

CAPÍTULO I
MARCO TEÓRICO

CAPÍTULO I

MARCO TEÓRICO

GENERALIDADES DEL TUBÉRCULO OCA (OXALIS TUBEROSA)

ANTECEDENTES HISTÓRICOS

La Oca pertenece a la familia Oxalidaceae que incluye ocho géneros. El género *Oxalis* tiene más de 800 especies. La mayor parte se encuentra en Sud América con una gran diversidad de formas. *Oxalis tuberosa* es la única cultivada como especie alimenticia (Emshwiller. 1999). Los tubérculos de *Oxalis tuberosa* son conocidos con los nombres comunes de Oca en Ecuador, Bolivia, Perú y Chile; también se conoce como cuiba o quiba en Venezuela, macachín o miquichi en Argentina, huasisai o ibi en Colombia, papa extranjera en México y yam en Nueva Zelandia (Del Río 1990 cit. en Barrera et al. 2004).

También se la conoce con el nombre de apiha, apiña, apilla, kawi (en aymara), lamaki (en kallawalla), timbo, quiba, papa roja o huisisai; la Oca es un cultivo tradicional de la región andina como sustituto y complemento de la papa. Aunque tarda más en alcanzar la madurez, y tiene en consecuencia un rendimiento menor, pero es más resistente que la papa a las plagas, garantizando una producción estable. (Caiza. 2010).

PRODUCCIÓN DE OCA EN BOLIVIA

En Bolivia, el tubérculo Oca, es el tercer tubérculo de importancia después de la papa y yuca, y uno de los rubros más importantes dentro de los sistemas de producción tradicionales de los agricultores asentados entre los 3000 a 3800 msnm, debido a que es una fuente de alimentación y de ingresos económicos. No obstante, existen limitantes que afectan la producción y la conservación de este tubérculo, provocando su marginación y reemplazo por otros cultivos más rentables, cuyo consumo es masivo en comparación al de la Oca, como algunas variedades de papa, causando el monocultivo con consecuencias negativas para la biodiversidad de los sistemas de producción andinos.

En la siguiente Tabla I-1, se muestra la superficie y producción de cultivos, en este caso se aprecian las raíces y tubérculos comestibles ricos en almidón, que ofrece información para hacer una comparación.

Tabla I-1 Bolivia: Superficie y producción de las campañas de invierno 2012 y verano 2012-2013, según cultivos, censo agropecuario 2013

Cultivo	Superficie (Hectáreas)	Producción (Toneladas métricas)
Papa	173.168,1	612.768,8
Yuca	28.891,9	85.192,8
Oca	7.310,5	18.614,3
Papaliza	2.508,2	6.997,7
Camote	1.138,4	3.642,1
Hualuza	764,3	1.081,9
Racacha	155,0	532,3
Izaño	118,3	134,9
Ajipa	100,2	206,4
Aricoma	37,3	92,8
Maca	22,4	26,7
TCV	12,7	0,0
Achira	1,7	40,2
Ñame	0,3	0,3

Fuente: Instituto Nacional De Estadística-Censo Agropecuario 2013 Bolivia.

TCV: Tierras con Cultivos Variados.

A continuación en la tabla I-2 expone estadísticas de la superficie de Oca cultivada por Departamento, en el cual se observa que los departamentos de mayor superficie de cultivo de Oca son La Paz, Cochabamba, Potosí y Chuquisaca.

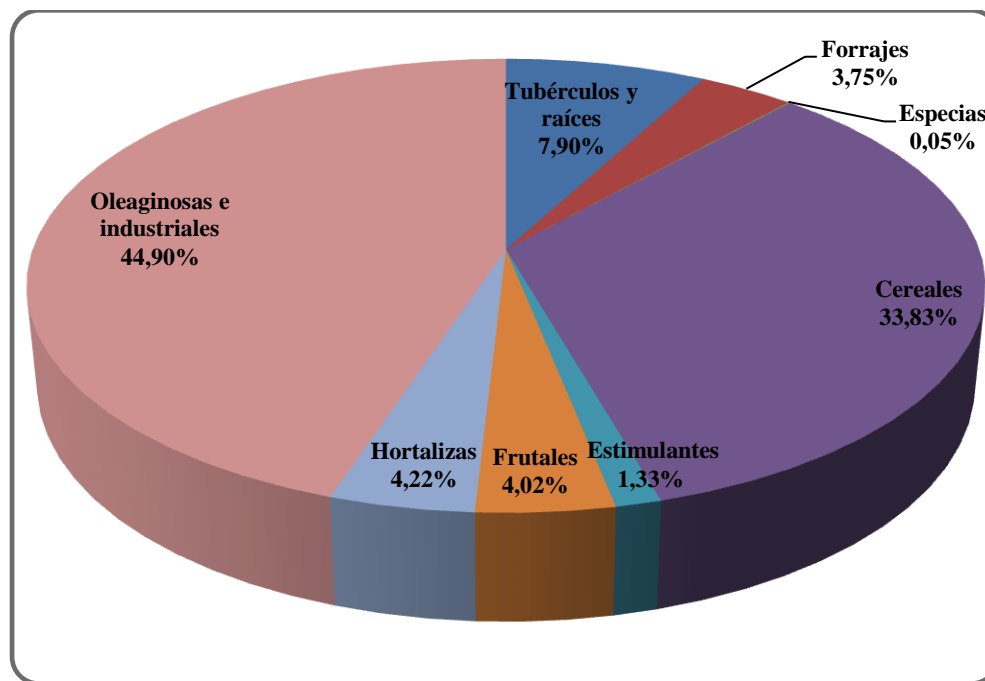
Tabla I-2 Superficie cultivada en la campaña de verano 2012-2013 por Departamento, según cultivo de oca, censo agropecuario 2013

Departamento	Cultivo	Superficie (Hectáreas)
Chuquisaca	Oca	653,0
Cochabamba	Oca	1.481,4
La Paz	Oca	2.764,3
Oruro	Oca	162,2
Potosí	Oca	2.137,8
Santa Cruz	Oca	2,2
Tarija	Oca	104,6

Fuente: Instituto Nacional De Estadística-Censo Agropecuario 2013 Bolivia.

En la siguiente Figura 1-1 se aprecia la distribución de la superficie cultivada en Bolivia, según los grupos de cultivo:

Figura 1-1 Bolivia: Distribución de la superficie cultivada, según grupos de cultivo, año Agrícola 2007 – 2008. (En porcentaje)



Fuente: Instituto Nacional De Estadística - Encuesta Nacional Agropecuaria-ENA 2008.

PRODUCCIÓN DE OCA EN TARIJA

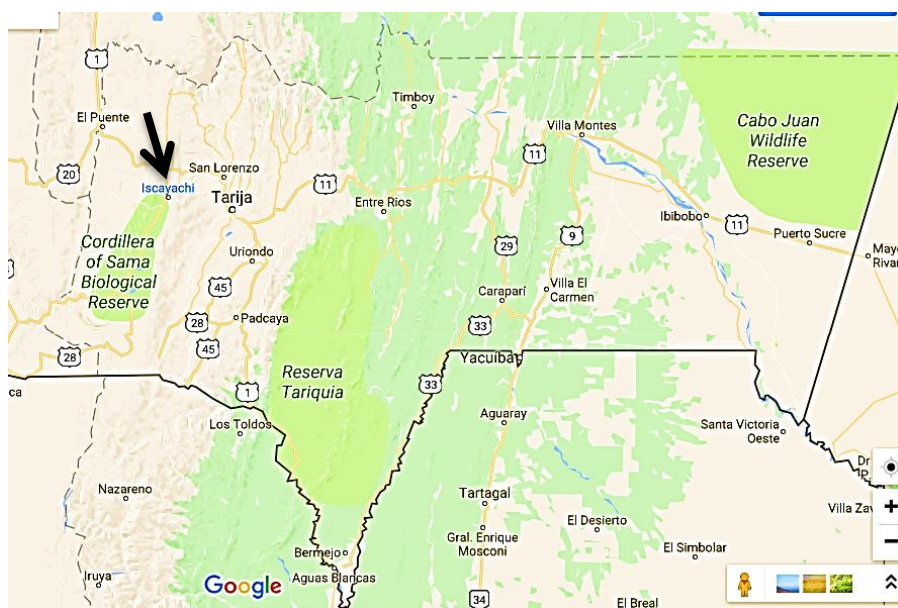
La producción de Oca en Tarija, se presenta en Provincia Méndez, en la zona de Iscayachi, en las comunidades de Villa Nueva, Chorcoya Méndez y Papachacra, que están en un rango altitudinal de 3.350 a 3.650 msnm, se recolectaron 11 variedades de Oca, haciendo una comparación con otros departamentos, la superficie cultivada en Tarija y su producción es menor haciendo una comparación con otros departamentos.

La comunidad de Iscayachi se encuentra ubicada en la segunda sección de la provincia Méndez en el municipio del Puente, 62 Kilómetros de la ciudad de Tarija. Para llegar a Iscayachi hay que pasar por la Cuesta de Sama que desde su altitud pasando por la ultima abra del cerro se puede apreciar diferentes comunidades aledañas a Iscayachi entre las que se pueden ver a simple vista y de manera

paisajística están las comunidades de Papachara, El molino, Campanario e medio de serranías de los caminos que llevan respectivamente a cada comunidad mencionada.

La comunidad de Iscayachi está a 3.357 metros sobre el nivel del mar, por encontrarse cubierto entre terminaciones de las serranías, tiene un clima preponderante frío, es una cabecera del altiplano tarijeño.

Figura 1-2 Ubicación de Iscayachi en el mapa del Departamento de Tarija



Fuente: Google-Maps.

La superficie cultivada del tubérculo Oca en Tarija, es de 104,6 hectáreas, este es comercializado en el mercado tarijeño, se debe mencionar que siendo su consumo reducido en comparación al tubérculo papa con una superficie cultivada de 7.762,7 hectáreas, seguido de la yuca con 246,1 hectáreas, habiendo una alta demanda por la papa, existe un excedente del tubérculo Oca, siendo que este contiene valiosas propiedades beneficiosas para una buena dieta, tubérculo que se encuentra en el mercado a mediados del mes de mayo hasta el mes de agosto, hay posibilidad de encontrarlo en septiembre pero es notable que la apariencia y la calidad del tubérculo no es de agrado al público, considerando que ya no es su temporada.

Tabla I-3 Tarija: Superficie cultivada en la campaña de verano 2012-2013, según principales cultivos, censo agropecuario 2013

Cultivo	Superficie
	(Hectáreas)
Papa	7.762,7
Yuca	246,1
Oca	104,6

Fuente: Instituto Nacional De Estadística-Censo Agropecuario 2013 Bolivia.

REQUERIMIENTOS AGROECOLÓGICOS

En cuanto a sus necesidades lumínicas, se puede confirmar que es muy exigente, sólo puede situarse en un lugar con exposición directa al sol para no repercutir negativamente en su crecimiento de forma normal. Este cultivo crece en lugares donde las lluvias van de 570 a 2.150 mm, que se distribuyen en todas las etapas de crecimiento. En los Andes de Bolivia, Perú, y Ecuador se encuentran entre 2.800 a 4.000 m.s.n.m. es resistente a climas fríos moderados, pero las heladas destruyen su follaje, y por encima de los 28°C destruye la planta. La especie *Oxalis tuberosa* se desarrollará mejor en suelos con pH ácido, neutro o alcalino.

TAXONOMÍA DE LA OCA

La oca es un valioso recurso nutricional de la región andina. Es una fuente importante de carbohidratos, calcio, fósforo y hierro.

Su contenido de almidón, minerales y ácidos orgánicos permite numerosas aplicaciones, como por ejemplo la panificación y la extracción de alcohol mediante la fermentación. Su uso más frecuente es el alimenticio y algunas de sus características taxonómicas son:

Cuadro I-1 Clasificación Taxonómica de la Oca

Reino:	Plantae
Filo:	Magnoliophyta
Clase:	Magnoliopsida
Orden:	Geraniales
Familia:	Oxalidaceae
Género:	Oxalis
Especie:	Oxalis Tuberosa Molina
Nombre común:	Oca

Fuente: Tapia et al., 2007.

DESCRIPCIÓN BOTÁNICA DE LA OCA

Tapia, Frías, (2007: 45) indican que la Oca es una especie anual, erecta, de 20 a 70 cm, con tallos cilíndricos y suculentos, con ligera pubescencia (presencia de pelos) en el tallo. Las hojas son alternas y trifoliadas como las del trébol; la inflorescencia es muy variable, en todos los casos se produce una sola flor. La Oca rara vez produce frutos, las flores se desprenden poco después de abrirse. Su tiempo de crecimiento es de 220 días para las más precoces y de 269 para las más tardías. La tuberización comienza más o menos a los 110 días después de la germinación y el máximo crecimiento de tubérculos ocurre entre los 170 y 230 días.

La Oca prefiere suelos francos, profundos y con buen contenido de materia orgánica. Para una fertilización adecuada se recomienda utilizar campos de rotación después de las papas (kallpar) que han sido bien abonados y complementar con materia orgánica (4 a 6 t/ha). La Oca responde muy bien a la fertilización con materia orgánica, complementada con nitrógeno y fósforo a niveles adecuados de 80-40-0. Si se quieren

obtener rendimientos apropiados de más de 15 t/ha se necesita una complementación con fertilizantes (Tapia, Frías, 2007).

La siembra se hace con tubérculos en buen estado sanitario y en lo posible conservados en un almacén de luz difusa. La época de siembra varía según la altitud. Se cultiva generalmente bajo secano por lo que se le debe sembrar cuando ya hay una buena acumulación de lluvias, es decir más de 120mm, entre fines de septiembre y principios de noviembre. La densidad depende del tamaño y peso de la semilla (tubérculo); puede variar entre 800kg/ha de semilla pequeña (20g) y 1300 kg/ha de semilla de mayor tamaño (Tapia, Frías, 2007).

Se le encuentra en monocultivo cuando se rota después de la papa; en las partes más bajas se le siembra a menudo asociada con el maíz e incluso con cebolla. En terrenos laderas es frecuente ver campos sembrados de Oca en mezcla con los otros dos tubérculos andinos (olluco y mashwa).

Figura 1-3 Oca. Sus componentes: A. Planta, B. Tubérculo, C. Flor.



Fuente: Tapia et al., 2007.

COMPOSICIÓN NUTRICIONAL DE LA OCA

Los tubérculos como la Oca tienen una alta variación en sus niveles nutritivos. A continuación se presenta la siguiente tabla I-4, con datos expresados en base seca, y algunos valores como materia fresca (mf).

Tabla I-4 Composición química de Oxalis Tuberosa (Oca)

PARÁMETRO	OCA Base seca	OCA Fresca
Humedad (%)	77.73	84.1
Cenizas (%)	3.39	1g/100g
Proteína (%)	4.60	1g/100g
Fibra (%)	2.16	
Extracto etéreo (%)	1.66	
Carbohidrato Total (%)	88.19	13.3 g/100g
Ca (%)	0.012	2mg/100g
P (%)	0.14	36m/100g
Mg (%)	0.0065	
Na (%)	0.018	
K (%)	1.30	
Cu (ppm)	2.25	
Fe (ppm)	48.85	1.6mg/100g
Mn (ppm)	5.35	
Zn (ppm)	5.95	
I (ppm)	3.65	
Almidón (%)	42.17	
Azúcar total (%)	9.68	
Azucares reductores (%)	7.68	
Energía (Kcal/100g)	399.0	61
Vitamina C (mg/100g mf)	34.53	38,4mg/100g
Ácido Oxálico/100g mf	82.93	

Fuente: Espín et al, 1999; TapiaM.1990.

De igual manera se presenta a continuación la tabla I-5, en la que se observa el análisis de aminoácidos y proteínas del tubérculo:

Según el patrón de aminoácidos, la proteína de la oca aporta el 72% del triptófano que es requerido.

La necesidad proteínas del organismo, que es la conservación en equilibrio del nitrógeno, implica el consumo de algunos aminoácidos esenciales que el organismo requiere y debe consumir, ya que el organismo no los produce, en la siguiente tabla

Tabla I-5 Análisis de aminoácidos en la Oca (mg/g)

AMINOÁCIDOS	OCA	PATRÓN DE CALIFICACIÓN FAO/OMS
Isoleucina	36.36	52.00
Leucina	53.63	70.00
Lisina	59.08	55.00
Metionina + Cisteína	25.45	35.00
Fenilalanina + Tirosina	31.81	60.00
Treonina	45.45	40.00
Triptófano	5.50	10.00
Valina	48.17	50.00

Fuente: Tapia, 1991.

La necesidad proteínas del organismo, que es la conservación en equilibrio del nitrógeno, implica el consumo de algunos aminoácidos esenciales que el organismo requiere y debe consumir, ya que el organismo no los produce, en la siguiente tabla I-6 se observa las cantidades que el organismo requiere de aminoácidos según la edad.

Tabla I-6 Estimación de las necesidades de aminoácidos.

AMINOÁCIDOS	LACTANTES	NIÑOS	ESCOLARES		ADULTOS
	(3-4 meses) mg/Kg por día	(2años) mg/Kg por día	(10-12 años) mg/Kg por día		mg/Kg por día
Fenilalanina	125.0	69.0	27.0	22.0	14.0
Histidina	28.0	-	-	-	-
Isoleucina	70.0	31.0	30.0	28.0	10.0
Leucina	161.0	73.0	45.0	44.0	14.0
Lisina	103.0	64.0	60.0	44.0	12.0
Metionina	58.0	27.0	27.0	22.0	13.0
Treonina	87.0	37.0	35.0	28.0	7.0
Triptófano	17.0	12.5	4.0	3.3	3.5
Valina	93.0	38.0	33.0	25.0	10.
Total de aminoácidos esenciales	742.0	351.5	261.0	216.3	83.5

Fuente: Renate Kietz; Compendio del amaranto “Rescate y revitalización en Bolivia”
Pág. 54.

Ahora el contenido de vitaminas y minerales como calcio, vitaminas A, B2 y C, se puede corroborar con la tabla I-7, que son mayores al de la papa.

Tabla I-7 Contenido de nutrientes y micronutrientes en Oca, isaño, ulluco y papa (100g de materiales húmedos).

	OCA	ISAÑO	ULLUCO	PAPA
ENERGÍA	51.00	50.0	62.00	97.00
MINERALES				
Calcio (mg)	22.00	12.00	3.00	10.00
Fósforo (mg)	36.00	29.00	28.00	50.00
Hierro (mg)	1.60	1.00	1.10	1.00
VITAMINAS				
A (µg equiv. Retinol)	1.26	10.04	3.77	
B1 (mg)	0.05	0.10	0.05	0.11
B2 (mg)	0.13	0.12	0.03	0.04
Niacina (mg)	0.43	0.67	0.20	1.50
C (mg)	38.40	77.50	11.50	20.00

Fuente: Collazos, 1975; INCAP, 1975.

CONTENIDO DE ÁCIDO OXÁLICO

La oca al ser cosechada posee un sabor amargo, debido al contenido de oxalatos, este parámetro varía según la variedad de oca, este tubérculo contiene una cantidad de ácido oxálico entre 108 a 70mg/100g. Las personas sanas pueden consumir alimentos que contienen ácido oxálico u oxalatos, en personas que presentan problemas con cálculos renales no es recomendable su consumo, pero se debe considerar que la presencia de ácido oxálico en el tubérculo oca, es bajo comparada con la espinaca y acelga entre otros alimentos, que contienen un alto contenido de este compuesto.

Su nombre se debe a que deriva de las plantas Oxalis, y por su presencia natural en ellas, se puede encontrar este compuesto (ácido oxálico) en varios vegetales en forma sales de (oxalatos) de potasio, como se muestra a continuación en la tabla I-8.

Tabla I-8 Ácido oxálico presente en diferentes vegetales (Contenido en 100g de alimento en peso neto).

ALIMENTO	ÁCIDO OXÁLICO (mg/100g)
Espinacas (hojas)	571.00
Acelga	690
Oca (materia fresca)	82.93
Alcachofa	8.80
Apio	6.80
Coliflor	6.60
Zanahoria	6.10
Col	4.90

Fuente: Martínez, 2000.

USOS Y FORMA DE CONSUMO DE LA OCA

- **FRESCA.-** El tubérculo se consume soleado, en distintas formas: horneado, sancochado, frito, en ensaladas, en guiso, sopas y como postre.
- **USO MEDICINAL.-** Empleado como emoliente y astringente, como también para desinflamar los testículos y contra el dolor de oídos.
- **OKHAYA.-** Sometido a congelación remojo y deshidratación (a la sombra), adquiriendo color blanco para obtención de Harina.
- **KHAYA.-** Se procesa por congelación y deshidratación, de color oscuro (parecida al chuño).
- **FORRAJE.-** La planta entera es utilizada para alimento de ganado especialmente porcino.

- **USOS INDUSTRIALES.-** En usos industriales se tienen: harinas, néctares, oxalatos, mermeladas, almidón y biopesticidas.

VARIEDADES DE OCA

Existen 3 variantes principales, la amarilla (producida mayormente en valles), roja y la morada (producidas en condiciones más adversas). Las dos primeras con un sabor relativamente ácido (aún con exposición al sol) y la tercera, con un sabor dulzón pero de tamaño menor. (Beatriz Brito, 2003).

Las preparaciones típicas son similares a las de la papa y otros tubérculos. El tubérculo también se deshidrata y muele para obtener una fécula similar al chuño, llamada khaya. En Nueva Zelanda, donde sólo se conoció a finales del siglo XX, ha tenido muy buena aceptación y es consumida hervida, asada o frita. (Beatriz Brito, 2003).

Los países andinos presentan un alto potencial de producción y diversificación de los rubros agrícolas no tradicionales, donde las raíces y tubérculos constituyen parte importante de esta capacidad. Las referidas especies no han alcanzado un alto grado de aceptabilidad como el que tiene la papa, pues han sido menos estudiadas y valorizadas en el campo agronómico, a la vez que se están generando tecnologías agroindustriales que permitan su transformación. (Alfaro G, 1999).

HARINAS

Para la Real Academia Española (2014), la harina es el polvo fino que se obtiene del cereal molido y de otros alimentos ricos en almidón.

La harina es un polvo fino elaborado con granos de cereales llevando a cabo procedimientos como: trituration o molienda en los que se separa parte del salvado y del germen y el resto se muele hasta darle un grado adecuado de finura. (INEN, 2006).

Para el desarrollo de este estudio llamado Obtención de Harina de Oca Amarilla se fundamentará con datos sobre diferentes Harinas que se encuentran en el **Codex Alimentarius** (ley o código de alimentos), conjuntamente con la Organización

Mundial de la Salud (**OMS**) y La Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (**FAO**), Roma, 2007.

La comisión del Codex Alimentarius es un órgano intergubernamental con más de 170 miembros en el marco del Programa Conjunto sobre Normas Alimentarias establecido por la (FAO) y la (OMS), tiene por objetivo proteger la salud de los consumidores y asegurarse de las prácticas correctas de elaboración en el comercio de alimentos. Siendo así se realizó una recopilación de datos de las Harinas que se encuentran dentro del Codex Alimentarius plasmando los datos en la siguiente Tabla I-9:

Tabla I-9 Norma del Codex Alimentarius para Harinas.

Factor/ Descripción	Harina de Mijo Perla	Harina de Sorgo	Harina de Trigo	Harina de Yuca	Harina Integral de Maíz	Harina y la sémola de maíz sin germen
Humedad	13,0 %	15,0%	15,5%	13,0 %	15,0 %	15,0 %
Tamaño de partículas	0,5 mm		0,212mm	0,60 mm	0,212-0,71 mm	0,210-0,71 mm
Ceniza	0,8 -1,0 %	0,9-1,5%		3,0%	máx. 3,0%	máx. 1,0%
Proteína	8,0%	8,5%	7,0%		mín. 8,0%	mín. 7,0%
Grasa	máx. 5,0%	2,2-4,7%			mín. 3,1%	máx. 2,25%
Fibra Bruta	máx. 1,5 %	1,80%		máx. 2,0%		

Fuente: Codex Alimentarius; Cereales, legumbres, leguminosas y productos proteínicos vegetales, Roma, 2007.

Existen otros estudios e investigaciones que sirven de guía para la presente investigación que serán una guía de un rango en el cual deben estar los parámetros de diferentes análisis que se realizará al producto final y que parámetros son de

importancia para las harinas, en la siguiente tabla I-10 tenemos algunas composiciones de la harina de camote.

Tabla I-10 Parámetros de la Harina de Camote

Harina de Camote	Temperatura	Granulometría	Humedad	Gluten seco
	70°C	0,325-0,200 mm	15%	5.5%

Fuente: Elaboración propia.

En la siguiente tabla I-11 tenemos algunos datos complementando a los que se tiene sobre la Harina de Trigo en la Tabla I-9, presentada a continuación:

Tabla I-11 Composición Química para la Harina de Trigo

Norma de Codex Para Harina de Trigo	Almidón %	Humedad %	Proteínas %	Otros Comp. Nitrogenados %	Azúcares %	Grasa %	Minerales %
	60-72	14-16	8-14	1,0-2,0	1,0-2,0	1,2-1,4	0,4-0,6

Fuente: Codex Alimentarius; Cereales, legumbres, leguminosas y productos proteínicos vegetales, 2007.

También es necesario mencionar datos sobre la Harina de Oca proporcionados por la (FAO), que son parámetros promedio mostrados a continuación, dichos datos fueron recopilados de un proyecto llamado Estudio de diez variedades de Oca, en el cual también proporciona una referencia del tiempo de secado de la oca que se da entre 3 y 4,5 horas a 65°C:

Tabla I-12 Porcentaje de humedad, proteína y almidón en Harina de Oca según la F.A.O

Parámetros	Según la (FAO)
Humedad	8,3%
Proteína	5,88% b.s
Almidón	76,8% b.s

Fuente: Torres Santa Cruz Elizabeth Miriam; Caracterización de diez variedades de Oxalis tuberosa molina (oca) y alternativas de industrialización; Universidad Privada Boliviana-Investigación y desarrollo; 2004.

Otro proyecto que brinda ayuda sobre Harina de Tubérculos es el proyecto sobre Obtención de Harina de Papa de la Universidad Autónoma Juan Misael Saracho, el cual presenta parámetros sobresalientes como la temperatura de secado, la granulometría y el tiempo de secado, que interesan como referencia para el presente estudio.

Tabla I-13 Parámetros para la Obtención de Harina de Papa

PARÁMETROS	RESULTADOS	UNIDADES
Valor energético	367	Kcal/100g
Humedad	7,63	g/100g
Proteína	7,93	g/100g
Materia grasa	no se detecta	
Carbohidratos	81,63	g/100g
Fibra cruda	0,41	g/100g
Cenizas	0,81	g/100g
Temperatura de secado	60	°C
Tiempo de secado	8	Horas
Granulometría	El 98% o más deberá pasar a través de un tamiz: (N°70) - 212	micras
Espesor	2	mm

Fuente: Salazar Salazar Ana Gabriela; Obtención de harina de papa (variedad marcela ojosa) mediante el secado por aire caliente; Marzo 2016.

DESCRIPCIÓN CUALITATIVA DE LAS HARINAS

La composición química en las harinas básicamente es la siguiente:

- ✓ **ALMIDÓN.-** Componente principal que está presente en todos los cereales y otros alimentos. Es un glúcido que transformando la levadura en gas carbónico permite una fermentación.
- ✓ **AZÚCARES.-** Presentes en la harina, pero en menor porcentaje, ayudan a la levadura a transformar el gas carbónico.
- ✓ **GLUTEN.-** Brinda elasticidad a las masas, retiene la presión del gas carbónico producido por la levadura. El gluten es el conjunto de proteínas de pequeño tamaño, contenidas en harinas, fundamentalmente en la de trigo, está compuesto por prolaminas y glutelinas, es apreciado por sus cualidades visco elásticas únicas, brindando elasticidad a las masas, permitiendo que con la fermentación del pan obtenga adquiera volumen, consistencia esponjosa y elástica. El gluten no es indispensable para el ser humano, por ser una mezcla de proteínas de bajo valor nutricional, con baja calidad por deficiencia en aminoácidos esenciales, por lo que su exclusión de una dieta no es un problema y puede sustituirse por otras proteínas vegetales o animales.
- ✓ **MATERIAS GRASAS.-** Localizadas en el germen y en las cáscaras del grano de trigo. Es importante destacar que parte de estas materias desaparecen durante el envejecimiento de las harinas y se convierten en ácidos grasos que alteran la calidad de la harina.
- ✓ **MATERIAS MINERALES O CENIZAS.-** Para determinar su porcentaje es necesaria la incineración de las harinas. Si el porcentaje de cenizas es menor, la pureza de la harina es mayor (0000), la de 3 ceros (000) es más oscura y absorbe mayor cantidad de agua.
- ✓ **VITAMINAS.-** Las vitaminas que contiene son: B1, B2 y E.

EVALUACIÓN BROMATOLÓGICA

➤ PROTEÍNA

Las proteínas son componentes esenciales de la dieta. Las tres funciones esenciales de la materia viva (nutrición, crecimiento y reproducción) están vinculadas a las moléculas proteicas y a las estructuras que las integran: péptidos y aminoácidos (UNDI, 2012).

La proteína en harina de oca, determinado por la F.A.O para América Latina y el Caribe es de 5,88% en base seca.

El aminoácido mayoritario en la materia prima es la lisina (garantiza la absorción adecuada del calcio, ayuda a formar colágeno, útil en la formación de anticuerpos y estimula la hormona del crecimiento), y la glutamina (principal portador de nitrógeno en el cuerpo y es una fuente de energía importante para las células), con un valor de 1,52 gramos de aminoácido por 100 gramos de oca fresca.

Tabla I-14 Composición proximal de Proteína en Harina de yuca, trigo y oca

Característica	Harina de Yuca	Harina de Trigo	Harina de Oca
	g/100g	g/100g	g/100g
Proteína	2,00 ±0,45	11,97 ±0,64	5,88

Fuente: Benitez Betty, Composición próxima, evaluación microbiológica y sensorial de una galleta formulada a base de harina de yuca y plasma de bovino; ENERO, 2018

➤ **ENERGÍA**

Tradicionalmente se ha reconocido que los tubérculos cumplen un rol energético en la alimentación por cuanto su componente mayoritario en materia seca corresponde al almidón. (Pertuz, 2014).

Tabla I-15 Composición proximal de Energía en Harina de yuca, trigo y oca

Característica	Harina de Yuca	Harina de Trigo	Harina de Oca
	Kcal/100g	Kcal/100g	Kcal/100g
Energía	324,94 ±0,34	319,27 ±0,89	325

Fuente: Benitez Betty, Composición próxima, evaluación microbiológica y sensorial de una galleta formulada a base de harina de yuca y plasma de bovino; ENERO, 2018

➤ **GRASA**

El contenido de grasa en tubérculos es bajo lo cual constituye una ventaja para individuos con restricciones de calorías y/o de grasas dietarios. Dado el incremento en la población de morbilidad por enfermedades crónicas no transmisibles y patologías quieren limitar el consumo de calorías.

Tabla I-16 Composición proximal de Grasa en Harina de yuca, de trigo y oca

Característica	Harina de Yuca	Harina de Trigo	Harina de Oca
	g/100g	g/100g	g/100g
Grasa	0,61 ±0,38	0,53 ±0,76	1,27

Fuente: Benitez Betty, Composición próxima, evaluación microbiológica y sensorial de una galleta formulada a base de harina de yuca y plasma de bovino; ENERO, 2018

➤ **VITAMINAS**

Los tubérculos aunque contienen vitaminas, no son considerados alimentos fuente de estos nutrientes,

➤ **MINERALES**

El contenido de minerales en el tubérculo depende directamente de la naturaleza del suelo donde es cultivado, por tal razón el contenido de minerales es variable.

➤ **CENIZAS**

Las cenizas de los alimentos están constituidas por el residuo inorgánico que queda después de que la materia orgánica se ha quemado. Las cenizas obtenidas tienen necesariamente la misma composición que la materia mineral presente en el alimento original, ya que pueden existir pérdidas por la volatilización o alguna interacción entre los componentes del alimento. La determinación de cenizas también es útil para determinar el tipo de alimento, así como para detectar adulteraciones y contaminaciones. (Pitta Virga R. 2007).

➤ **MACRO ELEMENTOS**

Los macro elementos se llaman así porque son los que el organismo necesita en mayor cantidad y se miden en gramos. Entre los macro elementos tenemos al calcio, sodio, fósforo, potasio, magnesio. (Pitta Virga R. 2007). Entre los macro elementos presentes en la oca deshidratada están el calcio y fósforo.

➤ **MICRO ELEMENTOS**

Los micro-elementos son otras sustancias inorgánicas que aparecen en el cuerpo en diminutas cantidades, pero que son esenciales para gozar de buena salud, aparecen en cantidades suficientes en casi todos los alimentos, entre los cuales están el azufre,

cobre, hierro, manganeso, zinc. (Pitta Virga R. 2007). Cabe mencionar que el hierro está presente en la oca deshidratada.

CLASIFICACIÓN DE LA HARINA

Las harinas se clasifican por ceros, es decir, cero (0), dos ceros (00), tres ceros (000) y cuatro ceros (0000), según lo refinada que esté la harina. Las harinas 0 y 00 son las menos refinadas y se denominan harina de gran fuerza y harina de media fuerza respectivamente. La harina de gran fuerza (0) contiene un 15% de proteínas por cada 100g y generalmente se trata de harinas completas e integrales que son ideales para preparar panes de campo, rústicos y masa para tartas rústicas. La harina de media fuerza contiene entre un 11.5%-13.5% de gluten y por lo general se usan para hacer panes con aceites o bollería hojaldrada.

La harina de fuerza y la harina floja aportan plasticidad, estructura, elasticidad, tenacidad, color, proteínas y sabor. La harina (000) es ideal para hacer pizzas o masas que precisen de levadura, dado que cuenta con un gran contenido de gluten y además retienen más gas, por lo que tienen mayor estructura. La harina (0000) es la más refinada de todas por su bajo contenido en gluten y siempre se utiliza para la elaboración de galletas, masas y bizcochos.

- Harina 0 = Harina de gran fuerza (menos refinada).
- Harina 00 = Harina de media fuerza.
- Harina 000 = Harina de fuerza.
- Harina 0000 = Harina floja (más refinada, absorben poca agua, bajo contenido en gluten).

HARINA DE OCA AMARILLA

El desarrollo del estudio de este producto como harina de oca, es de importancia por el hecho de abrir campo al estudio de otros tubérculos que no se consumen en comparación con la papa, siendo que también poseen grandes aportes nutricionales para consumo humano, también cabe recalcar que esta investigación evaluará las propiedades que brinda la harina de Oca, para producir productos como pastas, o para

panificación, empleado en mezclas con harina de trigo u otras, en diferentes proporciones, debido a la inexistencia de gluten.

PROCESO TECNOLÓGICO DE PRODUCCIÓN DE HARINA

A continuación se presenta el diagrama de bloques I-1 en el que se plasman los procesos esenciales para la obtención de harina.

Diagrama I-1 Proceso tecnológico de obtención de harina



Fuente: Martínez, K. (2015).

RECEPCIÓN

La recepción consiste en la elaboración de una serie de pruebas previas a la descarga para evidenciar si la materia prima se ajusta a las especificaciones fijadas en el contrato de compra, como pueden ser el peso de la partida, las características físico-químicas y el estado sanitario.

En función de los resultados de estas pruebas se autorizará o rechazará su ingreso en fábrica y se determinará el destino de esta partida en las instalaciones de almacenamiento de la industria. La descarga de la materia prima tiene lugar mediante el volcado en la tolva de recepción.

Esta fase comprende tres operaciones:

- Control de calidad, para que un lote pueda ser aceptado.
- Pesado.
- Descarga en tolva.

ALMACENAMIENTO

Por lo general, la materia prima es sometida a un almacenamiento en naves o silos durante periodos relativamente largos antes de su utilización. Para que la materia prima se mantenga en condiciones óptimas durante su almacenamiento es importante que se encuentre lo más limpio y seco posible. Son tres los factores que se han de controlar durante esta fase: la humedad, el tiempo y la temperatura del almacenamiento.

El contenido en humedad de la materia prima, además de ser importante desde el punto de vista económico, es el factor más influyente en su almacenamiento seguro. Un mínimo aumento en el nivel de humedad puede desencadenar el deterioro de la materia prima.

Para beneficiar la conservación de la materia prima durante el almacenamiento, es frecuente que antes de su ingreso en las instalaciones de almacenamiento se someta a un proceso de PRELIMPIEZA, con objetivo de eliminar las impurezas. Este proceso tiene un efecto económico importante puesto que al quitar estas impurezas se deja un mayor espacio para el almacenamiento.

LIMPIEZA

Previo al proceso de molturación tiene lugar la limpieza de la materia prima. Este proceso tiene por objeto eliminar todo tipo de impurezas y materiales extraños que

puedan existir en la materia prima, como por ejemplo: tierra, polvo, piedras, entre otros.

Para ello, se pasa por una sucesión de máquinas que van realizando esta limpieza en base a distintas formas de actuación: separación en función del tamaño, del peso, de la densidad, de la forma. De modo general, una instalación de limpieza contará con maquinaria para la separación de impurezas ligeras por aspiración de aire, cribas horizontales que permiten eliminar aquellos elementos extraños, deschinadoras para la eliminación de piedras, separadores centrífugos y magnéticos, cepilladoras o despuntadoras.

Durante la limpieza, la materia prima es transportado en continuo de una máquina a otra, combinando el movimiento en caída libre con movimientos ascendentes mediante transportadores de cangilones o de cadena, sin que prácticamente sea necesaria la intervención de los operarios cuyas funciones se limitan a la vigilancia del correcto funcionamiento del proceso, pero sin contacto con el producto.

ACONDICIONAMIENTO

Previo al proceso de secado está el acondicionamiento que consiste en las etapas de selección, pelado, rebanado y escaldado de la materia prima.

SELECCIÓN.- Con la materia prima limpia, se pasa al proceso de selección, en el cual se procede a la separación de la materia prima que se utilizará, de las que serán eliminadas o empleadas para otro fin, como materia prima que no presenta las cualidades requeridas en cuanto a forma, color, madurez, el tamaño o quizá la existencia de daños microbiológicos. Esta etapa se realiza en un ambiente adecuado para este fin, como una cinta transportadora para selección.

PELADO.- Consiste en la separación de la piel de la materia prima, que puede realizarse por medios físicos, con cuchillas, o aparatos con este fin, como también por medios químicos basado en la descomposición de la piel, desintegrando tejido celular externo.

REBANADO.- Consiste en el proceso de cortado uniforme de la materia, es de importancia la uniformidad para la penetración del calor en la etapa de secado, para el secado el tipo de corte favorece la relación superficie/volumen, aumentando la eficiencia del proceso.

El rebanado se llevará a cabo con equipos que realicen cortes uniformes, y que presente la menor pérdida de materia prima posible.

ESCALDADO.- Este proceso tiene como objetivo el inactivar enzimas que provocan el mal olor, mal sabor y cambios en el color de la materia prima.

SECADO

Secado se refiere a la remoción del líquido de un sólido por evaporación, (Perry, 1984).

Es el proceso más utilizado para la conservación de alimentos, convirtiéndose en un método de gran importancia en la industria química y de alimentos para la producción de productos sólidos, evitando la proliferación de microorganismos, impidiendo la putrefacción.

1.3.5.1 CLASIFICACIÓN Y SELECCIÓN DE SECADORES

La clasificación para los secadores es muy amplia, sin embargo se hace mención solamente a aquellos que mejor se ajustan al presente proyecto:

- Secadores Directos o por convección
- Secadores indirectos o por conducción

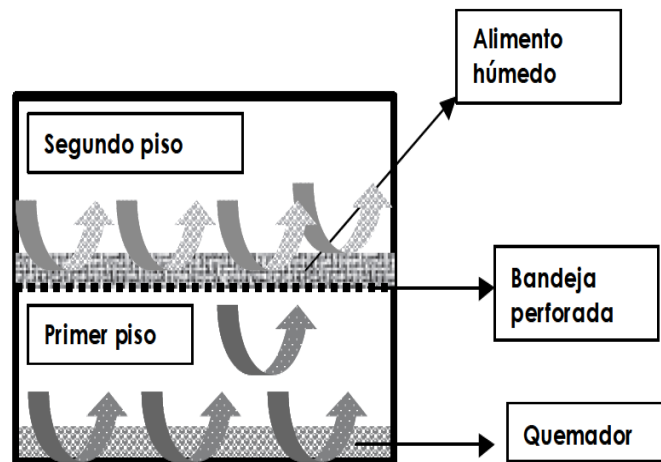
1.3.5.1.1 SECADORES DIRECTOS O POR CONVECCIÓN

Por lo general son aparatos sencillos y de fácil manejo En estos secadores la transferencia de calor es por convección, y son empleados para secar partículas y alimentos en forma laminar o pasta. El calor es suministrado a través de aire caliente o gas que fluye sobre la superficie del sólido a secar. Los gases inertes, el aire o vapor sobrecalentado, pueden ser utilizados en sistemas de secado convectivos (Mujumdar, 2000).

➤ SECADORES DE HORNO O ESTUFA

Es el más simple y consta de un pequeño recinto en forma paralelepípedica de dos pisos. El aire de secado se calienta en un quemador del piso inferior y atraviesa por convección natural o forzada el segundo piso perforado en el que se asienta el lecho de producto a secar. Su utilización en la industria de alimentos es bastante reducida, empleándose para el secado de manzanas, lúpulo y forrajes verdes.

Figura 1-4 Esquema de un secador de horno o estufa.



Fuente: Pedro Fito; “Introducción al secado de alimentos por aire caliente” Pág.21

➤ SECADORES DE BANDEJA O CHAROLAS

Funciona mediante un ventilador que recircula aire calentado con vapor paralelamente sobre la superficie de las charolas, también puede usar calor eléctrico y es de funcionamiento intermitente o discontinuo.

Está formado por una cámara metálica rectangular que contiene soportes móviles sobre estos se apoyan los bastidores. Cada bastidor tiene una cierta cantidad de bandejas, una sobre otra con una separación favorable que se cargan con el material que se va secar.

Se hace recircular aire caliente entre las bandejas mediante un ventilador conectado al motor haciéndole pasar por el calentador de haz de tubos por el cual circula habitualmente vapor de agua, por medio de un conducto de salida se evacua aire

húmedo y por la abertura de entrada penetra aire fresco. Finalizando el secado, se saca de la cámara al conjunto de los bastidores para descargar el producto seco y cargar nuevamente.

Cuando las características de la materia a secar lo permiten, se emplean bandejas perforadas en las que el aire circula a través de la capa de sólidos, con lo que se aumenta la superficie del sólido expuesta al aire, disminuyendo el tiempo de secado.

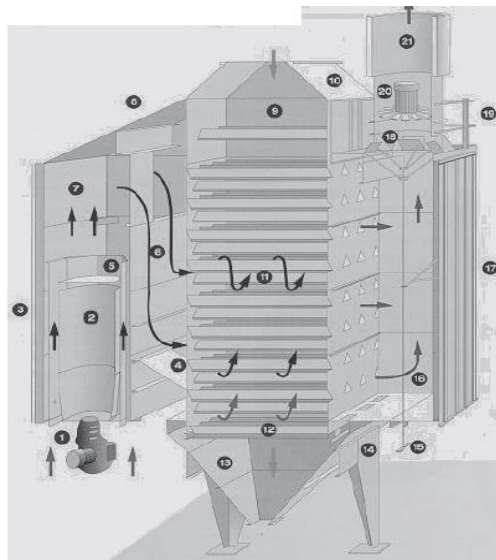
El secado de este equipo puede ser:

- De flujo horizontal, si el aire circula paralelamente al lecho a secar.
- De flujo transversal, si el aire circula perpendicularmente al lecho a secar.

Los secadores de bandejas son útiles para secar pequeñas cargas de productos valiosos, por lo general se emplean para capacidades entre 25 a 50 kg/h de producto seco.

En estos secadores se puede secar cualquier material, pero por la mano de obra que requiere para la carga y descarga, su operación resulta elevada para la baja capacidad de producción.

Figura 1-5 Secador de bandejas o charolas.



Fuente: Pedro Fito; “Introducción al secado de alimentos por aire caliente” Pág.22.

1.3.5.1.2 SECADORES INDIRECTOS O POR CONDUCCIÓN

El calor es transferido al sólido por un medio externo, un ejemplo de ello es el vapor de agua condensada y a través de una placa metálica con la cual hará contacto el sólido. (Mc Cabe, 2002).

➤ SECADORES DE BANDEJAS A VACÍO

Se encuentran formados por una cámara cerrada herméticamente, con placas calefactoras y bandejas donde se coloca el material a secar y está conectada a una bomba de vacío.

➤ SECADORES POR SUBLIMACIÓN (LIOFILIZADORES)

Son secadores de bandeja al vacío en los cuales se dan tres etapas: Congelación a bajas temperaturas, secado por sublimación del hielo, generalmente a baja presión, almacenamiento del producto seco en condiciones controladas.

Sus ventajas son:

- Los alimentos obtenidos por este método conservan las características organolépticas.
- La rehidratación de estos productos es más rápida que por otros métodos.

Las desventajas vienen a ser:

- Altos costos.
- Tiempo empleado en el proceso de secado.

Figura 1-6 Liofilizador de mesa.



Fuente: <https://es.wikipedia.org/wiki/Liofilizaci%C3%B3n>

1.3.5.2 FACTORES QUE INTERVIENEN EN EL PROCESO DE SECADO

- **TEMPERATURA DEL AIRE**

La temperatura desempeña un papel importante en el proceso de secado. En forma general conforme se eleva su valor se acelera la eliminación de humedad. En la práctica del secado, la elección de la temperatura se toma en cuenta considerando la especie que se vaya a someter a proceso.

- **HUMEDAD RELATIVA DEL AIRE**

Se define como la razón de la presión de vapor de agua presente en este momento, con respecto a la presión de saturación de vapor de agua a la misma temperatura, (Perry, 1984). Generalmente es expresado en (%), a medida que aumenta la temperatura del aire aumenta su capacidad de absorción de humedad y viceversa. Cuando el aire contiene su máxima capacidad, se habla de un aire saturado, incapaz de absorber más humedad.

- **VELOCIDAD DEL AIRE**

La velocidad del aire dentro del secador tiene como funciones, primero, transmitir la energía requerida para calentar el agua contenida en el material facilitando su evaporación, luego transportar la humedad saliente del material.

La capa límite existente entre el material a secar y el aire es importante en el proceso de secado. Cuanto menor sea el espesor de esta capa límite, más rápida será la remoción de humedad.

- **AGUA EN LOS ALIMENTOS**

La actividad de agua es la cantidad de agua libre en el alimento, es decir, el agua disponible para el crecimiento de microorganismos y para que se puedan llevar a cabo distintas reacciones químicas. Tiene un valor máximo de 1 u mínimo de 0, el producto se conservará, mientras menor sea el valor, la actividad de agua se relaciona con la textura de los alimentos, a mayor actividad, más jugosa y tierna la textura, sin embargo, el producto se altera de forma más fácil y se debe tener más cuidados.

Si la actividad de agua es menor, la textura se endurece y el producto se seca más rápido, son más crujientes y se rompen con facilidad.

El agua es un factor determinante en las diferentes reacciones que pueden aumentar o disminuir la calidad nutritiva y sensorial de los alimentos.

Cuanto menor es la actividad de agua en un alimento, mayor es su vida útil, es de importancia diferenciar entre cantidad y actividad de agua. La cantidad de agua hace referencia al total de agua presente en el alimento, aunque puede ser que no esté libre para interaccionar, en cambio la actividad de agua, hace referencia sólo a la cantidad de agua libre en el alimento y disponible para reaccionar, en sí, la que facilita la contaminación del producto.

Existen los siguientes tipos de agua:

Agua ligada.- Unida a los solutos del alimento, es difícil de eliminar por deshidratación se la denomina agua mono capa (capacidad solvente nula).

Agua débilmente ligada.- Agua multicapa que ocupa del 3 al 5% del cuerpo, es una parte deshidratable y podría iniciar sólo en parte reacciones químicas como solvente.

Agua libre.- Hallada débilmente ligada, se volatiliza fácilmente, se pierde en el calentamiento y es la única disponible para el crecimiento de microorganismos.

- **PARDEAMIENTO**

Es una reacción que da lugar a la coloración marrón o parda de la superficie de los alimentos. Existen 2 tipos de pardeamiento:

1. Pardeamiento enzimático.- Es una reacción de oxidación en la que el substrato de enzima que la lleva a cabo (polifenoloxidasa, fenolasa o tirosinasa) es el oxígeno, producido cuando se realiza un corte al alimento (frutas, verduras) y se lo expone al aire. El producto de la reacción son quinonas, responsables de la coloración marrón, frecuentemente conocido como oxidación. Por ejemplo este tipo de pardeamiento es el cambio que se da en un plátano tras haberlo pelado y dejado expuesto un tiempo al aire.

2. Pardeamiento no enzimático.- Es una reacción que se da a través de dos procesos:

Reacción de Maillard.- Se da entre un azúcar reductor (glucosa o ribosa) y un aminoácido. Esta reacción se favorece por altas temperaturas y cambios de pH

Caramelización.- Producida entre dos azúcares y en ausencia de compuestos aminados cuando éstos se someten a altas temperaturas, al igual de la coloración marrón, se producen compuestos aromáticos similares a los producidos en las reacciones de Maillard.

1.1.1.3 CURVAS DE SECADO

Este tipo de curva nos muestra el contenido de humedad a través del tiempo en el proceso de secado. En el periodo inicial de secado, el cambio de humedad en el material se muestra en el período A-B. Al finalizar este período el toma una forma lineal del tipo $X=f(t)$, período en el que la velocidad de secado es constante (recta B-C). El secado es constante por un determinado período hasta que llega a un punto crítico (punto C) en el que la línea recta tiende a curvarse y formar una asíntota con el contenido de humedad X_{eq} donde se tiene el valor mínimo en cuanto a humedad en el proceso de secado, significa que el punto E no es tocado.

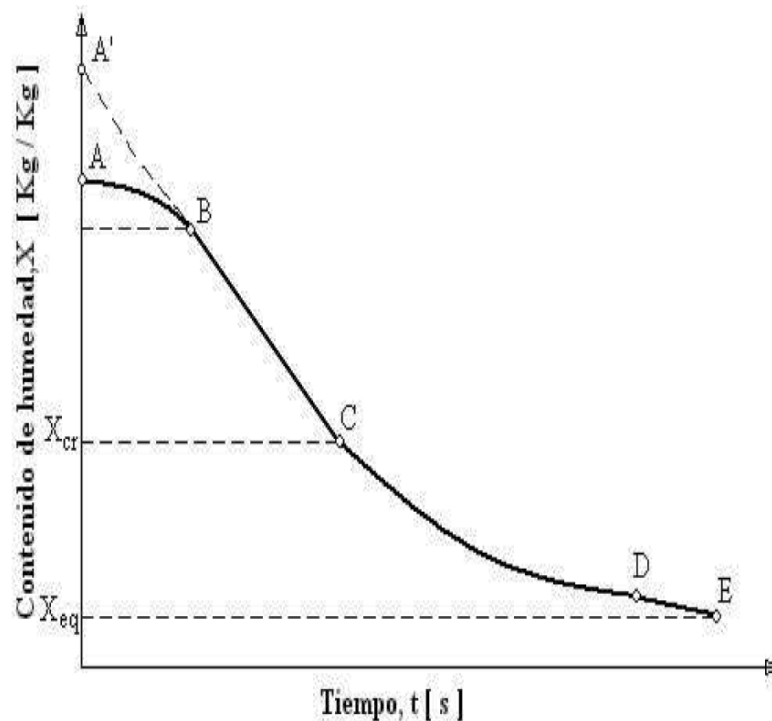
Región A-B: Período de calentamiento, donde la masa del alimento húmedo disminuye sólo un poco debido a la débil contribución del calor sensible a la evaporación de agua.

Región B-C: Período de velocidad constante, donde ocurre gran parte del secado y la pérdida de humedad es directamente proporcional al tiempo.

Región C-D: Primer período de velocidad decreciente y **Región D-E:** Segundo período de velocidad decreciente. En ambas regiones la humedad del alimento disminuye menos rápido que en la región B-C para incrementos de tiempo iguales.

El punto C es el límite entre el período de velocidad y de velocidad decreciente.

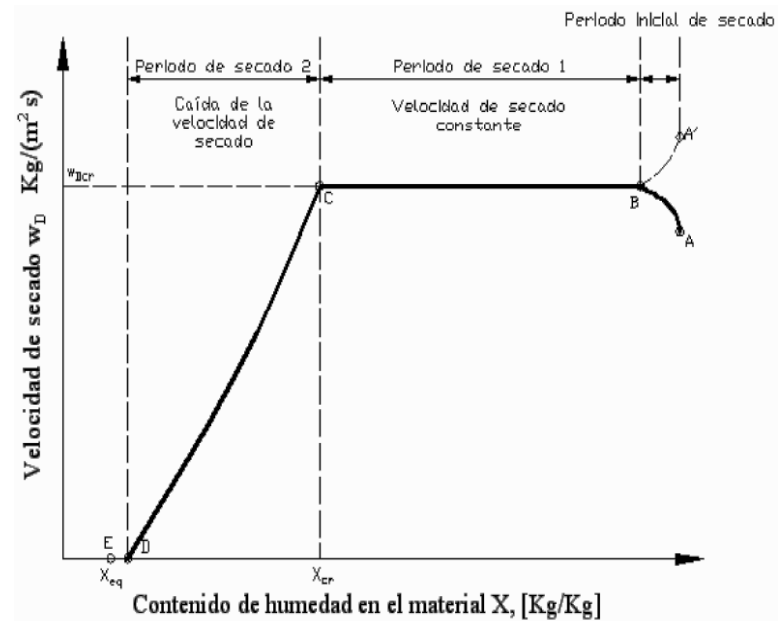
Figura 1-7 Contenido de humedad en función del tiempo.



Fuente: Tecante; Fundamentos de secado, extracción solido-líquido y destilación.

A, B, C, D y E tienen el mismo significado que en la Figura 1-8. La segunda curva permite apreciar de una manera más clara las características de los períodos de secado.

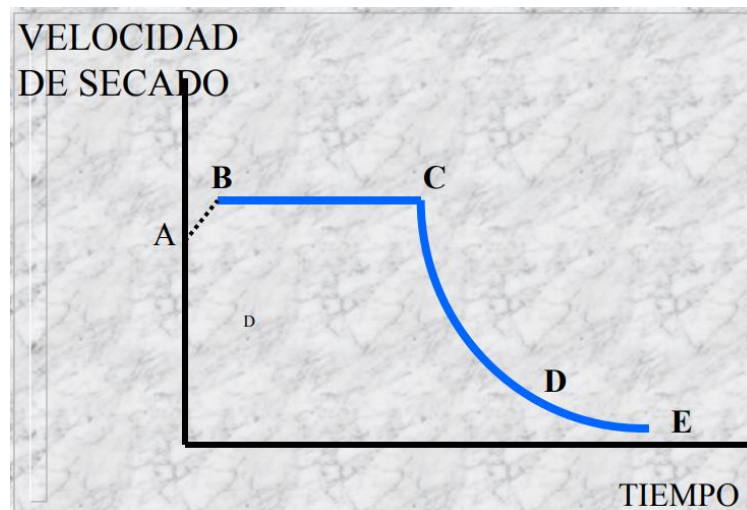
Figura 1-8 Velocidad de secado en función de la humedad.



Fuente: Tecante; Fundamentos de secado, extracción sólido-líquido y destilación.

En la figura 1-9 de velocidad de secado en función del tiempo, la curva demuestra que no es un proceso suave y continuo.

Figura 1-9 Velocidad de secado en función del tiempo



Fuente: <https://procesosdeseparacion.files.wordpress.com/2014/01/secado.pdf>

CINÉTICA DE SECADO

La cinética del secado de un material es la dependencia de la humedad del material y de la intensidad de evaporación con el tiempo o variables relacionadas con este, como la propia humedad o las dimensiones del equipo.

La cinética de secado basa sus estudios en los cambios de la cantidad promedio de humedad con el tiempo, inverso a lo que describe la dinámica del secado que describe los cambios de temperatura y humedad. Sin embargo, el cambio de humedad depende de la transferencia de calor y de masa entre la superficie del cuerpo, el ambiente y el interior del material a secar.

Es necesario saber que la intensidad del secado refleja el cambio en la cantidad de humedad a través del tiempo, que es influenciado por los parámetros del secado como, la temperatura, velocidad relativa del aire, presión total, humedad.

La velocidad de secado se refiere a la unidad de área de superficie de secado, de acuerdo con la siguiente ecuación I-1 (O con J., García T., 1963).

$$W = \frac{SS}{A} \left(-\frac{dX}{dt} \right) \quad \text{Ec.I-1}$$

Dónde:

W= velocidad de secado.

SS= peso de sólido seco.

A= área de la superficie expuesta.

Para la optimización del proceso de secado en términos de calidad y coste del producto y operación, es necesaria la predicción de la velocidad de secado con ayuda de modelos adecuados.

MOLIENDA

Lo que se refiere a la pulverización y dispersión de materiales sólidos, los equipos que se utilizan para disminuir el tamaño de partículas se denominan en general molinos. Se puede procesar desde pocos kilogramos por hora, hasta cientos de toneladas por hora. Muchos productos, entre ellos las harinas se obtienen por operaciones de molienda. (Ordoñez, 2007).

Existen diversas razones por las que es conveniente reducir el tamaño de los alimentos sólidos en la industria alimentaria:

- Mejora la palatabilidad e incrementa los usos del producto como las frutas y verduras ya sean enteras sin piel, troceadas pulpas jugos. En granos de cereales, para productos derivados de estos, como, harinas, sémolas y almidones.
- Facilita la extracción de constituyentes, en extracción de jugo o pulpa, extracción de azúcar, café y extracción de aceites.
- Aumenta la relación superficie/volumen del sólido, aumenta la velocidad de transferencia de calor y masa, que permite optimizar y controlar las operaciones como tratamiento térmico, deshidratación, escaldado, congelación, y otros.
- Permite mezclas íntimas y homogéneas como ser masas de panificación.

ELEMENTOS IMPORTANTES EN LA MOLIENDA

VELOCIDAD CRÍTICA

La velocidad crítica para un molino es la que hace la fuerza centrífuga que actúa sobre los elementos moledores y equilibra el peso de estos a cada instante. Los elementos moledores quedan pegados a las paredes internas del molino y no ejercen

la fuerza de rozamiento necesaria sobre el material para producir la molienda. Por lo tanto, el molino debe trabajar a menor velocidad que la crítica.

RELACIONES ENTRE LOS ELEMENTOS VARIABLES DE LOS MOLINOS

El diámetro del molino, la velocidad y el diámetro de los elementos moledores son los elementos variables del proceso. Sabiendo que en la molienda se utilizan molinos de diferentes tamaños, las relaciones entre los elementos variables son:

- A mayor diámetro de bolas, mayor la rotura de partículas grandes (percusión).
- A menor diámetro de bolas, mayor es la molienda de partículas pequeñas, por la mayor superficie de elementos moledores (fricción)
- A mayor diámetro de bolas, mejor la molienda del material duro (percusión).
- Para igual molienda, a mayor diámetro del molino o mayor velocidad, menor el diámetro necesario de bolas.

TAMAÑO MÁXIMO DE LOS ELEMENTOS MOLEDORES

Los elementos moledores de los molinos no todos tienen el mismo tamaño, a partir de un diámetro máximo se hace una distribución de los mismos en tamaños menores.

VOLUMEN DE CARGA

Los molinos de bolas y barras no trabajan llenos. El volumen ocupado por los elementos moledores y el material a moler referido al total del cilindro del molino, es lo que se denomina volumen de carga.

POTENCIA

La potencia se desarrolla cuando el volumen de carga es de alrededor del 50%, no obstante, normalmente se trabaja entre 30% y 40%.

TIPOS DE MOLIENDA

Para la selección del equipo de reducción de tamaño a emplear, se consideran dos tipos de alimento, para molienda húmeda y seca.

Cuadro I-2 Tipos de molienda

MOLIENDA HÚMEDA	MOLIENDA SECA
Requiere menos potencia por tonelada tratada.	Requiere más potencia por tonelada tratada.
No requiere equipos adicionales para el tratamiento de polvos.	Requiere equipos adicionales para el tratamiento de polvos.
Consume más revestimiento por corrosión.	Consume menos revestimiento.

Fuente: Industrias I, Molienda. 2015.

TIPOS DE MOLINOS

Existen variedad de tipos de molinos entre los que se encuentran los siguientes en el cuadro I-3:

Cuadro I-3 Tipo de molinos

Tipos de Molino	Fuerza aplicada	Producto en los que se emplea
De Bolas	Impacto y cizalla	Harina de pescado, Colorantes
De Martillos	Impacto	Verduras deshidratadas, especias, pimentas, maíz
De Rodillos lisos	Compresión	Refinado de chocolate, molienda de café
De Rodillos estriados	Compresión y cizalla	Caña de azúcar, trigo, cebada
Discos	Cizalla	Maíz, trigo, pimienta, cacao, nuez moscada
Discos y clavos	Cizalla e impacto	Alginatos, lactosa

Fuente: Reducción de tamaño de alimentos. (M. C. Ma. Luisa Colina Irezabal).

TAMIZADO

El tamizado o cribado, es un proceso mecánico que separa los materiales de acuerdo a su tamaño de partícula individual. Se cumple proporcionando un movimiento en particular al medio de cribado, el cual es generalmente una malla o placa perforada, lo que provoca que las partículas más pequeñas que el tamaño de los orificios pasen a

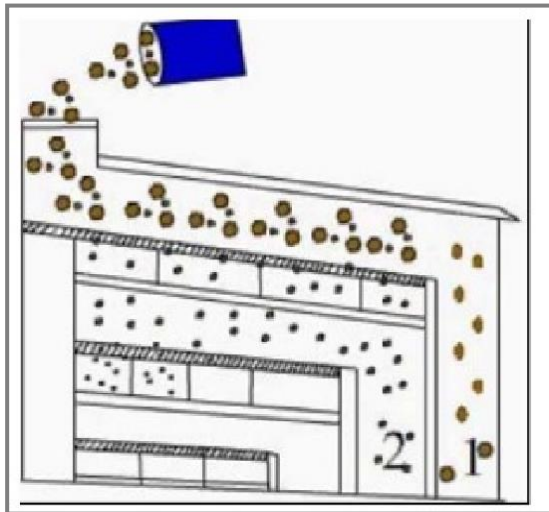
través de ellas como finos y que las partículas más grandes sean acarreadas como residuos.

TIPOS DE TAMICES

TAMICES Y PARRILLAS ESTACIONARIAS

Una parrilla es un enrejado de barras metálicas paralelas dispuestas de forma inclinada en un marco estacionario. Resultan efectivos cuando operan con sólidos muy gruesos que fluyen libremente y contiene poca cantidad de partículas finas.

Figura 1-10 Tamiz y parrillas estacionarias

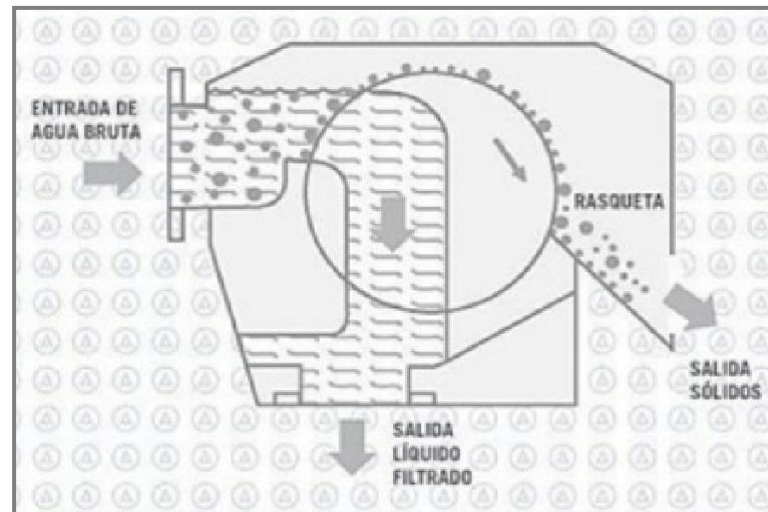


Fuente: Bane, 2015.

TAMICES GIRATORIOS

En casi todos los tamices que producen fracciones clasificadas por tamaños, el material grueso es el primero que se separa mientras que el más fino es el último. Estos aparatos constan de varios tamices acoplados uno encima de otro, formando una caja o carcasa. El tamiz más grueso está situado en la parte superior y el más fino en la inferior.

Figura 1-11 Tamiz giratorio

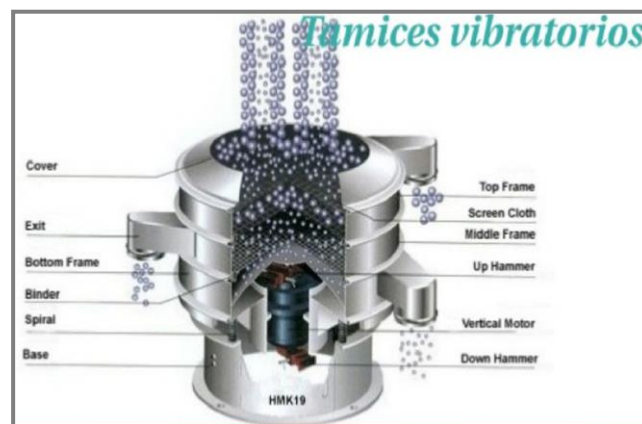


Fuente: Bane, 2015.

TAMICES VIBRATORIOS

Los tamices que vibran con rapidez y pequeña amplitud se obstruyen con menos facilidad que los tamices giratorios. Las vibraciones se pueden generar mecánica o eléctricamente.

Figura 1-12 Tamiz vibratorio

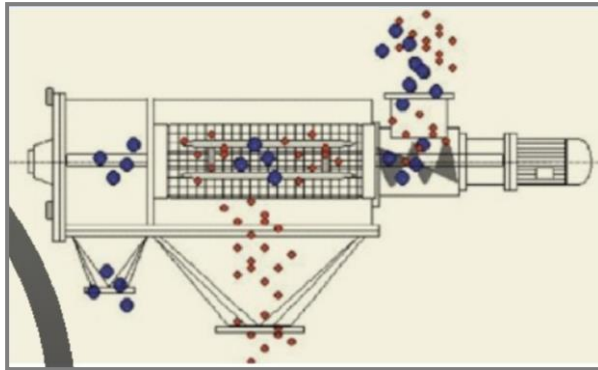


Fuente: Bane, 2015.

TAMIZ CENTRÍFUGO

Este tamiz consiste en un cilindro horizontal de tela metálica o de material plástico. Palas helicoidales de alta velocidad dispuestas sobre un eje central impelen los sólidos contra la parte inferior del tamiz estacionario, con lo que las partículas finas pasan a través del tamiz mientras que el rechazo es transportado.

Figura 1-13 Tamiz centrifugo



Fuente: Bane, 2015.

ENVASADO

La función del envasado es preservar los alimentos elaborados de la luz, humedad y otros contaminantes. Por otro lado la etiqueta debe dar la información de la identidad del productor y de qué tipo de alimento se trata, describe el contenido del saco o paquete.

Envase es el contenedor que está en directo contacto con el producto. Tiene por función guardar, conservar, proteger e identificar el producto, también facilita su manejo y comercialización.

La función práctica del envasado es de asegurar la identificación, limpieza y evita las pérdidas por evaporación, deterioro o derramamiento. El envase es el que asegura que el producto llegue con su calidad de origen, teniendo como fin:

PRESEVAR/CONSERVAR: Otorga una barrera entre el producto y los agentes externos, consiguiendo su permanencia por más tiempo sin sufrir alteraciones en su composición tanto física como química.

PROTEGER: Cuida tanto al consumidor como al medio ambiente del mismo producto, a su vez, aísla al producto de riesgos físicos y mecánicos durante el transporte.

DISTRIBUIR/TRANSPORTAR: Permite que un producto sea transportado con facilidad, impidiendo roturas y deterioros, optimizando los volúmenes de cargas y almacenamiento.

DOSIFICAR: Muestra las distintas presentaciones de comercialización que implica colocar un producto en diferentes cantidades.

La función comunicativa del envase puede convertirse en el único elemento diferenciador dentro de un conjunto de productos con similitud, ya que es el que entra primero en contacto con el consumidor. Es decir, el envase es la mejor carta de presentación, siento el encargado de hablar de las cualidades del producto, elaboración y vencimiento del producto. Se sugiere que tenga un logo para identificar el producto y al emprendedor, por las siguientes razones:

BRINDAR INFORMACIÓN: Sobre el contenido del envase antes de acceder al producto (tipo, cantidad, calidad, información nutricional, lugar de elaboración, entre otros).

PRESENTAR LOS PRODUCTOS A SU EVENTUAL CONSUMIDOR: En un aspecto lo más atractivo posible y en cantidades convenientes para el consumidor.

Estas funciones son importantes, el priorizar unas sobre otras dependen de las necesidades del emprendedor, no siempre se debe cumplir con todas las funciones, debe seleccionarse de acuerdo al producto elaborado.

MATERIALES Y TIPOS DE ENVASES

Los principales materiales que se utilizan para la confección de envases son:

- Madera
- Vidrio
- Metal
- Papel y cartón
- Plástico

Los envases convenientes que se ajustan al presente proyecto para harinas son los de papel y plástico, la siguiente imagen muestra tipos de envases que se emplean para harinas:

Figura 1-14 Tipos de envase para harinas



Fuente: <http://laspanaeras.com/producto/harina-para-freir-el-boqueron/>

PAPEL Y CARTÓN

El papel y el cartón tienen un lugar preferido en los intentos por volver a los materiales tradicionales reciclables, en favor de la ecología. Entre los envases de papel y cartón tenemos las cajas de cartón, estuches de cartulina, tubos de cartón, bolsas de papel, entre otros.

Figura I-15 Envase de papel para harinas



Fuente: <http://www.activa1.com/harineras-villamayor-envases-de-harina-de-1-kg-por-activa-diseno/>

Cuadro I-4 Ventajas y desventajas de envases de papel y cartón.

VENTAJAS	DESVENTAJAS
Reciclables y degradables. Facilidad para compostar, es decir, descomponer sus retos.	Pueden ser frágiles y romperse (por ejemplo si se moja)
Son livianos.	Permeables ante gases, aromas y líquidos (puede dejarle olor al producto).
Versatilidad de formas y dimensiones. Adaptable a los productos.	
Fácil impresión y decoración.	
Son económicos.	

Fuente: Apoyo al Trabajo Popular / Centro INTI-Envases y Embalajes Instituto Nacional de Tecnología Industria, 2012.

PLÁSTICO

Los envases de plástico que actualmente se comercializan pueden ser de tipo rígido (botellas, frascos, cajas, estuches), termo formado (bandejas para viandas) o flexibles (mallas tejidas, multicapas).

Figura I-16 Envase plástico para harinas



Fuente: <http://www.masalladelgluten.com/2014/01/nuevos-productos-en-la-tienda-virtual.html>

Cuadro I-5 Ventajas y desventajas de envases de plástico.

VENTAJAS	DESVENTAJAS
Reciclable.	Puede ocupar espacio de almacenaje

	cuando se trata de un envase terminado (envases rígidos)
Es económico.	Algunos son permeables a los gases, aromas y vapor de agua.
Liviano e irrompible. Resistencia mecánica y flexibilidad.	
Versatilidad de formas (se ablanda a alta temperatura y se fragiliza a bajas temperaturas)	

Fuente: Apoyo al Trabajo Popular / Centro INTI-Envases y Embalajes Instituto Nacional de Tecnología Industria, 2012.

Los envases de plástico son de lo más seleccionados por los emprendedores por ser, económicos, livianos y funcionales. Algunos son permeables, con propiedades de resistencia de barrera y sellado.

ALMACENAMIENTO

La harina es un producto higroscópico, por tanto tiene la capacidad de perder o ganar humedad, lo que hace de gran importancia el lugar donde se vaya a almacenar.

El almacenamiento debe hacerse en lugar seco, la temperatura no debe superar los 18°C, evitando así el deterioro de la harina. La humedad del ambiente no debe superar al 15%, ya que se proliferan de insectos.

El almacenamiento debe hacerse lejos de sustancias volátiles o penetrantes (pintura, combustibles, detergentes) ya que la harina tiene gran capacidad de absorber olores.

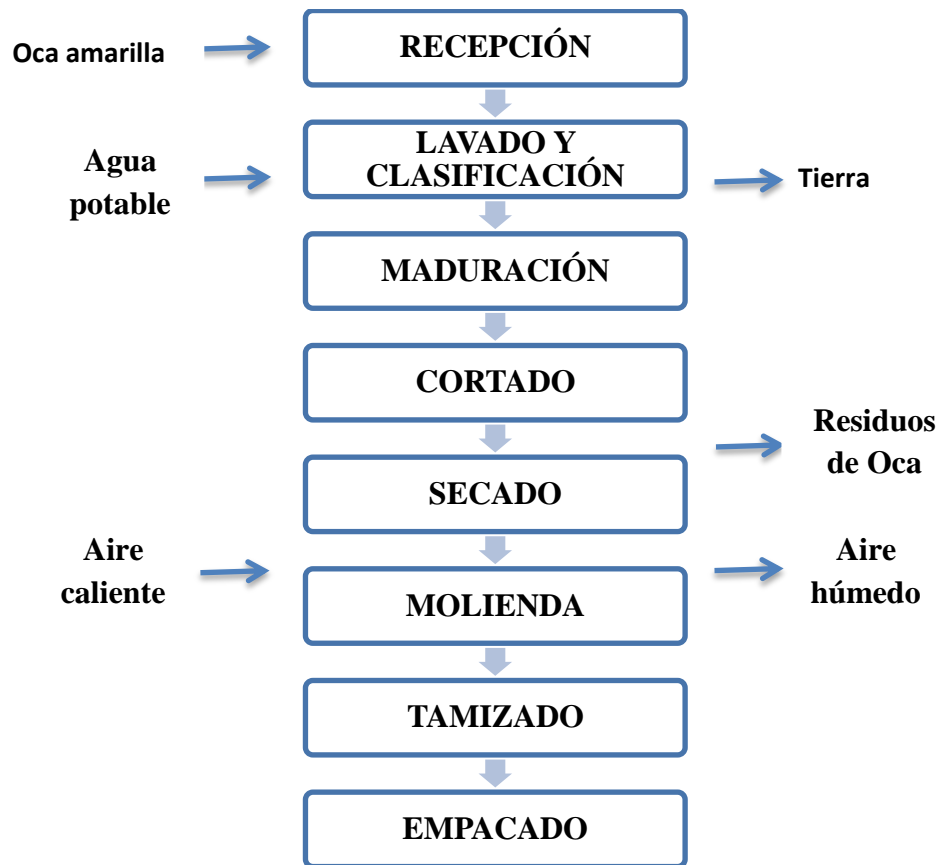
ESTUDIOS PREVIOS PARA LA OBTENCIÓN DE HARINA DE OCA AMARILLA

Como bien lo dice, en la presente sección, se realiza un estudio previo sobre la obtención de harina de oca, a continuación se hace mención de un proyecto de grado donde se obtiene Harina de Oca, lo cual es una referencia para elaborar la Harina de oca en el presente proyecto, sirviendo de guía en algunas etapas.

a) Método para la elaboración de harina de oca con tipo de corte en rodajas y maduración

Estudio realizado por Karla Geomaira Martínez Contreras, 2015 en la Tesis de grado “Evaluación de diferentes variedades de Oxalis Tuberosa (OCA) para la obtención de harina de oca con fines industriales”, se simplifica su proceso en el Diagrama de bloques I-2 mostrado a continuación:

Diagrama I-2 Diagrama de bloques de elaboración de Harina de Oca



Fuente: Karla Geomaira Martínez Contreras; Evaluación de diferentes variedades de Oxalis Tuberosa (OCA) para la obtención de harina de oca con fines industriales; [Quevedo-Los Ríos-Ecuador; 2015]

El proceso inicia con la recolección de oca de dos cultivos diferentes, se procede al lavado de la oca con cepillos y agua para evitar agentes extraños que afecten la calidad de lo que llegará a ser harina; en la etapa de clasificación se eliminan ocas dañadas por insectos y hongos, o magulladas; luego se procede a la etapa de maduración en la que expusieron los tubérculos al sol, a una temperatura media de 30°C, como también se sometió a un calor inducido en una estufa a una temperatura de 50°C, en tiempos de 3 y 6 días respectivamente, esto para minimizar el contenido de ácido oxálico que tiene un sabor amargo.

Luego se pasa a cortar en rodajas de aproximadamente 1mm de espesor para pasar al secador a ser deshidratados en recipientes de aluminio por un lapso de 5 horas a 60°C. Al tener las ocas secas, se procede a molerlas en un molino pulverizador para

tamizar a la granulometría adecuada, y finalmente el producto final empacado en bolsas de cierre hermético.

En la tabla I-17 se aprecian los resultados de los análisis realizados en el proyecto “Evaluación de diferentes variedades de Oxalis Tuberosa (OCA) para la obtención de harina de oca con fines industriales”.

Tabla I-17 Resultados de los análisis de Harina de Oca del Proyecto “Evaluación de diferentes variedades de Oxalis Tuberosa (OCA) para la obtención de harina de oca con fines industriales”.

Factor ABC	Ceniza (%)	Energía (kcal/g)	Fósforo (mg/100g)	Grasa (%)	Hierro (mg/100g)	Humedad (%)	Proteína (%)	Fibra (%)
Oca blanca madurada al sol por 3 días	2.45	3.75	197.74	0.25	9.19	11.18	3.18	3.09
Oca blanca madurada al sol por 6 días	3.38	3.74	214.82	0.42	9.55	10.60	2.66	1.98
Oca blanca madurada con calor inducido por 3 días	3.39	3.70	214.31	0.52	18.72	10.72	3.34	1.92
Oca blanca madurada con calor inducido por 6 días	3.42	3.65	212.05	0.63	25.73	10.47	2.86	1.76
Oca amarilla madurada al sol por 3 días	3.94	3.64	165.23	0.34	37.49	11.81	3.33	2.77

Oca amarilla madurada al sol por 6 días	3.56	3.86	183.20	0.63	43.09	10.56	3.12	2.08
Oca amarilla madurada con calor inducido por 3 días	3.61	3.86	192.17	0.51	27.65	10.75	2.78	1.90
Oca amarilla madurada con calor inducido por 6 días	3.24	3.83	191.53	0.70	29.16	10.44	2.58	1.93

Fuente: Karla Geomaira Martínez Contreras; Evaluación de diferentes variedades de Oxalis Tuberosa (OCA) para la obtención de harina de oca con fines industriales; [Quevedo-Los Ríos-Ecuador; 2015]

CAPÍTULO II
PARTE EXPERIMENTAL

CAPÍTULO II

METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN

2.1 INTRODUCCIÓN

En el presente capítulo se describe el proceso que se emplea para la obtención de harina de oca amarilla.

La parte experimental del proyecto de grado “Elaboración experimental de Harina, de consumo humano, a partir de oca amarilla, cultivada en la localidad de Iscayachi, del departamento de Tarija”, es efectuada en predios del Laboratorio de Operaciones Unitarias (LOU) de la carrera de Ingeniería Química, de la Universidad Autónoma Juan Misael Saracho.

2.2 DESCRIPCIÓN Y ANÁLISIS DE MATERIA PRIMA

2.2.1 OXÁLIS TUBEROSA (OCA)

En este estudio se empleó Oca amarilla cultivada en la Localidad de Iscayachi, municipio El Puente, provincia Eustaquio Méndez, del Departamento de Tarija.

2.2.1.1 RECOLECCIÓN DE OCA AMARILLA

La materia prima es cosechada por los agricultores que cultivan este tubérculo, el cual se encuentra a la venta para el consumidor en el mercado campesino de la ciudad de Tarija. La adquisición de este tubérculo se realiza de la misma proveedora, evitando así grandes variaciones en los resultados de los análisis tanto en la materia prima (Oca amarilla), como en la Harina de Oca amarilla.

Foto II-1 Recolección de Oca



Fuente: Pro biodiversidad de los Andes, 2000.

2.2.1.2 ACONDICIONAMIENTO DE LA MATERIA PRIMA (OCA)

Se procedió al lavado de la oca, eliminando tierra y demás impurezas posiblemente presentes en el tubérculo, luego se pasó a escurrir el agua en exceso y extenderlo en un área limpio para que termine de secar.

Foto II-2 Acondicionamiento de la materia prima (Oca)



Fuente: Elaboración propia. Almacenada en el Laboratorio de Operaciones Unitarias “LOU”; 2017

2.3 DISEÑO EXPERIMENTAL

El Diseño Estadístico de Experimentos (DEE), también conocido como diseño experimental, es una técnica fundamentada en útiles matemáticos y estadísticos, con el objetivo de ayudar al investigador en:

- La selección de la mejor estrategia experimental, para obtener la información deseada con el mínimo costo.
- La evaluación de los resultados experimentales adquiridos, garantizando la fiabilidad en las conclusiones obtenidas.

2.3.1 PLANTEAMIENTO DE LA HIPÓTESIS

El diseño seleccionado en este estudio es de tipo o modelo 2^2 , quiere decir, que es un diseño de dos factores o variables, cada cual con dos niveles, por tanto el número de combinaciones de tratamientos entre las variables será de cuatro.

El experimento 2^2 , en el que hay dos variables o factores, temperatura de secado “T” y tiempo de secado “t”, donde la variable respuesta vendrá a ser el contenido de humedad de la muestra seca.

Entonces este diseño experimental es de un modelo 2^2 , dos niveles, dos factores y dos repeticiones.

- **FACTOR T:** Temperatura de secado
- **FACTOR t:** Tiempo de secado
- **FACTOR R:** Humedad

En la siguiente tabla II-1 se aprecia los niveles de las variables de secado de la Oca amarilla.

Tabla II-1 Niveles de las variables o factores de secado de Oca Amarilla

NIVEL	FACTORES	
	t (Horas)	T (°C)
INFERIOR (-)	7	55
SUPERIOR (+)	8	65

Fuente: Elaboración propia; 2017

El número de experimentos es:

$$N_{EXP} = N^{\circ} \text{ de niveles}^{N^{\circ} \text{ de factores}} * \text{repeticiones}$$

$$N_{EXP} = 2^2 * 2 = 8$$

A continuación se muestra la matriz del diseño seleccionado para el presente estudio de investigación:

Tabla II-2 Matriz de diseño

CORRIDA EXPERIMENTAL	FACTORES		RESPUESTA I Humedad	RESPUESTA II Humedad
	(t _{ij})	(T _{ij})		
1	-	-	T ₁₁ t ₁₁	T ₁₂ t ₁₂
2	-	+	T ₁₁ t ₂₁	T ₁₂ t ₂₂
3	+	-	T ₂₁ t ₁₁	T ₂₂ t ₁₂
4	+	+	T ₂₁ t ₂₁	T ₂₂ t ₂₂

Fuente: Elaboración propia; 2017

Dónde:

i= Nivel

j= Repetición

T= Temperatura de secado (°C)

t= Tiempo de secado (Horas)

R= Humedad (Kg H₂O/Kg sólido seco)

• **HIPÓTESIS NULA**

$$H_0 = T_{11} = T_{21} = T_{12} = T_{22} = 0$$

$$H_0 = E_{11} = E_{21} = E_{12} = E_{22} = 0$$

$$H_0 = T_{11} t_{11} = T_{21} t_{11} = T_{11} t_{21} = T_{21} t_{21} = T_{12} M_{12} = T_{22} M_{12} = T_{12} M_{22} = T_{22} M_{22} = 0$$

• **HIPÓTESIS EXPERIMENTAL O ALTERNATIVA**

H₁: T₁₁ ≠ T₂₁ ≠ T₁₂ ≠ T₂₂, No todas las T_{ij} son cero.

H₁: E₁₁ ≠ E₂₁ ≠ E₁₂ ≠ E₂₂, No todas las E_{ij} son cero.

H₁: T₁₁ t₁₁ ≠ T₂₁ t₁₁ ≠ T₁₁ t₂₁ ≠ T₂₁ t₂₁ ≠ T₁₂ M₁₂ ≠ T₂₂ M₁₂ ≠ T₁₂ M₂₂ ≠ T₂₂ M₂₂, No todas las interacciones T_{ij} t_{ij} son cero.

2.3.2 ESPECIFICACIÓN DE LAS VARIABLES DE SECADO

- **TEMPERATURA (T)**

Las temperaturas con las que se trabaja en el proceso de secado son de 55°C y 65°C, basándose en diferentes fuentes bibliográficas de información relacionadas con el proceso de secado de tubérculos para la obtención de harinas, siendo que a elevadas temperaturas se tiene como resultado el pardeamiento, procedente de la caramelización de los azúcares contenidos en la materia prima (oca), también las altas temperaturas tiene como resultado la desnaturalización de las proteínas y pérdida de los valores nutricionales que aporta el alimento; y a bajas temperaturas incrementa el tiempo de secado, lo cual incrementa el gasto energético.

- **TIEMPO (t)**

El tiempo empleado en el proceso de secado es una variable de importancia que de igual manera fue considerada a base de fuentes bibliográficas relacionadas profundamente con el tema de secado de tubérculos para obtener harina, dentro de las diferentes bases de información bibliográficas consultadas, se decide por trabajar con tiempos de 7 horas y 8 horas.

2.4 ELECCIÓN DEL SECADOR Y MOLINO EN EL DESARROLLO DEL PROCESO EXPERIMENTAL

Considerando las características, ventajas y desventajas del funcionamiento que presentan los secadores y molinos, se muestra a continuación la Tabla II-3 y la Tabla II-4, para tomar una decisión con respecto a la elección del secador y molino con la que se trabaja en este proyecto.

Tabla II-3 Características, ventajas y desventajas del funcionamiento de los secadores

TIPOS DE SECADORES			
Parámetros	Secador con aire caliente	Secador con vacío	Secador con bomba de calor
Tasa específica de extracción de humedad (Kg agua/ KWh)	0,12-1,28	0,72-1,2	1,0-4,0
% Eficacia de secado	35-40	≤ 70	95
Temperatura de operación (°C)	40-90	30-60	10-65
%HR en el que opera	Variable	Bajo	10-65
Costo capital	Bajo	Alto	Moderado
Costo de operación	Alto	Muy alto	Bajo
Ventajas	<p>*Funciona con ventilador que circula aire caliente sobre la superficie de las charolas.</p> <p>*Elimina constantemente la humedad del material</p> <p>*Es usado en muchas operaciones de secado.</p>	<p>*Es ideal para materiales que pueden ser dañados o cambiados si se exponen a altas temperaturas</p> <p>*Remueve humedad mientras previene oxidación o explosiones que pueden ocurrir cuando ciertos materiales se combinan con aire.</p> <p>*Es ideal en situaciones donde el solvente debe ser recuperado.</p>	<p>*Eficiencias energéticas altas con recuperación de calor, resultando un consumo mínimo por unidad de agua removida.</p> <p>*Mejor calidad del producto mediante el control de temperatura. *Amplio rango de condiciones de secado.</p>
Desventajas	<p>*Baja eficiencia de secado.</p> <p>*Costo elevado de operación.</p>	<p>*Requiere de un mayor consumo de materiales metálicos para la construcción.</p> <p>*Consume mucha energía.</p>	<p>*Uso de clorofluorocarbonos en el ciclo refrigerante, los cuales no son ambientalmente amistosos.</p> <p>*Temperatura de secado limitante.</p> <p>*Requiere mantenimiento regular de los componentes y cambio de refrigerante.</p>
Viabilidad	*Viable	*Poco viable por el costo de energía y para materiales con elevada humedad.	*No se dispone del equipamiento.

Fuente: Colque Acuña Mary Luz; Obtención de harina a partir del zapallo enriquecida con harina de amaranto como suplemento alimenticio; [Tarija-Bolivia; 2016]

Conforme es realizada la investigación con la revisión de diferentes referencias bibliográficas, se llega a la conclusión que se puede conservar la calidad y propiedades del producto a secar, con secadores: con aire caliente, con vacío y con bomba de calor.

De acuerdo a las características presentadas en la tabla II-3 en relación al tipo de secador, se seleccionó al secador de convección con aire caliente, ya que presenta un funcionamiento con altas temperaturas, y un bajo costo de capital con diferencia a los otros dos tipos de secador y se encuentra a disposición en predios de la Universidad Autónoma Juan Misael Saracho, en el laboratorio de operaciones unitarias (LOU) de la carrera de Ingeniería Química.

Ahora bien, de acuerdo a las características presentadas en la tabla II-4 en relación al tipo de molino, es seleccionado el molino de martillo, debido a que este consume menos potencia y es para menor capacidad de carga que el molino de bolas, que es un molino también empleado para la obtención de harinas, tomando en cuenta que además se tiene el molino de martillo a disposición en inmediaciones del laboratorio de CEANID.

Tabla II-4 Características sobre el funcionamiento de los molinos

TIPOS DE MOLINOS	CAPACIDAD	TIPO DE MATERIAL	POTENCIA CONSUMIDA
MOLINO DE MARTILLOS	60-240 Kg	Sólidos fibrosos como cortezas o cuero, virutas de acero, pastas blandas y húmedas, arcilla plástica o roca dura. Para obtener una molienda fina están limitados a los materiales más blandos.	1 KWh/Kg

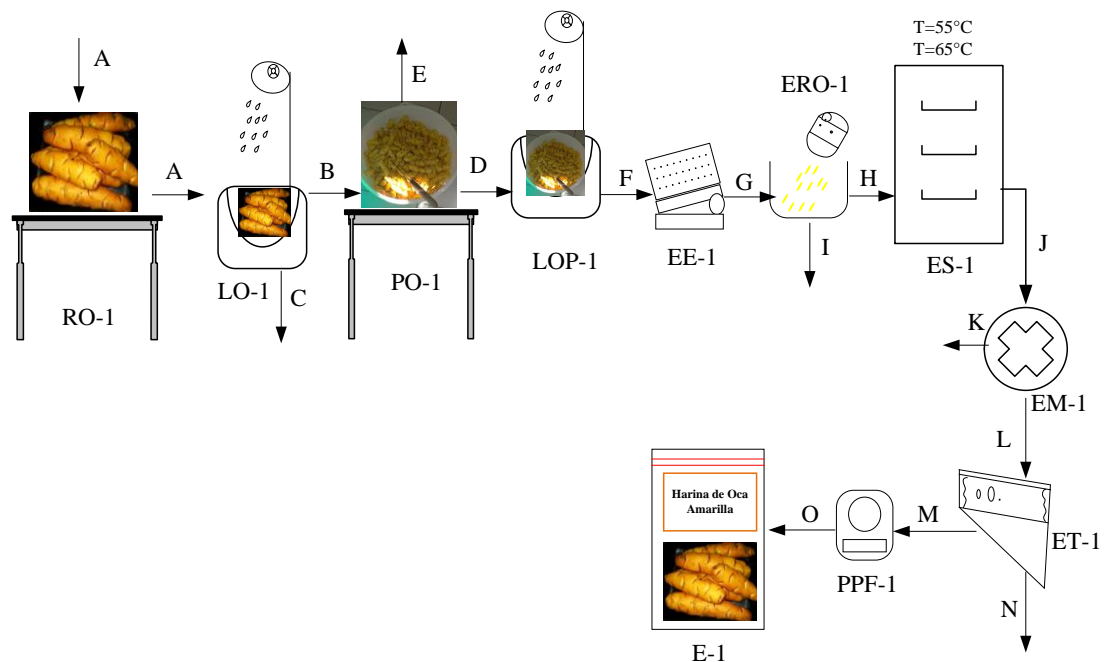
MOLINO DE BOLAS	1-50 t/h	Alimentos de modo general.	16KWh/t
-----------------	----------	----------------------------	---------

Fuente: Mc. Abe E. L., Smith J.C., Harriot P., (1998)

2.5 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO EXPERIMENTAL DE OBTENCIÓN DE HARINA DE OCA AMARILLA DE LA LOCALIDAD DE ISCAYACHI DE LA CIUDAD DE TARIJA

En el diagrama de flujo II-1, se especifica el proceso de obtención de harina de oca amarilla, y el diagrama II-2, que muestra el diagrama de bloques de la elaboración de harina de oca amarilla.

Diagrama II-1 Diagrama de flujo de Elaboración de Harina de Oca Amarilla



Fuente: Elaboración propia, 2017.

Nombre de cada etapa y significados de los símbolos del diagrama de flujo de obtención de Harina de Oca Amarilla.

A= Ingreso de materia prima (Oca amarilla)

B= Oca limpia

C= Impurezas y tierra

D= Oca pelada

E= Cáscara

F= Pulpa de oca limpia (con agua de lavado)

G= Pulpa de oca limpia (agua de lavado escurrida)

H= Entrada de oca rallada al secador (Temperatura 55°C-65°C)

I= Pérdidas al rallar

J= Entrada de oca rallada seca al molino

K= Pérdidas de harina de oca amarilla en la molienda

L= Entrada de harina de oca amarilla al tamizador

M= Harina de oca amarilla (granulometría 0,25mm)

N= Harina de oca amarilla (granulometría 0,50mm)

O= Producto final a envasar

RO-1= Recepción de materia prima (Oca amarilla)

LO-1= Limpieza de materia prima (Oca amarilla)

PO-1= Pelado de materia prima (Oca amarilla)

LOP-1= Limpieza de oca pelada

EE-1= Etapa de escurrimiento

ERO-1= Etapa de rallado de oca

ES-1= Etapa de secado

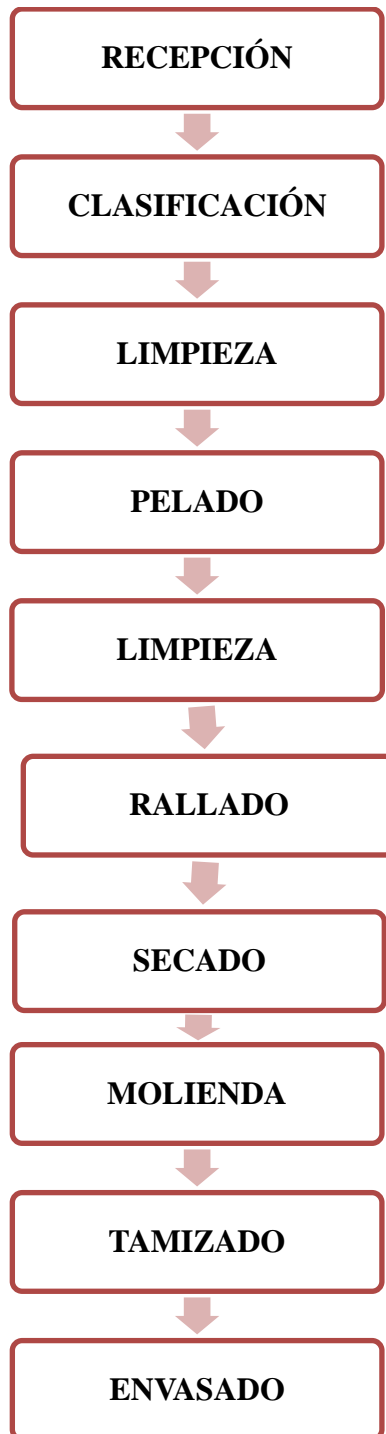
EM-1= Etapa de molienda

ET-1= Etapa de tamizado

PFF-1= Pesado de producto final

E-1= Envasado

Diagrama II-2 Diagrama de bloques de la elaboración de Harina de Oca Amarilla



Fuente: Elaboración propia, 2017.

2.5.1 OXALIS TUBEROSA (OCA)

2.5.1.1 RECEPCIÓN

Se adquiere oca amarilla en el mercado campesino de la ciudad de Tarija, proveniente de la localidad de Iscayachi, posteriormente se almacena en el Laboratorio de Operaciones Unitarias de la Universidad Autónoma Juan Misael Saracho, para pasar a la siguiente etapa del proceso.

Foto II-3 Recepción de Oca Amarilla de la Localidad de Iscayachi



Fuente: Elaboración propia, 2017.

2.5.1.2 SELECCIÓN

Se procede a la selección de la materia prima, evitando cualquier agente extraño, ya sea ocas afectadas por hongos e insectos, que pueda ser percibido visualmente y no afecte la calidad del producto final.

2.5.1.3 LIMPIEZA

Se ejecuta el lavado manual de oca amarilla con bastante agua potable, eliminando tierra e impurezas presentes impregnadas en la superficie de la materia prima.

Foto II-4 Limpieza de la materia prima (Oca amarilla)



Fuente: Elaboración propia, 2017.

2.5.1.4 PELADO

Se procede a quitar la cáscara del tubérculo manualmente con un cuchillo de acero inoxidable, una vez pelado se pasó a lavar cuidadosamente con agua destilada, foto II-5.

Cabe mencionar que en primeras instancias se realizaron pruebas en el que cual se cortaron ocas en rodajas con cáscara y sin cáscara y se prosiguió a observar el comportamiento, en el cual se tuvo como respuesta que, al secar oca en rodajas con cáscara, existió pardeamiento a los bordes de la rodaja de oca y luego de ser secadas en la estufa adquieren un color oscuro, mientras que el proceso de secado de la oca en rodaja sin cáscara, se obtuvo un secado en donde no existió pardeamiento alguno, siendo este el factor por el cual se decidió llevar el proceso mediante pelado de oca, foto II-6.

Foto II-5 Eliminación de cáscara de Oca Amarilla.



Fuente: Elaboración propia, 2017.

Foto II-6 Pruebas de secado de oca con cáscara y sin cáscara



Fuente: Elaboración propia, 2017.

2.5.1.5 RALLADO

Se realiza el experimento con dos tipos de corte, cortado en rodajas y rallado, como se muestra en la siguiente foto II-7, donde la elección del tipo de corte fue por el rallado, debido a que se logra que ingrese al secador mayor cantidad de oca y este seque y al finalizar el tiempo de secado concluye con porcentaje de humedad que difiere en lo más mínimo en comparación con la oca en rodajas.

Foto II- 7 Tipo de Cortes, en rodaja y rallado



Fuente: Elaboración propia, 2017.

2.5.1.6 SECADO

Para la etapa de secado de oca, se emplea un secador de convección con aire caliente, donde en primera instancia es regulada la temperatura hasta llegar a la deseada, determinado para cada muestra según la variable del diseño factorial, el cual se establece emplear 55°C y 65°C durante 7 y 8 horas. Las dimensiones de las bandejas metálicas son de 55x47 cm y el tipo de corte de la oca es rallada con espesor de 1 mm

y largo aproximado de 4,5 centímetros, debido a que cabe mayor cantidad de materia prima con este tipo corte.

Foto II-8 Muestras de oca rallada en las bandejas



Fuente: Elaboración propia, 2017.

Foto II-9 Bandejas con muestras de oca dentro del secador



Fuente: Elaboración propia, 2017.

Foto II-10 Muestras secas de oca



Fuente: Elaboración propia, 2017.

Foto II-11 Acondicionamiento y pesado de la muestra de oca seca



Fuente: Elaboración propia, 2017.

Foto II-12 Muestra seca de oca a diferentes condiciones de temperatura y tiempo



Fuente: Elaboración propia, 2017.

2.5.1.6.1 CONTROL DE HUMEDAD DURANTE EL SECADO DEL TUBÉRCULO OCA

En las siguientes tablas se observa la pérdida de agua en la oca rallada, a medida de que transcurre el tiempo, en este caso se presenta la humedad cada dos horas, a diferentes tiempos y temperaturas, establecido en el diseño factorial, esto es imprescindible para la elaboración de la curva de secado. Los datos son obtenidos en la balanza de humedad o infrarrojo, disponible en el Laboratorio de Operaciones Unitarias (LOU), Foto II-13.

Foto II-13 Balanza de humedad



Fuente: Elaboración propia, 2017.

Tabla II-5 Control de humedad en prueba de $T=55^{\circ}\text{C}$, $t=7$ Horas

TEMPERATURA DE SECADO = 55°C	
TIEMPO = 7 HORAS	
TIEMPOS	% HUMEDAD
t=0	80,684
t= 2 Horas de secado	66,417
t= 4 Horas de secado	49,748
t= 6 Horas de secado	3,128
t= 7 Horas de secado	3,018

Fuente: Elaboración propia, 2017

En esta tabla se aprecia que en el tiempo cero, es decir a la hora de ingresar la materia prima (oca rallada) al secador, se procede a determinar la humedad, siendo esta 80,684%, transcurridas dos horas, se toma una muestra de la oca rallada del secador, y se determina que la humedad en ese tiempo de secado, es de 66,417%, a la cuarta hora de secado nuevamente se saca una muestra del secador de oca rallada, encontrándose con una humedad de 49,748%, la sexta hora de secado presenta una humedad de 3,128%, a la séptima y última hora de secado en esta prueba, se determina la humedad final con la que sale la oca rallada, siendo 3,018%.

Ahora se muestra la figura correspondiente a los datos de la tabla II-5, de la pérdida de humedad de la oca rallada a medida que transcurre el tiempo:

Figura 2-1 Porcentaje de humedad a 55°C y 7 Horas de secado.



Fuente: Elaboración propia, 2017.

Tabla II-6 Control de humedad en prueba de $T=55^{\circ}\text{C}$, $t=8$ Horas

TEMPERATURA DE SECADO=55°C	
TIEMPO= 8 HORAS	
TIEMPOS	% HUMEDAD
t=0	80,301
t= 2 Horas de secado	67,557
t= 4 Horas de secado	47,499
t= 6 Horas de secado	3,601
t= 8 Horas de secado	2,441

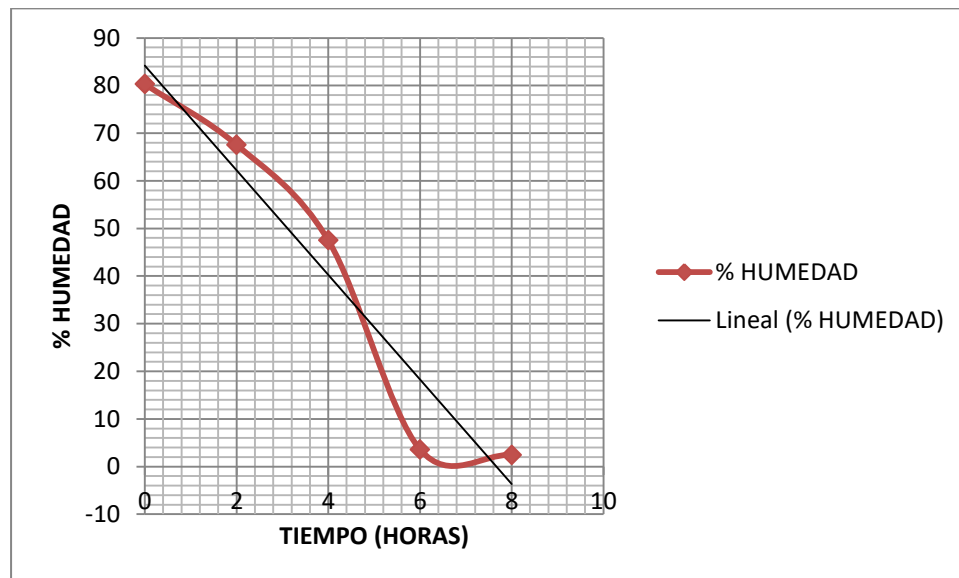
Fuente: Elaboración propia, 2017.

En el tiempo cero, es decir a la hora de ingresar la materia prima (oca rallada) al secador, se procede a determinar la humedad, siendo esta 80,301%, transcurridas dos horas, se toma una muestra de la oca rallada del secador, y se determina que la humedad en ese tiempo de secado, es de 67,557%, a la cuarta hora de secado

nuevamente se saca una muestra del secador de oca rallada, encontrándose con una humedad de 47,499%, a la sexta hora se encuentra con una humedad de 3,601% y última hora de secado en esta prueba, se determina la humedad final con la que sale la oca rallada, siendo 2,441%.

Ahora se muestra la figura correspondiente a los datos de la tabla II-6, de la pérdida de humedad de la oca rallada a medida que transcurre el tiempo:

Figura 2-2 Porcentaje de humedad a 55°C y 8 Horas de secado.



Fuente: Elaboración propia, 2017.

Tabla II-7 Control de humedad en prueba de T=65°C, t=7 Horas

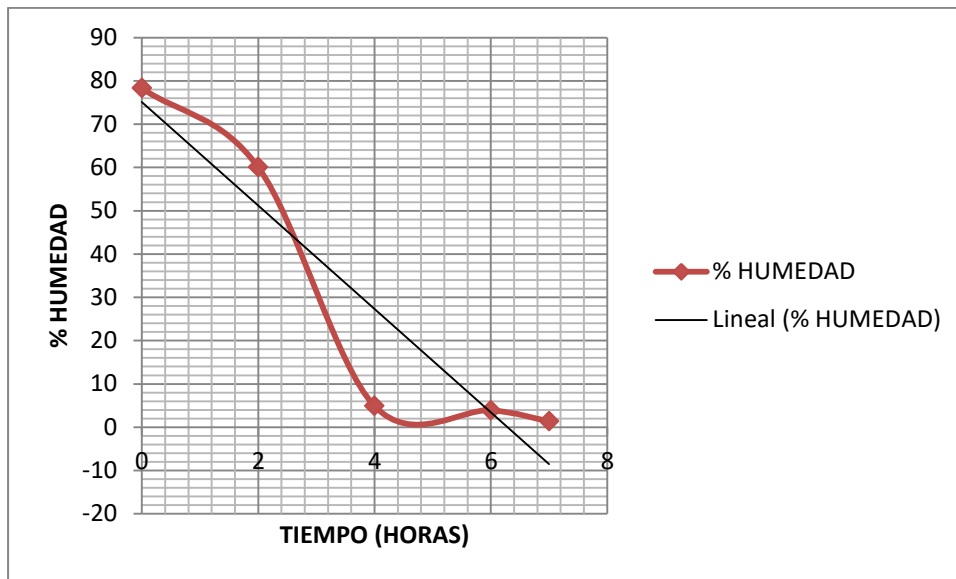
TEMPERATURA DE SECADO=65°C	
TIEMPO= 7 HORAS	
TIEMPOS	% HUMEDAD
t=0	78,290
t= 2 Horas de secado	60,051
t= 4 Horas de secado	4,890
t= 6 Horas de secado	3,906
t= 7 Horas de secado	1,391

Fuente: Elaboración propia, 2017.

A la hora de ingresar la materia prima (oca rallada) al secador, se procede a determinar la humedad, siendo esta 78,290%, transcurridas dos horas, se toma una muestra de la oca rallada del secador, y se determina que la humedad en ese tiempo de secado, es de 60,051%, a la cuarta hora de secado nuevamente se saca una muestra del secador de oca rallada, encontrándose con una humedad de 4,890%, a la sexta hora se encuentra con una humedad de 3,906% y última hora de secado en esta prueba, se determina la humedad final con la que sale la oca rallada, siendo 1,391%.

La siguiente figura muestra los datos de la tabla II-7, de la pérdida de humedad de la oca rallada a medida que transcurre el tiempo:

Figura 2-3 Porcentaje de humedad a 65°C y 7 Horas de secado.



Fuente: Elaboración propia, 2017.

Tabla II-8 Control de humedad en prueba de $T=65^{\circ}\text{C}$, $t=8$ Horas

TEMPERATURA DE SECADO= 65°C	
TIEMPO= 8 HORAS	
TIEMPOS	% HUMEDAD
t=0	80,639
t= 2 Horas de secado	54,014
t= 4 Horas de secado	4,950
t= 6 Horas de secado	1,423
t= 8 Horas de secado	0,799

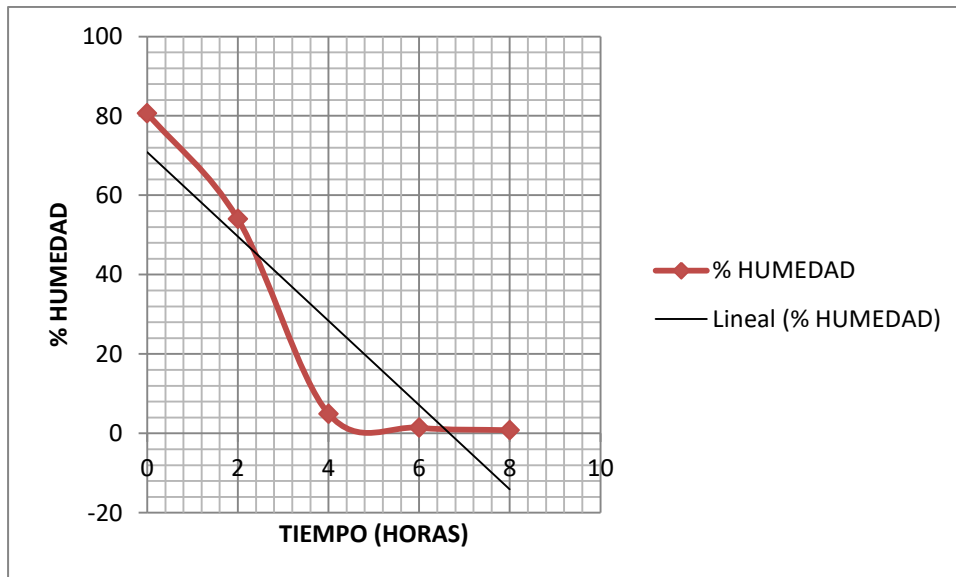
Fuente: Elaboración propia, 2017.

A la hora de ingresar la materia prima (oca rallada) al secador, se procede a determinar la humedad, siendo esta 80,639%, transcurridas dos horas, se toma una muestra de la oca rallada del secador, y se determina que la humedad en ese tiempo de secado, es de 54,014%, a la cuarta hora de secado nuevamente se saca una muestra del secador de oca rallada, encontrándose con una humedad de 4,950%, a la sexta

hora se encuentra con una humedad de 1,423% y última hora de secado en esta prueba, se determina la humedad final con la que sale la oca rallada, siendo 0,799%.

La siguiente figura muestra los datos de la tabla II-8, de la pérdida de humedad de la oca rallada a medida que transcurre el tiempo:

Figura 2-4 Porcentaje de humedad a 65°C y 8 Horas de secado.



Fuente: Elaboración propia, 2017.

2.5.1.7 MOLIENDA

Una vez obtenida oca rallada seca, se pasa a la etapa de molienda, en el que se emplea un molino de martillo, con el que se obtuvo un producto pulverizado.

Foto II-14 Pesado de oca seca molida



Fuente: Elaboración propia, 2017.

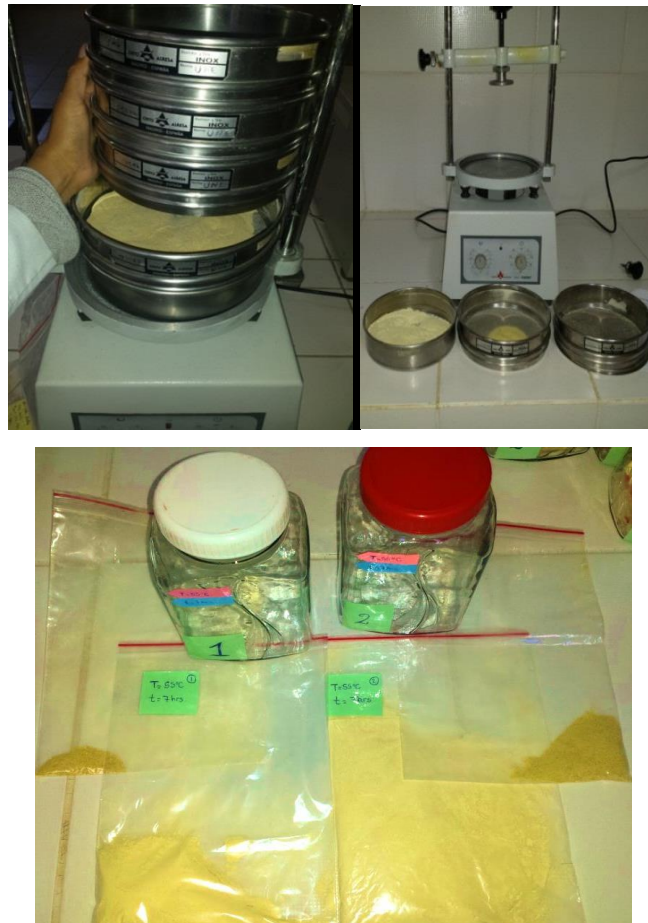
2.5.1.8 TAMIZADO

El proceso de tamizado se realiza en el laboratorio de operaciones unitarias (LOU), de la carrera de Ingeniería Química, el tamaño de las mallas va de 5mm, 4mm, 2mm, 1mm, 0,5mm, 0.25mm y 0,063mm; conforme a las bibliografías consultadas, se determina emplear la malla de granulometría de 0,25mm, siendo la más aproximada a la granulometría de las harinas de maíz y de trigo que deberá pasar a través de un

tamiz (N°70) de 212 micras según el Codex Alimentarius; Cereales, legumbres, leguminosas y productos proteínicos vegetales; Roma-Italia;2007.

El funcionamiento del tamiz se dio en un lapso de 15 minutos a una velocidad de 3m/s, tiempo en el cual se obtuvo la harina cernida completamente.

Foto II-15 Tamizado de Harina de Oca Amarilla



Fuente: Elaboración propia, 2017.

2.5.1.9 ENVASADO

De acuerdo a la Norma del Codex para la Harina de trigo (Codex Standard 152-1985):

La harina debe envasarse en recipientes que salvaguarden las cualidades higiénicas, nutritivas, tecnológicas y organolépticas del producto.

Cuando el producto se envase en sacos, deben ser limpios, resistentes y estar bien cocidos o sellados.

Los recipientes, incluido el material de envasado, deberán estar fabricados con sustancias inicuas, adecuadas para el uso al que se destinan. No deberán transmitir al producto ninguna sustancia tóxica ni olores o sabores nada agradables.

Una vez obtenida la harina de oca amarilla se envasa el producto en bolsas de polipropileno con cierre hermético, conservando las propiedades organolépticas del producto, tales como aroma, textura, sabor y color por más tiempo.

Foto II-16 Harina de Oca Amarilla envasada



Fuente: Elaboración propia, 2017.

2.5.1.10 ALMACENAMIENTO

El producto final es almacenado en cajas de cartón, a temperatura ambiente y humedad apropiada prolongando la vida del producto.

2.6 METODOLOGÍA UTILIZADA PARA LLEGAR AL RESULTADO ESPERADO DE INVESTIGACIÓN

La metodología empleada para llegar al resultado deseado en este proyecto se especifica a continuación:

- Se identificó la variedad en función a la zona de producción de la materia prima.
- Las pruebas de secado se realizaron a través de ensayo y error.
- Para el desarrollo y obtención de producto terminado, se efectuó a través de pruebas de laboratorio.
- El análisis e interpretación del resultado para la determinación y calidad del producto obtenido, se empleó la técnica de “Test sensorial”, evaluado por un panel de degustación, que calificó en la siguiente tabla:

Tabla II-9 Test para elegir el producto final de Harina de Oca Amarilla

ESCALA HEDÓNICA						
PUNTAJE		NIVEL DE ACEPTACIÓN				
5		Me gusta mucho				
4		Me gusta moderadamente				
3		Ni me gusta ni me disgusta				
2		Me disgusta moderadamente				
1		Me disgusta mucho				
Muestra 1	Atributo	5	4	3	2	1
T=55°C t= 7 Hrs.	Olor					
	Color					
	Textura					
	Sabor					
Muestra 2	Atributo	5	4	3	2	1
T=55°C t= 8 Hrs.	Olor					
	Color					
	Textura					
	Sabor					
Muestra 3	Atributo	5	4	3	2	1
T=65°C t= 7 Hrs.	Olor					
	Color					
	Textura					
	Sabor					
Muestra 4	Atributo	5	4	3	2	1
T=65°C t= 8 Hrs.	Olor					
	Color					
	Textura					
	Sabor					

Fuente: Elaboración propia, 2017.

2.6.1 DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES FISICOQUÍMICAS DE LA MATERIA PRIMA (OCA AMARILLA FRESCA) Y HARINA DE OCA AMARILLA

Las propiedades fisicoquímicas tanto de la materia prima como de la harina fueron determinadas en el centro de análisis de investigación y desarrollo (CEANID) localizada en instalaciones de la Universidad Autónoma Juan Misael Saracho, los parámetros determinados son los siguientes:

- ✓ Ceniza
- ✓ Fibra
- ✓ Grasa
- ✓ Hidratos de carbono
- ✓ Humedad
- ✓ Proteína total
- ✓ Valor energético

2.6.2 ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO DE LA HARINA DE OCA AMARILLA

Al igual que el análisis fisicoquímico de la harina de oca amarilla, el microbiológico es realizada en el Centro de Análisis Investigación y Desarrollo (CEANID), los parámetros analizados son:

- ✓ Coliformes totales
- ✓ Mohos y levaduras

CAPÍTULO III
RESULTADOS Y DISCUSIÓN

CAPÍTULO III

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE LA PARTE EXPERIMENTAL

El presente capítulo despliega los resultados obtenidos en la parte experimental del capítulo II.

3.2 CARACTERIZACIÓN DE LA MATERIA PRIMA OXALIS TUBEROSA (OCA)

3.2.1 CARACTERÍSTICAS EXTERNAS E INTERNAS

Se trabaja con oca amarilla de la localidad de Iscayachi de la ciudad de Tarija, las características observadas a la hora de adquirir la materia prima son:

- Pulpa y cáscara color amarillo.
- Tubérculo (soleado) maduro.(4-5 días aprox.)
- Sabor dulce. (Con la exposición solar los almidones se transforman en azúcares)
- Humedad (78,86%)
- Complicada manipulación al pelar manualmente debido a la forma del tubérculo.

3.2.2 CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE OCA AMARILLA

Las propiedades físicas se determinan tomando en cuenta 10 muestras de oca amarilla de la localidad de Iscayachi, presentados a continuación:

- El peso promedio de la unidad de oca es de 13,931 gramos.
- La densidad promedio de oca fresca es de $1,037\text{g/cm}^3$.
- La altura promedio de la unidad de oca es de 7,5 centímetros.
- El diámetro promedio de la unidad de oca es de 2,1 centímetros.

3.3 SECADO

En esta etapa se realiza el control de humedad periódicamente cada dos horas durante el secado, este control se realiza en la balanza de infrarrojo dando los siguientes resultados, que en la sección 2.5.1.6.1 ya fueron expuestos estos datos para la elaboración de las curvas de secado.

- **SECADO A 55°C EN 7 HORAS**

- Humedad en materia prima (oca rallada) al ingresar al secador= 80,684%
- Humedad a las dos horas de secado= 66,417%
- Humedad a las cuatro horas de secado= 49,748%
- Humedad a las seis horas de secado= 3,128%
- Humedad final de oca rallada seca= 3,018%

- **SECADO A 55°C EN 8 HORAS**

- Humedad en materia prima (oca rallada) al ingresar al secador= 80,301%
- Humedad a las dos horas de secado= 67,557%
- Humedad a las cuatro horas de secado= 47,499%
- Humedad a las seis horas de secado= 3,601%
- Humedad final de oca rallada seca= 2,441%

- **SECADO A 65°C EN 7 HORAS**

- Humedad en materia prima (oca rallada) al ingresar al secador= 78,290%
- Humedad a las dos horas de secado= 60,051%
- Humedad a las cuatro horas de secado= 4,890%
- Humedad a las seis horas de secado= 3,906%
- Humedad final de oca rallada seca= 1,391%

- **SECADO A 65°C EN 8 HORAS**

- Humedad en materia prima (oca rallada) al ingresar al secador= 80,639%
- Humedad a las dos horas de secado= 54,014%
- Humedad a las cuatro horas de secado= 4,950%
- Humedad a las seis horas de secado= 1,423%
- Humedad final de oca rallada seca= 0,799%

En las figuras de porcentajes de humedad en la etapa de secado de la misma sección del capítulo II a 55°C de temperatura a 7 y 8 horas se observa que hasta la sexta hora de secado la diferencia de humedad es mínima, que está en un rango de 3,128% - 3,601%, a la séptima hora de secado para la primera prueba llega a una humedad de 3,018%, en la segunda prueba con ocho horas de secado se obtiene un producto seco con humedad de 2,441%, teniendo como experiencia entre ambas pruebas de que la

prueba a 55°C y 8 horas entrega mejores resultados, considerando de que la humedad es mínima y sabiendo de que a medida que pasa el tiempo la materia seca aún debe pasar por diferentes procesos en los cuales aumentará la humedad expuesta al ambiente, sabiendo que la humedad es un factor que provoca la producción de distintos microorganismos en los alimentos, se quiere evitar llegar a la obtención de una harina con alto porcentaje de humedad, pero cuidando de que la etapa de secado no produzca la desnaturalización de las proteínas y propiedades del producto final.

Ahora, en las curvas de porcentaje de humedad durante el secado a la temperatura de 65°C a 7 horas y 8 horas, al igual que en las anteriores figuras de la (sección 2.5.1.6.1) la diferencia es mínima, la variación se da en las humedades finales, a la séptima de la prueba con una humedad de 1,391%, a la octava hora de secado terminó con una humedad de 0,799%, percibiendo en la última prueba un producto seco muy duro y con un color más oscuro, en cual se interpreta que el producto estaba en proceso de caramelización a diferencia de las demás pruebas.

3.3.1 PERCEPCIONES EN LA ETAPA DE SECADO

Durante esta etapa se percibe varios cambios, para empezar para la elección del tipo de corte para ingresar al secador como prueba se realiza con corte en rodajas, llenando estas rodajas en una bandeja, la siguiente bandeja se cubrió con materia prima con tipo de corte rallada, cubriendo la bandeja lo más pareja posible sobre toda la superficie, para empezar con el tipo de corte de oca rallada la cantidad ingresada al secador fue aproximadamente el doble de lo que ingresó con el tipo de corte en rodajas, y la humedad final entre ambas no se diferenciaron mucho. Por eso la elección de ingresar al secador oca rallada, aumentando la cantidad de oca seca obtenida en la prueba.

Para que la materia prima no se impregne a las bandejas se decide forrarlas con material nylon plástico, siendo la mejor elección, evitando pérdidas de materia seca, ya que al estar secas redujeron su tamaño y se pierden en medio de las mallas.

Durante el secado se dan cambios físicos, como se menciona anteriormente, la reducción de tamaño a medida que transcurre el tiempo en el secador, influye en la dureza de la materia, siendo de mayor percepción en el secado a 65°C y ocho horas.

La reducción de tamaño en el secado no es homogénea, al principio la contracción de tamaño no es perceptible, pero a medida que pasa el tiempo la contracción y deformación de la materia influye en el volumen de la muestra seca.

Foto III-1 Muestra de oca rallada seca



Fuente: Elaboración propia, 2017.

Es sabido que a mayor temperatura mayor desprendimiento de agua, entonces a 65°C y ocho horas se elimina mayor cantidad de agua.

En la textura de los experimentos realizados, tanto a 55°C y 65°C, a las diferentes horas 7 y 8 horas, existieron diferencias, en el secado a 55°C se percibe un producto con textura consistente, fácil de retirar de la bandeja, en la prueba de secado a 65°C y 7 horas se tuvo un producto aun de fácil retiro y de textura agradable, mientras que en la última prueba de 65°C a 8 horas de secado existe un producto seco y muy duro, que a la hora de retirarla de la bandeja con un poco de dificultad debido a que se encontraba algo pegoteada a la bandeja.

En cuanto al color se observan diferencias entre el secado a las diferentes temperaturas, las que secaron a 55°C fueron de un color más claro, existiendo una pequeña diferencia de color entre las de 7 horas y 8 horas de secado, una diferencia mínima en el color más oscuro a las 8 horas, en cambio que a 65°C secaron con un color más tostado y de igual manera existiendo diferencia entre la de secado en 7 y 8 horas, claramente se percibe lo dicho a continuación en la siguiente foto III-2.

Foto III-2 Muestra de diferencia de color en oca seca



Fuente: Elaboración propia, 2017.

3.3.2 HUMEDAD EN LA MATERIA PRIMA (OCA)

Dado que se realizó un control de humedad en la etapa de secado con la balanza de humedad o balanza de infrarrojo, se tiene datos para realizar el cálculo de humedad que presenta la Oca con la siguiente ecuación:

$$\text{Humedad} = \frac{m_i - SS}{m_i} * 100\% \quad \text{Ec. III-1}$$

Dónde:

m_i = masa inicial

SS = sólido seco (dato obtenido al pesar la muestra seca a la salida del secador)

➤ **A Temperatura de 55°C y 7 horas de secado**

m_i = 416,765g (masa de oca rallada que ingresa al secador)

SS = 80,502g (masa de oca rallada seca a la salida del secador con una humedad de 3,018%)

$$\text{Humedad} = \frac{416,765\text{g} - 80,502\text{g}}{416,765\text{g}} * 100 = 80,684\%$$

➤ **A Temperatura de 55°C y 8 horas de secado**

m_i = 791,105g (masa de oca rallada que ingresa al secador)

SS = 155,842g (masa de oca rallada seca a la salida del secador con una humedad de 2,441%)

$$\text{Humedad} = \frac{791,105\text{g} - 155,842\text{g}}{791,105\text{g}} * 100 = 80,301\%$$

➤ **A Temperatura de 65°C y 7 horas de secado**

m_i = 549,595g (masa de oca rallada que ingresa al secador)

SS = 119,317g (masa de oca rallada a la salida del secador con una humedad de 1,391%)

$$\text{Humedad} = \frac{549,595\text{g} - 119,317\text{g}}{549,595\text{g}} * 100 = 78,290\%$$

549,595g

➤ **A Temperatura de 65°C y 8 horas de secado**

$m_i = 795,730\text{g}$ (masa de oca rallada que ingresa al secador)

$SS = 154,061\text{g}$ (masa de oca rallada a la salida del secador con una humedad de 0,799%)

$$\text{Humedad} = \frac{795,730\text{g} - 154,061\text{g}}{795,730\text{g}} * 100 = 80,639\%$$

Los datos de humedad inicial y final se aprecian a continuación en la siguiente tabla III-1

Tabla III-1 Valores de humedad inicial y humedad final a diferentes horas de secado y diferentes temperaturas

Temperatura	Tiempo (Horas)	Peso inicial (Gramos)	Peso final (Gramos)	Humedad inicial (%)	Humedad final (%)
55°C	7	416,765	80,502	80,684	3,018
	8	791,105	155,842	80,301	2,441
65°C	7	549,595	119,317	78,290	1,391
	8	795,730	154,061	80,639	0,799

Fuente: Elaboración propia, 2017.

En esta tabla se tiene el dato de la humedad inicial de la oca rallada al ingresar al secador y la humedad a la salida de este, concluyendo las horas de secado para cada prueba. Resulta que las humedades iniciales de la materia prima muestras mínimas variaciones, esto debido a que el secado se realiza con diferentes humedades relativas del ambiente en distintos días.

3.3.3 HUMEDAD EN BASE SECA

Se emplea la siguiente ecuación III-2 para calcular la humedad en base seca de la Oca:

$$X_s = \frac{m_i - SS}{SS} \quad \text{Ec. III-2}$$

Dónde:

X_s = Humedad en base seca, (Kg H₂O/Kg sólido seco)

m_i = masa inicial

SS = sólido seco

➤ **A Temperatura de 55°C y 7 horas de secado**

m_i = 0,4168 Kg

SS = 0,0805 Kg

$$X_s = \frac{0,4168 - 0,0805}{0,0805} = 4,178 \frac{\text{Kg H}_2\text{O}}{\text{Kg SS}}$$

➤ **A Temperatura de 55°C y 8 horas de secado**

m_i = 0,7911 Kg

SS = 0,1558 Kg

$$X_s = \frac{0,7911 - 0,1558}{0,1558} = 4,078 \frac{\text{Kg H}_2\text{O}}{\text{Kg SS}}$$

➤ **A Temperatura de 65°C y 7 horas de secado**

m_i = 0,5496 Kg

SS = 0,1193 Kg

$$X_s = \frac{0,5496 - 0,1193}{0,1193} = 3,607 \frac{\text{Kg H}_2\text{O}}{\text{Kg SS}}$$

➤ **A Temperatura de 65°C y 8 horas de secado**

m_i = 0,7957 Kg

SS = 0,1541 Kg

$$X_s = \frac{0,7957 - 0,1541}{0,1541} = 4,164 \frac{\text{Kg H}_2\text{O}}{\text{Kg SS}}$$

3.4 EVALUCACIÓN SENSORIAL PARA DEFINIR LA HARINA DE OCA AMARILLA CON MEJORES ATRIBUTOS

Se realiza el análisis sensorial de las harinas obtenidas a diferentes temperaturas y tiempos en la etapa de secado, tales pruebas revelan distintas características, tanto en el color, olor, textura y sabor, a primera vista se observa que son harinas que tienen relación en cuanto al tamaño de partícula y conservación.

Esta evaluación sensorial se efectúa con la participación de 11 jueces, alumnos de la Carrera de Ingeniería Química, calificando el grado de aceptación de cada muestra de harina de acuerdo al diseño factorial y adicional al producto final degustaron una aplicación en mazamorra preparada con cada una de las pruebas, dicha evaluación se ejecuta en el Laboratorio de Operaciones Unitarias (LOU), y se da recomendaciones anticipadas a los jueces y recuerda la importancia de responsabilidad de su evaluación.

El test empleado es mediante el método de la escala hedónica, donde juzgan las siguientes características organolépticas: olor, color, textura y sabor, con los siguientes puntajes:

Tabla III-2 Escala hedónica para evaluación sensorial de atributos de Harina de Oca Amarilla

ESCALA HEDÓNICA	
PUNTAJE	NIVEL DE ACEPTACIÓN
5	Me gusta mucho
4	Me gusta moderadamente
3	Ni me gusta ni me disgusta
2	Me disgusta moderadamente
1	Me disgusta mucho

Fuente: Elaboración propia, 2017.

Se tabulan los resultados del análisis sensorial para la elección de la muestra de Harina de Oca Amarilla a diferentes temperaturas y tiempos de secado, que presente los mejores atributos y aceptabilidad por parte de los jueces.

Tabla III-3 Resultado de la evaluación organoléptica de la muestra N°1

MUESTRA N°1					
T=Temperatura 55°C; t=Tiempo 7 horas					
JUECES	OLOR	COLOR	TEXTURA	SABOR	Σ
1	3	4	4	2	13
2	5	3	5	5	18
3	2	4	4	2	12
4	2	1	3	4	10
5	4	4	5	4	17
6	3	4	5	3	15
7	5	5	5	4	19
8	4	4	5	4	17
9	3	4	3	3	13
10	5	5	5	5	20
11	2	2	3	4	11
Σ TOTAL	38	40	47	40	165
PROMEDIO	3,4545	3,6364	4,2727	3,6364	

Fuente: Elaboración propia, 2017.

En la tabla III-3 el atributo con más aceptabilidad es el de la textura, seguido del sabor y color con el mismo promedio de evaluación, por último el atributo con el menor promedio es el del olor.

Tabla III-4 Resultado de la evaluación organoléptica de la muestra N°2

MUESTRA N°2					
T=Temperatura 55°C; t=Tiempo 8 horas					
JUECES	OLOR	COLOR	TEXTURA	SABOR	Σ
1	2	4	4	2	12
2	5	5	5	5	20
3	2	5	5	2	14
4	3	1	3	4	11
5	4	5	5	3	17
6	3	4	5	3	15
7	5	5	5	5	20
8	4	5	5	4	18
9	4	3	3	3	13
10	5	5	5	4	19
11	4	4	3	4	15
Σ TOTAL	41	46	48	39	174
PROMEDIO	3,7273	4,1818	4,3636	3,5455	

Fuente: Elaboración propia, 2017.

En esta tabla III-4 la aceptación por el atributo textura es el más elevado, quedando a continuación el atributo color y por último con menor promedio sabor.

Tabla III-5 Resultado de la evaluación organoléptica de la muestra N°3

MUESTRA N°3					
T=Temperatura 65°C; t=Tiempo 7 horas					
JUECES	OLOR	COLOR	TEXTURA	SABOR	Σ
1	5	3	4	5	17
2	4	2	5	5	16
3	5	3	5	5	18
4	1	3	2	2	8
5	5	5	5	5	20
6	4	5	5	4	18
7	5	4	5	5	19
8	4	3	4	4	15
9	4	2	3	3	12
10	4	4	4	3	15
11	4	4	5	5	18
Σ TOTAL	45	38	47	46	176
PROMEDIO	4,0909	3,4545	4,2727	4,1818	

Fuente: Elaboración propia, 2017.

En la muestra N°3 como en las anteriores, el atributo con mayor promedio es el de textura seguido de sabor, quedando con menor promedio el color.

Tabla III-6 Resultado de la evaluación organoléptica de la muestra N°4

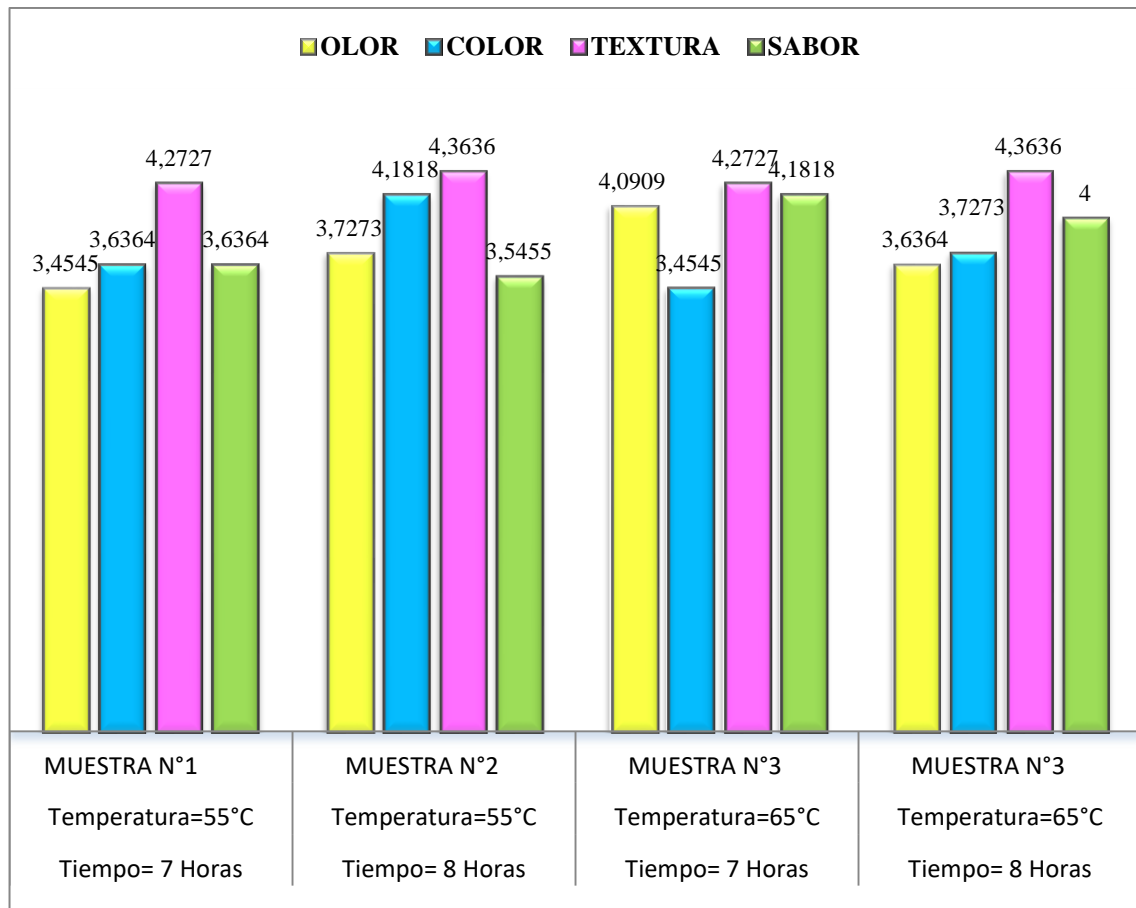
MUESTRA N°4					
T=Temperatura 65°C; t=Tiempo 8 horas					
JUECES	OLOR	COLOR	TEXTURA	SABOR	Σ
1	3	4	4	3	14
2	3	3	5	4	15
3	3	3	4	3	13
4	3	3	2	5	13
5	4	5	5	4	18
6	3	4	5	3	15
7	5	4	5	5	19
8	5	4	5	5	19
9	4	3	4	5	16
10	4	4	4	3	15
11	3	4	5	4	16
Σ TOTAL	40	41	48	44	173
PROMEDIO	3,6364	3,7273	4,3636	4	

Fuente: Elaboración propia, 2017.

En la última muestra el atributo con mayor aceptabilidad es la textura, seguido del sabor, quedando con menor promedio el atributo olor.

En la figura a continuación se plasma los resultados de la evaluación sensorial para cada atributo en las diferentes muestras.

Figura 3-1 Resultados de la evaluación organoléptica de la Harina de Oca Amarilla



Fuente: Elaboración propia, 2017.

Haciendo un análisis de la figura 3-1 con los promedios de cada muestra, se determina que la evaluación con la escala hedónica con los promedios más altos es la muestra N°3, quedando como la seleccionada, esta harina con características de textura agradable y un color amarillo intermedio entre las cuatro muestras.

3.5 MOLIENDA

La etapa de molienda se emprende dando buenos resultados, en un molino de martillo, obteniéndose una harina de oca amarilla con una textura agradable, con una pérdida del 0,57% con respecto a la cantidad que ingresa al molino, y d, esto debido a que a la hora del proceso la materia se impregnaba al interior del molino, aun así las pérdidas resultaron mínimas.

3.6 TAMIZADO

En la etapa de tamizado se trabaja con las mallas de granulometría de 1mm, 0,5mm y 0,25mm, siendo esta última la granulometría seleccionada para el producto final.

Cabe recalcar que mientras más finas la granulometría de la harina el color que posee es más claro y agradable que la harina con granulometría más gruesa.

En la tabla III-7 se observa las masas que atravesaron las mallas de 0,25mm, 0,5mm y 1mm, y su respectivo porcentaje, siendo el de mayor rendimiento la harina que atravesó la malla 0.25mm, quedando lo demás como pérdida.

Tabla III-7 Granulometría de tamizado de Harina de Oca Amarilla

N° de malla(mm)	Masa de Harina (g)	Porcentaje de harina (%)
1	3,47	2,047
0.5	14,64	8,638
0.25	151,37	89,314
Total	169,48	100
Pérdidas	18,11	10,686

Fuente: Elaboración propia, 2017.

3.7 RENDIMIENTO DEL PRODUCTO FINAL OBTENIDO

CÁLCULO DEL RENDIMIENTO DE LA HARINA DE OCA AMARILLA:

$$\text{Rendimiento} = \frac{\text{Masa final de harina de oca}}{\text{masa inial de oca}} \times 100\%$$

Masa inicial de oca= 217,1 g de oca como materia prima en base seca

%Humedad inicial=78,290%

Masa final de harina de oca= 143,114 g de harina de oca en base seca

$$\text{Rendimiento} = \frac{143,114 \text{ g}}{217,1 \text{ g}} \times 100\% = 65,921\%$$

El rendimiento para la muestra seleccionada que se da bajo las condiciones de secado a Temperatura de 65°C y 7 Horas, resulta con un rendimiento de 65,921%, esto calculado a partir de 1000 gramos de oca como materia prima, pero los datos presentes son en base seca.

3.8 RESULTADOS DE LOS ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICOS

Los resultados de los análisis físicoquímicos se muestran a continuación en las siguientes tablas, elaborados en el Centro de Análisis Investigación y Desarrollo (CEANID) en la Universidad Autónoma Juan Misael Saracho, dichos análisis se aplica a la materia prima (Oca amarilla) y al producto final (Harina de Oca Amarilla).

Tabla III-8 Resultados de análisis físicoquímico de la materia prima (Oca amarilla)

PARÁMETRO	TÉCNICA y/o MÉTODO DE ENSAYO	UNIDAD	RESULTADO
CENIZA	NB 39034 : 10	%	0,88
FIBRA	Gravimétrico	%	1,64
GRASA	NB 313019 : 06	%	0,24
HIDRATOS DE CARBONO	NB 313010 : 05	%	19,21
HUMEDAD	Cálculo	%	78,86
PROTEÍNA TOTAL (Nx6,25)	NB/ISO 8968-1 : 08	%	0,81
VALOR ENERGÉTICO	Cálculo	Kcal/100g	43,28

Fuente: Elaboración propia, 2017.

Comparando los resultados con otros datos bibliográficos podemos ver las siguientes diferencias en la siguiente tabla III-9.

Tabla III-9 Diferencia de Resultados de análisis fisicoquímico de la materia prima (Oca amarilla) con otros datos bibliográficos

PARÁMETRO	CEANID	OTROS DATOS BIBLIOGRÁFICOS
CENIZA	0,88%	0,78-1%
FIBRA	1,64%	1%
GRASA	0,24%	0,4%
HIDRATOS DE CARBONO	19,21%	11-22%
HUMEDAD	78,86%	84%
PROTEÍNA TOTAL (Nx6,25)	0,81%	0,8%
VALOR ENERGÉTICO	43,28 Kcal/100g	30 Kcal/100g

Fuente: Elaboración propia, 2017.

Ahora los resultados fisicoquímicos en el producto final, Harina de Oca Amarilla, analizados en el CEANID se muestran a continuación:

Tabla III-10 Resultados de análisis fisicoquímico de Harina de Oca amarilla

PARÁMETRO	TÉCNICA y/o MÉTODO DE ENSAYO	UNIDAD	RESULTADO
ACIDEZ (como H ₂ SO ₄)	NB 107 : 00	%	12,21
AZÚCARES TOTALES	Volumétrico	%	2,69
CENIZA	NB 39034 : 10	%	2,90
FIBRA	Gravimétrico	%	3,88
GRASA	NB 313019 : 06	%	1,10
HIDRATOS DE CARBONO	Cálculo	%	82,08
HUMEDAD	NB 313010 : 05	%	5,88
pH a (20°C)	NB 338006 : 09		6,51
PROTEÍNA TOTAL (Nx6,25)	NB/ISO 8968-1 : 08	%	4,50
VALOR ENERGÉTICO	Cálculo	Kcal/100g	354,86
GLUTEN HÚMEDO	NB 106 : 00	%	No detectado

Fuente: Elaboración propia, 2017.

La próxima tabla a continuación muestra datos bibliográficos para realizar una comparación:

Tabla III-11 Diferencia de Resultados de análisis fisicoquímico de Harina de Oca Amarilla con otros datos bibliográficos

Parámetro	Unidad	Resultado CEANID	FAO (Food and agriculture organization of the united)	Otros datos bibliográficos
Acidez (como H ₂ SO ₄)	%	12,21		
Azúcares totales	%	2,69		
Ceniza	%	2,90		3,94
Fibra	%	3,88		2,765
Grasa	%	1,10		0,335
Hidratos de carbono	%	82,08		
Humedad	%	5,88	8,3	9,5-11,805
pH a (20°C)		6,51	5,2	
Proteína total (Nx6,25)	%	4,50	5,88 b.s	3,33
Valor energético	Kcal/100g	354,86		3,635
Gluten húmedo	%	No detectado		

Fuente: Elaboración propia, 2017.

Se observa que el valor de humedad en la harina obtenida en el proyecto es menor al máximo de humedad sugerido por la FAO, esto puede ser debido a las diferencias de temperaturas tomadas para el proceso de secado y en el porcentaje de humedad inicial de la materia prima, probablemente las condiciones ambientales de donde se produce la harina.

3.9 RESULTADOS DE LOS ANÁLISIS MICROBIOLÓGICOS

La tabla a continuación muestra a los resultados del análisis microbiológico de la Harina de Oca Amarilla, elaborados en el Centro de Análisis Investigación y Desarrollo (CEANID).

Tabla III-12 Resultados del análisis microbiológico de la Harina de Oca Amarilla

Parámetro	Técnica y/o método de ensayo	Unidad	Resultado
Coliformes totales	NB 32005 : 02	UFC/g	$1,1 \times 10^2$
Mohos y levaduras	NB 32006 : 03	UFC/g	<10 (*)

Fuente: Elaboración propia, 2017.

CAPITULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CAPÍTULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 CONCLUSIONES

De acuerdo a todo lo descrito, a los resultados obtenidos y los objetivos planteados en el presente proyecto se tienen las siguientes conclusiones:

- ✓ Conforme a los análisis de laboratorio realizados para oca amarilla cultivada en la Localidad de Iscayachi, se concluye que esta cuenta con las características óptimas para su procesado. De acuerdo a:

Valor energético el resultado es regular con un 43,28Kcal/100g, resultado por debajo del esperado con referencia a lo expuesto por Tapia M. (1990), con un 61 Kcal/100g.

En cuanto humedad se tiene un valor menor a lo expuesto en tablas siendo este favorable para la etapa de secado, con un 78,86% frente a un 84,1% expuesto por Tapia M. (1990).

En lo que corresponde a hidratos de carbono se observó una diferencia significativa pero aceptable de un 19,21%, valor que supera el 13,3% de tablas, quedando esta variedad como mejor fuente de carbohidratos.

Con lo referente a grasa se observó diferencia significativa, siendo favorable el resultado del proyecto con un valor mínimo de grasa (0,24%), respecto al reportado en tabla bibliográfica (1,66%).

- ✓ Las mejores condiciones para el secado de Oca son: con tipo de corte Rallado donde las dimensiones aproximadas son de 4,5 cm de largo y 1 milímetro de espesor, temperatura de secado de 65°C en un tiempo de 7 horas.
- ✓ El rendimiento Obtenido para la Harina de Oca amarilla Cultivada en la Localidad de Iscayachi es del 65,921%, con granulometría de 0,25micrómetros.
- ✓ La harina con mejor aceptación por el panel de degustación, es la harina que trabaja en un tiempo de secado de 7 horas a 65°C, el atributo con mayor

promedio es el de textura seguida de sabor y aroma, quedando con menor promedio el color.

- ✓ De acuerdo a los análisis de laboratorio realizados para Harina de oca amarilla cultivada en la Localidad de Iscayachi, se concluye que esta cuenta con las siguientes características:

En cuanto a humedad el resultado es bueno y se encuentra dentro del rango que exige el Codex alimentario.

No se detecta gluten en esta harina, siendo favorable para personas privadas del consumo de este.

En lo que respecta a azúcares totales se tiene un valor de 2,69% siendo este un valor aceptable dentro de la norma de Codex alimentario para harinas.

En lo que corresponde a fibra se observó una diferencia significativa pero óptimo en el resultado de un 3,88%, valor que supera el 2,0% máximo de fibra en harina del tubérculo yuca expuesto en tablas.

En cuanto grasa se tiene un resultado óptimo con 1,10% resultado similar a una harina de trigo.

En lo que corresponde a hidratos de carbono y valor energético se obtiene un buen resultado para una harina como fuente de carbohidratos y energía con un 82,08% y 354,86 Kcal/100g respectivamente.

4.2 RECOMENDACIONES

Las recomendaciones planteadas durante este estudio son las siguientes:

- ✓ Se sugiere realizar un estudio en cuanto a la obtención de Harina a partir de oca, con la utilización de otra variedad, para realizar comparación en cuanto a propiedades fisicoquímicas y organolépticas.
- ✓ En cuanto al tipo de corte se sugiere emplear el rallado, esto debido a que así entra mayor cantidad de materia prima al secador y se tendrá en un tiempo determinado mayor masa seca de oca.

- ✓ Se sugiere realizar un estudio sobre el aprovechamiento de almidón de oca, debido a que en el proceso de lavado y rallado de oca, se observa la retención de almidón en las bandejas.
- ✓ Realizar un estudio para el aprovechamiento de la cáscara desechada en la etapa de pelado de oca para elaboración de Harina.
- ✓ Se sugiere realizar un estudio ampliando las aplicaciones de la harina de oca.
- ✓ Si se desea hacer con esta harina productos de pastelería, se sugiere se realice mezcla con harina de trigo en diferentes proporciones, hasta llegar a una calidad deseada con pruebas organolépticas.