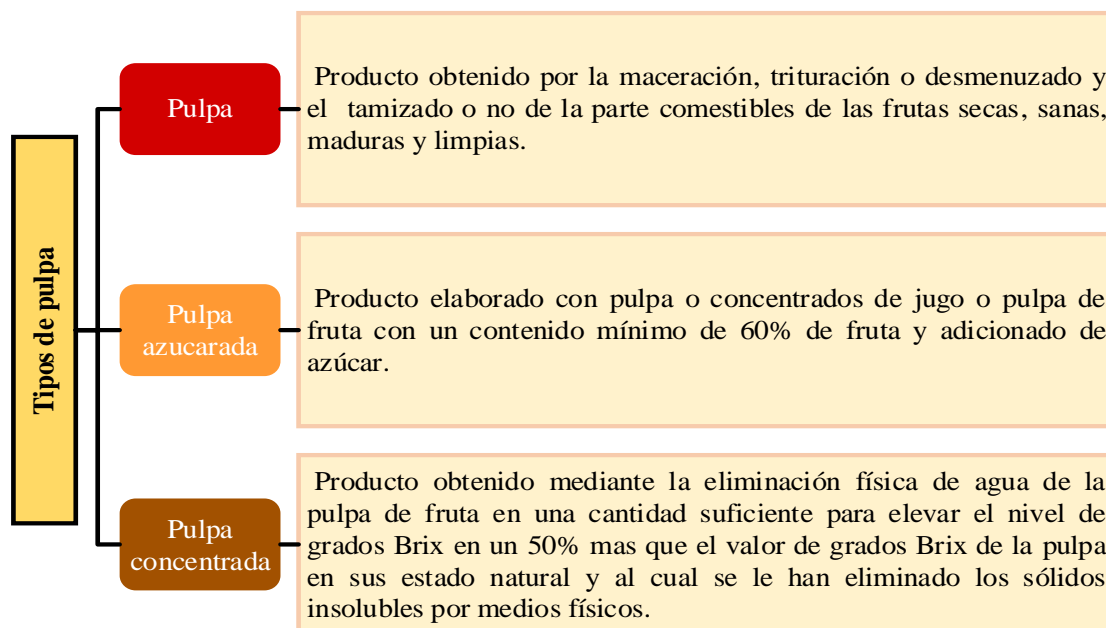
Valor nutricional de la carambola

Componentes mayores (g)		Minerales (mg)		Vitaminas (mg)	
Agua	90,0	Calcio	5,0	Caroteno (A)	90,00
Proteínas	0,5	Fósforo	18,0	Tiamina (B ₁)	0,04
Grasa	0,3	Hierro	0,4	Rivoflavina (B ₂)	0,02
Carbohidratos	9,0			Niacina (B ₅)	0,30
Fibra	0,6			Ácido ascórbico (C)	35,00
Ceniza	0,4				

Fuente: Tello, 2002

2.6.2.1 Clasificación de la pulpa de fruta

Según la resolución 003929:2013 clasifica y define los diferentes tipos de pulpa de fruta de la siguiente manera como se observa en la figura 2.6.



Fuente: Gaviria, 2013

Figura 2.6. Definiciones de los diferentes tipos de pulpa

2.6.2.1.1 Pulpa concentrada

“La pulpa concentrada de frutas, es un producto que se obtiene por la cocción y concentración de la pulpa con el agregado de azúcar. La mezcla se concentra hasta unos 36 °Brix, obteniendo un producto claro y transparente” (Alfaro & Muños, 2013. Pág.1).

La pulpa concentrada tiene la finalidad de transformar la materia prima de su estado sólido a un estado pastoso o a una masa semilíquida. Se entiende por pulpa concentrada un producto formulado a base de fruta y azúcar. Las características más saltantes de la pulpa concentrada es su color brillante y atractivo, además debe parecer gelificada sin mucha rigidez. (Alfaro & Muños, 2013)

2.7 Insumos para la elaboración del yogurt frutado con pulpa de carambola

Los insumos necesarios para la elaboración del producto se detallan a continuación:

2.7.1 Leche en polvo descremada

“Se entiende por leche en polvo al producto obtenido mediante eliminación del agua de la leche entera, parcial o totalmente descremada” (Codex Alimentarius, 2011. Pág.1).

La leche en polvo se usa ampliamente en la industria para fortificar líquidos, para la fabricación de un yogurt espeso y suave. La tasa de adición a la mezcla de yogurt puede variar desde tan poco como 1% hasta alto como 6%, pero el nivel recomendado es entre (3 - 4) %, debido a la adición de niveles más altos de leche en polvo puede conducir a un sabor en polvo en el yogurt. Sin embargo, sus características funcionales son mejorar la viscosidad, la textura y la sensación en boca de yogurt, y reducir la sinéresis. La calidad del yogurt y las características del producto (es decir, sabor, textura y acidez) difieren considerablemente según el tipo de leche en polvo que se utilice. (Tamine & Robinson, 2000)

La leche en polvo proporciona un valor nutricional excepcional a los productos lácteos. Es una fuente de proteína de buena calidad, con aminoácidos fácilmente digeribles y completamente bio-disponibles. La leche en polvo tiene alto contenido de calcio y vitaminas solubles, se puede utilizar para fortificar productos lácteos. Las proteínas lácteas desnaturalizadas pueden formar geles rígidos, irreversibles inducidos por calor que al retener agua y grasa proporcionan textura a los alimentos lácteos como el yogurt. Además de proporcionar sólidos de la leche sin impartir sabor o aromas indeseables permite que el sabor del yogurt se desarrolle completamente. (Morales, 2005)

2.7.2 Azúcar

La sacarosa es abundante en el reino vegetal y normalmente se conoce como azúcar, la sacarosa tiene la fórmula empírica $C_{12}H_{22}O_{11}$ y el carbohidrato refinado es obtenido comercialmente de caña de azúcar o remolacha azucarera. Es ampliamente utilizado en la alimentación, industria como agente edulcorante y se puede obtener en forma granulada o en forma de jarabe. (Tamine & Robinson, 2000)

Los agentes edulcorantes son agregados a yogures revueltos para enmascarar la acidez del yogurt además de producir una textura más firme. Sin embargo, dado que los azúcares aumentan la osmótica presión de la base de la leche, la adición de niveles excesivos (> 10 g por 100 ml leche) antes de la fermentación puede inhibir la actividad iniciadora. (Tamine, 2006)

Citado por (Yana, 2010), la principal finalidad de la adición de azúcar es atenuar la acidez del yogurt, la cantidad de azúcar añadido depende:

- El tipo de azúcar
- Preferencia del consumidor
- La fruta utilizada
- Efectos inhibidores sobre los microorganismos en el cultivo de yogurt
- Las limitaciones legales
- Consideraciones económicas.

2.7.3 Gelatina neutra

La gelatina se ha utilizado ampliamente como estabilizador en varios estilos de yogurt. Es derivado por hidrólisis irreversible de las proteínas colágeno y osseína. Se utiliza a un nivel entre (0,1 - 0,5) %, dependiendo de la floración y la firmeza deseada en yogurt refrigerado. El nivel de gelatina debe adaptarse a los estándares de consistencia para yogurt las cantidades superiores al 0,35 % tienden a dar un yogurt de sólidos lácteos relativamente altos y apariencia grumosa al agitar. (Chandan & Kilara, 2013)

El gel de yogurt desarrollado por la gelatina está considerablemente debilitado por un aumento de la temperatura la gelatina es deseable debido a su aspecto brillante. Sin embargo, cuando se usa solo gelatina, el producto puede tener un cuerpo gelatinoso que tiende a agitarse, lo que no es deseable en la mayoría de los mercados. Por esta razón, es más común usar gelatina en combinación con otros estabilizantes para disminuye el efecto de rigidez y produce un cuerpo que se agita suavemente y está libre de grumos. Dos de las combinaciones que se usan comúnmente son: almidón modificado-gelatina y gelatina-pectina. (Chandan & Kilara, 2013)

2.7.4 Ácido cítrico

El ácido cítrico es uno de los aditivos más utilizados por la industria alimentaria. Se obtiene por fermentación de distintas materias primas, especialmente la melaza de caña de azúcar. El ácido cítrico es un ácido orgánico tricarboxílico que está presente en la mayoría de las frutas, sobre todo en cítricos como el limón y la naranja. (Bristhar, 2010)

Es un buen conservante y antioxidante natural que se añade industrialmente en el envasado de muchos alimentos como las conservas vegetales enlatadas. Es también un aditivo especialmente eficaz para evitar el oscurecimiento que se produce rápidamente en las superficies cortadas de algunas frutas y otros vegetales. (Bristhar, 2010)

2.7.5 Esencia o saborizante

El sabor es un aspecto importante de la calidad de los alimentos y es causado por químicos en los alimentos, posiblemente surgiendo durante el procesamiento, interacciones entre componentes químicos y/o la actividad de los cultivos iniciadores y sus enzimas. (Tamine & Robinson, 2000)

Según (Tamine & Robinson, 2000) manifiesta que: “los saborizantes son sustancias artificiales, caracterizadas por su concentrado aroma a un determinado alimento, generalmente a frutas, que se adicionan al yogurt para proporcionarle un sabor y aroma más agradable” (Pág. 100).

2.7.6 Colorante artificial

Se agrega color a las frutas y yogures con sabor para hacer que los productos sean más atractivos, los agentes activos pueden ser naturalmente derivado, idéntico a la naturaleza, caramelo o artificial. La lista de colores que se pueden usar como aditivos alimentarios difiere de un país a otro, pero debe tenerse en cuenta que los agentes colorantes permitidos en un país pueden no ser idéntico a los permitidos en otro. Sin embargo, la FAO/OMS (1990) han ofrecido alguna guía sobre qué compuestos de color deben permitirse y a qué concentraciones en el yogurt, suponiendo que los agentes provengan enteramente de la fruta y/o ingredientes aromatizantes. (Tamine & Robinson, 2000)

2.7.7 Sorbato de potasio

El Sorbato de Potasio (E 202), es la sal de potasio del ácido sórbico ampliamente utilizado en alimentación como conservante. El ácido sórbico se encuentra en forma natural en algunos frutos. Comúnmente en la industria alimenticia se utiliza el sorbato de potasio ya que este es más soluble en agua que el ácido sórbico. Es un conservante fungicida y bactericida. (Bristhar, 2010)

El sorbato es utilizado para la conservación de yogurt, jugos, frutas secas, embutidos, vinos etc. El sorbato de potasio puede ser incorporado directamente a los productos durante su preparación o por tratamiento de superficies (pulverización o sumergido), los niveles de uso y dosificación para el yogurt es entre (0,5 – 2,0) g/kg de producto. (Bristhar, 2010)

2.7.8 Benzoato de sodio

El benzoato de sodio (E 211), también conocido como benzoato de sosa, sal del ácido benzoico, blanca, cristalina o granulada, de fórmula C_6H_5COONa . Es soluble en agua y ligeramente soluble en alcohol. La sal es antiséptica y se usa generalmente para conservar los alimentos. El benzoato de sodio solo es efectivo en condiciones ácidas ($pH < 3,6$) lo que hace que su uso más frecuente sea en conservas. (MAG, 2006)

Es un conservante bactericida y fungicida comúnmente utilizado en: bebidas carbónicas, ensaladas de fruta, jugos, mermeladas, jaleas, caviar, margarinas, caramelos, pasteles de fruta, salsas etc. Este conservante es efectivo solamente en un medio ligeramente ácido. Se emplea en la mayoría de los casos en combinación con otros conservantes, los niveles de uso y dosificación es entre (0,5 – 1,0) g/kg de producto. (Bristhar, 2010)

CAPITULO III
DISEÑO METODOLÓGICO

3.1 Introducción

La parte experimental del presente trabajo de investigación “Elaboración de yogurt frutado con pulpa de carambola”, se realizó en el Laboratorio Taller de Alimentos (LTA); perteneciente a la Carrera de Ingeniería de Alimentos, ubicada en la Facultad de Ciencias y Tecnología de la Universidad Autónoma Juan Misael Saracho.

3.2 Equipos de proceso, instrumentos de laboratorio y utensilios de cocina

Para desarrollar la parte experimental del trabajo se utilizó diferentes equipos, instrumentos y utensilios de cocina proporcionados por el laboratorio Taller de alimentos (LTA).

3.2.1 Equipos de proceso

Los equipos utilizados en el presente trabajo de investigación, se describen a continuación:

3.2.1.1 Termostato eléctrico

El termostato eléctrico (figura 3.1), se muestra el equipo que se utilizó para realizar el proceso de fermentación del yogurt, este equipo se encuentra en el Laboratorio Taller de Alimentos LTA, para realizar la parte experimental del presente trabajo de investigación.

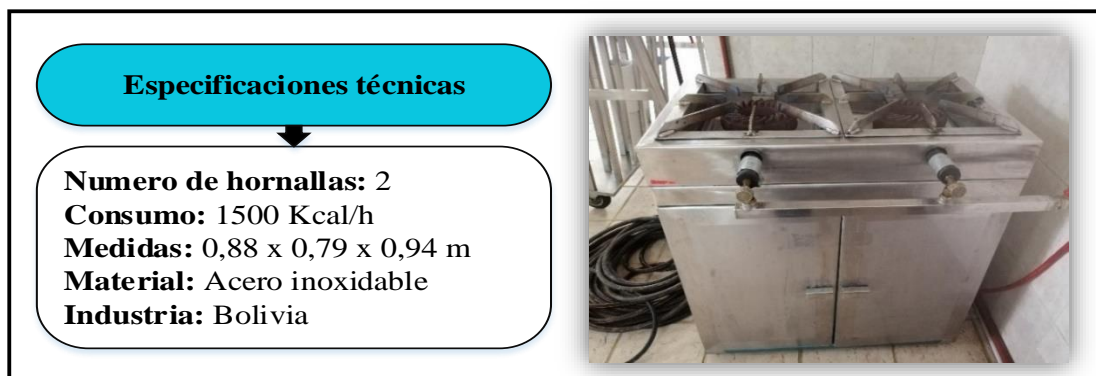


Fuente: LTA, 2019

Figura 3.1. Termostato eléctrico

3.2.1.2 Cocina industrial

La cocina industrial (figura 3.2), se utilizó como fuente de suministro de calor necesario para la pasteurización de la leche, escaldado y concentración de la pulpa de carambola. La cocina industrial que se utilizó se encuentra en el Laboratorio Taller de Alimentos (LTA).

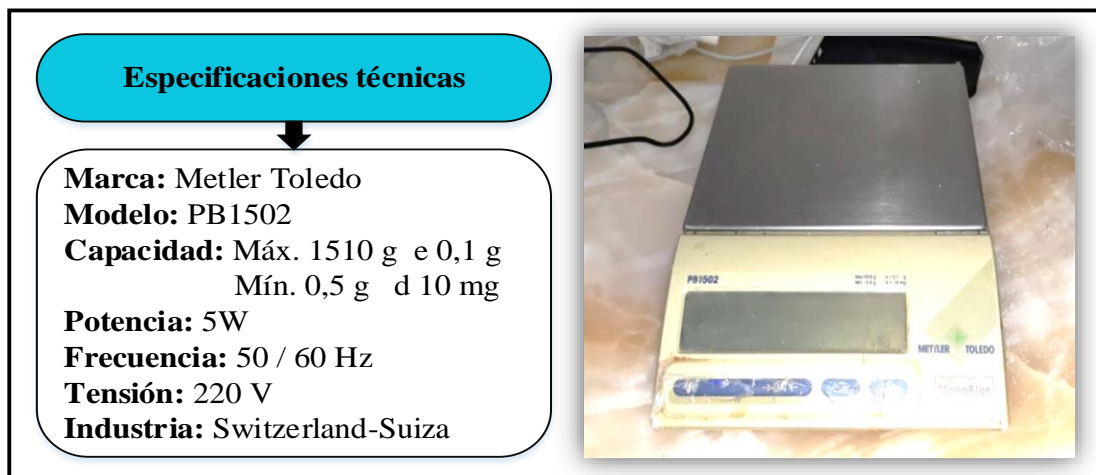


Fuente: LTA, 2019

Figura 3.2. Cocina industrial

3.2.1.3 Balanza digital

La balanza digital (figura 3.3), se utilizó para determinar los pesos de materia prima e insumos, que se utilizaron en el transcurso de la realización del trabajo. Se encuentra en el Laboratorio Taller de Alimentos (LTA).



Fuente: LTA, 2019

Figura 3.3. Balanza digital

3.2.1.4 Balanza analítica digital

La balanza analítica digital (figura 3.4), se utilizó para determinar el peso del cultivo lácteo durante la etapa de inoculación, este equipo se encuentra en el Laboratorio Taller de Alimentos (LTA).

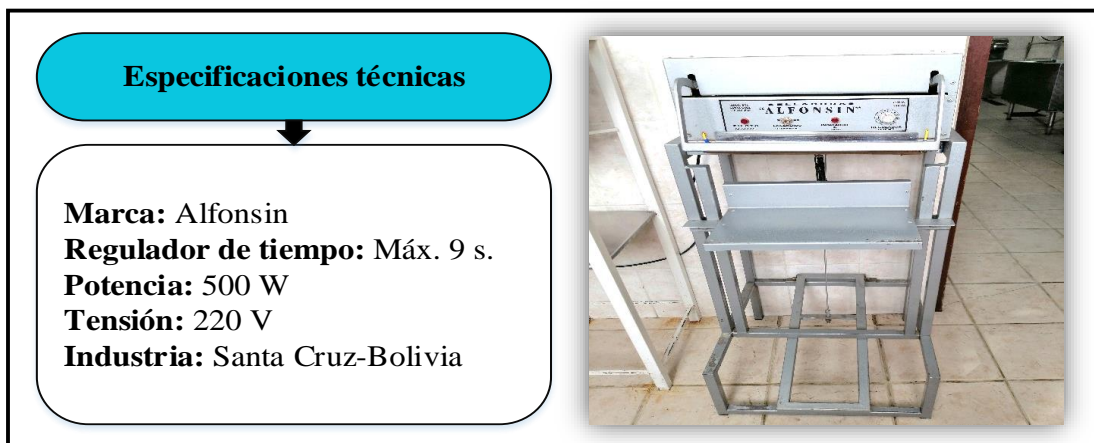


Fuente: LTA, 2019

Figura 3.4. Balanza analítica digital

3.2.1.5 Selladora eléctrica

La selladora eléctrica (figura 3.5), se utilizó para sellar los envases de polietileno monocapa de las muestras de yogurt, este equipo se encuentra en el Laboratorio Taller de Alimentos (LTA).



Fuente: LTA, 2019

Figura 3.5. Selladora eléctrica

3.2.1.6 Viscosímetro rotacional

El viscosímetro rotacional (figura 3.6), se utilizó para obtener la viscosidad de las diferentes muestras de yogurt, este equipo se encuentra en el Laboratorio de Operaciones Unitarias (LOU).



Fuente: LOU, 2019

Figura 3.6. Viscosímetro rotacional

3.2.1.7 Freezer

El Freezer (figura 3.7), se utilizó para mantener refrigerada la leche y el yogurt después de la fermentación, este equipo se encuentra en el Laboratorio Taller de Alimentos (LTA).



Fuente: LTA, 2019

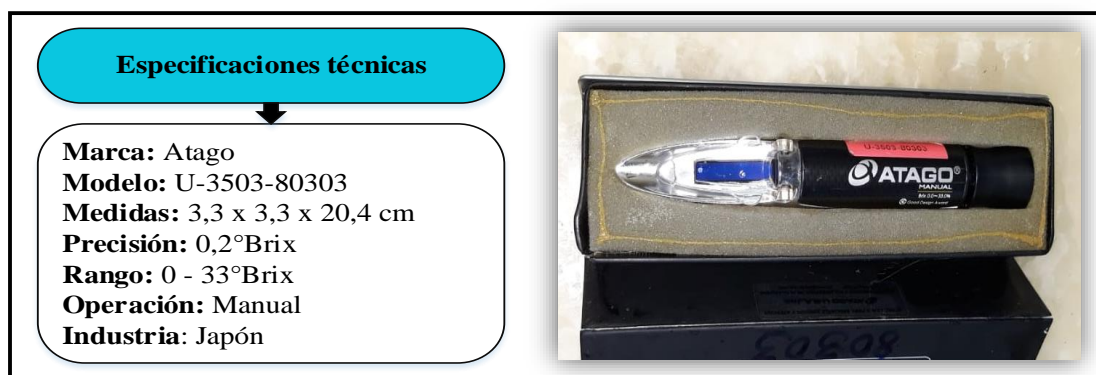
Figura 3.7. Freezer

3.2.2 Instrumentos de laboratorio

Los instrumentos de laboratorio y utensilios que se utilizaron se describen a continuación:

3.2.2.1 Refractómetro de bolsillo

El refractómetro de bolsillo (figura 3.8), se utilizó para medir los °Brix durante la caracterización de materia prima y producto terminado, este instrumento pertenece al Laboratorio Taller de Alimentos (LTA).

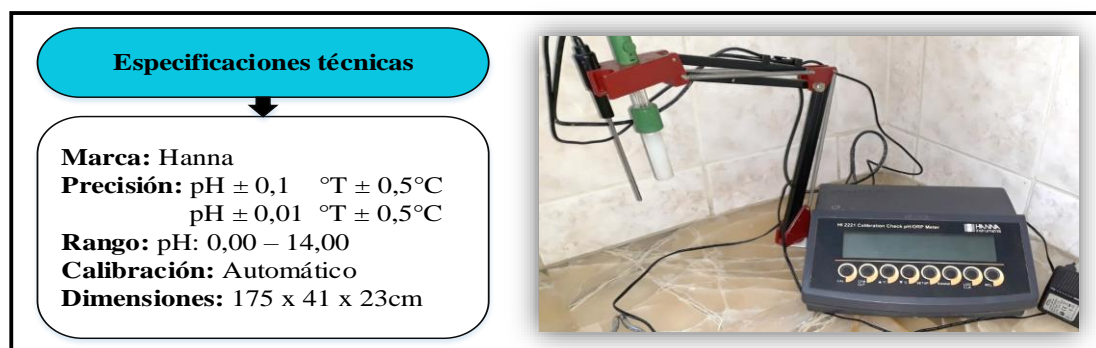


Fuente: LTA, 2019

Figura 3.8. Refractómetro de bolsillo

3.2.2.2 pH-metro de mesa

El pH-metro de mesa (figura 3.9), se utilizó para determinar el índice de pH en el proceso fermentativo y en el producto terminado, este instrumento pertenece al Laboratorio Taller de Alimentos (LTA).



Fuente: LTA, 2019

Figura 3.9. pH-metro de mesa

3.2.3 Material de laboratorio y utensilios de cocina

El material de laboratorio y utensilios que fue utilizado durante el desarrollo del presente trabajo, se detalla en la tabla 3.1.

Tabla 3.1

Material de laboratorio y utensilios de cocina

	Materiales	Cantidad	Tipo de material
De laboratorio	Pipetas	2	Vidrio
	Varilla	2	Vidrio
	Bureta	1	Vidrio
	Matraz	2	Vidrio
	Embudo	2	Vidrio
	Gotero	1	Vidrio
	Probeta graduada	2	Vidrio
	Vasos de precipitación	3	Vidrio
	Termómetro de alcohol	1	Vidrio
	Soporte universal	1	Hierro
	Pinzas doble nuez	1	Hierro y plástico
	Malla de amianto	1	Metálico
	Piceta	1	Plástico
	Espátula	1	Metálico
	Vernier	1	Metálico
De cocina	Tabla de cortar	1	Plástico
	Colador	1	Plástico
	Jarras	2	Plástico
	Recipientes	3	Plástico
	Cucharas	2	Acero inoxidable
	Cuchillos	2	Acero inoxidable
	Ollas	2	Acero inoxidable
	Paila	1	Acero inoxidable
	Recipientes	4	Acero inoxidable

Fuente: Elaboración propia

3.3 Materia prima, insumos y reactivos utilizados en la elaboración del yogurt frutado con pulpa de carambola

A continuación, se detallan cada una de las materias primas que se utilizarán para la elaboración de yogurt frutado con pulpa de carambola.

3.3.1 Materias primas

La carambola (figura 3.10), fue adquirida del Mercado Central de Tarija.



Fuente: Elaboración propia
Figura 3.10. Carambola

La leche entera fue adquirida de la Granja Lujan que se encuentra ubicada en la zona del Temporal a 7 km de Tarija.

3.3.2 Insumos alimentarios

Los insumos que se utilizarán en la elaboración del yogurt frutado con pulpa de carambola son detallados en la tabla 3.2.

Tabla 3.2

Insumos alimentarios

Insumos	Estado	Procedencia	Marca
Cultivo láctico (YF-L811)	Liofilizado	Bolivia	Hansen
Azúcar blanca	Sólido	Bolivia	Aguai
Leche en polvo descremada	Sólido	Canadá	Parmalat
Gelatina neutra	Sólido	Bolivia	Esencial
Esencia (Durazno)	Líquido	Bolivia	Givaudan
Colorante (Amarillo huevo)	Líquido	Bolivia	Solquifar
Ácido cítrico anhidro	Sólido	Bolivia	Solquifar
Benzoato de sodio	Sólido	Bolivia	Solquifar
Sorbato de potasio	Sólido	Bolivia	Solquifar

Fuente: Elaboración propia

3.3.3 Reactivos de laboratorio

En la tabla 3.3, se detallan los reactivos químicos que se utilizaron en la elaboración del yogurt frutado con pulpa de carambola.

Tabla 3.3

Reactivos químicos

Reactivos	Unidad	Concentración	Procedencia	Marca
Hidróxido de sodio (NaOH)	N	0,1	Argentina	Anedra
Fenolftaleína	%	1,0	Argentina	Biopack
Alcohol etílico	%	70,0	Bolivia	Solquifar
Agua desionizada	-	-	Bolivia	Solquifar

Fuente: Elaboración propia

3.4 Metodología para la obtención de resultados

Los métodos utilizados para cumplir con los objetivos propuestos en el siguiente trabajo se detallan a continuación:

3.4.1 Caracterización de las materias primas

Para la caracterización de las materias primas, se tomaron aspectos importantes como: físico y fisicoquímico de la carambola, fisicoquímico y microbiológico de la leche.

3.4.1.1 Análisis físico de la carambola

En el presente trabajo de investigación se tomaron en cuenta los análisis físicos de la carambola, como se muestra en la tabla 3.4.

Tabla 3.4

Análisis físico de la carambola

Características	Unidades
Altura	cm
Diámetro	cm
Peso	g
Porción comestible	%
Porción no comestible	%
Sólidos solubles	°Brix

Fuente: Elaboración propia

3.4.1.2 Análisis fisicoquímico de la carambola

Para los análisis fisicoquímicos de la carambola, se tomó en cuenta las normas y métodos que son detallados en la tabla 3.5.

Tabla 3.5

Análisis fisicoquímico de la carambola

Parámetros	Técnica y/o método de ensayo	Unidades
Acidez (ácido cítrico)	NB 229:98	%
Calcio	Absorción atómica	mg/100g
Cenizas	NB 39034:10	%
Fibra	Gravimétrico	%
Fosforo	SM 4500-P-D	mg/100g
Materia grasa	NB 228:98	%
Hidratos de carbono	Cálculo	%
Humedad	NB 313010:05	%
Proteína total (Nx6,25)	NB/ISO 8968-1:08	%
Valor energético	Cálculo	Kcal/100g

Fuente: CEANID, 2019

3.4.1.3 Análisis fisicoquímico de la leche entera

Para los análisis fisicoquímicos de la leche entera, se tomó en cuenta las normas y métodos que son detallados en la tabla 3.6.

Tabla 3.6

Análisis fisicoquímico de la leche entera

Parámetros	Técnica y/o método de ensayo	Unidades
Acidez (ácido láctico)	NB 229:98	%
Calcio	Absorción atómica	mg/100g
Cenizas	NB 39034:10	%
Densidad relativa (20°C)	NB 230:99	-
Fosforo	SM 4500-P-D	mg/100g
Magnesio total	Absorción atómica	mg/100g
Materia grasa	NB 228:98	%
Hidratos de carbono	Cálculo	%
Humedad	NB 313010:05	%
pH (20°C)	SM 4500-H-B	-
Proteína total (Nx6,38)	NB/ISO 8968-1:08	%
Valor energético	Cálculo	Kcal/100g

Fuente: CEANID, 2019

3.4.1.4 Análisis microbiológicos de la leche entera

Para los análisis microbiológicos de la leche entera, se tomó en cuenta las normas y métodos que son detallados en la tabla 3.7.

Tabla 3.7

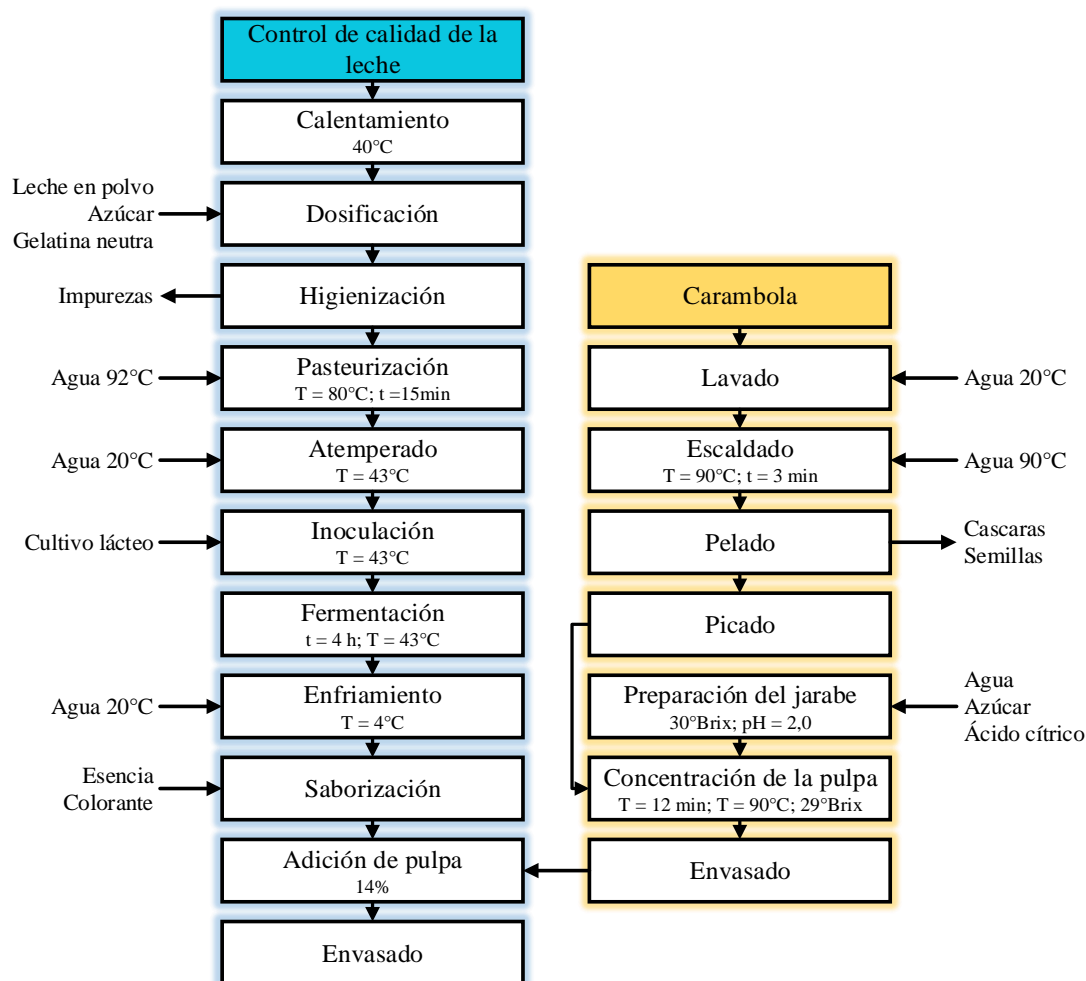
Análisis microbiológico de la leche entera

Parámetros	Técnica y/o método de ensayo	Unidades
Coliformes fecales	NB 32005:02	UFC/ml
Escherichia coli	NB 32005:02	UFC/ml
Salmonella	NB 32007:03	P/A/25 ml

Fuente: CEANID, 2019

3.4.2 Diagrama de proceso para elaboración del yogurt frutado con pulpa de carambola

En la figura 3.11, se muestra el diagrama de proceso para la elaboración del yogurt frutado con pulpa de carambola.



Fuente: Elaboración propia

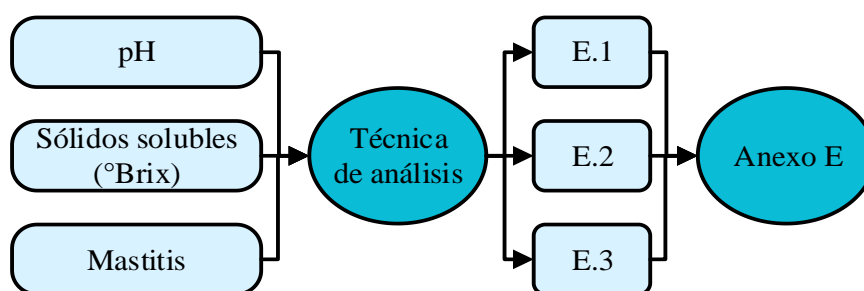
Figura 3.11. Diagrama de proceso para elaboración del yogurt frutado con pulpa de carambola

3.4.3 Descripción del diagrama de proceso para elaboración del yogurt frutado con pulpa de carambola

A continuación, se describen las etapas implicadas en la elaboración del yogurt frutado con pulpa de carambola:

3.4.3.1 Control de calidad de la leche

En la figura 3.12, se muestran los controles que se tomaron en consideración para el control de calidad de la leche entera.



Fuente: Elaboración propia

Figura 3.12. Control de calidad de la leche

3.4.3.2 Calentamiento

El calentamiento de la leche se realizó en baño María, conformado por dos recipientes de acero inoxidable donde se colocaron agua en el primer recipiente y leche en el segundo; en una cocina industrial. Se aumentó la temperatura desde 15°C hasta (40 – 50)°C para facilitar la disolución de los insumos en el momento de la dosificación.

3.4.3.3 Dosificación

Para la dosificación se agregaron los insumos: azúcar (6 – 7)%, leche en polvo descremada (1,3 – 2,7)% y gelatina neutra (0,2 – 0,3)%. Estos se mezclaron en seco en un recipiente de polietileno con tapa agitando durante 10 segundos aproximadamente para tener una correcta homogeneización. Posteriormente, se efectúa la disolución de los insumos con la leche natural procedente de la etapa de calentamiento en un recipiente de plástico de capacidad de 4 litros donde se homogeneizó la mezcla de leche durante 30 segundos.

3.4.3.4 Higienización

Después de la dosificación la leche es filtrada a través de un colador de plástico de 14 cm de diámetro con doble malla sencilla; con el objetivo de eliminar grumos e impurezas procedentes de la leche.

3.4.3.5 Pasteurización

Después de la etapa de higienización la mezcla de leche es llevada al baño María en una cocina industrial, para incrementar la temperatura desde 40°C hasta (78 – 82)°C por un tiempo aproximado de 15 minutos, con el objetivo de destruir los microorganismos patógenos y bacteriófagos que pueda existir en la leche después de la dosificación.

3.4.3.6 Atemperado

Para el atemperado se colocó agua a temperatura ambiente entre (20 – 25)°C en el primer recipiente de acero inoxidable del sistema de baño María, con la finalidad de disminuir la temperatura hasta 43°C para realizar la inoculación.

3.4.3.7 Inoculación

Se procedió a realizar una pequeña mezcla en un recipiente de polietileno de 30 ml de capacidad esterilizado con alcohol al 70%, agregando cultivo lácteo entre (0,0012 – 0,0031)% en donde se agregó aproximadamente 25 ml de leche procedente de la etapa de atemperado, se agitó la mezcla aproximadamente 2 minutos para disolver el cultivo lácteo. Posteriormente, la mezcla del inóculo es agregado a la leche donde se continúa el agitado para tener una correcta homogeneización de la mezcla.

3.4.3.8 Fermentación

La leche inoculada se distribuyó en recipientes de acero inoxidable de 1 litro de capacidad; 11,5 cm de altura y 12 cm de diámetro previamente esterilizados con alcohol al 70%. Posteriormente, es llevado a un termostato eléctrico controlando la temperatura

de 43 °C, con la finalidad que ocurra la fermentación durante el lapso de 4 horas, tiempo donde se forma el coagulo del yogurt.

3.4.3.9 Enfriamiento

Después de la etapa de fermentación, se llevaron los recipientes de yogurt al sistema baño María con agua a temperatura ambiente entre (20 – 25)°C por un tiempo aproximado de 15 minutos para disminuir la temperatura del yogurt hasta 30°C y reducir la actividad microbiana de las bacterias lácticas, para continuar el enfriamiento utilizando un freezer a temperatura de refrigeración entre (4 – 6)°C por un tiempo de 8 horas.

3.4.3.9.1 Carambola

La carambola fue adquirida del Mercado Central de Tarija, donde se realizó la selección de las muestras de carambola verificando de manera objetiva el color, apariencia, estado de madurez, etc.

3.4.3.9.2 Lavado

Después de seleccionar las muestras de carambola se efectúa el lavado de la fruta en un recipiente de plástico con agua a temperatura ambiente entre (20 – 25)°C, con la finalidad de eliminar las impurezas presentes como ser: tierra, hojas, pelos, etc.

3.4.3.9.3 Escaldado

Las muestras de carambola después de la etapa de lavado son colocadas en un recipiente de acero inoxidable con agua a temperatura ambiente entre (20 – 25)°C en una cocina industrial, donde se esperó aproximadamente 10 minutos a que la temperatura esté entre (85 – 90)°C y se controló el tiempo de escaldado aproximadamente de 3 minutos. Con el objetivo de facilitar el pelado de la carambola e inactivar el ácido oxálico presente en la cáscara de la fruta.

3.4.3.9.4 Pelado

Después del escaldado las muestras de carambola son sumergidas en agua a temperatura ambiente entre $(20 - 25)^{\circ}\text{C}$ para reducir la temperatura desde los 80°C hasta 40°C y facilitar el pelado, con ayuda de un cuchillo de acero inoxidable se retiró toda la cáscara en forma manual y se procede a trocear la fruta para retirar las semillas del interior de la pulpa.

3.4.3.9.5 Picado

Las muestras carambola después de la etapa de pelado fueron colocadas sobre una tabla de cortar y realizar el picado en forma manual con un cuchillo de acero inoxidable en pequeños trozos de aproximadamente 1 cm de diámetro y altura.

3.4.3.9.6 Preparación del jarabe

Para realizar la preparación del jarabe, se efectuó una mezcla en seco de azúcar $(17 - 18)\%$ y ácido cítrico $(0,6 - 0,7)\%$ en un recipiente de polietileno agitando durante 10 segundos. Posteriormente, se agrega la mezcla en seco en una jarra de 1 litro de capacidad, donde se colocó agua a temperatura ambiente entre $(20 - 25)^{\circ}\text{C}$ en cantidades entre $(39 - 43)\%$ y se procedió a agitar la mezcla con el fin de tener una correcta disolución de los insumos.

3.4.3.9.7 Concentración de la pulpa

Después de preparar el jarabe, éste es calentado en un recipiente de acero inoxidable en una cocina industrial. Posteriormente, es agregada la pulpa picada donde es agitada continuamente con ayuda de una espátula de madera y se controla el tiempo de concentración cuando llegue la temperatura entre $(85 - 90)^{\circ}\text{C}$ por un lapso de tiempo de 12 minutos hasta que la pulpa se concentre entre $(27 - 30)^{\circ}\text{Brix}$.

3.4.3.9.8 Envasado

Para efectuar el envasado se esterilizaron los frascos de vidrio de 280 ml de capacidad en un recipiente de acero inoxidable con agua a temperatura ambiente entre (20 – 25)°C en una cocina industrial, donde se va aumentando la temperatura hasta (80 – 85)°C por un tiempo de (15 – 20) minutos. Posteriormente, la pulpa de carambola es envasada en frascos de vidrio después de la etapa de concentración.

3.4.3.10 Saborización

La saborización del yogurt se llevó a cabo con la adición de colorante amarillo huevo (1ml/kg) y esencia sabor durazno (1ml/kg), debido a la no disponibilidad de un saborizante sabor carambola. Posteriormente, se efectuó el batido del yogurt durante un tiempo de 3 minutos para tener una correcta homogeneización.

3.4.3.11 Adición de la pulpa

Según (Chandal & Kilara, 2013) manifiesta que: “las preparaciones de frutas son generalmente agregado al yogurt dentro un rango entre (10 – 20)% de nivel en el producto final” (Pág. 196). En tal sentido, en el presente trabajo, se procedió a la adición de pulpa de carambola entre (10 – 14)%, se procedió a continuar con el batido para repartir la pulpa en toda la base del yogurt.

3.4.3.12 Envasado

El yogurt frutado con pulpa de carambola se envasó en envases de polietileno monocapa de 1 kg de capacidad y fue sellado con una selladora eléctrica para proteger al producto de la contaminación y es almacenado en un freezer a temperatura de refrigeración entre (4 – 6)°C.

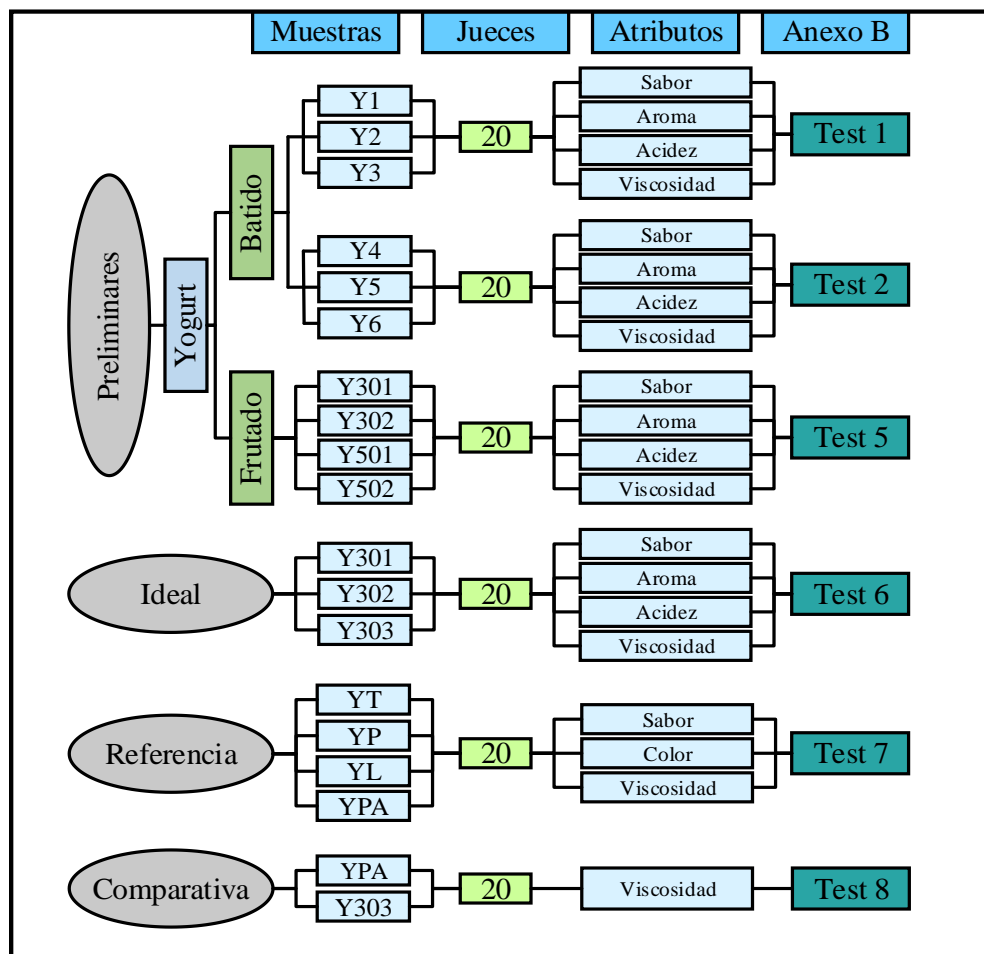
3.4.4 Análisis sensorial de los alimentos

El análisis sensorial puede ser definido como el método experimental mediante el cual los jueces perciben y califican, caracterizando y/o mensurando, propiedades sensoriales

de muestras adecuadamente presentadas bajo condiciones ambientales preestablecidas y bajo un patrón de evaluación acorde al posterior análisis estadístico. (Ureña & D`Arrigo, 1999)

La evaluación sensorial de los alimentos se constituye en la actualidad como una de las más importantes herramientas para el logro del mejor desenvolvimiento de las actividades de la industria alimentaria. Así mismo su aplicación en el control de calidad y de procesos, en el diseño y desarrollo de nuevos productos y en la estrategia y lanzamiento de los mismos al comercio. (Ureña & D`Arrigo, 1999)

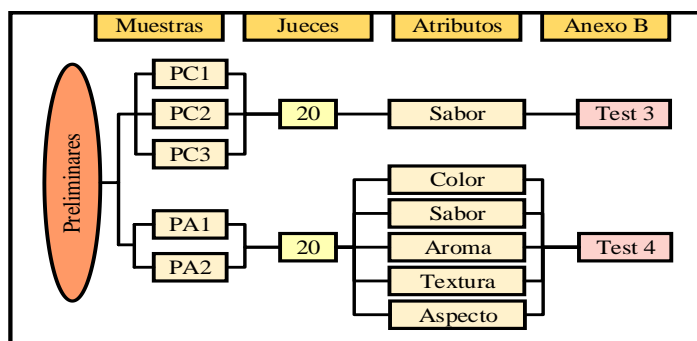
En la figura 3.13, se detallan las evaluaciones sensoriales que se realizaron durante la elaboración del yogurt frutado con pulpa de carambola que se detallan en el Anexo B.



Fuente: Elaboración propia

Figura 3.13. Evaluación sensorial del yogurt frutado con pulpa de carambola

En la figura 3.14, se detallan las evaluaciones sensoriales que se realizaron durante el proceso de elaboración de la pulpa de carambola que se detallan en el Anexo B.



Fuente: Elaboración propia

Figura 3.14. Evaluación sensorial de pulpa de carambola

3.4.5 Caracterización del producto terminado

Para la caracterización del producto, se realizó el control de dos aspectos importantes: fisicoquímico y microbiológico del yogurt frutado con pulpa de carambola, físico y microbiológico de la pulpa de carambola.

3.4.5.1 Análisis fisicoquímico del yogurt frutado con pulpa de carambola

Para los análisis fisicoquímicos del yogurt frutado con pulpa de carambola, se tomó en cuenta las normas y métodos que son detallados en la tabla 3.8.

Tabla 3.8

Análisis fisicoquímico del yogurt frutado con pulpa de carambola

Parámetros	Técnica y/o método de ensayo	Unidades
Acidez (ácido láctico)	NB 229:98	%
Calcio	Absorción atómica	mg/100g
Cenizas	NB 39034:10	%
Fosforo	SM 4500-P-D	mg/100g
Magnesio total	Absorción atómica	mg/100g
Materia grasa	NB 228:98	%
Hidratos de carbono	Cálculo	%
Humedad	NB 313010:05	%
pH (20°C)	SM 4500-H-B	-
Proteína total (Nx6,38)	NB/ISO 8968-1:08	%
Valor energético	Cálculo	Kcal/100g

Fuente: CEANID, 2019

3.4.5.2 Análisis microbiológico del yogurt frutado con pulpa de carambola

Para los análisis microbiológicos del yogurt frutado con pulpa de carambola, se tomó en cuenta las normas y métodos que son detallados en la tabla 3.9.

Tabla 3.9

Análisis microbiológico del yogurt frutado con pulpa de carambola

Parámetros	Técnica y/o método de ensayo	Unidades
Coliformes fecales	NB 32005:02	UFC/g
Escherichia coli	NB 32005:02	UFC/g
Mohos y levaduras	NB 32006:03	UFC/g

Fuente: CEANID, 2019

3.4.5.3 Análisis fisicoquímico de la pulpa de carambola

Para los análisis fisicoquímicos de la pulpa de carambola, se tomó en cuenta las normas y métodos que son detallados en la tabla 3.10.

Tabla 3.10

Análisis fisicoquímico de la pulpa de carambola

Parámetros	Técnica y/o método de ensayo	Unidades
Acidez (ácido cítrico)	NB 229:98	%
Calcio	Absorción atómica	mg/100g
Cenizas	NB 39034:10	%
Fibra	Gravimétrico	%
Fosforo	SM 4500-P-D	mg/100g
Materia grasa	NB 228:98	%
Hidratos de carbono	Cálculo	%
Humedad	NB 313010:05	%
PH (20°C)	SM 4500-H.B	-
Proteína total (Nx6,25)	NB/ISO 8968-1:08	%
Valor energético	Cálculo	Kcal/100g

Fuente: CEANID, 2019

3.4.5.4 Análisis microbiológico de la pulpa de carambola

Para los análisis microbiológicos de la pulpa de carambola, se tomó en cuenta las normas y métodos que son detallados en la tabla 3.11.

Tabla 3.11

Análisis microbiológico de la pulpa de carambola

Parámetros	Técnica y/o método de ensayo	Unidades
Escherichia coli	NB 32005:02	UFC/g
Mohos y levaduras	NB 32006:03	UFC/g

Fuente: CEANID, 2019

3.4.6 Diseño experimental

El diseño experimental es una técnica estadística que permite identificar y cuantificar las causas de un efecto dentro de un estudio experimental. En un diseño experimental se manipulan deliberadamente una o más variables, vinculadas a las causas, para medir el efecto que tienen en otra variable de interés; prescribe una serie de pautas relativas a qué variables hay que manipular, de qué manera, cuántas veces hay que repetir el experimento y en qué orden para poder establecer con un grado de confianza predefinido la necesidad de una presunta relación de causa-efecto. (Gutiérrez & De la Vara, 2008)

3.4.6.1 Diseño factorial 3^k

La familia de diseños factoriales 3^k consiste en k factores cada uno con tres niveles de prueba. Los factores pueden ser de tipo cualitativo (máquinas, tipos de material, operador, la presencia o ausencia de una operación previa, etc.), o de tipo cuantitativo (temperatura, humedad, velocidad, presión, etc.) (Gutiérrez & De la Vara, 2008)

El diseño factorial 3^k es una de las alternativas experimentales que permite estudiar efectos de curvatura, además de efectos lineales y de interacción. La primera desventaja de los diseños 3^k es que al aplicarse requieren mayor cantidad de pruebas que el diseño 2^k . (Gutiérrez & De la Vara, 2008)

El diseño factorial a ser utilizado en el trabajo experimental, se muestra en la ecuación 3.1. (Gutiérrez & De la Vara, 2008. Pág. 238)

$$3^k$$

Ecuación 3.1

Donde:

3 = número de niveles

k = número de variables

3.4.6.2 Diseño factorial en el proceso de fermentación láctica del yogurt frutado con pulpa de carambola

Para realizar el diseño factorial en el proceso de fermentación láctica del yogurt frutado con pulpa de carambola, se aplicó de acuerdo (ecuación 3.1), cuyo diseño factorial corresponde:

$$3^2 = 3 \times 3 = 9 \text{ Tratamientos / prueba} \quad \text{Ecuación 3.2}$$

Donde los niveles de variación de cada factor son los siguientes:

- Tiempo de fermentación (t) = 3 niveles
- Porcentaje de cultivo lácteo (C) = 3 niveles

En la tabla 3.12, se muestran los niveles de variación utilizados para los factores (nivel bajo, nivel medio y nivel alto), que fue aplicado en el proceso de fermentación láctica del yogurt frutado con pulpa de carambola.

Tabla 3.12

Niveles de variación de los factores en la fermentación láctica

Variables	Nivel bajo	Nivel medio	Nivel alto
Tiempo de fermentación (t)	(-1)	(0)	(1)
Porcentaje de cultivo lácteo (C)	(-1)	(0)	(1)

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 3.13, se muestra la matriz del diseño factorial que fue desarrollado en el proceso de fermentación láctica del yogurt frutado con pulpa de carambola.

Tabla 3.13

Diseño factorial de variables para el proceso de fermentación láctica

Tratamientos	Combinación de tratamientos	Descomposición de efectos								Respuesta Y_i
		t_L	t^2	C_L	C^2	$t_L C_L$	$t_L C^2$	$t^2 C_L$	$t^2 C^2$	
1	(1)	-1	1	-1	1	1	-1	-1	1	Y_1
2	t_L	0	-2	-1	1	0	0	2	-2	Y_2
3	t^2	1	1	-1	1	-1	1	-1	1	Y_3
4	C_L	-1	1	0	-2	0	2	0	-2	Y_4
5	C^2	0	-2	0	-2	0	0	0	4	Y_5
6	$t_L C_L$	1	1	0	-2	0	-2	0	-2	Y_6
7	$t_L C^2$	-1	1	1	1	-1	-1	1	1	Y_7
8	$t^2 C_L$	0	-2	1	1	0	0	-2	-2	Y_8
9	$t^2 C^2$	1	1	1	1	1	1	1	1	Y_9

Fuente: Elaboración propia

Dónde:

 Y_i = Variable respuesta (porcentaje de ácido láctico y pH) $t_L; C_L$ = Efecto lineal $t^2; C^2$ = Efecto cuadrático

CAPITULO IV

ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE

RESULTADOS

4.1 Caracterización de las materias primas

Para la caracterización de materias primas, se tomaron en cuenta los parámetros físicos y fisicoquímicos de la carambola; fisicoquímicos y microbiológicos de la leche, los cuales son detallados a continuación:

4.1.1 Análisis físico de la carambola

En la figura 4.1, se observa las muestras de carambola que fueron objeto de la determinación de los análisis físicos en cuanto a altura, diámetro, peso, sólidos solubles (°Brix), porción comestible y no comestible.



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.1. Muestras de carambola

En la tabla 4.1, se puede apreciar las ecuaciones aplicadas para la determinación de los análisis físicos de la carambola.

Tabla 4.1

Ecuaciones aplicadas para determinar los análisis físicos de la carambola

Parte comestible	Parte no comestible	Media aritmética
$PC = \frac{P_{final}}{P_{inicial}} * 100$	$PNC = 100 - PC$	$\bar{x} = \frac{(x_1 + x_2 + x_3 + \dots + x_n)}{n}$
PC = porción comestible (%) PNC = porción no comestible (%) P _{inicial} = peso inicial de la muestra (g) P _{final} = peso final de la muestra (g)		\bar{x} = media aritmética n = número de muestras

Fuente: Villalba, 2005

En la tabla 4.2, se muestran los resultados obtenidos de los análisis físicos de la carambola realizado en el Laboratorio Taller de Alimentos.

Tabla 4.2

Análisis físico de la carambola

Muestras (n)	Altura (cm)	Diámetro (cm)	Peso (g)	PC (%)	PNC (%)	°Brix
1	7,85	3,95	84,38	50,55	49,45	7,80
2	7,25	4,75	67,28	45,82	54,18	10,20
3	8,95	4,25	92,26	52,28	47,72	6,40
4	6,65	3,25	41,97	66,19	33,81	9,00
5	7,85	3,95	74,95	49,27	50,73	7,40
6	7,55	3,65	68,67	39,96	60,04	8,00
7	7,65	4,05	69,26	38,00	62,00	12,40
8	7,75	3,65	66,26	41,73	58,27	10,80
9	7,05	3,35	50,74	45,11	54,89	7,20
10	7,45	3,25	56,82	39,60	60,40	7,60
11	7,05	4,05	59,51	42,31	57,69	10,00
12	6,15	3,65	49,81	33,61	66,39	7,80
13	8,75	4,45	91,39	36,79	63,21	8,20
14	7,85	3,95	68,78	34,00	66,00	9,60
15	8,05	4,05	62,05	37,47	62,53	8,40
16	7,85	4,15	76,12	33,55	66,45	6,80
17	7,85	4,05	68,78	59,16	40,84	7,00
18	7,15	3,65	56,10	49,27	50,73	6,80
\bar{x}	7,59±0,05	3,89±0,05	66,95±0,01	44,15	55,85	8,41±0,2

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 4.2, se detallan los resultados obtenidos de los análisis físicos de la carambola, cuyas características son: altura 7,59±0,05cm, diámetro 3,89±0,05cm, peso 66,95±0,01g, porción comestible (PC) 44,15%, porción no comestible (PNC) 55,85% y °Brix 8,41±0,2.

4.1.2 Análisis fisicoquímico de la carambola

En la tabla 4.3, son detallados los resultados de los análisis fisicoquímicos de la carambola de datos extraídos (Anexo A).

Tabla 4.3

Análisis fisicoquímico de la carambola

Parámetros	Unidad	Resultado
Acidez (ácido cítrico)	%	0,07
Calcio	mg/100g	11,00
Cenizas	%	0,47
Fibra	%	0,29
Fósforo	mg/100g	70,60
Materia grasa	%	0,53
Hidratos de carbono	%	4,41
Humedad	%	92,47
Proteína total (Nx6,25)	%	1,80
Valor energético	Kcal/100g	29,73

Fuente: CEANID, 2019

En la tabla 4.3, se observan que los resultados de los análisis fisicoquímicos de la carambola son: acidez (ácido cítrico) 0,07%, calcio 11 mg/100g, cenizas 0,47%, fibra 0,29%, fósforo 70,6 mg/100g, materia grasa 0,53%, hidratos de carbono 4,41%, humedad 92,47%, proteína total (Nx6,25) 1,80% y valor energético 9,73 Kcal/100g.

4.1.3 Análisis fisicoquímico de la leche entera

En la tabla 4.4, son detallados los resultados de los análisis fisicoquímicos de la leche entera de datos extraídos (Anexo A).

Tabla 4.4

Análisis fisicoquímico de la leche entera

Parámetros	Unidad	Resultado
Acidez (ácido láctico)	%	0,14
Calcio	mg/100g	1176,00
Cenizas	%	0,62
Densidad relativa (20°C)	-	1,03
Fósforo	mg/100g	270,00
Magnesio total	mg/100g	100,00
Materia grasa	%	3,60
Hidratos de carbono	%	6,64
Humedad	%	88,11
pH (20°C)	-	6,80
Proteína total (Nx6,38)	%	3,03
Valor energético	Kcal/100g	63,08

Fuente: CEANID, 2019

En la tabla 4.4, se observan que los resultados de los análisis fisicoquímicos de la leche entera son: acidez (ácido láctico) 0,14%, calcio 1176 mg/100g, cenizas 0,62%, densidad relativa 1,0295, fósforo 270 mg/100g, magnesio total 100,0 mg/100g, materia grasa 3,60%, hidratos de carbono 6,64%, humedad 88,11%, pH (20°C) 6,8, proteína total (Nx6,38) 3,03% y valor energético 63,08 Kcal/100g.

4.1.4 Análisis microbiológico de la leche entera

En la tabla 4.5, son detallados los resultados de los análisis microbiológicos de la leche entera de datos extraídos (Anexo A).

Tabla 4.5

Análisis microbiológico de la leche entera

Parámetros	Unidad	Resultado
Coliformes fecales	UFC/ml	$6,5 \times 10^2$
Escherichia coli	UFC/ml	$1,6 \times 10^2$
Salmonella	P/A/25ml	Ausencia

Fuente: CEANID, 2019

En la tabla 4.5, se observan que los resultados de los análisis microbiológicos de la leche entera son: coliformes fecales $6,5 \times 10^2$ UFC/ml, escherichia coli $1,6 \times 10^2$ UFC/ml y salmonella ausencia P/A/25ml.

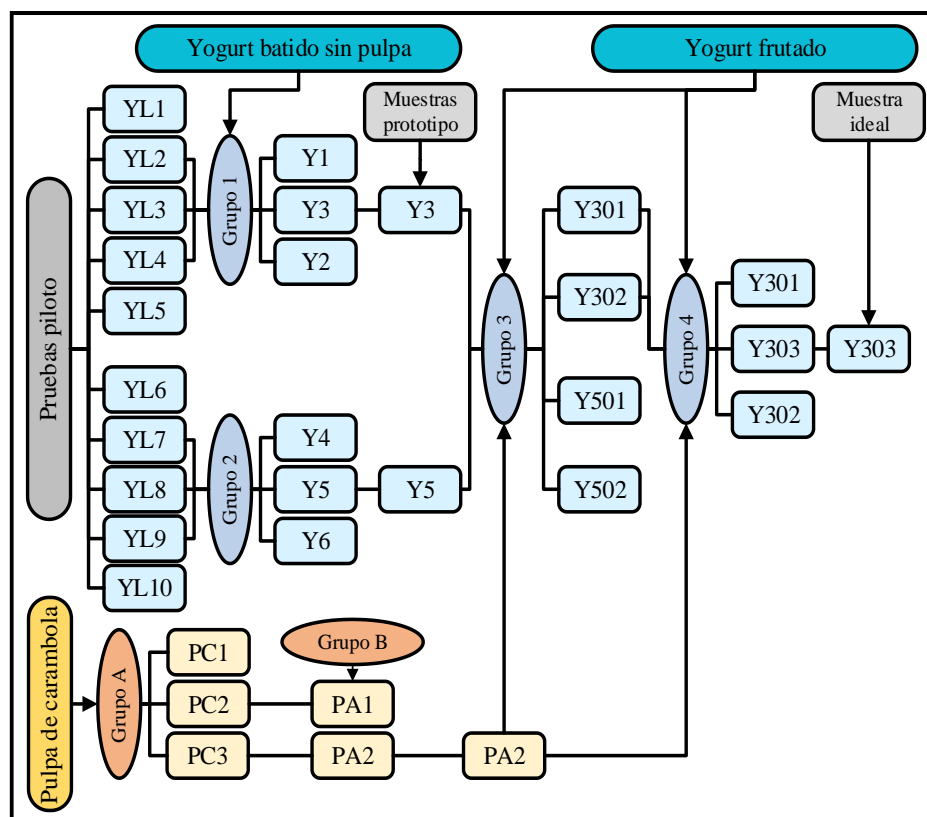
4.2 Caracterización de las variables del proceso de elaboración del yogurt frutado con pulpa de carambola

Para realizar la caracterización de las variables del proceso de elaboración del yogurt frutado con pulpa de carambola, se tomaron en cuenta los siguientes aspectos:

4.2.1 Pruebas preliminares en el procedimiento de elaboración del yogurt frutado con pulpa de carambola

En la figura 4.2, se detallan las pruebas preliminares que se realizaron durante la etapa de elaboración del yogurt frutado con pulpa de carambola. Donde se partieron de diez pruebas piloto a nivel laboratorio de yogurt batido sin pulpa, con la finalidad de obtener las muestras a ser desarrolladas durante la parte experimental. Posteriormente, se tomaron tres muestras de las primeras cinco pruebas piloto, como grupo 1 y tres

muestras de las restantes grupo 2, con el objetivo de obtener dos muestras prototipo de yogurt batido sin pulpa, donde se pueda realizar la incorporación de pulpa de carambola. Con el fin de tener una muestra ideal de yogurt frutado con pulpa de carambola.



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.2. Pruebas preliminares en la elaboración del yogurt frutado con pulpa de carambola

4.2.1.1 Variación en la dosificación de insumos para las pruebas piloto del yogurt batido sin pulpa

En base a la figura 4.2, se muestran las pruebas piloto que se realizarán a nivel experimental, para tal efecto se adaptó la metodología de elaboración del yogurt batido (LTA, 2019), sin pulpa de carambola.

En la tabla 4.6, se muestran la variación en la dosificación de insumos (azúcar, leche en polvo descremada, gelatina neutra y cultivo lácteo) para las diez pruebas piloto.

Tabla 4.6

Variación en la dosificación de insumos para las pruebas piloto

Muestras	Leche (%)	Azúcar (%)	Leche en polvo descremada (%)	Gelatina (%)	Cultivo (%)
YL1	91	6	2,66	0,27	0,0027
YL2	91	7	1,33	0,27	0,0014
YL3	91	7	2,20	0,18	0,0014
YL4	91	7	1,59	0,28	0,0014
YL5	91	7	2,20	0,22	0,0031
YL6	93	6	1,35	0,27	0,0018
YL7	92	7	0,89	0,36	0,0014
YL8	92	7	1,07	0,44	0,0014
YL9	91	7	1,60	0,13	0,0014
YL10	91	7	2,20	0,18	0,0022

Fuente: Elaboración propia

En base a la variación en la dosificación de insumos para las pruebas piloto de la tabla 4.6, las muestras de yogurt batido sin pulpa fueron degustadas por el personal del Taller de Alimentos LTA del área de lácteos de las cuales fueron tomadas en cuenta aquellas muestras que tuvieron mayor aceptación en cuanto se refiere a la aceptabilidad y/o rechazo por las muestras que presentaron diferencias en cuanto se refiere al atributo acidez y consistencia, donde se rechazaron cuatro muestras quedando seis muestras que fueron aceptadas para el desarrollo del presente trabajo como se observa (figura 4.2).

4.2.1.2 Variación en la dosificación de leche en polvo descremada y gelatina en el yogurt batido sin pulpa del grupo 1

En la tabla 4.7, se muestran la variación en la dosificación de leche en polvo descremada y gelatina; manteniéndose constante el porcentaje de azúcar (7%) y cultivo lácteo (0,0014%) para la elaboración de yogurt batido sin pulpa del grupo 1.

Tabla 4.7

Variación en la dosificación de leche en polvo descremada y gelatina en el yogurt batido sin pulpa del grupo 1

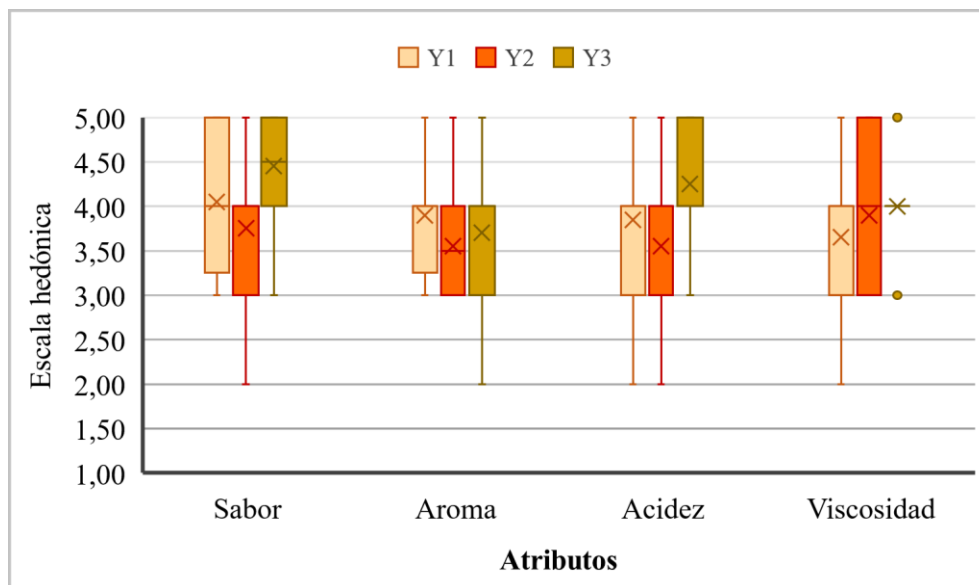
Muestras	Leche (%)	Azúcar (%)	Leche en polvo descremada (%)	Gelatina (%)	Cultivo (%)
Y1	91	7	1,33	0,27	0,0014
Y2	91	7	2,20	0,18	0,0014
Y3	91	7	1,59	0,28	0,0014

Fuente: Elaboración propia

En base a la tabla 4.7, las tres muestras fueron evaluadas mediante un test de escala hedónica de cinco puntos (figura 3.12).

4.2.1.2.1 Estadístico de caja y bigote en la variación de leche en polvo descremada y gelatina del grupo 1

En la figura 4.3, se muestra el estadístico de caja y bigote extraído de la tabla C.2 (sabor); tabla C.6 (aroma); tabla C.8 (acidez) y tabla C.12 (viscosidad) para el yogurt batido sin pulpa del grupo 1 (Anexo C).



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.3. Caja y bigote para los atributos sabor, aroma, acidez y viscosidad del grupo 1

En la figura 4.3, se puede observar que las medianas de los atributos sabor Y2(3,75) y Y3(4,00), acidez Y2(3,55) y Y3(4,25); que se ubican en el primer (25%) y segundo cuartil (50%) de la caja; es decir que tienen mayor aceptación de los jueces. Sin embargo, para los atributos aroma Y1(3,90) y Y3(3,70), la viscosidad Y1(3,65) cerca al tercer cuartil (75%); y para el atributo aroma Y2(3,55), viscosidad Y2(3,90) y Y3(4,00), que se encuentra cerca del segundo cuartil (50%) de la caja.

4.2.1.2.2 Estadístico de Tukey para el atributo sabor del grupo 1

En la tabla 4.8, se muestran los resultados del análisis estadístico de Tukey extraído de la tabla C.5 (Anexo C), para el atributo sabor del yogurt batido sin pulpa del grupo 1.

Tabla 4.8

Estadístico de Tukey para el atributo sabor del grupo 1

Tratamiento	Valor	Diferencia	Significancia
Y3 – Y2	4,45 – 3,75	0,70 > 0,53	Si hay diferencia
Y3 – Y1	4,45 – 4,05	0,40 < 0,53	No hay diferencia
Y1 – Y2	4,05 – 3,75	0,30 < 0,53	No hay diferencia

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 4.8, se puede observar diferencia significativa entre los tratamientos (Y3 – Y2); en comparación con los tratamientos (Y3 – Y1) y (Y1 – Y2), que no hay diferencia significativa $p < 0,05$.

4.2.1.2.3 Estadístico de Tukey para el atributo acidez del grupo 1

En la tabla 4.9, se muestran los resultados del análisis estadístico de Tukey extraído de tabla C.11 (Anexo C), para el atributo acidez para yogurt batido sin pulpa del grupo 1.

Tabla 4.9

Estadístico de Tukey para el atributo acidez del grupo 1

Tratamiento	Valor	Diferencia	Significancia
Y3 – Y2	4,25 – 3,55	0,70 > 0,49	Si hay diferencia
Y3 – Y1	4,25 – 3,85	0,40 < 0,49	No hay diferencia
Y1 – Y2	3,85 – 3,55	0,30 < 0,49	No hay diferencia

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 4.9, se puede observar diferencia significativa entre los tratamientos (Y3 – Y2); en comparación con los tratamientos (Y3 – Y1) y (Y1 – Y2), que no hay diferencia significativa $p < 0,05$.

4.2.1.2.4 Análisis de varianza de los atributos aroma y viscosidad para el grupo 1

De acuerdo a los resultados del análisis de varianza para el atributo aroma (tabla C.7) y viscosidad (tabla C.13) para el grupo 1 (Anexo C), se puede evidenciar que no existe diferencia significativa entre los atributos analizados $p < 0,05$.

De acuerdo a caja y bigote para las muestras del grupo 1, se pudo evidenciar que los atributos de mayor preferencia de los jueces son: sabor (4,45) y acidez (4,25) de la muestra Y3. Estadísticamente, existe diferencia significativa en los tratamientos (Y3 – Y2) y no así en los demás tratamientos $p < 0,05$. Con relación al proceso se pudo observar que la variación del porcentaje de leche en polvo descremada y gelatina se ve directamente influenciado en los atributos sabor y acidez y no así en la viscosidad.

4.2.1.3 Variación en la dosificación de leche en polvo descremada y gelatina en el yogurt batido sin pulpa del grupo 2

En la tabla 4.10, se muestran la variación en la dosificación de leche en polvo descremada y gelatina; manteniéndose constante el porcentaje de azúcar (7%) y cultivo lácteo (0,0014%) para la elaboración de yogurt batido sin pulpa del grupo 2.

Tabla 4.10

Variación en la dosificación de leche en polvo descremada y gelatina en el yogurt batido sin pulpa del grupo 2

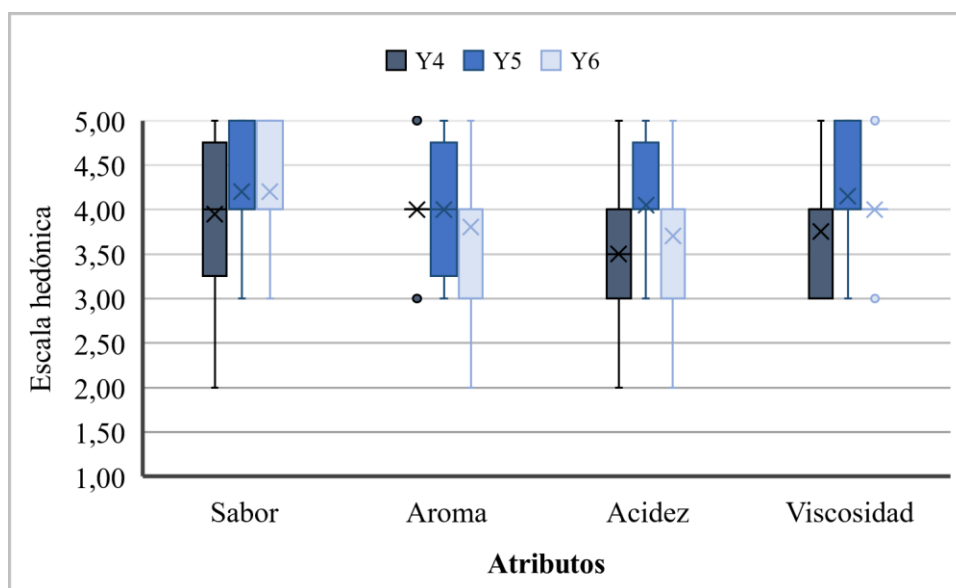
Muestras	Leche (%)	Azúcar (%)	Leche en polvo descremada (%)	Gelatina (%)	Cultivo (%)
Y4	92	7	0,89	0,36	0,0014
Y5	92	7	1,07	0,44	0,0014
Y6	91	7	1,60	0,13	0,0014

Fuente: Elaboración propia

En base a la tabla 4.10, las tres muestras fueron evaluadas mediante un test de escala hedónica de cinco puntos (figura 3.12).

4.2.1.3.1 Estadístico de caja y bigote de la variación de leche en polvo descremada y gelatina del grupo 2

En la figura 4.4, se muestra el estadístico de caja y bigote extraído de tabla C.14 (sabor); tabla C.16 (aroma); tabla C.18 (acidez) y tabla C.22 (viscosidad) para el yogurt batido sin pulpa del grupo 2 (Anexo C).



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.4. Caja y bigote para los atributos sabor, aroma, acidez y viscosidad del grupo 2

En la figura 4.4, se puede observar las medianas del atributo acidez Y4(3,50) y Y5(4,05); que se ubican en el segundo (50%) y primer cuartil (25%) de la caja; es decir que tienen mayor aceptación de los jueces. Sin embargo, para los atributos sabor Y4(4,20) y Y5(4,20), viscosidad Y5(4,15) cerca al primer cuartil (25%); para el atributo sabor(Y4), aroma (Y4 y Y5) y viscosidad (Y6) con una mediana (4,00) cerca al segundo cuartil (50%) de la caja; para el atributo aroma Y6(3,80) y viscosidad Y4(3,75) cerca al tercer cuartil (75%) de la caja.

4.2.1.3.2 Estadístico de Tukey del atributo acidez para el grupo 2

En la tabla 4.11, se muestran los resultados del análisis estadístico de Tukey extraído de tabla C.21 (Anexo C), para el atributo acidez del yogurt batido sin pulpa del grupo 2.

Tabla 4.11***Estadístico de Tukey para el atributo acidez del grupo 2***

Tratamiento	Valor	Diferencia	Significancia
Y5 – Y4	4,05 – 3,50	0,55 > 0,53	Si hay diferencia
Y5 – Y6	4,05 – 3,70	0,35 < 0,53	No hay diferencia
Y6 – Y4	3,50 – 3,50	0,20 < 0,53	No hay diferencia

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 4.11, se puede observar diferencia significativa entre los tratamientos (Y5 – Y4); en comparación con los tratamientos (Y5 – Y6) y (Y6 – Y4), que no hay diferencia significativa $p < 0,05$.

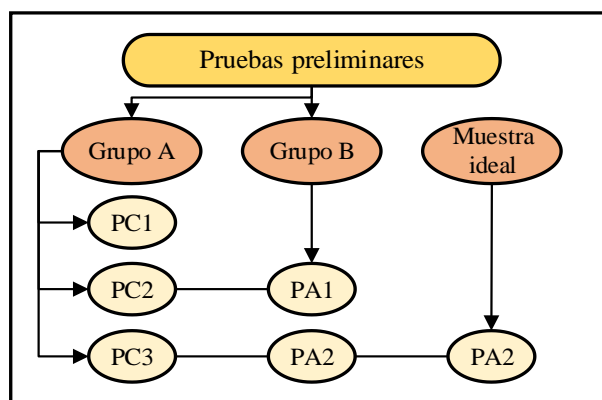
4.2.1.3.3 Análisis de varianza de los atributos sabor, aroma y viscosidad para el grupo 2

De acuerdo a los resultados del análisis de varianza para el atributo sabor (tabla C.15), aroma (tabla C.17) y viscosidad (tabla C.23) para el grupo 2 (Anexo C), se puede evidenciar que no existe diferencia significativa entre los atributos analizados $p < 0,05$.

De acuerdo a caja y bigote para las muestras del grupo 2, se pudo evidenciar que el atributo de mayor preferencia de los jueces es acidez (4,05) de la muestra Y5. Estadísticamente, existe diferencia significativa entre los tratamientos (Y5 – Y4) y no así en los demás tratamientos $p < 0,05$. Con relación al proceso se pudo observar que la variación de leche en polvo descremada se ve directamente influenciado en el atributo acidez y no así en los demás atributos.

4.2.1.4 Pruebas preliminares para la elaboración de pulpa de carambola

En la figura 4.5, se detallan las pruebas preliminares que se realizaron durante la parte experimental para la elaboración de pulpa de carambola. Donde se partieron para el grupo A: tres muestras para determinar el tiempo de concentración de la pulpa de carambola y dos muestras del grupo B para evaluar los atributos sensoriales con el objeto de obtener una muestra ideal de pulpa de carambola.



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.5. Pruebas preliminares para la elaboración de pulpa de carambola

4.2.1.4.1 Prueba experimental para determinar el tiempo de concentración de la pulpa de carambola del grupo A

Como se observa en la figura 4.5, se partieron de tres muestras para el grupo A donde se procedió a realizar una prueba experimental para determinar el tiempo de concentración de la pulpa de carambola. Para tal efecto, se adaptó la metodología de elaboración de pulpa concentrada de carambola (Alfaro & Muñoz, 2013) y para tal efecto, se procedió a realizar la variación de insumos y tiempo de concentración de la pulpa de carambola, como se observa en la tabla 4.12.

Tabla 4.12

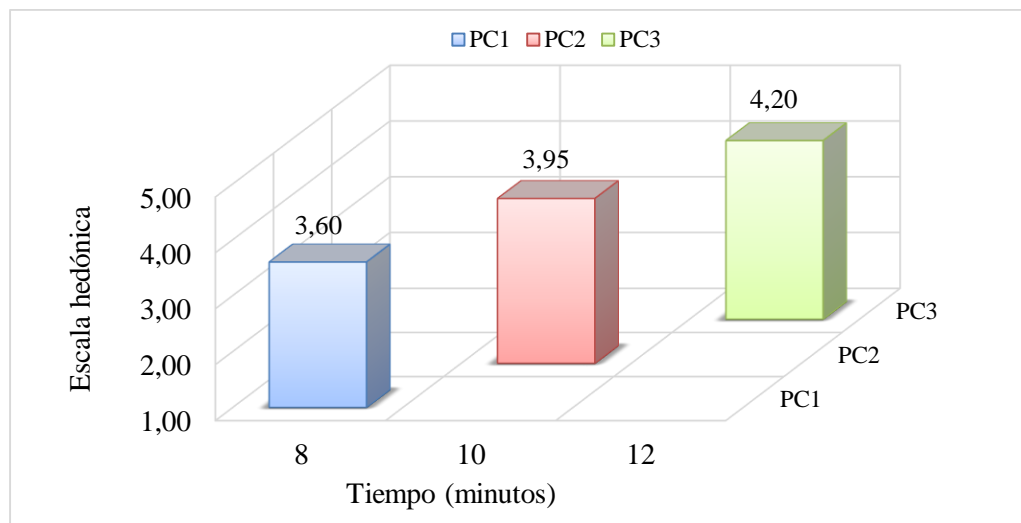
Variación de insumos y tiempo de concentración para pulpa de carambola del grupo A

Muestras	Carambola (%)	Azúcar (%)	Agua (%)	Ácido cítrico (%)	Concentración (minutos)
PC1	38	18	43	0,72	8
PC2	41	17	41	0,68	10
PC3	44	17	39	0,70	12

Fuente: Elaboración propia

En base a la tabla 4.12, las tres muestras fueron evaluadas mediante un test de escala hedónica de cinco puntos (figura 3.13).

En la figura 4.6, se muestran los valores promedios de la evaluación sensorial del atributo sabor y extraído de la tabla C.64 del (Anexo C).



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.6. Determinación de tiempo de concentración de pulpa de carambola para el grupo A

En la figura 4.6, se puede observar que para un tiempo de concentración entre (10 y 12) minutos las muestras tienen un promedio PC2(3,95) y PC3(4,20), es decir que tienen mayor aceptación de los jueces, en comparación con la muestra PC1(3,60) de 8 minutos que es de menor aceptación de los jueces. Realizando el análisis de varianza se pudo evidenciar que no existe diferencia significativa entre las muestras analizadas $p < 0,05$, según la tabla C.25 del (Anexo C).

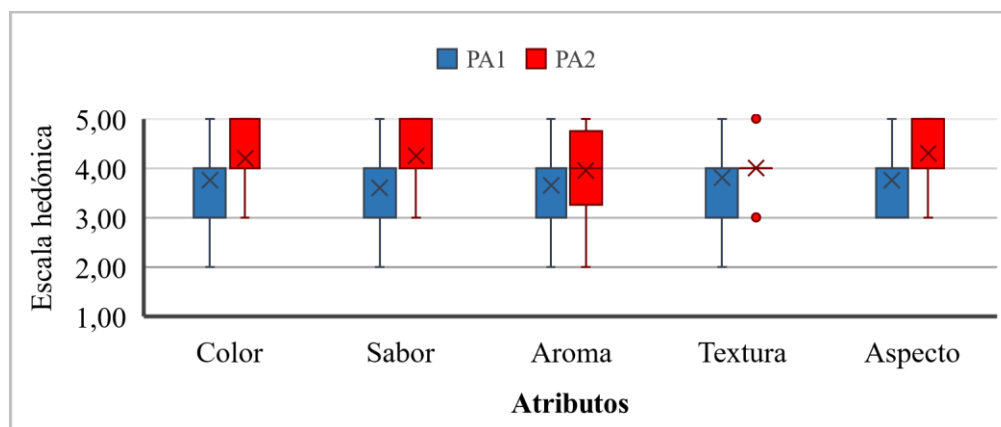
De acuerdo al tiempo de concentración de 10 minutos (PC2) y 12 minutos (PC3), se tomó en cuenta como las muestras de mayor aceptación por los jueces. Estadísticamente, se puede evidenciar que no existe diferencia significativa entre los tratamientos $p < 0,05$. Con relación al proceso se pudo observar que la variación del porcentaje de azúcar no se ve influenciado directamente en el atributo sabor.

4.2.1.4.2 Estadístico de caja y bigote para determinar los atributos sensoriales del grupo B

En base a las dos muestras de pulpa de carambola PC2 y PC3 del grupo A, se procedió a realizar una modificación en el código de las muestras como PA1 = PC2 y PA2 = PC3; manteniendo constante la variación de insumos y tiempo de concentración para la pulpa de carambola de acuerdo a la tabla 4.12 y donde se evaluaron los atributos

sensoriales mediante un test de escala hedónica de cinco puntos (figura 3.13) con el objeto de obtener una muestra ideal de pulpa de carambola.

En la figura 4.7, se muestra el estadístico de caja y bigote extraído de tabla C.26 (color); tabla C.30 (sabor); tabla C.34 (aroma); tabla C.36 (textura) y tabla C.38 (aspecto) del grupo B (Anexo C).



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.7. Caja y bigote para los atributos color, sabor, aroma, textura y aspecto del grupo B

En la figura 4.7, se puede observar que las medianas de los atributos color PA1(3,75) y PA2(4,20), sabor PA1(3,60) y PA2(4,25) y para aspecto PA1(3,75) y PA2(4,30) que se ubican en el tercer (75%) y primer cuartil (25%) de la caja; es decir que tiene mayor aceptación de los jueces. Sin embargo, para los atributos aroma PA2(3,95), textura PA2(4,00) cerca al segundo cuartil (50%); y para el atributo aroma PA1(3,65) y textura PA1(3,80) cerca al tercer cuartil (75%) de la caja.

4.2.1.4.2.1 Estadístico de Tukey para el atributo color del grupo B

En la tabla 4.13, se muestran los resultados del análisis estadístico de Tukey extraído de tabla C.29 (Anexo C), para el atributo color de pulpa de carambola del grupo B.

Tabla 4.13

Estadístico de Tukey para el atributo color del grupo B

Tratamiento	Valor	Diferencia	Significancia
PA2 – PA1	4,20 – 3,75	0,45 > 0,36	Si hay diferencia

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 4.13, se puede observar diferencia significativa entre los tratamientos (PA2 – PA1) $p < 0,05$.

4.2.1.4.2.2 Estadístico de Tukey para el atributo sabor del grupo B

En la tabla 4.14, se muestran los resultados del análisis estadístico de Tukey extraído de tabla C.33 (Anexo C), para el atributo sabor de pulpa de carambola del grupo B.

Tabla 4.14

Estadístico de Tukey para el atributo sabor del grupo B

Tratamiento	Valor	Diferencia	Significancia
PA2 – PA1	4,25 – 3,60	0,65 > 0,44	Si hay diferencia

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 4.14, se puede observar diferencia significativa entre los tratamientos (PA2 – PA1) $p < 0,05$.

4.2.1.4.2.3 Estadístico de Tukey para el atributo aspecto del grupo B

En la tabla 4.15, se muestra los resultados del análisis estadístico de Tukey extraído de la tabla C.41 (Anexo C), para el atributo aspecto de pulpa de carambola del grupo B.

Tabla 4.15

Estadístico de Tukey para el atributo aspecto del grupo B

Tratamiento	Valor	Diferencia	Significancia
PA2 – PA1	4,30 – 3,75	0,55 > 0,44	Si hay diferencia

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 4.15, se puede observar diferencia significativa entre los tratamientos (PA2 – PA1) $p < 0,05$.

4.2.1.4.2.4 Análisis de varianza de los atributos aroma y textura para el grupo B

De acuerdo a los resultados del análisis de varianza para el atributo aroma (tabla C.75) y textura (tabla C.77) para el grupo B (Anexo C), se puede evidenciar que no existe diferencia significativa en los atributos analizados $p < 0,05$.

De acuerdo a caja y bigote para las muestras del grupo B, se pudo evidenciar que los atributos de mayor preferencia de los jueces son: aspecto (4,30), sabor (4,25) y color (4,20) de la muestra PA2. Estadísticamente, existe diferencia significativa en los tratamientos (PA2 – PA1) $p < 0,05$ y se tomó en cuenta la muestra PA2 como muestra ideal de pulpa de carambola. Con relación al proceso se pudo observar que la variación del porcentaje de ácido cítrico se ve directamente influenciado al atributo color, sabor y aspectos.

4.2.1.5 Incorporación de pulpa de carambola en el yogurt batido para el grupo 3

Para la incorporación de pulpa de carambola en el yogurt batido, se tomó en cuenta las muestras prototipo que fueron elegidas del grupo 1 (Y3) y grupo 2 (Y5), donde se procedió a la adición entre (10 - 12)% de pulpa en cada muestra con el objeto de obtener cuatro muestras, para tal efecto se modificó el código de las muestras en las cuales se adicionó pulpa de carambola, como se observa en la tabla 4.16.

Tabla 4.16

Incorporación de pulpa de carambola en el yogurt batido para el grupo 3

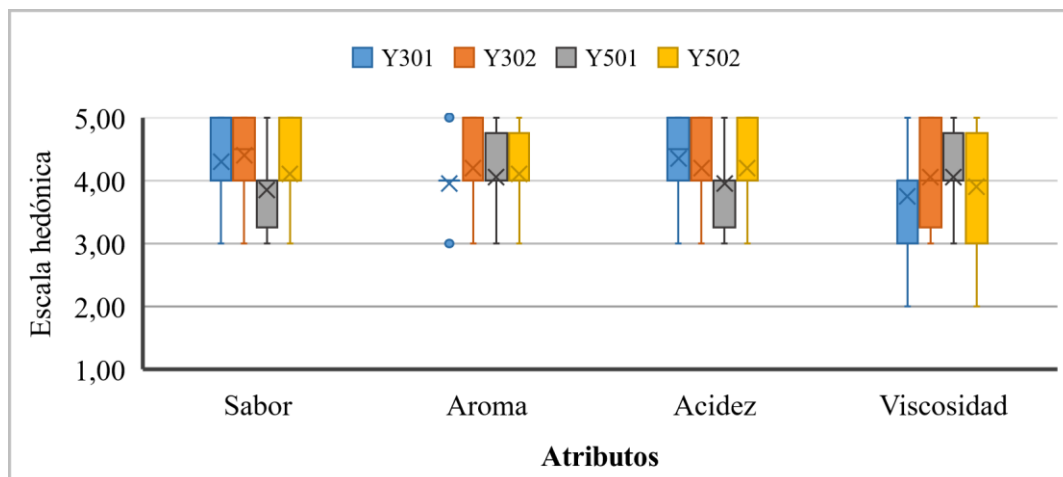
Prototipo	Muestras	Yogurt batido (%)	Pulpa de carambola (%)
Y3	Y301	90	10
	Y302	88	12
Y5	Y501	90	10
	Y502	88	12

Fuente: Elaboración propia

En base a la tabla 4.16, las cuatro muestras fueron evaluadas mediante un test de escala hedónica de cinco puntos (figura 3.12).

4.2.1.5.1 Estadístico de caja y bigote en la incorporación de pulpa de carambola para el grupo 3

En la figura 4.8, se muestra el estadístico de caja y bigote extraído de tabla C.42 (sabor); tabla C.44 (aroma); tabla C.46 (acidez) y tabla C.48 (viscosidad) para el yogurt frutado con pulpa de carambola del grupo 3 (Anexo C).



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.8. Caja y bigote para los atributos sabor, aroma, acidez y viscosidad del grupo 3

En la figura 4.8, se puede observar que las medianas de los atributos sabor Y301(4,30) y Y302(4,40), acidez Y301(4,35) y Y302(4,20); que se ubican en el segundo cuartil (50%) de la caja; es decir que tienen mayor aceptación de los jueces. Sin embargo, para los atributos aroma Y302(4,20), Y501(4,05) y Y502(4,10), para viscosidad Y501(4,05) cerca al primer cuartil (25%); para los atributos aroma Y301(3,95) y viscosidad Y302(4,05) y Y502(3,90) cerca al segundo cuartil (50%); y viscosidad Y301(3,75) cerca al tercer cuartil (50%) de la caja.

4.2.1.5.2 Análisis de varianza de los atributos sabor, aroma, acidez y viscosidad para el grupo 3

De acuerdo a los resultados del análisis de varianza para el atributo sabor (tabla C.43), aroma (tabla C.45), acidez (tabla C.47) y viscosidad (tabla C.49), se puede evidenciar que no existe diferencia significativa entre los atributos analizados $p < 0,05$.

De acuerdo a caja y bigote para las muestras del grupo 3, se pudo evidenciar que los atributos de mayor preferencia de los jueces son: sabor (4,30) y acidez (4,35) para la muestra Y301; sabor (4,40) y acidez (4,20) para Y302. Estadísticamente, se pudo evidenciar que no existe diferencia significativa entre los tratamientos $p < 0,05$. Con relación al proceso se pudo observar que la adición de pulpa entre (10 – 12)% no incide directamente en los atributos.

4.2.1.6 Incorporación de pulpa de carambola en el yogurt batido para el grupo 4

Para realizar la incorporación de pulpa de carambola en el yogurt batido, se partió de las muestras Y301 y Y302 del grupo 3 para obtener una tercera muestra Y303, en la cual se procedió a la adición de 14% de pulpa, como se observa en la tabla 4.17.

Tabla 4.17

Incorporación de pulpa de carambola en el yogurt batido para el grupo 4

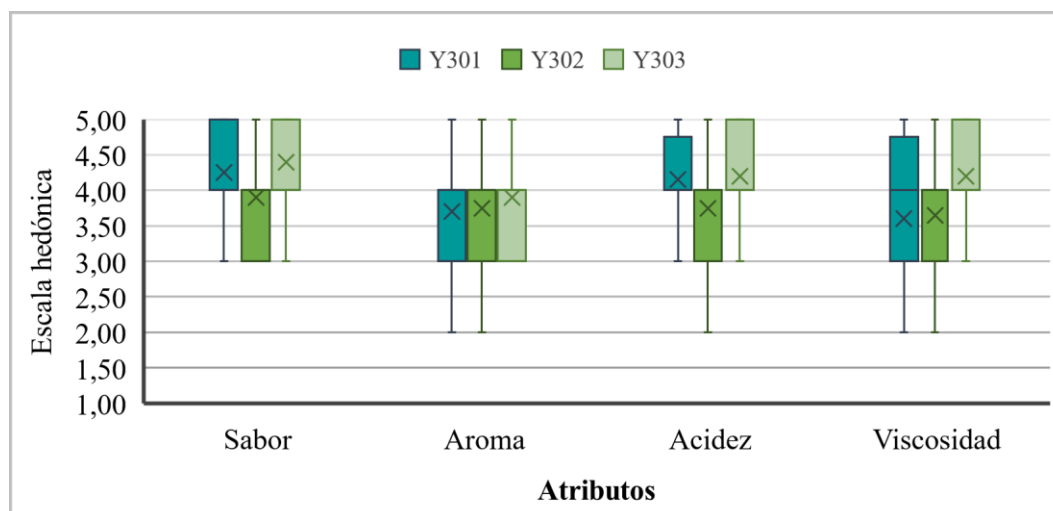
Prototipo	Muestras	Yogurt batido (%)	Pulpa de carambola (%)
Y3	Y301	90	10
	Y302	88	12
	Y303	86	14

Fuente: Elaboración propia

En base a la tabla 4.17, las tres muestras fueron evaluadas mediante un test de escala hedónica de cinco puntos (figura 3.12).

4.2.1.6.1 Estadístico de caja y bigote en la incorporación de pulpa de carambola para el grupo 4

En la figura 4.9, se muestra el estadístico de caja y bigote extraído de tabla C.50 (sabor); tabla C.54 (aroma); tabla C.56 (acidez) y tabla C.60 (viscosidad) del grupo 4 (Anexo C).



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.9. Caja y bigote para los atributos sabor, aroma, acidez y viscosidad del grupo 4

En la figura 4.9, se puede observar que las medianas de los atributos sabor Y302(3,90) y Y303(4,40), acidez Y301(4,15) y Y303(4,20), para viscosidad Y302(3,65) y Y303(4,20); que se ubican en el tercer (75%), segundo (50%) y primer cuartil (25%) de la caja; es decir que tienen mayor aceptación de los jueces. Sin embargo, para el atributo aroma Y301(3,70), Y302(3,75) y Y303(3,90), que se encuentra cerca del tercer cuartil (75%) de la caja.

4.2.1.6.2 Estadístico de Tukey para el atributo sabor del grupo 4

En la tabla 4.18, se muestran los resultados obtenidos del análisis estadístico de Tukey extraído de tabla C.53 (Anexo C), para el atributo sabor del yogurt frutado con pulpa de carambola del grupo 4.

Tabla 4.18

Estadístico de Tukey para el atributo sabor del grupo 4

Tratamiento	Valor	Diferencia	Significancia
Y303 – Y302	4,40 – 3,90	0,50 > 0,44	Si hay diferencia
Y303 – Y301	4,40 – 4,25	0,15 < 0,44	No hay diferencia
Y301 – Y302	4,25 – 3,90	0,35 < 0,44	No hay diferencia

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 4.18, se puede observar diferencia significativa entre los tratamientos (Y303 – Y302); en comparación con los tratamientos (Y303 – Y301) y (Y301 – Y302), que no hay diferencia significativa $p < 0,05$.

4.2.1.6.3 Estadístico de Tukey para el atributo acidez del grupo 4

En la tabla 4.19, se muestran los resultados del análisis estadístico de Tukey extraído de tabla C.59 (Anexo C), para el atributo acidez del yogurt frutado con pulpa de carambola para el grupo 4.

Tabla 4.19

Estadístico de Tukey para el atributo acidez del grupo 4

Tratamiento	Valor	Diferencia	Significancia
Y303 – Y302	4,20 – 3,75	0,45 > 0,36	Si hay diferencia
Y303 – Y301	4,20 – 4,15	0,05 < 0,36	No hay diferencia
Y301 – Y302	4,15 – 3,75	0,40 > 0,36	Si hay diferencia

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 4.19, se puede observar diferencia significativa entre los tratamientos (Y303 – Y302); en comparación con los tratamientos (Y303 – Y301) y (Y301 – Y302), que no hay diferencia significativa $p < 0,05$.

4.2.1.6.4 Estadístico de Tukey para el atributo viscosidad del grupo 4

En la tabla 4.20, se muestra los resultados del análisis estadístico de Tukey extraído de tabla C.63 (Anexo C), para el atributo viscosidad del yogurt frutado con pulpa de carambola para el grupo 4.

Tabla 4.20

Estadístico de Tukey para el atributo viscosidad del grupo 4

Tratamiento	Valor	Diferencia	Significancia
Y303 – Y301	4,20 – 3,60	0,60 > 0,48	Si hay diferencia
Y303 – Y302	4,20 – 3,65	0,55 > 0,48	Si hay diferencia
Y302 – Y301	3,65 – 3,60	0,05 < 0,48	No hay diferencia

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 4.20, se puede observar diferencia significativa entre los tratamientos (Y303 – Y301); en comparación con los tratamientos (Y303 – Y302) y (Y302 – Y301), que no hay diferencia significativa $p < 0,05$.

4.2.1.6.5 Análisis de varianza para el atributo aroma del grupo 4

De acuerdo a los resultados del análisis de varianza para el atributo aroma (tabla C.55) para el grupo 4 (Anexo C), se puede evidenciar que no existe diferencia significativa para el atributo analizado $p < 0,05$.

De acuerdo a caja y bigote para las muestras del grupo 4, se pudo evidenciar que los atributos de mayor preferencia de los jueces son: sabor (4,40), acidez (4,20) y viscosidad (4,20) de la muestra Y303. Estadísticamente, existe diferencia significativa entre los tratamientos (Y303-Y302) y (Y303-Y301) y no así en los demás tratamientos $p < 0,05$. Con relación al proceso se pudo observar que la adición del 14% de pulpa se ve directamente influenciado en los atributos sabor, acidez y viscosidad y no así en el atributo aroma.

4.3 Diseño factorial en el proceso de fermentación láctica del yogurt batido sin pulpa

Para realizar el diseño factorial 3^2 en el proceso de fermentación láctica del yogurt batido sin pulpa, se tomó en cuenta la muestra prototipo del grupo 1 (Y3) en la misma que se realizó el nivel de variación de los factores (tabla 3.12), en tal sentido se tomaron en cuenta las siguientes variables respuesta:

4.3.1 Análisis de varianza para la variable respuesta acidez en el proceso de fermentación láctica

En la tabla 4.21, se muestran los resultados del análisis de varianza para la variable respuesta acidez (porcentaje de ácido láctico) en el proceso de fermentación láctica del yogurt batido sin pulpa extraído de la tabla D.5 (Anexo D).

Tabla 4.21

Análisis de varianza para la variable respuesta acidez en el proceso de fermentación láctica

Fuente de Variación (FV)	Suma de Cuadrados (SC)	Grados de libertad (GL)	Cuadrados Medios (CM)	F _o	Valor - p
t_L	0,00853	1	0,00853	6,99	10,56
t^2	0,00004	1	0,00004	0,03	10,56
C_L	0,03441	1	0,03441	28,20*	10,56
C^2	0,00018	1	0,00018	0,15	10,56
$t_L C_L$	0,00061	1	0,00061	0,50	10,56
$t_L C^2$	0,00020	1	0,00020	0,16	10,56
$t^2 C_L$	0,00220	1	0,00220	1,80	10,56
$t^2 C^2$	$1,39 \times 10^{-6}$	1	$1,39 \times 10^{-6}$	$1,14 \times 10^{-3}$	10,56
Error	0,01099	9	0,00122	-	-
Total	0,05716	17	-	-	-

Fuente: Elaboración propia

*Significativo

En la tabla 4.21, se observa el análisis de varianza de la variable respuesta acidez (porcentaje de ácido láctico) donde se puede evidenciar que si existe diferencia significativa en el factor C_L (porcentaje de cultivo lácteo); ya que $F_{cal} > F_{tab}$ y no así para los otros factores $p < 0,01$.

En base a la variable respuesta porcentaje de ácido láctico en el proceso fermentativo, el factor C_L (porcentaje de cultivo lácteo) influye directamente de manera significativa $p < 0,01$ de acuerdo al nivel de variación utilizado en el proceso.

4.3.2 Análisis de varianza para la variable respuesta (pH) en el proceso de fermentación láctica

En la tabla 4.22, se muestran los resultados del análisis de varianza para la variable respuesta (pH) en el proceso de fermentación láctica del yogurt batido sin pulpa extraído de la tabla D.8 (Anexo D).

Tabla 4.22

Análisis de varianza para la variable respuesta (pH) en el proceso de fermentación láctica

Fuente de Variación (FV)	Suma de Cuadrados (SC)	Grados de libertad (GL)	Cuadrados Medios (CM)	F _o	Valor - p
t_L	0,03853	1	0,03853	10,39	10,56
t^2	0,00284	1	0,00284	0,77	10,56
C_L	0,16333	1	0,16333	44,02*	10,56
C^2	$1,11 \times 10^{-5}$	1	$1,11 \times 10^{-5}$	$2,99 \times 10^{-3}$	10,56
$t_L C_L$	0,00061	1	0,00061	0,16	10,56
$t_L C^2$	0,00510	1	0,00510	1,37	10,56
$t^2 C_L$	0,00700	1	0,00700	1,89	10,56
$t^2 C^2$	0,00017	1	0,00017	0,05	10,56
Error	0,03337	9	0,00371	-	-
Total	0,25096	17	-	-	-

Fuente: Elaboración propia

*Significativo

En la tabla 4.22, se observa el análisis de varianza de la variable respuesta (pH) donde se puede evidenciar que si existe diferencia significativa en el factor C_L (porcentaje de cultivo lácteo); ya que $F_{cal} > F_{tab}$ y no así para los otros factores $p < 0,01$.

En base a la variable respuesta (pH) en el proceso fermentativo, el factor C_L (porcentaje de cultivo lácteo) influye directamente de manera significativa $p < 0,01$ de acuerdo al nivel de variación utilizado en el proceso.

4.4 Control de los parámetros fisicoquímicos en el proceso de fermentación del yogurt batido sin pulpa

El control de los parámetros fisicoquímicos (acidez, pH y °Brix) en el proceso de fermentación del yogurt batido sin pulpa, se efectuó en la muestra Y002 que es resultado del análisis de varianza del diseño factorial y la muestra Y001, se tomó como referencia para comparar ambas muestras durante el proceso fermentativo y en la tabla 4.23 se observan los niveles de variación de los factores del proceso de fermentación del yogurt batido sin pulpa. En base a la variación del porcentaje de cultivo lácteo y tiempo de fermentación las muestras fueron controladas desde el inicio del proceso de fermentación hasta finalizar en intervalos de 30 minutos hasta (4,5) horas para la muestra Y001 y (4,0) horas para la muestra Y002.

Tabla 4.23

Variación de los factores del proceso de fermentación del yogurt batido sin pulpa

Muestras	Cultivo lácteo (%)	Tiempo de fermentación (horas)
Y001	0,0012	4,5
Y002	0,0014	4,0

Fuente: Elaboración propia

4.4.1 Control de acidez en el proceso de fermentación del yogurt batido sin pulpa

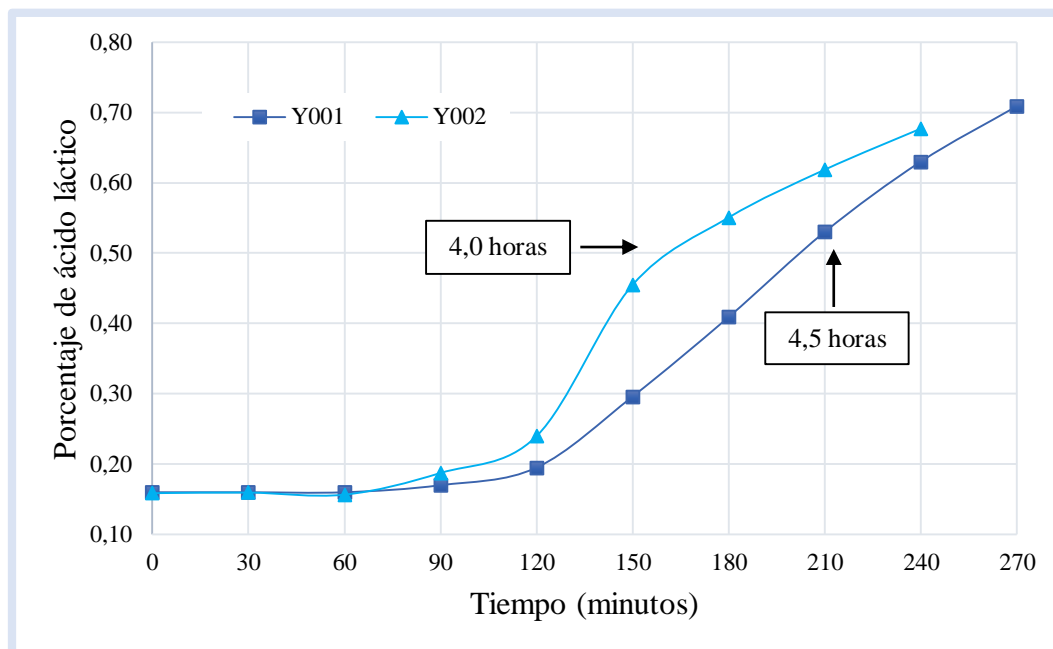
Para poder realizar el control de acidez en el proceso de fermentación del yogurt batido sin pulpa se procedió a utilizar la NB 229:1999 para la determinación de acidez titulable del (Anexo F). En la tabla 4.24, se muestran los resultados obtenidos de la variación de acidez expresados (porcentaje de ácido láctico) en función del tiempo de fermentación extraído de la tabla F.2 (Anexo F).

Tabla 4.24*Variación de acidez en el proceso de fermentación del yogurt batido sin pulpa*

Tiempo (minutos)	Acidez (porcentaje de ácido láctico)	
	Y001 (4,5 horas)	Y002 (4,0 horas)
0,0	0,16	0,16
30,0	0,16	0,16
60,0	0,16	0,16
90,0	0,17	0,19
120,0	0,20	0,24
150,0	0,30	0,46
180,0	0,41	0,55
210,0	0,53	0,62
240,0	0,63	0,68
270,0	0,71	-

Fuente: Elaboración propia

En la figura 4.10, se muestra el control de acidez en el proceso de fermentación del yogurt batido sin pulpa de los resultados de la tabla 4.24.

**Fuente:** Elaboración propia**Figura 4.10.** Control de acidez en el proceso de fermentación del yogurt batido sin pulpa

Según la figura 4.10 las muestras Y001 y Y002, entre (0,0 – 60,0) minutos tienen un porcentaje de ácido láctico 0,16% a partir del tiempo (90,0 – 120,0) minutos, se observa un ligero incremento de ácido láctico para la muestra Y001 de 0,20% y la muestra Y002

del 0,24%. Entre (120,0 – 240,0) minutos la muestra Y002 tiene un porcentaje de ácido láctico del 0,68% y para la muestra Y001 (0,71%) entre (120,0 – 270,0) minutos al final del proceso de fermentación.

De acuerdo al control de acidez en el proceso de fermentación, se puede evidenciar que para la muestra Y001 (4,5 horas) y Y002 (4,0 horas) para tiempo (0,0) minutos presentan 0,16% y para 240 minutos Y002 (0,68%) y en 270 minutos Y001 (0,71%). Donde se observa que la variación del porcentaje de cultivo lácteo afecta directamente en el tiempo de fermentación siendo suficiente 4,0 horas.

4.4.2 Control de (pH) en el proceso de fermentación del yogurt batido sin pulpa

En la tabla 4.25, se muestran los resultados obtenidos de la variación de pH en función del tiempo de fermentación.

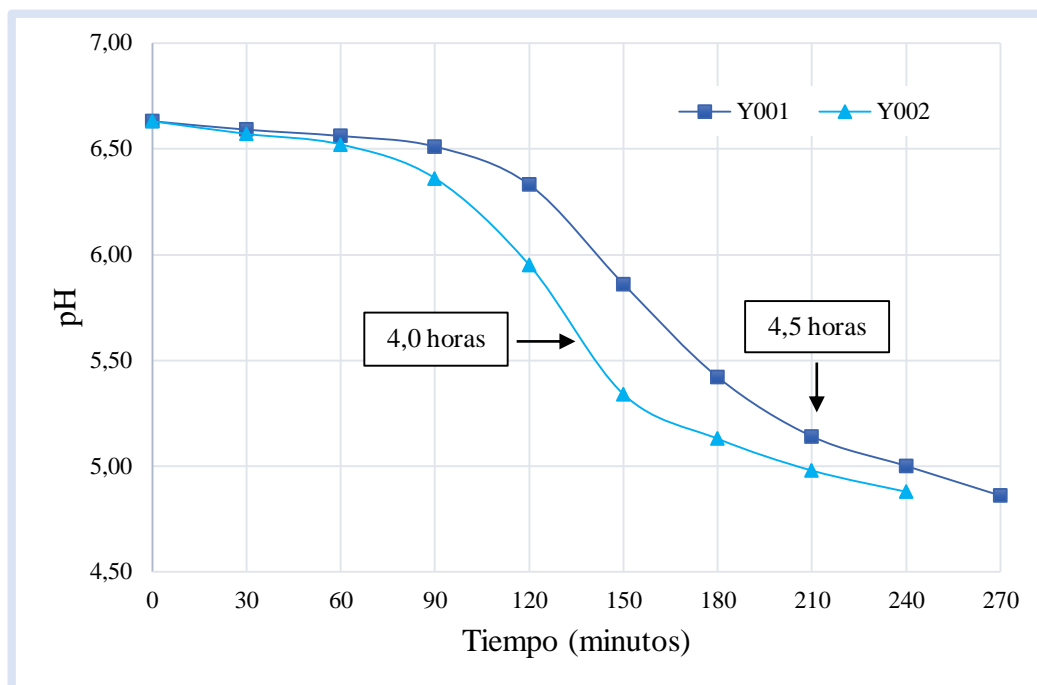
Tabla 4.25

Variación de (pH) en el proceso de fermentación del yogurt batido sin pulpa

Tiempo (minutos)	pH	
	Y001 (4,5 horas)	Y002 (4,0 horas)
0,0	6,63	6,63
30,0	6,59	6,57
60,0	6,56	6,52
90,0	6,51	6,36
120,0	6,33	5,95
150,0	5,86	5,34
180,0	5,42	5,13
210,0	5,14	4,98
240,0	5,00	4,88
270,0	4,86	-

Fuente: Elaboración propia

En la figura 4.11, se muestra el control de pH en el proceso de fermentación del yogurt batido sin pulpa de los resultados de la tabla 4.25.



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.11. Control de pH en el proceso de fermentación del yogurt batido sin pulpa

Según la figura 4.11 las muestras Y001 y Y002 para tiempo (0,0) minutos el pH inicial es 6,63 y a partir del tiempo (30,0 – 90,0) minutos, se observa un ligero descenso para la muestra Y001 (pH 6,51) y Y002 (pH 6,36); para tiempo (90,0 – 240,0) minutos Y002 tiene pH 4,88 y Y001 en (90,0 – 270,0) minutos el valor pH 4,86 al final del proceso de fermentación.

De acuerdo al control de pH en el proceso de fermentación, se puede evidenciar que la muestra Y001 (4,5 horas) y Y002 (4,0 horas) para tiempo (0,0) minutos presentan pH 6,63 y para 240 minutos Y002 (pH 4,88) y en 270 minutos Y001 (pH 4,86). Donde se observa que la variación del porcentaje de cultivo lácteo afecta directamente en el tiempo de fermentación siendo suficiente 4,0 horas.

4.4.3 Control de los sólidos solubles (°Brix) en el proceso de fermentación del yogurt batido sin pulpa

En la tabla 4.26, se muestran los resultados obtenidos de la variación de los sólidos solubles (°Brix) en función del tiempo de fermentación.

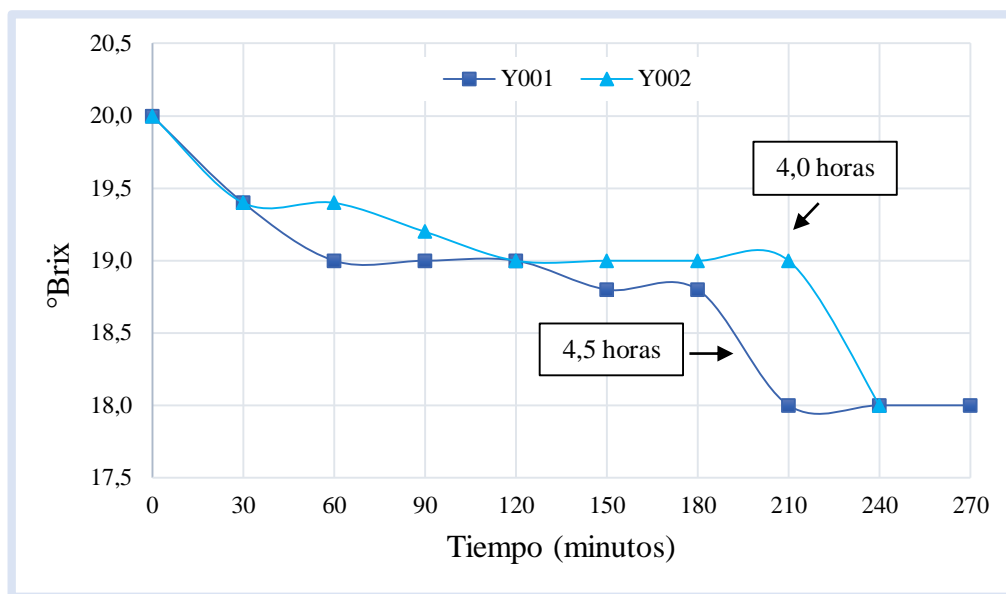
Tabla 4.26

Variación de ($^{\circ}$ Brix) en el proceso de fermentación del yogurt batido sin pulpa

Tiempo (minutos)	Sólidos solubles ($^{\circ}$ Brix)	
	Y001 (4,5 horas)	Y002 (4,0 horas)
0,0	20,00	20,00
30,0	19,40	19,40
60,0	19,00	19,40
90,0	19,00	19,20
120,0	19,00	19,00
150,0	18,80	19,00
180,0	18,80	19,00
210,0	18,00	19,00
240,0	18,00	18,00
270,0	18,00	-

Fuente: Elaboración propia

En la figura 4.12, se muestra el control de los sólidos solubles ($^{\circ}$ Brix) en el proceso de fermentación del yogurt batido sin pulpa de los resultados de la tabla 4.26.



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.12. Control de $^{\circ}$ Brix en el proceso de fermentación del yogurt batido sin pulpa

Según la figura 4.12 las muestras Y001 y Y002 para tiempo (0,0) minutos los sólidos solubles es $20,0^{\circ}$ Brix entre (30,0 – 120,0) minutos los sólidos solubles son $19,0^{\circ}$ Brix y entre (120,0 – 240,0) minutos la muestra Y002 presenta $18,0^{\circ}$ Brix y para la muestra Y001 entre (120,0 – 270,0) minutos $18,0^{\circ}$ Brix al final del proceso de fermentación.

4.4.4 Control de los parámetros fisicoquímicos del yogurt batido sin pulpa en el almacenamiento

Se procedió a realizar el control de los parámetros (acidez y pH) del yogurt batido sin pulpa (YN); durante el almacenamiento bajo refrigeración entre (4 – 6)°C por 24 días, de dos muestras que se elaboraron en base a la muestra prototipo del grupo 1 (Y3); y en la cual agrego conservante (benzoato de sodio y sorbato de potasio) (YNCC) y otra sin conservante (YNSC).

4.4.4.1 Control de acidez del yogurt batido sin pulpa en el almacenamiento

En la tabla 4.27, se muestran los resultados obtenidos de la variación de acidez del yogurt batido sin pulpa con conservante (YNCC) y sin conservante (YNSC); en función del tiempo de almacenamiento de datos extraídos de la tabla F.3 (Anexo F).

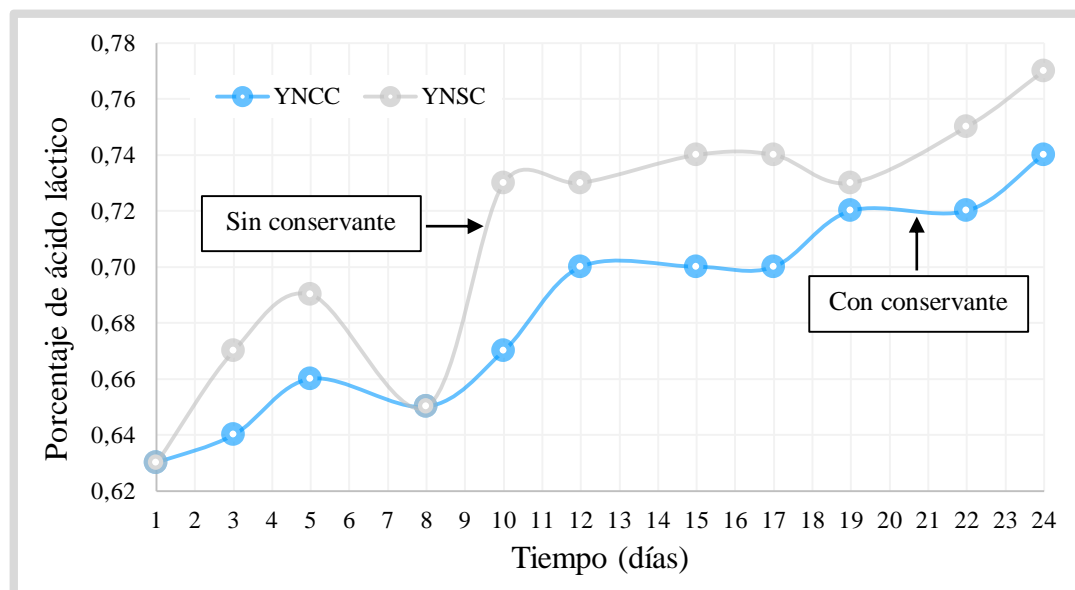
Tabla 4.27

Variación de acidez del yogurt batido sin pulpa en el almacenamiento

Tiempo (días)	Acidez (porcentaje ácido láctico)	
	YNCC	YNSC
1	0,63	0,63
3	0,64	0,67
5	0,66	0,69
8	0,65	0,65
10	0,67	0,73
12	0,70	0,73
15	0,70	0,74
17	0,70	0,74
19	0,72	0,73
22	0,72	0,75
24	0,74	0,77

Fuente: Elaboración propia

En la figura 4.13, se muestra el control de acidez del yogurt batido sin pulpa en el almacenamiento de los resultados de la tabla 4.27.



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.13. Control de acidez del yogurt batido sin pulpa en el almacenamiento

Según la figura 4.13 las muestras YNCC y YNSC tienen un porcentaje inicial de ácido láctico 0,63% a partir del tiempo (1 – 5) días, se observa un incremento en la muestra YNCC (0,66%) y YNSC (0,69%). Para (5 – 8) días, se observa un descenso de acidez para las muestras YNSC y YNCC (0,65%). Entre (8 – 12) días se incrementa para la muestra YNCC (0,70%) y YNSC (0,73%). Entre (12 – 19) días la muestra YNCC (0,72%) y YNSC (0,73%) y finalmente entre (19 – 24) días la muestra YNCC (0,74%) y YNSC (0,77%) cuando finaliza el tiempo de almacenamiento.

De acuerdo al control de acidez del yogurt batido sin pulpa durante el almacenamiento, se puede evidenciar que la muestra YNCC (con conservante) y YNSC (sin conservante) en el primer día presentan 0,63% y para los 24 días YNCC (0,74%) y para YNSC (0,77%). Donde se observa que la adición del conservante afecta directamente en la variación de acidez del medio.

4.4.4.2 Control de (pH) del yogurt batido sin pulpa en el almacenamiento

En la tabla 4.28, se muestran los resultados obtenidos de la variación de pH del yogurt batido sin pulpa con conservante (YNCC) y sin conservante (YNSC) en función del tiempo de almacenamiento.

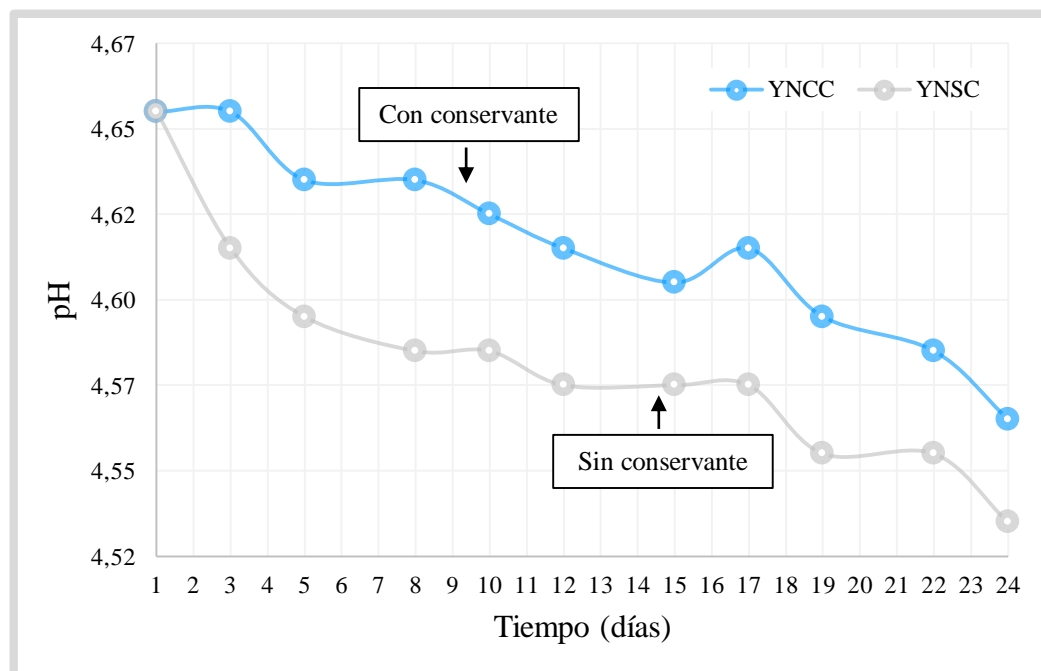
Tabla 4.28

Variación de (pH) del yogurt batido sin pulpa en el almacenamiento

Tiempo (días)	pH	
	YNCC	YNSC
1	4,65	4,65
3	4,65	4,61
5	4,63	4,59
8	4,63	4,58
10	4,62	4,58
12	4,61	4,57
15	4,60	4,57
17	4,61	4,57
19	4,59	4,55
22	4,58	4,55
24	4,56	4,53

Fuente: Elaboración propia

En la figura 4.14, se muestra el control de pH del yogurt batido sin pulpa en el almacenamiento de los resultados de la tabla 4.28.



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.14. Control de pH del yogurt batido sin pulpa en el almacenamiento

Según la figura 4.14 las muestras YNCC y YNSC tienen pH inicial de 4,65, donde al transcurrir los días de almacenamiento el pH va disminuyendo gradualmente para un tiempo (1 – 5) días la muestra YNCC (pH 4,63) y YNSC (pH 4,59). Entre (5 – 10) YNCC (pH 4,62) y YNSC (pH 4,58). Entre (10 – 17) días la muestra YNCC tiene (pH 4,61) y YNSC (pH 4,57) y finalmente entre (17 – 24) días presenta YNCC (pH 4,56) y YNSC (pH 4,53) cuando finaliza el tiempo de almacenamiento.

De acuerdo al control de pH del yogurt batido sin pulpa durante el almacenamiento, se puede evidenciar que la muestra YNCC (con conservante) y YNSC (sin conservante) en el primer día presentan pH 4,65 y para los 24 días YNCC (pH 4,56) y para YNSC (pH 4,53). Donde se observa que la adición del conservante afecta directamente en la variación del pH del medio.

4.5 Control de los parámetros fisicoquímicos de la pulpa de carambola en el almacenamiento

A nivel experimental, se elaboraron dos muestras tomando en cuenta la formulación de la muestra ideal del grupo B (PA2); donde se procedió a añadir como conservante benzoato de sodio y sorbato de potasio para la muestra (1B) y la muestra (1A) sin conservante. Posteriormente, se realizaron el control de los parámetros (acidez, pH y °Brix) de la pulpa de carambola desde el inicio en intervalos de 7 días hasta finalizar los 63 días que se realizó el almacenamiento de la pulpa.

4.5.1 Control de acidez de la pulpa de carambola en el almacenamiento

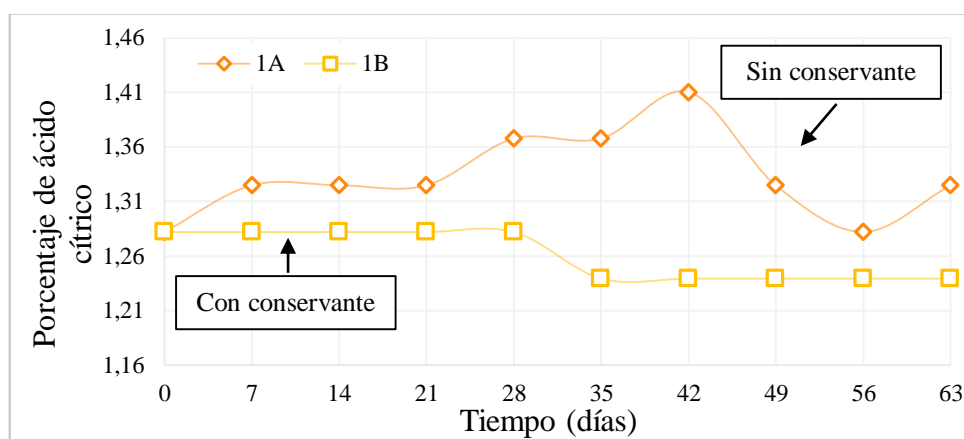
Para poder realizar el control de acidez de la pulpa de carambola, se procedió a utilizar la técnica detallada por el CEANID (Anexo F) para la determinación de acidez titulable. En la tabla 4.29, se muestran los resultados obtenidos de la variación de acidez de la pulpa de carambola sin conservante (1A) y con conservante (1B); en función del tiempo de almacenamiento de datos extraídos de la tabla F.4 (Anexo F).

Tabla 4.29*Variación de acidez de la pulpa de carambola en el almacenamiento*

Tiempo (días)	Acidez (porcentaje ácido cítrico)	
	1A	1B
0	1,28	1,28
7	1,32	1,28
14	1,32	1,28
21	1,32	1,28
28	1,37	1,28
35	1,37	1,24
42	1,41	1,24
49	1,32	1,24
56	1,28	1,24
63	1,32	1,24

Fuente: Elaboración propia

En la figura 4.15, se muestra el control de acidez de la pulpa de carambola en el almacenamiento de los resultados de la tabla 4.29.



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.15. Control de acidez de la pulpa de carambola en el almacenamiento

Según la figura 4.15 las muestras 1A y 1B para (0,0) días tienen un porcentaje de ácido cítrico 1,28% y a partir de los 35 días se observa una variación de acidez para la muestra 1A (1,37%) y 1B (1,24%). Entre (42 – 56) días, se observa un descenso de acidez para la muestra 1A de (1,41 – 1,28%); manteniéndose constante para la muestra 1B (1,24%) y finalmente entre los (56 – 63) días presentan 1A (1,32%) y 1B (1,24%) cuando finaliza el tiempo de almacenamiento de la pulpa.

De acuerdo al control de acidez de la pulpa de carambola durante el almacenamiento, se puede evidenciar que la muestra 1B (con conservante) y 1A (sin conservante) para

(0,0) días presentan 1,28% y para los 63 días 1A (1,32%) y para 1B (1,24%). Donde se observa que la variación de acidez en el medio es más estable con la adición del conservante.

4.5.2 Control de (pH) de la pulpa de carambola en el almacenamiento

En la tabla 4.30, se muestran los resultados obtenidos de la variación de pH de la pulpa de carambola sin conservante (1A) y con conservante (1B); en función del tiempo de almacenamiento.

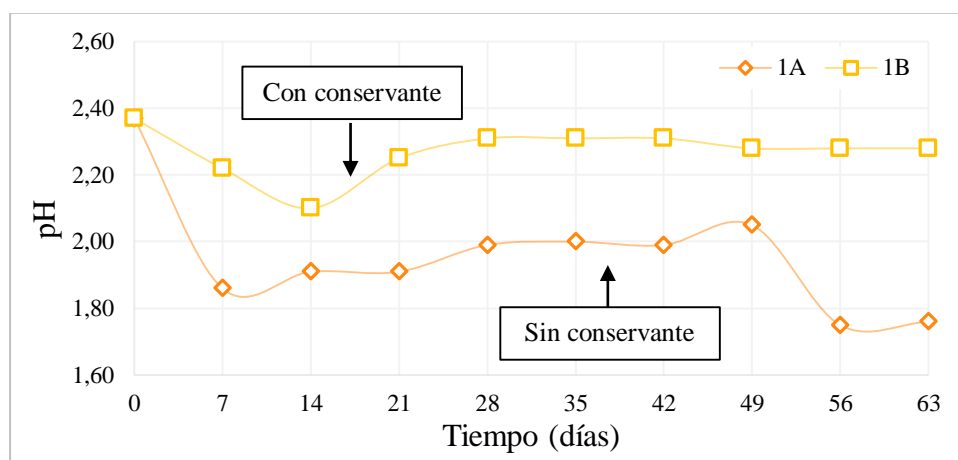
Tabla 4.30

Variación de (pH) de la pulpa de carambola en el almacenamiento

Tiempo (días)	pH	
	1A	1B
0	2,37	2,37
7	1,86	2,22
14	1,91	2,10
21	1,91	2,25
28	1,99	2,31
35	2,00	2,31
42	1,99	2,31
49	2,05	2,28
56	1,75	2,28
63	1,76	2,28

Fuente: Elaboración propia

En la figura 4.16, se muestra el control de pH de la pulpa de carambola en el almacenamiento de los resultados de la tabla 4.30.



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.16. Control de pH de la pulpa de carambola en el almacenamiento

Según la figura 4.16 las muestras 1A y 1B para (0,0) días el pH inicial es 2,37 y a partir del séptimo día, se observa un descenso de pH en la muestra 1A (pH 1,86) y 1B (pH 2,22); descendiendo en los 14 días la muestra 1B (pH 2,10). Entre (28 – 42) días la muestra 1A tiene (pH 1,99) y 1B (pH 2,31) y finalmente entre (56 – 63) días la muestra 1A (pH 1,76) y 1B (pH 2,28) cuando finaliza el tiempo de almacenamiento de la pulpa.

De acuerdo al control de pH de la pulpa de carambola durante el almacenamiento, se puede evidenciar que la muestra 1B (con conservante) y 1A (sin conservante) para (0,0) días presentan pH 2,37 y para los 63 días 1A (pH 1,76) y para 1B (pH 2,28). Donde se observa que la variación de pH en el medio es más estable con la adición del conservante.

4.5.3 Control de los sólidos solubles (°Brix) de la pulpa de carambola en el almacenamiento

En la tabla 4.31, se muestran los resultados obtenidos de la variación de los sólidos solubles (°Brix) de la pulpa de carambola sin conservante (1A) y con conservante (1B); en función del tiempo de almacenamiento.

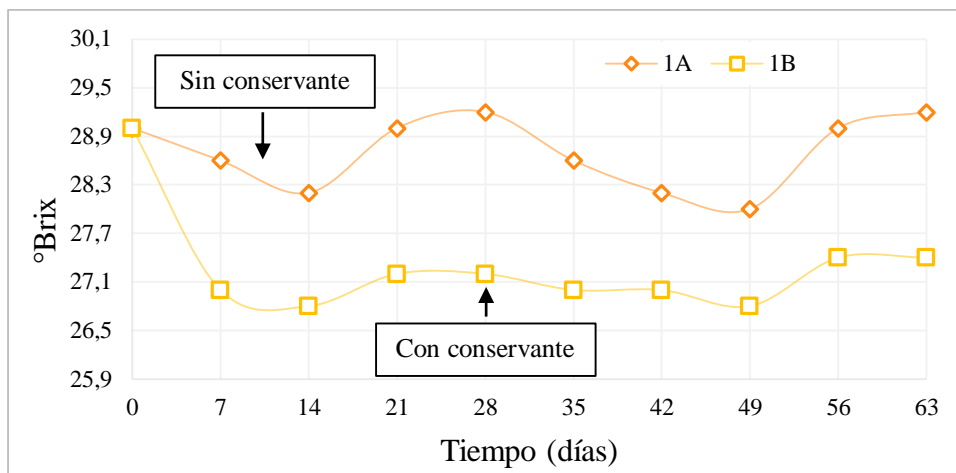
Tabla 4.31

Variación de (°Brix) de la pulpa de carambola en el almacenamiento

Tiempo (días)	Sólidos solubles (°Brix)	
	1A	1B
0	29,0	29,0
7	28,6	27,0
14	28,2	26,8
21	29,0	27,2
28	29,2	27,2
35	28,6	27,0
42	28,2	27,0
49	28,0	26,8
56	29,0	27,4
63	29,2	27,4

Fuente: Elaboración propia

En la figura 4.17, se muestra el control de los sólidos solubles (°Brix) de la pulpa de carambola en el almacenamiento de los resultados de la tabla 4.31.



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.17. Control de °Brix de la pulpa de carambola en el almacenamiento

Según la figura 4.17 las muestras 1A y 1B tienen inicialmente 29,0 °Brix entre (7 - 14) días, se observa un descenso para la muestra 1A (28,2°Brix) y 1B (26,8°Brix). Entre (21 - 28) días la muestra 1A (29,2°Brix) y 1B (27,2°Brix). Entre (42 - 49) días, se observa un descenso para la muestra 1A (28°Brix) y 1B (26,8°Brix) y finalmente entre (56 - 63) días, se observa un incremento para la muestra 1A (29,2°Brix) y 1B (27,4°Brix) cuando finaliza el tiempo de almacenamiento de la pulpa.

4.6 Elección de la muestra referencia de yogurt frutado con pulpa de durazno

Debido que en el mercado local no hay yogurt frutado con pulpa de carambola, se tomó en cuenta productos similares del mercado local como referencia. En tal sentido, se escogieron yogures frutados con pulpa durazno (tabla 4.32) de diferentes marcas; con el fin de establecer una muestra referencia que permita identificar el atributo viscosidad (consistencia).

Tabla 4.32

Muestras referencia de yogurt frutado con pulpa de durazno

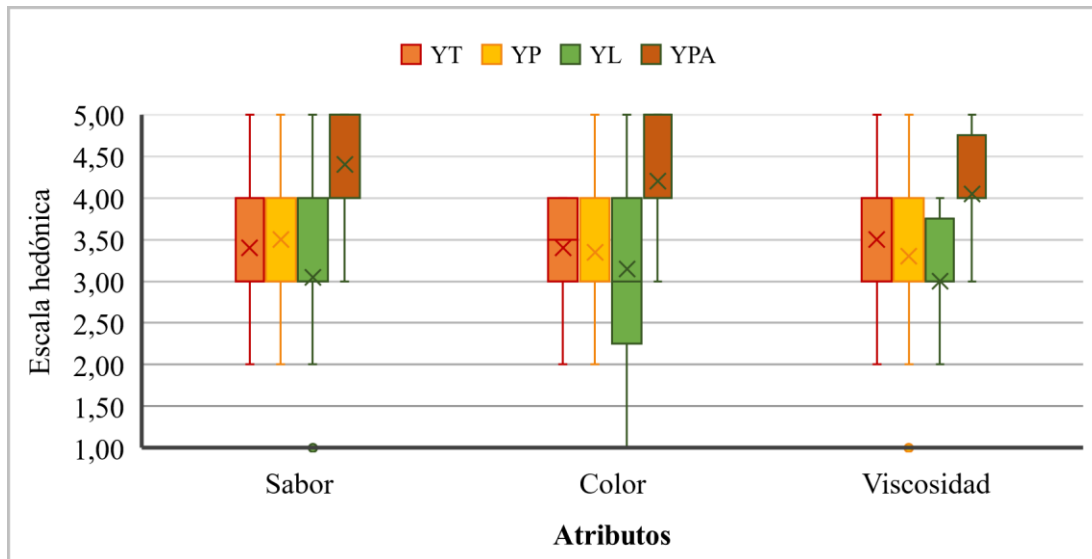
Marca	Codificación
Yogurt Taller de Alimentos	YT
Yogurt Pil Tarija	YP
Yogurt Lacteosbol	YL
Yogurt Pil Andina	YPA

Fuente: Elaboración propia

En base a la tabla 4.32, las cuatro muestras referencia fueron evaluadas mediante un test de escala hedónica de cinco puntos (figura 3.12).

4.6.1 Estadístico de caja y bigote para la elección de la muestra referencia del yogurt frutado con pulpa de durazno

En la figura 4.18, se muestra el estadístico de caja y bigote extraído de la tabla C.64 (sabor); tabla C.68 (color) y tabla C.72 (viscosidad) para la muestra referencia (Anexo C).



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.18. Caja y bigote para la elección de la muestra referencia

En la figura 4.18, se puede observar que las medianas de los atributos sabor YT(3,40), YP(3,50) y YPA(4,40), color YT(3,40), YP(3,35) y YL(3,15) y viscosidad YT(3,50) y YP(3,30); que se ubican en el segundo cuartil (50%); sabor YL(3,05), color YPA(4,20) y viscosidad YL(3,00) y YPA(4,05) cerca al primer cuartil (25%) de la caja; es decir que tienen mayor aceptación de los jueces.

4.6.1.1 Estadístico de Tukey para el atributo sabor de la muestra referencia

En la tabla 4.33, se muestran los resultados del análisis estadístico de Tukey extraído de tabla C.67 (Anexo C), para el atributo sabor.

Tabla 4.33*Estadístico de Tukey para el atributo sabor de la muestra referencia*

Tratamiento	Valor	Diferencia	Significancia
YPA – YL	4,40 – 3,05	1,35 > 0,71	Si hay diferencia
YPA – YT	4,40 – 3,40	1,00 > 0,71	Si hay diferencia
YPA – YP	4,40 – 3,50	0,90 > 0,71	Si hay diferencia
YP – YL	3,50 – 3,05	0,45 < 0,71	No hay diferencia
YP – YT	3,50 – 3,40	0,10 < 0,71	No hay diferencia
YT – YL	3,40 – 3,05	0,35 < 0,71	No hay diferencia

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 4.33, se puede observar diferencia significativa entre los tratamientos (YPA-YL), (YPA-YT) y (YPA-YP); en comparación con los tratamientos (YP-YL), (YP-YT) y (YT-YL); que no hay diferencia significativa $p < 0,05$.

4.6.1.2 Estadístico de Tukey para el atributo color de la muestra referencia

En la tabla 4.34, se muestran los resultados del análisis estadístico de Tukey extraído de la tabla C.71 (Anexo C), para el atributo color.

Tabla 4.34*Estadístico de Tukey para el atributo color de la muestra referencia*

Tratamiento	Valor	Diferencia	Significancia
YPA – YT	4,20 – 3,40	0,80 > 0,63	Si hay diferencia
YPA – YP	4,20 – 3,35	0,85 > 0,63	Si hay diferencia
YPA – YL	4,20 – 3,15	1,05 > 0,63	Si hay diferencia
YT – YP	3,40 – 3,35	0,05 < 0,63	No hay diferencia
YT – YL	3,40 – 3,15	0,25 < 0,63	No hay diferencia
YP – YL	3,35 – 3,15	0,20 < 0,63	No hay diferencia

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 4.34, se puede observar diferencia significativa entre los tratamientos (YPA-YT), (YPA-YP) y (YPA-YL); en comparación con los tratamientos (YT-YP), (YT-YL) y (YP-YL); que no hay diferencia significativa $p < 0,05$.

4.6.1.3 Estadístico de Tukey para el atributo viscosidad de la muestra referencia

En la tabla 4.35, se muestran los resultados del análisis estadístico de Tukey extraído de tabla C.75 (Anexo C), para el atributo viscosidad.

Tabla 4.35

Estadístico de Tukey para el atributo viscosidad de la muestra referencia

Tratamiento	Valor	Diferencia	Significancia
YPA – YL	4,05 – 3,00	1,05 > 0,62	Si hay diferencia
YPA – YP	4,05 – 3,30	0,75 > 0,62	Si hay diferencia
YPA – YT	4,05 – 3,50	0,55 < 0,62	No hay diferencia
YT – YL	3,50 – 3,30	0,20 < 0,62	No hay diferencia
YT – YP	3,50 – 3,00	0,50 < 0,62	No hay diferencia
YP – YL	3,30 – 3,00	0,30 < 0,62	No hay diferencia

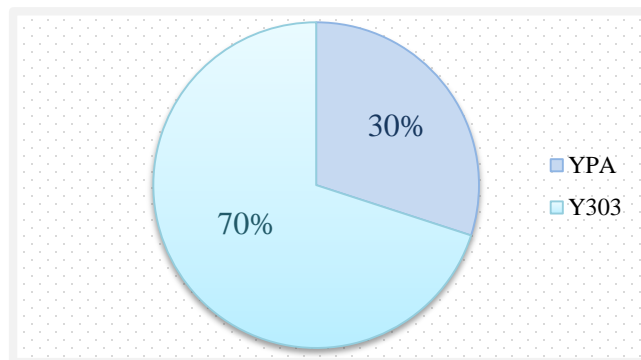
Fuente: Elaboración propia

En la tabla 4.35, se puede observar diferencia significativa entre los tratamientos (YPA-YL) y (YPA-YP); en comparación con los tratamientos (YPA-YT), (YT-YL), (YT-YP) y (YP-YL); que no hay diferencia significativa $p < 0,05$.

4.7 Comparación de muestra ideal (yogurt frutado con pulpa de carambola) con la muestra referencia (yogurt frutado con pulpa de durazno)

A nivel experimental, se tomó en cuenta la formulación de la muestra ideal del grupo 4 (Y303) en la cual se le agregó colorante y saborizante sabor durazno y se procedió a realizar la evaluación sensorial para comparar con la muestra referencia (YPA) en relación al atributo viscosidad (consistencia).

En la figura 4.19, se muestran la comparación de las muestras Y303 (yogurt frutado con pulpa de carambola) y YPA (yogurt frutado con pulpa de durazno) para el atributo viscosidad de datos extraídos de la tabla C.76 (Anexo C).



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.19. Comparación de las muestras Y303 y YPA para el atributo viscosidad

De acuerdo a la figura 4.19, se observa que 70% de los jueces prefirieron la muestra Y303 (yogurt frutado con pulpa de carambola) que tiene mejor consistencia y el 30% de los jueces prefirieron la muestra YPA (yogurt frutado con pulpa de durazno).

4.7.1 Control de viscosidad de muestra referencia e ideal de yogurt frutado con pulpa de carambola

Se procedió a realizar el control de la viscosidad de la muestra referencia (YPA) y muestra ideal de yogurt frutado con pulpa de carambola (Y303), el control se llevó a cabo en el Laboratorio de Operaciones Unitarias (LOU); utilizando el viscosímetro rotacional (figura 3.6) a 100 rpm y 3°C durante un tiempo de 30 minutos y en la tabla 4.36, se detallan los resultados obtenidos de la variación de viscosidad expresado (mPas) de la muestra referencia (YPA) y muestra ideal (Y303) en función de la temperatura (°C) para las muestras de yogurt frutado.

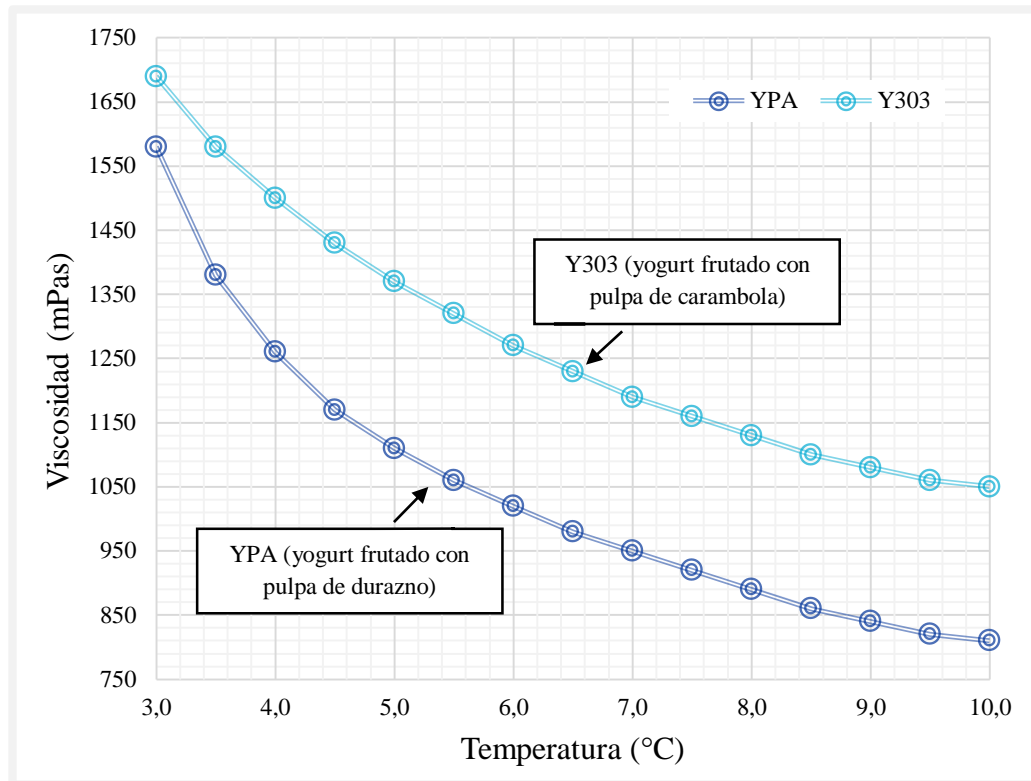
Tabla 4.36

Variación de viscosidad de la muestra referencia y muestra ideal

Temperatura (°C)	Viscosidad (mPas)	
	Yogurt frutado	
	YPA (pulpa de durazno)	Y303 (pulpa de carambola)
3,0	1580	1690
3,5	1380	1580
4,0	1260	1500
4,5	1170	1430
5,0	1110	1370
5,5	1060	1320
6,0	1020	1270
6,5	980	1230
7,0	950	1190
7,5	920	1160
8,0	890	1130
8,5	860	1100
9,0	840	1080
9,5	820	1060
10,0	810	1050

Fuente: Elaboración propia

En la figura 4.20, se muestra los resultados de la variación de viscosidad de la muestra referencia y muestra ideal de los resultados de la tabla 4.36.



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.20. Control de viscosidad de la muestra referencia y muestra ideal

Según la figura 4.20, las muestras que se encuentran a 3°C con una viscosidad Y303 (1690 mPas) y YPA (1580 mPas), se puede evidenciar que la muestra referencia YPA tiene un mayor descenso de viscosidad a medida que se incrementa la temperatura llegando a 810 mPas a los 10°C; en comparación con la muestra de yogurt frutado con pulpa de carambola (Y303); donde la viscosidad desciende gradualmente hasta llegar a 1050 mPas en tiempo de 30 minutos.

De acuerdo a lo observado se evidenció que la muestra Y303 (yogurt frutado con pulpa de carambola) presenta una viscosidad mayor (1690 mPas); en comparación a la muestra YPA (yogurt frutado con pulpa de durazno) (1580 mPas) a 3°C y a 10°C (1050 mPas) Y303 y YPA (810 mPas); siendo que la muestra Y303 (yogurt frutado con pulpa de carambola) tiene mejor consistencia.

4.8 Caracterización del producto terminado

En la caracterización del producto se tomó en cuenta los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del yogurt batido sin pulpa, pulpa de carambola y yogurt frutado con pulpa de carambola.

4.8.1 Análisis fisicoquímico del yogurt batido sin pulpa

En la tabla 4.37, son detallados los resultados de los análisis fisicoquímicos del yogurt batido sin pulpa de datos extraídos (Anexo A).

Tabla 4.37

Análisis fisicoquímico del yogurt batido sin pulpa

Parámetros	Unidad	Resultado
Acidez (ácido láctico)	%	0,78
Calcio	mg/100g	134,50
Cenizas	%	1,03
Fósforo	mg/100g	102,70
Magnesio total	mg/100g	10,70
Materia grasa	%	3,63
Hidratos de carbono	%	14,30
Humedad	%	77,44
pH (20°C)	-	4,33
Proteína total (Nx6,38)	%	3,60
Valor energético	Kcal/100g	104,27

Fuente: CEANID, 2019

En la tabla 4.37, se observan que los resultados de los análisis fisicoquímicos del yogurt batido sin pulpa son: acidez (ácido láctico) 0,78%, calcio 134,5 mg/100g, cenizas 1,03%, fósforo 102,7 mg/100g, magnesio total 10,7 mg/100g, materia grasa 3,63%, hidratos de carbono 14,30%, humedad 77,44%, pH 4,33, proteína total 3,60% y valor energético 104,27 kcal/100g.

4.8.2 Análisis microbiológico del yogurt batido sin pulpa

En la tabla 4.38, son detallados los resultados de los análisis microbiológicos del yogurt batido sin pulpa de datos extraídos (Anexo A).

Tabla 4.38***Análisis microbiológico del yogurt batido sin pulpa***

Parámetros	Unidad	Resultado
Coliformes fecales	UFC/g	< 1,0 x 10 ¹ (*)
Escherichia coli	UFC/g	< 1,0 x 10 ¹ (*)
Mohos y levaduras	UFC/g	< 1,0 x 10 ¹ (*)

Fuente: CEANID, 2019

En la tabla 4.38, se observan que los resultados de los análisis microbiológicos del yogurt batido sin pulpa son: coliformes fecales < 1,0 x 10¹ (*) UFC/g, escherichia coli < 1,0 x 10¹ (*) UFC/g, mohos y levaduras < 1,0 x 10¹ (*) UFC/g.

4.8.3 Análisis fisicoquímico de la pulpa de carambola

En la tabla 4.39, son detallados los resultados de los análisis fisicoquímicos de la pulpa de carambola de datos extraídos (Anexo A).

Tabla 4.39***Análisis fisicoquímico de la pulpa de carambola***

Parámetros	Unidad	Resultado
Acidez (ácido cítrico)	%	0,86
Calcio	mg/100g	6,20
Cenizas	%	0,26
Fibra	%	n.d.
Fósforo	mg/100g	11,50
Materia grasa	%	0,20
Hidratos de carbono	%	25,53
Humedad	%	72,82
pH (20°C)	-	2,01
Proteína total (Nx6,25)	%	1,19
Valor energético	Kcal/100g	108,68

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 4.39, se observan que los resultados de los análisis fisicoquímicos de la pulpa de carambola son: acidez (ácido cítrico) 0,86%, calcio 6,2 mg/100g, cenizas 0,26%, fibra no detectable, fósforo 11,5 mg/100g, materia grasa 0,20%, hidratos de carbono 25,53%, humedad 72,82%, pH 2,01, proteína total 1,19% y valor energético 108,68 kcal/100g.

4.8.4 Análisis microbiológico de la pulpa de carambola

En la tabla 4.40, son detallados los resultados de los análisis microbiológicos de la pulpa de carambola de datos extraídos (Anexo A).

Tabla 4.40

Análisis microbiológico de la pulpa de carambola

Parámetros	Unidad	Resultado
Escherichia coli	UFC/ml	< 1,0 x 10 ¹ (*)
Mohos y levaduras	UFC/g	< 1,0 x 10 ¹ (*)

Fuente: CEANID, 2019

En la tabla 4.40, se observa que los resultados de los análisis microbiológicos de la pulpa de carambola son: escherichia coli < 1,0x10¹ (*) UFC/ml, mohos y levaduras < 1,0x10¹ (*) UFC/g.

4.8.5 Análisis fisicoquímico del yogurt frutado con pulpa de carambola

En la tabla 4.41, son detallados los resultados de los análisis fisicoquímicos del yogurt frutado con pulpa de carambola de datos extraídos (Anexo A).

Tabla 4.41

Análisis fisicoquímico del yogurt frutado con pulpa de carambola

Parámetros	Unidad	Resultado
Acidez (ácido láctico)	%	0,85
Calcio	mg/100g	134,90
Cenizas	%	0,87
Fósforo	mg/100g	201,70
Magnesio total	mg/100g	11,40
Materia grasa	%	3,43
Hidratos de carbono	%	15,14
Humedad	%	77,01
pH (20°C)	-	4,26
Proteína total (Nx6,38)	%	3,55
Valor energético	Kcal/100g	105,63

Fuente: CEANID, 2019

En la tabla 4.41, se observan que los resultados de los análisis fisicoquímicos del yogurt frutado con pulpa de carambola son: acidez (ácido láctico) 0,85%, calcio

134,9 mg/100g, cenizas 0,87%, fósforo 201,7 mg/100g, magnesio total 11,4 mg/100g, materia grasa 3,43%, hidratos de carbono 15,14%, humedad 77,01 %, pH 4,26, proteína total 3,55% y valor energético 105,63 kcal/100g.

4.8.6 Análisis microbiológico del yogurt frutado con pulpa de carambola

En la tabla 4.42, son detallados los resultados de los análisis microbiológicos del yogurt frutado con pulpa de carambola de datos extraídos (Anexo A).

Tabla 4.42

Análisis microbiológico del yogurt frutado con pulpa de carambola

Parámetros	Unidad	Resultado
Coliformes fecales	UFC/g	< 1,0 x 10 ¹ (*)
Escherichia coli	UFC/g	< 1,0 x 10 ¹ (*)
Mohos y levaduras	UFC/g	< 1,0 x 10 ¹ (*)

Fuente: CEANID, 2019

En la tabla 4.42, se observan que los resultados de los análisis microbiológicos del yogurt frutado con pulpa de carambola son: coliformes fecales < 1,0 x 10¹ (*) UFC/g, escherichia coli < 1,0 x 10¹ (*) UFC/g, mohos y levaduras < 1,0 x 10¹ (*) UFC/g.

4.9 Control de los parámetros fisicoquímicos del yogurt frutado con pulpa de carambola en el almacenamiento

Se procedió a realizar el control de los parámetros (acidez y pH) del yogurt frutado con pulpa de carambola (YF); durante el almacenamiento bajo refrigeración entre (4 – 6)°C por 24 días, de dos muestras; una muestra con conservante (benzoato de sodio y sorbato de potasio) (YFCC) y otra sin conservante (YFSC).

4.9.1 Control de acidez del yogurt frutado con pulpa de carambola en el almacenamiento

En la tabla 4.43, se muestran los resultados obtenidos de la variación de acidez del yogurt frutado con pulpa de carambola con conservante (YFCC) y sin conservante (YFSC); en función del tiempo de almacenamiento de datos extraídos de la tabla F.5 (Anexo F).

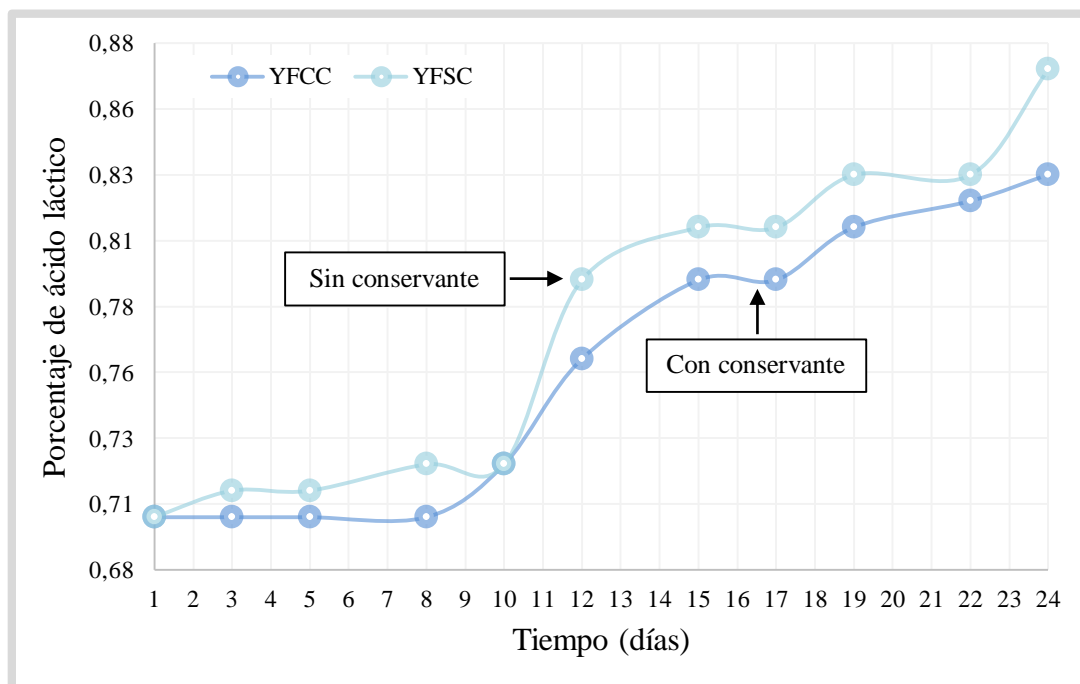
Tabla 4.43

Variación de acidez del yogurt frutado con pulpa de carambola en el almacenamiento

Tiempo (días)	Acidez (porcentaje de ácido láctico)	
	YFCC	YFSC
1	0,70	0,70
3	0,70	0,71
5	0,70	0,71
8	0,70	0,72
10	0,72	0,72
12	0,76	0,79
15	0,79	0,81
17	0,79	0,81
19	0,81	0,83
22	0,82	0,83
24	0,83	0,87

Fuente: Elaboración propia

En la figura 4.21, se muestra el control de acidez del yogurt frutado con pulpa de carambola en el almacenamiento de los resultados de la tabla 4.43.



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.21. Control de acidez del yogurt frutado con pulpa de carambola en el almacenamiento

Según la figura 4.21, las muestras YFCC y YFSC tienen un porcentaje de ácido láctico inicial 0,70% entre (3 – 8) días, se observa un ligero incremento de acidez en la muestra YFSC (0,72%); manteniéndose constante para la muestra YFCC (0,70%). Para (8 – 10) días, se observa que las muestras YFCC y YFSC presentan 0,72%. Entre (10 – 17) días hay incremento de acidez para la muestra YFCC (0,79%) y YFSC (0,81%) y finalmente entre (17 - 24) días la muestra YFCC (0,83%) y YFSC (0,87%) cuando finaliza el tiempo de almacenamiento.

De acuerdo al control de acidez del yogurt frutado con pulpa de carambola durante el almacenamiento, se puede evidenciar que la muestra YFCC (con conservante) y YFSC (sin conservante) en el primer día presentan 0,70% y para los 24 días YFCC (0,83%) y para YFSC (0,87%). Donde se observa que la adición del conservante afecta directamente en la variación de acidez del medio.

4.9.2 Control de (pH) del yogurt frutado con pulpa de carambola en el almacenamiento

En la tabla 4.44, se muestran los resultados obtenidos de la variación de pH del yogurt frutado con pulpa de carambola con conservante (YFCC) y sin conservante (YFSC); en función del tiempo de almacenamiento.

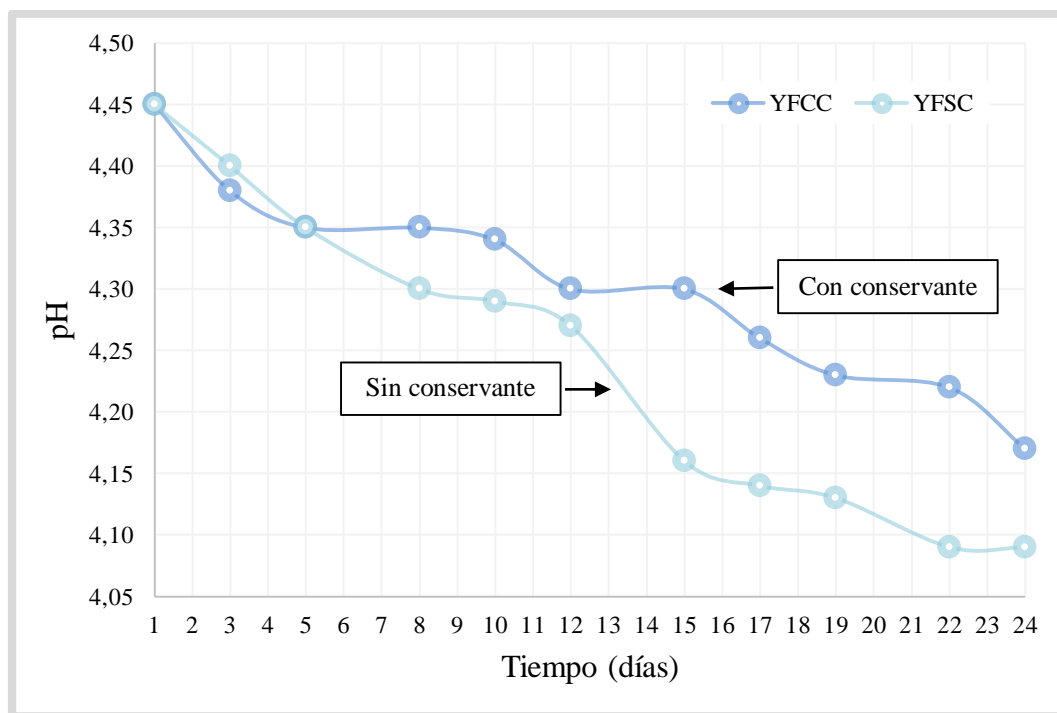
Tabla 4.44

Variación de (pH) del yogurt frutado con pulpa de carambola en el almacenamiento

Tiempo (días)	pH	
	YFCC	YFSC
1	4,45	4,45
3	4,38	4,40
5	4,35	4,35
8	4,35	4,30
10	4,34	4,29
12	4,30	4,27
15	4,30	4,16
17	4,26	4,14
19	4,23	4,13
22	4,22	4,09
24	4,17	4,09

Fuente: Elaboración propia

En la figura 4.22, se muestra el control de pH del yogurt frutado con pulpa de carambola en el almacenamiento de los resultados de la tabla 4.44.



Fuente: Elaboración propia

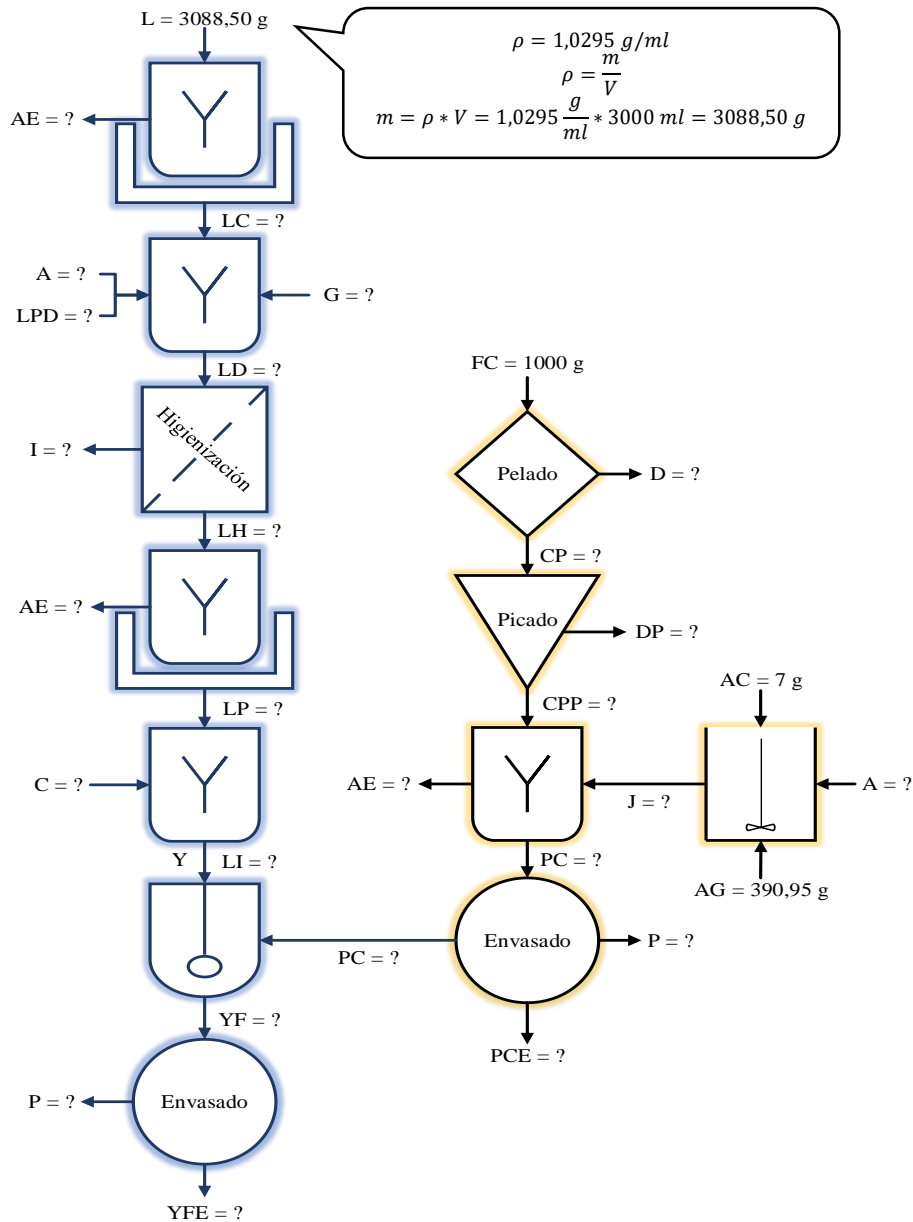
Figura 4.22. Control de pH del yogurt frutado con pulpa de carambola en el almacenamiento

Según la figura 4.22 las muestras YFCC y YFSC tienen pH inicial 4,45 y a partir del quinto día, se observa un descenso de pH para las muestras YFCC y YFSC (pH 4,35). Entre (5 – 12) días la muestra YFCC (pH 4,30) y YFSC (pH 4,27). Entre (12 – 15) días la muestra YFCC (pH 4,30) y YFSC (pH 4,16). Para (15 – 19) días YFCC (pH 4,23) y YFSC (pH 4,13) y finalmente entre (19 – 24) días la muestra YFCC (pH 4,17) y YFSC (pH 4,09) cuando finaliza el tiempo de almacenamiento.

De acuerdo al control de pH del yogurt frutado con pulpa de carambola durante el almacenamiento, se puede evidenciar que la muestra YFCC (con conservante) y YFSC (sin conservante) en el primer día presentan pH 4,45 y para los 24 días YFCC (pH 4,17) y para YFSC (pH 4,09). Donde se observa que la adición del conservante afecta directamente en la variación del pH del medio.

4.10 Balance de materia en el proceso de elaboración del yogurt frutado con pulpa de carambola

El balance de materia se realizó tomando en cuenta el diagrama de flujo (figura 4.23) para el proceso de elaboración del yogurt frutado con pulpa de carambola, para un cálculo en base a 3 litro de leche (3088,50 g) y 1000 g de carambola.



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.23. Balance de materia en el proceso de elaboración del yogurt frutado con pulpa de carambola

Donde:

L = Cantidad de leche entera (g)

AE = Cantidad de agua evaporada (g)

LC = Cantidad de leche calentada (g)

A = Cantidad de azúcar (g)

LPD = Cantidad de leche en polvo
descremada (g)

G = Cantidad de gelatina (g)

LD = Cantidad de leche dosificada (g)

I = Cantidad de impurezas de la leche (g)

LH = Cantidad de leche higienizada (g)

LP = Cantidad de leche pasteurizada (g)

C = Cantidad de cultivo lácteo (g)

LI = Cantidad de leche inoculada (g)

Y = Cantidad de yogurt (g)

YF = Cantidad de yogurt frutado (g)

YFE = Cantidad de yogurt envasado (g)

P = Cantidad de pérdidas del envasado (g)

FC = Cantidad de muestras de
carambola sin tratar (g)

CP = Cantidad de muestras de
carambola peladas (g)

D = Cantidad de desperdicios (cáscara y
semillas) (g)

CPP = Cantidad de muestras de
carambola picadas (g)

DP = Cantidad de descarte del picado
(g)

AC = Cantidad de ácido cítrico (g)

AG = Cantidad de agua (g)

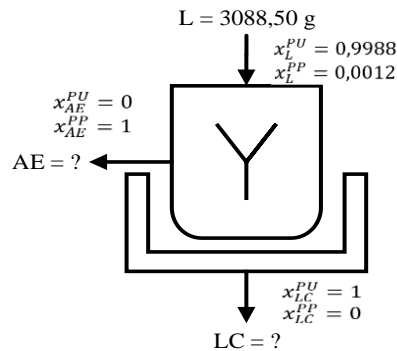
J = Cantidad de jarabe (g)

PC = Cantidad de pulpa de carambola
(g)

PCE = Cantidad de pulpa de carambola
envasada (g)

4.10.1 Balance de materia en la etapa de calentamiento de la leche entera

En la figura 4.24, se muestra el proceso de balance de materia de la etapa de calentamiento de la leche entera.



Fuente: Elaboración propia
Figura 4.24. Etapa de calentamiento

Balance de materia global en la etapa de calentamiento:

$$L = LC + AE \quad \text{Ecuación 4.1}$$

Balance de materia parcial del componente PU (parte útil de la leche) para hallar LC:

$$L * x_L^{PU} = LC * x_{LC}^{PU} + AE * x_{AE}^{PU}$$

$$3088,50 * 0,9988 = LC * 1 + AE * 0$$

$$LC = 3088,50 * 0,9988 = 3084,79 \text{ g de leche calentada}$$

Balance de materia parcial del componente PP (parte perdida de la leche) para hallar AE:

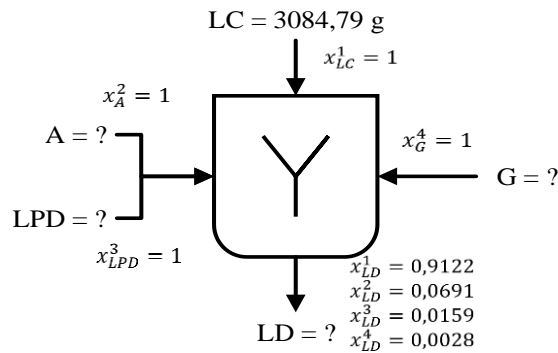
$$L * x_L^{PP} = LC * x_{LC}^{PP} + AE * x_{AE}^{PP}$$

$$3088,50 * 0,0012 = LC * 0 + AE * 1$$

$$AE = 3088,50 * 0,0012 = 3,71 \text{ g de agua evaporada}$$

4.10.2 Balance de materia en la etapa de dosificación

En la figura 4.25, se muestra el proceso de balance de materia de la etapa de dosificación de la leche.



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.25. Etapa de dosificación

Balance de materia global en la etapa de dosificación:

$$LC + A + LPD + G = LD$$

Ecuación 4.2

Balance de materia parcial para hallar LD:

$$LC * x_{LC}^1 + A * x_A^1 + LPD * x_{LPD}^1 + G * x_G^1 = LD * x_{LD}^1$$

$$3084,79 * 1 + \cancel{A * 0} + \cancel{LPD * 0} + \cancel{G * 0} = LD * 0,9122$$

$$LD = \frac{3084,79}{0,9122} = 3381,70 \text{ g de leche dosificada}$$

Balance de materia parcial para hallar A:

$$LC * x_{LC}^2 + A * x_A^2 + LPD * x_{LPD}^2 + G * x_G^2 = LD * x_{LD}^2$$

$$\cancel{3084,79 * 0} + A * 1 + \cancel{LPD * 0} + \cancel{G * 0} = 3381,70 * 0,0691$$

$$A = 3381,70 * 0,0691 = 233,67 \text{ g de azúcar}$$

Balance de materia parcial para hallar LPD:

$$LC * x_{LC}^3 + A * x_A^3 + LPD * x_{LPD}^3 + G * x_G^3 = LD * x_{LD}^3$$

$$3084,79 \cancel{*0} + A \cancel{*0} + LPD * 1 + G \cancel{*0} = 3381,70 * 0,0159$$

$$LPD = 3381,70 * 0,0159 = 53,77 \text{ g de leche en polvo}$$

Balance de materia parcial para hallar G:

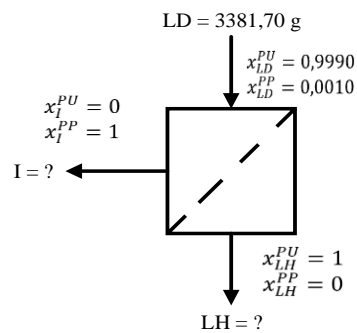
$$LC * x_{LC}^4 + A * x_A^4 + LPD * x_{LPD}^4 + G * x_G^4 = LD * x_{LD}^4$$

$$3084,79 \cancel{*0} + A \cancel{*0} + LPD \cancel{*0} + G * 1 = 3381,70 * 0,0028$$

$$G = 3381,70 * 0,0028 = 9,47 \text{ g de gelatina}$$

4.10.3 Balance de materia en la etapa de higienización

En la figura 4.26, se muestra el proceso de balance de materia de la etapa de higienización de la mezcla de leche.



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.26. Etapa de higienización

Balance de materia global en la etapa de higienización:

$$LD = LH + I$$

Ecuación 4.3

Balance de materia parcial del componente PU (parte útil de leche) para hallar LH:

$$LD * x_{LD}^{PU} = LH * x_{LH}^{PU} + I * x_I^{PU}$$

$$3381,70 * 0,9990 = LH * 1 + I \cancel{*0}$$

$$LH = 3381,70 * 0,9990 = 3378,32 \text{ g de leche higienizada}$$

Balance de materia parcial del componente PP (parte perdida de leche) para hallar I:

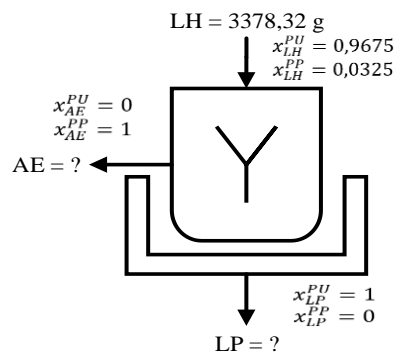
$$LD * x_{LD}^{PP} = LH * x_{LH}^{PP} + I * x_I^{PP}$$

$$3381,70 * 0,0010 = LH * 0 + I * 1$$

$$I = 3381,70 * 0,0010 = 3,38 \text{ g de impurezas de la leche}$$

4.10.4 Balance de materia en la etapa de pasteurización

En la figura 4.27, se muestra el proceso de balance de materia de la etapa de pasteurización de la mezcla leche.



Fuente: Elaboración propia
Figura 4.27. Etapa de pasteurización

Balance de materia global en la etapa de pasteurización:

$$LH = LP + AE \quad \text{Ecuación 4.4}$$

Balance de materia parcial del componente PU (parte útil de leche) para hallar LP:

$$LH * x_{LH}^{PU} = LP * x_{LP}^{PU} + AE * x_{AE}^{PU}$$

$$3378,32 * 0,9675 = LP * 1 + AE * 0$$

$$LP = 3378,32 * 0,9675 = 3268,52 \text{ g de leche pasteurizada}$$

Balance de materia parcial del componente PP (parte perdida de leche) para hallar AE:

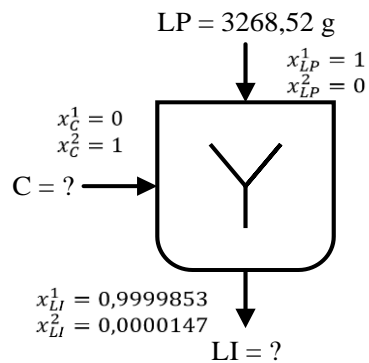
$$LH * x_{LH}^{PP} = LP * x_{LP}^{PP} + AE * x_{AE}^{PP}$$

$$3378,32 * 0,0325 = LP * 0 + AE * 1$$

$$AE = 3378,32 * 0,0325 = 109,80 \text{ g de agua evaporada}$$

4.10.5 Balance de materia en la etapa de inoculación

En la figura 4.28, se muestra el proceso de balance de materia en la etapa de inoculación de la mezcla leche.



Fuente: Elaboración propia
Figura 4.28. Etapa de inoculación

Balance de materia global en la etapa de inoculación:

$$LP + C = LI \quad \text{Ecuación 4.5}$$

Balance de materia parcial del agua para hallar LI:

$$LP * x_{LP}^1 + C * x_C^1 = LI * x_{LI}^1$$

$$3268,52 * 1 + C * 0 = LI * 0,99999853$$

$$LI = \frac{3268,52}{0,99999853} = 3268,57 \text{ g de leche inoculada / yogurt batido sin pulpa}$$

Balance de materia parcial del sólido seco para hallar C:

$$LP * x_{LP}^2 + C * x_C^2 = LI * x_{LI}^2$$

$$3268,52 \cancel{* 0} + C * 1 = 3268,57 * 0,0000147$$

$$C = 3268,57 * 0,0000147 = 0,048 \text{ g de cultico lácteo}$$

4.10.6 Rendimiento del proceso de elaboración del yogurt batido sin pulpa

Según (Rojas, 2012. Pág. 33), el rendimiento de un proceso está dado por:

$$X = R = \frac{\text{Cantidad del reactivo que reacciona}}{\text{cantidad total del reactivo agregado}} * 100 \quad \text{Ecuación 4.6}$$

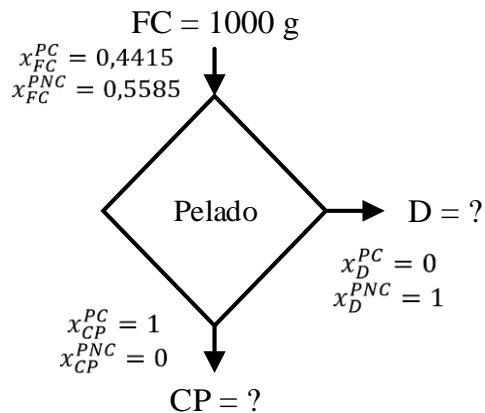
$$R = \frac{\text{Producto obtenido}}{\text{Materia prima}} * 100$$

$$R = \frac{3268,57 \text{ g}}{3381,70} * 100$$

$$R_{to} = 97 \%$$

4.10.6.1 Balance de materia en la etapa de pelado de las muestras de carambola

El balance de materia para elaborar pulpa de carambola se realizó tomando en cuenta el diagrama de flujo (figura 4.23) y para el cálculo se tomó en cuenta 1000 g de carambola sin tratar. En la figura 4.29, se muestra el proceso de balance de materia de la etapa de pelado de las muestras de carambola.



Fuente: Elaboración propia
Figura 4.29. Etapa de pelado

Balance de materia global en la etapa de pelado:

$$FC = CP + D \quad \text{Ecuación 4.7}$$

Balance de materia parcial del componente PC (porción comestible) para hallar CP:

$$FC * x_{FC}^{PC} = CP * x_{CP}^{PC} + D * x_D^{PC}$$

$$1000 * 0,4415 = CP * 1 + D * 0$$

$$CP = 1000 * 0,4415 = 441,50 \text{ g de muestras de carambola peladas}$$

Balance de materia parcial del componente PNC (porción no comestible) para hallar D:

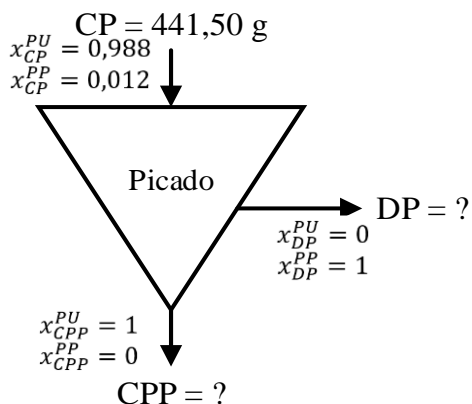
$$FC * x_{FC}^{PNC} = CP * x_{CP}^1 + D * x_D^{PNC}$$

$$1000 * 0,5585 = CP * 0 + D * 1$$

$$D = 1000 * 0,5585 = 558,50 \text{ g de desperdicios (cáscara y semillas)}$$

4.10.6.2 Balance de materia en la etapa de picado de las muestras de carambola

En la figura 4.30, se muestra el proceso del balance de materia de la etapa de picado de las muestras de carambola.



Fuente: Elaboración propia
Figura 4.30. Etapa de picado

Balance de materia global en la etapa de picado de las muestras de carambola

$$CP = CPP + DP \quad \text{Ecuación 4.8}$$

Balance de materia parcial del componente PU (parte útil) para hallar CPP:

$$CP * x_{CP}^{PU} = CPP * x_{CPP}^{PU} + DP * x_{DP}^{PU}$$

$$441,50 * 0,988 = CPP * 1 + DP * 0$$

$$CPP = 441,50 * 0,988 = 436,20 \text{ g de pulpa picada}$$

Balance de materia parcial del componente PP (parte perdida) para hallar DP:

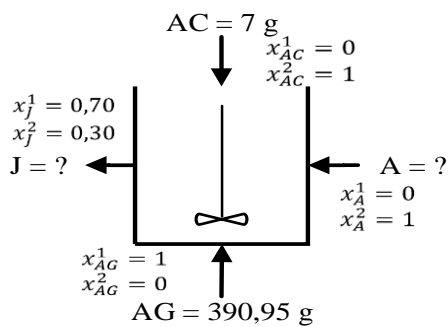
$$CP * x_{CP}^{PP} = CPP * x_{CPP}^{PP} + DP * x_{DP}^{PP}$$

$$441,50 * 0,012 = CPP * 0 + DP * 1$$

$$DP = 441,50 * 0,012 = 5,30 \text{ g de descarte del picado}$$

4.10.6.3 Balance de materia en la etapa de preparación del jarabe

En la figura 4.31, se muestra el proceso del balance de materia de la etapa de preparación del jarabe.



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.31. Etapa de preparación del jarabe

Balance de materia global en la etapa de preparación del jarabe:

$$AG + A + AC = J \quad \text{Ecuación 4.9}$$

Balance de materia parcial del componente agua para hallar J:

$$AG * x_{AG}^1 + A * x_A^1 + AC * x_{AC}^1 = J * x_j^1$$

$$390,95 \text{ g} * 1 + A * 0 + 3,5 * 0 = J * 0,70$$

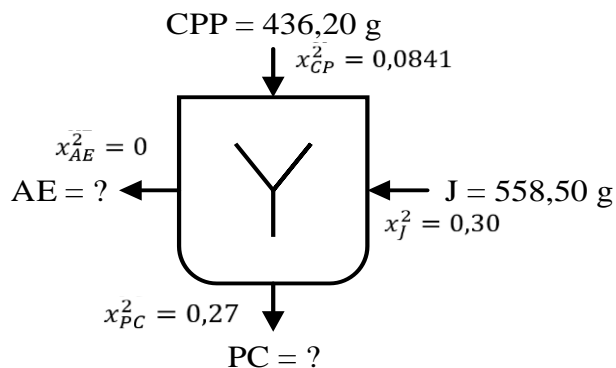
$$J = \frac{390,95 \text{ g}}{0,70} = 558,50 \text{ g de jarabe a } 30^\circ\text{Brix}$$

Despeje y reemplazo de datos en la ecuación 4.9 para hallar A:

$$A = J - AG - AC = 558,50 \text{ g} - 390,95 \text{ g} - 7 \text{ g} = 160,55 \text{ g de azúcar}$$

4.10.6.4 Balance de materia en la etapa de concentración de la pulpa

En la figura 4.32, se muestra el proceso de balance de materia de la etapa de concentración de la pulpa.



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.32. Etapa de concentración de la pulpa

Balance de materia global en la etapa de concentración de la pulpa:

$$CPP + J = PC + AE$$

Ecuación 4.10

Balance de materia parcial de los sólidos solubles para hallar PC:

$$CPP * x_{CP}^2 + J * x_j^2 = PC * x_{PC}^2 + AE * x_{AE}^2$$

$$436,20 * 0,0841 + 558,50 * 0,30 = PC * 0,27 + AE * 0$$

$$PC = \frac{436,20 * 0,0841 + 558,50 * 0,30}{0,27}$$

$PC = 756,42$ g de pulpa de carambola

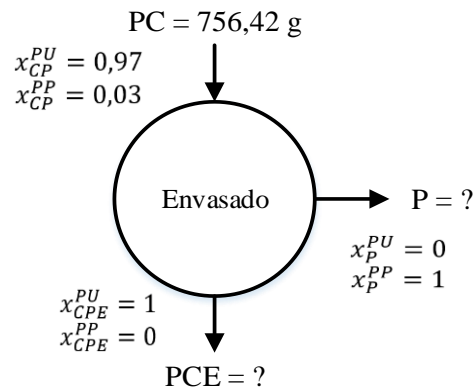
Despeje y reemplazo de datos en la ecuación 4.10 para hallar AE:

$$AE = CPP + J - PC$$

$$AE = 436,20 + 558,50 - 756,42 = 238,28 \text{ g de agua evaporada}$$

4.10.6.5 Balance de materia en la etapa de envasado de la pulpa de carambola

En la figura 4.33, se muestra el proceso de balance de materia de la etapa de envasado de la pulpa de carambola.



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.33. Etapa de envasado de la pulpa de carambola

Balance de materia global en la etapa de envasado:

$$PC = PCE + P$$

Envasado 4.11

Balance de materia parcial del componente PU (parte útil de pulpa) para hallar PCE:

$$PC * x_{PC}^{PU} = PCE * x_{PCE}^{PU} + P * x_P^{PU}$$

$$756,42 * 0,97 = PCE * 1 + P * 0$$

$$PCE = 756,42 * 0,97 = 733,73 \text{ g de pulpa de carambola envasada}$$

Balance de materia parcial del componente PP (parte perdida de pulpa) para hallar P:

$$PC * x_{PC}^{PP} = PCE * x_{PCE}^{PP} + P * x_P^{PP}$$

$$756,42 * 0,03 = PCE * 0 + P * 1$$

$$P = 756,42 * 0,03 = 22,69 \text{ g de pérdidas del envasado}$$

Para calcular la cantidad de unidad de pulpa de carambola envasada, se tomó en cuenta el peso neto por frasco de vidrio que es 180 g.

$$N^{\circ} \text{ de unidades obtenidas} = \frac{\text{Producto final}}{\text{Peso neto por frasco}} \quad \text{Ecuación 4.12}$$

$$N^{\circ} \text{ de unidades obtenidas} = \frac{733,73 \text{ g}}{180 \text{ g}}$$

$$N^{\circ} \text{ de unidades obtenidas} = 4 \text{ frascos}$$

4.10.6.6 Rendimiento del proceso de elaboración de pulpa de carambola

Según (Rojas, 2012. Pág. 33), el rendimiento de un proceso está dado por:

$$X = R = \frac{\text{Cantidad del reactivo que reacciona}}{\text{cantidad total del reactivo agregado}} * 100 \quad \text{Ecuación 4.13}$$

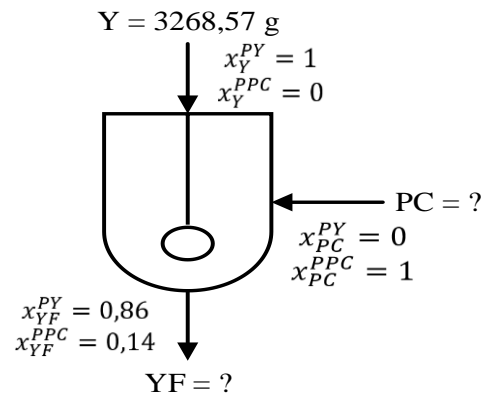
$$R = \frac{\text{Producto obtenido}}{(\text{Pulpa fresca} + \text{jarabe})} * 100$$

$$R = \frac{733,73 \text{ g}}{(441,50 \text{ g} + 558,50 \text{ g})} * 100$$

$$R_{to} = 73,37 \%$$

4.10.7 Balance de materia en la etapa de adición de pulpa

En la figura 4.34, se muestra el proceso de balance de materia de la etapa de la adición de la pulpa en el yogurt batido.



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.34. Etapa de adición de la pulpa

Balance de materia global en la etapa de adición de pulpa:

$$Y + PC = YF \quad \text{Ecuación 4.14}$$

Balance de materia parcial del componente PY (porción de yogurt) para hallar YF:

$$Y * x_Y^{PY} + PC * x_{PC}^{PY} = YF * x_{YF}^{PY}$$

$$3268,57 * 1 + PC * 0 = YF * 0,86$$

$$YF = \frac{3268,57}{0,86} = 3800,66 \text{ g de yogurt frutado con pulpa de carambola}$$

Balance de materia parcial del componente PPC (porción de pulpa de carambola) para hallar PC:

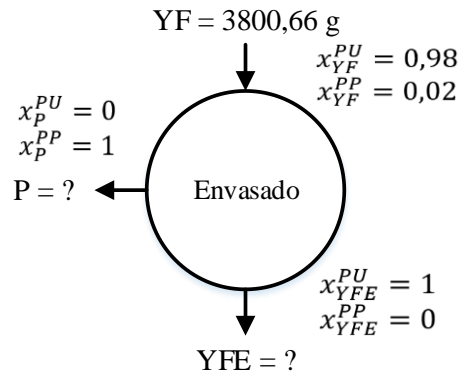
$$Y * x_Y^{PPC} + PC * x_{PC}^{PPC} = YF * x_{YF}^{PPC}$$

$$3268,57 * 0 + PC * 1 = 3800,66 * 0,14$$

$$PC = 3800,66 * 0,14 = 532,09 \text{ g de pulpa de carambola}$$

4.10.8 Balance de materia en la etapa de envasado del yogurt frutado

En la figura 4.35, se muestra el proceso de balance de materia de la etapa de envasado del yogurt frutado con pulpa de carambola.



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.35. Etapa de envasado del yogurt frutado

Balance de materia global en la etapa de envasado:

$$YF = YFE + P \quad \text{Envasado 4.15}$$

Balance de materia parcial del componente PU (parte útil de yogurt) para hallar YFE:

$$YF * x_{YF}^{PU} = YFE * x_{YFE}^{PU} + P * x_P^{PU}$$

$$3800,66 * 0,98 = YFE * 1 + P * \cancel{0}$$

$$YFE = 3800,66 * 0,98 = 3724,65 \text{ g de yogurt frutado envasado}$$

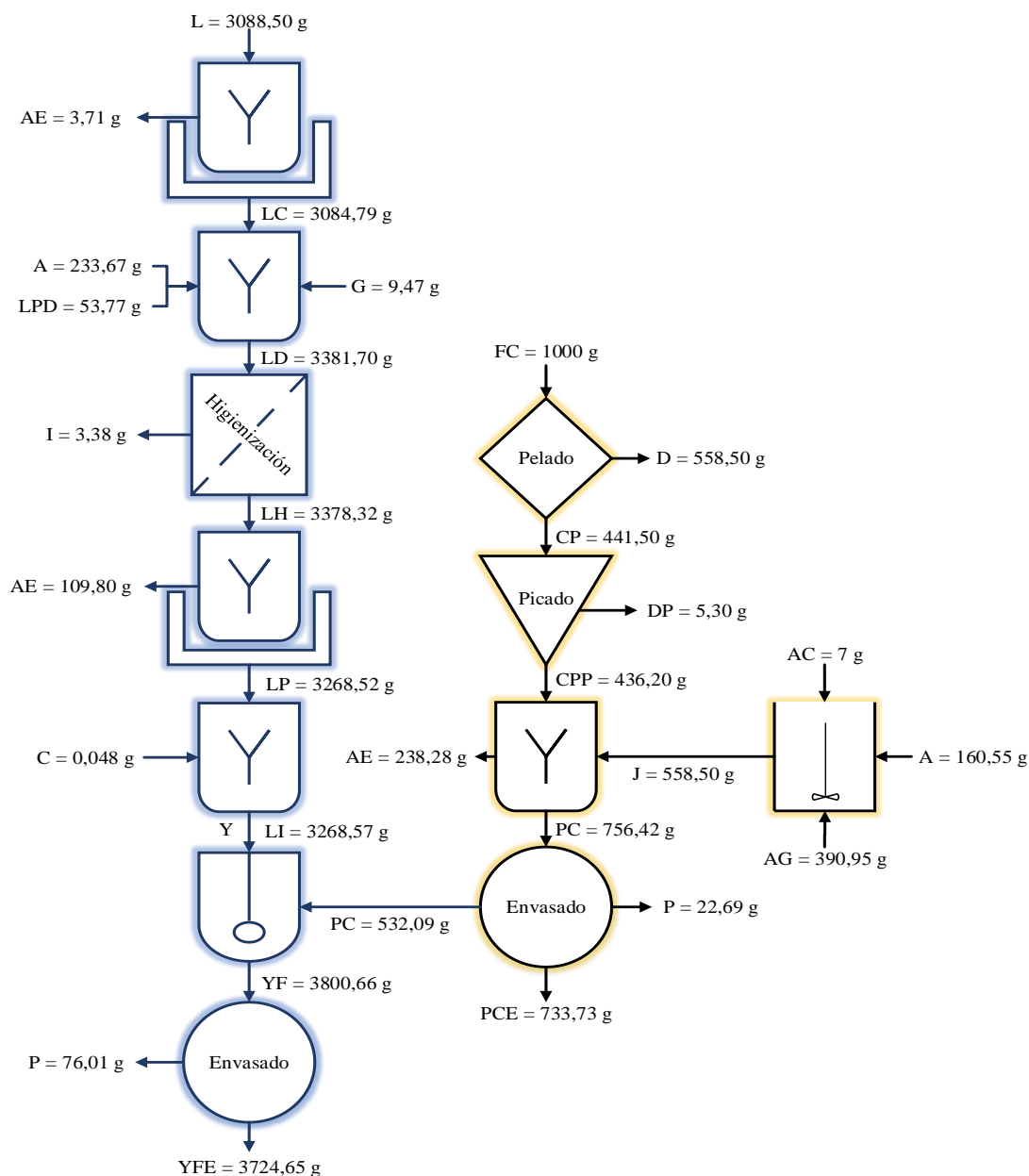
Balance de materia parcial del componente PP (parte perdida del yogurt) para hallar P:

$$YF * x_{YF}^{PP} = YFE * x_{YFE}^{PP} + P * x_P^{PP}$$

$$3800,66 * 0,02 = YFE * \cancel{0} + P * 1$$

$$P = 3800,66 * 0,02 = 76,01 \text{ g de pérdidas del envasado}$$

En la figura 4.36, se muestra el resumen del balance de materia en el proceso de elaboración del yogurt frutado con pulpa de carambola.



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.36. Resumen del balance de materia en el proceso de elaboración del yogurt frutado con pulpa de carambola

4.11 Balance de energía para el proceso de elaboración del yogurt frutado con pulpa de carambola

Para realizar el balance energía en el proceso de elaboración del yogurt frutado con pulpa de carambola, se tomó en cuenta la etapa de pasteurización de la leche, fermentación láctica, escaldado y concentración de la pulpa de carambola.

Según (Barderas, 1994. Pág. 107), se muestra la deducción del balance general de energía para procesos de transferencia de calor:

$$\Delta \frac{g}{gc} + \frac{\Delta u^2}{2gc} + \Delta H = \frac{Q - \tau - \Sigma F}{L} \quad \text{Ecuación 4.16}$$

$$\Delta H = \frac{Q}{L}$$

$$Q = L \Delta H$$

Según (Reklaistis & Schneider, 1986. Pág. 413), se muestra el cambio diferencial de entalpia dH a presión constante en un sistema cerrado.

$$dH = \left(\frac{\partial H}{\partial T} \right)_p dT + \left(\frac{\partial H}{\partial P} \right)_T dP$$

$$Q = dH = \left(\frac{\partial H}{\partial T} \right)_p dT$$

$$Q = \Delta H = (H_2 - H_1) = \int_{T_1}^{T_2} \left(\frac{\partial H}{\partial T} \right) dT$$

$$Q = Cp dT$$

Según (Gutiérrez, 2014. Pág. 55), el principio de la conservación de la energía está dado por:

$$\int_0^Q dQ = L Cp \int_{T_1}^{T_2} dT$$

$$Q = L Cp (T_2 - T_1) \quad \text{Ecuación 4.17}$$

$$Q_{cedido} = Q_{ganado}$$

$$-Q_{cedido} = Q_{ganado}$$

$$-\Sigma Q_{cedido} = \Sigma Q_{ganado} \quad (\text{Principio de conservación de la energía})$$

$$Q_T = Q_{ganado} + Q_{cedido} \quad \text{Ecuación 4.18}$$

Para calcular el calor latente en los cambios de fase según (Barderas, 1994. Pág. 109) es:

$$Ql = \Delta H L = L \lambda \quad \text{Ecuación 4.19}$$

Para realizar el cálculo del balance de energía en las diferentes etapas de la elaboración de yogurt frutado con pulpa de carambola, se tomaron en cuenta las siguientes consideraciones como ser:

Según (Orozco, 1998. Pág.65), se puede apreciar la ecuación para la obtención del calor específico en función de los parámetros fisicoquímicos del alimento. En tal sentido, en el presente trabajo, se determinó el calor específico (C_p) de la leche y carambola.

$$C_p = m_a C_{p_a} + m_c C_{p_c} + m_p C_{p_p} + m_g C_{p_g} + m_z C_{p_z} \quad \text{Ecuación 4.20}$$

Donde:

m_a = Fracción de masa del agua

m_c = Fracción de masa de carbohidratos

m_p = Fracción de masa de proteínas

m_g = Fracción de masa de grasa

m_z = Fracción de masa de cenizas

Por lo tanto, los calores específicos en función de los parámetros fisicoquímicos del alimento están dados en la siguiente tabla 4.45:

Tabla 4.45

Calor específico en función de los parámetros fisicoquímicos del alimento

Calor específico (C_p)	Valor 1 (KJ/kg°C)	Valor (KJ/kg°C)
C_{p_a} (agua)	4,18 (a)	4,18 (b)
C_{p_c} (carbohidratos)	1,40 (a)	1,22 (b)
C_{p_p} (proteínas)	1,60 (a)	1,90 (b)
C_{p_g} (grasa)	1,70 (a)	1,90 (b)
C_{p_z} (cenizas)	0,80 (a)	-
(a) = Para productos lácteos		(b) = Para diferentes alimentos

Fuente: Orozco, 1988

En la tabla 4.46, se puede apreciar los resultados de los parámetros fisicoquímicos de la leche de datos extraídos (Anexo A).

Tabla 4.46

Resultados obtenidos de los parámetros fisicoquímicos de la leche

Parámetros	Unidad	Resultado
Humedad	%	88,11
Hidratos de carbono	%	6,64
Proteína total	%	3,03
Materia grasa	%	3,60
Cenizas	%	0,62

Fuente: CEANID, 2019

En la tabla 4.47, se puede apreciar los resultados de los parámetros fisicoquímicos de la carambola de datos extraídos (Anexo A).

Tabla 4.47

Resultados obtenidos de los parámetros fisicoquímicos de la carambola

Parámetros	Unidad	Resultado
Humedad	%	92,47
Hidratos de carbono	%	4,41
Proteína total	%	1,80
Materia grasa	%	0,53

Fuente: CEANID, 2019

Según (Orozco, 1998. Pág. 64), se puede apreciar la ecuación para la obtención de calor específico en función al contenido de agua y sólidos. En tal sentido, en el presente trabajo, se determinó el calor específico (C_p) del jarabe a 30°Brix.

$$C_p = m_a C_{p_a} + m_s C_{p_s} \quad \text{Ecuación 4.21}$$

Donde:

$$m_a = \text{Fracción de masa del agua} \quad C_{p_a} = 4,118 \text{ KJ/kg}^\circ\text{C}$$

$$m_s = \text{Fracción de masa de sólidos} \quad C_{p_s} = 1,46 \text{ KJ/kg}^\circ\text{C}$$

En la tabla 4.48, se puede apreciar los calores específicos del agua y acero inoxidable.

Tabla 4.48

Calor específico del agua y acero inoxidable

Calor específico (C_p)	Unidad	Valor
Agua	KJ/kg $^\circ$ C	4,180
Acero inoxidable AISI 304	KJ/kg $^\circ$ C	0,477

Fuente: Vidal, 2014

En la tabla 4.49, se puede apreciar las entalpías de vaporización en función a la temperatura para el agua saturada.

Tabla 4.49

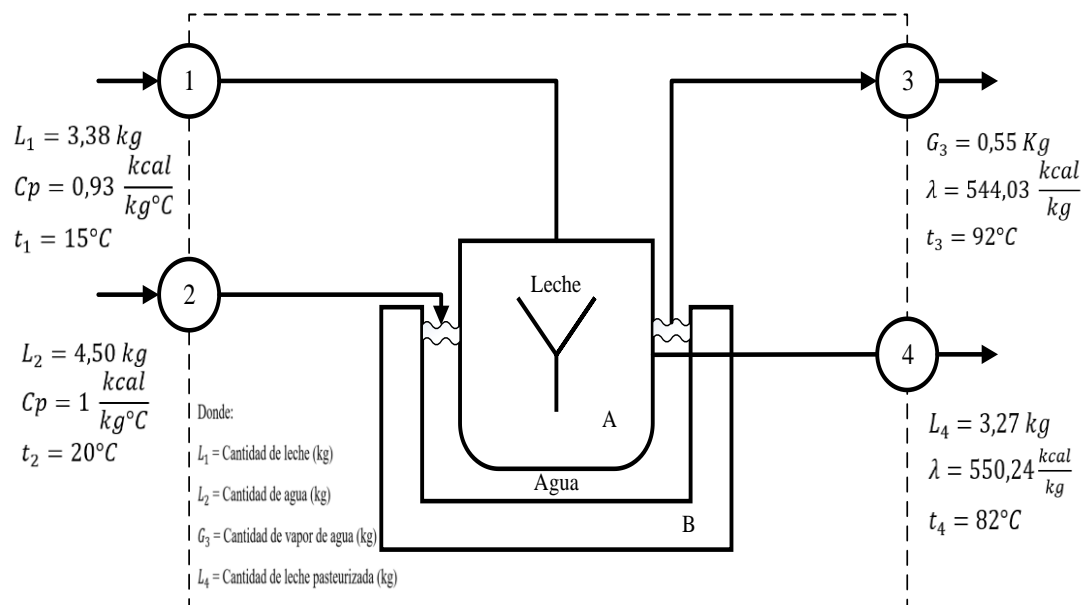
Entalpías de vaporización del agua saturada

Temperatura ($^\circ$ C)	Entalpia de vaporización (λ) (KJ/kg)
82	2303,8
90	2283,0
92	2277,8

Fuente: Vidal, 2014

4.11.1 Balance de energía en la etapa de pasteurización de la leche

El balance de energía se realizó tomando en cuenta para el proceso de pasteurización de la leche para un cálculo en base a 3378,32 g de leche. El sistema utilizado para la pasteurización se observa en la figura 4.37.



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.37. Balance de energía en la etapa de pasteurización

Como se observa en la figura 4.38, el sistema de transferencia de calor que se utilizó para la pasteurización de la leche es un sistema de baño María conformado por dos recipientes de acero inoxidable, en el recipiente A se encuentra leche y en el recipiente B agua; en una cocina industrial.

Para realizar el cálculo del calor requerido para calentar el recipiente B se utilizó la ecuación 4.17.

Datos:

$$m_{\text{Recipiente B}} = 1,895 \text{ kg}$$

$$Q = 1,895 \text{ kg} * 0,114 \frac{\text{kcal}}{\text{kg}^\circ\text{C}} (92 - 20)^\circ\text{C} = 15,55 \text{ kcal}$$

Para realizar el cálculo del calor requerido para calentar el agua se utilizó la ecuación 4.17 y ecuación 4.19.

$$Q = 4,500 \text{ kg} * 1 \frac{\text{kcal}}{\text{kg}^\circ\text{C}} (92 - 20)^\circ\text{C} + 0,55 \text{ kg} * 544,03 \frac{\text{kcal}}{\text{kg}^\circ\text{C}} = 623,22 \text{ kcal}$$

Para realizar el cálculo del calor requerido para calentar el recipiente A se utilizó la ecuación 4.17.

Datos:

$$m_{\text{Recipiente}_A} = 1,155 \text{ kg}$$

$$Q = 1,155 \text{ kg} * 0,114 \frac{\text{kcal}}{\text{kg}^\circ\text{C}} (82 - 15)^\circ\text{C} = 8,82 \text{ kcal}$$

Para realizar el cálculo del calor requerido para pasteurizar la leche se utilizó la ecuación 4.17 y ecuación 4.19.

$$Q = 3,38 \text{ kg} * 0,93 \frac{\text{kcal}}{\text{kg}^\circ\text{C}} (82 - 15)^\circ\text{C} + (3,38 - 3,27) \text{ kg} * 550,24 \frac{\text{kcal}}{\text{kg}^\circ\text{C}} = 271,13 \text{ kcal}$$

Para realizar el cálculo del requerimiento total de calor se utilizó la ecuación 4.18.

$$Q_T = Q_{\text{Recipiente}_B} + Q_{\text{Agua}} + Q_{\text{Recipiente}_A} + Q_{\text{Leche}}$$

$$Q_T = 15,55 \text{ kcal} + 623,22 \text{ kcal} + 8,82 \text{ kcal} + 271,13 \text{ kcal} = 918,72 \text{ kcal}$$

El calor necesario que se requiere en la etapa de pasteurización de la leche es de 918,72 kcal para 3378,32 g de leche dosificada.

4.11.2 Balance de energía en la etapa de fermentación láctica

Para la etapa de fermentación láctica se utilizó un termostato (figura 3.1) con una potencia de 1100 W por un lapso de 4 horas que dará el proceso fermentativo.

Según (Barderas, 1994. Pág. 64), la potencia eléctrica está dada por:

$$\mathcal{P} = \frac{\text{Energía (E)}}{\text{Tiempo (\theta)}} \quad \text{Ecuación 4.22}$$

Despeje y cálculo de la energía eléctrica de la ecuación 4.22:

$$E = \mathcal{P} * \theta$$

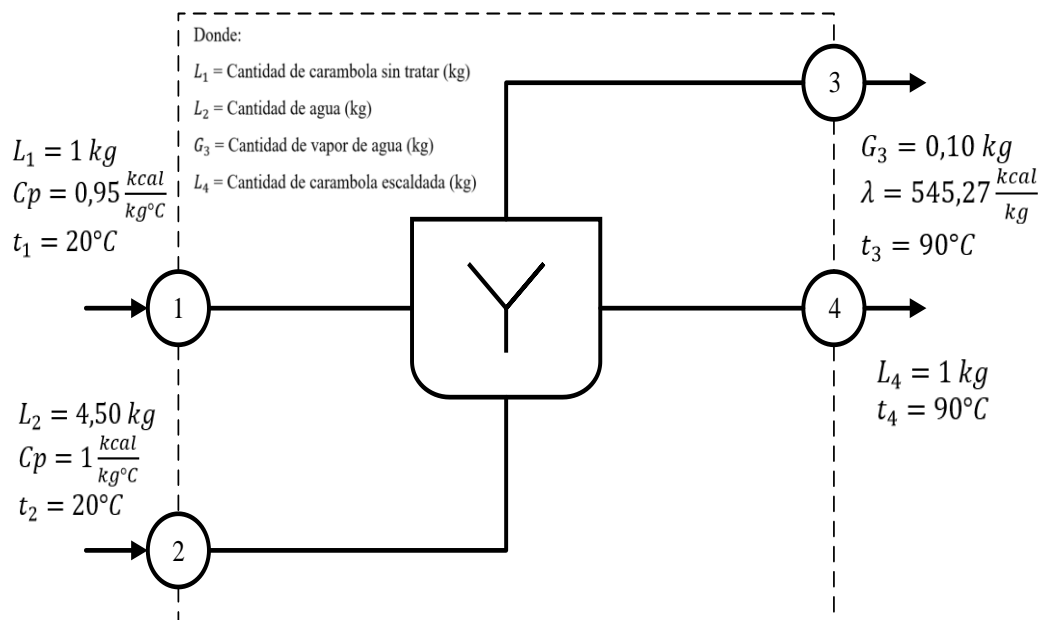
$$E = 1100 \text{ W} * \frac{1 \text{ kcal/h}}{1,163 \text{ w}} * 4 \text{ h}$$

$$E = 3783,32 \text{ kcal}$$

La cantidad de energía eléctrica requerida para llevar a cabo la fermentación láctica durante 4 horas es de 3783,32 kcal para 3268,57 g de leche inoculada.

4.11.3 Balance de energía en la etapa de escaldado de las muestras de carambola

En la figura 4.38, se muestra el proceso de balance de energía de la etapa de escaldado para un cálculo en base a 1000 g de carambola, el proceso se llevó a cabo en un recipiente de acero inoxidable; en una cocina industrial.



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.38. Balance de energía en la etapa de escaldado

Para realizar el cálculo del calor requerido para calentar el recipiente se utilizó la ecuación 4.17.

Datos:

$$m_{\text{Recipiente}} = 1,895 \text{ kg}$$

$$Q = 1,895 \text{ kg} * 0,114 \frac{\text{kcal}}{\text{kg}^\circ\text{C}} (90 - 20)^\circ\text{C} = 15,12 \text{ kcal}$$

Para realizar el cálculo del calor requerido para calentar el agua se utilizó la ecuación 4.17 y ecuación 4.19.

$$Q = 4,500 \text{ kg} * 1 \frac{\text{kcal}}{\text{kg}^\circ\text{C}} (90 - 20)^\circ\text{C} + 0,10 \text{ kg} * 545,27 \frac{\text{kcal}}{\text{kg}^\circ\text{C}} = 369,53 \text{ kcal}$$

Para realizar el cálculo del calor requerido para escaldar las muestras de carambola se utilizó la ecuación 4.17.

$$Q = 1 \text{ kg} * 0,95 \frac{\text{kcal}}{\text{kg}^\circ\text{C}} (90 - 20)^\circ\text{C} = 66,50 \text{ kcal}$$

Para realizar el cálculo del requerimiento total de calor se utilizó la ecuación 4.18.

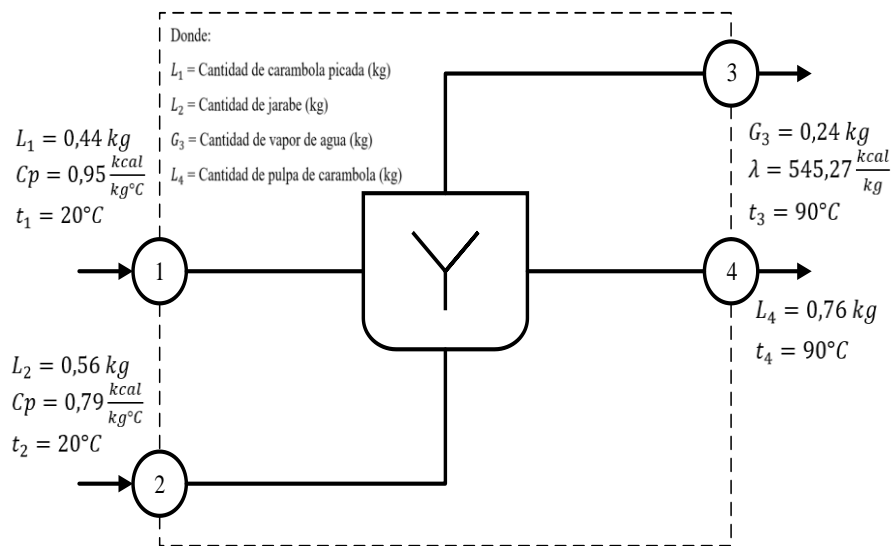
$$Q_T = Q_{\text{Recipiente}} + Q_{\text{Agua}} + Q_{\text{Escaldado}}$$

$$Q_T = 15,12 \text{ kcal} + 369,53 \text{ kcal} + 66,50 \text{ kcal} = 451,15 \text{ kcal}$$

El calor necesario que se requiere en la etapa de escaldado de las muestras de carambola es de 451,15 kcal para 1000 g de carambola.

4.11.4 Balance de energía en la etapa de concentración de la pulpa de carambola

En la figura 4.39, se muestra el proceso de balance de energía de la etapa de concentración de la pulpa de carambola, el proceso se llevó a cabo en un recipiente de acero inoxidable; en una cocina industrial.



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.39. Balance de energía en la etapa de concentración

Para realizar el cálculo del calor requerido para calentar el recipiente se utilizó la ecuación 4.17.

Datos:

$$m_{\text{Recipiente}} = 0,960 \text{ kg}$$

$$Q = 0,960 \text{ kg} * 0,114 \frac{\text{kcal}}{\text{kg}^\circ\text{C}} (90 - 20)^\circ\text{C} = 7,66 \text{ kcal}$$

Para realizar el cálculo del calor requerido para concentrar la pulpa de carambola se utilizó la ecuación 4.17 y ecuación 4.19.

$$Q = \left(0,44 \text{ kg} * 0,95 \frac{\text{kcal}}{\text{kg}^\circ\text{C}} * (90 - 20)^\circ\text{C} \right) + \left(0,56 \text{ kg} * 0,79 \frac{\text{kcal}}{\text{kg}^\circ\text{C}} * (90 - 20)^\circ\text{C} \right) + 0,24 \text{ kg} * 545,27 \frac{\text{kcal}}{\text{kg}^\circ\text{C}} = 191,09 \text{ kcal}$$

Para realizar el cálculo del requerimiento total de calor se utilizó la ecuación 4.18.

$$Q_T = Q_{\text{Recipiente}} + Q_{\text{Concentrado}}$$

$$Q_T = 7,66 \text{ kcal} + 191,09 \text{ kcal} = 198,75 \text{ kcal}$$

El calor necesario que se requiere en la etapa de concentración de la pulpa de carambola es de 198,75 kcal para 436 g de carambola.

CAPITULO V

CONCLUSIONES Y

RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

- Determinado los análisis físicos de la carambola presenta: altura $7,59\pm 0,05$ cm, diámetro $3,89\pm 0,05$ cm, peso $66,95\pm 0,01$, porción comestible (PC) 44,15%, porción no comestible (PNC) 55,85% y °Brix $8,41\pm 0,2$. Los análisis fisicoquímicos presentaron: acidez (ácido cítrico) 0,07%, calcio 11 mg/100g, cenizas 0,47%, fibra 0,29%, fósforo 70,6 mg/100g, materia grasa 0,53%, hidratos de carbono 4,41%, humedad 92,47%, proteína total (Nx6,25) 1,80% y valor energético 9,73 Kcal/100g.
- Realizado los análisis fisicoquímicos de la leche entera presentaron: acidez (ácido láctico) 0,14%, calcio 1176 mg/100g, cenizas 0,62%, densidad relativa 1,0295, fósforo 270 mg/100g, magnesio total 100,0 mg/100g, materia grasa 3,60%, hidratos de carbono 6,64%, humedad 88,11%, pH (20°C) 6,8, proteína total (Nx6,38) 3,03% y valor energético 63,08 Kcal/100g. Para los análisis microbiológicos presentaron: coliformes fecales $6,5\times 10^2$ UFC/ml, escherichia coli $1,6\times 10^2$ UFC/ml y salmonella ausencia P/A/25ml.
- Realizada las pruebas preliminares del yogurt batido sin pulpa se eligió la muestra Y3 con medianas en los atributos sabor (4,45) y acidez (4,25). Para la pulpa de carambola se eligió la muestra PA2 con medianas en los atributos color (4,20), sabor (4,25) y aspecto (4,30). Para el yogurt con pulpa de carambola se eligió la muestra Y303 con medianas en los atributos sabor (4,40), acidez (4,20) y viscosidad (4,20). Estadísticamente, existiendo diferencia significativa entre los tratamientos $p<0,05$.
- Aplicado el diseño factorial 3^2 en el análisis de varianza para la variable respuesta porcentaje de ácido láctico y pH en el proceso fermentativo, el factor C_L (porcentaje de cultivo lácteo) influye directamente de manera significativa $p<0,01$.
- Realizado el control de acidez en el proceso de fermentación, se pudo evidenciar que para la muestra Y001 en 270 minutos presentó (0,71%) y Y002 en 240 minutos (0,68%). En relación al control de pH la muestra Y001 en 270 minutos presentó (pH 4,86) y Y002 en 240 minutos (pH 4,88).

- Realizado el control de acidez del yogurt batido sin pulpa en el almacenamiento, se pudo evidenciar que a los 24 días la muestra YNCC (con conservante) presentó (0,74%) y YNSC (sin conservante) (0,77%). En pH la muestra YNCC (con conservante) presentó (pH 4,56) y YNSC (sin conservante) (pH 4,53).
- Realizado el control de acidez de la pulpa de carambola en el almacenamiento, se pudo evidenciar que a los 63 días la muestra 1B (con conservante) presentó (1,24%) y 1A (sin conservante) (1,32%). En pH la muestra 1B (con conservante) presentó (pH 2,28) y 1A (sin conservante) (pH 1,76).
- Se concluyó que 70% de los jueces prefirieron la muestra Y303 (yogurt frutado con pulpa de carambola) y el 30% de los jueces prefirieron la muestra YPA (yogurt frutado con pulpa de durazno).
- Realizado el control de viscosidad de la muestra referencia (YPA) e ideal (Y303), se evidenció que la muestra Y303 (yogurt frutado con pulpa de carambola) presentó una viscosidad mayor (1690 mPas); en comparación a la muestra YPA (yogurt frutado con pulpa de durazno) (1580 mPas) a 3°C.
- Los análisis fisicoquímicos del yogurt batido sin pulpa presentaron: acidez (ácido láctico) 0,78%, calcio 134,5 mg/100g, cenizas 1,03%, fósforo 102,7 mg/100g, magnesio total 10,7 mg/100g, materia grasa 3,63%, hidratos de carbono 14,30%, humedad 77,44%, pH 4,33, proteína total 3,60% y valor energético 104,27 kcal/100g. Los análisis microbiológicos presentaron: coliformes fecales $< 1,0 \times 10^1$ (*) UFC/g, escherichia coli $< 1,0 \times 10^1$ (*) UFC/g, mohos y levaduras $< 1,0 \times 10^1$ (*) UFC/g.
- Realizado los análisis fisicoquímicos de la pulpa de carambola presentaron: acidez (ácido cítrico) 0,86%, calcio 6,2 mg/100g, cenizas 0,26%, fibra no detectable, fósforo 11,5 mg/100g, materia grasa 0,20%, hidratos de carbono 25,53%, humedad 72,82%, pH 2,01, proteína total 1,19% y valor energético 108,68 kcal/100g. Los análisis microbiológicos presentaron: escherichia coli $< 1,0 \times 10^1$ (*) UFC/ml, mohos y levaduras $< 1,0 \times 10^1$ (*) UFC/g.

- En relación a los análisis fisicoquímicos del yogurt con pulpa de carambola presentaron: acidez (ácido láctico) 0,85%, calcio 134,9 mg/100g, cenizas 0,87%, fósforo 201,7 mg/100g, magnesio total 11,4 mg/100g, materia grasa 3,43%, hidratos de carbono 15,14%, humedad 77,01 %, pH 4,26, proteína total 3,55% y valor energético 105,63 kcal/100g. Los análisis microbiológicos presentaron: coliformes fecales $< 1,0 \times 10^1$ (*) UFC/g, escherichia coli $< 1,0 \times 10^1$ (*) UFC/g, mohos y levaduras $< 1,0 \times 10^1$ (*) UFC/g.
- El control de acidez del yogurt con pulpa de carambola durante el almacenamiento, evidencio que a los 24 días la muestra YFCC (con conservante) presentó (0,83%) y YFSC (sin conservante) (0,87%). Para el pH la muestra YFCC (con conservante) (pH 4,17) y YFSC (sin conservante) (pH 4,09).
- Realizado el balance de materia se evidencio que partiendo de 3088,50 g de leche entera y 1000 g de carambola se llegó a obtener 3724,65 g de yogurt frutado con pulpa de carambola.

5.2 Recomendaciones

- Se recomienda implementar una pequeña planta piloto de elaboración de yogurt frutado con pulpa de carambola en la provincia Cercado para poder ofrecer un producto innovador a la población y coadyuvar al consumo y producción de la carambola por sus propiedades benéficas.
- Se recomienda realizar trabajos de investigación que involucre la incorporación de otras pulpas de frutas exóticas como el caqui y copoazú en el yogurt batido con el fin de aprovechar sus componentes nutricionales en benéfico de la salud.
- Se recomienda seguir trabajando en el estudio de la obtención de pulpa concentrada de carambola para mejorar de alguna manera sus propiedades fisicoquímicas, microbiológicas y organolépticas.