

1.1 ANTECEDENTES

Se desconoce el origen exacto del manzano, aunque se cree que se originó en el Suroeste de Asia, pertenece a la inmensa familia de las rosáceas, donde una mezcla de especies nativas *Malus* pudieron dar un fruto de tamaño y calidad atractivos para el hombre. Los primeros pasos en la proliferación de este frutal pudieron iniciarse en el Medio Este o Suroeste de Europa con la tecnología utilizada por los griegos y romanos (Ramírez, 1993).

En el siglo XVII, las manzanas viajaron desde Europa a Norte América con los nuevos colonos y los primeros pomares se establecieron en 1625, con la ayuda de los indios e itinerantes, tales como el legendario Jhonny Applesed, se cultivaron y dispersaron rápidamente a lo largo del continente Americano (Francis, 1997).

En América del sur fueron los inmigrantes italianos los que han introducido el cultivo de manzanos en la Republica Argentina y en el Brasil en 1958 se instala los primeros cultivos de manzanos. En nuestro departamento el fomento al cultivo de manzanos tuvo su inicio con el PRODIZAVAT, en el año 1995.

El manzano es una de las especies frutales más ricas y antiguas del mundo. En informaciones recientes se especula que ni los romanos ni los griegos fueron pueblos que haya desarrollado dicho fruto. Se piensa que ambos grupos adquirieron, por herencia, los conocimientos sobre el manzano de otros pobladores desconocidos hasta ahora (Ramírez, 1993).

La manzana es la fruta de árbol más popular del mundo. Ha sido considerada artículo de lujo tiene sobre 4000 años de historia, y se ha tejido en la fábrica de nuestras vidas diarias. Es refrescante, nutritiva y se presta para una serie extraordinaria de usos culinarios. Muchas variedades de manzana, aproximadamente 6000 han sido registradas, algunas han dejado de utilizarse corrientemente debido al incremento de variabilidad en la maduración artificial (Francis, 1997).

En la actualidad se localiza a la manzana virtualmente en todas las regiones templadas del globo terrestre. Es importante mencionar, sin embargo que el avance en

la ciencia y tecnología agrícola ha permitido en años recientes que este importante frutal sea cultivado en regiones subtropicales y a nivel del mar como es el caso de la costa de Hermosillo en México y otros países como Venezuela, Israel, Filipinas y Tailandia. En la década de los ochenta, la producción mundial de manzanas ha aumentado notablemente como resultado de la incorporación de nuevos cultivares y sistemas de producción (Ramírez, 1993).

Los mayores productores son: Estados Unidos, Francia, Alemania, España, Argentina, Holanda, Japón e Italia. En América del Sur los países productores más importantes Argentina, Chile (Francis, 1997). Bolivia cuenta con zonas templadas de valles mesotérmicos en varios departamentos del país y presenta condiciones favorables para la producción frutícola, tanto de los sembradíos comerciales como de las frutas silvestres que unida a otros factores condicionan para el cultivo de árboles frutales.

La manzana (*Pyrus Malus*), es el fruto del manzano de pulpa carnosa con sabor acidulado o algo azucarado. El fruto varía de acuerdo a la variedad, el ambiente, etc., puede presentar características organolépticas diferentes, su pulpa puede ser firme o delicada y bastante lábil (Charley, 1997).

1.2 PRODUCCIÓN DE MANZANA EN BOLIVIA

En la tabla 1.1, se observa la producción, superficie y rendimiento de manzana en Bolivia en el año 2002.

Tabla 1.1
Producción de manzana de Bolivia

Departamento	Superficie (hectáreas)	Producción (toneladas)	Rendimiento (kg/hectárea)
Chuquisaca	584	4176	7154
Cochabamba	379	2229	5883
Potosí	184	1319	7157
Tarija	164	1016	6201
Santa Cruz	97	638	6562
La Paz	77	431	5610
Bolivia	1485	9810	6606

Fuente: Unidad de estadísticas agropecuarias y rurales – MACIA 2002

La cantidad total de manzana producida en Bolivia es de 9810 toneladas, con un rendimiento de 6606kg/hectárea. Se puede observar en la tabla 1.1 que Tarija ocupa el cuarto lugar entre los departamentos de mayor producción de manzana.

1.3 JUSTIFICACIÓN

- La manzana y su carácter de producto perecedero, es un factor de riesgo económico para el productor del cual surge la necesidad de utilizar técnicas alternativas, que contribuyan a solucionar los problemas que se presentan en aquellas materias primas valiosas para su industrialización.
- La manzana es una fruta lábil y perentoria que se deteriora muy rápidamente en condiciones normales, tanto por el manipuleo como por el transporte inadecuado, desde los lugares de producción hasta los diferentes mercados de consumo. Por lo tanto, el agricultor no incentiva su producción y más aun por la ausencia de industrias procesadoras de este tipo.
- Actualmente, la manzana es consumida en forma natural, compotas, y repostería. Con la elaboración de “pasta de manzana”, se propone otra alternativa de consumo de esta materia prima que es rica en carbohidratos, vitaminas y calorías previstas estas en la dieta alimentaria como así también podría favorecer el ingreso económico de este sector agropecuario.

- Con el presente trabajo de investigación, se pretende dar nuevas alternativas e incentivo al cultivo de manzana en el departamento; generando nuevas fuentes de trabajo para las zonas productoras de manzana y coadyuvar a fortalecer la seguridad alimentaria aprobado por la FAO, que tiene como objetivo fortalecer las políticas de control y mejorar la calidad de los alimentos.
- Se muestra en la tabla 1.2 la producción de manzana en la provincia Méndez del departamento de Tarija es significativo en sus rendimientos productivos por año. Pudiendo observarse que la producción de manzana se ha incrementado considerablemente, creemos contar con una producción considerable para realizar el trabajo de investigación aplicada.
- En base a diferentes pruebas de injertos realizados el centro piloto de Coimata determinaron que los plantines de manzana que más se adaptan al Valle Central son de las variedades Anna y Gala entre otras. De esta manera tuvo una difusión muy importante en cuanto a su distribución. El PRODIZAVAT en el año 1995, entregó plantines de manzana al sector campesino de la provincia Méndez, el cual incrementó la producción de manzana.

Tabla 1.2
Producción de manzana en la provincia Méndez

Año	Superficie (hectáreas)	Producción (toneladas)	Rendimiento (kg./hectáreas)
1995 - 1996	57	667	11,702
1996 - 1997	71	959	13,507
1997 - 1998	90	1378	15,311
1998 - 1999	110	1980	18,000

Fuente: citado por Ramírez, 1999

1.4 OBJETIVOS

Los objetivos propuestos en el presente trabajo de investigación son:

1.4.1 OBJETIVO GENERAL

Elaboración de pasta de manzana, variedad Anna a partir de la técnica de conservación de frutas con la finalidad de obtener un producto de calidad.

1.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Los objetivos específicos a alcanzar con este trabajo de investigación son:

- Determinar las características físicas y fisicoquímicas de la materia prima.
- Determinar el tiempo y método de escaldado de la muestras de manzana.
- Determinar la variación del contenido de ácido ascórbico en el proceso de escaldado.
- Determinar la cantidad de azúcar y ácido cítrico en el proceso de concentración de la pasta.
- Determinar el grado de arenosidad de la pasta de manzana.
- Determinar el afinado del atributo arenosidad en el puré.
- Determinar la influencia de los sólidos solubles en el proceso de concentración inicial del puré y final de la pasta.
- Determinar la influencia de la cantidad de esencia de manzana en el proceso de concentración de la pasta.
- Determinar las propiedades fisicoquímicas, microbiológicas y evaluación sensorial del producto terminado.
- Control de calidad del producto mediante análisis microbiológicos y evaluación sensorial.
- Determinar los balances de materia y energía del proceso de elaboración de pasta de manzana.
- Determinar los costos unitarios del proceso de elaboración de pasta de manzana a nivel experimental.

2.1 ORIGEN

Se cree que el manzano, se originó en el suroeste de Asia, donde una mezcla de especies nativas *Malus* pudieron dar un fruto de tamaño y calidad atractivos para el hombre (Ramírez, 1993).

Entre sus antecesores está el manzano silvestre *Malus pumila* que es nativo de Europa, Sudoeste de Asia y el Himalaya. Los manzanos silvestres, con su amarga fruta muy pequeña, se pueden encontrar creciendo silvestres en setos (Francis, 1997).

En América del Sur fueron los inmigrantes italianos los que han introducido el cultivo de manzanos en la república Argentina y en el Brasil en 1958. La variedad Anna se encuentra en las áreas costeras de Israel, introducida en Perú en 1974 - 1975 por el ingeniero Zeer Markus de la Universidad Nacional Agraria "la Molina". En Coimata fue introducido enero del año 1982 como yemas de injertos y fue estabilizado en su adaptación mediante los injertos (PRODIZAVAT, 1995).

2.2 TAXONOMÍA DE LA MANZANA

La clasificación taxonómica de la manzana se puede observar en la tabla 2.1:

Tabla 2.1
Clasificación taxonómica

Reino	Vegetal
División	Traqueofitas
Subdivisión	Pteropsidas
Clase	Angiospermas
Subclase	Dicotiledóneas
Orden	Rosales
Familia	Rosaceae
Género	<i>Pyrus</i>
Especie	<i>Malus</i>

Fuente: Ramírez, 1993

2.3 DESCRIPCIÓN DE LA PLANTA

El manzano como especie, es un frutal caducifolio de clima templado considerado entre los más antiguos. Es un árbol de tercera dimensión, pues su altura alcanza como

máximo 10m. de altura y tiene una copa globosa. Tronco derecho que normalmente alcanza de 2,00 a 2,50 m. de altura, con corteza cubierta de lenticelas, lisa, adherida, de color ceniciento verdoso sobre los ramos y escamosa y gris parda sobre las partes viejas del árbol. Tiene una vida de unos 60 - 80 años. Las ramas se insertan en ángulo abierto sobre el tallo, de color verde oscuro, a veces tendiendo a negruzco o violáceo, los brotes jóvenes terminan con frecuencia en una espina (Ramírez, 1993).

En cuanto a la variedad Anna fue obtenida por cruzamiento mediante la sección de injertos entre la variedad Golden Delicious y la variedad Adassia Red. Planta semi enana, pero vigorosas ramas abiertas, las hojas de tamaño mediano y dentadas (figura 2.1) (PRODIZAVAT, 1995).

Figura 2.1
El manzano



2.3.1 TALLO

El tallo es un órgano que se desarrolla a partir de un embrión de la semilla; al principio es herbáceo y efectúa cierta acción de fotosintética, función que posteriormente pierde al hacerse leñoso y constituirse en el tronco definitivo (Ramírez, 1993).

2.3.2 HOJAS

Las hojas del manzano son caducas, alternas, acuminadas (es decir, terminan en una punta corta, aserrada y con dientes obtusos) y son de un color verde oscuro por el haz y leñosas y blanquecino por el envés y lo doble de largo que el peciolo, de cuatro a ocho nervios alternados y bien desarrollados (Ramírez, 1993).

2.3.3 FLOR

Las flores son del grupo pentámero, grandes, casi sentadas o cortamente pedunculadas con los estambres en la parte alta del pistilo; Se abren unos días antes que las hojas. Son hermafroditas, de color rosa pálido (figura 2.2), a veces blancas y en número de 3 - 6 unidades en corimbo (Infoagro, 2002).

Figura 2.2
Flor



2.3.4 RAÍCES

La raíz del manzano no es típica, rastrera, ramificada, con derivaciones secundarias extendidas y una masa de raicillas, en conjunto, formando la cabellera, poseen cofia y pelos absorbentes y alcanzan una longitud vertical de 1,50 a 2,00m y una longitud horizontal de 3,00 a 6,00m (Ramírez, 1993)

2.3.5 FRUTO Y SEMILLA

El fruto es un pomo globoso, con pedúnculo corto y numerosas semillas de color pardo brillante (Infoagro, 2002). En la variedad Anna es de tamaño mediano (figura 2.3), de forma cónica - cilíndrica pedúnculo corto fino, la epidermis de color roja oscuro, su pulpa de color crema consistente, succulenta y de acidez media. Su producción estable de 20 a 30kg por árbol, respondiendo a una densidad de 833 plantas por hectárea (PRODIZAVAT, 1995).

Figura 2.3
Fruto



2.4 CULTIVO

Los árboles de la manzana son fáciles de cultivar y con poco cuidados, producen una cantidad de frutas deliciosas (Francis, 1997).

En el periodo de existencia del programa frutícola se han realizado grandes esfuerzos para capacitar a grupos de agricultores en el manejo del cultivo de frutales estos esfuerzos, se han tenido resultados positivos particularmente en las comunidades de tomatas Grande, Erquis Norte y Sur, Coimata, La Victoria y Tucumillas (tabla 2.2) (PRODIZAVAT, 1995).

Tabla 2.2
Frutales caducifolios especies y variedades cultivadas en las diferentes comunidades

Comunidades	Especie	Variedades
Tucumillas	Manzanos	Royal, Gala, Belgolden, Mutsu y Winter Banana
Tomatas Grande	Manzanos	Gala, Royal Gala y Belgolden
Corana, Canasmoro	Manzanos	Gala, Royal Gala, Belgolden, Mutsu y Winter Banana
Trancas, Carachimayu	Manzanos	Gala, Royal Gala y Belgolden
Las Barrancas, Lajas, San Lorenzo	Manzanos	Anna, Dorsett Golden, Gala, Royal Gala y Belgolden
Santa Bárbara, El Rancho	Manzanos	Anna y Dorsertt Goleen
El Rancho	Manzanos	Anna y Dorsertt Golden
Sella Méndez, Chaupicancha Sella Quebradas	Manzanos	Anna, Royal Gala, Gala y Belgolden, Mutsu, Winter Banana, y Dorsertt Golden
La Victoria, Coimata, Oropeza Erquis Norte y Sud	Manzanos	Royal Gala, Gala y Belgolden, Mutsu, Winter Banana, Anna y Dorsertt Goleen
San Mateo, Monte Cercado, Lourdes, San Luis	Manzanos	Anna y Dorsertt Goleen

Fuente: PRODIZAVAT, 1995

2.5 EXIGENCIAS CLIMÁTICAS

Describimos a continuación las exigencias climáticas que presenta el cultivo de la manzana.

2.5.1 CLIMA

El manzano es de climas templados pero requieren un amplio grado de frío (Ramírez, 1993).

2.5.2 TEMPERATURA

El manzano es más resistente que el peral y no necesita tanta cantidad de calor y luz para la maduración. Sufre menos con el exceso de frío que con el calor y prefiere los climas húmedos a los secos. Las flores son sensibles a las heladas tardías de primavera, la utilización de riego anti-heladas u otros sistemas de protección son habitualmente en aquellas zonas con elevado riesgo. El manzano soporta temperaturas inferiores a los -10°C , sin que por ello se afecte su corteza, aunque al descender por debajo de los -15°C pueden perderse algunas yemas florales (Infoagro, 2002).

2.5.3 SUELO

El manzano se adapta a la mayoría de los terrenos (Infoagro, 2002). Requiere de suelos profundos con un perfil de un metro de profundidad esto para conseguir un buen anclaje del árbol y expansión de la raíz. En cuanto a la textura prefiere franco-arcilloso, arcillo-calizo o arcillo-silíceos frescos (PRODIZAVAT, 1995). El agua estancada le resulta perjudicial y tolera el césped mejor que ningún frutal (Infoagro, 2002). La utilización de abonos es beneficioso sobre todo en los suelos livianos y pobres en materia orgánica (PRODIZAVAT, 1995).

2.5.4 RIEGO

El riego es importante para iniciar la ruptura de la dormancia, requiere de un riego copioso y lograr de esta forma que las yemas florales puedan hincharse. Al margen de esto e iniciada la brotación se necesita un riego cada 8 a 10 días cuando el terreno es

arenoso y cada 15 a 17 días en terrenos francos arcillosos (PRODIZAVAT, 1995). El sistema de riego más empleado es la manta o inundación. Aunque en estos últimos tiempos es cada vez más frecuentes la utilización de riego localizado, bien sea por goteo o por microaspersión. En este caso se utiliza fertirrigación (Infoagro, 2002).

2.6 LA MANZANA COMO MATERIA PRIMA

Las frutas se caracterizan por su contenido en vitaminas minerales ligadas orgánicamente, ácidos de frutas sustancia energética y por su contenido en sustancias aromáticas y saborizantes (Soughgate, 1992). Según la variedad, las manzanas pueden ser redondeadas, alargadas o achatadas y pueden variar de color desde el rojo hasta el verde y la pulpa puede variar de color desde blanca a rosa. Las manzanas también varían su sabor desde muy ácidas a muy dulces, y la textura puede ser crujiente, jugosa suave (Club gourmet, 2003). La manzana es una de las especies de frutas dulces de mayor difusión a escala mundial, debido fundamentalmente a:

- Su facilidad de adaptación a diferentes climas y suelos.
- Su valor alimenticio y terapéutico
- La calidad y diversidad de productos que se obtienen en la industria transformadora (Infoagro, 2002).
- La variedad Anna es de tamaño mediano de color rojo y su pulpa de color crema consistente de acidez media, de textura harinosa (PRODIZAVAT, 1995).

Existe una diversidad de productos que se elaboran con las manzanas, a continuación podemos mencionar algunos productos.

- Manzanas al jugo
- Mermeladas de manzana
- Jaleas de manzana
- Carnes de manzana
- Pastas de manzana
- Caramelos

- Zumos y concentrados
- Bebidas alcohólicas
- Panes
- Vinagre
- Cocina y la repostería
- Uso medicinal

En este último punto podemos decir que la manzana es en si misma un compendio de virtudes medicinales: antidiarreica, laxante, diurética y depurativa, hipolipemiente, tónico y equilibradora del sistema nervioso (Infoagro, 2002). La manzana es un alimento-medicina ideal en todas las enfermedades crónicas como: afecciones digestivas y respiratorias, artritis, hepatopatías (afecciones del hígado), afecciones renales, cardiopatías (afecciones del corazón), hipertensión, arteriosclerosis, obesidad, etc. (Infoagro, 2002),

2.7 CALIDAD NUTRITIVA

Las frutas son apreciadas por su atractivo color, por su aroma agradable debido principalmente a los aldehídos, alcoholes, ésteres, por su sabor agrisado y por su textura suave y crujiente debido a células infladas de agua, por nutrientes con que contribuyen a la alimentación (Charley, 1997). En la tabla 2.3, se muestra la composición nutricional de la manzana.

Tabla 2.3
Composición nutricional de la manzana en 100 gramos parte comestible

Componentes	Cantidad	Unidad
Valor energético	56,00	cal
Humedad	84,80	%
Proteína	0,20	g
Grasa	0,60	g
Carbohidratos totales	14,10	g
Calcio	7,00	mg
Fósforo	10,00	mg
Hierro	0,30	mg
Vitamina B ₁ (tiamina)	0,03	mg
Ácido ascórbico	7,00	mg
Riboflavina	0,02	mg
Niacina	0,10	mg
Sodio	1,00	mg
Potasio	110,00	mg

Fuente: Tabla de composición de alimentos bolivianos, 1984

Como se puede ver en la tabla 2.3, la manzana tiene el 80 a 85% de agua y son bajas en calorías lo cual la hace buena para dietas de reducción de peso, las proteínas constituyen en un 1 a 2%, los carbohidratos 2 a 4%, tiene un elevado contenido de potasio y bajo en sodio, como su alto contenido en ácido ascórbico (vitamina C), esta depende de su variedad en una proporción de 3 a 30mg por 100g de porción comestible (Francis, 1997). Con todos estos aportes a la dieta humana y desde el punto de vista dietético de la manzana están ampliamente reconocidas, tanto por los profesionales de la nutrición como a nivel popular (Infoagro, 2002).

2.8 CONSERVACIÓN POR AZÚCAR

La conservación de fruta mediante la adición de azúcar sigue siendo uno de los métodos más populares (Southgate, 1992). La mayor utilización del azúcar como conservador se da en la fabricación de pastas de frutas, dulces, mermeladas, jaleas, etc..Esto comprende la ebullición de la fruta con el azúcar durante un tiempo adecuado para desarrollar una estructura de gel, dependiendo del tipo de producto a obtener y de la fruta a utilizar (Holdsworth, 1988).

Las frutas una vez cosechadas se les acorta rápidamente su duración debido a la acción de las bacterias, hongos, mohos, levaduras, enzimas, etc. (Lacerca, 1987). El uso del azúcar en altas concentraciones reduce la actividad acuosa de los alimentos a conservar, en forma análoga a la desecación (Lewis, 1993).

Las conservas elaboradas de frutas y hortalizas se basan en el principio denominado actividad de agua. La actividad de agua es el agua libre disponible para racionar y permitir el desarrollo de los microorganismos; mientras menor actividad de agua, menor la incidencia de reacciones deteriorantes. Otro principio en que está basado la elaboración de conservas de frutas es el principio altos sólidos - alto ácido (Desrosier, 1995), de manera que el producto terminado presente niveles altos de acidez y debido a este pH la mayoría de los microorganismos no pueden desarrollarse en el producto terminado (Coronado, 2001). Se puede establecer la siguiente clasificación debido a las diferencias que existen en sus distintas elaboraciones:

- Cremas o carnes
- Mermeladas
- Dulces de frutas en trozos
- Frutas glaseadas, abrillantadas
- Jaleas
- Pasta de fruta

2.9 PASTA DE FRUTA

Se entiende como pasta o puré de manzanas al producto obtenido del desmenuzado o triturado de manzanas que será finamente tamizado, tal manera tenga una consistencia moderadamente espesa pero no excesivamente firme o bastante fluida, de manera que se nivele por si misma (Norma CODEX, 1981). La pasta de manzana, es una conserva de fruta que consiste en la cocción de pulpa de fruta tamizada y azúcar. Aunque la proporción de azúcar en relación con la fruta es menor que en la mermelada. Las pastas de frutas son poco espesas, se puede decir de

consistencia semisólida, suaves y se pueden extender como la mermelada (Soughgate, 1992).

2.10 DESCRIPCIÓN DE LOS INSUMOS Y REACTIVOS

Para la elaboración de pasta de manzana forman parte los siguientes insumos y reactivos:

2.10.1 AZÚCARES

Los azúcares se evalúan por el sabor dulce que imparten a los alimentos. Lo dulce de los frutos maduros se debe a los azúcares presentes. La sacarosa, fructosa y la glucosa forman la mayor parte de los carbohidratos encontrados en las frutas (Charley, 1997).

Los azúcares son alimentos de tipo energético que junto con otros hidratos de carbono superiores (almidones de distintas fuentes y glucógeno), constituyen en general más del 50% de la dieta humana. Los azúcares principales en la actualidad son: la sacarosa, glucosa, miel y otros azúcares en cantidades inferiores (levulosa, lactosa, maltosa, etc.) (Montes, 1991).

2.10.1.1 SACAROSA

La sacarosa constituye actualmente el azúcar predominante en la producción mundial (Montes, 1991). Dos son las fuentes principales de la preparación industrial de la sacarosa: la caña de azúcar y la remolacha azucarera (Madrid, 1994).

La sacarosa es un disacárido formado por una molécula del monosacárido glucosa (dextrosa) con una del monosacárido fructosa (levulosa) a través de los carbonos 1 y 2 y con la pérdida de una molécula de agua (Charley, 1997).

2.10.1.2 NATURALEZA QUÍMICA

Su fórmula empírica de la sacarosa es $C_{12}H_{22}O_{11}$ y su peso molecular es de 342,30g/mol, se funde a unos 170 - 180°C y es muy soluble en agua; se hidroliza en soluciones ácidas, liberando sus dos componentes glucosa y fructosa (Madrid, 1994).

2.10.1.3 SOLUBILIDAD

La sacarosa es altamente soluble en el agua, más que la glucosa, aunque menos que la fructosa. La lactosa es el menos soluble de los azúcares comunes. La solubilidad de cualquier azúcar en el agua aumenta con el incremento en la temperatura. La tabla 2.4 proporciona la solubilidad de la sacarosa en el agua a diferentes temperaturas, cuando la cantidad de sacarosa especificada en la tabla 2.4, se disuelve en 100g de agua a una temperatura determinada (Charley, 1997).

Tabla 2.4
Efecto de la temperatura sobre la solubilidad de la sacarosa

Temperatura (°C)	Sacarosa (g)
0	179,20
10	190,50
20	203,90
30	219,50
40	238,10
50	260,40
100	487,20
115	669,00

Fuente: Charley, 1997

2.10.1.4 EFECTO DE LA SACAROSA SOBRE EL PUNTO DE EBULLICIÓN DEL AGUA

Una sustancia que se disuelve en el agua como el azúcar, eleva el punto de ebullición. Cada mol de sacarosa (342,30g) disuelto en un litro de agua eleva el punto de ebullición en 0,52°C (Charley, 1997).

2.10.1.5 UTILIZACIÓN DE LA SACAROSA EN LA ELABORACIÓN DE PASTA DE FRUTA

La sacarosa o azúcar común es el edulcorante más universalmente utilizado en toda clase de productos alimenticios (Madrid, 1994). La mayor utilización de la sacarosa como conservador se da en las fábricas de pasta de frutas, mermeladas, dulces, jaleas, etc. (Holdsworth, 1988). El azúcar juega un papel muy importante en la preparación

de pastas de fruta; ya que se debe a las buenas propiedades de conservación (Madrid, 1994), como ser fermentación y cristalización (Coronado, 2001).

2.10.2 ÁCIDO CÍTRICO

Es un acidulante por naturaleza (Ficha técnica de Telchi, 2003). El contenido de ácido cítrico varía entre las distintas frutas (Meyer y Col, 1996).

El ácido cítrico, cuyas funciones más importantes son de acidulante, buffer, agente quelante por lo mismo, tiene un efecto sinérgico con los oxidantes. Se utiliza ampliamente en las industrias alimenticias, en la fabricación de dulces, cárnicos, mermeladas, pasta de frutas, etc. Como también en otras industrias de bebidas y farmacéutica, para impartir un sabor agrio, refrescante y limpio (Ficha técnica de Telchi, 2003).

En la elaboración de dulce mermeladas, pasta de frutas el ácido cumple un papel muy importante modifica el sabor, textura, control de pH y estabilización de las proteínas. El ácido es importante no solo para la gelificación de la pasta de fruta o para la mermelada si no también para conferir brillo al color de la mermelada, mejora el sabor y ayuda a evitar la cristalización del azúcar (Coronado, 2001).

2.10.3 ÁCIDO ASCÓRBICO

También es conocido como vitamina C. Este compuesto, se presenta de manera natural en varias frutas y hortalizas. Sus propiedades son: antioxidante, acidulante agente vitamínico (Ficha técnica de Telchi, 2003). Esta vitamina es muy sensible a la oxidación y muy estable en ausencia del oxígeno, es soluble en agua por lo que tiende a eliminarse en la cocción (Coronado, 2001), sus aplicaciones como antioxidante y fortificador en bebidas, como mejorador para harinas y como vitamina y antioxidante en productos alimenticios e industria farmacéutica (Ficha técnica de Telchi, 2003).

2.10.4 SABORIZANTES

Los agentes saborizantes son la clase más amplia de aditivos para alimentos; se dispone más de 1000 sabores sintéticos y naturales. La mayoría de estos son sabores naturales: extractos y concentrados de los naturales cuyo sabor se desea igualar. Estas

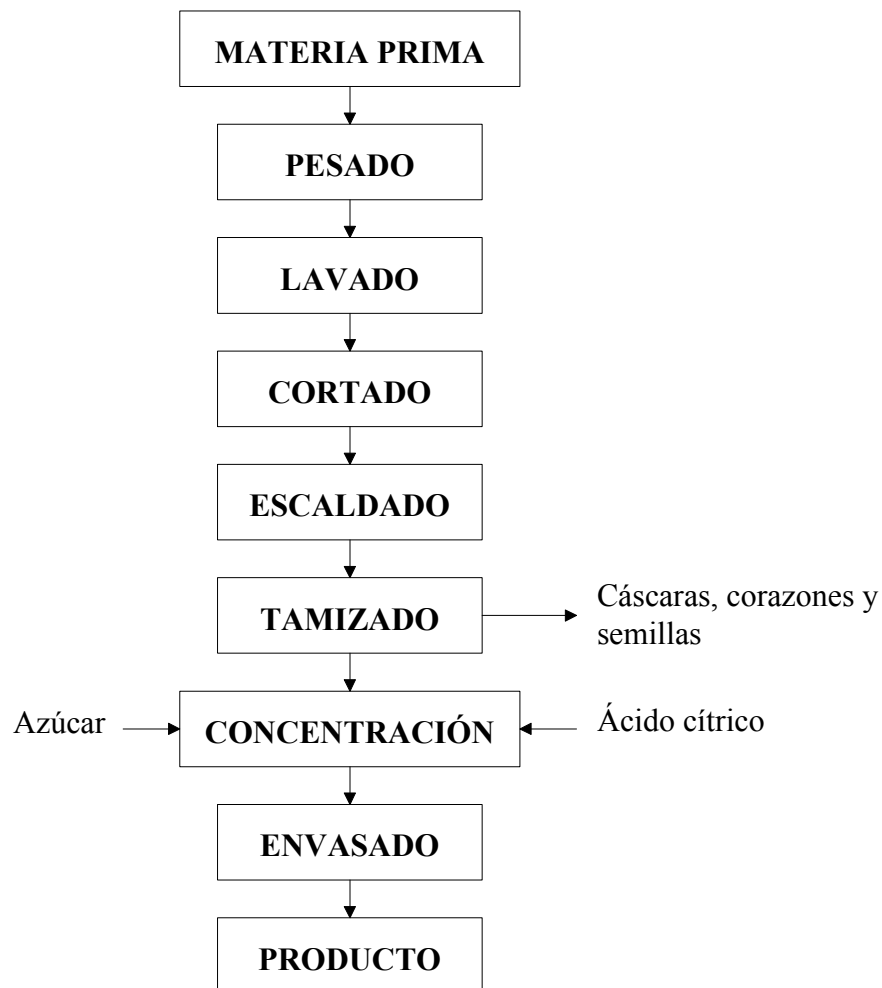
sustancias proporcionan sabor y olor a los productos alimenticios a los que se incorpora, juegan un papel importante en el consumo y aceptación de los alimentos (Wittcoff, 1991).

El propósito principal que se busca al añadir estas sustancias a los productos, es compensar las pérdidas en el proceso de elaboración de dichos productos, de esta manera el producto recupera sabor y olor desvirtuados y aumenta su aceptabilidad (Wittcoff, 1991).

2.11 ESTADO DE LA TÉCNICA DE PASTA DE FRUTA APARTIR DE MANZANA

En la Figura 2.4, se muestra el estado de la técnica de la elaboración de la pasta de manzana.

Figura 2.4
Proceso para la elaboración de pasta de fruta a partir de manzana



2.11.1 MATERIA PRIMA

Se seleccionan las manzanas en buen estado y se descartan aquellas que estén podridas o muy dañadas (Sougthgate, 1992).

2.11.2 PESADO

El pesado nos permitirá calcular cuanto de azúcar se agregará, cuya relación es de 10 - 20% de azúcar, en función de la cantidad del peso de la fruta (Sougthgate, 1992).

2.11.3 LAVADO

Se lava la fruta con agua potable para eliminar totalmente impurezas o porciones dañadas en la cáscara (Soughgate, 1992).

2.11.4 CORTADO

Después del lavado se divide la fruta en cuartas partes para facilitar el ablandamiento de la misma (Soughgate, 1992).

2.11.5 ESCALDADO

Terminado el cortado se realiza la cocción de las manzanas hasta que la fruta esté bastante blanda (Soughgate, 1992).

2.11.6 TAMIZADO

Se trituran las manzanas cocidas a través del tamiz de malla 0,750 μ - 0,710 mm; la cual será tamizada la fruta para obtener una pulpa fina y eliminar de esta manera las semillas y todos los restos de cáscara (Soughgate, 1992).

2.11.7 CONCENTRACIÓN

La concentración debe ser en dos partes, la primera es hasta alcanzar la evaporación de la mayor cantidad de agua presente en la fruta y llegar de esta manera a 17°Brix, en la segunda parte, ya habiendo alcanzado los °Brix requeridos se agrega el azúcar, ácido cítrico y la concentración en esta etapa debe llegar a 20 ó 25°Brix (Soughgate, 1992).

2.11.8 ENVASADO

El envasado se lo realiza en caliente; donde el producto se verterá en los envases de vidrio y deben cerrarse inmediatamente (Soughgate, 1992).

2.11.9 PRODUCTO

El producto final es una pasta de manzana cremosa, suave y unttable, con baja concentración de azúcar (Soughgate, 1992).

2.12 FORMULACIÓN BASE DE PASTA DE MANZANA

En el presente trabajo de investigación, se tomaron en cuenta la combinación de dos formulaciones (tabla 2.5) para la elaboración de pasta de manzana.

Tabla 2.5
Formulación de pasta de manzana

Detalle	Formulación I *	Formulación II **
Manzanas	20,00kg	1,00kg
Método de escaldado	Vapor de agua	Agua a ebullición
Tiempo de escaldado	(6 – 16) minutos	(7 – 17) minutos
Azúcar	1,60kg	0,15kg
Ácido cítrico	-----	0,001kg
°Brix final	20°Brix	25°Brix

Fuente: Club gourmet, 2003 * y Soughgate, 1992**

2.13 LA EVALUACIÓN SENSORIAL DE LOS ALIMENTOS

Uno de los objetivos del estudio de los alimentos es desarrollar la capacidad para preparar y servir alimentos más apetitosos. Para evaluar los alimentos se debe saber que características buscar y tener un vocabulario adecuado para describir la diferencia de calidad en alimentos. El vocabulario para la caracterización de los alimentos no es tan completo, ni tan precioso como sería de desear (Charley, 1997).

El análisis sensorial puede ser definido como el método experimental mediante el cual los jueces perciben y califican, caracterizando y /o mensurando, las propiedades sensoriales de muestras adecuadamente presentadas, bajo condiciones ambientales preestablecidas (Ureña, 1999).

Un aspecto importante que considerar, es la elaboración de las fichas que se entregan a los jueces. Estas deben ser lo más simples y claras posibles. La selección del test más apropiado para el problema que se plantea, se pueden agrupar en 2 categorías pruebas objetivas y pruebas subjetivas (Antezana, 2001).

2.13.1 PRUEBAS OBJETIVAS

Incluyen a todas aquellas que no recaen principalmente en los órganos sensoriales, pueden ser determinados por medios químicos o a través de un instrumento (Charley, 1997). Estas pruebas están justificadas en los casos en que no existe instrumento de medida que los pueda sustituir. Para este tipo de test es necesario personal entrenado en técnicas de degustación y tener un conocimiento completo de las características del producto, incluyendo olores y sabores extraños que se puedan presentar (Antezana, 2001).

2.13.2 PRUEBAS SUBJETIVAS

En este tipo de tests, el juez responde emocionalmente en la evaluación del producto y no requiere de un entrenamiento previo. Estos tests determinan la preferencia o aceptabilidad de un producto, en que los panelistas representan al público consumidor para predecir el impacto que causara el producto en la población (Antezana, 2001)

3.1 INTRODUCCIÓN

La parte experimental del trabajo de investigación se realizó en el Laboratorio Taller de Alimentos, dependiente del Departamento de Biotecnología y Ciencias de los Alimentos, de la Facultad de Ciencias y Tecnología de la “Universidad Autónoma Juan Misael Saracho”.

3.2 DESCRIPCIÓN DE EQUIPOS

En el presente trabajo de investigación se utilizaron diferentes equipos como ser:

3.2.1 BALANZA ANALÍTICA

La figura 3.1 muestra la balanza analítica que se utilizó para realizar los controles de peso, de materia prima, insumos, reactivos para la dosificación y del producto terminado. La cual se encuentra en el Laboratorio Taller de Alimentos dependiente de la Carrera de Ingeniería de Alimentos. Sus especificaciones técnicas se detallan a continuación:

Industria:	Switzerland
Marca:	TOLEDO
Modelo:	PB 1502
Capacidad máxima:	1510g
Capacidad mínima:	0,5g
Precisión:	0,01
e:	0,1g
Voltaje:	8 – 14,5V
V A:	5
Frecuencia:	50/60Hz
Fuente:	9,5 – 20V

Figura 3.1
Balanza analítica



3.2.2 CUTTER

La utilización del cutter (figura 3.2) fue imprescindible para procesar el puré y conseguir una pasta de consistencia fina y suave. A continuación se detallan sus especificaciones técnicas.

Marca:	CELEME
Modelo:	L3
NR:	94905
Potencia:	0,55kw
Voltaje:	220V
Frecuencia:	50Hz
Hp:	1

Figura 3.2
Cutter



3.2.3 HELADERA

Este equipo se utilizó para conservar la materia prima, muestra patrón, muestras elaboradas de pasta de manzana y esencias. Sus especificaciones técnicas son las siguientes:

Marca:	CÓNSUL
Volumen:	12pies
Frecuencia:	50 / 60Hz
Amperios:	2,5A
Voltaje:	220V
Potencia:	0,550kw

3.2.4 COCINA

Se utilizó una cocina de seis hornallas a gas natural de petróleo, para esterilizar los frascos de vidrio y materiales necesarios en el proceso. Además, para el escaldado de

las rodajas de manzana, proceso de concentración del puré y tratamiento térmico del producto terminado.

3.2.5 REFRACTÓMETRO

Se utilizó un refractómetro de bolsillo de 0 - 32°Brix para el proceso de elaboración de pasta de manzana, con el cual se pudo medir la cantidad de sólidos solubles de materia prima, proceso de concentración del puré y producto terminado. A continuación se detallan sus especificaciones técnicas:

Unidad de medida:	°Brix
Rango:	0 ≈ 32%
Marca:	ATAGO
Industria:	Japonesa

3.2.6 pH-METRO

Se utilizó un pH-metro de electrodo (figura 3.3) facilitado del Centro de Análisis y Desarrollo (CEANID). Este instrumento se utilizó con la finalidad de controlar la acidez (pH) en las diferentes etapas del proceso. A continuación se detallan sus especificaciones técnicas:

pH-metro:	De electrodo
Marca:	Orion
Modelo:	420 A
Rango:	+/- 0,5pH
Industria:	Made in USA

Figura 3.3
pH-metro



3.3 DESCRIPCION DE MATERIALES

En la elaboración de pasta de manzana, se utilizaron los materiales que se muestran en la figura 3.4 y se detallan en la tabla 3.1

Figura 3.4
Materiales utilizados en la elaboración de pasta de manzana



Tabla 3.1
Descripción de materiales

Materiales	Cantidad	Capacidad	Calidad
Wernier Caliper Industria USA	1	Min: 0,01 mm Max: 135 mm	Acero templado inoxidable
Termómetro	2	0 – 100°C	Vidrio
Cronometro	1	Pequeño	Digital
Tamices	3	Nº 25, 40, 50 escala Tayler	Acero inoxidable
Pipeta	1	0,5 ml	Vidrio
Cortador de rodajas de paso regulable	1	0,2 mm espesor	Plástico con hoja de acero inoxidable
Descorazonador	1	Mediano	Acero inoxidable
Aplastador	1	Mediano	Acero inoxidable
Espátulas	2	Mediana y pequeña	Plástico
Paleta	1	Mediana	Madera
Ollas	2	1 litro y ½ litro	Acero inoxidable
Olla vaporera	1	4 litros	Acero inoxidable
Escurreidor	2	Medianos	Acero inoxidable
Fuentes	3	2 litros	Acero inoxidable
Platos	2	Medianos	Porcelana
Platillos	5	Pequeños	Plástico
Vasos	3	100 ml	Plástico
Jarra graduada	1	1 litro	Plástico
Cucharas	2	Medianas	Acero inoxidable
Cucharillas	2	Pequeñas	Acero inoxidable
Espumadera	1	Mediana	Acero inoxidable
Cuchillos	2	Medianos	Acero inoxidable
Cepillo	1	Mediano	Plástico
Envases con tapa	30	240cc	Vidrio

Fuente: Elaboración propia

3.4 DESCRIPCIÓN DE LA MATERIA PRIMA

La materia prima fue manzana roja de la variedad Anna (figura 3.5) proveniente comunidad de La Victoria del departamento de Tarija, adquirida en el mercado local El Campesino.

Figura 3.5
Materia prima



3.5 DESCRIPCIÓN DE INSUMOS Y REACTIVOS

Los insumos utilizados en el proceso de elaboración de pasta de manzana variedad Anna, se muestran en la figura 3.6 y se detallan en la tabla 3.2.

Figura 3.6
Insumos y reactivos utilizados en la elaboración de pasta de manzana



Tabla 3.2
Insumos y reactivos utilizados en la elaboración de pasta de manzana

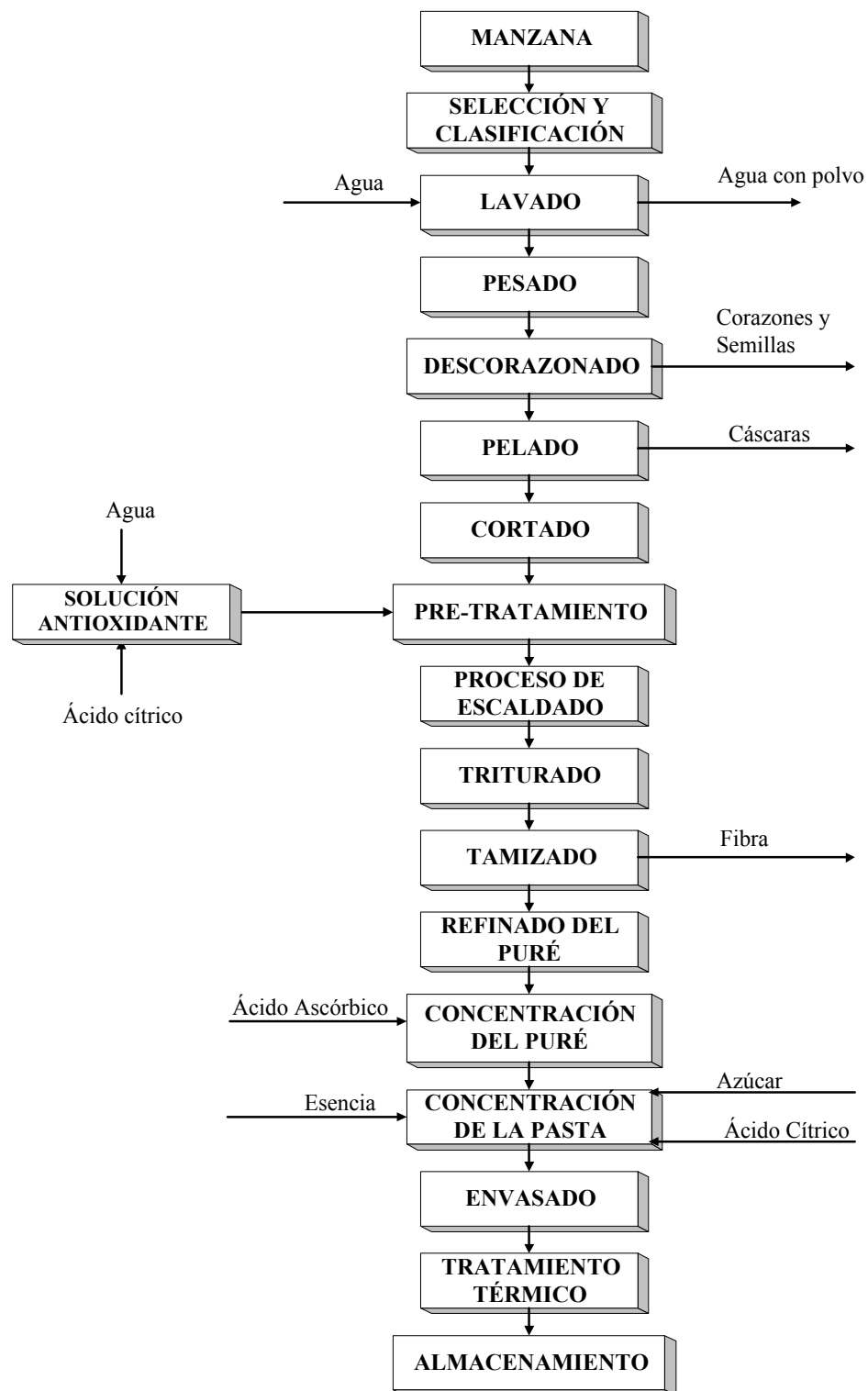
Producto	Detalle	Industria
Azúcar	Bermejo	Boliviana
Ácido cítrico	Distribuido por Telchi	China
Ácido ascórbico	Distribuido por Telchi	Alemana
Esencia de manzana roja	Distribuido por Telchi	Suiza
Esencia de manzana roja	Distribuido por Omega	Boliviana

Fuente: Elaboración propia

3.6 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE ELABORACIÓN DE PASTA DE MANZANA

Para la obtención de pasta de manzana, son necesarios diferentes operaciones para conseguir un producto de características organolépticas necesarias para una buena aceptación del consumidor. En la figura 3.7, se detalla cada una de las etapas que se llevaron a cabo para la elaboración de pasta de manzana.

Figura 3.7
Proceso de elaboración de pasta de manzana variedad Anna



3.6.1 MANZANA

La manzana que se utilizó fue de la variedad Anna (figura 3.5) proveniente de la comunidad La Victoria.

3.6.2 SELECCIÓN Y CLASIFICACIÓN

La selección de la materia prima se realizó en forma manual, descartando las manzanas que estaban en mal estado (podrida o lesionada), es decir aquellas que no son adecuadas para el proceso. A su vez, se hizo una clasificación según el diámetro en pequeñas, medianas y grandes como se puede observar en la figura 3.8

Figura 3.8
Clasificación de las manzanas por tamaño



Donde:

P = Manzanas pequeñas

M = Manzanas medianas

G = Manzanas grandes

3.6.3 LAVADO

Después de la selección y clasificación, las manzanas fueron sometidas a un lavado con agua potable, en forma manual para eliminar suciedad, polvo y otros contaminantes como plaguicidas y funguicidas adheridos a la cáscara. Finalmente, se deja escurrir el agua excedente de las manzanas en un colador de acero inoxidable (figura 3.9) por un tiempo de 5 minutos.

3.6.4 PESADO

Una vez escurridas, las manzanas fueron pesadas en una balanza analítica, con la finalidad de determinar la cantidad de fruta que entra en el proceso y de esta manera calcular la cantidad de porción comestible y no comestible.

3.6.5 DESCORAZONADO

Inicialmente, se realizó el descorazonado en forma manual con la ayuda de un instrumento cilíndrico, hueco de acero inoxidable (figura 3.9), que se penetra en la manzana con el fin de extraer la parte central de la fruta donde se encuentran las semillas.

Figura 3.9
Descorazonado de la manzana



3.6.6 PELADO

Luego de eliminar la parte central se realizó el pelado de la manzana en forma manual, empleando un cuchillo de acero inoxidable con la finalidad de despojar toda la cáscara.

3.6.7 CORTADO

Posteriormente, se realizó el cortado de la manzana en rodajas utilizando un cortador de rodajas de acero inoxidable de paso regulable (figura 3.10) con una abertura de 0,2 mm de espesor, con la finalidad de facilitar el escaldado.

Figura 3.10
Cortado en rodajas



3.6.8 PRE-TRATAMIENTO

Las rodajas de manzana de inmediato son sometidas a un proceso de pre-tratamiento en un bol de acero inoxidable, con solución de antioxidante al 1% de ácido cítrico a temperatura ambiente con el fin de evitar el pardeamiento enzimático. Posteriormente, las rodajas son escurridas en un colador de acero inoxidable para ser sometidas al proceso de escaldado.

3.6.9 PROCESO DE ESCALDADO

En forma experimental se trabajó con dos métodos de escaldado, con el objetivo de ablandar la pulpa e inactivar enzimas y eliminar microorganismos. A continuación se describen los dos métodos:

3.6.9.1 PROCESO DE ESCALDADO EN AGUA A TEMPERATURA DE EBULLICIÓN

Para tal efecto, se utilizó un recipiente de acero inoxidable, donde se introdujeron las rodajas de manzana en agua a temperatura de ebullición de 93°C y se controlaron los tiempos de escaldado de (7 - 17) minutos recomendado por Sougthgate, 1992.

3.6.9.2 PROCESO DE ESCALDADO CON VAPOR DE AGUA SATURADO

Para tal efecto, se utilizó vapor de agua a temperatura de ebullición (93°C), a través de una olla vaporera de verduras de acero inoxidable, que consta de un canastillo perforado que es introducido a otro recipiente que contiene vapor donde se introdujeron las rodajas de manzana, controlándose el tiempo de (6 - 16) minutos, según lo recomendado por Club gourmet, 2003.

Ambos métodos fueron tomados en cuenta para los diferentes tamaños de manzana (pequeña, mediana y grande) y se controlaron los tiempos de escaldado más adecuados, en función al tamaño. Así mismo, concluidos los tiempos de escaldado, las rodajas de manzana fueron retiradas con una espumadera de acero inoxidable y colocadas en una bandeja para ser enfriadas.

3.6.10 TRITURADO

Este proceso, consistió en colocar las rodajas de manzana en un recipiente de acero inoxidable y triturado a través de un aplastador manual de papas de acero inoxidable, hasta obtener una consistencia homogénea (figura 3.11).

Figura 3.11
Triturado de las rodajas de manzana



3.6.11 TAMIZADO

Consistió en colocar la masa de puré triturada en tamices de acero inoxidable diferentes aberturas de malla (N° 25, 40 y 50) en la escala de Tayler y aplastando manualmente la masa con una espátula de plástico para ayudar a pasar el puré. Con la finalidad de obtener un puré fino de grado de arenosidad adecuada.

3.6.12 REFINADO DEL PURÉ

El puré tamizado fue colocado en una cutter eléctrica (figura 3.12), por un intervalo de tiempo de (30 - 60) segundos. Con la finalidad de tener un puré más fino y suave.

Figura 3.12
Refinado del puré en la Cutter



3.6.13 CONCENTRACIÓN DEL PURÉ

Dicho proceso consistió en introducir el puré refinado de 11°Brix en un recipiente de acero inoxidable y llevarlo a temperatura de ebullición 93°C, agitando manualmente con la ayuda de una espátula de madera (figura 3.13) con la finalidad de evitar que se pegue durante el tiempo que tarda la concentración, aproximadamente de (10 - 15) minutos, dependiendo de la cantidad de puré refinado. Cuando se alcanza la concentración de (13 - 14)°Brix, se agrega en caliente el ácido ascórbico en una concentración de (0,10 - 0,20)%, con el fin de coadyuvar al mejoramiento del color en el producto y sin dejar de agitar con la finalidad de homogenizar.

3.6.14 CONCENTRACIÓN DE LA PASTA

Se continúa concentrando el puré hasta alcanzar los (14 - 15)°Brix, donde se agrega el azúcar en caliente (figura 3.14) en un porcentaje de (5,0 - 12,5)% y ácido cítrico en un porcentaje de (0,10 - 0,20)%. Tomando en cuenta que estos insumos se agregan en relación con la cantidad de puré refinado inicial y se prosigue con la concentración de la pasta por un tiempo de (3 - 5) minutos hasta alcanzar una concentración de sólidos solubles entre (20 - 25)°Brix. Finalizado el proceso de concentración de la pasta, es

retirado del fuego para luego agregar la esencia vegetal de manzana (figura 3.15). Para tal situación, se utilizaron dos marcas de esencia Telchi y Omega en concentraciones de (0,15 - 0,30)ml; con la finalidad de mejorar el aroma y sabor a manzana en el producto terminado.

Figura 3.13
Concentración del puré



Figura 3.14
Incorporación del azúcar



Figura 3.15
Incorporación de la esencia



3.6.15 ENVASADO

Previamente, se realizó la esterilización de los frascos de vidrio de 240cc en agua a temperatura de ebullición de 93°C por un tiempo de 20 minutos; pasado este tiempo fueron sacados los frascos con la ayuda de una pinza metálica hacia un colador de acero inoxidable, con la finalidad de eliminar el agua excedente. Finalmente, se realiza el envasado de la pasta de manzana en caliente (figura 3.16) en los frascos de vidrio y cerrados herméticamente para luego realizar el tratamiento térmico.

Figura 3.16
Envasado de pasta de manzana en caliente



3.6.16 TRATAMIENTO TÉRMICO

Debido a que la pasta de manzana tiene una concentración baja en azúcar, se realizó un tratamiento térmico para garantizar una conservación prolongada del producto. El proceso consistió en llevar el producto terminado y envasado a un Baño María, a temperatura de 93°C por un tiempo de 12 minutos. Transcurrido el tiempo, los frascos de vidrio con el producto son retirados rápidamente a otro recipiente con agua a temperatura de 25°C con la finalidad de enfriar el producto.

3.6.17 ALMACENADO

Consistió en almacenar el producto terminado por 91 días, en condiciones normales a temperatura ambiente y en refrigeración a temperatura de (10 - 12)°C

3.7 METODOLOGÍA PARA LA OBTENCIÓN DE RESULTADOS

Para la obtención de los resultados de la materia prima, se tomaron en cuenta los siguientes aspectos:

- Análisis físico
- Análisis fisicoquímico

3.7.1 ANÁLISIS FÍSICO

Se determinó las propiedades físicas en la materia prima, tomándose en cuenta varias muestras al azar y se controlaron los siguientes parámetros:

- Tamaño (cm)
- Diámetro (cm)
- Peso (g)
- Peso de la pulpa (g)
- Peso de la cáscara (g)
- Porcentaje de porción comestible (%)
- Porcentaje de porción no comestible (%)

3.7.2 ANÁLISIS FISICOQUÍMICO

La determinación de las propiedades fisicoquímicas de la materia prima (tabla 3.3), muestra patrón (puré de manzana marca Canale) (tabla 3.4) y producto terminado (tabla 3.5). Se realizaron en el Centro de Análisis Investigación y Desarrollo (CEANID), dependiente de la Facultad de Ciencias y Tecnología de la Universidad Autónoma “Juan Misael Saracho”.

Tabla 3.3
Propiedades fisicoquímicas de la materia prima, variedad Anna

Análisis	Norma	Cálculo
Acidez	NB 229/78	Volumétrico
Azúcares totales	AOAC 923.09	Volumétrico Fehling
Azúcares reductores	AOAC 923.09	Volumétrico Fehling
Cenizas	NB 075/74	Gravimétrico
Fibra cruda	NB 104/75	Gravimétrico
Humedad	NB 028/88	Gravimétrico
Materia grasa	NB 103/75	Gravimétrico
pH	NB 518/85	Electrométrico
Proteína total	AB 076/74	Volumétrico
Ácido ascórbico	NB 229/78	Volumétrico Tillman
Sólidos solubles (°Brix)	-----	Refractómetro

Fuente: CEANID, 2004

Tabla 3.4
Propiedades fisicoquímicas del puré de manzana (Canale)

Análisis	Norma	Cálculo
Acidez	NB 229/78	Volumétrico
Azúcares totales	AOAC 923.09	Volumétrico Fehling
Azúcares reductores	AOAC 923.09	Volumétrico Fehling
Cenizas	NB 075/74	Gravimétrico
Fibra cruda	NB 104/75	Gravimétrico
Humedad	NB 028/88	Gravimétrico
Materia grasa	NB 103/75	Gravimétrico
pH	NB 518/85	Electrométrico
Proteína total	AB 076/74	Volumétrico
Ácido ascórbico	NB 229/78	Volumétrico Tillman
Sólidos solubles (°Brix)	-----	Refractómetro

Fuente: CEANID, 2004

Tabla 3.5
Propiedades fisicoquímicas del producto terminado

Análisis	Norma	Cálculo
Acidez	NB 229/78	Volumétrico
Azúcares totales	AOAC 923.09	Volumétrico Fehling
Azúcares reductores	AOAC 923.09	Volumétrico Fehling
Cenizas	NB 075/74	Gravimétrico
Fibra cruda	NB 104/75	Gravimétrico
Humedad	NB 028/88	Gravimétrico
Materia grasa	NB 103/75	Gravimétrico
pH	NB 518/85	Electrométrico
Proteína total	AB 076/74	Volumétrico
Ácido ascórbico	NB 229/78	Volumétrico Tillman
Hidratos de carbono	-----	Cálculo
Valor energético	-----	Cálculo
Sólidos solubles (°Brix)	-----	Refractómetro

Fuente: CEANID, 2004

3.7.2.1 ANÁLISIS DEL CONTENIDO DE ÁCIDO ASCÓRBICO EN EL PROCESO DE ESCALDADO

Se elaboraron cuatro muestras de rodajas de manzana escaldadas a diferentes tiempos de escaldados y utilizando dos métodos de escaldado y que fueron analizadas en el CEANID el contenido de ácido ascórbico en base a la NB 229/78.

3.8 ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO

El producto terminado “pasta de manzana” fue sometida a un control microbiológico, en el Centro de Análisis Investigación y Desarrollo (CEANID), con la finalidad de realizar el control de calidad:

- Mohos NB 658/95 (ufc/g)
- Levaduras NB 658/95 (ufc/g)

3.9 ANÁLISIS SENSORIAL

En el trabajo, se realizaron evaluaciones sensoriales de los atributos: aroma, color, sabor, grado de arenosidad y consistencia durante las diferentes etapas del proceso de elaboración de pasta de manzana donde se utilizaron:

- Pruebas objetivas
- Pruebas subjetivas

3.9.1 EVALUACIÓN SENSORIAL PARA LA SELECCIÓN DE LA MUESTRA PATRÓN

Se utilizaron 15 jueces no entrenados, para evaluar los atributos de aroma, sabor, color, consistencia y grado de arenosidad de cuatro muestras de purés de manzana del mercado local de diferentes marcas (figura 3.17); mediante un test detallado en el Anexo A.1.

Figura 3.17
Purés de manzana para seleccionar muestra patrón



En la tabla 3.6, se detallan los purés de manzanas que se observan en la figura 3.17

Tabla 3.6
Purés de manzana de diferentes procedencias y marcas

Muestras	Marcas	Procedencia	Presentación
P ₁	Heinz	Venezuela	Envase de vidrio de 113g
P ₂	Dillman	Bolivia	Envase de vidrio de 415g
P ₃	Canale	Argentina	Envase de vidrio de 530g
P ₄	Wasil	Chile	Envase de hojalata de 600g

Fuente: Elaboración propia

3.9.2 EVALUACIÓN SENSORIAL PARA LA DOSIFICACIÓN DE LA CANTIDAD DE AZÚCAR Y ÁCIDO CÍTRICO EN EL PROCESO DE CONCENTRACIÓN DE LA PASTA

Se utilizaron 15 jueces no entrenados, para evaluar el atributo sabor de nueve muestras que se diferenciaban en la cantidad de azúcar y ácido cítrico. Estas muestras fueron divididas en tres grupos (grupo I, grupo II y grupo III) y evaluadas mediante un test (Anexo A.2, Anexo A.3, Anexo A4). Posteriormente, se ajustó el atributo sabor en base a las muestras de mayor puntaje promedio, obtenido de los tres grupos

evaluados, más la muestra patrón (Canale) codificado como Z_4 e identificando el atributo sabor mediante un test detallado en el Anexo A.5.

3.9.3 EVALUACIÓN SENSORIAL PARA LA DETERMINACIÓN DEL GRADO DE ARENOSIDAD DE LA PASTA

Se utilizaron 10 jueces no entrenados, para evaluar el grado de arenosidad de tres muestras que pasaron el puré por tres tamices de abertura de malla 25, 40 y 50 en la escala de Tayler y se compararon con la muestra patrón. Identificando el grado de arenosidad mediante un test detallado en el Anexo A.6.

3.9.4 EVALUACIÓN SENSORIAL PARA EL AFINADO DEL ATRIBUTO ARENOSIDAD EN EL PURÉ

Se utilizaron 10 jueces no entrenados, para evaluar el atributo arenosidad de dos muestras que pasaron por una cutter eléctrica por tiempos de (30 - 60) segundos y una muestra sin cutter, en comparación con la muestra patrón. Identificando el atributo arenosidad mediante un test detallado en el Anexo A.7.

3.9.5 EVALUACIÓN SENSORIAL PARA ESTABLECER LA INFLUENCIA DE SÓLIDOS SOLUBLES EN EL PROCESO DE CONCENTRACIÓN INICIAL DEL PURÉ Y FINAL DE LA PASTA

Se utilizaron 10 jueces no entrenados, para evaluar el atributo consistencia de cuatro muestras que se diferenciaban en los sólidos solubles iniciales (°Brix) del puré y sólidos solubles finales (°Brix) del producto terminado y se compararon con la muestra patrón. Identificando el atributo consistencia mediante un test detallado en el Anexo A.8.

3.9.6 EVALUACIÓN SENSORIAL PARA ESTABLECER LA INFLUENCIA DEL ÁCIDO ASCÓRBICO EN EL ATRIBUTO COLOR

Se utilizaron 10 jueces no entrenados, para evaluar el atributo color de tres muestras que se diferenciaban en la concentración de ácido ascórbico de (0 - 0,2)% y en conjunto con la muestra patrón. Identificando el atributo color mediante un test detallado en el Anexo A.9.

3.9.7 EVALUACIÓN SENSORIAL PARA ESTABLECER EL EFECTO DE LA ESENCIA DE MANZANA EN EL PROCESO DE CONCENTRACIÓN DE LA PASTA

Se utilizaron 15 jueces no entrenados, para evaluar los atributos aroma y sabor de cuatro muestras que se diferenciaban en la cantidad (0,15 - 0,30) ml y el tipo de esencia, y utilizando una muestra al natural. Identificando los atributos aroma y sabor mediante un test de tallado en el Anexo A.10.

3.9.8 EVALUACIÓN SENSORIAL DEL PRODUCTO TERMINADO

Se utilizaron 15 jueces no entrenados, para evaluar los atributos aroma, sabor, color, grado de arenosidad, consistencia y presentación del producto terminado. Identificando estos atributos mediante un test detallado en el Anexo A.11.

3.9.9 EVALUACIÓN SENSORIAL DEL PRODUCTO ALMACENADO

Se utilizaron 10 jueces no entrenados, para evaluar los atributos aroma, sabor, color, arenosidad y consistencia de dos muestras del producto terminado que fueron almacenadas durante tres meses, una en un refrigerador a una temperatura de (10 - 12)°C y la otra almacenada a temperatura ambiente de (20 - 24)°C. Al cabo de este tiempo, se realizó una evaluación sensorial. Identificando los atributos aroma, sabor, color, arenosidad y consistencia mediante un test detallado en el Anexo A.12.

3.10 DISEÑO FACTORIAL

Para la ejecución del presente trabajo de investigación, se plantearon diseños factoriales en los siguientes procesos:

- Proceso de escaldado
- Dosificación de azúcar y ácido cítrico en el proceso de concentración de la pasta
- Proceso de concentración del puré y pasta de manzana

3.10.1 PROCESO DE ESCALDADO

El proceso de escaldado es muy importante en la elaboración de pasta de manzana; ya que una variación en el tiempo y método de escaldado influyen en el contenido

nutricional del producto terminado, más específicamente en el contenido de ácido ascórbico. Según (Montgomery, 1991), se planteó un diseño factorial de dos factores y dos niveles.

$$2^k \quad (3.1)$$

Donde:

2 = niveles de variación

k = números de variables

Arreglando la ecuación (3.1) en función de las variables del proceso de experimental:

$$2^2 = 2 * 2 = 4 \text{ tratamientos / repetición}$$

En la tabla 3.7, se muestran los niveles de variación de cada factor en el proceso de escaldado, como ser el tiempo y método.

Tabla 3.7
Niveles de variación de las variables del proceso de escaldado

Método de escaldado (E)		Tiempo de escaldado (t)	
Nivel inferior (E₁)	Nivel superior (E₂)	Nivel inferior (t₁)	Nivel superior (t₂)
Agua a temperatura de ebullición 93°C E ₁ = (-1)	Vapor de agua a temperatura de 93°C E ₂ = (+1)	10 (minutos) t ₁ = -1	15 (minutos) t ₂ = +1

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 3.8, se muestra el arreglo matricial del diseño planteado para el proceso de escaldado, como ser la variable respuesta de pH y °Brix.

Tabla 3.8
Arreglo matricial experimental para el proceso de escaldado para el pH y °Brix

Factor (t)	Factor (E)	
	E ₁ (-)	E ₂ (+)
t ₁ (-)	pH ₁₁ / °Brix ₁₁	pH ₁₂ / °Brix ₁₂
t ₂ (+)	pH ₂₁ / °Brix ₂₁	pH ₂₂ / °Brix ₂₂

Fuente: Elaboración propia

3.10.2 DOSIFICACIÓN DE LA CANTIDAD DE AZÚCAR Y ÁCIDO CÍTRICO EN EL PROCESO DE CONCENTRACIÓN DE LA PASTA

En el proceso de concentración de la pasta, la dosificación de la cantidad de azúcar y ácido cítrico son importantes para determinar el sabor; como también la consistencia del producto final. Según (Montgomery, 1991), se planteó un diseño factorial de tres factores y tres niveles:

$$3^k \quad (3.2)$$

Donde:

3 = niveles de variación

k = números de variables

Arreglando la ecuación (3.2) en función al proceso de dosificación experimental:

$$3^2 = 3*3 = 9 \text{ tratamientos / repetición}$$

En la tabla 3.9, se muestran los niveles de variación de cada factor en el proceso de concentración de la pasta, de la dosificación de la cantidad de azúcar y ácido cítrico.

Tabla 3.9
Niveles de variación en el proceso de concentración de la pasta

Azúcar (A)			Ácido cítrico (C)		
Nivel Superior	Nivel Medio	Nivel Inferior	Nivel Superior	Nivel Medio	Nivel Inferior
A ₁ = +1	A ₂ = 0	A ₃ = -1	C ₁ = +1	C ₂ = 0	C ₃ = -1

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 3.10, se muestra el arreglo matricial del diseño planteado para el proceso de concentración de la pasta, como ser la variable respuesta de pH y °Brix.

Tabla 3.10
Arreglo matricial experimental en el proceso de concentración de la pasta para el pH y °Brix

Factor (C)	Factor (A)		
	A ₁ (+)	A ₂ (0)	A ₃ (-)
C ₁ (+)	pH ₁₁ / °Brix ₁₁	pH ₁₂ / °Brix ₁₂	pH ₁₃ / °Brix ₁₃
C ₂ (0)	pH ₂₁ / °Brix ₂₁	pH ₂₂ / °Brix ₂₂	pH ₂₃ / °Brix ₂₃
C ₃ (-)	pH ₃₁ / °Brix ₃₁	pH ₃₂ / °Brix ₃₂	pH ₃₃ / °Brix ₃₃

Fuente: Elaboración propia

3.10.3 INFLUENCIA DE LA CONCENTRACIÓN INICIAL DEL PURÉ Y FINAL DE LA PASTA

Una variable importante a determinar, es la concentración de sólidos solubles iniciales del puré y sólidos solubles finales de la pasta, debiendo ser controlada, ya que tienen una influencia significativa en el pH y consistencia del producto terminado. Según la ecuación (3.1), se planteó el diseño factorial en función de las variables del proceso de concentración experimental:

$$2^2 = 2 * 2 = 4 \text{ tratamientos / repetición}$$

En la tabla 3.11, se muestran los niveles de variación de cada factor en el proceso de concentración, como ser sólidos solubles iniciales del puré y final de la pasta de manzana.

Tabla 3.11
Niveles de variación de la concentración de sólidos solubles inicial del puré y final en la pasta

Sólidos solubles iniciales (I)		Sólidos solubles finales (F)	
Nivel inferior	Nivel superior	Nivel inferior	Nivel superior
$I_1 = -1$	$I_2 = +1$	$F_1 = -1$	$F_2 = +1$

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 3.12, se muestra el arreglo matricial del diseño planteado en la variable respuesta para la concentración de sólidos solubles iniciales del puré y final de la pasta de manzana.

Tabla 3.12
Arreglo matricial experimental para la concentración de los sólidos solubles en el puré y pasta

Factor (F)	Factor (I)	
	$I_1 (-)$	$I_2 (+)$
$F_1 (-)$	$pH_{11} / ^\circ\text{Brix}_{11}$	$pH_{12} / ^\circ\text{Brix}_{12}$
$F_2 (+)$	$pH_{21} / ^\circ\text{Brix}_{21}$	$pH_{22} / ^\circ\text{Brix}_{22}$

Fuente: Elaboración propia

4.1 CARACTERIZACIÓN DE LA MATERIA PRIMA

La caracterización de la materia prima fue realizada tomando en cuenta los siguientes aspectos:

4.1.1 PROPIEDADES FÍSICAS

En la ejecución de la parte experimental del trabajo, se tomó en cuenta manzanas de diferentes tamaños; en el que se hizo un muestreo sin reposición completamente al azar. Los valores obtenidos en esta prueba de las diferentes características físicas de la manzana, variedad Anna se detallan en la tabla 4.1.

Tabla 4.1
Características físicas de la manzana variedad Anna

Muestra	Peso manzana (g)	Diámetro (cm)	Altura (cm)	Peso cáscara (g)	Peso corazones (g)	Peso pulpa (g)	Porción de cáscara (%)	Porción de corazones (%)	Porción comestible (%)	Porción no comestible (%)
1	43,04	4,56	4,49	8,43	6,54	28,07	19,59	15,19	65,22	34,78
2	47,53	4,59	4,61	8,55	6,41	32,57	17,94	13,49	68,53	31,48
3	57,66	4,62	4,80	10,49	7,78	39,39	18,19	13,49	68,32	31,68
4	59,74	4,83	5,22	11,06	8,07	40,61	18,51	13,51	67,98	32,02
5	64,68	5,06	4,98	11,73	8,36	44,59	18,14	12,93	68,93	31,07
6	66,22	5,07	5,14	12,01	8,60	45,61	18,14	12,99	68,87	31,13
7	78,68	5,30	5,38	13,80	8,92	55,96	17,54	11,34	71,12	28,88
8	88,53	5,35	5,43	13,95	8,96	65,69	15,76	10,12	74,12	25,88
9	88,96	5,37	5,20	13,98	9,01	65,91	15,71	10,13	74,16	25,84
10	92,54	5,39	5,32	14,05	8,98	69,51	15,18	9,70	75,12	24,88
11	93,40	5,40	5,37	14,08	9,03	70,29	15,07	6,67	75,26	24,74
12	97,75	5,50	5,43	14,69	9,08	73,98	15,03	9,29	75,68	24,32
13	98,43	5,51	5,35	14,85	9,17	74,41	15,09	9,31	75,60	24,40
14	99,36	5,53	5,47	15,02	9,20	75,14	15,12	9,26	75,63	24,38
15	102,36	5,86	5,42	15,77	9,81	76,78	15,41	9,58	75,01	24,99
16	105,66	5,88	5,63	15,94	9,95	79,77	15,09	9,42	75,50	24,51
17	110,25	6,06	6,00	16,03	10,17	84,05	14,54	9,22	76,24	23,76
18	113,02	6,14	6,03	16,09	10,24	86,69	14,24	9,06	76,71	23,30
19	118,93	6,05	6,15	17,00	10,92	91,01	14,29	9,18	76,53	23,47
20	125,00	6,51	6,33	18,06	11,12	95,82	14,45	8,89	76,60	23,34

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 4.2, se muestra los valores del rango y la media de las propiedades físicas de la manzana, variedad Anna.

Tabla 4.2
Valores de rango y media de las propiedades físicas de la manzana variedad Anna

Detalle	Rango	Media	Unidades
Peso de la manzana	43,04 – 125,00	92,19	g
Diámetro	4,56 – 6,51	5,43	Cm
Altura	4,49 – 6,33	5,39	Cm
Peso de la cáscara	8,43 – 18,06	13,80	g
Peso de corazones	6,41 – 11,12	9,02	g
Peso de la pulpa	28,07 – 95,82	64,79	g
Porción de cáscara	14,24 – 19,59	16,15	%
Porción de corazones	8,89 – 15,19	10,79	%
Porción comestible	65,22 – 76,71	73,06	%
Porción no comestible	34,71 – 23,29	26,94	%

Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar en la tabla 4.2 el porcentaje promedio de la parte comestible es 73,06% y porción no comestible del 26,94%

4.1.2 PROPIEDADES FISICOQUÍMICAS

El análisis de composición fisicoquímica de la manzana variedad Anna (Anexo B.1 y Anexo B2), se muestran en la tabla 4.3.

Tabla 4.3
Análisis fisicoquímicos de la manzana variedad Anna

Detalle	Valor	Unidad
Acidez	0,38	%
Azúcares totales	15,33	%
Azúcares reductores	11,09	%
Ceniza	0,36	%
Fibra cruda	0,85	%
Humedad	82,62	%
Materia grasa	0,09	%
Proteínas totales	0,07	%
pH	4,57	
Ácido ascórbico	2,30	mg/100g
Sólidos solubles	13,00	°Brix

Fuente: CEANID, 2004

En la tabla 4.3, se puede observar que la manzana variedad Anna tiene un contenido de humedad 82,62%, ácido ascórbico con un porcentaje de 2,3%, fibra cruda 0,85%, azúcares totales 15,33% y azúcares reductores del 11,09%.

4.2 SELECCIÓN DE LA MUESTRA PATRÓN

Para elegir la muestra patrón se tomaron en cuenta cinco atributos sensoriales, como ser aroma (tabla 4.4), color (tabla 4.6), sabor (tabla 4.8), consistencia (tabla 4.10) y arenosidad (tabla 4.12).

4.2.1 EVALUACIÓN SENSORIAL DEL ATRIBUTO AROMA

Los resultados del test en escala hedónica, se muestran en la tabla 4.4 para el atributo aroma extraídos del Anexo C.3.1 (tabla C.3.1.1).

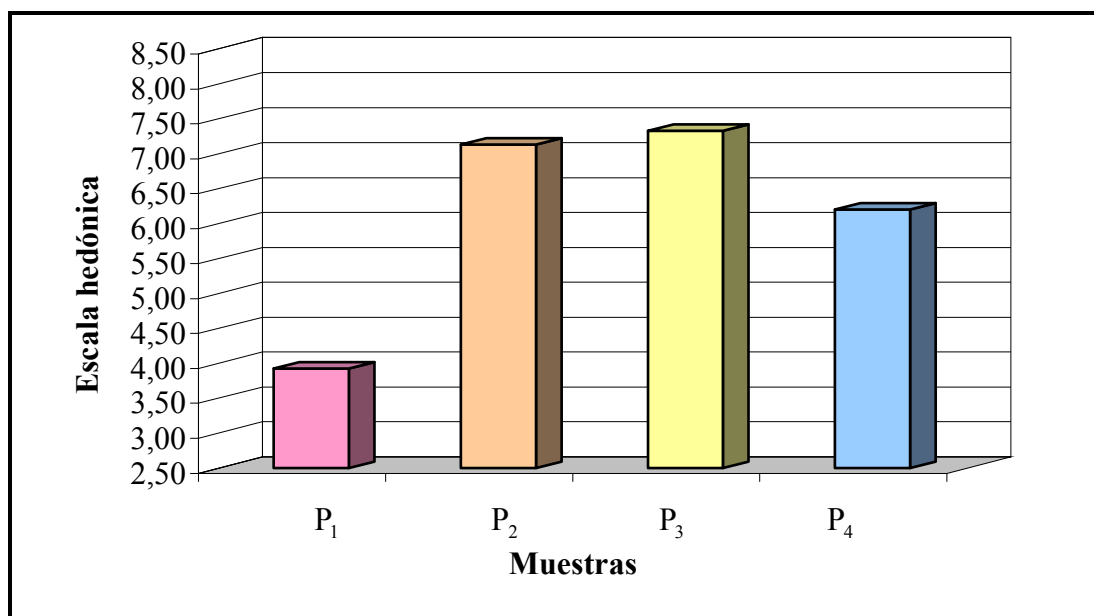
Tabla 4.4
Análisis sensorial en escala hedónica para el atributo aroma

JUECES	MUESTRAS			
	P ₁	P ₂	P ₃	P ₄
1	6	6	8	5
2	6	8	6	7
3	5	7	8	7
4	3	7	8	7
5	3	5	8	6
6	6	7	8	6
7	1	8	7	6
8	2	8	6	4
9	2	7	7	6
10	6	8	7	6
11	3	6	9	7
12	5	7	7	7
13	8	7	7	8
14	1	8	7	6
15	2	8	7	5
\bar{X}_i	3,93	7,13	7,33	6,20

Fuente: Elaboración propia

En base a los resultados de la tabla 4.4, se procedió a graficar los puntajes promedios del atributo aroma (figura 4.1), para elegir la muestra patrón.

Figura 4.1
Puntaje promedio del atributo aroma para selección de muestra patrón



Fuente: Elaboración propia

Como se observa en la figura 4.1, la muestra P₃ (Canale) es la que obtiene mayor puntaje en escala hedónica de 7,33 en comparación a la muestra P₂ (Dillman) que es de 7,13.

4.2.1.1 PRUEBA DE DUNCAN PARA EL ATRIBUTO AROMA

En la tabla 4.5, se muestra el resultado de la prueba estadística de Duncan, extraído del Anexo C.3.1 (tabla C.3.1.3), para el atributo aroma.

Tabla 4.5
Análisis estadístico de la prueba de Duncan para el atributo aroma

Tratamientos	Resultados	Diferencias
P ₃ – P ₂	0,20 < 0,98	No hay diferencia
P ₃ – P ₄	1,13 > 1,05	Si hay diferencia
P ₃ – P ₁	3,40 > 1,08	Si hay diferencia
P ₂ – P ₄	0,93 < 0,98	No hay diferencia
P ₂ – P ₁	3,20 > 1,05	Si hay diferencia
P ₄ – P ₁	2,27 > 0,98	Si hay diferencia

Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar en la tabla 4.5, existen diferencias significativas entre los tratamientos ($P_3 - P_4$); ($P_3 - P_1$); ($P_2 - P_1$) y ($P_4 - P_1$). Para los tratamientos ($P_3 - P_2$) y ($P_2 - P_4$) no existe diferencia significativa para un límite de confianza del 95%. Sin embargo, se tomó en cuenta la preferencia de los jueces por la muestra P_3 (Canale), quedando como muestra patrón en el atributo aroma.

4.2.2 EVALUACIÓN SENSORIAL DEL ATRIBUTO COLOR

Los resultados del test en escala hedónica, se muestran en la tabla 4.6 para el atributo color extraídos del Anexo C.3.2 (tabla C.3.2.1).

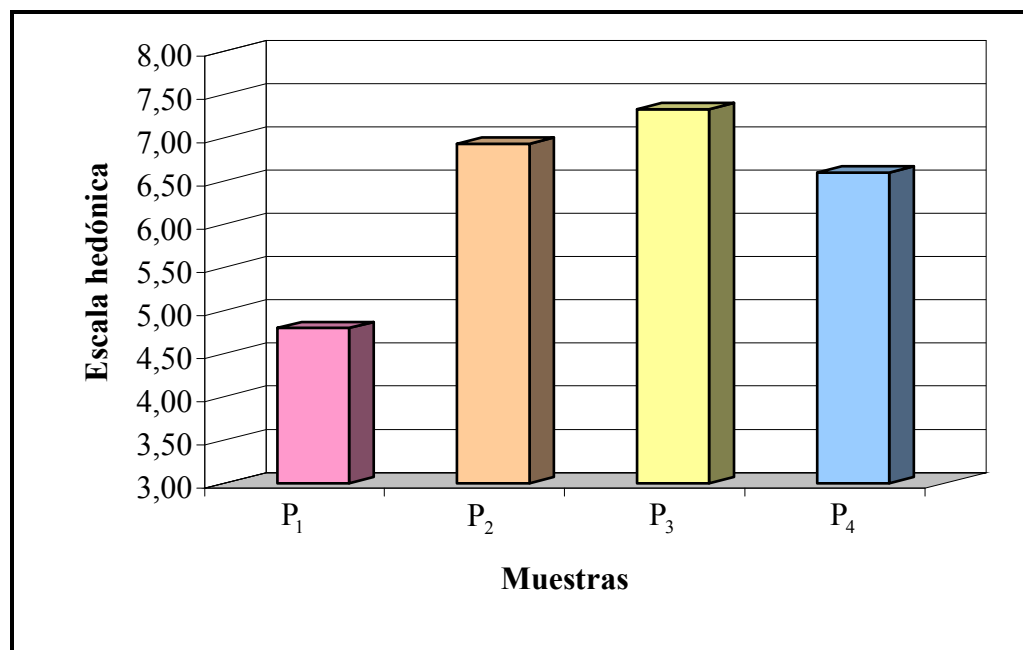
Tabla 4.6
Análisis sensorial en escala hedónica para el atributo color

JUECES	MUESTRAS			
	P_1	P_2	P_3	P_4
1	2	6	8	8
2	5	7	8	6
3	5	7	8	7
4	5	8	6	7
5	5	7	6	8
6	8	7	5	7
7	4	8	6	7
8	3	6	8	5
9	5	7	8	5
10	5	6	8	8
11	4	7	8	6
12	4	8	6	7
13	8	6	9	8
14	4	7	8	5
15	5	7	8	5
\bar{X}_i	4,80	6,93	7,33	6,60

Fuente: Elaboración propia

En base a los resultados de la tabla 4.6, se procedió a graficar los puntajes promedios del atributo color (figura 4.2), para elegir la muestra patrón.

Figura 4.2
Puntaje promedio del atributo color para selección de muestra patrón



Fuente: Elaboración propia

Como se observa en la figura 4.2, la muestra P₃ (Canale) es la que obtiene mayor puntaje en escala hedónica de 7,33 en comparación a la muestra P₂ (Dillman) que es de 6,93.

4.2.2.1 PRUEBA DE DUNCAN PARA EL ATRIBUTO COLOR

En la tabla 4.7, se muestra el resultado de la prueba estadística de Duncan, extraído del Anexo C.3.2 (tabla C.3.2.3), para el atributo color.

Tabla 4.7
Análisis estadístico de la prueba de Duncan para el atributo color

Tratamientos	Resultados	Diferencias
P ₃ – P ₂	0,40 < 0,91	No hay diferencia
P ₃ – P ₄	0,73 < 0,96	No hay diferencia
P ₃ – P ₁	2,53 > 0,99	Si hay diferencia
P ₂ – P ₄	0,33 < 0,91	No hay diferencia
P ₂ – P ₁	2,13 > 0,96	Si hay diferencia
P ₄ – P ₁	1,80 > 0,91	Si hay diferencia

Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar en la tabla 4.7, existen diferencias significativas entre los tratamientos ($P_3 - P_1$); ($P_2 - P_1$) y ($P_4 - P_1$). Para los tratamientos ($P_3 - P_2$); ($P_3 - P_4$) y ($P_2 - P_4$) no existe diferencia significativa para un límite de confianza del 95%. Sin embargo, se tomó en cuenta la preferencia de los jueces por la muestra P_3 (Canale), quedando como muestra patrón en el atributo color.

4.2.3 EVALUACIÓN SENSORIAL DEL ATRIBUTO SABOR

Los resultados del test en escala hedónica, se muestran en la tabla 4.8 para el atributo sabor extraídos del Anexo C.3.3 (tabla C.3.3.1).

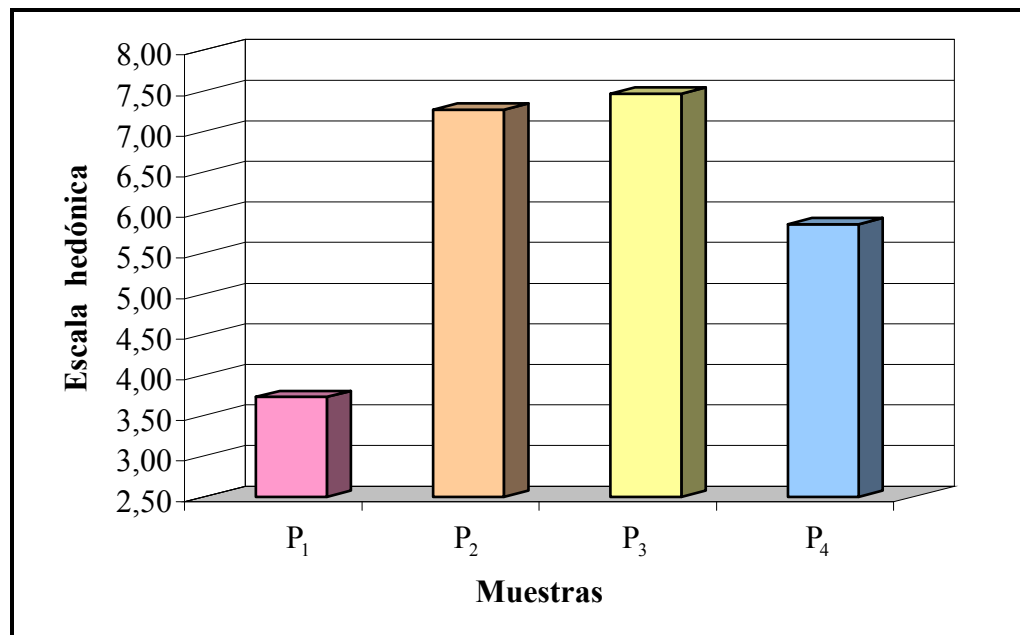
Tabla 4.8
Análisis sensorial en escala hedónica para el atributo sabor

JUECES	MUESTRAS			
	P_1	P_2	P_3	P_4
1	5	7	8	5
2	5	8	8	7
3	5	7	7	8
4	4	7	8	6
5	5	6	8	4
6	6	6	7	6
7	3	8	7	6
8	3	7	8	5
9	1	8	5	7
10	4	7	8	6
11	1	9	8	5
12	5	7	8	6
13	4	7	8	6
14	2	8	7	6
15	3	7	7	5
\bar{X}_i	3,73	7,27	7,47	5,86

Fuente: Elaboración propia

En base a los resultados de la tabla 4.8, se procedió a graficar los puntajes promedios del atributo sabor (figura 4.3), para elegir muestra patrón.

Figura 4.3
Puntaje promedio del atributo sabor para selección de muestra patrón



Fuente: Elaboración propia

Como se observa en la figura 4.3, la muestra P₃ (Canale) es la que obtiene mayor puntaje en escala hedónica de 7,47 en comparación a la muestra P₂ (Dillman) que es de 7,27.

4.2.3.1 PRUEBA DE DUNCAN PARA EL ATRIBUTO SABOR

En la tabla 4.9, se muestra el resultado de la prueba estadística de Duncan, extraído del Anexo C.3.3 (tabla C.3.3.3), para el atributo sabor.

Tabla 4.9
Análisis estadístico de la prueba de Duncan para el atributo sabor

Tratamientos	Resultados	Diferencias
P ₃ – P ₂	0,20 < 0,80	No hay diferencia
P ₃ – P ₄	1,61 > 0,84	Si hay diferencia
P ₃ – P ₁	3,74 > 0,90	Si hay diferencia
P ₂ – P ₄	1,41 > 0,80	Si hay diferencia
P ₂ – P ₁	3,54 > 0,84	Si hay diferencia
P ₄ – P ₁	2,13 > 0,80	Si hay diferencia

Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar en la tabla 4.9, existen diferencias significativas entre los tratamientos ($P_3 - P_4$); ($P_3 - P_1$); ($P_2 - P_4$); ($P_2 - P_1$) y ($P_4 - P_1$). Para los tratamientos ($P_3 - P_2$) no existe diferencia significativa para un límite de confianza del 95%. Sin embargo, se tomó en cuenta la preferencia de los jueces por la muestra P_3 (Canale), quedando como muestra patrón en el atributo sabor.

4.2.4 EVALUACIÓN SENSORIAL DEL ATRIBUTO CONSISTENCIA

Los resultados del test en escala hedónica, se muestran en la tabla 4.10 para el atributo consistencia extraídos del Anexo C.3.4 (tabla C.3.4.1).

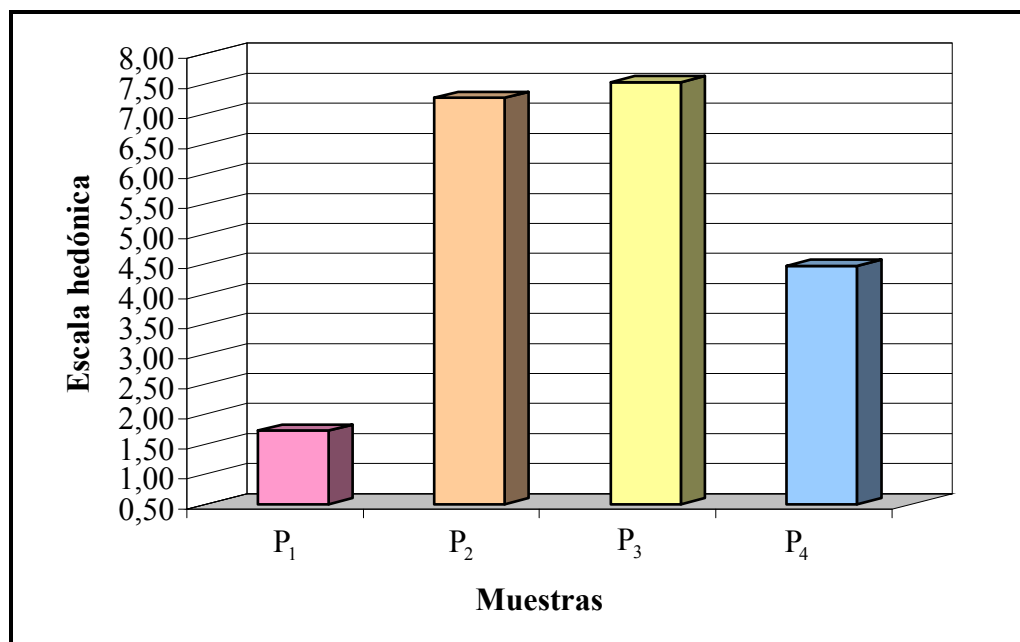
Tabla 4.10
Análisis sensorial en escala hedónica para el atributo consistencia

JUECES	MUESTRAS			
	P_1	P_2	P_3	P_4
1	2	7	8	4
2	3	7	8	5
3	2	8	8	4
4	2	8	6	5
5	2	9	7	5
6	2	8	7	5
7	1	7	8	5
8	1	6	8	3
9	1	6	7	4
10	1	6	8	4
11	1	7	8	3
12	2	8	7	5
13	2	7	8	5
14	2	7	8	5
15	2	8	7	5
\bar{X}_i	1,73	7,27	7,53	4,47

Fuente: Elaboración propia

En base a los resultados de la tabla 4.10, se procedió a graficar los puntajes promedios del atributo consistencia (figura 4.4), para elegir muestra patrón.

Figura 4.4
Puntaje promedio del atributo consistencia para selección de muestra patrón



Fuente: Elaboración propia

Como se observa en la figura 4.4, la muestra P₃ (Canale) es la que obtiene mayor puntaje en escala hedónica de 7,53 en comparación a la muestra P₂ (Dillman) que es de 7,27.

4.2.4.1 PRUEBA DE DUNCAN PARA EL ATRIBUTO CONSISTENCIA

En la tabla 4.11, se muestra el resultado de la prueba estadística de Duncan, extraído del Anexo C.3.4 (tabla C.3.4.3), para el atributo consistencia.

Tabla 4.11
Análisis estadístico de la prueba de Duncan para el atributo consistencia

Tratamientos	Resultados	Diferencias
P ₃ – P ₂	0,26 < 0,48	No hay diferencia
P ₃ – P ₄	3,06 > 0,51	Si hay diferencia
P ₃ – P ₁	5,80 > 0,52	Si hay diferencia
P ₂ – P ₄	2,80 > 0,48	Si hay diferencia
P ₂ – P ₁	5,54 > 0,51	Si hay diferencia
P ₄ – P ₁	2,73 > 0,48	Si hay diferencia

Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar en la tabla 4.11, existen diferencias significativas entre los tratamientos ($P_3 - P_4$); ($P_3 - P_1$); ($P_2 - P_4$); ($P_2 - P_1$) y ($P_4 - P_1$). Para el tratamiento ($P_3 - P_2$) no existe diferencia significativa para un límite de confianza del 95%. Sin embargo, se tomó en cuenta la preferencia de los jueces por la muestra P_3 (Canale), quedando como muestra patrón en el atributo consistencia.

4.2.5 EVALUACIÓN SENSORIAL DEL ATRIBUTO ARENOSIDAD

Los resultados del test en escala hedónica, se muestran en la tabla 4.12 para el atributo arenosidad extraídos del Anexo C.3.5 (tabla C.3.5.1).

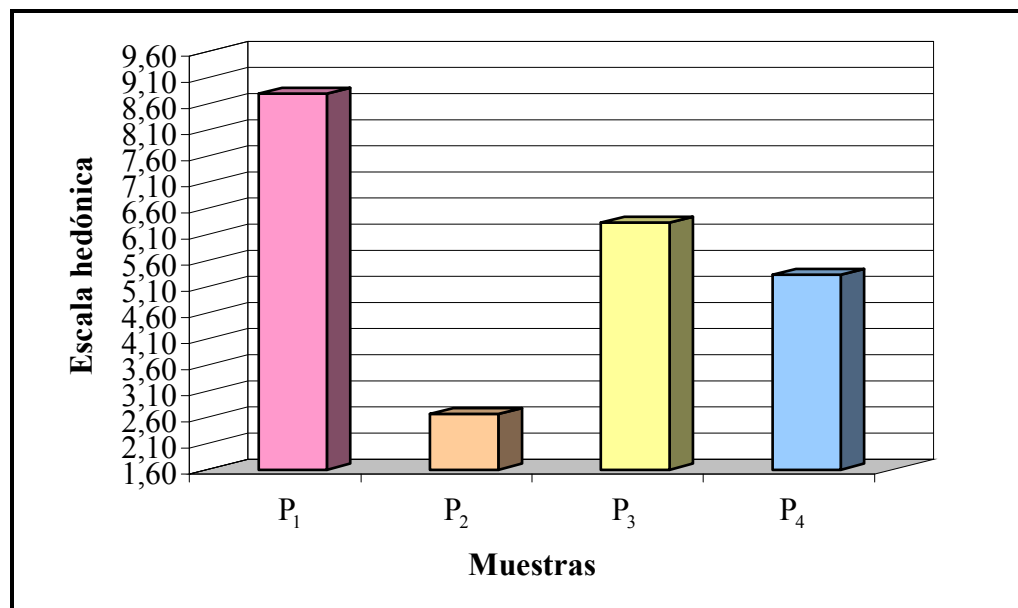
Tabla 4.12
Análisis sensorial en escala hedónica para el atributo arenosidad

JUECES	MUESTRAS			
	P_1	P_2	P_3	P_4
1	7	2	6	4
2	6	5	8	7
3	9	7	3	5
4	10	1	4	4
5	9	2	7	4
6	8	2	6	4
7	8	4	6	7
8	9	2	7	6
9	9	2	6	5
10	9	2	4	3
11	9	1	7	6
12	10	1	6	5
13	10	4	9	8
14	9	3	7	5
15	10	2	9	7
\bar{X}_i	8,80	2,67	6,33	5,33

Fuente: Elaboración propia

En base a los resultados de la tabla 4.12, se procedió a graficar los puntajes promedios del atributo arenosidad (figura 4.5), para elegir muestra patrón.

Figura 4.5
Puntaje promedio del atributo arenosidad para selección de muestra patrón



Fuente: Elaboración propia

Como se observa en la figura 4.5, la muestra P₁ (Heinz) es la que obtiene mayor puntaje en escala hedónica de 8,80 en comparación a la muestra P₃ (Canale) que es de 6,33.

4.2.5.1 PRUEBA DE DUNCAN PARA EL ATRIBUTO ARENOSIDAD

En la tabla 4.13 se muestra el resultado de la prueba estadística de Duncan, extraído del Anexo C.3.5 (tabla C.3.5.3), para el atributo arenosidad.

Tabla 4.13
Análisis estadístico de la prueba de Duncan para el atributo arenosidad

Tratamientos	Resultados	Diferencias
P ₁ – P ₃	2,47 > 1,05	Si hay diferencia
P ₁ – P ₄	3,47 > 1,11	Si hay diferencia
P ₁ – P ₂	6,14 > 1,14	Si hay diferencia
P ₃ – P ₄	1,00 < 1,05	No hay diferencia
P ₃ – P ₂	3,67 > 1,11	Si hay diferencia
P ₄ – P ₂	2,67 > 1,05	Si hay diferencia

Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar en la tabla 4.13 existen deferencias significativas entre los tratamientos ($P_1 - P_3$); ($P_1 - P_4$); ($P_1 - P_2$); ($P_3 - P_2$) y ($P_4 - P_2$). Para el tratamiento ($P_3 - P_4$) no existe diferencia significativa para un límite de confianza del 95%. De acuerdo a la preferencia de los jueces por la muestra P_1 (Heinz), que presentaba una arenosidad bastante fina; la cual no reunía las características del atributo arenosidad. En tal situación, se tomó en cuenta la muestra P_3 (Canale) como la muestra patrón más adecuada para el atributo arenosidad.

4.3 CARACTERIZACIÓN DE LAS VARIABLES DE PROCESO

Para caracterizar las variables de proceso se tomó en cuenta los siguientes aspectos:

4.3.1 DETERMINACIÓN DEL TIEMPO DE ESCALDADO

Para determinar el tiempo adecuado de escaldado de las rodajas de manzana, variedad Anna. Se tomó en cuenta una clasificación aleatoriamente al azar de las manzanas; según el diámetro, en tres tamaños diferentes (ver tabla 4.14) pequeñas (P), medianas (M) y grandes (G). Así mismo, se realizó dos procesos de pre-tratamiento térmico, escaldado en agua a temperatura de ebullición y vapor de agua saturado.

Tabla 4.14
Diámetro de manzanas variedad Anna

Tamaño	Diámetro (cm)										Rango (cm)
Pequeñas (P)	4,56	4,63	4,67	4,82	4,85	4,91	4,99	5,01	5,07	5,10	4,56 – 5,10
Medianas (M)	5,19	5,21	5,24	5,25	5,27	5,27	5,29	5,29	5,35	5,39	5,19 – 5,39
Grandes (G)	5,42	5,44	5,46	5,48	6,12	6,28	6,35	6,78	6,86	6,89	5,42 – 6,89

Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar en la tabla 4.14, el rango de las manzanas pequeñas (P) es de (4,56 - 5,10) cm, medianas de (5,19 - 5,39) cm y grandes de (5,42 - 6,89) cm.

4.3.1.1 ESCALDADO TÉRMICO EN AGUA A TEMPERATURA DE EBULLICIÓN

En la tabla 4.15, se muestran los resultados del tiempo de escaldado de rodajas de manzanas variedad Anna, para diferentes diámetros de tamaños, utilizando agua a temperatura de ebullición de 93°C.

Tabla 4.15
Tiempo de escaldado en agua a temperatura de ebullición

Clasificación de las manzanas por diámetro	Tiempo (minutos)					
	Pequeñas (P)	7	9	11	13	15
Medianas (M)	7	9	11	13	15	17
Grandes (G)	7	9	11	13	15	17

Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar en la tabla 4.15, el tiempo de escaldado de (7 - 13) minutos resultó insuficiente para ablandar la pulpa de las rodajas de manzanas pequeñas (P) y para un tiempo de 17 minutos hubo un excesivo ablandamiento de la pulpa. Resultando que para rodajas pequeñas (P) el tiempo de escaldado adecuado en agua a temperatura de ebullición 93°C es de 15 minutos; ya que se obtiene una pulpa blanda y uniforme.

En el caso de las rodajas de manzana medianas (M) y grandes (G), el tiempo de escaldado entre (7 - 9) minutos (ver tabla 4.15); resultó insuficiente para ablandar la pulpa y para tiempos de (13 - 17) minutos se presentó un excesivo ablandamiento. En tal situación, se pudo observar que un tiempo de 11 minutos es el más adecuado para el escaldado en agua a temperatura de ebullición 93°C de las rodajas de manzana medianas (M) y grandes (G).

Concluyendo, que el proceso de escaldado con agua a temperatura de ebullición de 93°C en un tiempo de 15 minutos, es el más recomendado para el escaldado de rodajas de manzanas pequeñas (P) por tener una microestructura más compacta y firme y 11 minutos para rodajas de manzanas medianas (M) y grandes (G) que tienen una microestructura menos compacta y más frágil.

4.3.1.2 ESCALDADO TÉRMICO CON VAPOR DE AGUA SATURADO

En la tabla 4.16, se muestran los resultados del tiempo de escaldado de rodajas de manzana variedad Anna, para diferentes tamaños de diámetro, utilizando vapor de agua saturado.

Tabla 4.16
Tiempo de escaldado en vapor de agua saturado

Clasificación de las manzanas por diámetro	Tiempo (minutos)					
	Pequeñas (P)	6	8	10	12	14
Medianas (M)	6	8	10	12	14	16
Grandes (G)	6	8	10	12	14	16

Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar en la tabla 4.16, el tiempo de escaldado de (6 - 10) minutos resultó insuficiente para ablandar la pulpa de las rodajas de manzanas pequeñas (P) y para un tiempo de (14 - 16) minutos hubo un excesivo ablandamiento de la pulpa. Resultando que para rodajas pequeñas (P) el tiempo de escaldado adecuado con vapor de agua saturado es de 12 minutos; ya que se obtiene una pulpa blanda y uniforme.

En el caso de las rodajas de manzana medianas (M) y grandes (G), el tiempo de escaldado entre (6 - 8) minutos (tabla 4.16); resultó insuficiente para ablandar la pulpa y para tiempos de (12 - 16) minutos se presentó un excesivo ablandamiento. En tal situación, se pudo observar que un tiempo de 10 minutos es el más adecuado para el escaldado con vapor de agua saturado de las rodajas de manzana medianas (M) y grandes (G).

Concluyendo, que el proceso de escaldado con vapor de agua saturado para un tiempo de 12 minutos, es el más recomendado para el escaldado de rodajas de manzanas pequeñas (P) por tener una microestructura más compacta y firme y 10 minutos para rodajas de manzanas medianas (M) y grandes (G) que tienen una microestructura menos compacta y más frágil.

4.3.2 VARIACIÓN DEL CONTENIDO DE ÁCIDO ASCÓRBICO EN EL PROCESO DE ESCALDADO

Para determinar el método y tiempo de escaldado, de las rodajas de manzana, se realizaron cuatro pruebas por separado, de la variación de ácido ascórbico (mg/ 100g). Tomando en cuenta el método de escaldado con agua a temperatura de ebullición, vapor de agua saturado y variando el tiempo de 10 a 15 minutos (tabla 4.17).

Tabla 4.17
Variación del contenido de ácido ascórbico en el proceso de escaldado

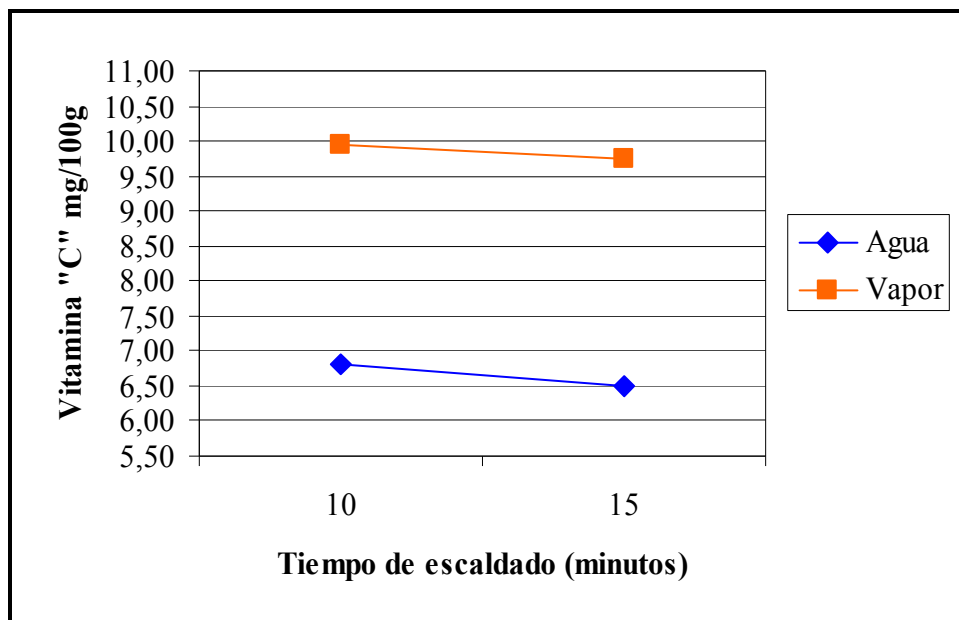
Pruebas	Variables		Variación del contenido de ácido ascórbico (mg/100g)	
	Método	Tiempo (min)		
1	Agua	10	6,80	6,80
2		15	6,50	6,50
3	Vapor	10	9,95	9,95
4		15	9,75	9,75

Fuente: CEANID, 2004

Como se observa en la tabla 4.17, para rodajas de manzana escaldadas en agua temperatura de ebullición de 93°C por un tiempo de 10 minutos, la variación de ácido ascórbico es de 6,80mg/100g; en relación con las rodajas de manzana escaldadas con vapor saturado por un tiempo de 10 minutos, que presentan una variación de 9,95mg/100g. Sin embargo, para un tiempo de 15 minutos las rodajas de manzana escaldadas en agua a temperatura de ebullición de 93°C, la variación obtenida es de 6,50mg/100g en relación con las rodajas de manzana escaldadas con vapor de agua saturado por un tiempo de 15 minutos que presentan una variación de 9,75mg/100g.

En la figura 4.6, se muestra los resultados de la variación del contenido de ácido ascórbico para el proceso de escaldado de las rodajas de manzana, variedad Anna.

Figura 4.6
Variación de ácido ascórbico en el proceso de escaldado



Fuente: Elaboración propia

Se puede observar en la figura 4.6, la variación de ácido ascórbico a través del método de escaldado con agua a temperatura de ebullición de 93°C; es mayor en relación con el método de escaldado con vapor de agua saturado. Por lo tanto, el método más adecuado para escaldar las rodajas de manzana es con vapor de agua saturado y un tiempo de 10 minutos.

4.3.2.1. DISEÑO EXPERIMENTAL PARA EL PROCESO DE ESCALDADO

En la tabla 4.18, se muestran los valores del efecto de la variable respuesta pH, para un diseño experimental 2^2 , en función del método (E) y tiempo (t) en el proceso de escaldado de las rodajas de manzana, variedad Anna; extraídos del Anexo C.1.1 (tabla C.1.1.1).

Tabla 4.18
Efecto del pH en el proceso de escaldado

Tiempo factor (t)	Método factor (E)	
	E ₁ (-)	E ₂ (+)
t ₁ (-)	4,10	3,94
	4,20	3,94
t ₂ (+)	3,90	3,81
	3,90	3,84

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 4.19, se muestra los resultados del análisis de varianza (ANVA) en base a los datos de la tabla 4.18 y extraídos del Anexo C.1.1 (tabla C.1.1.2), para un diseño experimental 2².

Tabla 4.19
ANVA para la variable respuesta pH en el proceso de escaldado

Fuente de variación (FV)	Suma de cuadrados (SC)	Grados libertad (GL)	Cuadrados medios (CM)	Fcal	Ftab
Total	0,1218	7	0,0174		
Método (E)	0,0666	1	0,0666	47,571 *	7,71
Tiempo (t)	0,0406	1	0,0406	29,000 *	7,71
Método - tiempo (E*t)	0,0091	1	0,0091	6,500	7,71
SS(Error)	0,0055	4	0,0014		

Fuente: Elaboración propia

*Significativo

Como se puede observar en la tabla 4.19, el factor (E) “método de escaldado” y el factor (t) “tiempo de escaldado”, son significativos para una probabilidad ($P < 0,05$), siendo los factores importantes en el proceso de escaldado y no así la interacción método - tiempo (E*t).

En la tabla 4.20, se muestran los valores del efecto de la variable respuesta °Brix para un diseño experimental 2², en función del método (E) y tiempo (t) en el proceso de escaldado de las rodajas de manzana, variedad Anna; extraídos del Anexo C.1.2 (tabla C.1.2.1).

Tabla 4.20
Efecto del °Brix en el proceso de escaldado

Tiempo factor (t)	Método factor (E)	
	E ₁ (-)	E ₂ (+)
t ₁ (-)	4,60	6,20
	4,00	6,00
t ₂ (+)	3,80	4,20
	3,70	4,10

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 4.21, se muestra los resultados del análisis de varianza (ANVA) en base a los datos de la tabla 4.20 y extraídos del Anexo C.1.2 (tabla C.1.2.2), para un diseño experimental 2².

Tabla 4.21
ANVA para la variable respuesta °Brix en el proceso de escaldado

Fuente de variación (FV)	Suma de cuadrados (SC)	Grados libertad (GL)	Cuadrados medios (CM)	Fcal	Ftab
Total	6,7350	7	0,9621		
Método (E)	2,4200	1	2,4200	46,095 *	7,71
Tiempo (t)	3,1250	1	3,1250	59,523 *	7,71
Método - tiempo (E*t)	0,9800	1	0,9800	18,666 *	7,71
SS(Error)	0,2100	4	0,0525		

Fuente: Elaboración propia

*Significativo

Como se puede observar en la tabla 4.21, el factor (E) “método de escaldado” y el factor (t) “tiempo de escaldado”, son significativos para una probabilidad ($P < 0,05$), siendo los factores importantes en el proceso de escaldado y no así la interacción método - tiempo (E*t).

4.3.3 DOSIFICACIÓN DE LA CANTIDAD DE AZÚCAR Y ÁCIDO CÍTRICO EN EL PROCESO DE CONCENTRACIÓN DE LA PASTA

Una vez determinado el método de escaldado y tiempo de las rodajas de manzana variedad Anna, se procedió a realizar la dosificación de la cantidad de azúcar y ácido cítrico. Para tal situación, se realizó una formulación experimental (ver tabla 4.22), en base a las formulaciones I y II de la tabla 2.5. Además, se realizó un proceso de

triturado para obtener un puré homogéneo y fino; tomando en cuenta la utilización de un tamiz N° 25 (Sivila, 2003) de la serie de Tayler que corresponde a una abertura de malla (0,71mm).

Tabla 4.22
Dosificación experimental para la pasta de manzana variedad Anna

Detalle	Formulación
Manzana	1000,00g
Método de escaldado	Vapor de agua/10minutos
Azúcar	75,00g
Ácido cítrico	1,60g
°Brix final	20°Brix

Fuente: Elaboración propia

En base a la formulación experimental de la tabla 4.22, se procedió a elaborar nueve muestras hasta producto terminado, haciendo variar el nivel de la cantidad de azúcar y ácido cítrico (tabla 4.23). Con la finalidad de realizar una evaluación sensorial, utilizando jueces no entrenados.

Tabla 4.23
Nivel de variación de la cantidad de azúcar y ácido cítrico

Variables	Muestras								
	S₁	S₂	S₃	S₄	S₅	S₆	S₇	S₈	S₉
Azúcar (g)	50,00	50,00	50,00	75,00	75,00	75,00	125,00	125,00	125,00
Ácido cítrico (g)	1,00	1,60	2,00	1,00	1,60	2,00	1,00	1,60	2,00

Fuente: Elaboración propia

Para facilitar la evaluación sensorial y tener una mejor apreciación de los resultados, se dividieron las nueve muestras elaboradas de la tabla 4.23, en tres grupos: grupo I (S₁, S₂ y S₃), grupo II (S₄, S₅ y S₆) y grupo III (S₇, S₈ y S₉), en base a la concentración de azúcar.

4.3.3.1 EVALUACIÓN SENSORIAL DEL ATRIBUTO SABOR GRUPO I

Las muestras que conforman el grupo I, fueron elaboradas manteniendo constante la concentración de azúcar (50,00g) y variando la concentración de ácido cítrico según la tabla 4.23. Se procedió a realizar una evaluación sensorial para el atributo sabor

por 15 jueces no entrenados y los resultados del test en escala hedónica se muestran en la tabla 4.24 extraídos del Anexo C.3.6 (tabla C.3.6.1).

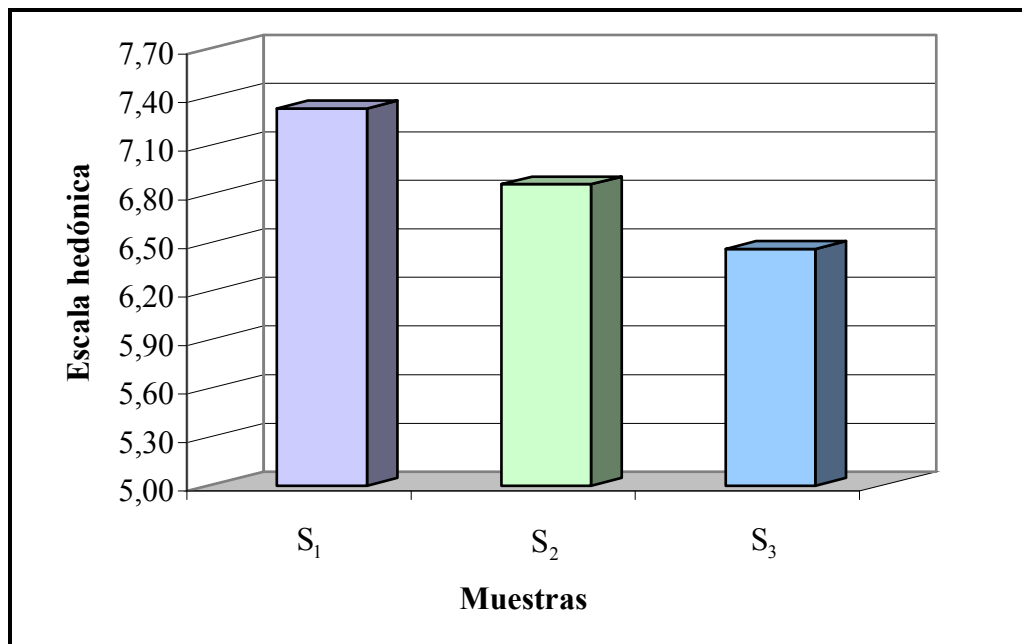
Tabla 4.24
Análisis sensorial en escala hedónica para el atributo sabor grupo I

JUECES	MUESTRAS		
	S ₁	S ₂	S ₃
1	5	3	7
2	7	4	6
3	4	6	7
4	8	9	7
5	8	8	6
6	7	7	7
7	8	4	9
8	7	6	7
9	9	7	4
10	6	6	6
11	7	10	4
12	9	9	10
13	10	7	7
14	8	7	8
15	7	10	5
\bar{X}_i	7,33	6,86	6,46

Fuente: Elaboración propia

En base a los resultados de la tabla 4.24, se procedió a graficar los puntajes promedios del atributo sabor grupo I (figura 4.7).

Figura 4.7
Puntaje promedio del atributo sabor grupo I



Fuente: Elaboración propia

Como se observa en la figura 4.7, la muestra S₁ es la que obtiene mayor puntaje promedio en escala hedónica de 7,33; en comparación a S₂ (6,86) y S₃ (6,46), que es menor.

4.3.3.1.1 PRUEBA DE DUNCAN PARA EL ATRIBUTO SABOR GRUPO I

En la tabla 4.25, se muestra el resultado de la prueba estadística de Fisher, extraído del Anexo C.3.6 (tabla C.3.6.2) para el atributo sabor.

Tabla 4.25
ANVA para el atributo sabor grupo I

Fuente de variación (FV)	Suma de cuadrados (SC)	Grados libertad (GL)	Cuadrados medios (CM)	Fcal	Ftab
Suma de cuadrados totales (SCT)	146,44	44	3,33		
Suma de cuadrados del tratamiento (SCA)	5,64	2	2,82	0,87	3,34
Suma de cuadrados del error (SCE)	90,36	28	3,22		

Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar en la tabla 4.25 el $F_{cal} \leq F_{tab}$, por lo cual se rechaza la hipótesis planteada y se puede evidenciar que no existe diferencias significativas entre los tratamientos; lo que quiere decir, que indistintamente cualquiera de las tres muestras puede tomarse como muestra elegida. Sin embargo, se tomó en cuenta la preferencia de los jueces por la muestra S_1 (50,00g de azúcar y 1,00g de ácido cítrico).

4.3.3.2 EVALUACIÓN SENSORIAL DEL ATRIBUTO SABOR GRUPO II

Las muestras que conforman el grupo II, fueron elaboradas manteniendo constante la concentración de azúcar (75,00g) y variando la concentración de ácido cítrico según la tabla 4.23. Se procedió a realizar una evaluación sensorial, para el atributo sabor por 15 jueces no entrenados y los resultados del test en escala hedónica se muestran en la tabla 4.26 extraídos del Anexo C.3.7 (tabla C.3.7.1).

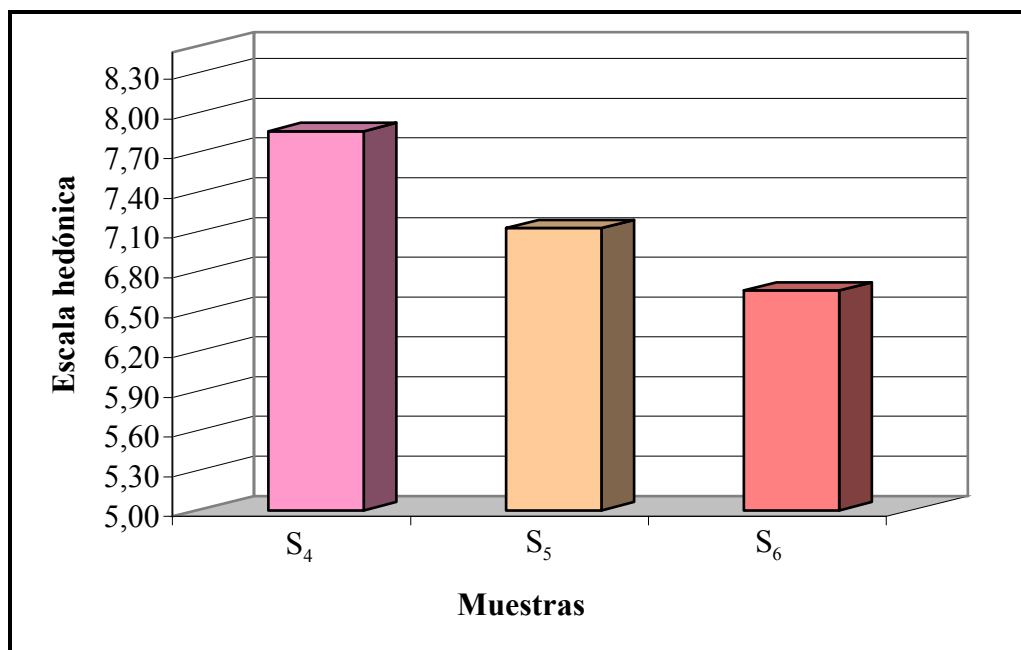
Tabla 4.26
Análisis sensorial en escala hedónica para el atributo sabor grupo II

JUECES	MUESTRAS		
	S ₄	S ₅	S ₆
1	10	10	7
2	8	9	6
3	9	7	7
4	5	8	7
5	8	7	6
6	7	9	7
7	7	6	9
8	8	6	7
9	7	5	4
10	8	7	6
11	7	6	4
12	7	5	10
13	8	9	7
14	9	7	8
15	10	6	5
\bar{X}_i	7,86	7,13	6,66

Fuente: Elaboración propia

En base a los resultados de la tabla 4.26, se procedió a graficar los puntajes promedios del atributo sabor grupo II (figura 4.8).

Figura 4.8
Puntaje promedio del atributo sabor grupo II



Fuente: Elaboración propia

Como se observa en la figura 4.8, la muestra S₄ es la que obtiene mayor puntaje promedio en escala hedónica de 7,86; en comparación a S₅ (7,13) y S₆ (6,66), que es menor.

4.3.3.2.1 PRUEBA DE DUNCAN PARA EL ATRIBUTO SABOR GRUPO II

En la tabla 4.27, se muestra el resultado de la prueba estadística de Fisher, extraído del Anexo C.3.7 (tabla C.3.7.2), para el atributo sabor grupo II.

Tabla 4.27
ANVA para el atributo sabor grupo II

Fuente de variación (FV)	Suma de cuadrados (SC)	Grados libertad (GL)	Cuadrados medios (CM)	Fcal	Ftab
Suma de cuadrados totales (SCT)	105,78	44	2,40		
Suma de cuadrados del tratamiento (SCA)	10,98	2	5,49	2,54	3,34
Suma de cuadrados del error (SCE)	60,36	28	2,16		

Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar en la tabla 4.27 el $F_{cal} \leq F_{tab}$, por lo cual se rechaza la hipótesis planteada y se puede evidenciar que no existe diferencias significativas entre los tratamientos; lo que quiere decir, que indistintamente cualquiera de las tres muestras puede tomarse como muestra elegida. Sin embargo, se tomó en cuenta la preferencia de los jueces por la muestra S_4 (75,00g de azúcar y 1,00g de ácido cítrico).

4.3.3.3 EVALUACIÓN SENSORIAL DEL ATRIBUTO SABOR GRUPO III

Las muestras que conforman el grupo III, fueron elaboradas manteniendo constante la concentración de azúcar (125,00g) y variando la concentración de ácido cítrico según la tabla 4.23. Se procedió a realizar una evaluación sensorial para el atributo sabor por 15 jueces no entrenados y los resultados del test en escala hedónica se muestran en la tabla 4.28 extraídos del Anexo C.3.8 (tabla C.3.8.1).

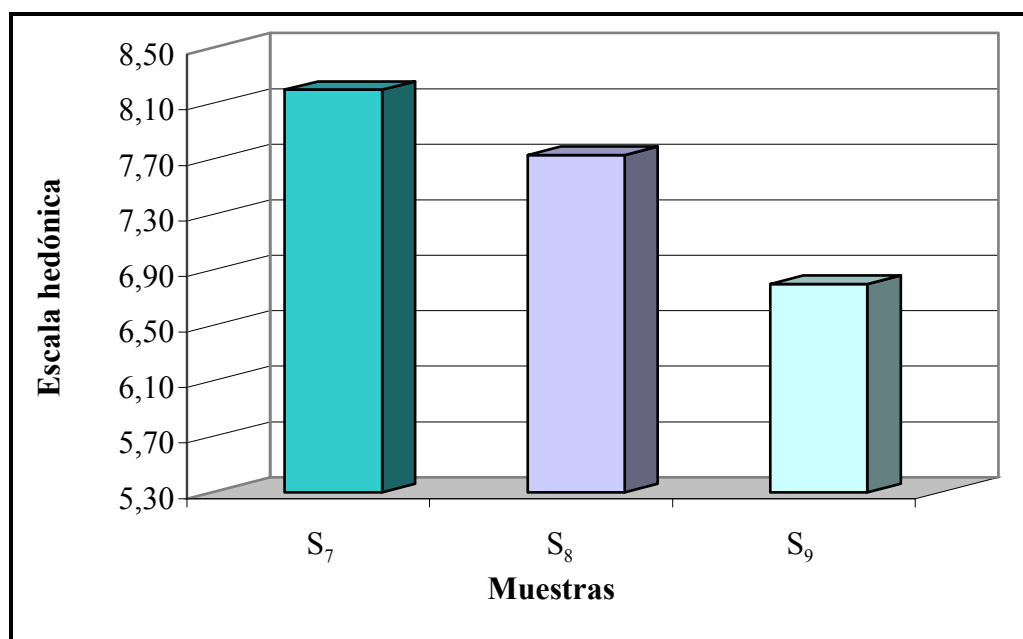
Tabla 4.28
Análisis sensorial en escala hedónica para el atributo sabor grupo III

JUECES	MUESTRAS		
	S ₇	S ₈	S ₉
1	10	7	6
2	7	8	9
3	7	6	6
4	10	7	5
5	9	10	7
6	9	7	10
7	6	8	5
8	7	9	6
9	7	7	8
10	9	7	5
11	9	9	4
12	6	7	8
13	9	8	10
14	10	9	9
15	8	7	4
\bar{X}_i	8,20	7,73	6,80

Fuente: Elaboración propia

En base a los resultados de la tabla 4.28, se procedió a graficar los puntajes promedios del atributo sabor grupo III (figura 4.9).

Figura 4.9
Puntaje promedio del atributo sabor grupo III



Fuente: Elaboración propia

Como se observa en la figura 4.9, la muestra S₇ es la que obtiene mayor puntaje promedio en escala hedónica de 8,20; en comparación a S₈ (7,73) y S₉ (6,80), que es menor.

4.3.3.3.1 PRUEBA DE DUNCAN PARA EL ATRIBUTO SABOR GRUPO III

En la tabla 4.29, se muestra el resultado de la prueba estadística de Fisher, extraído del Anexo C.3.8 (tabla C.3.8.2), para el atributo sabor grupo III.

Tabla 4.29
ANVA para el atributo sabor grupo III

Fuente de variación (FV)	Suma de cuadrados (SC)	Grados libertad (GL)	Cuadrados medios (CM)	Fcal	Ftab
Suma de cuadrados totales (SCT)	120,98	44	2,75		
Suma de cuadrados del tratamiento (SCA)	15,24	2	7,62	3,23	3,34
Suma de cuadrados del error (SCE)	66,10	28	2,36		

Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar en la tabla 4.29 el $F_{cal} \leq F_{tab}$, por lo cual se rechaza la hipótesis planteada y se puede evidenciar que no existe diferencias significativas entre los tratamientos; lo que quiere decir, que indistintamente cualquiera de las tres muestras puede tomarse como muestra elegida. Sin embargo se tomó en cuenta la preferencia de los jueces por la muestra S_7 (125,00g de azúcar y 1,00g de ácido cítrico).

4.3.3.4 EVALUACIÓN SENSORIAL PARA AJUSTAR EL ATRIBUTO SABOR

Para realizar el ajuste del atributo sabor, se tomaron los resultados de las figuras (4.7, 4.8 y 4.9) de mayor puntaje promedio (S_1 , S_4 y S_7) y la muestra patrón (Z_4), marca Canale (tabla 4.30). Con la finalidad de comparar con la muestra patrón, a través de una evaluación sensorial y de esta manera determinar la cantidad de azúcar y ácido cítrico en el proceso de concentración de la pasta.

Tabla 4.30
Nivel de variación de la cantidad de azúcar y ácido cítrico

Variables	Muestras			
	Z_1	Z_2	Z_3	Z_4
Azúcar (g)	50,00	75,00	125,00	Patrón
Ácido cítrico (g)	1,00	1,00	1,00	Patrón

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 4.31, se muestran los resultados del test en escala hedónica utilizando 15 jueces no entrenados para ajustar el atributo sabor, extraídos del Anexo C.3.9 (tabla 3.9.1).

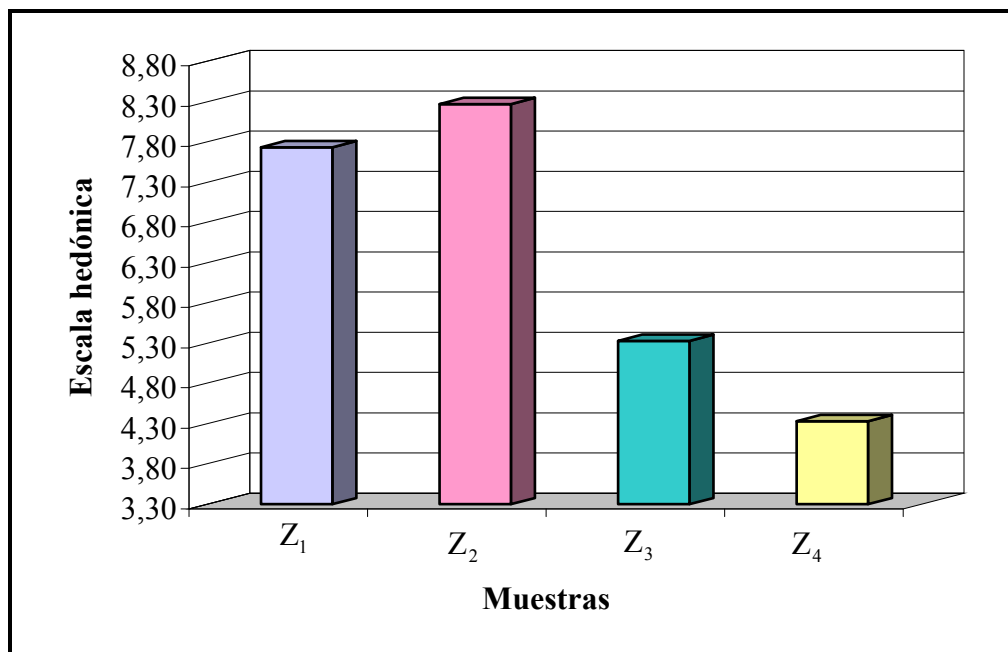
Tabla 4.31
Análisis sensorial en escala hedónica para ajustar el atributo sabor

JUECES	MUESTRAS			
	Z ₁	Z ₂	Z ₃	Z ₄
1	7	9	4	2
2	8	9	7	7
3	7	8	4	4
4	6	7	4	5
5	9	7	6	5
6	9	9	7	4
7	8	9	7	5
8	8	9	7	5
9	8	6	5	6
10	9	8	7	7
11	8	9	5	3
12	7	8	5	3
13	6	8	3	4
14	7	9	4	2
15	9	9	5	3
\bar{X}_i	7,73	8,27	5,33	4,33

Fuente: Elaboración propia

En base a los resultados de la tabla 4.31, se procedió a graficar los puntajes promedios para ajustar el atributo sabor (figura 4.10).

Figura 4.10
Puntaje promedio para ajustar el atributo sabor



Fuente: Elaboración propia

Como se observa en la figura 4.10, la muestra Z_2 es la que obtiene mayor puntaje promedio en escala hedónica de 8,27 para ajustar el atributo sabor; en comparación a Z_1 (7,73) y la muestra patrón marca Canale (Z_4) obtuvo menor puntaje (4,33) en comparación a Z_1 , Z_2 y Z_3 .

4.3.3.4.1 PRUEBA DE DUNCAN PARA AJUSTAR EL ATRIBUTO SABOR

En la tabla 4.32, se muestra el resultado de la prueba estadística de Fisher, extraído del Anexo C.3.9 (tabla C.3.9.2), para ajustar el atributo sabor.

Tabla 4.32
ANVA para ajustar el atributo sabor en el proceso de concentración de la pasta

Fuente de variación (FV)	Suma de cuadrados (SC)	Grados libertad (GL)	Cuadrados medios (CM)	Fcal	Ftab
Suma de cuadrados totales (SCT)	250,58	59	4,25		
Suma de cuadrados del tratamiento (SCA)	160,05	3	53,35	46,39	2,83
Suma de cuadrados del error (SCE)	48,20	42	1,15		

Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar en la tabla 4.32, el $F_{cal} \geq F_{tab}$, por lo tanto, se acepta la hipótesis planteada para las muestras y se puede evidenciar que existe diferencias significativas entre los tratamientos para una probabilidad ($P < 0,05$). En la tabla 4.33, se muestra el resultado de la prueba estadística de Duncan, extraído del Anexo C.3.9 (tabla C.3.9.3).

Tabla 4.33
Análisis estadístico de la prueba de Duncan para ajustar el atributo sabor

Tratamientos	Resultados	Diferencias
$Z_2 - Z_1$	$0,53 < 0,79$	No hay diferencia
$Z_2 - Z_3$	$2,93 > 0,84$	Si hay diferencia
$Z_2 - Z_4$	$3,93 > 0,86$	Si hay diferencia
$Z_1 - Z_3$	$2,40 > 0,79$	Si hay diferencia
$Z_1 - Z_4$	$3,40 > 0,84$	Si hay diferencia
$Z_3 - Z_4$	$1,00 > 0,79$	Si hay diferencia

Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar en la tabla 4.33, hay evidencias estadísticas significativas entre los tratamientos ($Z_2 - Z_3$); ($Z_2 - Z_4$); ($Z_1 - Z_3$); ($Z_1 - Z_4$) y ($Z_3 - Z_4$). Sin embargo, para el tratamiento ($Z_2 - Z_1$) no existe diferencia significativa para una probabilidad ($P < 0,05$). Lo que quiere decir, que cualquiera de las dos muestras puede ser elegida; pero se tomó en cuenta la preferencia de los jueces por la muestra Z_2 como muestra elegida de mayor aceptación.

4.3.3.5 DISEÑO EXPERIMENTAL PARA DOSIFICACIÓN DE LA CANTIDAD DE AZÚCAR Y ÁCIDO CÍTRICO

En la tabla 4.34, se muestra los valores de la variable respuesta pH y °Brix en función de los factores, como ser cantidad de azúcar y ácido cítrico en el proceso de concentración de la pasta de manzana, para un diseño experimental de 3^2 , los datos son extraídos del Anexo C.2.1 (tabla C.2.1.1) y Anexo C.2.2 (tabla C.2.2.1).

Tabla 4.34
Efecto del pH y °Brix en la dosificación de la cantidad de azúcar y ácido cítrico

Cantidad de ácido cítrico factor (C)	Cantidad de azúcar factor (A)					
	pH			°Brix		
	A ₁ (-)	A ₂ (0)	A ₃ (+)	A ₁ (-)	A ₂ (0)	A ₃ (+)
C ₁ (-)	4,12	3,55	3,40	18,30	19,00	21,00
	4,10	3,49	3,42	18,10	20,20	21,60
C ₂ (0)	4,10	3,45	3,34	18,00	19,10	21,00
	4,00	3,42	3,32	18,20	19,60	20,00
C ₃ (+)	3,90	3,34	3,25	17,60	18,70	20,00
	3,90	3,30	3,28	17,80	18,90	19,80

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 4.35, se muestra los resultados del análisis de varianza (ANVA) para el pH en base a los datos de la tabla 4.34 y extraídos del Anexo C.2.1 (tabla C.2.1.2), para un diseño experimental 3^2 .

Tabla 4.35
ANVA para la variable respuesta pH en el proceso de concentración de la pasta

Fuente de variación (FV)	Suma de cuadrados (SC)	Grados libertad (GL)	Cuadrados medios (CM)	Fcal	Ftab
Total	1,7800	17	0,2542		
Azúcar (A)	1,6627	2	0,8313	831,300 **	4,260
Ácido cítrico (C)	0,1039	2	0,0519	51,900 *	4,260
Azúcar - ácido cítrico (A*C)	0,0043	4	0,0011	1,100	3,630
SS (Error)	0,0091	9	0,0010		

Fuente: Elaboración propia

*Significativo

**Altamente significativo

Como se puede observar en la tabla 4.35, la cantidad de azúcar, factor (A) es altamente significativo, en comparación a la cantidad de ácido cítrico, factor (C), que es significativo para el proceso de concentración de la pasta y no así la interacción azúcar - ácido cítrico, factor (A*C) para una probabilidad ($P < 0,05$) en función de la variable respuesta del pH. En la tabla 4.36, se muestran los resultados del análisis de varianza (ANVA) para los °Brix, en base a los datos de la tabla 4.34 y extraídos del Anexo C.2.2 (tabla C.2.2.2), para un diseño experimental 3^2 .

Tabla 4.36
ANVA para la variable respuesta °Brix en el proceso de concentración de la pasta

Fuente de variación (FV)	Suma de cuadrados (SC)	Grados libertad (GL)	Cuadrados medios (CM)	Fcal	Ftab
Total	24,3166	17	1,4304		
Azúcar (A)	19,7682	2	9,8841	54,759 *	4,260
Ácido cítrico (C)	2,4482	2	1,2241	6,781	4,260
Azúcar - ácido cítrico (A*C)	0,4752	4	0,1188	0,658	3,630
SS (Error)	1,6250	9	0,1805		

Fuente: Elaboración propia

*Significativo

**Altamente significativo

Como se puede observar en la tabla 4.36, la cantidad de azúcar, factor (A) y la cantidad de ácido cítrico factor (C), es significativo para el proceso de concentración de la pasta y no así la interacción azúcar - ácido cítrico, factor (A*C) para una probabilidad ($P < 0,05$) en función de la variable respuesta de °Brix.

4.3.4 DETERMINACIÓN DEL GRADO DE ARENOSIDAD DE LA PASTA

Una vez determinada la dosificación de azúcar y ácido cítrico en el proceso de concentración de la pasta de manzana, se procedió a realizar la determinación del grado de arenosidad y afinado de la misma. A través de una evaluación sensorial, utilizando una escala cuantitativa relativa.

4.3.4.1 EVALUACIÓN SENSORIAL PARA DETERMINAR EL GRADO DE ARENOSIDAD

Para determinar el grado de arenosidad en la pasta de manzana, se elaboraron tres muestras manteniendo constante la cantidad de azúcar y ácido cítrico. Variando el tipo de tamiz, según la abertura de malla en la escala de Tayler, como se muestra en la tabla 4.37; y comparando con la muestra patrón (Canale).

Tabla 4.37
Variación del tipo de tamiz para determinar el grado de arenosidad

Muestras	Tamiz	Abertura de malla
T ₁	Nº 25	0,710 mm
T ₂	Nº 40	0,425 mm
T ₃	Nº 50	0,750 μ

Fuente: Elaboración propia

En base a las muestras de la tabla 4.37, se procedió a realizar una evaluación sensorial utilizando 10 jueces no entrenados que calificaron en base a un test de escala cuantitativa relativa, comparando con la muestra patrón (Canale). Los resultados de la evaluación sensorial se muestran en la tabla 4.38, para el atributo grado de arenosidad; extraído del Anexo C.3.10 (tabla C.3.10.1).

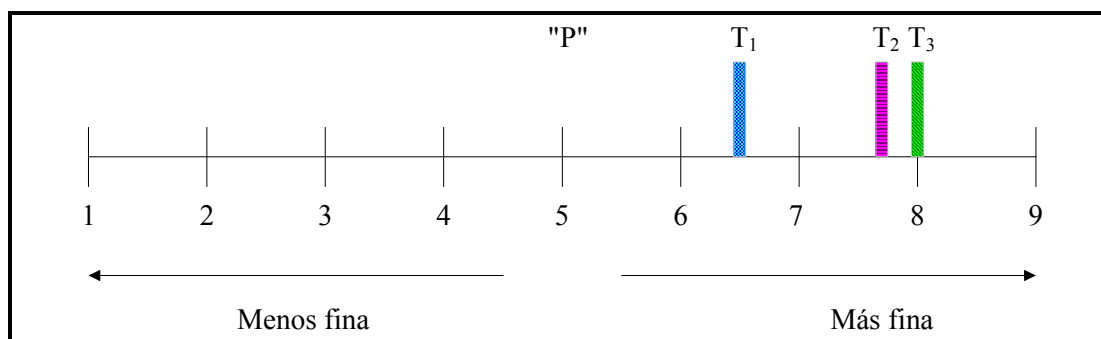
Tabla 4.38
Análisis sensorial en escala cuantitativa relativa para el atributo arenosidad

JUECES	MUESTRAS		
	T ₁	T ₂	T ₃
1	7	8	9
2	7	7	9
3	5	7	8
4	6	9	9
5	6	8	8
6	7	7	8
7	6	9	7
8	7	7	7
9	7	8	7
10	7	8	8
\bar{X}_i	6,50	7,80	8,00

Fuente: Elaboración propia

En base a los resultados de la tabla 4.38, se procedió a graficar los puntajes promedios para el atributo grado de arenosidad (figura 4.11), donde la muestra patrón (Canale) "P" tiene una asignación de 5 puntos.

Figura 4.11
Puntaje promedio del atributo grado de arenosidad



Fuente: Elaboración propia

Como se observa en la figura 4.11, la muestra T₃, es la que obtiene mayor puntaje promedio en escala cuantitativa relativa de 8,00; en comparación a T₂ (7,80) y T₁ (6,50) que es menor. Lo que quiere decir, que hay mayor preferencia por los jueces por una pasta más suave y fina.

4.3.4.1.1 PRUEBA DE DUNCAN PARA EL GRADO DE ARENOSIDAD

En la tabla 4.39, se muestra el resultado de la prueba estadística de Fisher, extraído del Anexo C.3.10 (tabla C.3.10.2), para el atributo arenosidad.

Tabla 4.39
ANVA para el grado de arenosidad

Fuente de variación (FV)	Suma de cuadrados (SC)	Grados libertad (GL)	Cuadrados medios (CM)	Fcal	Ftab
Suma de cuadrados totales (SCT)	29,37	29	1,01		
Suma de cuadrados del tratamiento (SCA)	13,27	2	6,63	10,52	3,55
Suma de cuadrados del error (SCE)	11,40	18	0,63		

Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar en la tabla 4.39, el $F_{cal} \geq F_{tab}$, por lo tanto, se acepta la hipótesis planteada para las muestras y se puede evidenciar que existe diferencias significativas entre los tratamientos para una probabilidad ($P < 0,05$). En la tabla 4.40, se muestra el resultado de la prueba estadística de Duncan, extraído del Anexo C.3.10 (tabla C.3.10.3).

Tabla 4.40
Análisis estadístico de la prueba de Duncan para el grado de arenosidad

Tratamientos	Resultados	Diferencias
$T_3 - T_2$	$0,20 < 0,74$	No hay diferencia
$T_3 - T_1$	$1,50 > 0,78$	Si hay diferencia
$T_2 - T_1$	$1,30 > 0,74$	Si hay diferencia

Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar en la tabla 4.40, existen diferencias significativas entre los tratamientos ($T_3 - T_1$) y ($T_2 - T_1$). Para el tratamiento ($T_3 - T_2$), no existe diferencia significativa para una probabilidad ($P < 0,05$). Lo que quiere decir, que estadísticamente cualquiera de las dos muestras puede ser elegida.

Sin embargo, a nivel experimental se puede evidenciar que el uso de tamiz, con abertura de malla de 0,425mm (tamiz N° 40) y 0,750mm (tamiz N° 50) dificulta enormemente el paso del puré por los tamices y por ende, el tiempo se hace excesivo, dando un puré de mal aspecto en la coloración. En tal situación, se tomó en cuenta el tamiz N° 25 de abertura de malla 0,710mm (muestra T_1), como la mejor opción para el grado de arenosidad de la pasta de manzana.

4.3.4.2 EVALUACIÓN SENSORIAL PARA EL AFINADO DEL ATRIBUTO ARENOSIDAD EN EL PURÉ

Debido a la dificultad de obtener un puré fino en base a la utilización de tamices. Se procedió a determinar el afinado del puré, utilizando una cutter eléctrica en función del tiempo de triturado y tomando en cuenta la muestra T_1 (tamiz N° 25).

En la tabla 4.41, se detallan las tres muestras (D_1 , D_2 y D_3) elaboradas hasta producto terminado (pasta de manzana) y variando el tiempo de triturado para el afinado del atributo arenosidad en el puré.

Tabla 4.41
Variación del tiempo de triturado para el afinado del puré

Muestras	Tiempo (seg)
D ₁	0
D ₂	30
D ₃	60

Fuente: Elaboración propia

En base a las muestras de la tabla 4.41, se procedió a realizar una evaluación sensorial en escala hedónica por 10 jueces no entrenados, que calificaron en comparación con la muestra patrón (Canale) y los resultados del test se muestran en la tabla 4.42 del afinado del atributo arenosidad, extraídos del Anexo C.3.11 (tabla C.3.11.1).

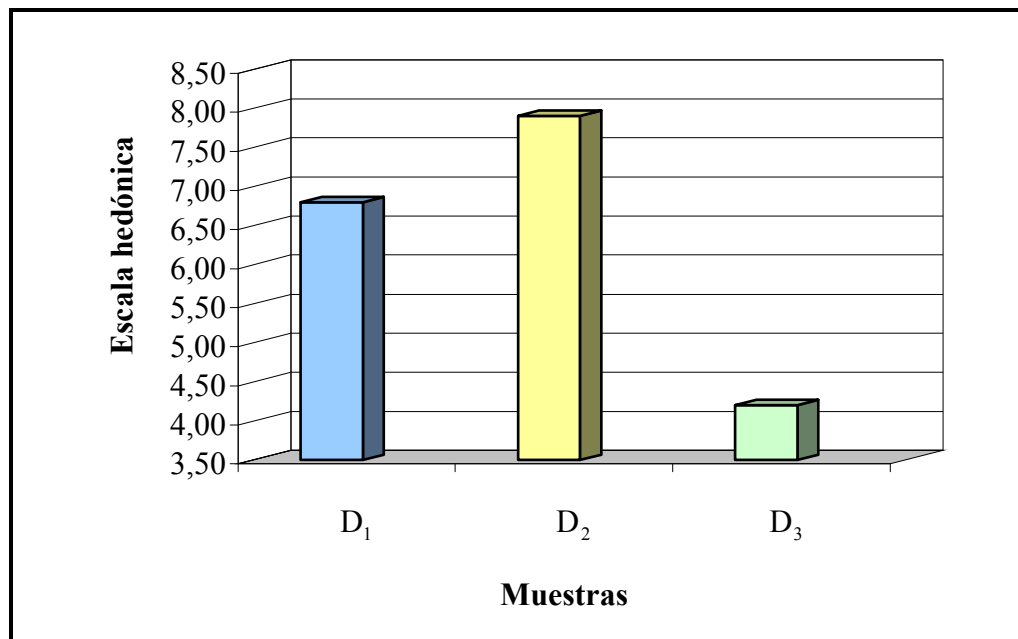
Tabla 4.42
Análisis sensorial en escala hedónica para el afinado del atributo arenosidad

JUECES	MUESTRAS		
	D₁	D₂	D₃
1	6	8	2
2	7	8	4
3	7	8	5
4	7	9	2
5	8	7	5
6	6	8	3
7	6	7	8
8	7	8	5
9	7	8	3
10	7	8	5
\bar{X}_i	6,80	7,90	4,20

Fuente: Elaboración propia

En base a los datos de la tabla 4.42, se procedió a graficar los puntajes promedios en escala hedónica, para el afinado del atributo arenosidad (figura 4.12) del puré.

Figura 4.12
Puntaje promedio del afinado del atributo arenosidad en el puré



Fuente: Elaboración propia

Como se puede ver en la figura 4.12, la muestra D₂ es la que obtiene mayor puntaje promedio en la escala hedónica de 7,90; del atributo de arenosidad; en comparación a la muestra D₁ (6,80) y D₃ (4,20), que es menor. Además, se pudo evidenciar que en las observaciones de los test, hubo una mayor preferencia por un producto de arenosidad intermedia, es decir por la muestra D₂.

4.3.4.2.1 PRUEBA DE DUNCAN PARA EL AFINADO DEL ATRIBUTO ARENOSIDAD EN EL PURÉ

En la tabla 4.43, se muestra el resultado de la prueba estadística de Fisher, extraído del Anexo C.3.11 (tabla C.3.11.2), para el afinado del atributo arenosidad en el puré.

Tabla 4.43
ANVA para el afinado del atributo arenosidad en el puré

Fuente de variación (FV)	Suma de cuadrados (SC)	Grados libertad (GL)	Cuadrados medios (CM)	Fcal	Ftab
Suma de cuadrados totales (SCT)	108,30	29	3,73		
Suma de cuadrados del tratamiento (SCA)	72,20	2	36,10	22,70	3,55
Suma de cuadrados del error (SCE)	28,47	18	1,59		

Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar en la tabla 4.43, el $F_{cal} \geq F_{tab}$, por lo tanto, se acepta la hipótesis planteada para las muestras y se puede evidenciar que existe diferencias significativas entre los tratamientos para una probabilidad ($P < 0,05$). En la tabla 4.44, se muestra el resultado de la prueba estadística de Duncan, extraído del Anexo C.3.11 (tabla C.3.11.3).

Tabla 4.44
Análisis estadístico de la prueba de Duncan para el afinado del atributo arenosidad en el puré

Tratamientos	Resultados	Diferencias
$D_2 - D_1$	$1,10 < 1,18$	No hay diferencia
$D_2 - D_3$	$3,70 > 1,24$	Si hay diferencia
$D_1 - D_3$	$2,60 > 1,18$	Si hay diferencia

Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar en la tabla 4.44, hay evidencias estadísticas significativas entre los tratamientos ($D_2 - D_3$), ($D_1 - D_3$), Sin embargo, para el tratamiento ($D_2 - D_1$) no existe diferencias significativa para una probabilidad ($P < 0,05$). Lo que quiere decir, que cualquiera de las dos muestras puede ser elegida. Pero se tomó en cuenta la preferencia de los jueces por la muestra D_2 , que es triturada con una cutter por un tiempo de 30 segundos.

4.3.5 INFLUENCIA DE LOS SÓLIDOS SOLUBLES EN EL PROCESO DE CONCENTRACIÓN INICIAL DEL PURÉ Y FINAL DE LA PASTA

Para determinar la influencia de los sólidos solubles en el proceso de concentración del puré de manzana, se procedió a elaborar cuatro muestras de puré teniendo en cuenta la muestra elegida D₂; variando los sólidos solubles iniciales del puré y los sólidos solubles finales de la pasta, con la finalidad de observar la influencia en la consistencia del producto terminado.

4.3.5.1 EVALUACIÓN SENSORIAL DEL ATRIBUTO CONSISTENCIA

En la tabla 4.45, se detalla las cuatro muestras elaboradas en función de la variación de los sólidos solubles (°Brix) iniciales en el puré y los sólidos solubles (°Brix) finales de la pasta.

Tabla 4.45
Variación de la concentración de sólidos solubles

Variables	Muestras			
	B ₁	B ₂	B ₃	B ₄
Sólidos solubles iniciales (I) (°Brix)	15	15	17	17
Sólidos solubles finales (F) (°Brix)	20	25	20	25

Fuente: Elaboración propia.

En base a las muestras de la tabla 4.45, se realizó una evaluación sensorial utilizando 10 jueces no entrenados y que calificaron comparando con la muestra patrón (Canale). En base a un test de escala cuantitativa relativa y los resultados se muestran en la tabla 4.46 para el atributo consistencia, extraído del Anexo C.3.12 (tabla C.3.12.1).

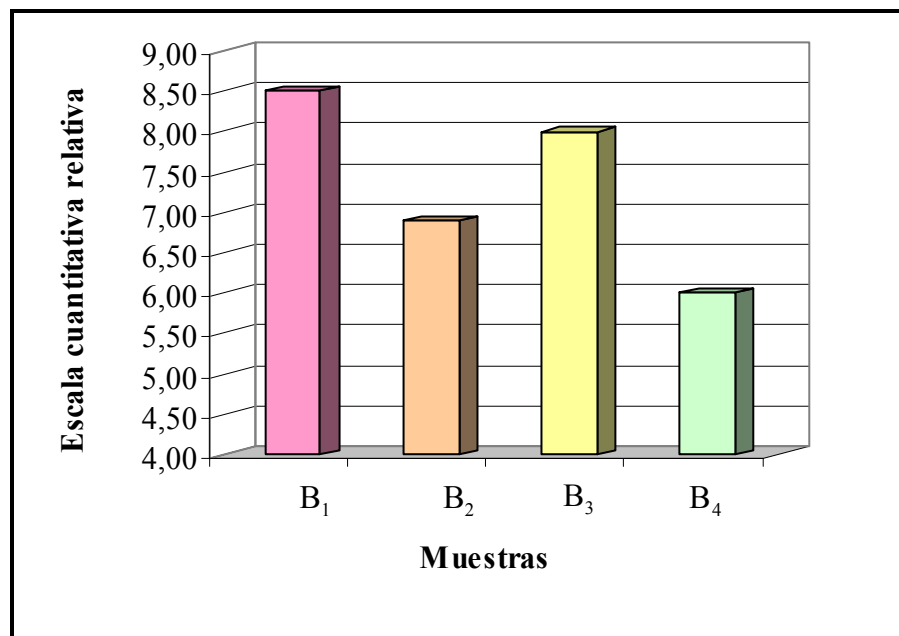
Tabla 4.46
Análisis sensorial en escala cuantitativa relativa para el atributo consistencia

JUECES	MUESTRAS			
	B ₁	B ₂	B ₃	B ₄
1	9	7	8	7
2	9	8	8	7
3	8	8	7	5
4	9	5	8	6
5	8	6	9	6
6	8	6	9	5
7	9	7	8	6
8	9	8	7	6
9	7	7	8	5
10	9	7	8	7
\bar{X}_i	8,50	6,90	8,00	6,00

Fuente: Elaboración propia

En base a los resultados de la tabla 4.46, se procedió a graficar los puntajes promedios en escala cuantitativa relativa, del atributo consistencia (figura 4.13).

Figura 4.13
Puntaje promedio del atributo consistencia



Fuente: Elaboración propia

Como se observa en la figura 4.13, la muestra B₁ es la que mayor puntaje en escala cuantitativa relativa de 8,50 en comparación a B₃ (8,00), B₂ (6,90) y B₄ (6,00) que es menor. Donde se puede observar que los jueces tienen mayor preferencia por una pasta de manzana de concentración final de sólidos solubles de 20 °Brix; y no así por una concentración final de 25 °Brix. Partiendo de un puré de concentración inicial de (15 - 17)°Brix.

4.3.5.1.1 PRUEBA DE DUNCAN PARA EL ATRIBUTO CONSISTENCIA

En la tabla 4.47, se muestra el resultado de la prueba estadística de Fisher, extraído del Anexo C.3.12 (tabla C.3.12.2), para el atributo consistencia.

Tabla 4.47
ANAVA para el atributo consistencia

Fuente de variación (FV)	Suma de cuadrados (SC)	Grados libertad (GL)	Cuadrados medios (CM)	Fcal	Ftab
Suma de cuadrados totales (SCT)	61,10	39	1,57		
Suma de cuadrados del tratamiento (SCA)	37,70	3	12,57	19,64	2,96
Suma de cuadrados del error (SCE)	17,3	27	0,64		

Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar en la tabla 4.47, el $F_{cal} \geq F_{tab}$, por lo tanto, se acepta la hipótesis planteada para las muestras y se puede evidenciar que existe diferencias significativas entre los tratamientos para una probabilidad ($P < 0,05$). En la tabla 4.48, se muestra el resultado de la prueba de Duncan, extraído del Anexo C.3.12 (tabla C.3.12.3), para el atributo consistencia.

Tabla 4.48
Análisis estadístico de la prueba de Duncan para el atributo consistencia

Tratamientos	Resultados	Diferencias
B ₁ – B ₃	0,50 < 0,72	No hay diferencia
B ₁ – B ₂	2,30 > 0,76	Si hay diferencia
B ₁ – B ₄	2,50 > 0,78	Si hay diferencia
B ₃ – B ₂	1,80 > 0,72	Si hay diferencia
B ₃ – B ₄	2,00 > 0,76	Si hay diferencia
B ₂ – B ₄	0,20 < 0,72	No hay diferencia

Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar en la tabla 4.48, hay evidencia estadísticas significativas entre los tratamientos (B₁ – B₂); (B₁ – B₄); (B₃ – B₂) y (B₃ – B₄). Sin embargo, para los tratamientos (B₁ – B₃) y (B₂ – B₄), no existe diferencia significativa para una probabilidad (P < 0,05). Lo que quiere decir, que cualquiera de las muestras puede ser elegida. Sin embargo, se tomó en cuenta la preferencia de los jueces por la muestra B₁ que parte de un puré de concentración inicial de 15 °Brix y para llegar a una pasta de concentración final de 20 °Brix, como muestra elegida.

4.3.5.2 DISEÑO EXPERIMENTAL PARA LA INFLUENCIA DE LA CONCENTRACIÓN INICIAL DEL PURÉ Y FINAL DE LA PASTA

En la tabla 4.49, se muestra los valores del efecto de la variable respuesta pH y °Brix para un diseño experimental de 2²; en función de los sólidos solubles inicial del puré (I) y sólidos solubles final de la pasta (F). Los datos son extraídos del Anexo C.1.3 (tabla C.1.3.1) y Anexo C.1.4 (tabla C.1.4.1).

Tabla 4.49
Efecto del pH y °Brix en el proceso de concentración inicial del puré y final de la pasta

Sólidos solubles finales factor (F)	Sólidos solubles iniciales factor (I)			
	pH		°Brix	
	I₁ (-)	I₂ (+)	I₁ (-)	I₂ (+)
F₁ (-)	3,28	3,40	21,00	20,00
	3,20	3,40	21,00	20,20
F₂ (+)	3,50	3,45	25,00	25,20
	3,50	3,40	25,00	25,40

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 4.50, se muestra los resultados del análisis de varianza (ANVA) para el pH en el proceso de concentración del puré y pasta, en base a los datos de la tabla 4.49 y extraídos del Anexo C.1.3 (tabla C.1.3.2), para un diseño factorial 2².

Tabla 4.50
ANVA para la variable respuesta pH en el proceso de concentración inicial del puré y final de la pasta

Fuente de variación (FV)	Suma de cuadrados (SC)	Grados libertad (GL)	Cuadrados medios (CM)	Fcal	Ftab
Total	0,00763	7	0,0109		
Sólidos solubles iniciales (I)	0,0276	1	0,0276	25,090 *	7,71
Sólidos solubles finales (F)	0,0406	1	0,0406	36,909	7,71
Sólidos Solubles (iniciales – finales) (I*F)	0,0036	1	0,0036	3,270	7,71
SS (Error)	0,0045	4	0,0011		

Fuente: Elaboración propia

*Significativo

Como se puede observar en la tabla 4.50, el efecto de los sólidos solubles iniciales, factor (I) y los sólidos solubles finales, factor (F), son significativos para una probabilidad ($P < 0,05$). Siendo los factores importantes en el proceso de concentración y no así la interacción de los sólidos solubles iniciales - finales (I*F), que no presenta una significación de importancia estadística.

En la tabla 4.51, se muestra los resultados del análisis de varianza (ANVA) para los °Brix en el proceso de concentración del puré y la pasta, en base a los datos de la tabla 4.49 y extraídos del Anexo C.1.4 (tabla C.1.4.2), para un diseño factorial 2².

Tabla 4.51
ANVA para la variable respuesta °Brix en el proceso de concentración inicial del puré y final de la pasta

Fuente de variación (FV)	Suma de cuadrados (SC)	Grados libertad (GL)	Cuadrados medios (CM)	Fcal	Ftab
Total	52,1000	7	7,4428		
Sólidos solubles iniciales (I)	0,0800	1	0,0800	8,000	7,71
Sólidos solubles finales (F)	52,0200	1	52,0200	5202,000 **	7,71
Sólidos Solubles (iniciales – finales) (I*F)	0,0200	1	0,0200	2,000	7,71
SS (Error)	0,0400	4	0,0100		

Fuente: Elaboración propia

**Altamente Significativo

Como se puede observar en la tabla 4.51, el efecto de los sólidos solubles finales, factor (F) es altamente significativo en el proceso de concentración de la pasta; y no así el efecto de los sólidos solubles iniciales, factor (I) e interacción de los sólidos solubles iniciales - finales (I*F) para una probabilidad ($P < 0,05$).

4.3.6 INFLUENCIA DEL ÁCIDO ASCÓRBICO EN EL ATRIBUTO COLOR

Para determinar la influencia del ácido ascórbico en el proceso de concentración del puré de manzana, se procedió a elaborar tres muestras (C_2 , C_3 y C_4) a producto terminado. Teniendo en cuenta la muestra elegida B_1 (figura 4.13) y la muestra patrón marca (Canale) (C_1). Para tal situación, se procedió a variar la cantidad de ácido ascórbico (%) en el puré (tabla 4.52), con la finalidad de observar la influencia del atributo color en la pasta o producto terminado.

Tabla 4.52
Variación de cantidad de ácido ascórbico en el puré

Variables	Muestras			
	C_1	C_2	C_3	C_4
Ácido ascórbico (%)	Patrón	0,00	0,10	0,20

Fuente: Elaboración propia

4.3.6.1 EVALUACIÓN SENSORIAL PARA EL ATRIBUTO COLOR

En base a las muestras de la tabla 4.52, se realizó una evaluación sensorial utilizando 10 jueces no entrenados. En base a un test de escala hedónica y los resultados se muestran en la tabla 4.53 para el atributo color, extraído del Anexo C.3.13 (tabla C.3.13.1).

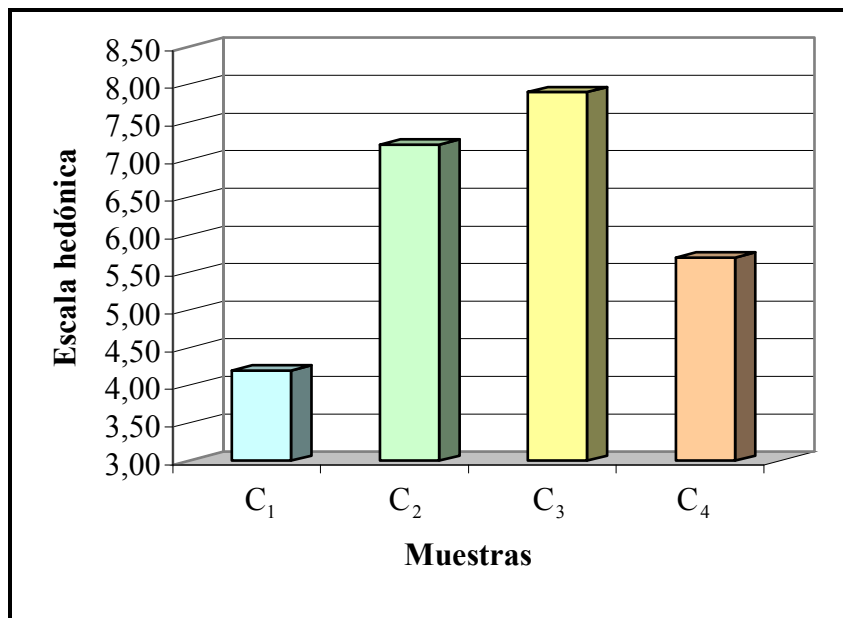
Tabla 4.53
Análisis sensorial en escala hedónica para el atributo color en la pasta

JUECES	MUESTRAS			
	C ₁	C ₂	C ₃	C ₄
1	5	7	8	6
2	5	7	8	4
3	5	8	7	6
4	2	6	8	8
5	5	7	8	4
6	8	8	7	5
7	3	7	8	6
8	4	7	8	6
9	2	7	9	6
10	3	8	8	6
\bar{X}_i	4,20	7,20	7,90	5,70

Fuente: Elaboración propia

En base a los resultados de la tabla 4.53, se procedió a graficar los puntajes promedios del atributo color (figura 4.14).

Figura 4.14
Puntaje promedio del atributo color en la pasta



Fuente: Elaboración propia

Como se observa en la figura 4.14, la muestra C₃ obtiene un puntaje promedio en escala hedónica de 7,90 para el atributo color; la muestra C₂ que es de 7,20 en comparación a la muestra C₁ (patrón), que es menor de 4,20. Siendo esta, la de menor aceptación en el atributo color.

4.3.6.1.1 PRUEBA DE DUNCAN PARA EL ATRIBUTO COLOR

En la tabla 4.54, se muestra el resultado de la prueba estadística de Fisher, extraído del Anexo C.3.13 (tabla C.3.13.2), para la influencia del ácido ascórbico en la pasta.

Tabla 4.54
ANVA para el atributo color de la influencia del ácido ascórbico en la pasta

Fuente de variación (FV)	Suma de cuadrados (SC)	Grados libertad (GL)	Cuadrados medios (CM)	Fcal	Ftab
Suma de cuadrados totales (SCT)	129,00	39	3,32		
Suma de cuadrados del tratamiento (SCA)	81,30	3	27,10	16,52	2,96
Suma de cuadrados del error (SCE)	44,20	27	1,64		

Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar en la tabla 4.54, $F_{cal} \geq F_{tab}$, por lo tanto, se acepta la hipótesis planteada para las muestras y se puede evidenciar que existe diferencias significativas entre los tratamientos para una probabilidad ($P < 0,05$). En la tabla 4.55, se muestra el resultado de la prueba de Duncan, extraído del Anexo C.3.13 (tabla C.3.13.3).

Tabla 4.55
Análisis estadístico de la prueba de Duncan para el atributo color en la pasta

Tratamientos	Resultados	Diferencias
$C_3 - C_2$	$0,70 < 1,16$	No hay diferencia
$C_3 - C_4$	$2,20 > 1,22$	Si hay diferencia
$C_3 - C_1$	$3,70 > 1,25$	Si hay diferencia
$C_2 - C_4$	$1,50 > 1,16$	Si hay diferencia
$C_2 - C_1$	$3,00 > 1,22$	Si hay diferencia
$C_4 - C_1$	$1,50 > 1,16$	Si hay diferencia

Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar en la tabla 4.55, existen diferencia significativa entre los tratamientos ($C_3 - C_4$), ($C_3 - C_1$), ($C_2 - C_4$), ($C_2 - C_1$) y ($C_4 - C_1$). Para el tratamiento ($C_3 - C_2$), no existe diferencia significativa para una probabilidad ($P < 0,05$). Lo que quiere decir, que estadísticamente cualquiera de las dos muestras puede ser elegida. Sin embargo, se tomó en cuenta la preferencia de los jueces por la muestra C_3 (0,10% de ácido ascórbico) como muestra elegida.

4.3.7 EFECTO DE LA ESENCIA DE MANZANA EN EL PROCESO DE CONCENTRACIÓN DE LA PASTA

Con la finalidad de coadyuvar al aroma y sabor en el proceso de concentración de la pasta de manzana, se procedió a elaborar cinco muestras (A₁, A₂, A₃, A₄ y A₅) a producto terminado. Teniendo en cuenta la muestra elegida C₃ (figura 4.14). Para tal situación se procedió a variar la cantidad de esencia de manzana en la pasta (tabla 4.56), con la finalidad de observar la influencia en el atributo aroma y sabor del producto terminado.

Tabla 4.56
Variación de la cantidad de esencia de manzana en la pasta

Esencia de manzana roja	Muestras				
	A ₁	A ₂	A ₃	A ₄	A ₅
Omega (ml)	0,15	----	----	0,30	----
Telchi (ml)	----	0,15	----	----	0,30

Fuente: Elaboración propia

4.3.7.1 EVALUACIÓN SENSORIAL PARA EL ATRIBUTO AROMA

En base a las muestras de la tabla 4.56, se realizó una evaluación sensorial utilizando 15 jueces no entrenados. En base a un test de escala hedónica; y los resultados se muestran en la tabla 4.57 para el atributo aroma, extraído del Anexo C.3.14 (tabla C.3.14.1) en el producto terminado.

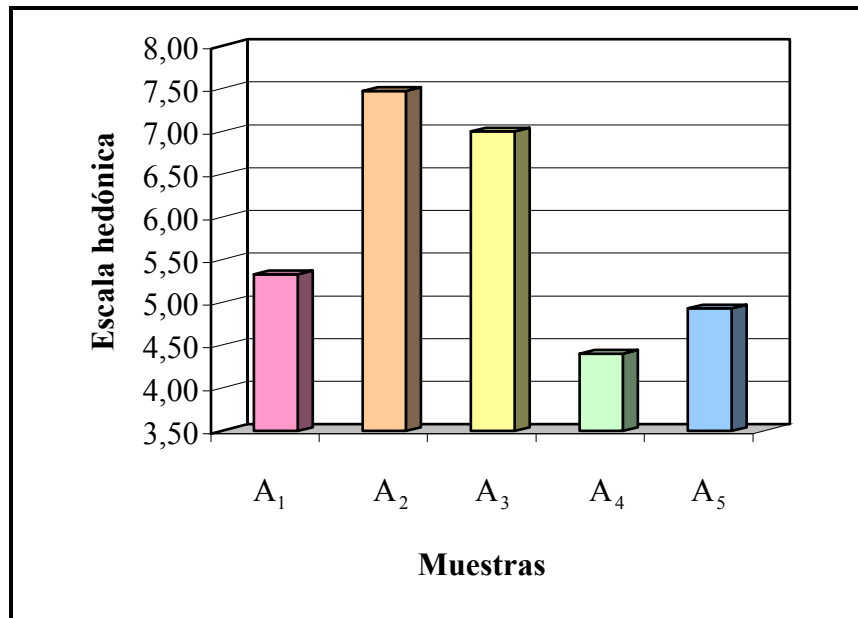
Tabla 4.57
Análisis sensorial en escala hedónica del atributo aroma para el efecto de la
esencia de manzana en la pasta

JUECES	MUESTRAS				
	A ₁	A ₂	A ₃	A ₄	A ₅
1	8	7	6	5	4
2	6	5	8	4	4
3	7	7	5	8	8
4	7	8	8	6	6
5	5	8	6	5	5
6	7	8	7	3	7
7	3	6	8	3	4
8	4	8	6	4	5
9	7	8	9	7	7
10	7	7	6	5	4
11	4	6	8	3	4
12	3	8	5	3	4
13	4	9	8	4	5
14	3	9	8	3	3
15	5	8	7	3	4
\bar{X}_i	5,33	7,47	7,00	4,40	4,93

Fuente: Elaboración propia.

En base a los resultados de la tabla 4.57, se procedió a graficar los puntajes promedios para el atributo aroma (figura 4.15); para el efecto de la esencia de manzana en la pasta ó producto terminado.

Figura 4.15
Puntaje promedio del atributo aroma para el efecto de la esencia de manzana en la pasta



Fuente: Elaboración propia.

Como se observa en la figura 4.15, la muestra A₂ es la que obtiene mayor puntaje promedio en escala hedónica de 7,47; en comparación a las muestras A₃ (7,00), A₁ (5,33), A₅ (4,93) y A₄ (4,40); que es menor.

4.3.7.1.1 PRUEBA DE DUNCAN PARA EL ATRIBUTO AROMA

En la tabla 4.58, se muestra el resultado de la prueba estadística de Fisher, extraído del Anexo C.3.14 (tabla C.3.14.2), para el atributo aroma del efecto de la esencia de manzana en la pasta ó producto terminado.

Tabla 4.58
ANVA para el atributo aroma del efecto de la esencia de manzana en la pasta

Fuente de variación (FV)	Suma de cuadrados (SC)	Grados libertad (GL)	Cuadrados medios (CM)	Fcal	Ftab
Suma de cuadrados totales (SCT)	254,75	74	3,39		
Suma de cuadrados del tratamiento (SCA)	107,15	4	26,79	15,76	2,55
Suma de cuadrados del error (SCE)	95,25	56	1,70		

Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar en la tabla 4.58, $F_{cal} \geq F_{tab}$, por lo tanto, se acepta la hipótesis planteada para las muestras y se puede evidenciar que existe diferencias significativas entre los tratamientos para una probabilidad ($P < 0,05$). En la tabla 4.59, se muestra el resultado de la prueba de Duncan, extraído del Anexo C.3.14 (tabla C.3.14.3).

Tabla 4.59
Análisis estadístico de la prueba de Duncan para el atributo aroma

Tratamientos	Resultados	Diferencias
$A_2 - A_3$	0,47 < 0,96	No hay diferencia
$A_2 - A_1$	2,14 > 1,01	Si hay diferencia
$A_2 - A_5$	2,54 > 1,04	Si hay diferencia
$A_2 - A_4$	3,07 > 1,06	Si hay diferencia
$A_3 - A_1$	1,67 > 0,96	Si hay diferencia
$A_3 - A_5$	2,07 > 1,01	Si hay diferencia
$A_3 - A_4$	2,60 > 1,04	Si hay diferencia
$A_1 - A_5$	0,40 < 0,96	No hay diferencia
$A_1 - A_4$	0,93 < 1,01	No hay diferencia
$A_5 - A_4$	0,53 < 0,96	No hay diferencia

Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar en la tabla 4.59, existe diferencias significativas entre los tratamientos ($A_2 - A_1$), ($A_2 - A_5$), ($A_2 - A_4$), ($A_3 - A_1$), ($A_3 - A_5$) y ($A_3 - A_4$). Para los tratamientos ($A_2 - A_3$), ($A_1 - A_5$), ($A_1 - A_4$) y ($A_5 - A_4$), no existe diferencias significativas para una probabilidad ($P < 0,05$). Lo que quiere decir, que

estadísticamente cualquiera de las cinco muestras puede ser elegida. Pero se tomó en cuenta la preferencia de los jueces por la muestra A_2 como la muestra elegida de mayor aceptación, que contiene 0,15ml de esencia de manzana marca Telchi.

4.3.7.2 EVALUACIÓN SENSORIAL PARA EL ATRIBUTO SABOR

En base a las muestras de la tabla 4.56, también se realizó una evaluación sensorial utilizando 15 jueces no entrenados del atributo sabor. En base a un test de escala hedónica y los resultados se muestran en la tabla 4.60, extraído del Anexo C.3.15 (tabla C.3.15.1).

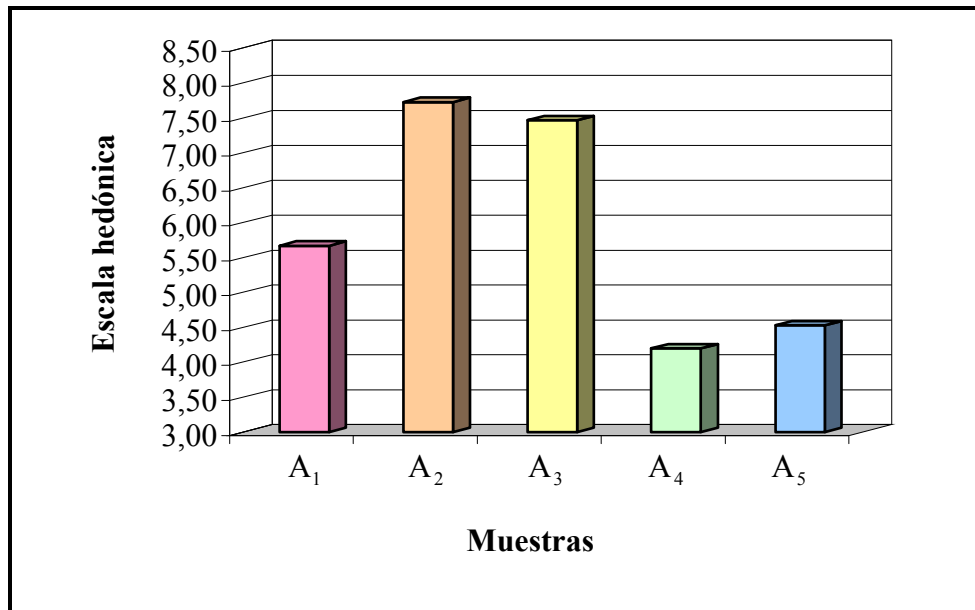
Tabla 4.60
Análisis sensorial en escala hedónica del atributo sabor para el efecto de la esencia de manzana en la pasta

JUECES	MUESTRAS				
	A_1	A_2	A_3	A_4	A_5
1	7	4	5	4	3
2	7	8	9	6	6
3	6	8	8	4	4
4	7	8	9	6	6
5	4	8	7	8	5
6	5	7	7	5	3
7	7	8	7	5	4
8	5	8	7	3	5
9	5	7	9	3	5
10	6	8	7	4	4
11	6	8	8	3	4
12	5	9	9	4	5
13	6	8	7	3	4
14	5	8	7	3	5
15	4	9	6	2	5
\bar{X}_i	5,67	7,73	7,47	4,20	4,53

Fuente: Elaboración propia.

En base a los resultados de la tabla 4.60, se procedió a graficar los puntajes promedios para el atributo sabor (figura 4.16).

Figura 4.16
Puntaje promedio del atributo sabor para el efecto de la esencia de manzana en la pasta



Fuente: Elaboración propia.

Como se observa en la figura 4.16, la muestra A₂ es la que obtiene mayor puntaje promedio en escala hedónica de 7,73; en comparación a las muestras A₃ (7,47), A₁ (5,67), A₅ (4,53) y A₄ (4,20); que es menor.

4.3.7.2.1 PRUEBA DE DUNCAN PARA EL ATRIBUTO SABOR

En la tabla 4.61, se muestra el resultado de la prueba estadística de Fisher, extraído del Anexo C.3.15 (tabla C.3.15.2), para el atributo sabor de efecto de la esencia de manzana en la pasta ó producto terminado.

Tabla 4.61
ANVA para el atributo sabor del efecto de la esencia de manzana en la pasta

Fuente de variación (FV)	Suma de cuadrados (SC)	Grados libertad (GL)	Cuadrados medios (CM)	Fcal	Ftab
Suma de cuadrados totales (SCT)	259,52	74	3,51		
Suma de cuadrados del tratamiento (SCA)	159,39	4	39,85	33,49	2,54
Suma de cuadrados del error (SCE)	66,61	56	1,19		

Fuente: Elaboración propia.

Como se puede observar en la tabla 4.61, $F_{cal} \geq F_{tab}$, por lo tanto, se acepta la hipótesis planteada para las muestras y se puede evidenciar que existe diferencias significativas entre los tratamientos para una probabilidad ($P < 0,05$). En la tabla 4.62, se muestra el resultado de la prueba de Duncan, extraído del Anexo C.3.15 (tabla C.3.15.3).

Tabla 4.62
Análisis estadístico de la prueba de Duncan para el sabor

Tratamientos	Resultados	Diferencias
$A_2 - A_3$	$0,26 < 0,79$	No hay diferencia
$A_2 - A_1$	$2,06 > 0,83$	Si hay diferencia
$A_2 - A_5$	$3,20 > 0,86$	Si hay diferencia
$A_2 - A_4$	$3,53 > 0,87$	Si hay diferencia
$A_3 - A_1$	$1,80 > 0,79$	Si hay diferencia
$A_3 - A_5$	$2,94 > 0,83$	Si hay diferencia
$A_3 - A_4$	$3,27 > 0,86$	Si hay diferencia
$A_1 - A_5$	$1,14 > 0,79$	Si hay diferencia
$A_1 - A_4$	$1,47 > 0,83$	Si hay diferencia
$A_5 - A_4$	$0,33 < 0,79$	No hay diferencia

Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar en la tabla 4.62, existen diferencia significativa entre los tratamientos ($A_2 - A_1$), ($A_2 - A_5$), ($A_2 - A_4$), ($A_3 - A_1$), ($A_3 - A_5$), ($A_3 - A_4$), ($A_1 - A_5$) y ($A_1 - A_4$). Para los tratamientos ($A_2 - A_3$) y ($A_5 - A_4$), no existe diferencias significativas para una probabilidad ($P < 0,05$). Lo que quiere decir, que

estadísticamente cualquiera de las cinco muestras puede ser elegida. Pero se tomó en cuenta la preferencia de los jueces por la muestra A₂ como la muestra elegida de mayor aceptación que contiene 0,15ml de esencia de manzana roja marca Telchi.

En base a la muestra A₂ de la tabla 4.60; tanto para el atributo aroma y sabor. Se puede decir, que se constituye en la formulación experimental de la pasta de manzana, variedad Anna (tabla 4.63).

Tabla 4.63
Formulación experimental de la pasta de manzana variedad Anna

Detalle	Cantidad	Unidad de medida
Puré de manzana	200,00	g
Ácido cítrico	0,20	g
Azúcar (sacarosa)	15,00	g
Ácido ascórbico	0,20	g
Esencia de manzana roja	0,15	ml

Fuente: Elaboración propia

Se llegó a esta formulación tomando en cuenta un pre-tratamiento con solución antioxidante (agua-ácido cítrico al 1%), método de escaldado con vapor de agua por un tiempo de 10 minutos. Así mismo, la utilización de un tamiz N° 25 en la escala de Tayler y refinado en la cutter por un tiempo de 30 segundos.

4.4 CARACTERIZACIÓN DEL PRODUCTO

Para realizar la caracterización del producto terminado, se tomó en cuenta los siguientes aspectos:

4.4.1 EVALUACIÓN SENSORIAL DEL PRODUCTO

Se procedió a realizar una evaluación sensorial del producto terminado, después de ser procesado “pasta de manzana” (M_F), utilizando 15 jueces no entrenados, que calificaron los atributos aroma, sabor, color, arenosidad, consistencia y presentación. En base a un test de escala hedónica y los resultados promedios se muestran en la tabla 4.64, extraídos del Anexo C.4 (tabla C.4.1).

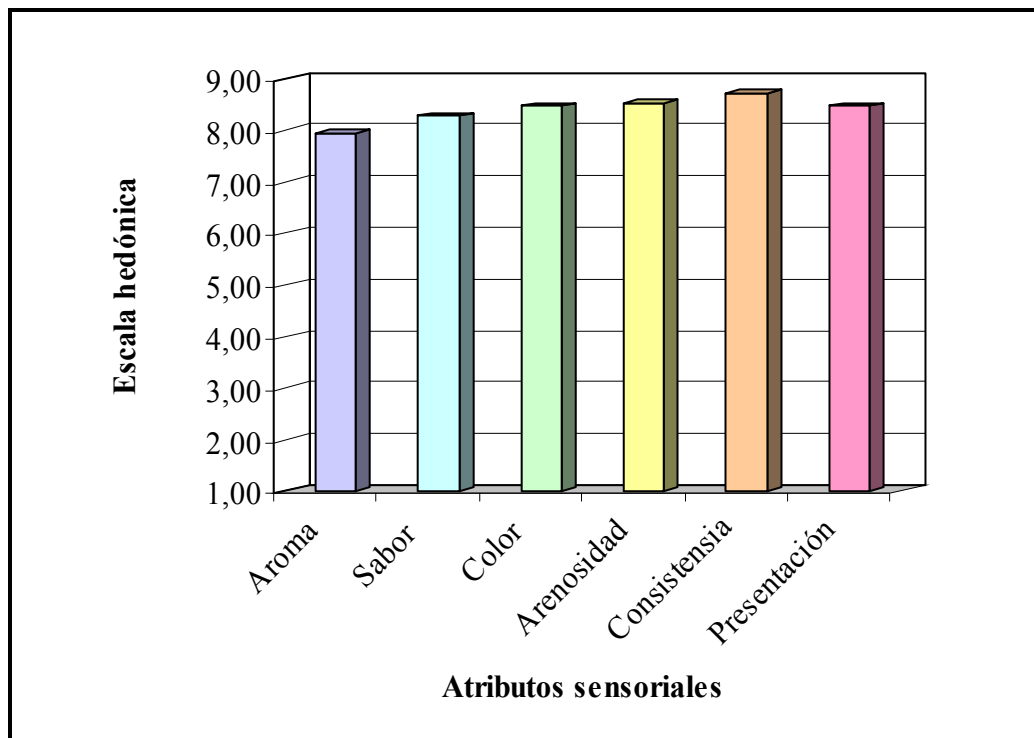
Tabla 4.64
Puntaje promedio de la evaluación sensorial del producto terminado

JUEZ	Escala hedónica					
	Aroma	Sabor	Color	Arenosidad	Consistencia	Presentación
1	8	9	9	8	9	8
2	9	9	9	9	9	9
3	8	8	8	9	9	9
4	8	8	8	8	8	8
5	7	8	8	9	9	9
6	8	7	9	8	8	8
7	8	9	8	9	9	9
8	8	9	8	9	9	8
9	7	8	9	8	9	8
10	8	8	9	9	9	9
11	8	8	9	9	9	9
12	8	8	8	8	8	8
13	8	8	9	8	9	8
14	8	8	7	8	8	8
15	8	9	9	9	9	9
\bar{X}_i	7,93	8,27	8,47	8,53	8,73	8,47

Fuente: Elaboración propia

En base a los resultados de la tabla 4.64, se procedió a graficar los puntajes promedios de los seis atributos sensoriales para el producto terminado.

Figura 4.17
Puntaje promedio de los atributos sensoriales para el producto terminado



Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar en la figura 4.17, el producto terminado presenta un puntaje promedio de 8,53 para arenosidad, consistencia 8,73, presentación 8,47, sabor 8,27, color 8,47 y 7,93 para el atributo aroma. Por lo cual, se puede decir que el producto tiene una aceptación que gusta bastante.

4.4.2 ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO DEL PRODUCTO

En la tabla 4.65, se muestran los resultados del análisis fisicoquímico de la muestra patrón puré de manzana (Canale) (Anexo B.3) y del producto terminado pasta de manzana (Anexo B.8), con el fin de comparar su composición química.

Tabla 4.65
Composición fisicoquímica del producto terminado y muestra patrón

Parámetros	Unidad	Producto terminado	Muestra patrón
Ácido ascórbico	mg/100g	36,40	43,00
Acidez (ácido cítrico)	%	0,40	0,28
pH (20°C)		3,30	4,62
Azúcares totales	%	19,16	21,03
Azúcares reductores	%	11,98	19,93
Ceniza	%	0,24	0,19
Fibra cruda	%	1,59	0,13
Humedad	%	76,89	73,80
Materia grasa	%	0,09	0,12
Proteína total	%	0,35	0,33
Hidratos de carbono	%	22,43	-----
Valor energético	%	85,37	-----
Sólidos solubles	°Brix	20,00	21,00

Fuente: CEANID, 2004

Como se observa en la tabla 4.65, el valor de ácido ascórbico en el producto terminado, es de 36,40mg/100g y de la muestra patrón (Canale), es de 43,00mg/100g. En cuanto se refiere a azúcares totales el producto tiene 19,16% y la muestra patrón de 21,03%. Azúcares reductores el producto terminado tiene un 11,98%, menor que la muestra patrón de 19,63%. Así mismo, tiene un contenido de sólidos solubles de 20°Brix el producto terminado y la muestra patrón de 21°Brix.

4.4.3 ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO DEL PRODUCTO

El análisis microbiológico fue realizado después de 3 días, de ser elaborado el producto terminado (pasta de manzana) en el CEANID y los resultados se muestran en la tabla 4.66 (Anexo B.9).

Tabla 4.66

Análisis microbiológico del producto terminado (pasta de manzana)

Parámetros	Unidad	Observaciones
Mohos y levaduras	ufc/mg	Ausencia

Fuente: CEANID, 2004

En la tabla 4.66, se observa que el resultado del análisis microbiológico en el producto terminado, después de 3 días; muestra ausencia de mohos y levaduras, es decir 0 ufc/mg.

4.4.4 CONTROL DE LA VARIACIÓN DE PESO EN EL PRODUCTO ALMACENADO

En la tabla 4.67, se muestran los resultados de la variación periódica del control de peso del producto envasado en frasco de vidrio y tapados herméticamente en función al tiempo de almacenado. Donde la muestra F₁ fue colocada en estantes de madera a temperatura ambiente de (20 - 24)°C y la muestra F₄, almacenada en refrigeración (heladera) a (10 - 12)°C, durante 3 meses.

Tabla 4.67
Variación de peso en el producto almacenado

Tiempos (días)	Muestras	
	F ₁	F ₄
0	382,63	388,21
7	382,63	388,22
14	382,63	388,22
21	382,62	388,21
28	382,62	388,21
35	382,62	388,21
42	382,61	388,20
49	382,61	388,20
56	382,60	388,20
63	382,60	388,19
70	382,59	388,19
77	382,59	388,19
84	382,58	388,18
91	382,57	388,18

Fuente: Elaboración propia

Como se puede ver en la tabla 4.67, que el producto almacenado durante 91 días en refrigeración (F₄) no presentó variación significativa en el peso; en comparación a la muestra (F₁) almacenada a temperatura ambiente.

4.4.4.1 EVALUACIÓN SENSORIAL DEL PRODUCTO ALMACENADO

Después de transcurrir 91 días de almacenamiento las muestras F₁ y F₄ fueron evaluadas a través de una evaluación sensorial por 10 jueces no entrenados, utilizando un test de escala cuantitativa relativa, en comparación con una muestra producto terminado (pasta de manzana) que fue elaborada con anticipación 3 días antes de realizar la evaluación sensorial, tomándose en cuenta los atributos sensoriales de aroma y sabor (tabla 4.68), color (tabla 4.70), arenosidad y consistencia (tabla 4.73).

4.4.4.1.1 EVALUACIÓN SENSORIAL DE LOS ATRIBUTOS AROMA Y SABOR

Los resultados del test en escala cuantitativa relativa, se muestran en la tabla 4.68; extraídos del Anexo C.3.16 (tabla C.3.16.1) y Anexo C.3.17 (tabla C.3.17.1), para los atributos aroma y sabor.

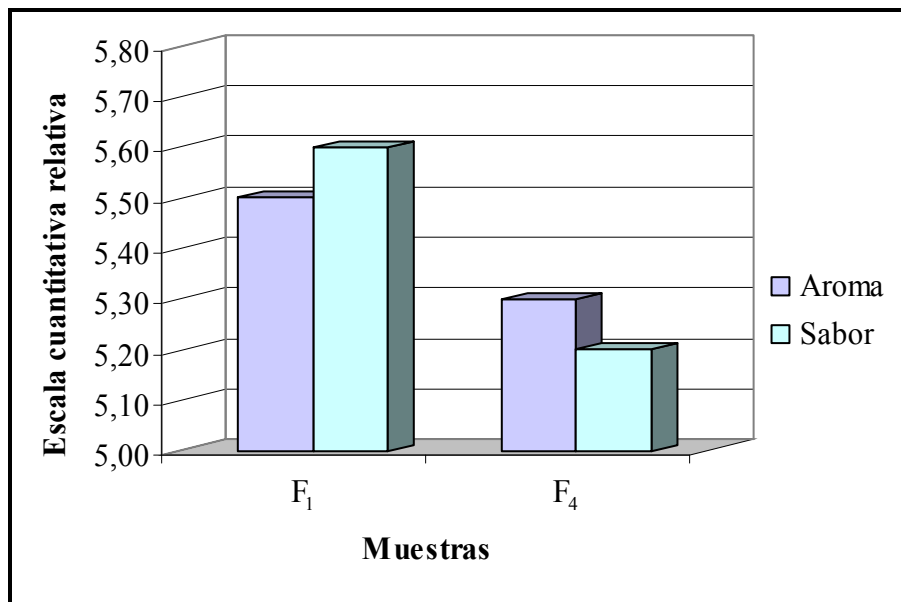
Tabla 4.68
Análisis sensorial en escala cuantitativa relativa para los atributos aroma y sabor del producto almacenado

JUECES	MUESTRAS			
	Aroma		Sabor	
	F ₁	F ₄	F ₁	F ₄
1	8	8	4	3
2	9	7	9	8
3	8	6	8	6
4	4	4	5	5
5	3	4	4	5
6	4	4	5	5
7	6	5	6	5
8	6	6	6	6
9	3	4	4	4
10	4	5	5	5
\bar{X}_i	5,50	5,30	5,60	5,20

Fuente: Elaboración propia

En base a los resultados de la tabla 4.68, se procedió a graficar los puntajes promedios de los atributos aroma y sabor del producto almacenado (figura 4.18).

Figura 4.18
Puntaje promedio de los atributos aroma y sabor del producto almacenado



Fuente: Elaboración propia

Como se observa en la figura 4.18, la muestra F₁ es la que obtiene mayor puntaje promedio en escala cuantitativa relativa en el atributo aroma (5,50) y (5,56), para el atributo sabor; en comparación de F₄ (5,30) en el atributo aroma y (5,20) para el atributo sabor, que es menor.

4.4.4.1.1 PRUEBA DE DUNCAN PARA LOS ATRIBUTOS AROMA Y SABOR

En la tabla 4.69, se muestra el resultado de la prueba de Fisher, extraído del Anexo C.3.16 (tabla C.3.16.2) y Anexo C.3.17 (tabla C.3.17.2), para el atributo aroma y sabor del producto almacenado.

Tabla 4.69
ANVA para los atributos aroma y sabor del producto almacenado

Atributo	Fuente de variación (FV)	Suma de cuadrados (SC)	Grados libertad (GL)	Cuadrados medios (CM)	Fcal	Ftab
Aroma	Suma de cuadrados totales (SCT)	62,80	19	3,31		
	Suma de cuadrados del tratamiento (SCA)	0,20	1	0,20	0,31	5,12
	Suma de cuadrados del error (SCE)	5,80	9	0,64		
Sabor	Suma de cuadrados totales (SCT)	42,80	19	2,25		
	Suma de cuadrados del tratamiento (SCA)	0,80	1	0,80	2,25	5,12
	Suma de cuadrados totales (SCT)	3,20	9	0,36		

Fuente: Elaboración propia.

Como se puede observar en la tabla 4.69, el $F_{cal} \leq F_{tab}$, por lo cual se rechaza la hipótesis planteada en los dos atributos (aroma y sabor) y se puede evidenciar que no existe diferencias significativas entre los tratamientos para una probabilidad ($P < 0,05$). Lo que quiere decir, que indistintamente cualquiera de las dos muestras puede tomarse como muestra elegida en ambos atributos. Sin embargo, se tomó en cuenta la preferencia de los jueces en los atributos aroma y sabor por la muestra F_1 , almacenada a temperatura ambiente de (20 - 24)°C.

4.4.4.1.2 EVALUACIÓN SENSORIAL DEL ATRIBUTO COLOR

Los resultados del test en escala cuantitativa relativa, se muestran en la tabla 4.70; extraídos del Anexo C.3.18 (tabla C.3.18.1), para el atributo color.

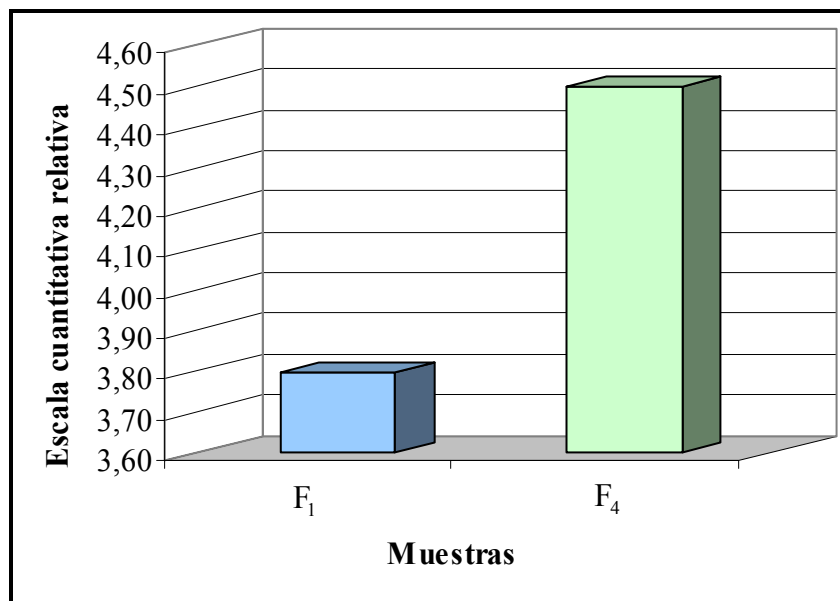
Tabla 4.70
Análisis sensorial en escala cuantitativa relativa para el atributo color del producto almacenado

JUECES	MUESTRAS	
	F ₁	F ₄
1	3	4
2	4	4
3	6	5
4	3	4
5	3	4
6	3	4
7	4	6
8	6	6
9	2	4
10	4	4
\bar{X}_i	3,80	4,50

Fuente: Elaboración propia

En base a los resultados de la tabla 4.70, se procedió a graficar los puntajes promedios del atributo sabor del producto almacenado (figura 4.19).

Figura 4.19
Puntaje promedio del atributo color del producto almacenado



Fuente: Elaboración propia

Como se observa en la figura 4.19, la muestra F_4 es la que obtiene mayor puntaje promedio en escala cuantitativa relativa de 4,50 en comparación de F_1 (3,80), que es menor.

4.4.4.1.2.1 PRUEBA DE DUNCAN PARA EL ATRIBUTO COLOR

En la tabla 4.71, se muestra el resultado de la prueba de Fisher, extraído del Anexo C.3.18 (tabla C.3.18.2), para el atributo color.

Tabla 4.71
ANVA para el atributo color del producto almacenado

Fuente de variación (FV)	Suma de cuadrados (SC)	Grados libertad (GL)	Cuadrados medios (CM)	Fcal	Ftab
Suma de cuadrados totales (SCT)	24,55	19	1,29		
Suma de cuadrados del tratamiento (SCA)	2,45	1	2,45	5,44	5,12
Suma de cuadrados del error (SCE)	4,05	9	0,45		

Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar en la tabla 4.71, el $F_{cal} \geq F_{tab}$, por lo tanto, se acepta la hipótesis planteada para las muestras y se puede evidenciar que existe diferencias significativas entre los tratamientos para una probabilidad ($P < 0,05$). En la tabla 4.72, se muestra el resultado de la prueba estadística de Duncan, extraído del Anexo C.18 (tabla C.3.18.3).

Tabla 4.72
Análisis estadístico de la prueba de Duncan para el atributo color del producto almacenado

Tratamientos	Resultados	Diferencias
$F_4 - F_1$	$0,70 > 0,68$	Si hay diferencia

Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar en la tabla 4.72, hay evidencias estadísticas significativas para el tratamiento ($F_4 - F_1$) para una probabilidad ($P < 0,05$). Sin embargo, se tomó

en cuenta la preferencia de los jueces por la muestra F_4 , almacenada en refrigeración a temperatura de (10 - 12)°C.

4.4.4.1.3 EVALUACIÓN SENSORIAL DEL ATRIBUTO ARENOSIDAD Y CONSISTENCIA

Los resultados del test en escala cuantitativa relativa, se muestran en la tabla 4.73 extraídos del Anexo C.3.19 (tabla C.3.19.1) y Anexo C.3.20 (tabla C.3.20.1), para los atributos arenosidad y consistencia en el producto almacenado.

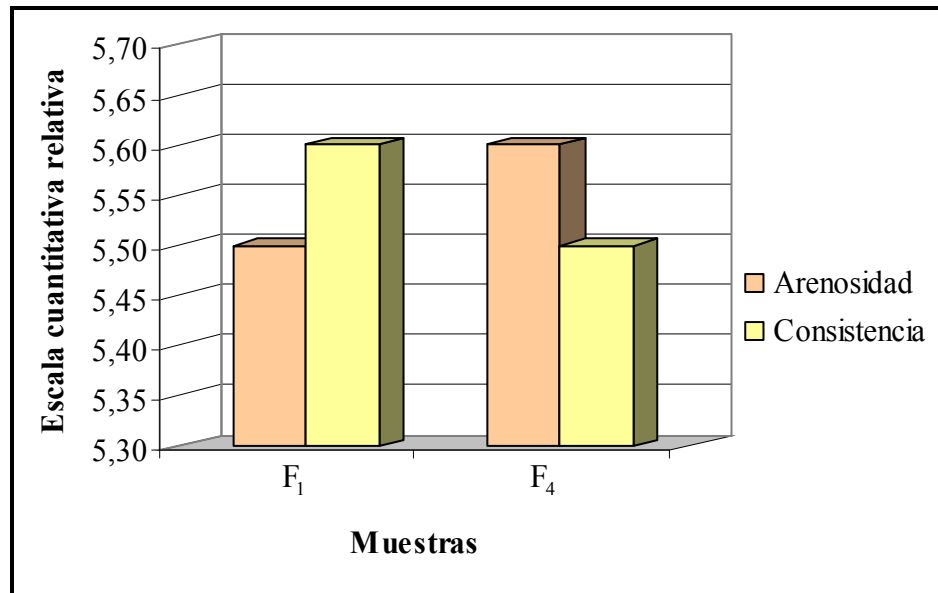
Tabla 4.73
Análisis sensorial en escala cuantitativa relativa para los atributos arenosidad y consistencia del producto almacenado

JUECES	MUESTRAS			
	Arenosidad		Consistencia	
	F ₁	F ₄	F ₁	F ₄
1	5	5	6	5
2	7	8	8	9
3	8	7	6	5
4	5	5	5	5
5	5	5	5	5
6	5	5	5	5
7	5	5	5	5
8	5	6	6	6
9	5	5	5	5
10	5	5	5	5
\bar{X}_i	5,50	5,60	5,60	5,50

Fuente: Elaboración propia

En base a los resultados de la tabla 4.73, se procedió a graficar los puntajes promedios de los atributos arenosidad y consistencia del producto almacenado (figura 4.20).

Figura 4.20
Puntaje promedio de los atributos arenosidad y consistencia del producto almacenado



Fuente: Elaboración propia

Como se observa en la figura 4.20, la muestra F₄ es la que obtiene mayor puntaje promedio en escala cuantitativa relativa de 5,56 en comparación de F₁ (5,50) en el atributo arenosidad y para el atributo consistencia, la muestra F₁ es la que obtiene mayor puntaje promedio de 5,60 en comparación de F₄ (5,50) que es menor.

4.4.4.1.3.1 PRUEBA DE DUNCAN PARA LOS ATRIBUTOS ARENOSIDAD Y CONSISTENCIA

En la tabla 4.74, se muestra el resultado de la prueba de Fisher, extraído del Anexo C.3.19 (tabla C.3.19.2) y Anexo C.3.20 (tabla C.3.20.2), para los atributos arenosidad y consistencia del producto almacenado.

Tabla 4.74
ANVA para los atributos arenosidad y consistencia del producto almacenado

Atributo	Fuente de variación (FV)	Suma de cuadrados (SC)	Grados libertad (GL)	Cuadrados medios (CM)	Fcal	Ftab
Arenosidad	Suma de cuadrados totales (SCT)	22,95	19	1,21		
	Suma de cuadrados del tratamiento (SCA)	0,05	1	0,05	0,31	5,12
	Suma de cuadrados del error (SCE)	1,45	9	0,16		
Consistencia	Suma de cuadrados totales (SCT)	22,95	19	1,21		
	Suma de cuadrados del tratamiento (SCA)	0,05	1	0,05	0,31	5,12
	Suma de cuadrados totales (SCT)	1,45	9	0,16		

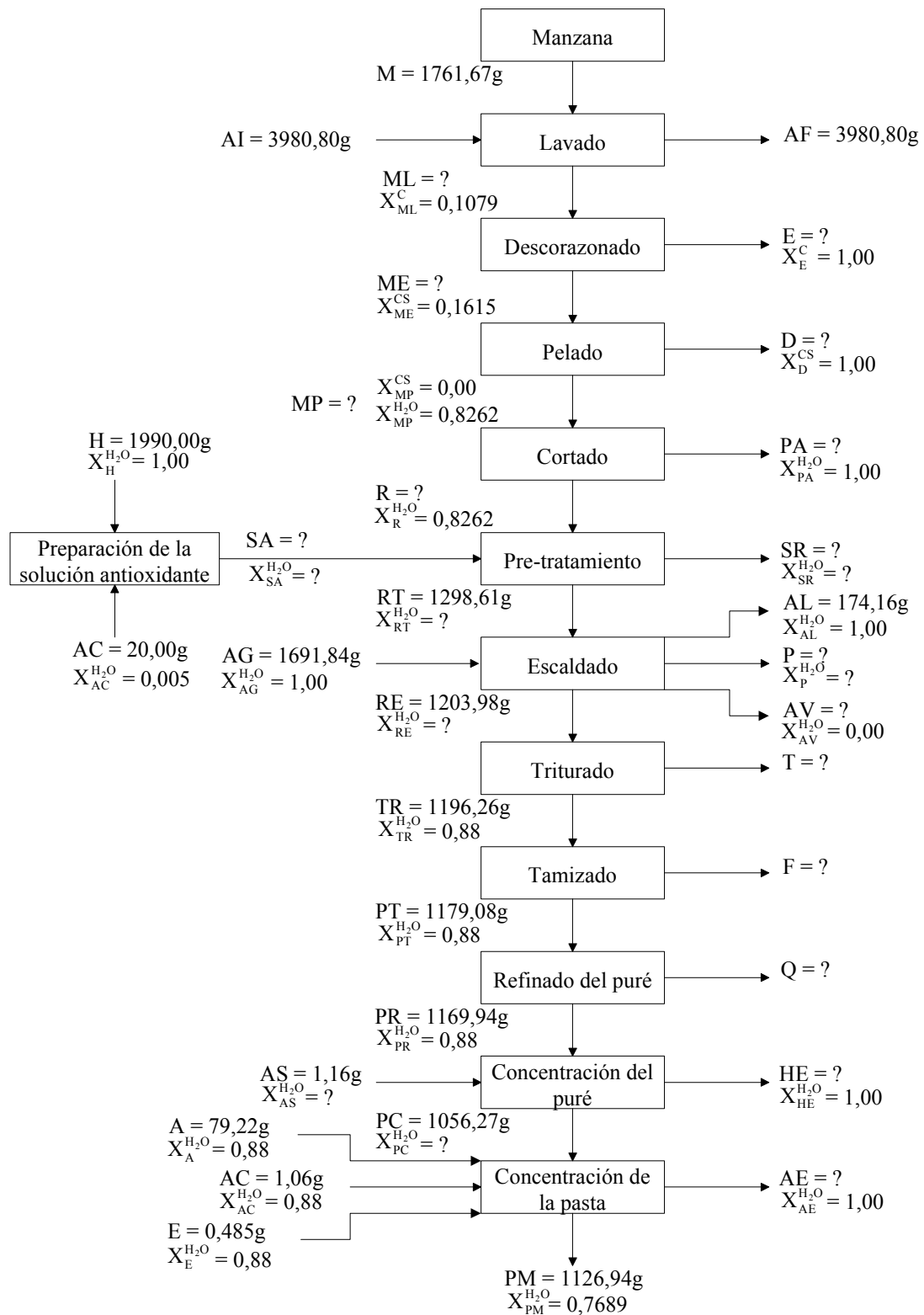
Fuente: Elaboración propia.

Como se puede observar en la tabla 4.74, el $F_{cal} \leq F_{tab}$, por lo cual se rechaza la hipótesis planteada en los dos atributos (arenosidad y consistencia) y se puede evidenciar que no existe diferencias significativas entre los tratamientos para una probabilidad ($P < 0,05$). Lo que quiere decir, que indistintamente cualquiera de las dos muestras puede tomarse como muestra elegida en ambos atributos. Sin embargo, se tomó en cuenta la preferencia de los jueces en el atributo arenosidad por la muestra F_4 , almacenada a temperatura de refrigeración (10 - 12)°C y para el atributo consistencia por la muestra F_1 , almacenada a temperatura ambiente (20 - 24)°C.

4.5 BALANCE DE MATERIA

En la figura 4.21, se observa el diagrama de bloques general del balance de materia de la elaboración de pasta de manzana.

Figura 4.21
Diagrama de bloque del balance de materia



Donde:

M = Cantidad de manzana variedad Anna (g).

ML = Cantidad de manzana limpias (g).

X_{ML}^C = Fracción de desechos de las manzanas limpias.

ME = Cantidad de manzana sin la parte central (corazón) (g).

X_{ME}^C = Fracción de desechos de las manzanas sin la parte central (corazón).

E = Cantidad de desechos (corazones) (g).

X_E^C = Fracción de desechos (corazones).

MP = Cantidad de manzana sin cáscara (g).

X_{MP}^{CS} = Fracción de cáscaras de las manzanas sin cáscara.

D = Cantidad de desechos (cáscaras) (g).

X_D^{CS} = Fracción de cáscaras.

R = Cantidad de rodajas de manzana (g).

$X_R^{H_2O}$ = Fracción de agua de las rodajas de manzanas.

PA = Cantidad de agua perdida (g).

$X_{PA}^{H_2O}$ = Fracción de agua perdida.

H = Cantidad de agua (g).

$X_H^{H_2O}$ = Fracción de agua.

AC = Cantidad de ácido cítrico (g).

$X_{AC}^{H_2O}$ = Fracción de agua del ácido cítrico.

SA = Cantidad de solución antioxidante (g).

$X_{SA}^{H_2O}$ = Fracción de agua en la solución antioxidante.

SR = Cantidad de solución antioxidante restante (g).

$X_{SR}^{H_2O}$ = Fracción de agua en la solución antioxidante restante.

RT = Cantidad de rodajas tratadas de manzana (g).

$X_{RT}^{H_2O}$ = Fracción de agua de las rodajas tratadas de manzanas.

RE = Cantidad de rodajas escaldadas de manzana (g).

$X_{RE}^{H_2O}$ = Fracción de agua de las rodajas escaldadas de manzanas.

AG = Cantidad de agua inicial (g).

$X_{AG}^{H_2O}$ = Fracción de agua inicial.

AL = Cantidad de agua final (g).

$X_{AL}^{H_2O}$ = Fracción de agua final.

AV = Cantidad de agua evaporada (g).

$X_{AV}^{H_2O}$ = Fracción de agua en el agua evaporada.

P = Cantidad de perdidas de rodajas escaldadas de manzana (g).

$X_P^{H_2O}$ = Fracción de agua de las pérdidas de rodajas escaldadas de manzana.

TR = Cantidad de puré triturado de manzana (g).

$X_{TR}^{H_2O}$ = Fracción de agua del puré triturado de manzanas.

T = Cantidad de perdidas de puré triturado de manzana (g).

$X_T^{H_2O}$ = Fracción de agua en las pérdidas de puré triturado de manzanas.

PT = Cantidad de puré tamizado de manzana (g).

$X_{PT}^{H_2O}$ = Fracción de agua del puré tamizado de manzanas.

F = Cantidad de desecho (fibra) del puré tamizado de manzana (g).

PR = Cantidad de puré refinado de manzana (g).

$X_{PR}^{H_2O}$ = Fracción de agua del puré refinado de manzanas.

Q = Cantidad de perdidas del puré refinado de manzana (g).

AS = Cantidad de ácido ascórbico (g).

$X_{AS}^{H_2O}$ = Fracción de agua del ácido ascórbico.

PC = Cantidad de puré concentrado de manzana (g).

$X_{PC}^{H_2O}$ = Fracción de agua del puré concentrado de manzanas.

HE = Cantidad de agua evaporada (g).

$X_{HE}^{H_2O}$ = Fracción de agua en el agua evaporada.

A = Cantidad de azúcar (g).

$X_A^{H_2O}$ = Fracción de agua del azúcar.

E = Cantidad de esencia de manzana roja (g).

$X_E^{H_2O}$ = Fracción de agua de la esencia de manzana roja.

AE = Cantidad de agua evaporada (g).

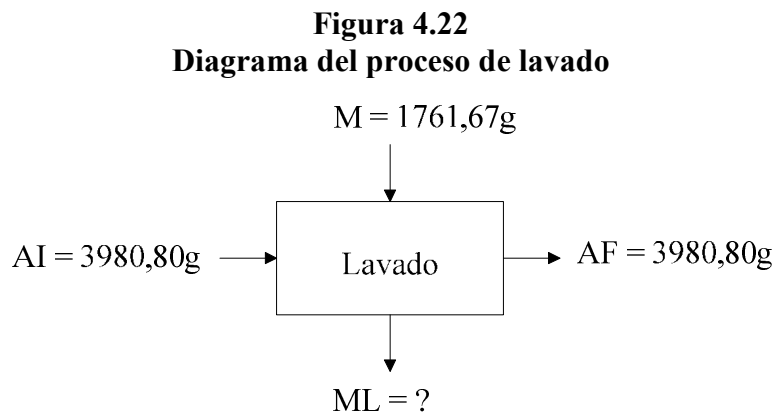
$X_{AE}^{H_2O}$ = Fracción de agua en el agua evaporada.

PM = Cantidad de pasta de manzana (g).

$X_{PT}^{H_2O}$ = Fracción de agua de la pasta de manzanas.

4.5.1 BALANCE DE MATERIA EN EL PROCESO DE LAVADO

Para realizar el balance de materia en el proceso de lavado (figura 4.22), se tomó en cuenta la cantidad de 1761,67g de manzana variedad Anna y 3980,80g de agua.



Balance de materia global en el proceso de lavado:

$$M + AI = ML + AF \quad (4.1)$$

Arreglando al ecuación (4.1):

$$ML = M + AI - AF \quad (4.2)$$

Para calcular la cantidad de agua en el proceso de lavado, es necesario considerar la densidad del agua (20°C) que corresponde a 995,20kg/m³ (Ocón Tojo, 1976). Así mismo, la expresión matemática (ecuación 4.3).

$$\delta_{H_2O} = m/V \Rightarrow m = \delta_{H_2O} * V \quad (4.3)$$

Donde:

δ_{H_2O} = Densidad del agua (kg/m^3).

m = Masa del agua (kg).

V = Volumen del agua (m^3).

La cantidad de agua inicial (AI) y final (AF) utilizada fue de 4,00 litros para el proceso de lavado.

Por lo tanto, calculando el valor de agua utilizada:

$$AI = AF = \delta_{H_2O} * V = 995,20 \cancel{kg/m^3} * \left(\frac{1 \cancel{m^3}}{1000 \cancel{litros}} \right) * \left(\frac{1000 \cancel{g}}{1 \cancel{kg}} \right) * 4,00 \cancel{litros}$$

$$AI = AF = 3980,80g$$

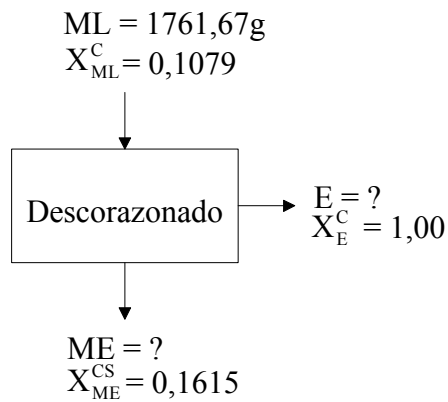
Remplazando el valor de (AI) y (AF) en la ecuación (4.2)

$$ML = 1761,67 + 3980,80 - 3980,80 \quad ML = 1761,67g$$

4.5.2 BALANCE DE MATERIA EN EL PROCESO DE DESCORAZONADO

Para realizar el balance de materia en el proceso de descorazonado (figura 4.23), se tomó en cuenta la cantidad de 1761,67g de manzanas variedad Anna y el porcentaje promedio de peso de corazones (10,79%) de la tabla 4.2.

Figura 4.23
Diagrama del proceso de descorazonado



Balance de materia global en el proceso de descorazonado:

$$ML = ME + E \quad (4.4)$$

Arreglando al ecuación (4.4):

$$ME = ML - E \Rightarrow ME = 1761,67 - E \quad (4.5)$$

Balance de materia parcial para la parte central (corazón) en el proceso de descorazonado:

$$ML * X_{ML}^C = ME * \overset{0}{\cancel{X_{ME}^C}} + E X_E^C \quad (4.6)$$

Calculando la cantidad de desecho (corazones) de la ecuación (4.6):

$$E = (ML * X_{ML}^C) / X_E^C \Rightarrow E = (1761,67 * 0,1079) / 1,00$$

$$E = 190,08g$$

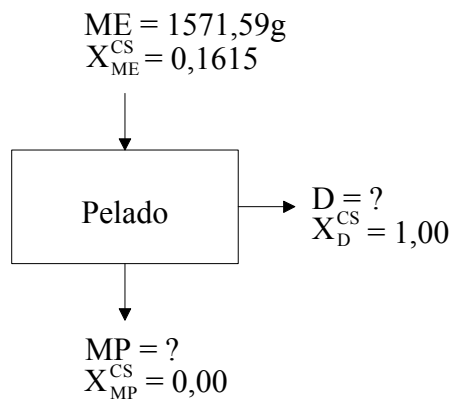
Sustituyendo el valor de (E) en la ecuación (4.5):

$$ME = 1761,67 - 190,08 \Rightarrow ME = 1571,59g$$

4.5.3 BALANCE DE MATERIA EN EL PROCESO DE PELADO

Para realizar el balance de materia en el proceso de pelado (figura 4.24), se tomó en cuenta la cantidad de 1571,59g de manzana variedad Anna (ME); sin la parte central (corazón) y el porcentaje promedio de peso de las cáscaras (16,15%) de la tabla 4.2.

Figura 4.24
Diagrama del proceso de pelado



Balance de materia global en el proceso de pelado:

$$ME = MP + D \quad (4.7)$$

Arreglando al ecuación (4.7):

$$MP = ME - D \Rightarrow MP = 1571,59 - D \quad (4.8)$$

Balance de materia parcial para la cáscara en el proceso de pelado:

$$ME * X_{ME}^{CS} = MP * X_{MP}^{CS} + D * X_D^{CS} \quad (4.9)$$

Calculando la cantidad de desecho (corazones) de la ecuación (4.9):

$$D = (ME * X_{ME}^{CS}) / X_D^{CS} \Rightarrow D = (1571,59 * 0,1615) / 1,00$$

$$D = 253,81g$$

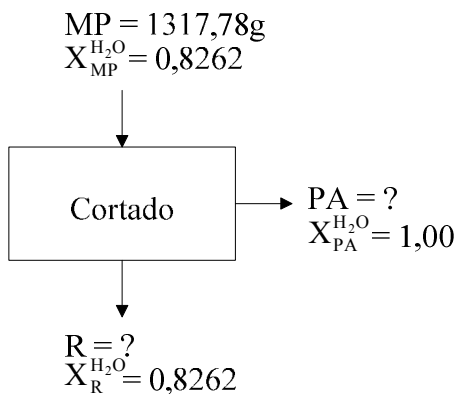
Sustituyendo el valor de (D) en la ecuación (4.8):

$$MP = 1571,59 - 253,81 \Rightarrow MP = 1317,78g$$

4.5.4 BALANCE DE MATERIA EN EL PROCESO DE CORTADO

Para realizar el balance de materia en el proceso de cortado (figura 4.25), se tomó en cuenta la cantidad de 1317,78g de manzana sin cáscara y el porcentaje promedio de humedad 82,62% de la tabla 4.3.

Figura 4.25
Diagrama del proceso de cortado



Balance de materia global en el proceso de cortado:

$$MP = R + PA \quad (4.10)$$

Arreglando al ecuación (4.10):

$$R = MP - PA \Rightarrow R = 1317,78 - PA \quad (4.11)$$

Balance de materia parcial para el agua en el proceso de cortado:

$$MP * X_{MP}^{H_2O} = R * X_R^{H_2O} + PA * X_{PA}^{H_2O} \quad (4.12)$$

Calculando la cantidad de agua perdida de la ecuación (4.12):

$$PA = (MP * X_{MP}^{H_2O} - R * X_R^{H_2O}) / X_{PA}^{H_2O}$$

$$PA = (1317,78 * 0,8262 - R * 0,8262) / 1,00$$

$$PA = 1088,75 - R * 0,8262 \quad (4.13)$$

Sustituyendo la ecuación (4.13) en la ecuación (4.11):

$$R = 1371,78 - (1088,75 - R * 0,8262) \quad (4.14)$$

Calculando la cantidad de rodajas de manzana de la ecuación (4.14):

$$R - R * 0,8262 = 1371,78 - 1088,75$$

$$R = (1371,78 - 1088,75) / (1,00 - 0,8262) \Rightarrow \boxed{R = 1317,77g}$$

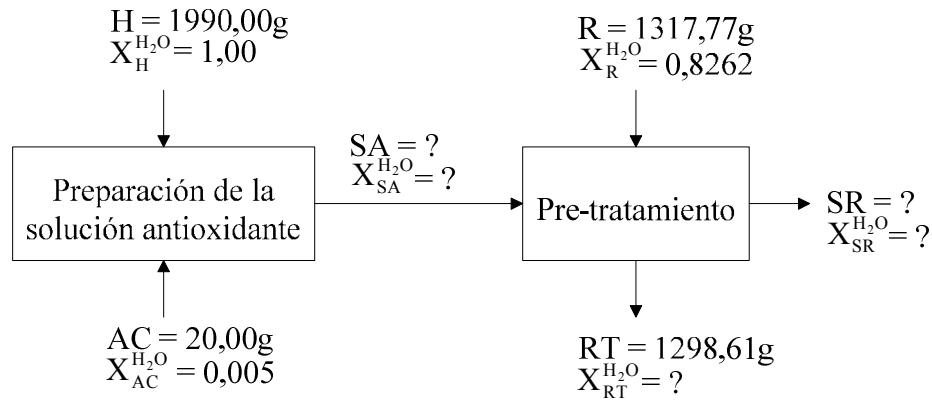
Sustituyendo el valor de (R) en la ecuación (4.13):

$$PA = 1088,75 - 1317,77 * 0,8262 \Rightarrow \boxed{PA = 0,01g}$$

4.5.5 BALANCE DE MATERIA EN EL PROCESO DE PRE-TRATAMIENTO

Para realizar el balance de materia en el proceso de pre-tratamiento (figura 4.26), se tomó en cuenta la cantidad de 1317,77g de rodajas de manzana; que entran el proceso de pre-tratamiento y la cantidad de 1298,61g de rodajas tratadas de manzana obtenidas después del pre-tratamiento.

Figura 4.26
Diagrama del proceso de pre-tratamiento



Balance de materia global en el proceso de preparación de la solución antioxidante:

$$H = AC + SA \quad (4.15)$$

Para calcular la cantidad de agua en el proceso de preparación de solución antioxidante, es necesario considerar la densidad del agua (20°C); que corresponde a 995,20kg/m³ (Ocón Tojo, 1976). Así mismo, la expresión matemática (ecuación 4.3).

La cantidad de agua inicial (H) utilizada fue de 2,00 litros para preparar la solución antioxidante. Por lo tanto, calculando el valor de agua inicial utilizada (H):

$$H = \delta_{H_2O} * V = 995,20 \text{kg/m}^3 * \left(\frac{1 \text{m}^3}{1000 \text{litros}} \right) * \left(\frac{1000 \text{g}}{1 \text{kg}} \right) * 2,00 \text{litros}$$

$$H = 1990,00 \text{g}$$

Remplazando el valor de (H) en la ecuación (4.15):

$$SA = 1990,00 + 20,00 \Rightarrow SA = 2010,00 \text{g}$$

Para realizar el balance parcial del agua en el proceso de preparación de la solución antioxidante, se tomó en cuenta el porcentaje de humedad 82,62% de la manzana variedad Anna (tabla 4.3). Así mismo, se utilizó el porcentaje de humedad del ácido cítrico 0,5% (Ficha técnica de Telchi, 2003).

Balance de materia parcial para el agua en el proceso de preparación de la solución antioxidante:

$$H * X_H^{H_2O} + AC * X_{AC}^{H_2O} = SA * X_{SA}^{H_2O} \quad (4.16)$$

Calculando la fracción de agua de la solución antioxidante con la ecuación (4.16)

$$X_{SA}^{H_2O} = (H * X_H^{H_2O} + AC * X_{AC}^{H_2O}) / SA$$

$$X_{SA}^{H_2O} = (1990,00 * 1,00 + 20,00 * 0,005) / 2010,00 \Rightarrow X_{SA}^{H_2O} = 0,99$$

Balance de materia global en el proceso de pre-tratamiento:

$$R + SA = SR - RT \quad (4.17)$$

Calculando la cantidad de agua de la solución antioxidante con la ecuación (4.17)

$$SR = R + SA - RT$$

$$SR = 1317,77 + 2010,00 - 1298,61 \Rightarrow SR = 2029,16g$$

Balance de materia parcial para el agua en el proceso de pre-tratamiento:

$$R * X_R^{H_2O} + SA * X_{SA}^{H_2O} = SR * X_{SR}^{H_2O} + RT * X_{RT}^{H_2O} \quad (4.18)$$

$$X_{SA}^{H_2O} = X_{SR}^{H_2O}$$

Calculando la fracción de agua de las rodajas tratadas con la ecuación (4.18):

$$X_{RT}^{H_2O} = (R * X_R^{H_2O} + SA * X_{SA}^{H_2O} - SR * X_{SR}^{H_2O}) / RT$$

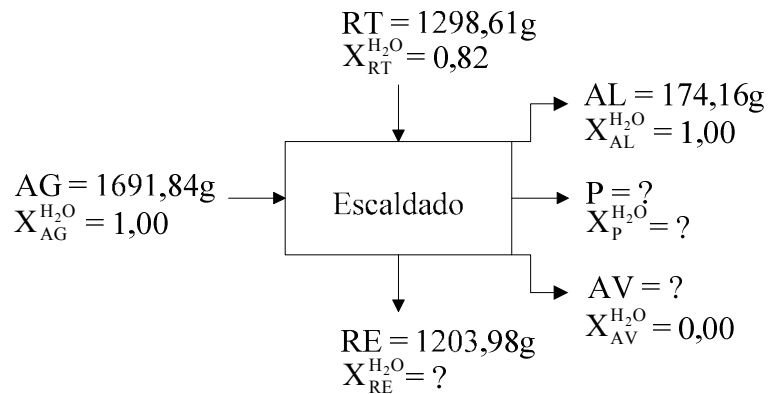
$$X_{RT}^{H_2O} = (1317,77 * 0,8262 + 2010,00 * 0,99 - 2056,29 * 0,99) / 1298,16$$

$$X_{RT}^{H_2O} = 0,82$$

4.5.6 BALANCE DE MATERIA EN EL PROCESO DE ESCALDADO

Para realizar el balance de materia en el proceso de escaldado de las rodajas de manzana (figura 4.27), se tomó en cuenta la cantidad de 1298,61g de rodajas tratadas de manzana; que entran al proceso de escaldado y la cantidad de 1203,98g de rodajas escaldadas de manzana obtenidas después del proceso de escaldado.

Figura 4.27
Diagrama del proceso de escaldado



Balance de materia global en el proceso de escaldado:

$$AG + RT = RE + AL + P + AV \quad (4.19)$$

Arreglando la ecuación (4.19):

$$P = AG + RT - RE - AL - AV \quad (4.20)$$

Para calcular la cantidad de agua inicial (AG) y final (AL), en el proceso de escaldado es necesario considerar la densidad del agua (20°C); que corresponde a 995,20kg/m³ (Ocón Tojo, 1976); y la expresión matemática (ecuación 4.3).

La cantidad de agua inicial (AG) utilizada fue de 1,700 litros para el proceso de escaldado; expresando en unidades de masa:

$$AG = \delta_{H_2O} * V = 995,20 \cancel{\text{kg/m}^3} * \left(\frac{\cancel{1\text{m}^3}}{1000\cancel{\text{litros}}} \right) * \left(\frac{1000\cancel{\text{g}}}{\cancel{1\text{kg}}} \right) * 1,70\cancel{\text{litros}}$$

$$AG = 1691,84\text{g}$$

La cantidad de agua final (AL) fue 0,175 litros para el proceso de escaldado.

Por lo tanto, calculando el valor de agua final (AL):

$$AL = \delta_{H_2O} * V = 995,20 \cancel{\text{kg/m}^3} * \left(\frac{\cancel{1\text{m}^3}}{1000\cancel{\text{litros}}} \right) * \left(\frac{1000\cancel{\text{g}}}{\cancel{1\text{kg}}} \right) * 0,175\cancel{\text{litros}}$$

$$AL = 174,16\text{g}$$

Para calcular la cantidad de agua evaporada en el proceso de escaldado, se utilizó la ecuación (4.21) citado por (Flores, 2006).

$$\Delta W = W_i - W_f \quad (4.21)$$

Donde:

ΔW = Cantidad de agua evaporada (g).

W_i = Cantidad de agua inicial (g).

W_f = Cantidad de agua final (g).

Calculando la cantidad de agua evaporada según la ecuación (4.21)

$$AV = AG - AL$$

$$AV = 1691,84 - 174,16 \Rightarrow \boxed{AV = 1517,68g}$$

Remplazando el valor de (AV) en la ecuación (4.20) y calculando la cantidad de pérdidas de rodajas escaldadas de manzana:

$$P = 1691,84 + 1298,61 - 1203,98 - 174,16 - 1517,68 \Rightarrow \boxed{P = 94,15g}$$

Para calcular la fracción de agua de las rodajas escaldadas de manzana en el proceso de escaldado, se utilizó la ecuación (4.22) citada por (Ramírez, 2005).

$$X_t^{H_2O} = (m_i * X_i^{H_2O}) / m_t \quad (4.22)$$

Donde:

$X_t^{H_2O}$ = Fracción de agua del componente (i).

$X_i^{H_2O}$ = Fracción de agua de la masa total (t).

m_i = Masa del componente (i).

m_t = Masa total (t).

Arreglando la ecuación (4.22) en función del proceso de escaldado, se procedió a calcular la fracción de agua en las rodajas escaldadas de manzana:

$$X_{RE}^{H_2O} = (RT * X_{RT}^{H_2O}) / RE \Rightarrow X_{RE}^{H_2O} = (1298,61 * 0,82) / 1203,98$$

$$X_{RE}^{H_2O} = 0,88$$

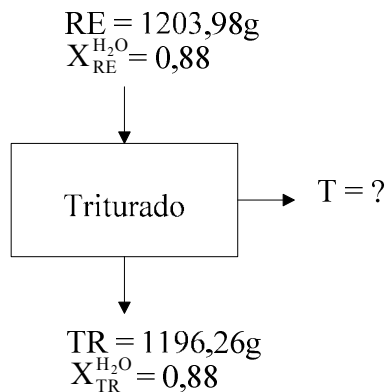
Considerando que la fracción de agua de las rodajas escaldadas de manzana en la corriente de pérdidas, es igual a la fracción de agua de las rodajas de manzana en el proceso de escaldado, por lo tanto:

$$X_{RE}^{H_2O} = X_{RT}^{H_2O} = 0,88$$

4.5.7 BALANCE DE MATERIA EN EL PROCESO DE TRITURADO

Para realizar el balance de materia en el proceso de triturado (figura 4.28), se tomó en cuenta la cantidad de 1203,98g de rodajas escaldadas de manzana; que entran al proceso de triturado, la fracción de agua de $X_{RE}^{H_2O} = 0,88$ y la cantidad de 1196,26g de puré triturado de manzana obtenido después del triturado.

Figura 4.28
Diagrama del proceso de triturado



Balance de materia global en el proceso de triturado:

$$RE = TR + T \quad (4.23)$$

Calculando la cantidad de pérdidas de rodajas de manzana en el proceso de triturado según la ecuación (4.23):

$$T = RE - TR \Rightarrow T = 1203,98 - 1196,26 \Rightarrow T = 7,72g$$

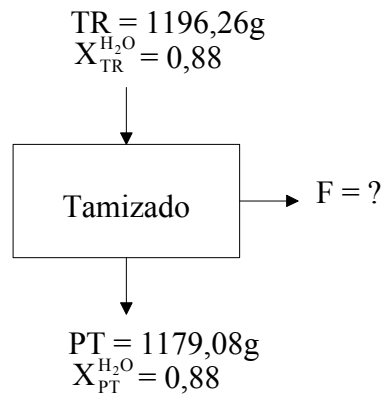
Como en el proceso de triturado no existe adición de agua o evaporación de agua, la fracción de agua de las rodajas escaldadas de manzana es igual a la fracción de agua de las rodajas trituradas; por lo tanto:

$$X_{RE}^{H_2O} = X_{TR}^{H_2O} = 0,88$$

4.5.8 BALANCE DE MATERIA EN EL PROCESO DE TAMIZADO

Para realizar el balance de materia en el proceso de triturado (figura 4.29), se tomó en cuenta la cantidad de 1196,26g de puré triturado de manzana; que entran al proceso de tamizado, la fracción de agua de $X_{TR}^{H_2O} = 0,88$ y la cantidad de 1179,08g de puré tamizado de manzana obtenido después del tamizado.

Figura 4.29
Diagrama del proceso de tamizado



Balance de materia global en el proceso de tamizado:

$$TR = PT + F \quad (4.24)$$

Calculando la cantidad de desecho (fibra) del puré tamizado de manzana en el proceso de tamizado según la ecuación (4.24):

$$F = TR - PT \Rightarrow F = 1196,26 - 1179,08 \Rightarrow \boxed{F = 17,18g}$$

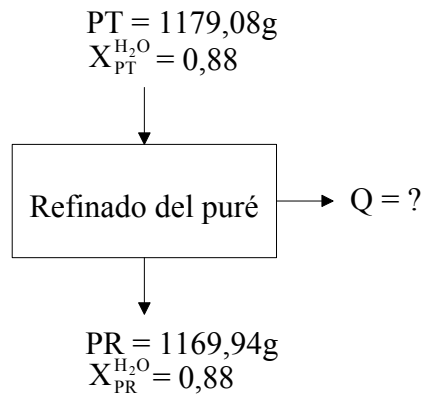
Como en el proceso de tamizado no existe adición de agua o evaporación de agua, la fracción de agua del puré triturado de manzana es igual a la fracción de agua del puré tamizado; por lo tanto:

$$X_{TR}^{H_2O} = X_{PT}^{H_2O} = 0,88$$

4.5.9 BALANCE DE MATERIA EN EL PROCESO DE REFINADO

Para realizar el balance de materia en el proceso de refinado (figura 4.30), se tomó en cuenta la cantidad de 1179,08g de puré tamizado de manzana; que entran al proceso de refinado, la fracción de agua de $X_{PT}^{H_2O} = 0,88$ y la cantidad de 1169,94g de puré refinado de manzana obtenido después del refinado.

Figura 4.30
Diagrama del proceso de refinado



Balance de materia global en el proceso de refinado:

$$PT = PR + Q \quad (4.25)$$

Calculando la cantidad de pérdida de puré refinado de manzana en el proceso de refinado según la ecuación (4.25):

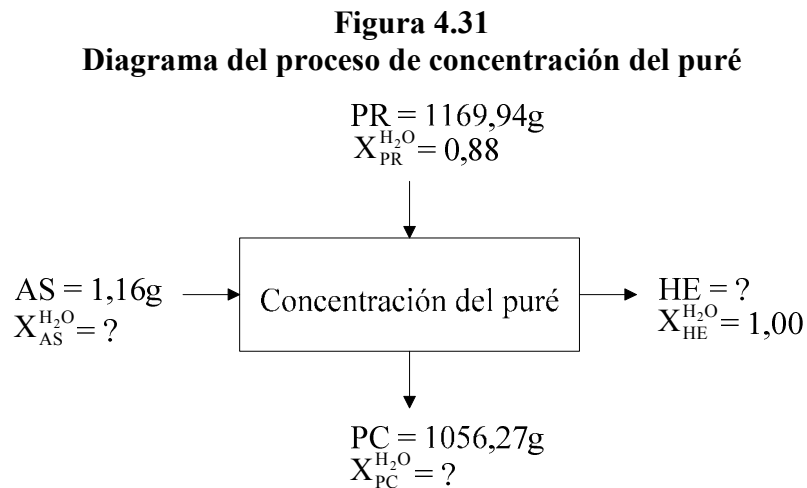
$$Q = PT - PR \Rightarrow Q = 1179,08 - 1169,94 \Rightarrow \boxed{Q = 9,14g}$$

Como en el proceso de refinado no existe adición de agua o evaporación de agua, la fracción de agua del puré tamizado de manzana es igual a la fracción de agua del puré refinado; por lo tanto:

$$X_{PR}^{H_2O} = X_{PT}^{H_2O} = 0,88$$

4.5.10 BALANCE DE MATERIA EN EL PROCESO DE CONCENTRACION DEL PURÉ

Para realizar el balance de materia en el proceso de concentración del puré (figura 4.31), se tomó en cuenta la cantidad de 1169,94g de puré refinado de manzana; que entran al proceso de concentración del puré, la fracción de agua de $X_{PR}^{H_2O} = 0,88$ y la cantidad de 1056,27g de puré concentrado de manzana obtenido después de la concentración.



Balance de materia global en el proceso de concentración del puré:

$$PR + AS = PC + HE \quad (4.26)$$

Calculando la cantidad de agua evaporada en el proceso de concentración del puré según la ecuación (4.26):

$$HE = PR + AS - PC \Rightarrow HE = 1169,94 - 1056,27 \Rightarrow \boxed{HE = 114,83g}$$

En el balance de materia parcial en el proceso de concentración del puré se debió considerar el porcentaje de agua, del ácido ascórbico (Ficha técnica de Telchi, 2003).

$$X_{AS}^{H_2O} = 0,00$$

Balance de materia parcial en el proceso de concentración del puré:

$$PR * X_{PR}^{H_2O} + AS * X_{AS}^{H_2O} = PC * X_{PC}^{H_2O} + HE * X_{HE}^{H_2O} \quad (4.27)$$

Calculando la fracción de agua del puré concentrado en el proceso de concentración del puré según la ecuación (4.27):

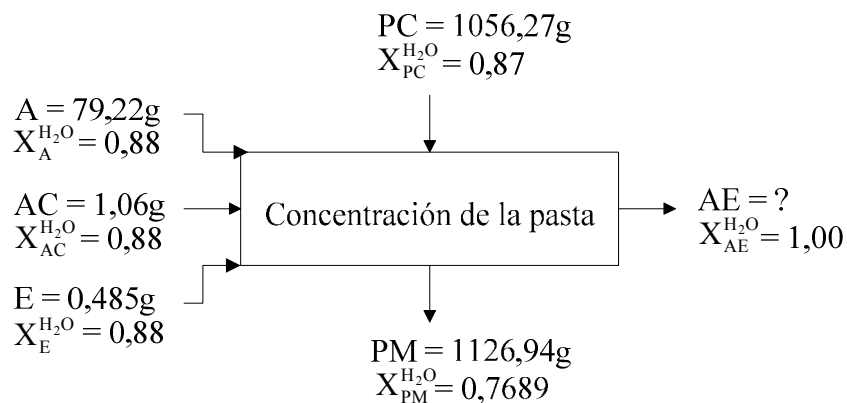
$$X_{PC}^{H_2O} = (PR * X_{PR}^{H_2O} - HE * X_{HE}^{H_2O}) / PC$$

$$X_{PC}^{H_2O} = (1169,94 * 0,88 - 1056,27 * 0,88) / 114,83 \Rightarrow X_{PC}^{H_2O} = 0,87$$

4.5.11 BALANCE DE MATERIA EN EL PROCESO DE CONCENTRACION DE LA PASTA

Para realizar el balance de materia en el proceso de concentración de la pasta (figura 4.32), se tomó en cuenta la cantidad de 1056,27g de puré concentrado de manzana; que entran al proceso de concentración de la pasta, el porcentaje de humedad del producto terminado y la cantidad de 1126,94g de pasta de manzana obtenido después de la concentración de la pasta.

Figura 4.32
Diagrama del proceso de concentración de la pasta



Balance de materia global en el proceso de concentración de la pasta:

$$PC + A + AC + E = PM + AE \quad (4.28)$$

Para calcular la cantidad de esencia de manzana roja, en el proceso de concentración de la pasta, es necesario considerarla densidad de la esencia de manzana roja, que corresponde a 614,53kg/m³ (Ficha técnica de Telchi, 2003). Así mismo su expresión matemática (ecuación 4.3).

La cantidad de esencia de manzana roja (E) fue 0,00079 litros para el proceso de concentración de la pasta. Por lo tanto, calculando el valor de la esencia (E):

$$E = \delta_{\text{Esencia}} * V = 614,53 \text{kg/m}^3 * \left(\frac{1 \text{m}^3}{1000 \text{litros}} \right) * \left(\frac{1000 \text{g}}{1 \text{kg}} \right) * 0,00079 \text{litros}$$

$$E = 0,485 \text{g}$$

Calculando la cantidad de agua evaporada en el proceso de concentración de la pasta según la ecuación (4.28):

$$AE = PC + A + AC + E - PM$$

$$AE = 1056,27 + 79,22 + 1,06 + 0,485 - 1126,94 \Rightarrow AE = 10,07 \text{g}$$

4.5.12 DETERMINACIÓN DEL NÚMERO DE BOTES EN EL PROCESO DE ENVASADO

Para determinar el número de envases en el proceso de envasado, se tomó en cuenta la esterilización de los frascos de vidrio en agua a temperatura de ebullición (93°C) por un tiempo de 25 minutos. Así mismo, se utilizó una cantidad de 1126,94g de pasta de manzana y la capacidad de los envases de vidrio (210,00g).

Calculando el número de envases necesarios para envasar la cantidad de 1126,94g de pasta de manzana será:

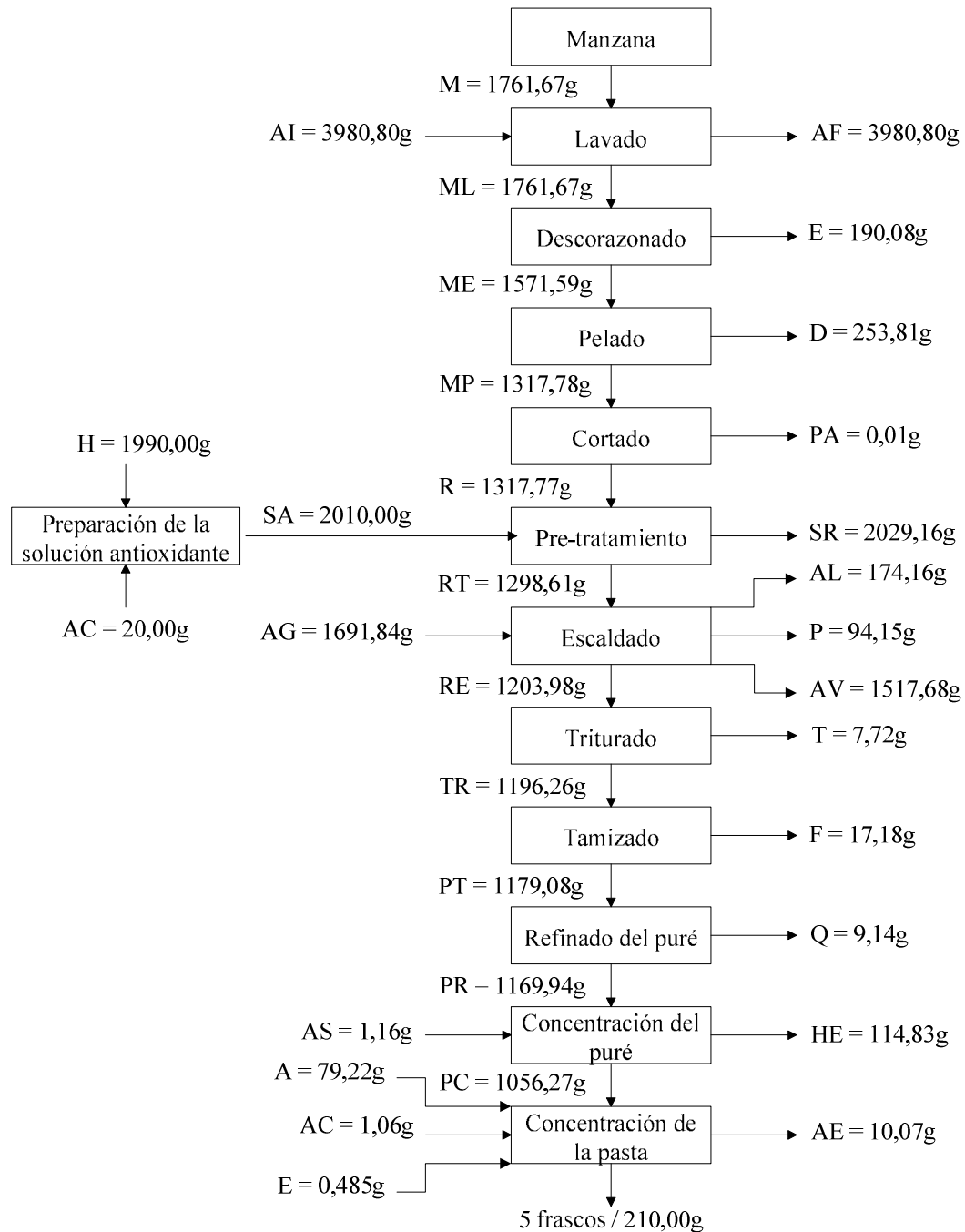
$$\text{Número de envases} = \text{Cantidad de pasta de manzana (g)} / \text{Capacidad del envase (g)}$$

$$\text{Número de envases} = 1126,94 / 210,00 = 5,36 \approx 5 \text{ envases (frascos de vidrio)}$$

4.5.13 RESUMEN DE RESULTADOS DEL BALANCE DE MATERIA

En la figura 4.33, se muestra los resultados obtenidos del balance de materia para la elaboración de pasta de manzana, variedad Anna.

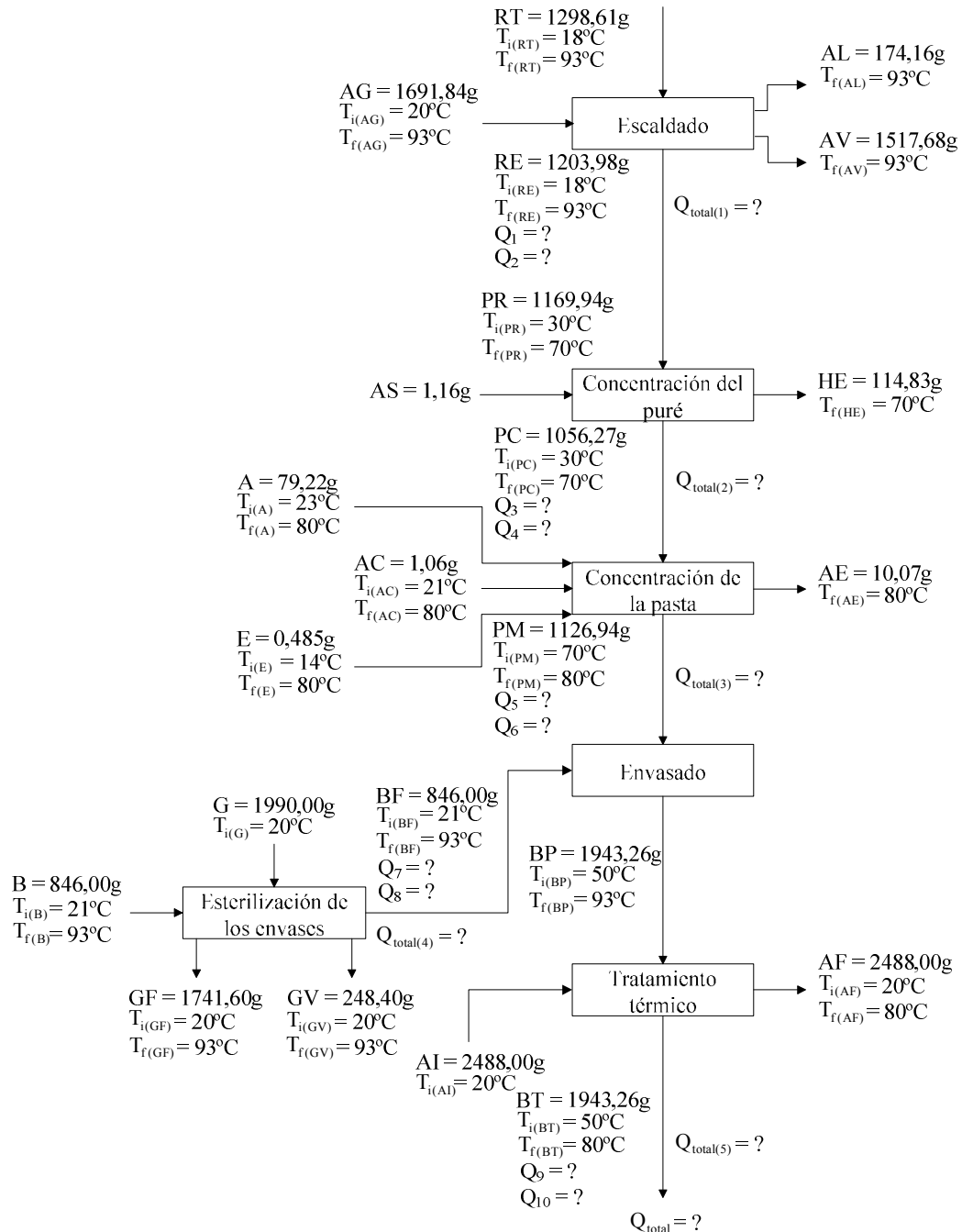
Figura 4.33
Resultado del balance de materia



4.6 BALANCE DE ENERGÍA

En la figura 4.34, se observa el diagrama de bloques general del balance de energía de la elaboración de pasta de manzana, variedad Anna.

Figura 4.34
Diagrama de bloque del balance de energía



Donde:

$T_{i(RT)}$ = Temperatura inicial de las rodajas tratadas de manzana ($^{\circ}\text{C}$).

$T_{f(RT)}$ = Temperatura final de las rodajas tratadas de manzana ($^{\circ}\text{C}$).

$T_{i(AG)}$ = Temperatura inicial del agua ($^{\circ}\text{C}$).

$T_{f(AG)}$ = Temperatura final del agua ($^{\circ}\text{C}$).

$T_{i(RE)}$ = Temperatura inicial de las rodajas escaldadas de manzana ($^{\circ}\text{C}$).

$T_{f(RE)}$ = Temperatura final de las rodajas escaldadas de manzana ($^{\circ}\text{C}$).

$T_{i(AL)}$ = Temperatura inicial del agua ($^{\circ}\text{C}$).

$T_{f(AL)}$ = Temperatura final del agua ($^{\circ}\text{C}$).

Q_1 = Calor necesario para calentar el agua en el proceso de escaldado (kcal).

Q_2 = Calor necesario en el proceso de escaldado (kcal).

$Q_{total(1)}$ = Calor total necesario en el proceso de escaldado (kcal).

$T_{i(PR)}$ = Temperatura inicial del puré refinado de manzana ($^{\circ}\text{C}$).

$T_{f(PR)}$ = Temperatura final del puré refinado manzana ($^{\circ}\text{C}$).

$T_{i(PC)}$ = Temperatura inicial del puré concentrado de manzana ($^{\circ}\text{C}$).

$T_{f(PC)}$ = Temperatura final del puré concentrado de manzana ($^{\circ}\text{C}$).

Q_3 = Calor necesario en el proceso de concentración de puré (kcal).

Q_4 = Calor consumido por el recipiente en el proceso de concentración de puré (kcal).

$Q_{total(2)}$ = Calor total necesario en el proceso de concentración de puré (kcal).

$T_{i(A)}$ = Temperatura inicial del azúcar ($^{\circ}\text{C}$).

$T_{f(A)}$ = Temperatura final del azúcar ($^{\circ}\text{C}$).

Q_5 = Calor necesario en el proceso de concentración de la pasta (kcal).

Q_6 = Calor consumido por el recipiente en la concentración de la pasta (kcal).

$Q_{total(3)}$ = Calor total necesario en el proceso de concentración de la pasta (kcal).

B = Masa inicial de 5 frascos de vidrio (g).

$T_{i(B)}$ = Temperatura inicial de los frascos de vidrio ($^{\circ}\text{C}$).

$T_{f(B)}$ = Temperatura final de los frascos de vidrio ($^{\circ}\text{C}$).

$T_{i(G)}$ = Temperatura inicial del agua ($^{\circ}\text{C}$).

$T_{f(G)}$ = Temperatura final del agua ($^{\circ}\text{C}$).

BF = Masa final de 5 frascos de vidrio (g).

$T_{i(BF)}$ = Temperatura inicial de los frascos de vidrio ($^{\circ}\text{C}$).

$T_{f(BF)}$ = Temperatura final de los frascos de vidrio ($^{\circ}\text{C}$).

GF = Cantidad de agua final (g).

$T_{i(GF)}$ = Temperatura inicial del agua ($^{\circ}\text{C}$).

$T_{f(GF)}$ = Temperatura final del agua ($^{\circ}\text{C}$).

GV = Cantidad de agua evaporada en el proceso de esterilización de los frascos (g).

Q_7 = Calor necesario en el proceso de concentración de la pasta (kcal).

Q_8 = Calor consumido por el recipiente en la concentración de la pasta (kcal).

$Q_{\text{total}(4)}$ = Calor total necesario en el proceso de concentración de la pasta (kcal).

BP = Masa inicial de 5 frascos de vidrio con el producto (g).

$T_{i(BP)}$ = Temperatura inicial de los frascos de vidrio con el producto ($^{\circ}\text{C}$).

$T_{f(BP)}$ = Temperatura final de los frascos de vidrio con el producto ($^{\circ}\text{C}$).

AI = Cantidad de agua inicial (g).

$T_{i(AI)}$ = Temperatura inicial del agua ($^{\circ}\text{C}$).

$T_{f(AI)}$ = Temperatura final del agua ($^{\circ}\text{C}$).

BT = Masa final de 5 frascos de vidrio con el producto (g).

$T_{i(BT)}$ = Temperatura inicial de los 5 frascos de vidrio con el producto ($^{\circ}\text{C}$).

$T_{f(BT)}$ = Temperatura final de los 5 frascos de vidrio con el producto ($^{\circ}\text{C}$).

AF = Cantidad de agua final (g).

$T_{i(AF)}$ = Temperatura inicial del agua ($^{\circ}\text{C}$).

$T_{f(AF)}$ = Temperatura final del agua ($^{\circ}\text{C}$).

Q_9 = Calor necesario en el proceso de tratamiento térmico de los 5 frascos con el producto (kcal).

Q_{10} = Calor consumido por el recipiente en el proceso de tratamiento térmico de los 5 frascos con el producto (kcal).

$Q_{total(5)}$ = Calor total necesario en el proceso de tratamiento térmico de los 5 frascos con el producto (kcal).

Q_{total} = Calor total necesario para la elaboración de pasta de manzana (kcal).

4.6.1 BALANCE DE ENERGÍA EN EL PROCESO DE ESCALDADO

En la figura 4.35, se muestra el proceso de escaldado, donde se tomó en cuenta una cantidad de 1298,61g de rodajas de manzana. También, se consideró dos situaciones; como ser la cantidad de calor necesario para calentar el agua y el calor necesario para el proceso de escaldado.

4.6.1.1 CANTIDAD DE CALOR NECESARIO PARA CALENTAR EL AGUA

Para realizar el balance de energía, es preciso determinar la cantidad de calor necesario para calentar el agua desde 20°C hasta 93°C. Además, se tomó en cuenta el recipiente que se utilizó (olla vaporera de verduras). Donde la capacidad calorífica ($c_{p_{agua}}$) del agua (20°C) corresponde a 0,9995kcal/ kg°C a (1atm) (Ocón Tojo, 1976), sin embargo la presión atmosférica de la ciudad de Tarija que es 0,797atm (AASANA, 2006), estimando una capacidad calorífica del agua a 20°C de 0,796kcal/ kg°C por interpolación. También, se consideró la capacidad calorífica del acero inoxidable de 0,129kcal/ kg°C (Información Técnica, 2000).

Cuyos datos de laboratorio son:

$$m_{agua} = AG = 1691,84g = 1,69184kg \quad T_{i(AG)} = 20^{\circ}C \quad T_{f(AG)} = 93^{\circ}C$$

$$m_{olla(1)} = \text{Masa de la olla en el proceso de escaldado (kg)} = 2,50kg$$

$$T_{i(olla(1))} = \text{Temperatura inicial de la olla en el proceso de escaldado (}^{\circ}C) = 20^{\circ}C$$

$$T_{f(olla(1))} = \text{Temperatura final de la olla en el proceso de escaldado (}^{\circ}C) = 93^{\circ}C$$

Para tal situación, se tomó en cuenta la ecuación (4.29) (Banderas, 1994):

$$Q_t = Q_g + Q_c \quad (4.29)$$

Donde:

Q_t = Cantidad de calor (kcal).

Q_g = Cantidad de calor ganado (kcal).

Q_c = Cantidad de calor cedido (kcal)

Utilizando la ecuación (4.31) de energía y temperatura (Banderas, 1994):

$$\Delta H = Q = m * cp * (T_f - T_i) = m * cp * \Delta T \quad (4.31)$$

Donde:

ΔH = Diferencia de entalpías (kcal/ kg). T_i = Temperatura inicial (°C).

Q = Cantidad de calor (kcal). T_f = Temperatura final (°C).

m = Masa (g). ΔT = Diferencias de temperaturas (°C)

cp = Capacidad calorífica (kcal/ kg°C).

Combinando la ecuación (4.30) y (4.31):

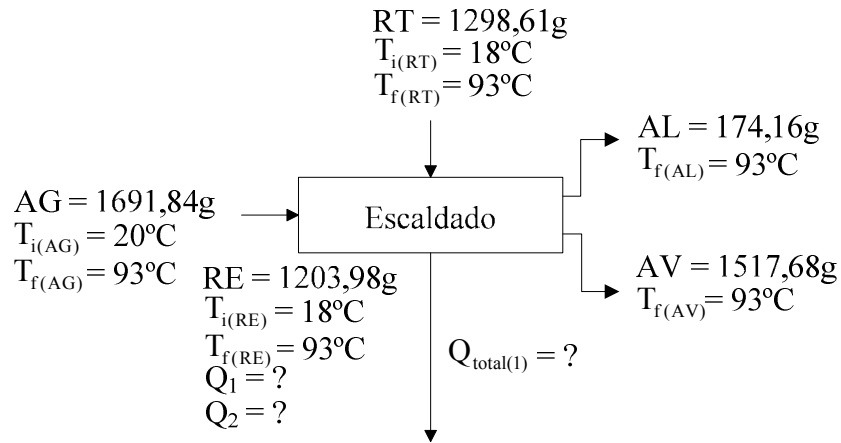
$$Q_1 = AG * cp_{AG} * (T_{f(AG)} - T_{i(AG)}) + m_{olla(1)} * cp_{olla(1)} * (T_{f(olla(1))} - T_{i(olla(1))}) \quad (4.32)$$

$$Q_1 = 1,6984 * 0,796 * (93 - 20) + 2,50 * 0,129 * (93 - 20) \Rightarrow \boxed{Q_1 = 122,23 \text{kcal}}$$

4.6.1.2 CANTIDAD DE CALOR NECESARIO EN EL PROCESO DE ESCALDADO

Para realizar el balance en este proceso (figura 4.35), se tomó en cuenta la cantidad de calor para calentar las rodajas de manzana desde 20°C hasta 93°C y por un tiempo de 10 minutos que dura el proceso.

Figura 4.35
Diagrama del proceso de escaldado



Para calcular la cantidad de calor necesario para escaldar las rodajas de manzana, se tomó en cuenta la expresión matemática (4.33) (Banderas, 1994).

$$L_1 (\overset{0}{\cancel{E_{p1}}} + \overset{0}{\cancel{E_{c1}}} + H_1) + Q = L_2 (\overset{0}{\cancel{E_{p2}}} + \overset{0}{\cancel{E_{c2}}} + H_2) + \tau + \frac{d}{d\theta} (U \delta V) \quad (4.33)$$

Donde:

$L_1 = L_2 =$ Flujo másico	$H =$ Entalpía	$V =$ Volumen
$E_c =$ Energía cinética	$Q =$ Calor	$\delta =$ Densidad
$E_p =$ Energía potencial	$U =$ Energía interna	$\tau =$ Trabajo

Arreglando la ecuación (4.33) en función de la figura (4.35):

$$RT * H_{RT} + AG * H_{AG} + Q_2 = RE * H_{RE} + AL * H_{AL} + AV * H_{AV} \quad (4.34)$$

Utilizando la ecuación (4.35) (Banderas, 1994):

$$H = cp * (T_f - T_i) = cp * \Delta T \quad (4.35)$$

Combinando la ecuación (4.34) y (4.35)

$$RT * cp_{RT} * \Delta T_{(RT)} + AG * cp_{AG} * \Delta T_{(AG)} + Q_2 = RE * cp_{RE} * \Delta T_{(RE)} + AL * cp_{AL} * \Delta T_{(AL)} + AV * \lambda_{AV} \quad (4.36)$$

Para calcular la capacidad calorífica (cp_{RT}) de la rodajas tratadas de manzana en el proceso de escaldado, se tomó en cuenta la expresión matemática (ecuación 4.37) citado por (Lewis, 1993). También, se consideró el porcentaje de agua, hidratos de carbono, proteínas, grasa y ceniza extraído del (Anexo D.1) y las capacidades caloríficas de los componentes extraídos de (Lewis, 1993).

$$c = m_a c_a + m_c c_c + m_p c_p + m_g c_g + m_z c_z \quad (4.37)$$

Donde:

c = Capacidad calorífica del alimento (kjoules/ kg°C)

m_a = Fracción de masa del agua = 0,8262

c_a = Capacidad calorífica del agua (20°C) = 4,18kjoules/ kg°C

m_c = Fracción de masa de carbohidratos = 0,1601

c_c = Capacidad calorífica de los carbohidratos = 1,22kjoules/ kg°C

m_p = Fracción de masa de proteínas = 0,0007

c_p = Capacidad calorífica de las proteínas = 1,90kjoules/ kg°C

m_g = Fracción de masa de grasa = 0,0009

c_g = Capacidad calorífica de la grasa = 1,90kjoules/ kg°C

m_z = Fracción de masa de ceniza = 0,36

c_z = Capacidad calorífica de la ceniza = 0,00kjoules/ kg°C

Calculando la capacidad calorífica (cp_{RT}) de las rodajas de manzana a partir de la ecuación (4.37):

$$cp_{RT} = m_a c_a + m_c c_c + m_p c_p + m_g c_g$$

$$cp_{RT} = 0,8262 * 4,18 + 0,16 * 1,22 + 0,0007 * 1,90 + 0,0009 * 1,90$$

$$cp_{RT} = 3,65 \text{ kJoules/ kg}^\circ\text{C} * \left(\frac{1 \text{ kcal/ kg}^\circ\text{C}}{4,1868 \text{ kJoules/ kg}^\circ\text{C}} \right)$$

$$cp_{RT} = 0,872 \text{ kcal/ kg}^\circ\text{C}$$

Para calcular la capacidad calorífica (cp_{RE}) de las rodajas de manzana en la salida del proceso de escaldado. Se tomó en cuenta expresión matemática (ecuación 4.38) citado por (Torrejón, 1999).

$$cp = 0,50 * \frac{p}{100} + 0,20 * \left(\frac{100-p}{100} \right) \quad (4.38)$$

Donde:

p = Porcentaje de agua en la rodajas de manzana = 88,00%

Calculando (cp_{RE}) de las rodajas escaldadas (RE) mediante la ecuación (4.38):

$$cp_{RE} = 0,50 * \frac{88}{100} + 0,20 * \left(\frac{100-88}{100} \right) \Rightarrow \boxed{cp_{RE} = 0,464kcal/ kg^{\circ}C}$$

El calor latente (λ_{AV}) del agua (93°C) es de 543,41kcal/ kg a una presión de (1atm) (Ocón Tojo, 1976). Sin embargo, para la ciudad de Tarija la presión es de 0,797atm (AASANA, 2006), estimando el calor latente (λ_{AV}) de 433,09kcal/ kg por interpolación.

Arreglando la ecuación (4.36), se calcula la cantidad de calor necesario para el proceso de escaldado:

$$Q_2 = \underbrace{RE * cp_{RE} * \Delta T_{(RE)} + AL * cp_{AL} * \Delta T_{(AL)}}_I + \underbrace{AV * \lambda_{AV} - RT * cp_{RT} * \Delta T_{(RT)} - AG * cp_{AG} * \Delta T_{(AG)}}_II$$

$$I = 1,20398 * 0,464 * 75 + 0,17416 * 0,796 * 73 = 52,01kcal$$

$$II = 1,51768 * 433,09 - 1,29861 * 0,872 * 75 - 1,69184 * 0,796 * 73 = 474,05kcal$$

$$Q_2 = I + II \Rightarrow 52,01 + 474,05 \Rightarrow \boxed{Q_2 = 526,06kcal}$$

Estimando el calor total en el proceso de escaldado, según la ecuación (4.39):

$$Q_{total(1)} = Q_1 + Q_2 \quad (4.39)$$

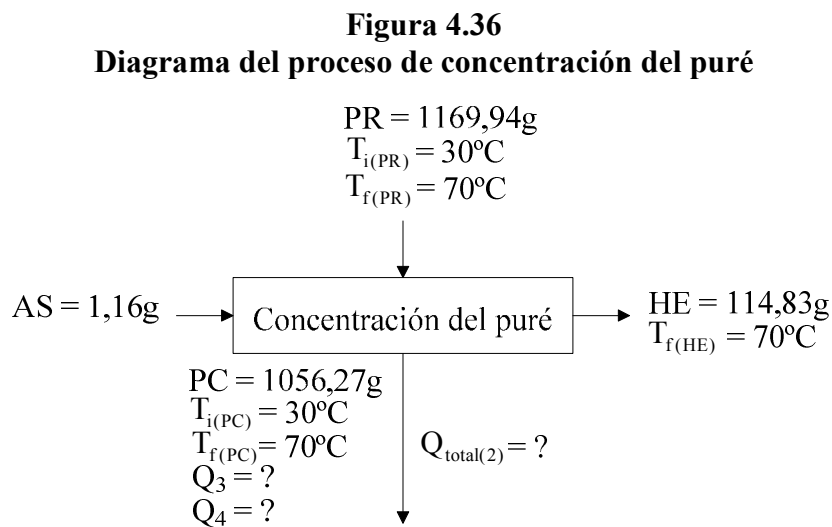
$$Q_{total(1)} = 122,23 + 526,06 \Rightarrow \boxed{Q_{total(1)} = 648,29kcal}$$

4.6.2 BALANCE DE ENERGÍA EN EL PROCESO DE CONCENTRACIÓN DEL PURÉ

En la figura (4.36), se muestra el proceso de concentración del puré, donde se tomó en cuenta una cantidad de 1169,94g de puré refinado. También, se consideró dos situaciones, como ser la cantidad de calor necesario para el proceso de concentración del puré y la cantidad de calor necesario para calentar el recipiente.

4.6.2.1 CANTIDAD DE CALOR NECESARIO EN EL PROCESO DE CONCENTRACIÓN DEL PURÉ

Para realizar el balance de energía en este proceso de concentración del puré (figura (4.36)), se tomó en cuenta la cantidad de calor necesario para concentrar el puré desde (11°Brix) con una temperatura inicial de 30°C hasta una concentración de (13°Brix) con una temperatura final de (70°C).



Como la cantidad de ácido ascórbico utilizada es muy pequeña, se consideró que no afecta al balance de energía, durante la concentración del puré. Para calcular la cantidad de calor necesario en la concentración del puré de manzana, se tomó en cuenta la expresión matemática (4.33).

Arreglando la ecuación (4.33) en función a la figura (4.36):

$$PR * H_{PR} + Q_3 = PC * H_{PC} + HE * H_{HE} \quad (4.40)$$

Combinando la ecuación (4.35) y (4.40):

$$PR * cp_{PR} * \Delta T_{(PR)} + Q_3 = PC * cp_{PC} * \Delta T_{(PC)} + HE * \lambda_{HE} \quad (4.41)$$

Para calcular la capacidad calorífica (cp_{PR}) del puré refinado y (cp_{PC}) del puré concentrado de manzana en el proceso de concentración del puré, se tomó en cuenta la expresión matemática (ecuación 4.38). También, se consideró el porcentaje de agua (88,00%) para el puré refinado y (87,00%) para el puré concentrado.

Calculando cp_{PR} del puré refinado (PR) mediante la ecuación (4.38):

$$cp_{PR} = 0,50 * \frac{88}{100} + 0,20 * \left(\frac{100 - 88}{100} \right) \Rightarrow \boxed{cp_{PR} = 0,464 \text{kcal/ kg}^\circ\text{C}}$$

Calculando cp_{PC} del puré concentrado (PC):

$$cp_{PC} = 0,50 * \frac{87}{100} + 0,20 * \left(\frac{100 - 87}{100} \right) \Rightarrow \boxed{cp_{PC} = 0,461 \text{kcal/ kg}^\circ\text{C}}$$

El calor latente (λ_{HE}) del agua (70°C) es de 557,30kcal/ kg a una presión de (1atm) (Ocón Tojo, 1976). Sin embargo, para la ciudad de Tarija la presión es de 0,797atm (AASANA, 2006), estimando el calor latente (λ_{HE}) de 444,17kcal/ kg por interpolación.

Arreglando la ecuación (4.41), se determina la cantidad de calor necesario para el proceso de concentración del puré:

$$Q_3 = PC * cp_{PC} * \Delta T_{(PC)} + HE * \lambda_{HE} - PR * cp_{PR} * \Delta T_{(PR)}$$

$$Q_3 = 1,05627 * 0,461 * 40 + 0,11483 * 444,17 - 1,16994 * 0,464 * 40$$

$$\boxed{Q_3 = 48,77 \text{kcal}}$$

4.6.2.2 CANTIDAD DE CALOR PARA CALENTAR EL RECIPIENTE

Para determinar el calor que se necesita para calentar el recipiente, se consideró los siguientes datos de laboratorio:

$$m_{\text{olla}(2)} = \text{Masa de la olla en la concentración de puré (kg)} = 0,460\text{kg}$$

$$T_{i(\text{olla}(2))} = \text{Temperatura inicial de la olla en la concentración de puré (}^\circ\text{C)} = 30^\circ\text{C}$$

$$T_{f(\text{olla}(2))} = \text{Temperatura final de la olla en la concentración de puré (}^\circ\text{C)} = 70^\circ\text{C}$$

También, se consideró la capacidad calorífica del acero inoxidable $cp_{\text{olla}(2)}$ de 0,129kcal/ kg $^\circ$ C (Información Técnica, 2000).

Calculando la cantidad de calor necesario en calentar el recipiente, se utilizó la ecuación (4.31):

$$Q_4 = m_{\text{olla}(2)} * cp_{\text{olla}(2)} * (T_{f(\text{olla}(2))} - T_{i(\text{olla}(2))})$$

$$Q_4 = 0,460 * 0,129 * (70 - 30) \Rightarrow \boxed{Q_4 = 2,37\text{kcal}}$$

Por lo tanto: el calor total en el proceso de concentración del puré será:

$$Q_{\text{total}(2)} = Q_3 + Q_4 = 48,77 + 2,37 \Rightarrow \boxed{Q_{\text{total}(2)} = 51,14\text{kcal}}$$

4.6.3 BALANCE DE ENERGÍA EN EL PROCESO DE CONCENTRACIÓN DE LA PASTA

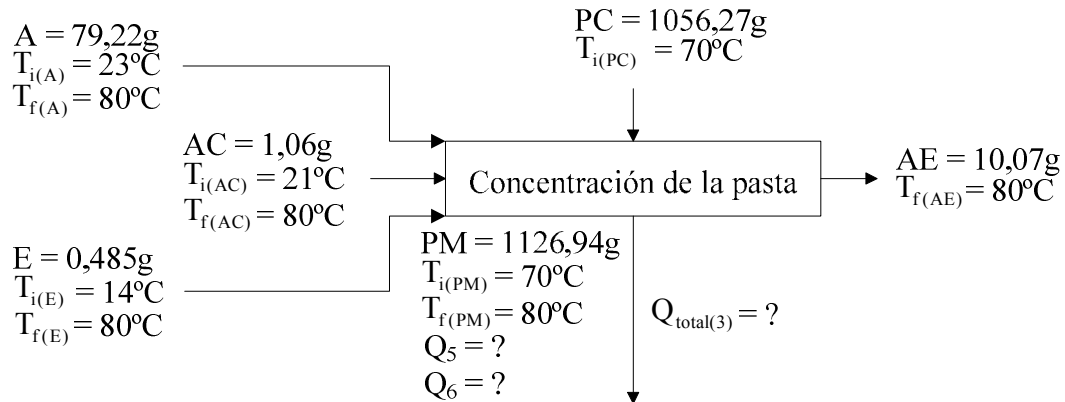
En la figura (4.37), se muestra el proceso de concentración de la pasta, donde se tomó en cuenta una cantidad de 1056,27g de puré concentrado. También, se consideró dos situaciones, como ser la cantidad de calor necesario para el proceso de concertación de la pasta y la cantidad de calor necesario para calentar el recipiente.

4.6.3.1 CANTIDAD DE CALOR NECESARIO EN EL PROCESO DE CONCENTRACIÓN DE LA PASTA

Para realizar el balance de energía en este proceso de concentración de la pasta (figura 4.37), se tomó en cuenta la cantidad de calor necesario para concentrar la

pasta desde (13°Brix) a una temperatura inicial de 70°C hasta una concentración de (15°Brix) y una temperatura final de la pasta de (80°C).

Figura 4.37
Diagrama del proceso de concentración de la pasta



Como la cantidad de ácido cítrico y esencia de manzana utilizada son muy pequeñas, se consideró que no afecta al balance de energía, durante la concentración de la pasta. Para calcular la cantidad de calor necesario en la concentración de la pasta de manzana, se tomó en cuenta la expresión matemática (4.33).

Arreglando la ecuación (4.33) en función a la figura (4.37):

$$PC * H_{PC} + A * H_{HE} + Q_5 = PM * H_{PM} + AE * H_{AE} \quad (4.42)$$

Combinando la ecuación (4.35) y (4.42):

$$PC * cp_{PC} * \Delta T_{(PC)} + A * cp_A * \Delta T_{(A)} + Q_5 = PM * cp_{PM} * \Delta T_{i(PM)} + AE * \lambda_{HE} \quad (4.43)$$

Para calcular la capacidad calorífica (cp_A) del azúcar en el proceso de concentración de la pasta, se tomó en cuenta la expresión matemática (ecuación 4.38). También, se consideró el porcentaje de agua (0,10%) del azúcar (Ficha Técnica de Telchi, 2003).

Estimando el cp_A del azúcar (A) mediante la ecuación (4.38):

$$cp_A = 0,50 * \frac{0,10}{100} + 0,20 * \left(\frac{100 - 0,10}{100} \right) \Rightarrow \boxed{cp_A = 0,20\text{kcal} / \text{kg}^\circ\text{C}}$$

Para determinar la capacidad calorífica (cp_{PM}) de la pasta de manzana a partir de la composición y mediante la ecuación (4.37). Cuyos datos fueron extraídos de la tabla 4.61 (Anexo D.8):

$$m_a = \text{Fracción de masa de agua} = 0,7689$$

$$m_c = \text{Fracción de masa de carbohidratos} = 0,2243$$

$$m_p = \text{Fracción de masa de proteínas} = 0,0035$$

$$m_g = \text{Fracción de masa de grasa} = 0,0009$$

$$cp_{PM} = 0,7689 * 4,18 + 0,2243 * 1,22 + 0,0035 * 1,90 + 0,0009 * 1,90$$

$$cp_{PM} = 3,496 \text{kJoules/ kg}^\circ\text{C} * \left(\frac{1 \text{kcal/ kg}^\circ\text{C}}{4,1868 \text{kJoules/ kg}^\circ\text{C}} \right)$$

$$\boxed{cp_{PM} = 0,84 \text{kcal/ kg}^\circ\text{C}}$$

El calor latente (λ_{HE}) del agua (80°C) es de $551,30 \text{kcal/ kg}$ a una presión de (1atm) (Ocón Tojo, 1976). Sin embargo, para la ciudad de Tarija la presión es de $0,797 \text{atm}$ (AASANA, 2006), estimando el calor latente (λ_{AE}) de $439,39 \text{kcal/ kg}$ por interpolación.

Arreglando la ecuación (4.43), se calcula la cantidad de calor necesario para el proceso de concentración de la pasta:

$$Q_5 = \underbrace{PM * cp_{PM} * \Delta T_{(PM)} + AE * \lambda_{AE}}_{\text{III}} - \underbrace{PC * cp_{PC} * \Delta T_{(PC)} - A * cp_A * \Delta T_{(A)}}_{\text{IV}}$$

$$\text{III} = 1,12694 * 0,84 * 10 + 0,01007 * 439,39 = 13,89 \text{kcal}$$

$$\text{IV} = 1,05627 * 0,461 * 10 - 0,07922 * 0,20 * 57 = 3,97 \text{kcal}$$

$$Q_5 = \text{III} - \text{IV} = 13,89 - 3,97 \Rightarrow \boxed{Q_5 = 9,92 \text{kcal}}$$

4.6.3.2 CANTIDAD DE CALOR PARA CALENTAR EL RECIPIENTE

Para determinar el calor que se necesita para calentar el recipiente, se consideró los siguientes datos de laboratorio:

$m_{\text{olla}(3)}$ = Masa de la olla en la concentración de la pasta (kg) = 0,460kg

$T_{i(\text{olla}(3))}$ = Temperatura inicial de la olla en la concentración de la pasta (°C) = 70°C

$T_{f(\text{olla}(3))}$ = Temperatura final de la olla en la concentración de la pasta (°C) = 80°C

También, se consideró la capacidad calorífica del acero inoxidable $cp_{\text{olla}(3)}$ de 0,129kcal/ kg°C (Información Técnica, 2000).

Calculando la cantidad de calor necesario en calentar el recipiente, se utilizó la ecuación (4.31):

$$Q_6 = m_{\text{olla}(3)} * cp_{\text{olla}(3)} * (T_{f(\text{olla}(3))} - T_{i(\text{olla}(3))})$$

$$Q_6 = 0,460 * 0,129 * (80 - 70) \Rightarrow \boxed{Q_6 = 0,59\text{kcal}}$$

Por lo tanto, el calor total en el proceso de concentración de la pasta será:

$$Q_{\text{total}(3)} = Q_5 + Q_6 = 9,92 + 0,59 \Rightarrow \boxed{Q_{\text{total}(3)} = 10,51\text{kcal}}$$

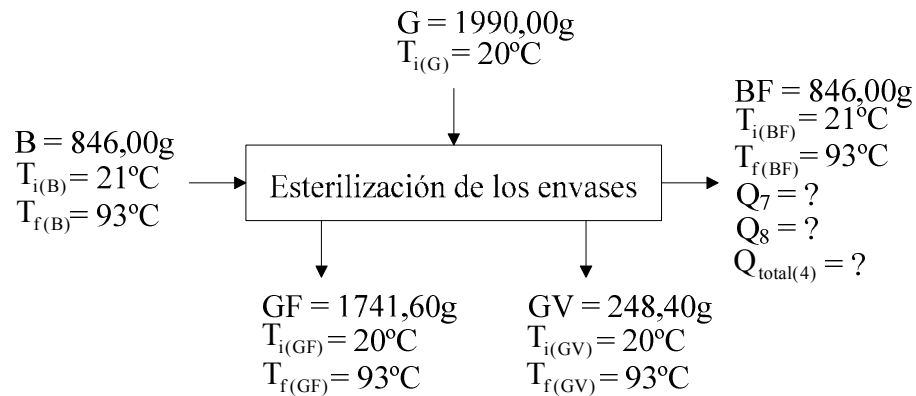
4.6.4 BALANCE DE ENERGÍA EN EL PROCESO DE ESTERILIZACIÓN DE LOS ENVASES

Antes del proceso de envasado, se consideró el calor necesario para la esterilización de los envases (figura 4.38) de vidrio y el calor necesario para calentar el recipiente.

4.6.4.1 CANTIDAD DE CALOR NECESARIO EN EL PROCESO DE ESTERILIZACIÓN

Para realizar el balance de energía en este proceso de esterilización (figura 4.38), se tomó en cuenta la cantidad de calor necesario para esterilizar 5 envases (B) con una capacidad de 210,00g por un tiempo de 25 minutos.

Figura 4.38
Diagrama del proceso de esterilización



Para determinar la cantidad de agua inicial (G) y final (GF), en el proceso de esterilización de los envases de vidrio, es necesario considerar la densidad del agua (20°C); que corresponde a $995,20\text{kg}/\text{m}^3$ (Ocón Tojo, 1976). Así mismo la expresión matemática (ecuación 4.3).

La cantidad de agua inicial (G) utilizada fue de 2,00 litros para el proceso de esterilización de los envases. Por lo tanto, estimando la cantidad de agua inicial utilizada (G):

$$G = \delta_{\text{H}_2\text{O}} * V = 995,20\text{kg}/\text{m}^3 * \left(\frac{1\text{m}^3}{1000\text{litros}} \right) * \left(\frac{1000\text{g}}{1\text{kg}} \right) * 2,00\text{litros}$$

$$G = 1990,00\text{g}$$

La cantidad de agua final (GF) utilizada fue de 1,75 litros para el proceso de esterilización de los envases. Por lo tanto, estimando la cantidad de agua final utilizada (GF):

$$GF = \delta_{\text{H}_2\text{O}} * V = 995,20\text{kg}/\text{m}^3 * \left(\frac{1\text{m}^3}{1000\text{litros}} \right) * \left(\frac{1000\text{g}}{1\text{kg}} \right) * 1,75\text{litros}$$

$$GF = 1741,60\text{g}$$

Para determinar la cantidad de agua evaporada (GV) en el proceso de esterilización de los envases, se utilizó la ecuación (4.21).

Arreglando la ecuación (4.21) en función de la figura (4.38), se determina la cantidad de agua evaporada (GV) en el proceso de esterilización de los envases:

$$GV = G - GF \Rightarrow 1990,00 - 1741,60 \Rightarrow \boxed{GV = 248,40g}$$

Para determinar la cantidad de calor necesario para la esterilización de los envases, es necesario considerar la expresión matemática (4.33).

Arreglando la ecuación (4.33) en función a la figura (4.39):

$$B * H_{(B)} + G * H_{(G)} + Q_7 = BF * H_{(BF)} + GF * H_{(GF)} + GV * H_{(GV)}$$

$$Q_7 = BF * H_{(BF)} + GF * H_{(GF)} + GV * H_{(GV)} - B * H_{(B)} - G * H_{(G)} \quad (4.44)$$

Como la cantidad de envases de vidrio es constante en la entrada (B) y salida (BF) del proceso de esterilización, es necesario considerar la ecuación (4.31) y así mismo:

$$B = BF.$$

En consecuencia, utilizando la ecuación (4.31) en función del proceso:

$$B * H_{(B)} = BF * H_{(BF)} \Rightarrow 0 = BF * H_{(BF)} - B * H_{(B)}$$

$$0 = B * \Delta H \Rightarrow 0 = B * cp_{(B)} * \Delta T_{(B)} \quad (4.45)$$

Sustituyendo la ecuación (4.45) en la ecuación (4.44):

$$Q_7 = B * cp_{(B)} * \Delta T_{(B)} + GF * H_{(GF)} + GV * H_{(GV)} - G * H_{(G)} \quad (4.46)$$

Combinando la ecuación (4.35) y (4.46):

$$Q_7 = \underbrace{BF * cp_{(BF)} * \Delta T_{(BF)} + GF * cp_{(GF)} * \Delta T_{(GF)}}_V + \underbrace{GV * \lambda_{(GV)} - G * cp_{(G)} * \Delta T_{(G)}}_{VI} \quad (4.47)$$

El cp del vidrio ($cp_{(B)}$) es 0,187kcal/ kg°C según (Información Técnica, 2000).

Determinando el calor necesario para esterilizar los envases de vidrio a partir de la ecuación (4.47):

$$V = 0,846 * 0,187 * 72 + 1,7414 * 0,796 * 73 = 112,57\text{kcal}$$

$$VI = 0,2484 * 433,09 - 1,990 * 0,796 * 73 = -8,05\text{kcal}$$

$$Q_7 = V + VI = 112,57 + (-8,05) \Rightarrow \boxed{Q_7 = 104,52\text{kcal}}$$

4.6.4.2 CANTIDAD DE CALOR PARA CALENTAR EL RECIPIENTE

Para determinar el calor que se necesita para calentar el recipiente, se consideró los siguientes datos de laboratorio:

$$m_{\text{olla}(4)} = \text{Masa de la olla en la esterilización de los frascos (kg)} = 0,610\text{kg}$$

$$T_{i(\text{olla}(4))} = \text{Temperatura inicial de la olla en la esterilización de los frascos (°C)} = 20^\circ\text{C}$$

$$T_{f(\text{olla}(4))} = \text{Temperatura final de la olla en la esterilización de los frascos (°C)} = 93^\circ\text{C}$$

También, se consideró la capacidad calorífica del acero inoxidable $cp_{\text{olla}(4)}$ de $0,129\text{kcal/ kg}^\circ\text{C}$ (Información Técnica, 2000).

Tomando en cuenta los datos y la ecuación (4.31). Se procedió a determinar el calor necesario para calentar el recipiente:

$$Q_8 = m_{\text{olla}(4)} * cp_{\text{olla}(4)} * (T_{f(\text{olla}(4))} - T_{i(\text{olla}(4))})$$

$$Q_8 = 0,610 * 0,129 * (93 - 20) \Rightarrow \boxed{Q_8 = 5,74\text{kcal}}$$

Por lo tanto, el calor total en el proceso de concentración del puré será:

$$Q_{\text{total}(4)} = Q_7 + Q_8$$

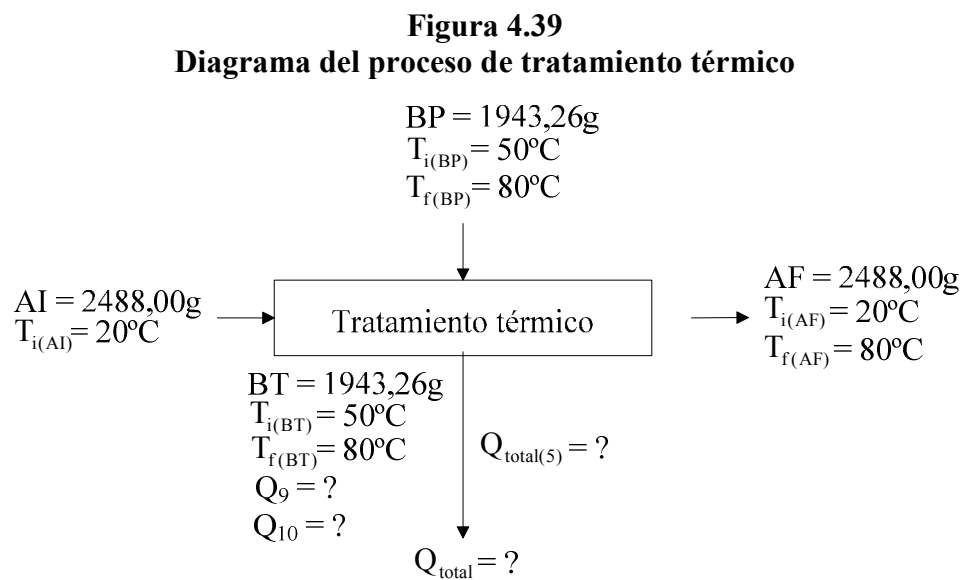
$$Q_{\text{total}(4)} = 104,52 + 5,74 \Rightarrow \boxed{Q_{\text{total}(4)} = 110,26\text{kcal}}$$

4.6.5 BALANCE DE ENERGÍA EN EL PROCESO DE TRATAMIENTO TÉRMICO DEL PRODUCTO

En la figura 4.39, se muestra el proceso de tratamiento térmico, donde se tomó en cuenta la cantidad de 5 envases con producto pasta de manzana. También se consideró dos situaciones; calor necesario en el proceso de tratamiento térmico y la cantidad de calor necesaria para calentar el recipiente.

4.6.5.1 CANTIDAD DE CALOR NECESARIO EN EL PROCESO DE TRATAMIENTO TÉRMICO DEL PRODUCTO

Para realizar el balance de energía en este proceso (figura 4.39), se tomó en cuenta la de 5 envases con producto con una capacidad de (210,00g) de cada frasco, por el tiempo de 20 minutos.



Considerando que la temperatura del agua permanece a **80°C**; por lo cual cantidad de masa de agua evaporada es mínima. En consecuencia se puede decir que la cantidad de agua utilizada es la misma al finalizar el tratamiento térmico.

Para determinar la cantidad de calor necesario para realizar el tratamiento térmico de los 5 envases con producto, se tomó en cuenta la expresión matemática (4.33).

Arreglando la ecuación (4.33) en función a la figura (4.39):

$$\begin{aligned} BP * H_{(BP)} + AI * H_{(AI)} + Q_9 &= BT * H_{(BT)} + AF * H_{(AF)} \\ Q_9 &= BT * H_{(BT)} + AF * H_{(AF)} - BP * H_{(BP)} - AI * H_{(AI)} \end{aligned} \quad (4.48)$$

Como la cantidad de envases de vidrio utilizada, es constante en a entrada (BP) y salida (BT) del proceso de tratamiento térmico. Por lo tanto, es necesario considerar la ecuación (4.31) y así mismo:

$$B = BF.$$

En consecuencia, utilizando la ecuación (4.31) en función del proceso:

$$\begin{aligned} BP * H_{(BP)} &= BT * H_{(BT)} \Rightarrow 0 = BT * H_{(BT)} - BP * H_{(BP)} \\ 0 &= BT * \Delta H \Rightarrow 0 = BT * cp_{(BT)} * \Delta T_{(BT)} \end{aligned} \quad (4.49)$$

Como BT es la cantidad de masa del envase y masa del producto (pasta de manzana). Por lo tanto, se debe considerar la capacidad calorífica del producto ($cp_{(pasta)}$) 0,84kcal/ kg°C y del vidrio ($cp_{(BT)}$) es 0,187kcal/ kg°C según (Información Técnica, 2000).

Así mismo la ecuación (4.49) puede arreglarse como:

$$0 = BT * cp_{(pasta)} * \Delta T_{(pasta)} + cp_{(BT)} * \Delta T_{(BT)} \quad (4.50)$$

Considerando que la cantidad la cantidad de agua utilizada es constante en la entrada (AI) y salida (AF) del proceso de tratamiento térmico: es necesario considerar la ecuación (4.31) y así mismo:

$$AI = AF.$$

En consecuencia, utilizando la ecuación (4.31) en función del proceso:

$$\begin{aligned} AI * H_{(AI)} &= AF * H_{(AF)} \Rightarrow 0 = AF * H_{(AF)} - AI * H_{(AI)} \\ 0 &= AF * \Delta H \Rightarrow 0 = AF * cp_{(AF)} * \Delta T_{(AF)} \end{aligned} \quad (4.51)$$

Para determinar la cantidad de agua utilizada inicial (AI) y final (AF) en el proceso de tratamiento térmico de los 5 envases con el producto. Es necesario considerar la densidad del agua (20°C); que corresponde a 995,20kg/ m³ (Ocon Tojo, 1976). Así mismo la expresión matemática (ecuación 4.3) y como la cantidad de agua inicial (AI) y final (AF) utilizada fue de 2,50 litros.

Por lo tanto:

$$AI = \delta_{H_2O} * V = 995,20 \frac{kg}{m^3} * \left(\frac{1m^3}{1000litros} \right) * \left(\frac{1000g}{1kg} \right) * 2,50litros$$

$$AI = AF = 2488,00g$$

Sustituyendo la ecuación (4.45) en la ecuación (4.44):

$$Q_9 = BT * cp_{(pasta)} * \Delta T_{(pasta)} + cp_{(BT)} * \Delta T_{(BT)} + AF * cp_{(AF)} * \Delta T_{(AF)} \quad (4.52)$$

Estimando el calor necesario para esterilizar los envases de vidrio a partir de la ecuación (4.52):

$$Q_9 = 1,94326 * 0,84 * 30 + 0,187 * 30 + 2,488 * 0,796 * 60$$

$$Q_9 = 173,41kcal$$

4.6.5.2 CANTIDAD DE CALOR PARA CALENTAR EL RECIPIENTE

Para determinar la cantidad de calor que se necesita para calentar el recipiente, se consideró los siguientes datos de laboratorio:

$$m_{olla(5)} = \text{Masa de la olla en la concentración de la pasta (kg)} = 0,610kg$$

$$T_{i(olla(5))} = \text{Temperatura inicial de la olla en la concentración de la pasta (°C)} = 20°C$$

$$T_{f(olla(5))} = \text{Temperatura final de la olla en la concentración de la pasta (°C)} = 80°C$$

También, se consideró la capacidad calorífica del acero inoxidable $cp_{olla(3)}$ de 0,129kcal/ kg°C (Información Técnica, 2000).

Tomando en cuenta los datos y la ecuación (4.31). Se procedió a determinar el calor necesario para calentar el recipiente:

$$Q_{10} = m_{\text{olla}(5)} * c_{p\text{olla}(5)} * (T_{f(\text{olla}(5))} - T_{i(\text{olla}(5))})$$

$$Q_{10} = 0,610 * 0,129 * (80 - 20) \Rightarrow \boxed{Q_{10} = 4,72\text{kcal}}$$

Por lo tanto, el calor total en el proceso de tratamiento térmico será:

$$Q_{\text{total}(5)} = Q_9 + Q_{10}$$

$$Q_{\text{total}(5)} = 173,41 + 4,72 \Rightarrow \boxed{Q_{\text{total}(5)} = 178,13\text{kcal}}$$

Para estimar el calor total necesario en el proceso de elaboración de 1126,94g de pasta de manzana es necesario considera todos los calores individuales de cada proceso que intervienen en las diferentes etapas; utilizando la ecuación (4.53).

$$Q_{\text{total}} = Q_{\text{total}(1)} + Q_{\text{total}(2)} + Q_{\text{total}(3)} + Q_{\text{total}(4)} + Q_{\text{total}(5)} \quad (4.53)$$

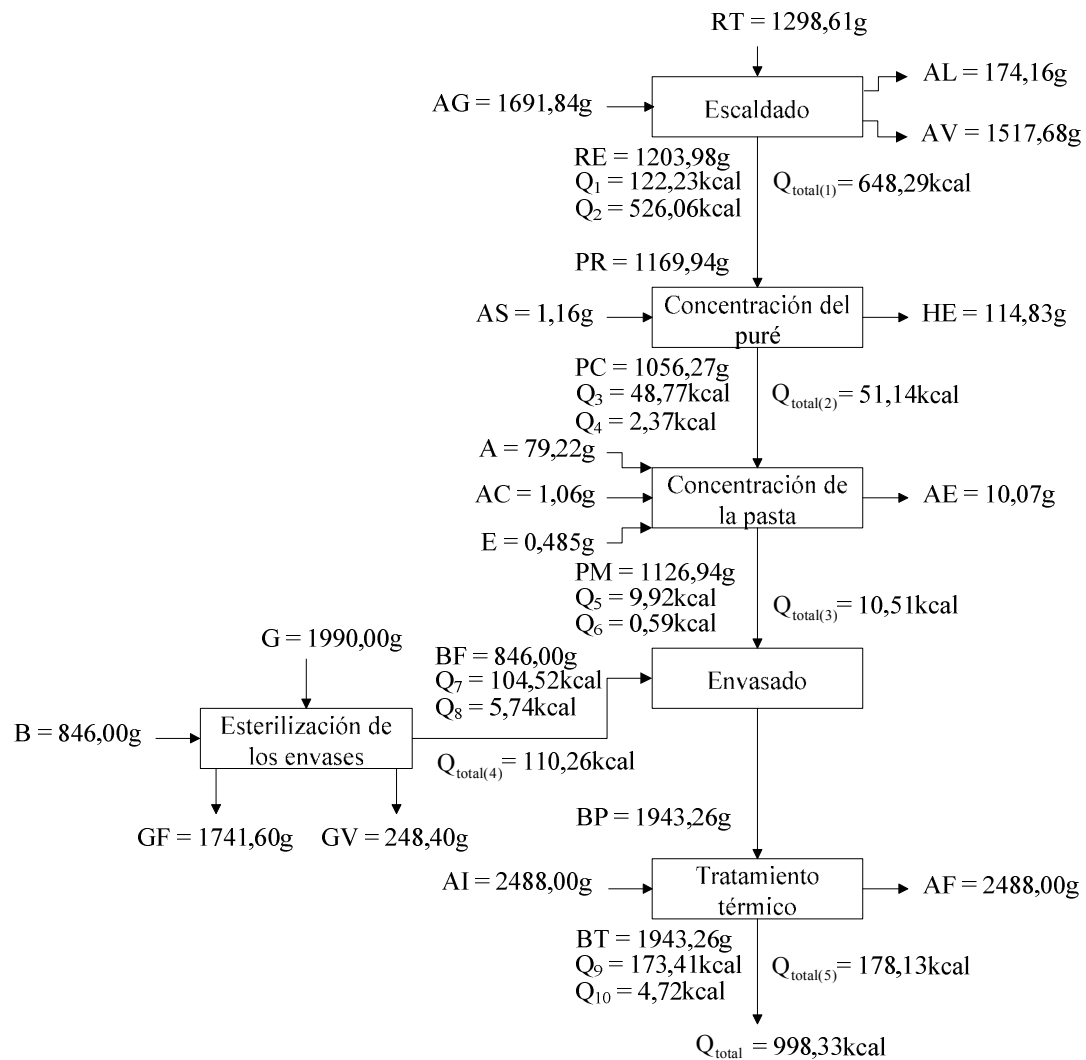
$$Q_{\text{total}} = 648,29 + 51,14 + 10,51 + 110,26 + 178,13$$

$$\boxed{Q_{\text{total}} = 998,33\text{kcal}}$$

4.6.6 RESUMEN DE RESULTADOS DEL BALANCE DE ENERGÍA

En la figura 4.40 se muestra los resultados del balance de energía del proceso de elaboración de pasta de manzana variedad Anna.

Figura 4.40
Resultado del balance de energía



4.7 DETERMINACION DEL COSTO DE PRODUCCIÓN A NIVEL EXPERIMENTAL

Los costos de producción fueron determinados en base a los datos experimentales de laboratorio para 1126,94g de pasta de manzana considerando lo siguientes aspectos:

4.7.1 COSTO DE MATERIA PRIMA E INSUMOS

En la tabla 4.75, se detallan los costos de la materia prima e insumos utilizados en la elaboración de pasta de manzana.

Tabla 4.75
Costos de materia prima e insumos

Detalle	Precio (Bs/kg)	Cantidad requerida (kg)	Costo (Bs)
Manzana roja variedad Anna	2,30	1,76167	4,05
Azúcar	3,50	0,07922	0,28
Ácido cítrico	14,00	0,02106	0,30
Ácido ascórbico	120,00	0,00116	0,14
Esencia	130,00	0,000485	0,06
TOTAL			4,83

Fuente: Elaboración propia

4.7.2 COSTO DE ELECTRICIDAD

Para la elaboración de la pasta de manzana, se utilizó la Cutter y la Heladera. En la tabla 4.76 se muestra el gasto y el costo total de energía. Este cálculo se realizó tomando en cuenta que el precio de 1kwhr es de 0,52Bs, según (SETAR, 2007).

Tabla 4.76
Costo de electricidad

Equipo	Potencia (kw)	Tiempo (hr)	Energía (kwhr)	Costo (Bs)
Cutter	0,550	0,016	0,008	0,01
Heladera	0,550	8,000	4,400	2,29
TOTAL				2,30

Fuente: Elaboración propia

4.7.3 COSTO DE GAS NATURAL

El costo del gas natural para las diferentes etapas del proceso se lo detalla en la tabla 4.77, fueron estimados tomando en cuenta los tiempos de consumo y los datos técnicos de EMTAGAS como ser su poder calorífico del gas natural 150,000kcal/ pie³, costo del gas natural categoría comercial 1000pies³ es de 3,4\$us = 29,92 Bs. (EMTAGAS, 2007).

Tabla 4.77
Costo del gas natural

Procesos	Tiempo (minutos)	Consumo (kcal)
Escaldado	45	648,29
Concentración del puré	15	51,14
Concentración de la pasta de manzana	5	9,07
Esterilización de los envases	25	110,26
Tratamiento térmico	20	178,13
TOTAL	110	996,89

Fuente: Elaboración propia

Calculando el costo del gas natural a partir de los datos de la tabla 4.49:

$$\text{Consumo de gas natural} = \frac{996,89\text{kcal}}{150,00\text{kcal/pie}^3} = 6,65\text{pie}^3$$

$$\text{Costo del gas natural} = 6,65\text{pie}^3 * \frac{29,92\text{Bs}}{1000\text{pies}^3}$$

Costo del gas natural = 0,20Bs

4.7.4 COSTO DEL AGUA

En la tabla 4.78, se detallan los costos de agua potable utilizada en los diferentes procesos de la elaboración de pasta de manzana, se estimó en base al costo proporcionado por COSAALT entre (0 – 10)m³ de agua es de 6,0Bs (COSAALT, 2007).

Tabla 4.78
Costo del agua

Procesos	Consumo (m³)	Costos (Bs)
Limpieza, escaldado, esterilización de los envases y tratamiento térmico	0 - 10	6,00

Fuente: Elaboración propia

4.7.5 COSTO DE ENVASE

Los envases de vidrio con tapa metálica cuya capacidad fue de 210,00g tuvieron un costo de 2,80Bs/ por cada unidad

Costo de los envases = Números de envases * precio de los envases

$$\text{Costo de los envases} = 5 * 2,80\text{Bs} \Rightarrow \boxed{\text{Costo de envases} = 14,00\text{Bs}}$$

4.7.6 COSTO DE MANO DE OBRA

El costo de la mano de obra para un egresado es 1800Bs mensual estipulado por el Ministerio de Trabajo (2007): El proceso de elaboración de pasta de manzana tiene una duración de 2hr es:

$$\text{Costo de mano de obra} = 2\text{hr} * \frac{60\text{Bs.}}{8\text{hr}}$$

$$\boxed{\text{Costo de mano de obra} = 15,00\text{Bs}}$$

4.7.7 COSTO TOTAL PARA LA PASTA DE MANZANA

En la tabla 4.79, se detalla la estimación del costo total del producto terminado.

Tabla 4.79
Costo total del producto

Detalle	Total (Bs)
Costo de materia prima e insumos	4,83
Costo de electricidad	2,30
Costo de gas natural	0,20
Costo de agua	6,00
Costo de envase	14,00
Costo de Mano de obra	15,00
COSTO TOTAL	42,33

Fuente: Elaboración propia

El costo de producción de 210g de pasta de manzana es:

$$\text{Costo de 210g de pasta de manzana} = \frac{42,33\text{Bs}}{5}$$

$$\boxed{\text{Costo de 210,00g de pasta de manzana} = 8,46\text{Bs} \sim 8,50\text{Bs}}$$

5.1 CONCLUSIONES

- ❖ En el presente trabajo de investigación, se utilizó manzana variedad Anna. Entre las propiedades físicas, se determinaron la porción comestible de 73,06% y no comestible de 26,94%. Así mismo, entre las propiedades fisicoquímicas se tiene ácido ascórbico de 2,3mg/100g, azúcares totales de 15,33%, azúcares reductores de 11,09% y humedad del 82.62%.
- ❖ Para seleccionar la muestra patrón, se tomó en cuenta cuatro muestras de purés resultando elegida la muestra P₃ (Canale) con un puntaje promedio en escala hedónica para el atributo aroma (7,33), color (7,33), sabor (7,47), consistencia (7,53) y arenosidad (5,33) en comparación a las demás muestras.
- ❖ En relación al tiempo de escaldado de las rodajas de manzana, se estableció que el escaldado con agua a temperatura de ebullición de 93°C y 15 minutos es el adecuado en rodajas de manzana pequeñas (P) y de 11 minutos para rodajas medianas (M) y grandes (G). Para el escaldado con vapor de agua saturado y 12 minutos es el adecuado en rodajas de manzana pequeñas (P) y de 10 minutos para rodajas medianas (M) y grandes (G). Donde se tomó en cuenta los extremos de 10 – 15 minutos.
- ❖ En cuanto al contenido de ácido ascórbico se estableció de que el método de escaldado con vapor de agua saturado se obtiene 9,95mg ácido ascórbico/100g para manzanas medianas (M) y grandes (G) en comparación con el método de agua a temperatura de ebullición de 93°C de 6,80mg ácido ascórbico/100g para manzanas medianas (M) y grandes (G). Así mismo, se planteo un diseño factorial de 2²; para el método y tiempo de escaldado y la variable respuesta fue el pH/°Brix dando como resultado que los factores de (E) método de escaldado y el factor (t) tiempo de escaldado son significativos para (P < 0,05).
- ❖ En el proceso de concentración de la pasta, se planteo un diseño factorial de 3³, para la dosificación de la cantidad de azúcar y ácido cítrico, se elaboró nueve muestras agrupadas en tres grupos, que fueron evaluadas por 10 jueces

no entrenados quedando elegidas las muestras S₁, S₄, S₇. Con la finalidad de ajustar el atributo sabor, se utilizó 10 jueces no entrenados, se realizó una nueva evaluación sensorial con las tres muestras elegidas y conjuntamente con al muestra patrón (Canale), quedando elegida la muestra Z₂ (75,00g de azúcar y 1,00g de ácido cítrico).

- ❖ Para determinar el grado de arenosidad, se utilizó tres muestras variando el tipo de tamiz, según la abertura de malla en la escala de Tayler, las cuales fueron evaluadas por 10 jueces no entrenados, mediante un test en escala cuantitativa relativa, dando como resultado que la mejor opción para el atributo grado de arenosidad es la muestra T₁ (tamiz N° 25 de abertura de malla 0,710mm).
- ❖ Para determinar el afinado de la arenosidad del puré, se elaboraron tres muestras (0, 30, 60) segundos, utilizando una cutter eléctrica en función al tiempo de triturado y se valoró a través de una evaluación sensorial con 10 jueces no entrenados resultado elegida la muestra D₂, que es triturada por un tiempo de 30 segundos.
- ❖ Se planteo un diseño 2² para determinar la influencia de los sólidos solubles en el proceso de concentración del puré de manzana, se elaboró cuatro muestras variando los sólidos solubles iniciales del puré y los sólidos solubles finales de la pasta, con la finalidad de observar la influencia en la consistencia del producto terminado, estas muestras fueron evaluadas por 10 jueces no entrenados mediante un test de escala cuantitativa relativa, resultando elegida la muestra B₁ (concentración inicial de 15°Brix y concentración final de 20°Brix).
- ❖ Con la finalidad de observar la influencia del ácido ascórbico para el atributo color del producto, se elaboró tres muestras a producto terminado, variando la cantidad de ácido ascórbico en el puré, fueron evaluadas conjuntamente con la muestra patrón (Canale), resultando elegida la muestra C₃ con una concentración de ácido ascórbico de 0,10%.

- ❖ Para coadyuvar el aroma y el sabor del producto se utilizó 2 tipos de esencia de manzana roja y se elaboraron cinco muestras variando la concentración (0 – 0,30)ml y que fueron evaluadas mediante un test de escala hedónica por 15 jueces no entrenados, quedando elegida la muestra A₂ (0,15ml) de esencia de manzana de la marca Telchi.
- ❖ En base a los diferentes ensayos realizados en laboratorio, para la elaboración de pasta de manzana variedad Anna, se llegó a la siguiente formulación experimental (tabla 5.1):

Tabla 5.1
Formulación experimental de pasta de manzana variedad Anna

Detalle	Cantidad	Unidad de medida
Puré de manzana	200,00	g
Ácido cítrico	0,20	g
Azúcar (sacarosa)	15,00	g
Ácido ascórbico	0,20	g
Esencia de manzana roja	0,15	ml

Fuente: Elaboración propia

- ❖ Se llegó a esta formulación tomando en cuenta un pre-tratamiento con solución antioxidante (agua-ácido cítrico al 1%), método de escaldado con vapor de agua por un tiempo de 10 minutos. Así mismo, la utilización de un tamiz N° 25 en la escala de Tayler y refinado en la cutter por un tiempo de 30 segundos
- ❖ En base a los resultados fisicoquímicos realizados al producto terminado, se determinó una acidez de 3,30%, ácido ascórbico de 36,40mg/100g, azúcares totales de 19,16%, azúcares reductores de 11,98% y un contenido de sólidos solubles de 20°Brix. En lo referido, al análisis microbiológico, existió ausencia de mohos (0 ufc/g) y levaduras (0 ufc/g) .
- ❖ Se realizó un control de variación de peso del producto envasado durante tres meses en frasco de vidrio y tapados herméticamente, donde la muestra F₁ almacenada a temperatura ambiente de (20 - 24)°C y la muestra F₄ almacenada

en refrigeración de (10 - 12)°C, dando como resultado que ninguna de las dos muestras presentaba diferencias significativas para los atributos sabor, aroma, arenosidad y consistencia. Por el contrario, si existió una diferencia significativa entre las muestras F₁ y F₄; para el atributo color, presentando más oscurecimiento la muestra F₁ almacenada a temperatura ambiente y no así la muestra F₄ almacenada en refrigeración.

- ❖ Al producto almacenado por tres meses, se realizó un análisis del contenido de ácido ascórbico dando como resultado 28,19ppm (muestra F₁); almacenada a temperatura ambiente y 35,95ppm (muestra F₄); almacenada en refrigeración (10 – 12)°C. También, se realizó un análisis microbiológico de mohos y levaduras, dando como resultado 2ufc/g (muestra F₁); y 0ufc/g para la muestra F₄.

5.2 RECOMENDACIONES

- ❖ Basándose en la formulación definida, trabajar con otras variedades de manzana para ser aplicada a escala semi-industrial de manera que se promueva el cultivo de manzana en el departamento de Tarija.
- ❖ Realizar pruebas experimentales incorporando algunas vitaminas, como ser vitamina A, B1 y B2, para obtener un producto fortificado que vaya a coadyuvar con el fortalecimiento nutricional en los niños menores de cinco años.
- ❖ La elaboración de pasta de manzana, constituye en una importante alternativa para lo productores frutícolas, por lo que se recomienda implementar una planta procesadora de pasta de manzana para evitar pérdidas en la producción y contribuir al mejoramiento de los ingresos económicos de este sector, dando mayor valor agregado a la manzana