

CAPITULO II

METODOLOGÍA EXPERIMENTAL

En este segundo capítulo se describen aspectos relacionados a los materiales, equipos utilizados en la investigación, métodos, técnicas, unidad experimental (U.E.), tratamientos (factores en estudio), variables, tipo de diseño experimental y el análisis estadístico empleado en cada una de las etapas, además la ubicación del lugar en donde se desarrolló el proyecto.

2.1. UNIDAD DE ESTUDIO

La acción operativa se realizó en la provincia de Pichincha, Estación Experimental Santa Catalina, Departamento de Nutrición y Calidad.

2.1.1. Ubicación:

Provincia:	Pichincha
Cantón:	Mejía
Parroquia:	Cutuglahua
Lugar:	Estación Experimental Santa Catalina

2.1.2. Situación Geográfica:

Altitud:	3058 m.s.n.m
Latitud:	00°22"S
Longitud:	78°23"0
Temperatura Promedio:	12 °C

Fuente: Estación Izobamba, INHAMI, Quito, Ecuador.

2.2. EQUIPOS, MATERIALES Y REACTIVOS

2.2.1. Equipos

- Balanza analítica OHAUS/Adventurer
- Balanza DETECTO/Model TSK, capacidad de 5 Kg
- Baño maría SYBRON/Thermolyne, control de temperatura 0 a 100 °C
- Brixómetro ATAGO
- Calibrador digital MITUTOYO/CD8 C – B
- Cámara acelerada con control de humedad y temperatura FAHRENHEIT
- Centrífuga MODEL K
- Cocina industrial FAEDA
- Cortadora manual
- Equipo PAwKIT marca AQUALAB
- Espectrofotómetro
- Estufa de aire forzado H5122A, control de temperatura 0 a 220 °C
- Estufa SAMS, control de temperatura 0 a 80 °C
- Freidora eléctrica CROYDON (120 W), control de temperatura 50 a 300 °C
- Medidor de color IBM modelo COLORTEC – PCM
- Molino TOASTMASTER
- pH-metro electrónico de electrodo
- Reflectómetro MERCK
- Rotavapor BUCHI
- Selladora al vacío MAGVAC 300
- Termómetro HUGER

2.2.2. Materiales Diversos

- Agitadores
- Buretas
- Cuchillos
- Cuentagotas

- Desecador
- Embudos: normales, buchner
- Empaques: polipropileno de baja densidad, funda aluminizada
- Espátulas
- Gradillas
- Licuadora
- Matraces: erlenmeyer, kitasato, aforado
- Mechero de alcohol
- Mortero
- Ollas de acero inoxidable
- Papel filtro
- Pera de succión
- Pipetas: automáticas (BOECO), volumétrica, graduada
- Placas Petrifilm 3M: para aerobios totales, recuento de mohos y levaduras
- Probetas
- Recipientes de plástico, platos, vasos y cucharas desechables
- Toallas Scott de cocina
- Tubos de centrífuga
- Tubos de ensayo
- Varillas de agitación
- Vasos de precipitación

2.2.3. Reactivos

- Ácido acético
- Ácido sulfúrico
- Alcohol etílico al 80 %
- Almidón (1 % en agua destilada)
- Antrona
- Cloroformo
- Fenoftaleina (1 % solución alcohólica)

- Glucosa
- Hidróxido de sodio 0,1 – 0,01 N
- Tiosulfato de sodio 0,002 N (valorado)
- Yoduro de potasio

2.2.4. Materia prima

Oca (*Oxalis tuberosa*, Mol)

Para el desarrollo del proyecto se utilizó el ecotipo de color blanco (ECU-05-0127), con un rendimiento aproximado de 14538 Kg/ha, proveniente de la provincia de Cotopaxi, cantón Saquisilí.

2.2.5. Solución osmótica

Para la preparación de la solución osmótica, se utilizó:

- Agua
- Azúcar
- Cloruro de sodio

2.2.6. Aceite para el proceso de fritura

Para el proceso de fritura se empleó el aceite Sabrofrito procedente de la empresa La Fabril, apto para ser utilizado en el procesamiento de alimentos con un alto contenido de humedad, y por su disponibilidad comercial.

La hoja técnica del aceite se detalla en el Anexo 2.

2.3. ENFOQUE METODOLÓGICO

2.3.1. Tipos de investigación

El proyecto de investigación es de tipo descriptivo ya que se establecieron características cualitativas (atributos) y cuantitativas (físicoquímica y nutricional) del objeto en estudio (oca), en base a resultados experimentales obtenidos en cada una de las etapas del proyecto.

Además es de tipo experimental, puesto que se evaluó en cada etapa del proyecto, las causas – efectos que produjeron los factores (variable experimental) aplicados al ente físico (oca), mediante el análisis y evaluación estadística de los datos obtenidos, para dar respuestas a las hipótesis planteadas.

2.3.2. Métodos

Las características del sitio donde se llevó a cabo la investigación permitió utilizar el método experimental, ya que se pudo crear las condiciones necesarias, para controlar o modificar los factores (variable experimental) que producen efectos sobre determinadas propiedades o cualidades del ente físico (oca), en cada una de las etapas del proyecto.

El método de la medición es el que proporcionó la información numérica acerca de las cualidades del objeto en estudio (oca), en cada etapa de la investigación, mediante la comparación de magnitudes determinadas, en la medición es necesario tener en cuenta el objeto, la propiedad o cualidad que se va a medir, la unidad, el instrumento de medición.

Una vez obtenidos los resultados experimentales (propiedades o cualidades) del objeto en estudio (oca), en cada una de las etapas del proyecto, se utilizó el método deductivo, para llegar a conclusiones más específicas acerca del tema de investigación.

2.3.3. Técnicas

Las técnicas de investigación son el instrumental o herramientas utilizadas por los investigadores para recopilar datos, son los procedimientos y medios empleados para ser operativos los métodos.

La observación de laboratorio se utilizó para recolectar los datos experimentales, esta técnica permite un mayor control de las variables, proporcionando la validación de la parte teórica.

La encuesta proporcionó la información acerca del nivel de preferencia de los catadores sobre determinado tratamiento, mediante el uso de un cuestionario previamente elaborado, esta técnica se la utilizó durante la evaluación sensorial de los chips de oca.

2.4. PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

2.4.1. Ensayos preliminares

Los ensayos preliminares se efectuaron con el fin de establecer y optimizar varios parámetros que inciden directamente en el proceso de elaboración de los chips de oca, estos fueron:

2.4.1.1. Forma y espesor de la rodaja

Se ensayaron dos formas de rodaja una redonda y otra alargada, en cuanto al espesor de la rodaja los valores tentativos fueron: 2 y 1,3 mm conforme a trabajos similares realizados en: piña 2 mm (Debien, 1997) y papa 1,3 mm (Gamble *et al.*, 1987). El espesor de la rodaja fue medido, usando un calibrador digital.

2.4.1.2. Temperatura y tiempo de escaldado

Para establecer la temperatura y tiempo de escaldado de las rodajas, se probaron diferentes temperaturas, estas fueron: 70, 80 y 90 °C, durante 3 y 5 minutos; siguiendo parámetros considerados como normales según Brennan (2008).

Se utilizó un sistema convencional de escaldado el cual consiste en introducir las rodajas en un baño con agua, controlando las temperaturas y tiempos mencionados, para que se complete el tratamiento.

2.4.1.3. Concentración y temperatura de la deshidratación osmótica

Para establecer parámetros apropiados se ensayaron diferentes concentraciones de la solución, estas fueron de 75, 65, 50 °Brix, mencionadas por Arias (2008), con la adicción de 0,6; 0,8; 1 % sal en la solución, según lo sugerido por Brennan (2008). En cuanto a la temperatura a utilizar durante la deshidratación osmótica se estableció a 65 °C, siguiendo parámetros citados por Arias y Brennan (2008).

2.4.1.4. Temperatura de fritura

Se probó una temperatura conforme a trabajos realizados en banano, 180 °C. (Ammawath *et al.*, 2001)

2.5. DISEÑO EXPERIMENTAL

La aplicación de la tecnología de fritura para la obtención de chips de oca (*Oxalis tuberosa*, Mol) a diferentes temperaturas y tiempos utilizando dos empaques a dos condiciones de almacenamiento se realizó en cuatro etapas.

2.5.1. Variables:

Las variables que se analizaron en esta investigación fueron las siguientes:

2.5.1.1. Independiente

- Tratamientos de la materia prima.
- Tiempos y temperaturas de fritura.
- Empaques y condiciones de almacenamiento.

2.5.1.2. Dependiente

- Valor nutricional.
- Vida útil del producto.

2.5.2. Indicadores:

2.5.2.1. Etapa primera (disminución del % de ácido oxálico):

Tratamientos de la materia prima antes de la fritura.

- Análisis químico: Acidez titulable (% ácido oxálico), Azúcares totales, pH.

2.5.2.2. Segunda etapa (proceso de fritura):

Chips de oca (todos los tratamientos), producto terminado.

- Análisis químico: Acidez titulable (% ácido oxálico), pH.
- Determinación instrumental del color externo: Medidor de color IBM modelo COLORTEC – PCM.
- Análisis sensorial: Color, Olor, Textura, Sabor y Aceptación.

2.5.2.3. Tercera etapa (caracterización del producto terminado y del tubérculo):

Chips de oca (mejor tratamiento seleccionado) y oca sin procesar.

- Análisis físico – químico y nutricional: Humedad, Proteína, Fibra, Extracto etéreo, Macro y micro minerales, Ácido ascórbico, Vitaminas, Azúcares totales, Acidez titulable (% ácido oxálico), pH.

2.5.2.4. Cuarta etapa (tiempo de vida útil):

Empaques y condiciones de almacenamiento (mejor tratamiento seleccionado).

- Análisis físico – químico: Actividad de agua, Humedad, Índice de peróxidos.
- Análisis microbiológico: Aerobios totales, recuento de mohos y levaduras.
- Análisis sensorial: Textura

2.5.3. Tratamientos (factores en estudio)

2.5.3.1. Primera Etapa: Determinación de la condición adecuada de la oca para el proceso de fritura

2.5.3.1.1. Diseño experimental

Se establecieron 4 distintos tratamientos, se aplicó un diseño completamente al azar con 3 repeticiones, teniéndose un total de 12 casos.

Tabla 9. Tratamientos para la determinación de la condición adecuada de la oca para el proceso de fritura

Código	Descripción de los Tratamientos
t1	Escaldado 80 °C × 5 min
t2	Solución Osmótica (50 °Brix + Sal 1 %) × 1 hora a 65 °C
t3	Escaldado 80 °C × 5 min + Solución Osmótica (50 °Brix + Sal 1 %) × 1 hora a 65 °C
t4	Asoleo (4 días)

2.5.3.1.2. Unidad experimental

La unidad experimental estuvo constituida por 500 g de oca fresca.

2.5.3.1.3. Análisis estadístico

El paquete estadístico STATGRAPHICS Plus 4.0 se utilizó para evaluar los efectos de los tratamientos, se aplicó la prueba de Tukey (honesta de significancia) al 5 %, para establecer los rangos respectivos, cuando exista diferencia significativa entre tratamientos.

2.5.3.2. Segunda Etapa: Determinación de los parámetros tecnológicos apropiados para la elaboración de chips de oca

Se determinó el tratamiento más apropiado para el proceso de fritura, según los indicadores mencionados en el inciso 2.5.2.1.

2.5.3.2.1. Diseño experimental

Se aplicó un diseño completamente al azar (DCA) con un arreglo factorial A×B: 3² (dos factores a tres niveles), con 3 repeticiones, teniéndose un total de 27 casos.

En cuanto a la evaluación sensorial, se aplicó un diseño de bloques completos al azar (DBCA), donde las condiciones de proceso (temperatura y tiempo de fritura) son los tratamientos y los bloques son los catadores (Saltos, 1993).

2.5.3.2.2. Factores en estudio

Factor A: Temperatura de Fritura

a₁: 160 °C

a₂: 170 °C

a₃: 180 °C

Factor B: Tiempo de Fritura

b₁: 240 s

b₂: 270 s

b₃: 300 s

2.5.3.2.3. Tratamientos

Los tratamientos constituyen la combinación de los factores en estudio.

Tabla 10. Tratamientos para la determinación de los parámetros tecnológicos apropiados para la elaboración de chips de oca

Código	Tratamiento	Descripción
T1	a ₁ b ₁	160 °C, 240 s
T2	a ₁ b ₂	160 °C, 270 s
T3	a ₁ b ₃	160 °C, 300 s
T4	a ₂ b ₁	170 °C, 240 s
T5	a ₂ b ₂	170 °C, 270 s
T6	a ₂ b ₃	170 °C, 300 s
T7	a ₃ b ₁	180 °C, 240 s
T8	a ₃ b ₂	180 °C, 270 s
T9	a ₃ b ₃	180 °C, 300 s

2.5.3.2.4. Unidad experimental

La unidad experimental estuvo constituida por 500 g de oca procesada.

2.5.3.2.5. Análisis estadístico

El paquete estadístico STATGRAPHICS Plus 4.0 se utilizó para evaluar los efectos de cada uno de los factores en forma independiente y el efecto de las interacciones. Se aplicó la prueba de Tukey (honesta de significancia) al 5 %, para establecer los rangos respectivos, cuando exista diferencia significativa de los factores y su interacción.

Los datos obtenidos en la evaluación sensorial, se analizaron utilizando el paquete estadístico antes mencionado, para establecer las características de calidad (atributos y preferencia) de los chips de oca procesados bajo distintos tratamientos. Se aplicó la prueba de Tukey (honesta de significancia) al 5 %, para establecer los rangos respectivos, cuando exista diferencia significativa entre tratamientos.

2.5.3.3. Tercera Etapa: Caracterización físico – química y nutricional del producto terminado y la oca sin procesar

Se seleccionó el mejor tratamiento en base a los indicadores mencionados en el inciso 2.5.2.2.

2.5.3.3.1. Análisis estadístico

Se aplicó el estadístico “t student”, para determinar el efecto del proceso de fritura sobre la composición físico – química y nutricional de la oca sin procesar, que es el único factor en estudio a un nivel de probabilidad del 5 %, como se detalla a continuación.

$$t = \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}{\sqrt{\frac{S_1^2 + S_2^2}{n}}}$$

donde:

\bar{x}_1 = media de una variable correspondiente a la oca sin procesar

\bar{x}_2 = media de una variable correspondiente a la oca frita

S_1^2 = desviación estándar de una variable correspondiente a la oca sin procesar

S_2^2 = desviación estándar de una variable correspondiente a la oca frita

Para n = 3 (repeticiones)

Con: n – 1 grados de libertad

Tabla 11. Tratamientos para evaluar la composición físico – química y nutricional de la oca nativa y procesada

Código	Descripción de los Tratamientos
OSP	Oca sin procesar
CHO	Chips de Oca*

*Escaldado 80 °C × 5 min + solución osmótica (50 °Brix + sal 1 %) por 1 hora a 65 °C y fritura a 160 °C durante 300 s

2.5.3.3.2. Unidad experimental

La unidad experimental estuvo constituida por 1 Kg de oca sin procesar y chips de oca.

2.5.3.4. Cuarta Etapa: Pruebas de estabilidad del producto en diferentes empaques y condiciones de almacenamiento

Los chips de oca elaborados con las condiciones del tratamiento seleccionado en la primera etapa: rodajado del tubérculo, escaldado a 80 °C por 5 minutos, inmersión en la solución osmótica (50 °Brix + sal 1 %) durante 1 hora a 65 °C, con la temperatura y tiempo seleccionado en la segunda etapa (160 °C, 300 s), se envasaron en presentaciones de 50 g en atmósfera modificada con nitrógeno, utilizando dos empaques: polipropileno de baja densidad y funda aluminizada, las muestras fueron almacenadas bajo condiciones aceleradas de temperatura y humedad relativa (35 °C, 90 % HR) en una cámara hermética, realizando muestreos cada 4 días, durante 20 días, además se almacenó el producto a temperatura ambiente (17 °C, 50 % HR) realizando muestreos cada 5 días, durante 30 días, como se detalla a continuación.

Tabla 12. Chips de oca empacados en polipropileno de baja densidad y en funda aluminizada, almacenados en condiciones aceleradas (35 °C, 90 % HR)

Empaque	Tiempo (días)				
	4	8	12	16	20
EMP1	4, EMP1	8, EMP1	12, EMP1	16, EMP1	20, EMP1
EMP2	4, EMP2	8, EMP2	12, EMP2	16, EMP2	20, EMP2

EMP1: Polipropileno de baja densidad

EMP2: Funda aluminizada

Tabla 13. Chips de oca empacados en polipropileno de baja densidad y en funda aluminizada, almacenados en condiciones ambientales (17 °C, 50 % HR)

Empaque	Tiempo (días)					
	5	10	15	20	25	30
EMP1	5, EMP1	10, EMP1	15, EMP1	20, EMP1	25, EMP1	30, EMP1
EMP2	5, EMP2	10, EMP2	15, EMP2	20, EMP2	25, EMP2	30, EMP2

EMP1: Polipropileno de baja densidad

EMP2: Funda aluminizada

2.6. METODOLOGÍA DEL PROCESO

Para la elaboración de chips de oca se siguieron diversos pasos:

2.6.1. Determinación de la condición adecuada de la oca para el proceso de fritura

Lavado y desinfección del tubérculo (oca): Se utilizó el método de inmersión en agua para remover residuos de tierra y demás impurezas, posterior a este proceso los tubérculos se desinfectaron en una solución acuosa de agua y desinfectante (Vitalin), por un lapso de cinco minutos, transcurrido el tiempo de inmersión se escurrieron los tubérculos, una parte de ellos se almacenaron en un congelador a una temperatura de 2 °C.

Selección y pesado de la materia prima: Se seleccionaron los tubérculos de mayor tamaño y se pesaron en cantidades de 500 g, subsiguientemente se aplicó los distintos tratamientos a la materia prima (oca) citados en la Tabla 9.

2.6.2. Determinación de los parámetros tecnológicos apropiados para la elaboración de chips de oca

Tratamiento seleccionado: Se determinó la condición adecuada de la oca para el proceso de fritura, según los indicadores mencionados en el inciso 2.5.2.1.

Cortado: El corte del tubérculo se realizó en rodajas de forma alargada, con la ayuda de un rallador manual graduado a una abertura de $1,03 \pm 0,03$ mm.

Escaldado, lavado y escurrido: Las rodajas se sometieron a un proceso de escaldado con agua, a una temperatura de 80 °C por 5 minutos. Una vez finalizado el proceso de escaldado, las rodajas se colocaron en recipiente para el lavado con agua fría por 5 minutos, luego se escurrieron en un cernidero por un tiempo de 5 minutos para eliminar el exceso de agua.

La relación rodajas/agua utilizada fue de 1: 3 (p/v), $\frac{500g \text{ (oca)}}{1500ml \text{ (agua)}}$

Deshidratación osmótica: Las rodajas previamente escaldadas se sumergieron en una solución osmótica (50 °Brix + sal 1 %) a una temperatura inicial de 80 °C, la cual desciende a 55 °C, cuando las rodajas entran en contacto con la solución osmótica. La concentración de la solución se mantuvo en 40 °Brix. Con el fin de alcanzar y mantener constante la temperatura de deshidratación a un valor de 65 °C por el tiempo de 1 hora, se utilizó una estufa de aire forzado.

La relación rodajas/jarabe utilizada fue de 1: 3 (p/v), $\frac{500g \text{ (oca procesada)}}{1500ml \text{ (jarabe)}}$

Escurrido del jarabe y lavado de las rodajas: Las rodajas deshidratadas fueron colocadas en un cernidero para escurrir el exceso de jarabe, luego se realizó un lavado con agua fría. Este proceso finalizó con la colocación de las rodajas en recipientes con rejillas para escurrir el exceso de agua por un tiempo de 5 minutos.

Fritura: El proceso de fritura se lleva a cabo utilizando una freidora eléctrica con control de temperatura, marca CROYDON, provista de dos canastillas con capacidad de 9 litros para cada pozo. La temperatura del aceite y tiempo de fritura (160 °C × 5 min) se determinó en la segunda etapa del proyecto mediante los resultados experimentales previos.

Se utilizó una relación rodajas/aceite de 1: 6 (p/v), $\frac{500g \text{ (oca procesada)}}{3000ml \text{ (acite)}}$

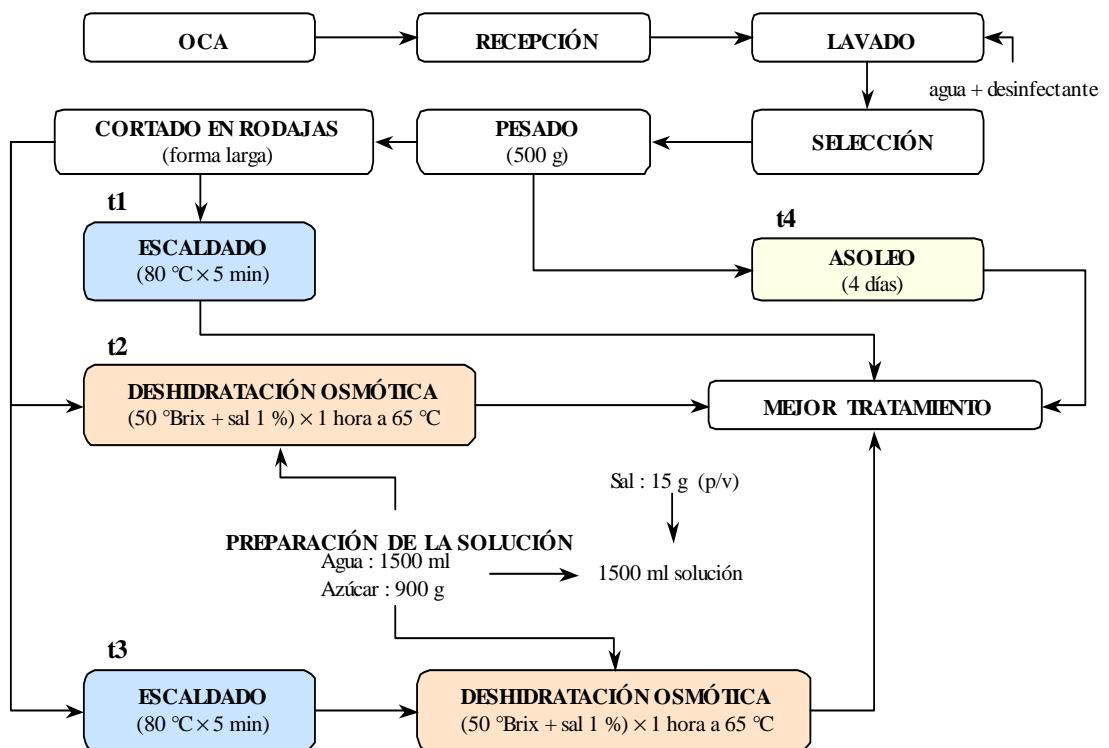
Escurrido de los chips: Los chips de oca se colocaron sobre papel absorbente con el fin de eliminar el exceso de aceite de la superficie del producto. Los chips de oca presentaron una textura suave cuando salieron del baño de aceite, tornándose crocantes a medida que se van enfriando.

Empacado y sellado: El envasado se realizó en presentaciones de 50 g, utilizando fundas de polipropileno y aluminizadas, el producto se selló con atmósfera modificada, utilizando para este fin gas inerte (nitrógeno).

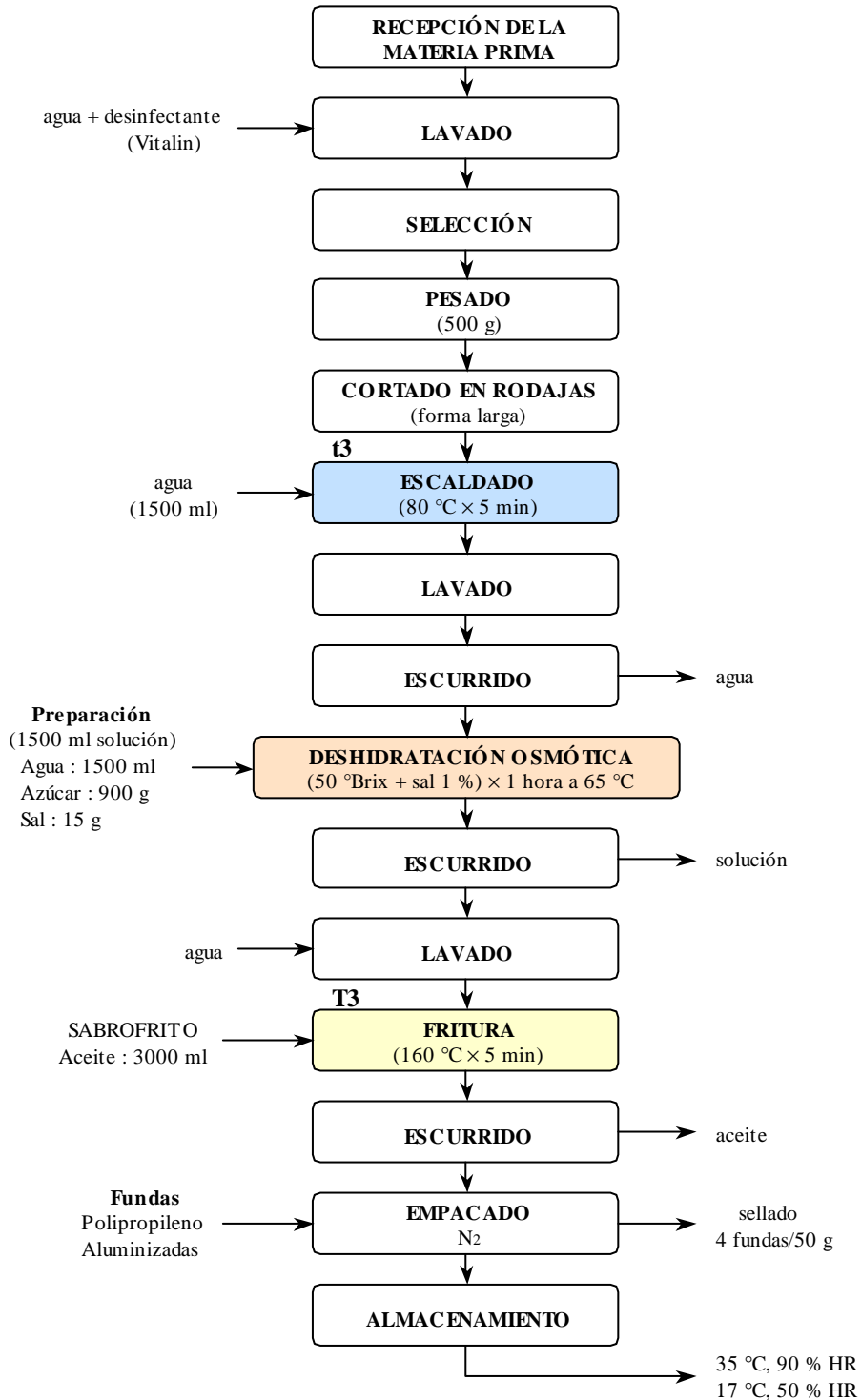
Almacenamiento: El producto fue almacenado bajo condiciones aceleradas de temperatura y humedad relativa (35 °C, 90 % HR) en una cámara hermética y a temperatura ambiente (17°C, 50 % HR).

2.6.3. Diagrama de flujo del proceso:

2.6.3.1. Determinación de la condición adecuada de la oca para el proceso de fritura



2.6.3.2. Proceso para la elaboración de chips de oca, a partir del tratamiento seleccionado



2.6.4. Pérdida y ganancia de peso de la materia prima durante el proceso de obtención de chips de oca

Durante el proceso de obtención de chips de oca, la materia prima pierde y gana peso, como se detalla a continuación:

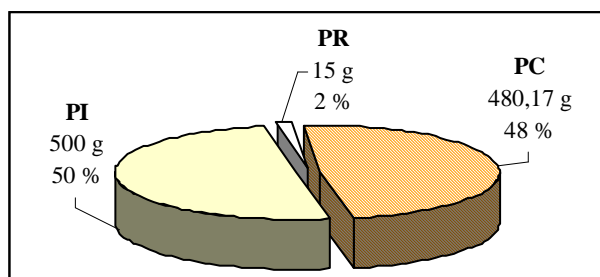
Tabla 14. Variación del peso de la materia prima durante el proceso de obtención de chips de oca*

Pesos	g
Inicial (oca)	500
Cortado (rodajas)	480,17
Residuo (cortado)	15
Rodajas (escaldadas)	471,89
Perdido (durante el escaldado)	8,28
Rodajas (después de la DO)	519,39
Ganado (durante la DO)	47,50
Perdido (durante la fritura)	307,94
Chips de oca	211,44

Fuente: Directa

Elaborado: El autor

*Promedio de los 9 tratamientos evaluados en la segunda etapa



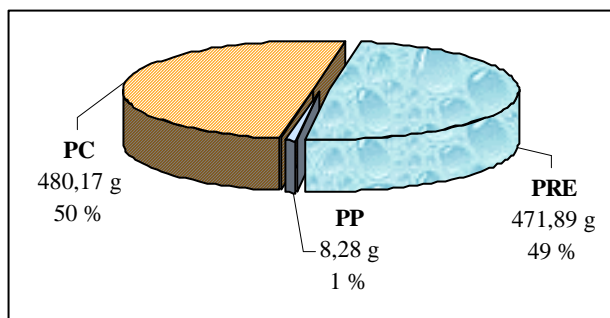
Fuente: Tabla 14

PI: Peso inicial (oca)

PR: Peso residuo (cortado)

PC: Peso cortado (rodajas)

Figura 6. Peso de la oca después del proceso de rodajado



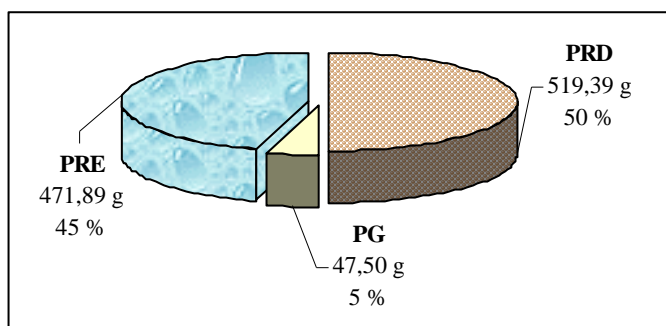
Fuente: Tabla 14

PC: Peso cortado (rodajas)

PP: Peso perdido (escaldado)

PRE: Peso rodajas (escaldadas)

Figura 7. Peso de las rodajas de oca, después del proceso de escaldado



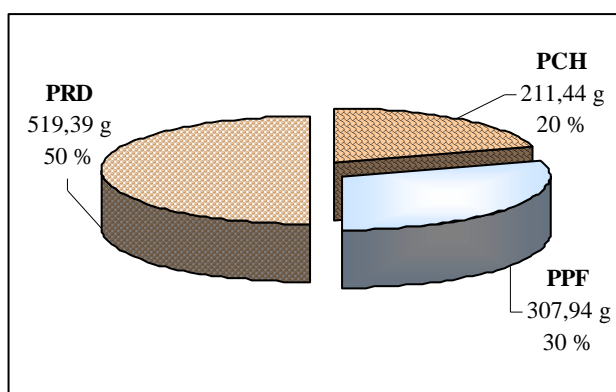
Fuente: Tabla 14

PRE: Peso rodajas (escaldadas)

PG: Peso ganado (durante DO)

PRD: Peso rodajas (después DO)

Figura 8. Peso de las rodajas después del proceso de deshidratación osmótica



Fuente: Tabla 14

PRD: Peso rodajas (después DO)

PPF: Peso perdido (fritura)

PCH: Peso chips de oca

Figura 9. Peso de los chips de oca después del proceso de fritura

2.6.5. Determinación del rendimiento de los chips de oca para cada uno de los tratamientos

Una vez terminado el proceso de fritura se recolectaron las fracciones desprendidas del producto y se pesaron en una balanza, para el cálculo del rendimiento de cada uno de los nueve tratamientos evaluados en la segunda etapa, se utilizó la siguiente fórmula:

$$R \% = \frac{PF}{PI} \times 100$$

PI = peso inicial (oca)

PF = peso final (chips)

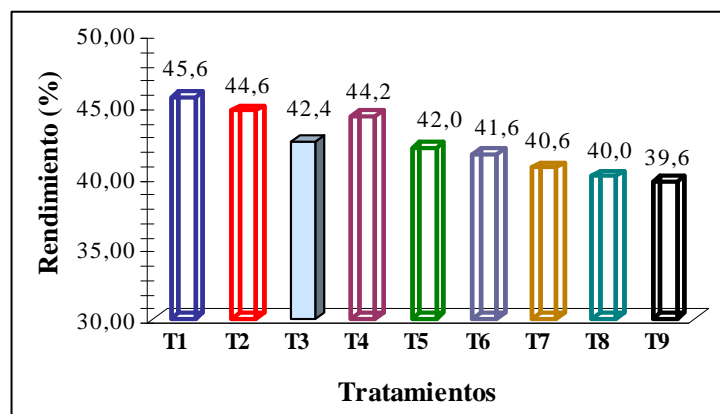
Tabla 15. Rendimiento de los chips de oca, por efecto de los tratamientos evaluados*

Código	PI (oca) g	PF (chips) g	Rendimiento %
T1	500	228,00	45,60
T2	500	223,00	44,60
T3	500	212,00	42,40
T4	500	221,00	44,20
T5	500	210,00	42,00
T6	500	208,00	41,60
T7	500	203,00	40,60
T8	500	200,00	40,00
T9	500	198,00	39,60

Fuente: Directa

Elaborado: El autor

*Promedio de tres repeticiones



Fuente: Tabla 15

Figura 10. Rendimiento de los chips de oca

2.7. METODOS DE EVALUACIÓN

2.7.1. Determinación de sólidos solubles: sirvió para controlar la concentración de los °Brix de la solución osmótica.

Método instrumental, se detalla en el Anexo 3.1.

Se utilizó un refractómetro para leer directamente la concentración de sólidos solubles en la muestra y en la solución osmótica, los resultados se expresaron en °Brix. La concentración de azúcares, ácidos, sales, etc., se acepta convencionalmente como si todos los sólidos disueltos en la muestra fueran sacarosa.

2.7.2. Determinación de acidez titulable (% ácido oxálico): se realizó en la materia prima, tratamientos de la primera y segunda etapa del proyecto.

Método Gallo, 1997. Adaptado en el Dpto. de Nutrición y Calidad del INIAP. (Descripción específica consta en el Anexo 3.2)

La determinación de la acidez total de la muestra se llevó a cabo mediante una valoración ácido - base; los resultados que se obtuvieron corresponden a la suma de los ácidos minerales y orgánicos, aunque de manera general en la muestra (oca), se trata del ácido oxálico.

2.7.3. Determinación de pH: se realizó en la materia prima, tratamientos de la primera y segunda etapa del proyecto.

Método INEN 389. Adaptado en el Dpto. de Nutrición y Calidad del INIAP. (Detallado en el Anexo 3.3)

El pH mide la concentración de iones hidronio (H^+) libres en una solución acuosa. El pH se determinó de forma automática al introducir el potenciómetro en la muestra.

2.7.4. Determinación de azúcares totales: se realizó en la materia prima, tratamientos de la primera etapa y al mejor tratamiento seleccionado en la segunda etapa.

Método Doboys y Hamilton, 1956. Adaptado en el Dpto. de Nutrición y Calidad del INIAP. (Detallado en el Anexo 3.4)

El método se fundamenta en que los carbohidratos son particularmente sensibles a ácidos fuertes y altas temperaturas. Se realiza una hidrólisis ácida de los polisacáridos en medio ácido y en caliente. La antrona reacciona con las hexosas y las aldopentosas para dar un complejo de color azul – verdoso, presentando un máximo de absorbancia a 625 nm.

2.7.5. Determinación de humedad: se realizó en la materia prima, mejor tratamiento seleccionado en la segunda etapa, y en los chips de oca muestreados en el almacenamiento.

Método A.O.A.C. 1997. N° 934.06. Adaptado en el Dpto. de Nutrición y Calidad del INIAP. (Detallado en el Anexo 3.5)

Para valorar el contenido de humedad en la muestra se utilizó el método de secado en estufa, que se basa en la pérdida de peso de la muestra por evaporación del agua. El principio operacional del método de determinación de humedad utilizando estufa y balanza analítica, incluye la preparación de la muestra, pesado, secado, enfriado y pesado reiterado de la muestra.

2.7.6. Determinación de cenizas: se realizó en la materia prima y en el mejor tratamiento seleccionado en la segunda etapa.

Según el método A.O.A.C. 1997. N° 940.26. Adaptado en el Dpto. de Nutrición y Calidad del INIAP. (Detallado en el Anexo 3.6)

Las cenizas de un alimento son un término analítico equivalente al residuo inorgánico que queda después de calcinar la materia orgánica.

La determinación en seco es el método que se utilizó para cuantificar la totalidad de minerales en la muestra y se basa en la oxidación de la materia orgánica en ausencia de flama a una temperatura de 600 °C, quedando en la muestra solamente materia inorgánica que no se volatiliza.

2.7.7. Determinación de grasa o extracto etéreo: se realizó en la materia prima y en el mejor tratamiento seleccionado en la segunda etapa.

Método A.O.A.C. 1997. N° 920.39. Adaptado en el Dpto. de Nutrición y Calidad del INIAP. (Detallado en el Anexo 3.7)

Los lípidos (grasa) se definen como un grupo heterogéneo de compuestos que son insolubles en agua pero solubles en disolventes orgánicos. El solvente extrae los materiales insolubles de la muestra, este extracto se recoge y al completar el proceso se destila, quedando en el vaso el extracto graso, cuyo valor se determina con base a la relación peso de la muestra, peso del vaso y peso del vaso más el residuo graso.

2.7.8. Determinación de proteína total: se realizó en la materia prima y en el mejor tratamiento seleccionado en la segunda etapa.

Método A.O.A.C. 1997. N° 920.152. Adaptado en el Dpto. de Nutrición y Calidad del INIAP. (Detallado en el Anexo 3.8)

El método se basa en la determinación de la cantidad de nitrógeno orgánico contenido en la muestra, que incluye tanto las no proteínas como las proteínas verdaderas. El nitrógeno de las proteínas y otros compuestos se transforma en sulfato de amonio al ser digeridas con ácido sulfúrico en ebullición. El residuo de la digestión se enfría, se diluye con agua, se agrega hidróxido de sodio y se procede a destilar. Durante la destilación se desprende amoníaco que es recibido en una solución de ácido bórico, que se titula con ácido clorhídrico estandarizado.

2.7.9. Determinación de fibra cruda: se realizó en la materia prima y en el mejor tratamiento seleccionado en la segunda etapa.

Según el método A.O.A.C. 1997. N° 920.86. Adaptado en el Dpto. de Nutrición y Calidad del INIAP. (Detallado en el Anexo 3.9)

La muestra libre de humedad y grasa se trata primero con una solución ácida y luego con una solución alcalina; los residuos orgánicos restantes, se recogen en un crisol filtro. La pérdida de peso después de incinerar la muestra, se denomina fibra bruta.

2.7.10. Determinación de macro y micro minerales: se realizó en la materia prima y en el mejor tratamiento seleccionado en la segunda etapa.

Según métodos por Espectroscopia de absorción atómica. Adaptado en el Dpto. de Nutrición y Calidad del INIAP. (Detallado en el Anexo 3.10)

Este ensayo sirve para agrupar aquellos elementos, en su mayoría metálicos, que se presentan en cantidades minoritarias en los alimentos, y que suelen determinarse como elementos más que como compuestos específicos o grupos de compuestos. La ceniza de la muestra fue sometida a una digestión ácida con ácido clorhídrico concentrado, para luego ser diluidas a un volumen determinado. A continuación se realizaron los análisis macro y micro elementos por absorción atómica y en el caso de fósforo por colorimetría.

2.7.11. Determinación de color: se realizó a los nueve tratamientos de la segunda etapa del proyecto.

Según el método instrumental Anón, 1986. Adaptado en el Dpto. de Nutrición y Calidad del INIAP. (Detallado en el Anexo 3.11)

El color superficial de las muestras (chips de oca) se midió en un colorímetro COLOR TEC – PCM, el medidor de diferencia de color registra los valores: a (+ valores = rojo, - valores = verde); b (+ valores = amarillo, - valores = azul) y L (0 = negro, 100 = blanco)

L define la luminosidad, a y b la cromaticidad $C = \sqrt{a^2 + b^2}$, además se calculo el ángulo $^0H = \text{tg}^{-1} \frac{b}{a}$. Los valores obtenidos se ubican en la grafica de coordenadas CIElab, para determinar el color característico de las muestras.

2.7.12. Determinación de ácido ascórbico (vitamina C): se realizó en la materia prima y en el mejor tratamiento seleccionado en la segunda etapa. Método instrumental, utilizando un reflectómetro marca MERCK. (Detallado en el Anexo 3.12)

El ácido ascórbico reduce al ácido molibdofosfórico, el color cambia de amarillo a azul de fosfomolibdeno, cuya concentración se determina por reflectometría.

2.7.13. Vitaminas: A, B1, B6, B2, B3, E.

La determinación de las vitaminas fue realizada en la OSP de la Facultad de Ciencias Químicas de la Universidad Central del Ecuador, se realizó en la materia prima y en el mejor tratamiento seleccionado en la segunda etapa.

2.7.14. Determinación de la actividad de agua (a_w): se realizó en los chips de oca almacenados a diferentes condiciones. Método instrumental, utilizando un equipo PAwKIT marca AQUALAB. (Detallado en el Anexo 3.13)

La a_w es un factor crítico que determina la vida útil de los productos, cuanto menor es la actividad de agua de un alimento mayor es su vida útil. Este parámetro establece el límite para el desarrollo de muchos microorganismos.

2.7.15. Determinación del índice de peróxidos (I.P.): se realizó en los chips de oca muestreados durante el periodo de almacenamiento. Según el método A.O.A.C. 1997. N° 965.33. Adaptado en el Dpto. de Nutrición y Calidad del INIAP. (Detallado en el Anexo 3.14)

Este índice se define como los miliequivalentes (mEq) de peróxido por kilogramo de grasa. Es una determinación volumétrica de la cantidad de grupos peróxidos e hidroperóxidos. La cuantificación se basa en la reacción del yoduro de potasio con los peróxidos para liberar yodo, el cual es titulado con tiosulfato de sodio, empleando almidón como indicador.

2.7.16. Análisis microbiológicos: aerobios totales, mohos y levaduras.

Metodos 3M Center, Building 24-5w-05 St. Paul, MN 551444-1000. Adaptado en el Dpto. de Nutrición y Calidad del INIAP. (Detallado en los Anexos 3.15 y 3.16)

Los análisis microbiológicos se realizaron en las muestras obtenidas durante el almacenamiento del producto. En base a estos resultados se determinó la calidad sanitaria de los chips de oca y se estimó la vida útil de los chips. Los métodos utilizados permitieron cuantificar la cantidad de microorganismos que se encuentran en una determinada cantidad de alimento.

2.7.17. Evaluación sensorial

En base a pruebas orientadas al consumidor, se evaluaron los nueve tratamientos, producto de la combinación de los factores en estudio (temperatura y tiempo) aplicados a la oca procesada, según como se describe en la Tabla 10, con el fin de identificar el tratamiento mas apropiado para la elaboración de chips de oca en base no solo a criterios técnicos, sino también basado a la percepción sensorial.

- **El panel** estuvo integrado por 20 catadores no entrenados, entre personas del sexo masculino y femenino, con edades comprendidas entre los 20 y 45 años.
- **Materiales**, cada panelista recibió tres muestras de aproximadamente 15 g. Las muestras se presentaron en recipientes de espuma flex debidamente codificados con una combinación de números aleatorios (tres dígitos), se utilizó como neutralizador de sabor un vaso con agua.

- **Procedimiento**, la degustación se realizó alrededor de las 11 horas en la mañana y en la tarde a las 3 p.m., al presentar las muestras, los catadores evaluaron los atributos sensoriales: color, olor, crocancia y sabor mediante una prueba descriptiva que permite cuantificar y describir sensorialmente las diferencias existentes entre varios productos (tratamientos), utilizando una escala categorizada de 4 puntos, con la respectiva equivalencia numérica para cada categoría del atributo. Para identificar el tratamiento de mayor aceptación por parte de los panelistas se realizó una prueba afectiva que permite conocer el nivel de agrado o desagrado de un producto, utilizando una escala hedónica de 4 puntos, en la que el valor más alto se consideró como el mejor. La descripción detallada de la técnica utilizada, consta en el Anexo 4.1.

Para determinar un cambio perceptible en la textura de los chips de oca durante su almacenamiento, se utilizó una prueba triangular, presentando a los panelistas tres muestras codificadas con números aleatorios de tres dígitos, los catadores tuvieron la tarea de identificar la muestra diferente.

El panel sensorial estuvo constituido por diez personas de ambos sexos, parte de esta evaluación sensorial se llevó a cabo en la Universidad Técnica de Cotopaxi, a alumnos de las especialidades de Ingeniería Agroindustrial y Agronómica. El cuestionario de evaluación utilizado se presenta en el Anexo 4.2. Para evaluar la significancia de los resultados se utilizó la tabla binomial de un extremo. El método detallado consta en el Anexo 5.