

Capítulo V

Alternativas Agroindustriales con Raíces y Tubérculos Andinos

Elena Villacrés, Beatriz Brito, Susana Espín

Introducción

En este capítulo se presentan alternativas de procesamiento para aprovechar los atributos culinarios y las propiedades físico-químicas y funcionales de las RTAs, identificados en el capítulo IV. Los procesos artesanales, como la elaboración de mermeladas, enconfitados, caramelos tipo goma, frituras y tortas, responden a una necesidad sentida de los productores para aumentar y retener, en las zonas rurales, el valor agregado de las RTAs mientras que a través del desarrollo y/o la adaptación de procesos agroindustriales, se pretende mejorar la calidad, la aceptabilidad y prolongar la vida útil de las RTAs, para satisfacer la demanda del mercado actual, que busca productos exóticos, frescos, congelados y procesados de fácil preparación en los hogares.

La valorización de las RTAs a través del procesamiento sólo será posible mediante la realización de acciones tendientes a mejorar la actual producción y la productividad de las RTAs, principales limitantes para el desarrollo agroindustrial de estas especies.

En la actualidad se están reorientando las estrategias nacionales de desarrollo hacia el aumento y la diversificación de la producción y el consumo de alimentos, con objeto de aliviar el hambre y la malnutrición. En esta tentativa, una fase inicial es la promoción de los alimentos autóctonos, mediante el fomento de su producción y de su utilización eficaz. La diversidad en la producción y la elaboración de alimentos es importante en Ecuador, porque una gran parte de la población vive en las zonas rurales y los productores utilizan sus conocimientos locales especializados para asegurar la persistencia de los alimentos destinados al consumo del hogar y para mantener una dieta bien

equilibrada. En este contexto, la diversidad es importante y se aprecia como factor para mejorar la dieta y la calidad de vida. Los encargados de formular la política agrícola del país reconocen, cada vez más, que debe prestarse más atención a la promoción de cultivos alimentarios adecuados para el consumo interno, deben crearse productos que satisfagan la cada vez mayor demanda urbana de alimentos rápidos, así como prolongar la capacidad de conservación de los productos.

En ciertas zonas, las actividades de desarrollo están modificando radicalmente la pauta de la vida rural. Con las mejoras introducidas en las comunicaciones y en la educación, los agricultores están adquiriendo más movilidad y tienen ambiciones, están acudiendo a las ciudades e ingresando en la economía de mercado como productores de cultivos comerciales. Ello es aceptable si el ingreso adicional que se obtiene permite al productor comprar los alimentos que necesita.

La industria agroalimentaria, por su parte, debe iniciar una profunda mutación e innovación para responder a las demandas cada vez más diversificadas y a las exigencias más precisas de los consumidores. Los productos alimentarios deben hoy en día presentar una garantía higiénica sin fallos, satisfacer las necesidades nutricionales y sensoriales y aportar cada vez más servicios, para responder a las necesidades creadas por la evolución del modo de vida, es decir, satisfacer la ineludible regla de las 4 S: salud, sabor, seguridad y servicio. En consecuencia, la ampliación de la base alimentaria con las RTAs exige un programa integrado de inversión, investigación y extensión, junto con un mejoramiento de los servicios de procesamiento, comercialización y distribución de productos.

En las páginas siguientes se ofrece información acerca de algunas tecnologías orientadas a diversificar la

utilización de las RTAs, mejorar su digestibilidad, realzar el atractivo para el consumidor e incrementar su disponibilidad, a fin de que puedan ser consumidos lejos de su zona y su temporada inmediata de producción, lo que contribuirá a estabilizar los suministros y a la seguridad alimentaria.

Procesamiento Artesanal

Las RTAs tienen un enorme potencial para contribuir al desarrollo socioeconómico de las áreas rurales. Sus características agronómicas y bioquímicas son apropiadas para la transformación, proceso necesario para expandir su utilización. Las tendencias de producción, área y rendimiento sugieren la oportunidad y la necesidad de diversificar el uso de estos cultivos mediante procesos sencillos y de bajo costo orientados a:

- Incrementar el valor de las RTAs.
- Disminuir las pérdidas poscosecha y utilizar los productos procesados fuera de la época de cosecha.
- Incrementar el ingreso de los agricultores.
- Fomentar la integración de microempresas familiares en la economía de mercado.
- Impulsar la industria nacional a través de la demanda de equipos requeridos para el procesamiento y las actividades de preservación.

Contrariamente a lo que sucede con el procesamiento industrial, el artesanal depende de la disponibilidad de mano de obra y de la maquinaria o equipo. La cantidad de ingredientes sofisticados es mínima y las técnicas son relativamente fáciles de adaptar; por lo tanto, pueden ser puestas en práctica a nivel comunitario. Con estas consideraciones se pretende desarrollar una agroindustria artesanal a base de RTAs. Los procesos factibles de ser adaptados y/o desarrollados son: deshidratación osmótica, secado solar, fritura y cocción, para la obtención de trozos deshidratados, mermeladas, caramelos tipo goma de oca, tortas y rodajas fritas.

Valorización de la oca y la zanahoria blanca a través del proceso de enconfitado

El proceso implica el pesado de la materia prima (oca o zanahoria blanca), seguido de un lavado con abundante agua y con la ayuda de un cepillo de cerdas suaves, para eliminar toda la tierra adherida a los materiales.

En el caso de la oca, ésta debe ser sometida a un proceso previo de endulzamiento, exponiendo los tubérculos al sol durante 12 días, para disminuir el ácido oxálico y mejorar el sabor. Del producto endulzado, se eliminan

las puntas y secciones de corteza deteriorada; posteriormente se cortan en trozos de 3 cm de largo por 1 cm de ancho. Estas dimensiones corresponden a formas cuadradas de 1,5 cm x 1,5 cm y 1 cm de espesor, cuando se trabaja con zanahoria blanca. Los trozos obtenidos se sumergen inmediatamente en agua para evitar su oscurecimiento por acción del oxígeno del aire.

La siguiente etapa en este proceso es la precocción de los trozos en agua, durante doce minutos para la oca y ocho minutos para la zanahoria blanca. Transcurrido este tiempo, los trozos se enfrían mediante aspersión de agua fría y se escurren.

Aparte, se procede a preparar un jarabe con 20 % de agua, 20 % de jugo puro de maracuyá y 60 % de azúcar. Se mezclan los ingredientes y se cocinan durante cinco minutos; se enfría el conjunto hasta una temperatura de 50 °C y se añaden 4 gramos de ácido cítrico por cada litro de jarabe para disminuir el pH hasta un nivel de 3,5.

Los trocitos de oca o zanahoria blanca se sumergen en el jarabe preparado y se mantienen en esta condición durante 48 horas, y esporádicamente se mueve el conjunto con el propósito de homogenizar el jarabe y facilitar la transferencia de los azúcares hacia el interior de los productos. Transcurrido el tiempo señalado, los trozos se retiran del jarabe, se escurren sobre un tamiz y se disponen sobre las bandejas de secado.

Este proceso tiene lugar en un secador solar, entre 5 días y 10 días, dependiendo de la intensidad de radiación solar, hasta que los trocitos alcancen 30 °Brix y 24% de humedad, en el caso de la oca; 21 °Brix y 21% de humedad, en el caso de la zanahoria blanca. En el secador solar instalado en la parroquia Ambatillo Alto, provincia de Tungurahua, la variación de temperatura fluctuó entre 9 °C, en la noche, y 42 °C, al mediodía.

Cuando los productos alcanzan los niveles indicados de humedad y sólidos solubles, se retiran del secador, se empaican en fundas de polipropileno y se sellan herméticamente, para evitar que absorban la humedad del medio circundante.

Con el fin de determinar el nivel de aceptabilidad de los tubérculos enconfitados, se realizó una evaluación sensorial con un grupo de 10 catadores, integrado por niños y adultos. El análisis de los formularios de encuesta permitió determinar que el 70 % de catadores otorgó una calificación de "buena" al color de los trozos de oca enconfitada. El 60 % de niños y el 40 % de adultos consideraron que la oca enconfitada tiene un sabor excelente; los demás panelistas otorgaron una

calificación de 3, correspondiente a la categoría de “bueno” en la escala hedónica. Los catadores manifestaron que la acidez y el grado de dulzor del producto enconfitado son adecuados; sin embargo, la textura granulada y la dureza de la cáscara determinaron una menor aceptabilidad del enconfitado para el atributo textura. Con respecto a la forma, la oca resultó apropiada para el proceso y alcanzó la mayor aceptación por parte de los degustadores.

Sobre la base de las pruebas de degustación de la zanahoria blanca enconfitada, se estableció que el color del producto agradó a un 50 % de niños y un 20 % de adultos. Con relación al sabor, el 70 % de niños y el 50 % de adultos encuestados indicaron que este atributo es excelente, y resaltaron el grado de dulzor, la acidez y la concentración del saborizante natural (jugo de maracuyá) en el producto. En la evaluación de la textura, un 60 % de encuestados destacó la consistencia gomosa del producto, y sólo un 10 % manifestó que le disgusta el producto, por la presencia de algunos trozos duros, muy deshidratados.

Producción de mermeladas

La técnica utilizada consiste en seleccionar las raíces o los tubérculos y la fruta, con la eliminación de aquellos con síntomas de deterioro. Las materias primas seleccionadas se pesan y se lavan para eliminar las impurezas adheridas.

Posteriormente, las raíces o los tubérculos se cortan en trozos, se cocinan y se tamizan, y se reserva la fracción retenida sobre el tamiz. El líquido resultante del filtrado es utilizado para precocer la fruta durante cinco minutos, con el objeto de favorecer la liberación de pectina y mejorar el rendimiento del jugo. Éste se mezcla con las raíces o los tubérculos cocidos y se obtiene un líquido espeso de alta viscosidad, el cual se pesa para dosificar los demás ingredientes (Cuadro 5.1). El azúcar interviene en una proporción del 60 %, con relación al volumen total de jugo, mientras que el ácido cítrico se incorpora a razón de 4 g/l de jugo.

El jugo viscoso se cocina a fuego lento, y se mantiene en agitación constante y suave para facilitar la formación del gel y evitar el recalentamiento de la preparación. La cocción se mantiene durante 20 minutos, hasta que la prueba de la gota proporcione un resultado positivo. Ésta consiste en depositar una gota de mermelada en un vaso de agua fría; si la integridad de la gota se mantiene hasta llegar al fondo del vaso, significa que se ha alcanzado una concentración óptima de sólidos solubles, correspondiente a 68 °Brix en la lectura del brixómetro. Enseguida, se procede al envasado del

Cuadro 5.1. Dosificación de ingredientes para la elaboración de mermelada (Asociación zanahoria blanca-mora)

Zanahoria blanca (kg)	Mora (kg)	Agua (litros)
1,0	1,5	1,5
1,5	2,2	2,2
2,0	3,0	3,0
2,5	3,7	3,7
3,0	4,5	4,5
3,5	5,2	5,2
4,0	6,0	6,0
5,0	7,5	7,5

producto caliente (85 °C), en tarrinas de plástico o en frascos de vidrio previamente esterilizados, y se deja el correspondiente espacio de cabeza. El producto envasado se almacena en un lugar fresco y seco; se mantiene en observación durante 20 días, con el fin de determinar su estabilidad.

Procesamiento de caramelos tipo goma

Las raíces o los tubérculos y la fruta seleccionados para el proceso se pesan y se lavan para eliminar las impurezas; se cortan en pequeños trozos y se cocinan hasta que estén suaves; luego se licuan y se tamizan. El jugo resultante se pesa para dosificar los demás ingredientes, que intervienen en las siguientes proporciones: azúcar, 60 % del jugo obtenido; ácido cítrico 0,4 %, y pectina, 1 %.

En la preparación de caramelos tipo goma, se ensayaron varias relaciones de raíz o tubérculo y fruta (40:60 hasta 80:20). Para la relación oca-mora, se probaron asociaciones desde 35:65 hasta 75:25. Como patrón de comparación se utilizó mora al 100 %.

Se inicia la cocción del jugo y, después de tres minutos, se incorpora 2/3 del azúcar total; el 1/3 restante se reserva para mezclarse con la pectina. Después de cinco minutos de cocción, se incorpora el ácido cítrico y se continúa la ebullición, se agita suave y constantemente el conjunto hasta alcanzar una consistencia espesa (55 °Brix); en este punto, se agrega la mezcla azúcar-pectina y se continúa el cocimiento hasta que el producto comienza a desprenderse del recipiente de cocción. El tiempo total de ebullición es de 30 minutos; entonces se suspende la cocción y la preparación caliente, se vierte sobre una bandeja y se deja en reposo hasta el día siguiente, cuando adquiere una consistencia sólida, similar a la de un caramelo, y puede ser cortada

Cuadro 5.2. Composición química de los productos procesados con la asociación raíz/tubérculo - mora

Parámetro	Oca-Mora 35-65%	Zanahoria-Mora 40-60%	Meloco-Mora 40-60%	Mora 100%
Humedad (%)	23,72	25,66	24,40	24,80
Ceniza (%)	0,47	0,33	0,32	0,31
Energía (cal/g)	3 403	3 058	3 510	2 366
Calcio (ppm)	230	196	160	320
Hierro (ppm)	16	10	13	15
PH	3,2	3,4	3,0	2,9

Fuente: INIAP, Departamento de Nutrición y Calidad.

en diferentes formas y tamaños, los que se empaican en papel celofán antes de su almacenamiento o su distribución.

El análisis químico de los caramelos elaborados con la incorporación de una raíz o tubérculo revela que éstos son esencialmente energéticos, debido a su alto contenido de calorías, y representan un aporte significativo de calcio (Cuadro 5.2). Los caramelos fueron sometidos a una calificación de atributos como sabor, aroma, color y textura, para determinar la aceptabilidad por un grupo de panelistas integrado por hombres, mujeres y niños, de la comunidad Ambatillo Alto. Las muestras elaboradas con una menor concentración de zanahoria blanca (40 %) alcanzaron un mayor nivel de aceptabilidad; los caramelos de meloco mostraron una tendencia similar. Cuando se utilizó oca, el mayor nivel de aceptabilidad correspondió a la relación 35:65 (oca-mora); los panelistas resaltaron la textura granulosa de los productos en los que se incluyeron raíces o tubérculos, con respecto a aquellos elaborados con fruta al 100 %.

El rendimiento obtenido en la elaboración de productos con inclusión de raíces y tubérculos fue mayor que el alcanzado con la utilización de fruta al 100 %, como se muestra en el Cuadro 5.3.

Obtención de rodajas fritas de zanahoria blanca

El proceso se inicia con el lavado y el pesado de las raíces, las que después se cortan en rodajas de aproximadamente 1 cm de espesor. Enseguida se someten a un proceso de precocción, en una solución de cloruro de sodio al 2 %, durante dos minutos. Transcurrido este tiempo, se retiran del fuego y se enfrían con agua; el líquido superficial es eliminado al introducir las rodajas al secador solar durante dos horas.

Aparte, y en un recipiente adecuado, se calienta aceite comestible, sobre el que se vierten las rodajas presecadas. El proceso de fritura se mantiene por un corto tiempo (aproximadamente dos minutos), hasta que las rodajas se doren. Se retiran del aceite, se enfrían, se envasan en fundas de polipropileno y se sellan herméticamente. El rendimiento obtenido en este proceso fue del 30 %, con respecto a la materia prima.

En las pruebas de aceptabilidad, las rodajas fritas alcanzaron una puntuación de 4, correspondiente a la categoría “muy bueno” en la escala hedónica de 5 puntos. Los panelistas resaltaron el sabor, la coloración y la textura crujiente del producto, cuya vida útil se extendió hasta dos meses, según los ensayos de estabilidad realizados a 40 °C y 70 % de humedad relativa.

Cuadro 5.3. Rendimiento (%) obtenido en el procesamiento de mermelada y caramelos tipo goma con incorporación de RTAs

Mezcla	Mermelada			Caramelo—goma		
	Jugo	Materia prima*	° Brix	Jugo	Materia prima*	° Brix
Mora	53	53	53	44	56	80
Zanahoria-mora	67	73	68	44	48	77
Meloco-mora	58	64	68	45	50	80
Oca-mora	60	72	68	49	57	76

* Respecto al peso inicial de producto.

Procesamiento artesanal de tortas a base de RTAs

Por inspección visual, se seleccionó la materia prima de calidad y se lavó con abundante agua, utilizando un cepillo de cerdas suaves. Las raíces o los tubérculos se trituran con agua en una licuadora a 2 000 rpm, hasta que todo el material sólido quede reducido a partículas pequeñas. Posteriormente, se procede a tamizar la mezcla, y se rescata la fracción retenida en el tamiz, sobre cuya base se calculan los demás ingredientes. La cantidad de harina utilizada constituye la mitad del peso de los tubérculos o raíz; el azúcar se añade en una proporción del 33 %; el polvo de hornear, la vainilla y los huevos constituyen el 1 % del peso de la materia prima.

En un recipiente aparte, se baten las yemas de huevo durante dos minutos; lentamente se añade el azúcar y se continúa el batido procurando la incorporación completa de este ingrediente; se añade la raíz o tubérculo triturado, la harina, el polvo de hornear y la esencia de vainilla en las proporciones mencionadas. Se baten las claras de huevo a punto de nieve y se incorporan a la mezcla anterior; se homogeniza el conjunto y se vierte sobre moldes de aluminio, previamente engrasados con mantequilla y espolvoreados con harina.

El molde se introduce en un horno y el proceso transcurre a una temperatura promedio de 320 °C. El tiempo promedio de horneado es de 1 hora y 15 minutos. Mediante este proceso, se facilita la evaporación del agua, la coagulación de algunos componentes y se propicia el desarrollo de un aroma y un sabor característicos. Se retira la preparación de la fuente de calor y se deja enfriar a temperatura ambiente; se corta con la ayuda de un cuchillo en forma de sierra para evitar la desagregación del producto. El tamaño de corte se lo hace de acuerdo al tipo de molde utilizado; para el caso de una torta alargada, se puede elegir un tamaño de 2 cm o 3 cm de espesor. Antes del almacenamiento o de la distribución, los trozos de torta se embalan en fundas de polietileno de 75 micras.

Del procesamiento artesanal con RTAs, se concluye que:

- La utilización y el consumo de RTAs están en función de su disponibilidad, y se determina una mayor frecuencia en la temporada de cosecha.
- La adaptación de varias tecnologías, como la deshidratación, la cocción y la fritura, permitieron obtener productos de buena calidad y aceptables por parte de los consumidores.

- Los productos artesanalmente desarrollados alcanzaron una alta preferencia entre los niños de las zonas rurales, debido a la nueva presentación y los precios accesibles a su economía.

Las tecnologías han sido fácilmente transferidas y adoptadas por un grupo de mujeres de las parroquias Ambatillo Alto y Santa Rosa de Culluctús, que actualmente se encuentran procesando productos para el consumo familiar y para la comercialización en otros mercados.

Procesamiento Agroindustrial

En Ecuador no se tienen experiencias en el procesamiento industrial de ninguna de las RTAs. La empresa Nestlé intentó realizar un proyecto piloto para el procesamiento de la zanahoria blanca como espesante de sopas, pero éste no prosperó debido a la imposibilidad de obtener materia prima con calidad homogénea, en forma continua y en cantidades industriales de, por lo menos, una tonelada.

Un aspecto manifestado por la muestra de empresas grandes que es compartido por las empresas medianas, aunque no en la misma intensidad de las primeras, constituye la falta de interés en procesar estos productos, ya que no disponen de una demanda internacional. Las fábricas más grandes manifiestan que el mercado nacional es muy pequeño y que ellas sólo responden a la demanda internacional.

Las empresas medianas y pequeñas manifestaron que tienen interés en procesar estos productos si existe una demanda a nivel nacional, la cual es necesario desarrollar. Para este tipo de empresas, la dificultad de obtener la materia prima con características homogéneas, que asegure una oferta continua, también constituye un gran limitante.

Las empresas medianas y pequeñas que abastecen principalmente el mercado nacional manifiestan que el alto costo del envase, en el costo total de la conserva, desestimula el procesamiento de productos. En Ecuador, se estima que, como promedio, y al considerar alrededor de 35 productos en 80 presentaciones, el costo promedio del envase con relación al costo total es de 35 %, frente a un 4 % en los países industrializados. Por lo anteriormente indicado, las empresas prefieren procesar productos cuyo valor por unidad de peso sea mayor (ejemplo: el palmito).

Con estos antecedentes, se trató de desarrollar y/o adaptar tecnologías para mejorar la calidad de las RTAs, prolongar su vida útil, eliminar las sustancias indeseables

y hacerlas más digeribles, gustosas y fáciles de comer. Las alternativas de transformación con raíces y tubérculos son más numerosas de lo que se piensa, como se describe a continuación.

Obtención de oca endulzada con apariencia de tubérculo fresco

La oca es un tubérculo muy extendido en la zona andina, y es uno de los alimentos más apreciados en el área rural. Estudios realizados en el país sobre el consumo y la aceptabilidad de las RTAs al nivel de los consumidores urbanos señalan algunas características positivas y negativas, que condicionan las preferencias del consumidor. Así, en el caso de la oca, se identificó como condición negativa la demora en la preparación, incluido el endulzamiento; una característica positiva de la oca es su valor nutritivo (Espinosa y Crissman, 1997).

Con la aplicación del proceso de endulzamiento al aprovechar la energía solar y materiales de uso generalizado por las familias campesinas, se incrementa el contenido de azúcar y se mejora el sabor natural de la oca, y puede así ser comercializada en fresco, sin perder su apariencia natural y su valor nutritivo. Con este proceso se espera incrementar la demanda y su transformación hacia un cultivo comercial.

Proceso de endulzamiento

El estudio se dividió en dos fases, con el fin de determinar las condiciones óptimas para el endulzamiento y el tiempo de vida útil. Se consideró la influencia de los factores más relevantes en cada fase del proceso. Las técnicas de endulzamiento se desarrollaron en la comunidad Santa Rosa de Culluctús – Las Huaconas, Cantón Colta, provincia de Chimborazo, mientras que los análisis se realizaron en los laboratorios del INIAP y la Escuela Politécnica del Chimborazo (ESPOCH).

Se probaron tres técnicas de endulzamiento: la tradicional, que consiste en dejar en el techo de una casa durante tres o cuatro semanas; con la utilización de un secador solar de madera cubierto con cuatro paneles de vidrio transparente, con dos puertas laterales regulables y dos ventanas laterales de malla (Figura 5.1) y un silo verdeador de papa (Figura 5.2). Se utilizaron, como materia prima, tubérculos de oca fresca de los ecotipos blanco, amarillo y rojo, accesiones de origen ecuatoriano, proporcionados por el DENAREF del INIAP.

En esta fase, se evaluaron los siguientes parámetros: pérdidas de peso (%), materia seca (%), acidez titulable (mg/100 g de ácido oxálico), azúcares totales (%), almidón total (%), análisis sensorial (pruebas de degustación para confirmar la elección del mejor tratamiento) y evaluación visual de daños físicos.



Figura 5.1. Endulzamiento de la oca en el secador solar.

La primera fase se realizó en noviembre de 1999, temporada con un comportamiento climatológico variable, según los datos proporcionados en la estación meteorológica de la ESPOCH. La temperatura promedio mensual fue de 13,9 °C; humedad relativa, 58,8 %; radiación promedio, 58 %, y velocidad del viento de 2,1 m/s.

Cambios físico-químicos en la fase de endulzamiento

Pérdida de peso: La mayor pérdida de peso se determinó en el secador solar, para el tratamiento V3T1t5 (variedad roja- secador solar-15 días de evaluación), con un valor promedio de 61,28%; la menor pérdida de peso se registró en el verdeador para el tratamiento V3T2t5 (variedad roja-verdeador-15 días de evaluación), con un promedio de 12,66%, y se determinó que el porcentaje de pérdida de peso se incrementó en función del tiempo transcurrido en la evaluación.

Materia seca: Se determinó que el tratamiento mediante el cual la oca presentó mayor cantidad de materia seca es el V1T1t5 (variedad blanca-secador solar-15 días), con un promedio de 42,07%, mientras que, en



Figura 5.2. Endulzamiento de la oca en el silo verdeador.

los otros tratamientos, el tubérculo experimentó una pérdida de humedad en forma intermedia, en dependencia de la naturaleza del tubérculo y el tipo de endulzado.

Acidez titulable: La variedad blanca presentó una mayor concentración de acidez al inicio del ensayo, con un promedio de 108 mg/100g, mientras que la variedad amarilla y roja presentaron valores menores, con un promedio de 85 y 70 mg/100g, respectivamente. En general, este parámetro varió de un muestreo a otro entre los diferentes tratamientos, lo cual posiblemente guarda relación con el grado de madurez del tubérculo.

Azúcares totales: Las diferentes variedades mostraron contenidos similares de azúcares totales; se registraron el valor más bajo (3,32 %) para el tratamiento V1T1t5 (variedad blanca-secador solar-15 días) y el valor más alto para el tratamiento V3T1t5 (variedad roja-secador solar-15 días), con un promedio de 4,96 % en Base Húmeda.

En general, el porcentaje de azúcares totales se incrementó a medida que transcurrió el tiempo de exposición de los tubérculos al sol, debido a la eliminación de agua y la transformación del almidón en azúcares. Los valores de azúcares totales obtenidos experimentalmente fluctuaron entre 1 %, 13 % y 4,96 % (BH) y son similares a los reportados por Eugenio y Rivera (1996).

Almidón total: Las variedades que presentan un mayor contenido de almidón al inicio del ensayo son las variedades blanca y roja, con un valor de 8 % (BH), y es menor para la variedad amarilla, con un 5,97 % (BH). Los tubérculos mantenidos en el secador solar mostraron un mayor contenido de almidón, con un promedio de 12 % (BH), mientras que, en el silo verdeador y en el sistema tradicional, las variedades blanca y roja presentaron un contenido de almidón promedio igual al 6 %. Esta fluctuación en los diferentes sistemas de endulzamiento guarda estrecha relación con la variación en el contenido de humedad y las reacciones bioquímicas que tienen lugar en el interior del tubérculo.

Velocidad de eliminación de humedad

En la Figura 5.3 se presenta la curva de eliminación de humedad a diferentes tiempos, para la variedad blanca, amarilla y roja en el secador solar. Al cabo de 15 días, la humedad descendió, desde 5,36 a 4,43 kg H₂O/ kg sólido seco, para la variedad amarilla; de 3,95 a 3,06 kg H₂O/ kg sólido seco, para la variedad roja, y de 3,93 a 3,13 kg H₂O/ kg sólido seco. Esto permite concluir que el tubérculo no experimenta una considerable pérdida de humedad en la fase de endulzamiento, lo que le permite mantener una buena apariencia al final del proceso.

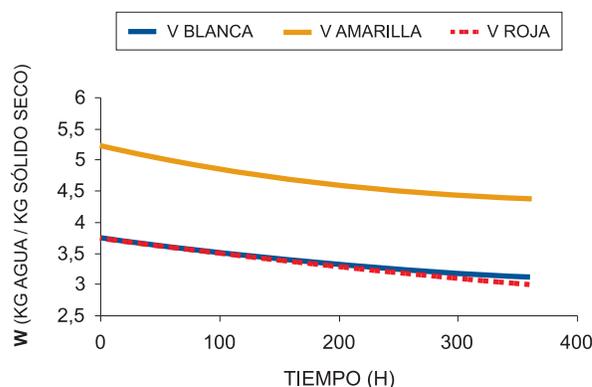


Figura 5.3. Curva de eliminación de agua para el endulzamiento de la oca en el secador solar.

Los valores del contenido de humedad residual en base seca, reportados en el presente estudio, están dentro del rango establecido para vegetales y hortalizas frescas (3,5 a 5,0 kg de agua/ kg de materia seca), encontrados por Saravacos y Charm (1962), citados por Alvarado (1996).

Evaluación visual de daños físicos

La calidad de los productos hortofrutícolas frescos es una combinación de características, atributos y propiedades con los que aporta el producto a los seres humanos como alimento y para su placer. Los productores se preocupan que los productos tengan una buena apariencia y pocos defectos visuales. Para los receptores y distribuidores comerciales, la apariencia es lo más importante, pero también se interesan en la firmeza y una larga vida de almacenamiento.

La descripción visual de daños ocasionados por causas fisiológicas, físicas, mecánicas y otros cambios de tipo bioquímico (respiración y transpiración) fueron evaluados periódicamente durante el endulzamiento del tubérculo. Se utilizó una escala numérica de daños para determinar el grado de deterioro (FAO, 1989). Los tubérculos endulzados en los silos verdeadores presentaron un menor grado de deterioro (27 %) que aquellos endulzados al seguir el proceso tradicional (75 %) y en el secador solar (64 %); en estos dos últimos sistemas, el tubérculo se volvió arrugado, de cáscara dura y oscura, y perdió apariencia y calidad final.

Relación entre la apariencia visual y el incremento de azúcares durante el endulzamiento

El incremento de los azúcares totales, para los diferentes tipos de endulzado y variedades, se pueden observar en el Cuadro 5.4.

Cuadro 5.4. Incremento de azúcares (%) en la oca endulzada en tres modalidades*

t (días)	Secador solar			Silo verdeador			Proceso tradicional		
	Blanca	Amarilla	Roja	Blanca	Amarilla	Roja	Blanca	Amarilla	Roja
0									
3	31	19	13	15	19	20	37	1	40
6	38	24	44	32	39	39	55	4	47
9	45	39	57	53	46	44	59	36	61
12	64	48	72	68	57	61	68	62	72
15	66	65	77	70	62	67	73	64	75

*Base húmeda.

En el secador solar, a los 15 días de evaluación, las variedades blanca y roja presentaron una apariencia desagradable y un mayor incremento en el contenido de azúcares (66 % y 77 %, respectivamente). En el silo verdeador, las tres variedades en estudio mantuvieron la apariencia de tubérculo fresco hasta los 15 días de evaluación, a la vez que se incrementó el contenido de azúcares. En el endulzado tradicional, el cambio físico más perceptible fue la variación del color de los tubérculos blancos y amarillos. La variedad roja experimentó un cambio brusco en el color y en la apariencia a partir de los 9 días de endulzamiento. A los 15 días de exposición al sol, el color brillante característico se opacó, mientras que el contenido de azúcares alcanzó su concentración máxima (75 %). Estos resultados muestran que existe una relación inversa entre la apariencia visual y el contenido de azúcares del tubérculo endulzado.

Evaluación sensorial

Los seres humanos juzgan y miden las características sensoriales combinadas (dulzor, acidez, astringencia, amargor, intensidad global del sabor) de un producto. Los paneles de consumidores indican las preferencias de calidad. Esta prueba sensorial fue realizada con miembros de la comunidad, tomados al azar, a quienes se les denominó “juez consumidor”.

En las ocas endulzadas y cocinadas se realizó una prueba de medición del grado de aceptación, y se utilizó una escala gráfica conocida como “caritas de tres puntos”, donde se tiene un puntaje de 1 para la característica de malo, 2 para regular y 3 para bueno. Los resultados se presentan en el Cuadro 5.5.

El porcentaje promedio de aceptabilidad correspondiente a la variedad blanca fue de $2,77 \pm 0,43$, que se relaciona con la categoría de “bueno” en la escala

de “caritas de tres puntos”; la mediana y la moda alcanzaron un valor de tres, con un bajo coeficiente de variación (15,47). Sobre la base de estos resultados, se pudo determinar que la muestra que alcanzó la mayor aceptabilidad, dentro de los consumidores de la comunidad, fue la variedad blanca.

Al correlacionar los criterios de composición química, descripción de daños físicos y pruebas sensoriales, se estableció como mejor tratamiento el endulzamiento de la oca blanca, en silo verdeador y durante 12 días. Éste mostró un mayor incremento en el contenido de azúcares, menor contenido de materia seca, menor incidencia de daños físicos y una mayor aceptabilidad en las pruebas de degustación.

Tiempo de vida útil

Para determinar el tiempo de vida útil, la variedad de oca blanca, endulzada durante 12 días en el silo verdeador, se almacenó en el piso de una habitación, en la comunidad Santa Rosa de Culluctús; como empaque

Cuadro 5.5. Parámetros estadísticos para la aceptabilidad de dos variedades de oca endulzada y cocida

Propiedades	Oca amarilla	Oca blanca
# de observaciones	22	22
Promedio	$2,32 \pm 0,48$	$2,77 \pm 0,43$
Mediana	2	3
Moda	2	3
Varianza	0,227	0,184
Desviación estándar	0,477	0,429
Error estándar	0,102	0,099
Coefficiente de variación	20,56	15,47

se utilizaron mallas plásticas de diferentes colores. Se consideraron siete frecuencias de muestreo durante 42 días, entre los meses de febrero y marzo de 2000. En este período, el comportamiento climatológico de la zona es variable, según los datos proporcionados por la estación meteorológica de la ESPOCH, con una temperatura promedio mensual de 12,4-12,7 °C, humedad relativa de 67,3 % - 67,9 %; una precipitación de 3,17 - 1,98 mm; una cantidad de radiación promedio de 33,1 % - 30,4 %, y una intensidad del viento de 2-1,90 m/s, respectivamente.

La composición de la oca blanca endulzada, antes del almacenamiento, fue: contenido de materia seca; 21,73 %; acidez titulable; 121 mg/100g en base fresca; azúcares totales; 3,39 % en base fresca y 7,92 % de almidón total en base fresca. Estos resultados constituyeron las condiciones iniciales para los análisis subsiguientes en la fase de almacenamiento.

Cambios físico-químicos en la fase de almacenamiento

En el Cuadro 6, se reportan los resultados de las correlaciones y regresiones para la pérdida de peso, materia seca, acidez titulable, azúcares totales y almidón total, de cada tratamiento en estudio.

La pérdida de peso no fue significativa entre los siete días y los 14 días de almacenamiento. El mayor porcentaje de pérdida de peso se registró al cabo de los 42 días de evaluación, con un promedio de 40,27 %. La materia seca se incrementó a un valor de 21,73 %, mientras que la acidez titulable se mantuvo estable hasta los 21 días, con un valor de 124 mg/100g, lo que equivale a un ligero aumento al final del ensayo. El contenido de azúcares aumentó a razón de 0,032 % por cada día de almacenamiento, y alcanzó una concentración promedio máxima de 4,69 % al final del almacenaje.

Descripción visual de daños

Los tubérculos de oca, al igual que otros tejidos vegetales, permanecen vivos después de la cosecha, y muestran todas las características propias de la vida vegetal, como la respiración, la transpiración, la síntesis y la degradación de metabolitos. Durante la cosecha, son separados de sus fuentes naturales de agua, nutrientes, minerales y orgánicas, pero continúan viviendo. Este estado termina con el envejecimiento y la muerte de los tejidos, lo cual depende de muchos factores.

Para determinar el deterioro de la oca blanca endulzada y almacenada a las condiciones propias de la comunidad,

se utilizó una escala numérica, igual a la utilizada en la Fase I. Las observaciones visuales permitieron determinar un 24% de daños físicos en la escala de grado 3, después de 42 días de almacenamiento.

Análisis micológico de la oca endulzada y almacenada

En la oca endulzada y almacenada durante 42 días y con daños severos, se procedió a realizar un análisis micológico, con el fin de determinar los tipos de hongos predominantes. Los resultados mostraron una mayor incidencia de los patógenos *Penicillium* sp., *Fusarium* sp., *Gliocladium* sp., y *Trichothecium* sp. Todos los hongos identificados en los tubérculos de oca endulzados son saprofitos comunes provenientes del suelo. La mayoría de pudriciones posiblemente son producidas por estos hongos y con frecuencia ocurren en el período de poscosecha. La inspección regular del producto almacenado y la eliminación inmediata de los productos infestados puede ayudar a prevenir la propagación de estos patógenos.

Análisis económico

El análisis de presupuesto parcial mostró que el endulzamiento de la oca (45 kg) al utilizar el sistema tradicional es el más económico (\$ 7.5, dólares americanos), seguido del endulzamiento en el silo verdeador, con un valor de \$ 7.55 mientras que el proceso realizado en el secador solar resultó el más costoso (\$ 7.92). El tradicional no necesita ninguna construcción y cuesta sólo \$ 0.05.

Para el proceso tradicional de endulzamiento, los costos variables representaron \$ 0.319 por cada kg de tubérculo; para el silo verdeador \$ 0.321, y para el secador solar, los costos variables ascendieron a 0.391 \$/kg. El rendimiento del proceso realizado en secador solar fue de 45 %, a partir de oca sin clasificar, y 52,20 % en el silo verdeador. La calidad y la apariencia del producto final variaron según la modalidad de endulzamiento aplicado. El análisis de la relación beneficio/costo muestra que, al comercializar 1 kg de oca endulzada en el silo verdeador a \$ 0.40, se obtiene una relación B/C de 1,25, mientras que, al fijar un precio de venta de \$ 0.33/ kg de oca endulzada en forma tradicional, la relación B/C es sólo de 1,03.

De los resultados obtenidos se concluye que:

Una limitante para el consumo de la oca es la demora en la preparación, incluido el endulzamiento. Mediante este estudio, se ha logrado disminuir el tiempo de proceso, a través de la utilización de silos verdeadores

durante 12 días; estas construcciones existen en la mayoría de comunidades andinas. Con este sistema se obtienen tubérculos dulces y con una apariencia fresca.

Es importante señalar que, en tiempos pasados, esta especie constituyó un aporte nutritivo significativo en la alimentación familiar, sobre todo como fuente de carbohidratos, razón por la cual se debe fomentar el consumo del tubérculo endulzado a través de preparaciones adaptadas a las exigencias y los gustos de la vida moderna.

Experiencias desarrolladas con la participación de comunidades indígenas de la provincia de Chimborazo

Durante el desarrollo del trabajo con las organizaciones de productores del área de influencia de Las Huaconas, se observó un predominio del sexo masculino, por lo que en estas actividades se trató de involucrar y capacitar a las mujeres, como una alternativa para mejorar sus ingresos económicos, mediante su incursión en proyectos productivos y de transformación.

Igualmente, se observó que la comercialización, principalmente la venta al menudeo en las ferias o en los mercados locales, es una actividad asignada a las mujeres, por lo que, en las tareas de introducción de la oca técnicamente endulzada al mercado urbano (tiendas Camari y supermercado La Ibérica), se trató de involucrar la participación de los hombres. La transferencia de este proceso a los miembros de las comunidades del área de influencia del PI se realizó a través de un audio-foto, en quechua y español.

La congelación: método alternativo para prolongar la vida útil y preservar la calidad del melloco y la zanahoria blanca

La dinámica del comercio internacional indica que la orientación de la agricultura andina debe acoplarse a los patrones de consumo de los mercados internacionales, y con tendencia a una alimentación orientada hacia productos saludables, exóticos y acordes a los nuevos hábitos de consumo, que prefieren alimentos frescos, congelados, preservados y de fácil preparación en los hogares. En la década de los noventa, el consumo interno y la exportación de hortalizas congeladas fue una importante fuente de ingreso de divisas y una alternativa potencial para mejorar la economía del país. Estadísticas del Departamento de Comercio Exterior del Banco Central del Ecuador indican un incremento importante del volumen de exportación de hortalizas congeladas. Así, en 1992 se registran apenas 96,16 t de hortalizas congeladas destinadas a los Estados

Unidos, mientras que, hasta junio de 1999, el Ecuador ha exportado a diferentes partes del mundo hortalizas congeladas por un gran total de 3 819 780 t, lo que representa un ingreso de \$ 3 107 690.

El melloco y la zanahoria blanca son alimentos con un considerable valor nutritivo, saludables y de fácil digestión; sin embargo, son muy perecibles, por lo que, a través de este estudio, se pretende aplicar uno de los métodos más efectivos de conservación y retención de la calidad, como es la congelación, una opción de primera transformación para preservar la calidad de los productos.

Proceso de congelación

El estudio se realizó con melloco clasificado de las variedades Puca (color rojo) y Quillu (color amarillo), cuyos pesos oscilaron entre 7 g y 18 g; como testigo se utilizó la variedad Caramelo, de gran aceptación por los agricultores de Las Huaconas.

Con respecto a la zanahoria blanca, se utilizaron dos variedades de la zona de San José de Minas, provincia de Pichincha, conocidas como Verde y Morada. Su denominación guarda relación con el color del follaje de la planta y no tiene ninguna relación con el color de la raíz. Para el estudio, se seleccionaron las raíces con pesos promedios entre 100 g y 200 g. Las pruebas se realizaron en una cámara de congelación con puerta transparente y las siguientes dimensiones: frente: 0.80 m; fondo: 0.70 m; altura: 2 m., con aire forzado para el gabinete refrigerante mediante evaporador (Sistema No Frost) y provisto de descongelamiento eléctrico.

Para las tres variedades de melloco y dos de zanahoria blanca se probaron tres temperaturas de congelación: -18 °C, -24 °C y -30 °C. La calidad de los productos frescos y congelados se evaluó mediante las siguientes determinaciones: porcentaje de materia seca, mg de ácido ascórbico /100 g (vitamina C), pH, actividad enzimática (prueba de la peroxidasa), porcentaje de almidón; para zanahoria blanca se incluyó la determinación de lignina.

Composición química proximal de la materia prima

Se caracterizó la materia prima (melloco y zanahoria blanca) a través de análisis proximal, que comprende las siguientes determinaciones: humedad, proteína, extracto etéreo, fibra, ceniza y elementos libres de nitrógeno (carbohidratos totales por diferencia). Para las dos especies en estudio, se determinaron altos contenidos de humedad y carbohidratos totales y bajos contenidos de grasa, proteína, ceniza y fibra.

Cuadro 5.6. Determinación del tiempo óptimo de escaldado para melloco y zanahoria blanca

Producto	Tiempo de escaldado (minutos)	Tiempo de desarrollo del color (minutos)
MELLOCO	0	0
	2	0,41 ± 0,08
	3	2,01 ± 0,37
	4	4,14 ± 0,71
	5	11,21 ± 1,82
ZANAHORIA BLANCA	0	0
	2	0,30 ± 0,06
	4	0,44 ± 0,05
	6	1,40 ± 0,30
	8	4,20 ± 0,80
	10	11,84 ± 1,10

± desviación estándar de 6 repeticiones.

Proceso de escaldado

El escaldado previo a la congelación se controló al medir la actividad residual de la enzima peroxidasa, mediante el desarrollo de color del producto escaldado con una solución de peróxido de hidrógeno-guayacol. El Cuadro 5.6 resume los tiempos de escaldado para melloco y zanahoria blanca; el proceso se realizó en agua a 92 ± 2 °C y posterior enfriamiento a una temperatura de 4 ± 2 °C.

Mallet (1994) reporta tiempos de escaldado de 2 minutos a 3 minutos para judías verdes y brócoli; 4 minutos a 5 minutos para coles de Bruselas, y 1 minuto a 2 minutos para guisantes. La inactivación enzimática mediante escaldado se logró a los cuatro minutos para melloco y a los ocho minutos para zanahoria blanca. Este tratamiento térmico, además, permite controlar el pardeamiento, principalmente en la zanahoria blanca; fijar y conservar el color en el melloco; acelerar la desecación y eliminar olores y sabores desagradables.

Efecto de la congelación sobre la calidad del melloco y la zanahoria blanca

El tiempo requerido para que el melloco y la zanahoria blanca se congelen totalmente se calculó al utilizar fórmulas matemáticas, las que permitieron obtener resultados próximos a los reales, ya que consideran aspectos importantes, tales como la composición

química de las muestras, termodinámica del producto congelado, método de congelación aplicado y otras constantes utilizadas. Los tiempos efectivos de congelación, para las tres temperaturas en estudio (-18 °C, -24 °C y -30 °C) fueron: para melloco, 60 minutos, 59 minutos y 55 minutos, y para zanahoria blanca, 282 minutos, 240 minutos y 180 minutos, respectivamente.

Composición química

El efecto de la congelación sobre la composición química del melloco y la zanahoria blanca se presenta en el Cuadro 5.7.

Materia seca: El contenido de materia seca del melloco no se afectó por la congelación; no sucedió igual en el caso de la zanahoria blanca, principalmente la variedad morada, que experimentó pérdidas de 22 %, 18 % y 15 % a -18 °C, -24 °C y -30 °C, respectivamente, lo cual puede atribuirse a las pérdidas de sólidos durante las operaciones previas a la congelación, resultados que se reflejan y se relacionan con el contenido de almidón de esta raíz.

pH: La actividad enzimática tiene un pH óptimo y es influenciado por la concentración del sustrato, que se ve reflejado en el contenido de materia seca del producto. El pH disminuye en los mellocos congelados, y se mantiene en la zanahoria blanca congelada.

Vitamina C: En la variedad de melloco Puca se registraron pérdidas entre 57 % y 55%; en la variedad Quillu, 17 % a 11 %, y en la variedad Caramelo, las pérdidas fueron entre 9 % y 10 %; la zanahoria blanca se afectó ligeramente en cuanto al contenido de vitamina C, que disminuyó alrededor de un 4 % en ambas variedades y para las tres temperaturas de estudio; a -18 °C se registraron las mayores pérdidas. La congelación propiamente dicha no produce alteraciones en el valor nutritivo del producto; éstas se originan en las operaciones previas a la congelación, sobre todo durante el escaldado de los materiales.

Almidón: Las diferencias en los contenidos de almidón son atribuibles a la especie y la variedad de tubérculo o raíz; éstos no dependen de la temperatura de congelación.

Lignina: El contenido de lignina, en la zanahoria blanca, se mantuvo para la variedad Verde; no así para la variedad morada, que presentó un menor contenido cuando es congelada a -18 °C, valor que se relaciona con el menor contenido de materia seca de la raíz.

Cuadro 5.7. Efecto de la congelación sobre la calidad de tres variedades de melloco y dos de zanahoria blanca

Materia prima	Temperatura de congelación °C	Análisis en productos frescos y congelados							
		Materia Seca (%) [*]		pH		Vitamina C mg/100 g [*]		Almidón (%) [*]	
		SC	C	SC	C	SC	C	SC	C
Mellico V. Caramelo (ECU-9108)	-18	10,34	10,58	6,83	6,02	6,41	5,86	5,17	4,98
	-24		10,03		6,05		5,82		4,58
	-30		10,37		6,06		5,72		4,45
Mellico V. Puca (ECU-791)	-18	11,68	11,54	6,80	6,14	13,86	5,93	6,87	5,83
	-24		11,28		6,18		6,31		5,81
	-30		11,64		6,14		6,29		6,21
Mellico V. Quillu (ECU-831)	-18	9,52	9,85	6,78	6,16	6,58	6,41	4,82	4,53
	-24		9,61		6,12		5,60		4,37
	-30		9,86		6,10		5,86		4,71
Z. Blanca Var. Verde	-18	29,00	26,99	6,59	6,29	6,08	5,72	19,7	18,59
	-24		25,06		6,30		5,99		17,25
	-30		26,26		6,57		5,79		18,37
Z. Blanca Var. Morada	-18	31,18	24,06	6,48	6,50	3,99	3,75	21,8	17,48
	-24		25,54		6,44		3,78		17,89
	-30		26,40		6,37		3,92		17,49

sc: sin congelar.

c: congelado.

*resultados en fresco.

Calidad microbiológica de los productos congelados

La desinfección de los materiales con agua clorinada (12 mg/l de cloro residual) y el escaldado previo a la congelación sirvieron para reducir sustancialmente la carga inicial de microorganismos, y los productos congelados presentaron una buena calidad sanitaria enmarcada en las normas internacionales del Instituto Colombiano de Normalización Técnica y Certificación (INCOTEC, 1999) para hortalizas congeladas. Cabe recordar que la congelación no destruye los microorganismos, pero sí retarda su crecimiento, por lo que es preciso que los materiales por congelarse posean un bajo contenido de microorganismos.

Relación entre el grado de gelatinización del almidón y la temperatura de congelación

El escaldado provocó la gelatinización de una fracción del almidón, lo cual influyó en el requerimiento de frío para que la temperatura del alimento descendiera,

desde su valor original, hasta la temperatura predeterminada. A través de un método enzimático, se estableció que el almidón de las variedades de melloco caramelo, zanahoria morada y zanahoria verde experimentó un mayor grado de gelatinización (Cuadro 5.8), lo cual posiblemente influyó para que estos materiales se congelen a una menor temperatura (-30 °C). Sin embargo, las variedades de melloco Puca y Quillu mostraron un comportamiento diferente.

Almacenamiento de los productos congelados

Una vez que los productos se congelaron totalmente, éstos se almacenaron durante tres meses en una cámara a -18 °C. Se tomaron muestras a los 15 días, 30 días, 60 días y 90 días de almacenamiento, para determinar el efecto de la congelación sobre su composición química.

Mellico

Materia seca: Se registró un ligero incremento en el contenido de materia seca, lo cual puede atribuirse a la

Cuadro 5.8. Grado de gelatinización del almidón de melloco y zanahoria blanca durante el proceso de congelación

Materia prima	Temp. Congelación °C	Alm. Total (producto fresco) (%)*	Alm. total (producto congelado) (%)*	Alm. Gelatinizado (%)*	Glucosa libre (%)*	Grado gelatinización almidón (%)*
Melloco V.Caramelo	-18	50,05	47,06	24,84	2,04	51
	-24		46,66	27,46	2,75	56
	-30		45,06	30,43	2,60	66
Melloco V.Puca	-18	58,83	50,59	25,68	2,16	49
	-24		51,46	33,29	2,23	63
	-30		53,34	25,41	2,10	46
Melloco V.Quillu	-18	50,63	46,00	25,87	2,76	54
	-24		43,91	27,05	2,99	59
	-30		47,71	25,74	2,97	51
Z. Blanca V.Verde	-18	74,30	74,74	56,54	0,75	75
	-24		69,56	51,40	0,87	74
	-30		70,67	53,71	0,81	76
Z. Blanca V.Morada	-18	70,17	69,72	46,31	0,19	66
	-24		70,12	47,68	0,23	68
	-30		66,25	46,74	0,27	70

*Resultados en base seca.

deshidratación que experimentan los productos en la cámara de congelación. Al respecto, la literatura señala que el máximo valor de materia seca corresponde a un máximo grado de cristalización del agua; posteriormente ocurren cambios físicos tales como recristalización, sublimación y cristalización o solidificación de componentes como grasas y azúcares, que originan una disminución de la materia seca.

pH: El pH varió en función de la variedad del tubérculo o raíz y la temperatura de almacenamiento, especialmente a los 60 días y 90 días de almacenamiento. Los valores de pH en los productos almacenados durante 90 días registraron un incremento con respecto a los tubérculos almacenados durante 15 días, lo cual es explicable por la deshidratación que ocurre en la congelación, lo que provoca un incremento en la concentración de solutos y esto, a su vez, da lugar a una disminución del pH.

Vitamina C: Este parámetro es utilizado como un indicativo de la calidad nutritiva de un alimento. Varios estudios mencionan la pérdida de esta vitamina durante el almacenamiento en congelación. Sin embargo, en el melloco se registró un incremento de vitamina C, posiblemente debido a la actividad enzimática residual

y a la interferencia del mucílago en el proceso de determinación (reflectometría), los que proporcionan lecturas elevadas de este componente.

Almidón: El análisis de varianza ($\alpha=0.05$), para la determinación de almidón en la etapa de almacenamiento, señala que existen diferencias estadísticas altamente significativas para los factores variedades y temperatura durante los cuatro períodos de almacenamiento. El contenido de almidón varió a lo largo del período de conservación, en forma similar a las fluctuaciones experimentadas con el contenido de materia seca.

Zanahoria blanca

Materia seca: El análisis de varianza ($\alpha=0,05$), para las variedades verde y morada de zanahoria blanca, mostró que no existen diferencias significativas para el factor variedades; comportamiento similar presentó el factor temperatura, con excepción del almacenamiento durante 15 días, que resultó significativo, según el análisis de varianza. Como en el caso del melloco, los contenidos de materia seca aumentaron durante el almacenamiento a $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$.

pH: La variación del pH, para las raíces congeladas durante 90 días, con respecto a las raíces frescas, fue mínima; la mayor concentración de componentes químicos por efecto de una mayor deshidratación de la zanahoria blanca, con respecto al melloco, parece que influyó en esta respuesta.

Vitamina C: Se determinó una disminución mínima de la vitamina C, durante el almacenamiento en congelación, lo cual puede ser debido a la adecuada inactivación enzimática mediante escaldado, lo que incide en la retención de vitamina C y, en general, en la calidad de las raíces congeladas.

Lignina: Se determinaron diferencias estadísticas altamente significativas para el factor variedades y la interacción variedad x temperatura en el almacenamiento a 30 días y 60 días, y fue no significativo a los 15 días y los 90 días. El factor temperatura de almacenamiento también influyó en el contenido de lignina, especialmente a los 30 días. Esta variación parece guardar relación con los cambios en los contenidos de materia seca a lo largo del período de conservación, y se descarta una modificación química por efecto de las bajas temperaturas, ya que la lignina es un polímero derivado de alcoholes polifenólicos, más o menos estable e insoluble en agua fría.

Balance de materiales

Los resultados del balance de materiales, para el melloco y la zanahoria blanca congelados a diferentes temperaturas, se presentan en el Cuadro 5.9. Se observa que las variedades de melloco Caramelo y Quillu, de alto contenido de humedad, sufrieron una mayor deshidratación durante la congelación, verificable por el contenido de materia seca de la materia prima con respecto a los productos almacenados en congelación.

La variedad de melloco Puca y las dos variedades de zanahoria blanca no sufrieron una pérdida considerable de humedad por efecto del almacenamiento en congelación, lo cual guarda relación con el mayor contenido de almidón de estos materiales con respecto al melloco Caramelo y Quillu.

De los resultados obtenidos se concluye que:

- El melloco y la zanahoria blanca son alimentos nutritivos y saludables, que requieren una mayor investigación en tecnológicas de transformación y conservación para incrementar el consumo, como estrategia encaminada a incentivar la producción.
- La congelación es un proceso primario, que permite obtener productos casi listos para el consumo, mediante el precocido que experimentan durante

Cuadro 5.9. Balance de materiales para melloco y zanahoria blanca congelados

Material	Temp. congelación (°C)	Materia prima (kg)	Productos congelados (kg)	Agua eliminada (%)
Melloco Caramelo	-18	2,97	2,90	2,22
	-24	2,99	3,08	----
	-30	3,05	3,04	0,30
Melloco Puca	-18	3,06	3,10	----
	-24	3,06	3,17	----
	-30	3,04	3,05	----
Melloco Quillu	-18	3,04	2,93	3,36
	-24	3,05	3,02	0,98
	-30	3,01	2,90	3,46
Z. Blanca Morada	-18	5,25	5,17	----
	-24	5,04	5,35	----
	-30	4,74	4,80	----
Z. Blanca V. Verde	-18	4,92	6,38	----
	-24	4,69	5,73	----
	-30	4,19	4,95	----

el escaldado previo a la congelación, lo que reduce sustancialmente el tiempo de cocción final.

- El escaldado del melloco y la zanahoria blanca es recomendable hacerlo en agua hirviente, ya que la utilización de vapor exige mayores tiempos de contacto y es aplicable a materiales con cáscara de mayor grosor, como el brócoli.
- Los tiempos de congelación establecidos son aplicables a materiales que presentan características similares a los de la presente investigación, debido a que las diferentes constantes utilizadas varían en función del tamaño de la materia prima. La zanahoria blanca puede ser congelada entera o en trozos, a diferencia del melloco, que debe ser congelado entero.

Vínculos con la empresa privada

- Con los rubros melloco y zanahoria blanca se realizaron pruebas de congelación a nivel de planta industrial, mediante el sistema IQF.
- El fortalecimiento de los nexos con las empresas privadas que producen hortalizas congeladas es importante, a fin de establecer futuros canales de comercialización, con miras a incursionar en el mercado internacional. Un primer acercamiento se realizó con la empresa de agro-congelados IQF, lo cual permitió exhibir el melloco y la zanahoria blanca en el Salón Internacional de Alimentos en París, Francia, durante los días 22 al 26 de octubre de 2000.

Aplicación de la deshidratación en la conservación del melloco

El melloco es un tubérculo muy perecible; no se lo puede almacenar por más de 20 días, a temperatura ambiente, porque experimenta un alto grado de deterioro, y se convierte en un producto inadecuado para el consumo humano. Este hecho obliga a los agricultores a limitar sus siembras y su producción, lo que agrava el problema de escasez de alimentos.

Para prolongar la vida útil del tubérculo, es imprescindible aplicar algún método de conservación; uno de ellos es la deshidratación. Los métodos de secado que usan aparatos industriales a base de electricidad o quemadores de petróleo son costosos, lo que convierte al proceso en antieconómico. Por otro lado, están los métodos más simples, como la exposición al sol o al aire libre, que permiten su fácil contaminación con el polvo y tornan el producto vulnerable a los insectos. Es posible disminuir sustancialmente los contenidos de humedad, mediante un deshidratador solar artesanal, que puede

ser reproducido por los productores locales, y de este modo tender a fomentar la industria nacional.

El proceso comprende las siguientes operaciones previas:

Selección: Los tubérculos son seleccionados según su tamaño; se prefieren los de tamaño medio (3.6 mm de ancho x 10,7 mm de largo).

Pesado: Los tubérculos seleccionados se pesan para establecer el rendimiento del proceso.

Lavado: Con agua potable.

Rebanado: Los tubérculos se rebanan para favorecer la eliminación de humedad.

Escaldado

Las reacciones de oscurecimiento son muy importantes en alimentos, ya que su sabor, su olor y su textura pueden ser modificados de acuerdo con el grado de oscurecimiento. Éste es uno de los principales problemas que se suscita durante la deshidratación y el almacenamiento de los productos; sin embargo, esta reacción es deseable para producir un color agradable en alimentos como el pan.

Las reacciones de oscurecimiento son fácilmente visibles, debido a la acumulación de pigmentos oscuros y la pérdida del valor nutritivo. Un proceso útil para inactivar las enzimas responsables de este defecto es el escaldado, que consiste en someter el tubérculo a temperaturas de cocción o semicocción. Con el melloco, se probaron dos tratamientos: inmersión de las rodajas en una solución de ácido ascórbico al 1 %, durante 30 min, y cocción en agua a 92 °C durante tres minutos.

La inmersión de las rodajas en una solución de ácido ascórbico contribuyó a reducir el oscurecimiento del producto final, con respecto a aquéllas que no recibieron ningún pretratamiento. Sin embargo, mejores resultados se obtuvieron cuando las rodajas se precocieron en agua; este tratamiento no sólo ayudó a controlar el empardeamiento enzimático, sino también el oscurecimiento no enzimático causado por la caramelización de los azúcares durante el secado, ya que, durante la cocción, se eliminó un gran contenido de mucílago, cuyos componentes son, principalmente, azúcares tipo hexosas.

Proceso de deshidratación

Con el fin de determinar la velocidad de secado y el contenido de humedad apropiado para asegurar la

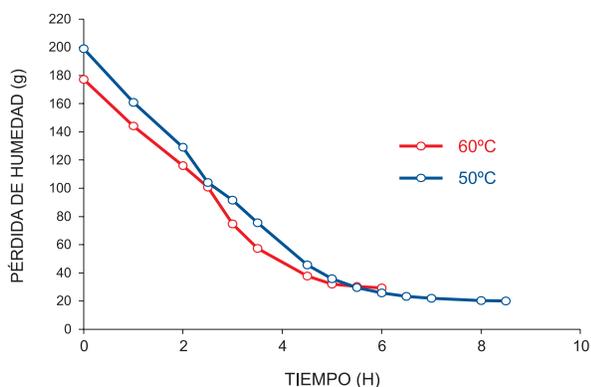


Figura 5.4. Efecto de la temperatura sobre el tiempo de secado.

estabilidad de las hojuelas en el almacenamiento, se realizaron pruebas comparativas en dos sistemas: en secador solar (Temperatura promedio 22 °C; humedad relativa, 40%) y en estufa de aire forzado a 50 y 60 °C. Las rodajas precocidas y escurridas se dispusieron en bandejas con fondo tipo tamiz y se sometieron a secado.

El tiempo de secado varió en relación inversa con la temperatura del sistema (Figura 5.4). La deshidratación con aire forzado a 50 °C permitió disminuir el contenido inicial de humedad de las rodajas hasta 8 %, en 8 horas de proceso, mientras que, a 60 °C, se alcanzó igual contenido de humedad al cabo de 6 horas; en este caso, el rendimiento del proceso fue de 14,92 %.

El tiempo de secado y el contenido de humedad final de las hojuelas deshidratadas en estufa con aire forzado fueron significativamente menores a aquéllos alcanzados en el secador solar, donde, al cabo de tres días, se alcanzó una humedad final de 11,57%. El rendimiento del proceso, en este sistema, fue 14,22 %. Estos resultados muestran la necesidad de optimizar la deshidratación en el secador solar, como alternativa aplicable al medio rural y de considerable importancia para obtener otros productos, como harinas y almidones.

Productos del melloco deshidratado: hojuelas y harinas

Las rodajas de melloco deshidratadas (hojuelas) constituyen materia prima para la preparación de sopas instantáneas y para la obtención de harinas aplicables en pastelería de texturas delicadas.

Son diversas las industrias que utilizan harinas y almidones: alimenticias, textiles, químicas y farmacéuticas. El actual abastecimiento de harinas y almidones a las industrias mencionadas es como sigue: trigo y derivados (40 %), maíz y derivados (15 %), yuca y derivados (11 %), arroz y derivados (4 %) y otros (31 %).

Estas empresas manifiestan su disposición a utilizar nuevas materias primas, en dependencia de algunos aspectos, como la disponibilidad de nuevos materiales, que sean por lo menos un 10% más baratas que las que habitualmente utilizan y los equipos y metodologías para su aprovechamiento ya se encuentran calibrados. Sobre este particular, es necesario indicar que las materias primas actualmente utilizadas son trigo y maíz, producidas principalmente por empresas transnacionales grandes, con las que es difícil competir, porque cuentan con un nivel tecnológico que les permite obtener altos rendimientos y bajos costos de producción. Otro aspecto que las empresas demandan es la provisión continua de materias primas y con calidad uniforme. La producción de materias primas a base de RTAs constituye un gran limitante, debido a la estacionalidad de la producción y a la falta de un sistema eficiente de secado; además no se dispone de infraestructura para el almacenamiento.

Otras formas de utilización del melloco

Una interesante variedad de colores, formas, sabores y contenidos de mucílago hacen del melloco uno de los cultivos más promisorios fuera de los Andes. Su producción está basada en los sistemas de agricultura tradicional, con bajo o ningún uso de pesticidas y fertilizantes, un importante factor por considerar para el consumo humano. En Ecuador y en algunos lugares de Perú, el melloco es comúnmente consumido en ensaladas con vinagre o en sopas, junto con o en lugar de las papas. En los Andes peruanos, las mujeres utilizan el melloco como alimento y como medicina, para facilitar el nacimiento de un niño. El tubérculo también es usado como cataplasma para tratar traumas internos y bajar la hinchazón (Fairlie *et al.*, 1999).

En Ecuador, las preferencias varían de una región a otra; en las provincias del norte (Carchi e Imbabura), los tubérculos largos y rosados son preferidos; en la región central-norte, hay una preferencia por el tipo amarillo y el amarillo con pintas púrpuras. En la parte central, provincia de Tungurahua, el melloco rojo redondo es el más consumido. En la parte central-sur (provincia de Chimborazo), está el melloco amarillo redondo. Mientras que, en el sur (provincia de Cañar), el tubérculo blanco con pintas púrpuras "gallito" es el más solicitado. Tales diferencias se explican por el hecho de que varios ecotipos han sido cultivados en áreas ecológicas específicas y han sido, tradicionalmente, consumidos en aquellos lugares (Espinosa, 1997).

Para los consumidores urbanos, la mayoría de las RTAs tienen limitaciones: pobre calidad comercial, sustancias indeseables, dificultad en la preparación y baja

aceptación. Esto significa una demanda limitada, por lo que es necesario transformar los tubérculos en productos más atractivos y estables, especialmente para los consumidores de las zonas urbanas. El procesamiento es una forma de lograr este objetivo.

Ensayos preliminares

Con las variedades de melloco Puca-rojo y Quillu-amarillo y las líneas promisorias, blanco-jaspeado con puntos rojos y blanco-crema, provenientes del Programa Regional de Cultivos Andinos del INIAP, se realizaron las siguientes pruebas preliminares para determinar los nuevos usos y aplicaciones del melloco.

- Cocción en agua y aceite.
- Congelación.
- Secado.
- Proceso combinado congelación-secado.

A través del proceso congelación-secado, se extrajeron los pigmentos colorantes del melloco rojo. Sin embargo, mediante pruebas de estabilidad en lana blanca (Lees, 1969), se encontró que éste tiene un bajo poder de fijación y se degrada con facilidad después del lavado con agua ligeramente acidulada.

De los procesos de cocción en aceite (fritura), se determinó que las rodajas de melloco absorben gran cantidad de aceite, comportamiento que se correlaciona estrechamente con el índice de absorción de grasa (1,41) y empobrece la palatabilidad del producto final.

Elaboración de melloco en conserva

El alto contenido de humedad convierte al melloco fresco en un tubérculo muy perecible, por lo que se ensayó la aplicación de un proceso térmico que asegure su conservación durante mayor tiempo, con respecto al producto recién cosechado; éste consistió en elaborar melloco en conserva, según el flujograma de la Figura 5.5.

Se probaron las formulaciones que se indican en el Cuadro 5.10.

Los tratamientos térmicos incluyeron un proceso de ebullición, a 92 °C por 20 min, y esterilización comercial, a 115 °C, 10 psi y 10 min.

Durante el tratamiento térmico, la cubierta externa, especialmente de las variedades Puca y Quillu, se decoloró notablemente. Esta degradación se relacionó con la inestabilidad de los átomos que forman parte de los pigmentos colorantes ante la acción del calor,



Figura 5.5. Diagrama de flujo para la elaboración de melloco en conserva.

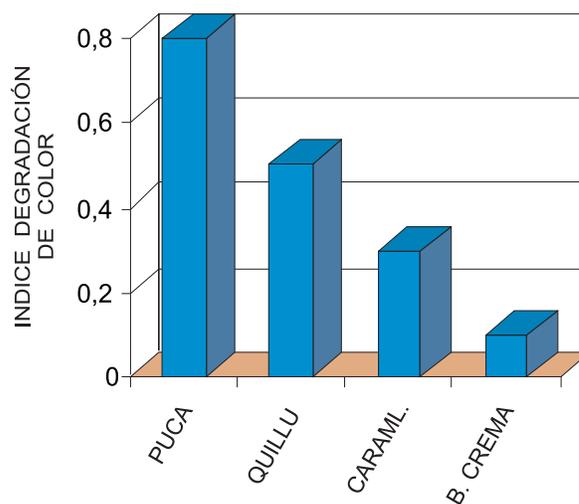


Figura 5.6. Efecto del tratamiento térmico sobre la estabilidad del color, en varios ecotipos de melloco.

Cuadro 5.10. Concentración de ingredientes para el líquido de cobertura

Formulación	Acidez (%)	Concentración de sal (%)
1	0,2	1,8
2	0,4	2,0
3	0,5	1,3
4	0,5	1,8

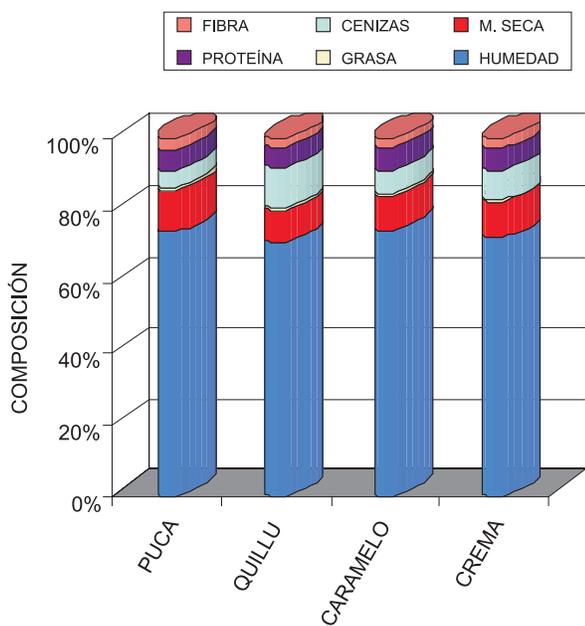


Figura 5.7. Composición proximal de varios ecotipos de melloco en conserva.

especialmente en medio ácido, lo que dio como resultado la pérdida de los colores atractivos de los tubérculos. Estos resultados se expresan gráficamente en la Figura 5.6.

Varios autores señalan que es posible retardar la alteración de los pigmentos mediante la adición de bicarbonato al agua de cocción, pero con esta medida se estimula la pérdida de las vitaminas B1 y C.

Se realizó el análisis proximal de los tubérculos, en estado fresco y procesado térmicamente, con el fin de determinar la pérdida de nutrientes por efecto del calor. Los resultados mostraron una disminución de la mayoría de componentes, con excepción del sodio, que resultó incrementado por efecto de la adición de NaCl durante la preparación del producto. Estos resultados se presentan en las Figuras 5.7 y 5.8.

La penetración de sal en las variedades de melloco Puca, Quijillu y Caramelo resultó significativa cuando los tubérculos fueron reducidos de tamaño (troceados). El melloco blanco-crema fue tratado como tubérculo entero, por lo que no absorbió gran cantidad de sal. De esta experiencia se concluye que los tubérculos de tamaño pequeño (2,53 mm de ancho x 2,31 mm de largo) son apropiados para ser conservados mediante este tratamiento, porque elimina la necesidad de trocear los tubérculos, se minimizan pérdidas de nutrientes y se ahorran tiempo y esfuerzo en el proceso.

Para determinar la efectividad de los dos tratamientos térmicos ensayados, los productos obtenidos se

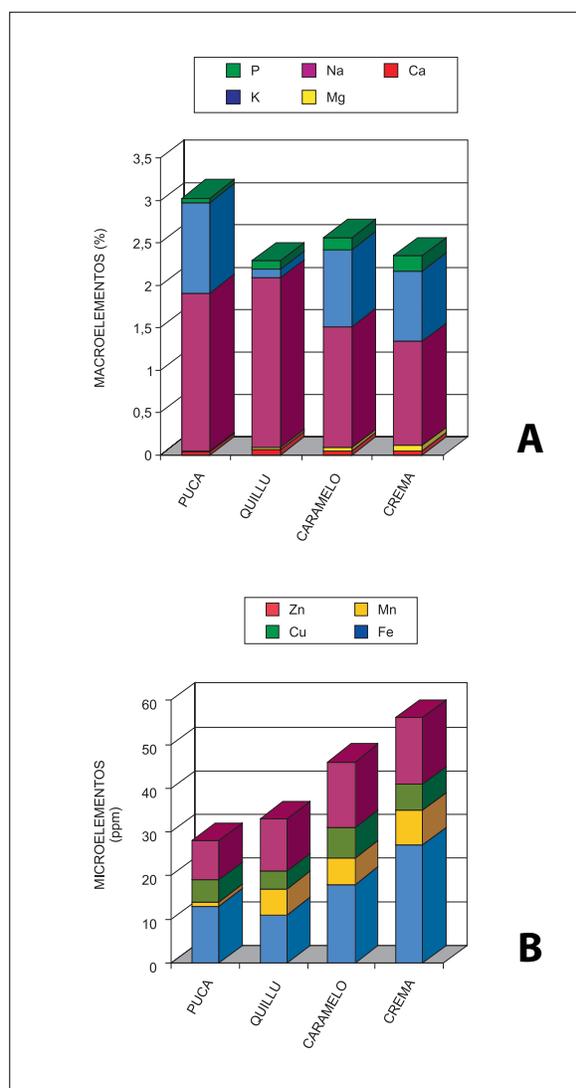


Figura 5.8. Contenido de macro (A) y microelementos (B) de varios ecotipos de melloco en conserva.

almacenaron en condiciones medio ambientales durante tres meses. Al término de este tiempo, no se observaron cambios organolépticos indeseables, como tampoco crecimiento de microorganismos. Estos defectos fueron perceptibles en los mellocos que no recibieron ningún proceso térmico. Los dos tratamientos térmicos ensayados resultaron efectivos para prolongar la vida útil del tubérculo.

El ensayo de degustación se realizó al utilizar una escala hedónica de 9 puntos y con 20 panelistas no entrenados de la Estación Experimental Santa Catalina del INIAP, con el objeto de identificar el mejor tratamiento, y se obtuvieron los siguientes resultados: 17 catadores, de un total de 20, otorgaron una calificación de 4,5/5 puntos al melloco blanco crema, tratado con la formulación (1) y esterilizado en forma casera. A un 60% de los catadores

disgustó el producto muy ácido, especialmente cuando esta condición se alcanzó con ácido acético, en lugar de ácido cítrico. Un 48 % de los panelistas rechazó los líquidos de cobertura coloreados, y prefirieron a éstos los transparentes. Un 82 % de catadores apreció el melloco de textura firme (algo dura), característica que se alcanzó al cocer los tubérculos envasados en frasco de vidrio, a baño de María, en una olla casera a 92 °C y durante 20 min. La esterilización comercial ablandó excesivamente el tubérculo y esta condición disgustó a la mayoría de consumidores.

Sobre la base de los resultados obtenidos, se concluye que los genotipos de tamaño pequeño, con bajo contenido mucilago y pigmentos, son aptos para ser procesados térmicamente. Esta tecnología constituye una alternativa para prolongar la vida útil del melloco y ofrecer a los consumidores un producto listo para el consumo.

Aprovechamiento de la zanahoria blanca como fuente adjunta de azúcares fermentables para la elaboración de cerveza tipo *lager*

La cerveza se elabora, fundamentalmente, a partir de cebada malteada, lúpulo, levadura y agua. Además de la cebada malteada, desempeñan un papel importante otras materias primas que contienen almidón y/o azúcar, como, por ejemplo, diversas clases de maltas (malta de trigo), cereales sin maltear llamados granos crudos (cebada, trigo, maíz, arroz), mandioca, patatas, harina, almidón, productos de la degradación del almidón y azúcar. Los productos adicionales exigen, a veces, la incorporación de preparados enzimáticos microbianos (Belitz y Grosch, 1997).

La zanahoria blanca es una raíz comestible rica en almidón, nativa de la región andina, que tiene un alto valor nutritivo. Comúnmente se la consume en purés, pasteles y tortas. El deterioro genético de las plantas, el desconocimiento de las propiedades de la zanahoria blanca por parte del consumidor, su ciclo agrícola prolongado, la escasez del producto en el mercado y su alta perecibilidad, son factores que, en conjunto, determinan que el interés por este cultivo vaya disminuyendo (CIP, 1996).

Una alternativa interesante para el aprovechamiento de la zanahoria blanca es en forma de harina o almidón, como adjunto para la elaboración de cerveza, y se aprovecha así la riqueza en minerales como nutrientes para las levaduras, el alto contenido de almidón y su digestibilidad (96 %), lo que facilita la acción hidrolítica de las enzimas de la malta, al prescindir de la adición de

preparados industriales (amilasas y proteasas) para el desdoblamiento del almidón y la proteína, lo que encarece el costo del producto final.

Hough (1990) manifiesta que el empleo de adjuntos en la industria cervecera responde a varias razones: suelen constituir una fuente de extracto más barata que la malta y reducen su concentración final en el mosto. Los sustitutos pueden también mejorar la estabilidad del aroma de la cerveza envasada y prolongar su vida útil. Muchos de ellos rebajan el color final de la cerveza, pero algunos lo elevan.

El presente estudio plantea una alternativa de utilización para la zanahoria blanca y pretende evaluar el efecto de la adición de harina y almidón como adjunto; establecer el nivel de sustitución apropiado para obtener un producto de buenas características; evaluar el efecto de la adición de enzimas en la conversión de almidón a azúcares fermentables; establecer la aceptabilidad del producto final mediante un análisis sensorial realizado a nivel del consumidor, seleccionar el mejor tratamiento y realizar un estudio económico del producto final.

Obtención de harina

Para la obtención de la harina, se utilizó zanahoria del morfotipo "Blanco" procedente de San José de Minas, provincia de Pichincha. Las raíces frescas se seleccionaron y se pesaron. Luego se lavaron con agua potable, hasta eliminar toda clase de impurezas. Se cortaron en rodajas, para luego sumergirlas en una solución de ácido cítrico (0.01 %), ácido ascórbico (0.05 %) y metabisulfito de sodio (0.01 %), durante 20 minutos, a fin de evitar el pardeamiento enzimático. Las rodajas escurridas se dispusieron en bandejas y se secaron en una estufa de aire forzado a 60 °C, durante 8 horas. Las rodajas secas se trituraron en un molino provisto de un tamiz con abertura de 1 mm, y se obtuvo harina de baja granulosis.

Extracción de almidón

Las raíces se seleccionaron, se pesaron, se lavaron, se picaron y se trituraron; el conjunto resultante se filtró hasta eliminar todos los residuos sólidos y se dejó decantar por un tiempo de 6 horas. Las operaciones de lavado, tamizado y decantación permitieron separar partículas extrañas del almidón. El agua sobrenadante fue separada del almidón y éste se secó a 40 °C.

En la harina y el almidón se realizan los siguientes análisis: proximal, contenido de almidón, azúcares reductores y totales, determinación de minerales y rendimiento.

Caracterización química

La harina presentó un contenido de humedad de 4,73 %, lo que facilita su almacenamiento y su conservación; el contenido de cenizas fue de 3,87 %; 1,03 % de extracto etéreo y 3,33 % de fibra cruda. Es notable el contenido de los siguientes carbohidratos: 8,15 % de azúcares totales, 4,30 % de azúcares reductores y 70,95 % de almidón (Cuadro 5.11). El nivel de proteína en la raíz representa el 3.07 %, valor adecuado para su incorporación en cervecería, ya que en este proceso se requieren materias primas con bajos contenidos de este nutriente, para evitar problemas de enturbiamiento en el producto final. Se destaca, además, su composición en calcio (0,093 %), fósforo (0,178 %) y potasio (1,658 %).

La concentración del almidón obtenido fue de 99,02 %, con una humedad de 5,96 % y un bajo contenido de azúcares, minerales, proteína, fibra y grasa.

Malteo de la cebada

Se utilizó cebada variedad "Clipper", genotipo apto para cervecería. El proceso se inició con la limpieza y la selección de los granos, que luego fueron remojados durante 65 horas y escurridos hasta alcanzar un contenido de humedad promedio entre 41 % y 45 %, nivel óptimo para iniciar la germinación, proceso que se llevó a cabo a 16 °C y 100 % de humedad relativa durante 4 días, hasta que la plúmula alcance una longitud de aproximadamente 3/4 el tamaño del grano. La malta verde obtenida después de la germinación fue secada durante 52 horas, inicialmente a 30 °C y, a medida que disminuyó la humedad del grano, se aumentó progresivamente el nivel de temperatura, para evitar la destrucción de cantidades elevadas de enzimas; durante el secado, y mediante agitación y volteo, se retiraron las raicillas y el germen de los granos.

La malta seca fue triturada en un molino de un rodillo *EBC MILL*, con un tamiz de 1 mm de diámetro (molienda fina) y 2 mm de diámetro (molienda gruesa). En la malta, se realizan los siguientes análisis: caracterización física, análisis proximal, contenido de almidón, azúcares reductores y totales, minerales, poder diastásico, índice de harinosidad y diferencia de extractos.

Caracterización físico-química de la malta

La malta presentó un índice de harinosidad de 97,25%, la diferencia de extractos, molienda fina (MF) menos molienda gruesa (MG), fue de 2,43, y alcanzó una calificación de "buena", según Figueroa (1985). Para el poder diastásico, se determinó valor de 114,48 °Lintner.

Cuadro 5.11. Análisis químico de harina y almidón de zanahoria blanca*

Componente	Harina	Almidón
Azúcares totales (%)	8,15	0,007
Azúcares reductores (%)	4,30	0,007
Humedad (%)	4,73	5,96
Cenizas (%)	3,87	0,003
Extracto etéreo (%)	1,03	0,007
Proteína (%)	3,07	0,003
Fibra cruda (%)	3,33	0,007
Almidón (%)	70,95	99,02
Rendimiento (%)	25,00	14,30
MINERALES		
Macroelementos: Ca (%)	0,093	2,100
P (%)	0,178	2,100
Mg (%)	0,052	0,300
K (%)	1,658	7,400
Na (%)	0,012	0,043
Microelementos: Cu (ppm)	3,149	0,011
Fe (ppm)	17,844	0,021
Mn (ppm)	2,099	0,011
Zn (ppm)	5,248	0,011

* Datos experimentales expresados en base seca (promedio dos determinaciones).

Respecto a este parámetro, la Norma Técnica Colombia NTC 543 exige un valor mínimo de 90 °Lintner y no menciona ninguna cifra para el límite máximo. El contenido de humedad fue de 5,21%, ligeramente superior al rango establecido por la norma NTC 543 (3,5 % - 5 %). El porcentaje de azúcares totales y reductores, en la malta (4,87 % y 3,83 %, respectivamente), superó a los determinados en la cebada (2,63 % y 0,47 %), debido a la degradación del almidón en azúcares fermentables, durante el proceso de malteo, por lo que la concentración de almidón en la malta (57,4 %) es más baja con respecto a la cebada (58,1 %). Debido a la disolución acuosa durante el remojo de la cebada, los minerales de la malta registraron una menor contenido; entre los más destacados se mencionan los siguientes: fósforo (0,28 %), magnesio (0,089 %), potasio (0,307 %), hierro (35,786 ppm) y zinc (14,832 ppm).

Proceso de maceración

En esta etapa se mezclaron en cantidades iguales malta fina y gruesa. Se formó una pasta de malta molida con

agua (4 a 5,5 ml / g de malta) y se agitó el conjunto a 90 rpm; esta suspensión fue calentada en el macerador con y sin el compuesto enzimático Ceremix 2 x L (Novo Nordisk). Los adjuntos sólidos (harina o almidón), con una cierta proporción de agua, se cocieron en una olla aparte para gelatinizar el almidón y facilitar el ataque de las enzimas. La solución de adjuntos se descargó gradualmente al macerador, con lo que se consiguió elevar la temperatura de la mezcla hasta 45 °C; ésta se mantuvo durante 30 minutos. En este tiempo, además de liberarse los almidones y proteínas solubles, posiblemente se activan las enzimas proteolíticas, que hidrolizaron las proteínas de elevado e intermedio peso molecular y se transforman las peptonas en péptidos y aminoácidos.

Después de este período de elevada peptonización, se incrementó la temperatura 1 °C por minuto, hasta alcanzar 70 °C; en este punto, una gran proporción del almidón licuefacción se convierte en azúcares fermentables; esta temperatura fue mantenida durante 60 minutos, hasta lograr una conversión completa (sacarificación). Desde este tiempo, las enzimas posiblemente se inactivan y se detiene el proceso de transformación. Completado el ciclo de sacarificación, la suspensión se filtró para separar el mosto dulce de los residuos sólidos de malta y adjuntos; este residuo es un subproducto que se conoce con el nombre de granos gastados, los cuales se pueden utilizar como alimento para ganado.

En los mostos obtenidos se realizaron varios análisis físico-químicos, y se destacó el contenido promedio de azúcares reductores (11,16 %) para el tratamiento, con 40 % de almidón y 0,025 % de enzimas, mientras que el tratamiento testigo (100 % de malta) presentó sólo un 7,92 % de azúcares. Al respecto, Ferrán (1959) reporta un porcentaje de 6,8 para un mosto Pilsen, y 8,3 % para un mosto oscuro, valores inferiores al que se obtiene con el tratamiento seleccionado, pero similar al testigo (7,92 %).

Los sólidos solubles presentaron un mínimo de 9,9 °Brix (testigo) y un máximo de 13,7 °Brix para el tratamiento a 1b2c2 (40 % almidón – 0,025 % enzimas). La incorporación de harina y almidón de zanahoria blanca produjo un incremento de los sólidos solubles, y fue mayor la concentración de estos componentes en los mostos elaborados con almidón. Similar tendencia se observó con el aumento del porcentaje de sustitución de adjunto, independientemente de su tipo, y con la adición de enzimas, las cuales ayudaron a degradar el almidón e incrementaron los sólidos solubles de los mostos.

Sacarificación

Esta prueba proporciona una estimación de la actividad amilolítica (o velocidad de hidrólisis) en el almidón del grano malteado, durante el curso de la digestión en el macerador (Figuroa, 1985). Un menor tiempo de conversión (11 minutos) le correspondió al tratamiento a1b1c1 (30 % almidón – 0,01 % enzimas), mientras que, para el tratamiento aob2co (40 % harina zanahoria blanca – 0,00 % enzimas), el tiempo de conversión fue mayor (15,5 minutos). El valor de este parámetro fue similar cuando se utilizó harina o almidón; sin embargo, la adición del complejo enzimático (0,01 %) permitió una mayor velocidad de hidrólisis del material amiláceo.

Proteína soluble

Para el tratamiento a1b2co (40 % almidón – 0,00 % enzimas), se alcanzó un valor mínimo de 4,45% y un valor máximo de 8,02 %, correspondientes al tratamiento a1boc2 (20 % almidón – 0,025 % enzimas). La incorporación de adjuntos disminuyó el contenido de proteína soluble; sin embargo, la acción de las enzimas tendió a incrementar su concentración debido a su acción proteínasa. Los valores obtenidos con almidón fueron menores, ya que su aporte de proteína es prácticamente nulo. El nivel de proteína soluble proporcionado por el tratamiento a1b2co resultó adecuado para cervecería.

Selección de los mejores tratamientos

Los cinco tratamientos que se describen a continuación alcanzaron niveles adecuados de azúcares reductores, dextrinas, extracto, proteína, y valores normales de color, sacarificación, gravedad específica y velocidad de filtración, con relación al testigo, por lo que éstos fueron sometidos a las etapas subsiguientes del proceso.

- aoboc1 (20 % harina de zanahoria blanca – 0,01 % enzimas).
- aob2c1 (40 % harina de zanahoria blanca – 0,01 % enzimas).
- a1b1co (30 % almidón zanahoria blanca – 0,00 % enzimas).
- a1b1c1 (30 % almidón zanahoria blanca – 0,01 % enzimas).
- a1b2co (40 % almidón zanahoria blanca – 0,00 % enzimas).

Cocción del mosto con lúpulo

Antes de proceder al lupulado, se ajustó la concentración del mosto filtrado hasta valores de 9 - 10 °Brix mediante

Cuadro 5.12. Parámetros controlados durante la fermentación del mosto ^{1/*}

Tiempo (h)	°Brix	Consumo (°Brix)	pH	Acidez total	Gravedad específica	O ₂ disuelto (ppm)	Etanol (% v/v)
0	11,0	0,0	5,56	0,138	1,04348	14,18	0,00
15	8,8	2,2	4,59	0,160	1,03036	9,25	0,62
21	7,8	3,2	4,38	0,180	1,02445	8,03	0,93
40	6,8	4,2	4,27	0,196	1,01426	5,80	1,42
45	6,3	4,7	4,20	0,203	1,01225	4,19	1,94
64	6,1	4,9	4,16	0,221	1,01131	2,50	2,29
91	5,8	5,2	4,12	0,230	1,01009	1,21	2,95
114	5,7	5,3	4,09	0,240	1,00941	0,85	3,38
160	5,6	5,4	4,03	0,244	1,00931	0,21	3,68
185	5,5	5,5	4,01	0,247	1,00912	0,10	3,75
209	5,5	5,5	4,00	0,248	1,00913	0,07	3,83

*Datos promedio de 2 determinaciones.

^{1/} Tratamiento a1b1c0 (30% de almidón de zanahoria blanca y 0,0% enzimas).

dilución con agua. Luego, el mosto dulce se coció (92°C), con lúpulo durante 45 minutos. La proporción de lúpulo adicionado fue de 1 g/l. El líquido resultante se filtró en papel filtro plegado, y se obtuvo mosto lupulado y, lateralmente, como subproducto, el lúpulo agotado.

Enfriamiento del mosto

El mosto lupulado se enfrió hasta temperaturas entre 6 y 15 °C con una corriente de agua fría. Posteriormente, fue aireado durante 10 minutos con aire estéril, con el fin de crear un medio adecuado para la acción de la levadura (*Saccharomyces carlsbergensis*).

Fermentación

El producto enfriado se cargó al fermentador, donde se adicionó la levadura *Saccharomyces carlsbergensis* bry 144, en una proporción de 2g/l. Para este tipo de fermentación, la temperatura inicial se mantuvo entre los 10 °C y los 12 °C, y se incrementó hasta 13 °C y 15 °C en los 5 días siguientes, y disminuyó progresivamente en los días finales, hasta llegar a 0 °C al final de la operación, según la metodología descrita por García *et al.*, (1993) para cervezas tipo "lager". La fermentación total duró entre 9 días y 10 días.

Durante el proceso, se controlaron periódicamente los parámetros que se muestran en el Cuadro 5.12. Además, se estudió la cinética de la fermentación alcohólica mediante la cuantificación del etanol producido.

En el Cuadro 5.12, se destaca la disminución de los grados Brix, según transcurre el tiempo de fermentación;

esta variación es rápida al inicio y lenta hacia el final del proceso. Los sólidos solubles estuvieron constituidos, en su mayor parte, por maltosa, azúcar consumido durante la fermentación. En todos los tratamientos se inició con un consumo de Brix de cero, y se alcanzaron valores de 5,5 para el testigo; 5,1 para el tratamiento aobc1 (20 % harina- 0.01 % enzimas); 5,4 para el tratamiento aob2c1 (40 % harina- 0,01 % enzimas); 5,5 para el a1b1co (30 % almidón, 0,0 % enzimas), y 5,4 para los tratamientos a1b1c1 (30 % almidón- 0,01 % enzimas) y a1b2co (40 % almidón- 0,0 % enzimas).

El contenido de acidez total inicial (0,165 %) se incrementó a 0,274 %; los tratamientos aob2c1 (40% harina – 0,01 % enzimas) y a1b1co (30 % almidón – 0,0 % enzimas) alcanzaron un nivel próximo a 0,25 %, mientras que, en los tratamientos a1b1c1 (30 % almidón – 0,01 % enzimas) y a1b2co (40 % almidón- 0,0 % enzimas), la acidez total final fue de 0,24 %. La ecuación que describe la variación de la acidez total durante el tiempo de fermentación fue de tercer orden.

En todos los tratamientos, la concentración inicial de oxígeno disuelto varió entre 14,13 a 14,19 ppm, niveles suficientes para fomentar el crecimiento de las levaduras, según Briggs *et al.* (1981). Al final de la fermentación, se alcanzaron concentraciones próximas a 0,1 ppm, valor que concuerda con lo sugerido por Hough (1990).

A expensas del consumo de azúcares por parte de la levadura, se produjo etanol, cuya concentración aumentó, en el curso de la fermentación, hasta alcanzar

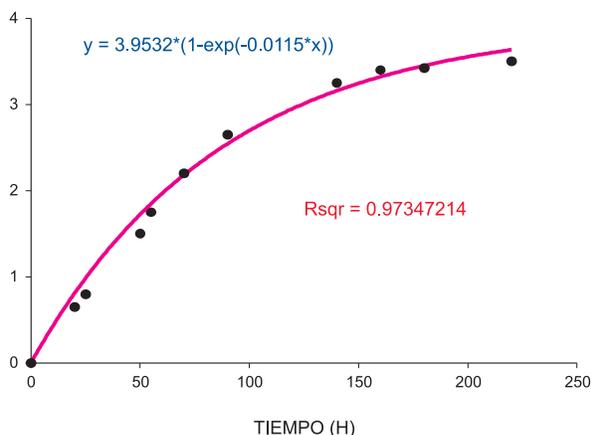


Figura 5.9. Producción de etanol durante la fermentación del mosto, con 30% de almidón de zanahoria blanca y 0,0% de enzimas.

valores de 3,8 % (v/v) ó 3.8 °G.L. El tratamiento a1b1c1 (30 % almidón- 0.01 % enzimas) presentó mayor riqueza alcohólica (3,85 °G.L.). La producción rápida de alcohol se produjo entre el primero y el séptimo día de fermentación (Figura 5.9), mientras que, en los últimos días, la velocidad de producción disminuyó con tendencia a estabilizarse. Para todos los tratamientos, la ecuación que describe el incremento de etanol, con relación al tiempo de fermentación, fue de tercer orden.

El valor más alto de velocidad específica de formación de etanol se obtuvo al emplear almidón de zanahoria blanca con un nivel de sustitución al 30 % y un porcentaje de enzimas de 0,01 %. En contraste, el tratamiento a1b2co (40 % almidón – 0,0 % enzimas) presentó el menor valor (0,0005 h⁻¹) y necesitó mayor tiempo para concluir la fermentación (214 h) respecto a los demás tratamientos.

Maduración

El producto que se obtuvo del fermentador, después de separar el sedimento de levadura, se conoce como cerveza verde o joven. Ésta se sometió a un proceso de añejamiento, maduración o reposo durante 15 días, a una temperatura de 0 °C, nivel que contribuyó a la clarificación de la cerveza en maduración. Con este objeto, se añadió papaína en una proporción de 0,1%.

Filtración final

Terminada la maduración (15 días), la cerveza se trasegó y se filtró en un tamiz que contenía tierra de diatomeas, y se evitó el contacto con el aire. Después de la filtración, se obtuvo un producto claro y brillante. En la cerveza madura, se analizaron los siguientes parámetros: pH, acidez total, °Brix, grado alcohólico, gravedad específica,

viscosidad, ácido glutámico, minerales, extracto real y aparente, grado real de fermentación, grado aparente de fermentación, determinación de metanol, análisis microbiológico (aerobios totales, mohos, levaduras, *Escherichia coli* y enterobacterias).

Carbonatación

La carbonatación se realizó a baja temperatura (8 °C), con el fin de optimizar la solubilidad del CO₂ en la cerveza. Esta operación se llevó a cabo mediante inyección de dióxido de carbono, con la ayuda de un dispensador – gasificador de acero inoxidable, hasta alcanzar una concentración de gas de 0,45 % – 0,52 %.

Envasado y pasteurización

Después de la gasificación, la cerveza fue envasada en botellas de color ámbar oscuro para protegerlas de la luz. La pasteurización se realizó en un baño de María a 65 °C por 20 minutos. Seguidamente, las botellas fueron enfriadas y almacenadas en refrigeración para su posterior evaluación sensorial.

Caracterización físico-química de la cerveza madura

Para todos los tratamientos seleccionados, los grados brix resultaron menores que los de la cerveza comercial, pero próximos al testigo. El valor más bajo (4,6), correspondió al tratamiento aob2c1 (40 % harina – 0,01 % enzimas).

Los tratamientos a1b1co (30 % almidón- 0,0 % enzimas) y a1b2co (40 % almidón- 0,0 % enzimas) presentaron los más altos contenidos de etanol (3,9%), seguidos por el tratamiento a1b1c1 (3,88 %), valores próximos a los que presentó la cerveza comercial (4,12 %). Los tratamientos restantes, incluido el testigo, presentaron valores cercanos a 3,8 % de etanol. Belitz y Grosch (1997) manifiestan que el contenido de etanol en las cervezas ricas en extracto seco y de fermentación baja fluctúa entre 1,0 % - 1,5 % en peso; en las cervezas flojas, entre 1,5 % - 2,0 %; en las fuertes, entre 3,5 % - 4,5 % y, en las muy fuertes, entre 4,8 % - 5,0 %. Con los diferentes tratamientos, se alcanzaron valores comparables a los citados en literatura.

Las cantidades de metanol detectadas en las cervezas elaboradas fueron insignificantes, al llegar al nivel cero en los tratamientos a1b1co y a1b1c; estos resultados muestran un adecuado proceso de fermentación y aseguran la calidad del producto para el consumidor. La cerveza comercial presentó una mayor viscosidad

(1,3313 mPa.s) respecto a los tratamientos; de estos últimos, el testigo presentó el valor más alto (1,3205 mPa.s) y el tratamiento aob2c1 (40 % harina- 0,01 % enzimas) el valor más bajo (1,2140 mPa.s). Estos resultados muestran que la sustitución de un cierto porcentaje de malta por harina y almidón de zanahoria blanca, así como la adición de enzimas, contribuyen a disminuir la viscosidad de la cerveza.

Ácido glutámico

Según Belitz y Grosch (1997), en la cerveza se hallan todos los aminoácidos presentes en la malta; entre ellos, parece tener una importancia particular el ácido glutámico, por su influencia positiva sobre el sabor de la cerveza. El valor más alto de ácido glutámico correspondió al testigo (0,068 g/100 ml), mientras que el más bajo (0,023 g/100 ml) correspondió al tratamiento a1b2co (40 % almidón- 0,0 % enzimas), y se estableció que la harina y el almidón de zanahoria blanca, debido a su bajo contenido proteico, aportaron con un bajo nivel de aminoácidos. Los valores de ácido glutámico, en las cervezas elaboradas con estos materiales, resultaron menores a los del testigo.

Análisis microbiológico

Sendra y Carbonell (1999) manifiestan que la cerveza es una bebida segura debido a cinco factores que limitan el crecimiento microbiano: pH bajo, escaso potencial de óxido reducción, contenido mínimo de nutrientes, presencia de alcohol etílico, presencia de isohumulonas del lúpulo, a lo que se suma la elevada concentración de anhídrido carbónico disuelto, el cual tiene cierto efecto antiséptico. Los contajes microbianos de los productos obtenidos se enmarcaron en las normas sugeridas por el CENAN (España).

Análisis sensorial

Se evaluaron los cinco mejores tratamientos llevados a fermentación, además del testigo, a fin de comparar sus atributos sensoriales y su aceptabilidad con la cerveza comercial. El análisis sensorial se realizó de acuerdo a la metodología indicada por Costell y Durán (1981). El panel constó de 19 panelistas – 9 de sexo femenino y 10 de sexo masculino–, con edades comprendidas entre 21 años y 45 años. El nivel académico de los participantes fue secundario y superior. Todos presentaron buenas condiciones de salud. Cada panelista recibió tres muestras de aproximadamente 30 ml cada una; éstas se presentaron en vasos de cristal debidamente codificados mediante la combinación de tres números aleatorios.

Durante la experiencia, se calificaron los siguientes atributos: olor, color, claridad, sabor y aceptabilidad, mediante una escala hedónica de cinco puntos. Para el análisis de los resultados, se aplicó un diseño de bloques completos al azar y se seleccionó el mejor tratamiento, del cual se determinó también el costo de producción.

Según la prueba de Duncan, se determinó que la puntuación promedio más alta correspondió a la cerveza comercial (4,6), a la cual los catadores la catalogaron como muy aceptable. En segundo nivel se ubicó el tratamiento a1b1co (30 % almidón – 0,0 % enzimas), con 3,9 puntos, y el testigo, con 3,6; los degustadores calificaron a estos tratamientos de gusto moderado. Los demás tratamientos alcanzaron una ponderación de 3,3, correspondiente a cervezas de gusto medio, según la escala hedónica utilizada.

En los comentarios adicionales, la mayor parte de jueces manifestaron que, en nuestro medio, se acostumbra a consumir la cerveza tipo pilsener, por lo que la introducción de un nuevo tipo les resultó novedosa y extraña. Además, señalaron que las muestras que contenían altos porcentajes de harina (40 %) presentaron un ligero sabor a miel, no desagradable pero algo extraño. De las muestras que contienen almidón, los jueces comentaron que el aroma y el sabor propios de la malta son menos intensos. Aparte, sugieren que les gustaría la cerveza nueva, con un poco más de lúpulo (más amarga). De la calificación otorgada en cada uno de los atributos, se determinó que el tratamiento a1b1co (30 % almidón- 0,0 % enzimas) alcanzó la mayor aceptabilidad.

Estudio económico

Sobre la base de los análisis físico-químicos y sensoriales, se seleccionó el tratamiento a1b1co: 30 % de almidón de zanahoria blanca – sin enzimas; éste, además de reunir los estándares de calidad y alcanzar una buena aceptabilidad, presentó un buen rendimiento de extracto en el mosto y en el producto terminado.

Como resultado del estudio económico, se determinó que el costo total de la cerveza elaborada con almidón de zanahoria blanca es mayor que el del producto elaborado sólo con malta, debido al bajo rendimiento en la extracción de almidón desde la raíz (14,3 %). Este hecho es compensado con el mayor rendimiento del producto obtenido, cuando se incluye adjunto en el proceso, determinado un menor costo para el envase de 300 ml (\$ 0,51), en comparación con el testigo (\$ 0,57) y la cerveza comercial (\$ 0,60). El punto de equilibrio para el tratamiento seleccionado (a1b1co) fue

de 73,3 %, valor inferior con respecto al testigo (90,53%), lo que demuestra la ventaja de sustituir parte de la malta por almidón de zanahoria blanca. Éste, a la vez, indica que, en las condiciones de trabajo ensayadas, se consigue alcanzar utilidades en la elaboración de cerveza con adjunto sobre el 73,43 % de la capacidad de producción.

De los resultados obtenidos se puede concluir que:

El almidón y la harina de zanahoria blanca, como fuente de azúcares y almidón, pueden ser empleados en cervecería con resultados satisfactorios, porque permiten incrementar la cantidad de extracto y sustancias fermentescibles en los mostos, lo que, a la vez, influye positivamente en el rendimiento del producto final. Aparte, estos materiales, por su bajo contenido proteico, contribuyeron a obtener un producto con menor tendencia al enturbiamiento y con mayor vida de anaquel.

El tipo amiláceo influyó significativamente en las características de los mostos y cervezas. Con el almidón de zanahoria blanca se obtuvo mayor cantidad de azúcares fermentables, mejor concentración de sólidos solubles y, por tanto, mayor extracto en los mostos. Este tipo de adjunto influyó también en la coloración de los mostos y cervezas al disminuir su intensidad. Su escaso aporte en minerales y aminoácidos (ácido glutámico y prolina) influyó en la menor concentración de estos componentes en el producto final.

La evaluación sensorial del producto final permitió identificar que el tratamiento que incluye almidón de zanahoria blanca (30 %) es el que más agradó a los catadores, al alcanzar un nivel de aceptabilidad cercano al de la cerveza comercial.

El rendimiento del producto final, alcanzado al incorporar almidón, determinó una disminución del costo unitario y la obtención de mayores ingresos, en relación a la cerveza elaborada con malta pura.

Lecciones Aprendidas

- En tiempos pasados, el aporte de las RTAs a la alimentación familiar fue significativo como fuente de carbohidratos; se debe fomentar el consumo de estas especies a través del desarrollo de nuevos productos adaptados a las exigencias y los gustos de la vida moderna.
- El procesamiento artesanal y agroindustrial ofrecen perspectivas de gran valor en la economía nacional,

como elementos generadores de empleo, especialmente en las zonas rurales, valorizadores de la producción campesina, proveedores de bienes dentro de un esquema de seguridad alimentaria, creadores de valor agregado y de ingresos en un marco de desarrollo sostenible.

- La búsqueda de nuevas alternativas de utilización para las RTAs debe ser una actividad permanente para mejorar su competitividad, como fuentes de inversión que amplíen la oferta de alimentos para la población ecuatoriana y la diversificación de las exportaciones no tradicionales.
- Las alternativas de procesamiento mencionadas en este capítulo pueden ser tratadas en proyectos con visión de desarrollo empresarial o en programas de carácter microregional. Sin embargo, su real impacto ocurrirá cuando sean concebidos y realizados en el marco de políticas de Estado de carácter nacional o regional, que garanticen el acceso a recursos financieros y permitan buscar una armonización de interés de desarrollo local con la ampliación de políticas microeconómicas.

Agradecimientos

El presente esfuerzo se cristalizó gracias a la ayuda decidida de las siguientes personas:

Ing. Agr. Eduardo Cruz. Corporación Ambiente y Desarrollo.

Ing. Alim. Daniel Tobar. Corporación Ambiente y Desarrollo.

Ing. Alim. Jacqueline Ortiz. Corporación Ambiente y Desarrollo.

Ing. Agr. Laura Pacheco. Gerente de producción IQF.

Ing. Fausto Merino. Responsable UVTT-Chimborazo.

Ing. Quím. Hugo Paredes. Técnico Compañía Cervezas Nacionales.

Ing. Alim. Gladys Navas. Catedrática de Biotecnología. Universidad Técnica de Ambato.

Ing. Alim. Magdalena Hernández. Tesista Proyecto RTAs, Universidad Técnica de Ambato.

Dr. Luis Soto. Tesista Proyecto RTAs, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Dr. Freddy Solís. Tesista RTAs, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Comunidad Santa Rosa de Culluctús, provincia de Chimborazo.

Bibliografía

- Alvarado, J. 1996. Principios de ingeniería aplicados a alimentos. Editorial OEA. Ambato, EC. p. 420-453.
- Belitz, H., W. Grosch. 1997. Química de los Alimentos. 2da. Edición. Ed. Acribia. Zaragoza. España. p. 957-974.
- Centro Internacional de la Papa. 1996. Programa Colaborativo Biodiversidad de Raíces y Tubérculos andinos. Memorias 1994-1995. Cooperación Técnica Suiza-COTESU. La Molina, Perú. p. 308-334
- Costell, E.; L. Duran. 1981. El Análisis Sensorial en el Control de Calidad de los Alimentos I. Introducción. Valencia. España. p. 1-8.
- Espinosa, P; C. Crissman. 1997. Raíces y tubérculos andinos: Consumo, Aceptabilidad, Procesamiento. Departamento de Ciencias Sociales (CIP). Editorial Abya-Yala. Quito, Ecuador. 135 p.
- Eugenio, G; R. Rivera. 1996. Desarrollo de tecnología en el secado de oca (*Oxalis tuberosa*) para utilizarla como conservas alimenticias. Tesis Ingeniero en Alimentos. Universidad Técnica de Ambato, Facultad de Ciencias e Ingeniería en Alimentos: Editorial UTA. Ambato, Ecuador. 179 p.
- Fairlie, T.; M. Morales; M. Holle. 1999. Raíces y tubérculos andinos. Avances de Investigación I. Centro Internacional de la Papa. Consorcio para el Desarrollo Sostenible de la Ecoregión Andina-CONDESAN. Lima, Perú. p. 94-95.
- Ferrán, J. 1959. Cebada. Variedades cerveceras y cerveza. Manual de cultivo, Mejora de cebadas y fabricación de cerveza. Ed. Aedos. Barcelona, España. 246 p.
- Figueroa, J. 1985. Métodos para evaluar la calidad maltera en cebada. Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos. Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas- INIA. México, D.F. 115 p.
- Hough, J. 1990. Biotecnología de la cerveza y de la malta. Ed. Acribia. Zaragoza. España. 194 p.
- Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación, ICONTEC. 1999. Bebidas Alcohólicas. Malta Cervecera. Normas Técnicas N° 543, 3952, 4092, 4158. Colombia. 20 p.
- Mallet, C. 1994. Tecnología de los alimentos congelados. Editorial A. Vicente. Madrid, España. p. 276-302.
- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, FAO. 1989. Manual para el mejoramiento del manejo poscosecha de frutas y hortalizas. Serie: Tecnología Poscosecha. Parte II: Control de calidad, almacenamiento y transporte. Editorial FAO. - Santiago, Chile. p. 12-168.
- Sendra, J.; J. Carbonel. 1999. Evaluación de las propiedades nutritivas, funcionales y sanitarias de la cerveza en comparación con otras bebidas. Instituto de Agroquímica y Tecnología de los Alimentos. Consejo Superior de Investigaciones Científicas - IATA / CSIC. Centro de Información Cerveza y Salud. Madrid. España. p. 4-50.