

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA JUAN MISAEL SARACHO

FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA

CARRERA DE INGENIERÍA QUÍMICA



**ELABORACIÓN EXPERIMENTAL DE HARINA, DE CONSUMO
HUMANO, A PARTIR DE OCA AMARILLA (OXALIS
TUBEROSA) CULTIVADA EN LA LOCALIDAD DE
ISCAYACHI, DEPARTAMENTO DE TARIJA**

Por:

GEORGINA KATHERINE ACEBEY COLQUE

Proyecto de Grado: (Modalidad, de graduación, Investigación Aplicada)
presentado a consideración de la “UNIVERSIDAD AUTÓNOMA JUAN
MISAEL SARACHO”, como requisito para optar el Grado Académico de
Licenciatura en Ingeniería Química.

Julio de 2018

TARIJA-BOLIVIA

Nombre del Decano (a)

DECANO (a)

Nombre del Vicedecano (a)

VICEDECANO (a)

APROBADO POR:

TRIBUNAL:

Ing. Juan Carlos Vega K.

Ing. José Ernesto Auad A.

Ing. Miguel Ángel Vargas C.

ADVERTENCIA

El tribunal calificador del presente trabajo, no se solidariza con la forma, términos, modos y expresiones vertidas en el mismo, siendo éstas responsabilidad del autor.

DEDICATORIA

El presente Proyecto está dedicado a Dios, le estoy infinitamente agradecida por ayudarme a concluir una etapa más.

A mis padres, por su confianza, consejos y apoyo en todo momento y por hacer de mí una persona de bien con principios y valores.

A mi hermano por su cariño y apoyo incondicional a quien deseo el mayor éxito en la vida.

Finalmente a mi pareja que ha estado conmigo en los malos y buenos momentos y por su amor invaluable, motivando y ayudándome a cumplir mis metas.

AGRADECIMIENTOS

A Dios por brindarme la oportunidad de estudiar y ayudarme a culminar con una etapa más en mi vida, permitirme compartir esta meta cumplida con mi familia y seres amados.

Agradezco a mi casa de estudios Universidad “Juan Misael Saracho” por formarme como profesional.

A los miembros de mi tribunal en especial al Ing. Juan Carlos Vega Knez, por su colaboración y paciencia constante en el presente proyecto.

Y gracias a mis padres por su confianza, consejos y amor inquebrantables.

PENSAMIENTO

Hay genios sin estudios e idiotas con doctorados.

La verdadera sabiduría no la otorga un título, sino lo que haces con lo que has aprendido a lo largo de tu vida y la manera como tratas a los demás.

CONTENIDO

ADVERTENCIA	i
DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTOS	iii
PENSAMIENTO	iv
RESUMEN	v

INTRODUCCIÓN

ANTECEDENTES	1
OBJETIVOS.....	4
OBJETIVO GENERAL	4
OBJETIVO ESPECÍFICO	4
JUSTIFICACIÓN	5
ASPECTO DE MERCADO	5
ASPECTO TECNOLÓGICO	5
ASPECTO ECONÓMICO-SOCIAL.....	5
ASPECTO AMBIENTAL.....	6

CAPÍTULO I

MARCO TEÓRICO

1.1 GENERALIDADES DEL TUBÉRCULO OCA (OXALIS TUBEROSA) ...	7
1.1.1 ANTECEDENTES HISTÓRICOS	7
1.1.2 PRODUCCIÓN DE OCA EN BOLIVIA.....	7

1.1.3 PRODUCCIÓN DE OCA EN TARIJA	10
1.1.4 REQUERIMIENTOS AGROECOLÓGICOS.....	12
1.1.5 TAXONOMÍA DE LA OCA.....	12
1.1.6 DESCRIPCIÓN BOTÁNICA DE LA OCA	13
1.1.7 COMPOSICIÓN NUTRICIONAL DE LA OCA.....	14
1.1.8 CONTENIDO DE ÁCIDO OXÁLICO.....	18
1.1.9 USOS Y FORMA DE CONSUMO DE LA OCA.....	19
1.1.10 VARIEDADES DE OCA	20
1.2 HARINAS	20
1.2.1 DESCRIPCIÓN CUALITATIVA DE LAS HARINA	23
1.2.2 EVALUACIÓN BROMATOLÓGICA.....	24
1.2.3 CLASIFICACIÓN DE LA HARINA	27
1.2.4 HARINA DE OCA AMARILLA	27
1.3 PROCESO TECNOLÓGICO DE PRODUCCIÓN DE HARINA.....	28
1.3.1 RECEPCIÓN	28
1.3.2 ALMACENAMIENTO.....	29
1.3.3 LIMPIEZA.....	30
1.3.4 ACONDICIONAMIENTO	30
1.3.5 SECADO	31
1.3.5.1 CLASIFICACIÓN Y SELECCIÓN DE SECADORES	31
1.3.5.1.1 SECADORES DIRECTOS O POR CONVECCIÓN	31
1.3.5.1.2 SECADORES INDIRECTOS O POR CONDUCCIÓN.....	34
1.3.5.2 FACTORES QUE INTERVIENEN EN EL PROCESO DE SECADO ...	

.....	35
1.3.5.3 CURVAS DE SECADO.....	37
1.3.5.3.1 CINÉTICA DE SECADO	40
1.3.6 MOLIENDA	40
1.3.6.1 ELEMENTOS IMPORTANTES EN LA MOLIENDA	41
1.3.6.1.1 VELOCIDAD CRÍTICA	41
1.3.6.1.2 RELACIONES ENTRE LOS ELEMENTOS VARIABLES DE LOS MOLINOS.....	41
1.3.6.1.3 TAMAÑO MÁXIMO DE LOS ELEMENTOS MOLEDORES	42
1.3.6.1.4 VOLUMEN DE CARGA	42
1.3.6.1.5 POTENCIA.....	42
1.3.6.1.6 TIPOS DE MOLIENDA.....	42
1.3.6.2 TIPOS DE MOLINOS	42
1.3.7 TAMIZADO	43
1.3.7.1 TIPOS DE TAMICES	43
1.3.7.1.1 TAMICES Y PARRILLAS ESTACIONARIAS	43
1.3.7.1.2 TAMICES GIRATORIOS.....	44
1.3.7.1.3 TAMICES VIBRATORIOS	45
1.3.7.1.4 TAMIZ CENTRÍFUGO	45
1.3.8 ENVASADO	46
1.3.8.1 MATERIALES Y TIPOS DE ENVASES.....	47
1.3.9 ALMACENAMIENTO.....	50
1.4 ESTUDIOS PREVIOS PARA LA OBTENCIÓN DE HARINA DE OCA ... AMARILLA	50

CAPÍTULO II

PARTE EXPERIMENTAL

2.1 INTRODUCCIÓN	54
2.2 DESCRIPCIÓN Y ANÁLISIS DE MATERIA PRIMA	54
2.2.1 OXALIS TUBEROSA (OCA).....	54
2.2.1.1 RECOLECCIÓN DE OCA AMARILLA	54
2.2.1.2 ACONDICIONAMIENTO DE LA MATERIA PRIMA (OCA)	55
2.3 DISEÑO EXPERIMENTAL	56
2.3.1 PLANTEAMIENTO DE LA HIPÓTESIS	56
2.3.2 ESPECIFICACIÓN DE LAS VARIABLES DE SECADO	59
2.4 ELECCIÓN DEL SECADOR Y MOLINO EN EL DESARROLLO DEL ... PROCESO EXPERIMENTAL	59
2.5 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO EXPERIMENTAL DE OBTENCIÓN DE HARINA DE OCA AMARILLA DE LA LOCALIDAD DE ISCAYACHI DE . LA CIUDAD DE TARIJA	62
2.5.1 OXALIS TUBEROSA (OCA).....	65
2.5.1.1 RECEPCIÓN	65
2.5.1.2 SELECCIÓN.....	65
2.5.1.3 LIMPIEZA.....	65
2.5.1.4 PELADO.....	66
2.5.1.5 RALLADO	68
2.5.1.6 SECADO	69
2.5.1.6.1 CONTROL DE HUMEDAD DURANTE EL SECADO DEL TUBÉRCULO OCA	73

2.5.1.7 MOLIENDA	79
2.5.1.8 TAMIZADO	80
2.5.1.9 ENVASADO.....	81
2.5.1.10 ALMACENAMIENTO	82
2.6 METODOLOGÍA UTILIZADA PARA LLEGAR AL RESULTADO ESPERADO DE INVESTIGACIÓN	82
2.6.1 DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES FISICOQUÍMICAS DE LA MATERIA PRIMA (OCA AMARILLA FRESCA) Y HARINA DE OCA AMARILLA	84
2.6.2 ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO DE LA HARINA DE OCA AMARILLA	84

CAPÍTULO III

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE LA PARTE EXPERIMENTAL	85
3.2 CARACTERIZACIÓN DE LA MATERIA PRIMA OXALIS TUBEROSA (OCA).....	85
3.2.1 CARACTERÍSTICAS EXTERNAS E INTERNAS	85
3.2.2 CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE OCA AMARILLA	85
3.3 SECADO	85
3.3.1 PERCEPCIONES EN LA ETAPA DE SECADO.....	87
3.3.2 HUMEDAD EN LA MATERIA PRIMA (OCA)	89
3.3.3 HUMEDAD EN BASE SECA	91
3.4 EVALUACIÓN SENSORIAL PARA DEFINIR LA HARINA DE OCA AMARILLA CON MEJORES ATRIBUTOS	93

3.5 MOLIENDA	98
3.6 TAMIZADO	99
3.7 RENDIMIENTO DEL PRODUCTO FINAL OBTENIDO.....	99
3.8 RESULTADOS DE LOS ANÁLISIS FISICOQUÍMICOS.....	100
3.9 RESULTADOS DE LOS ANÁLISIS MICROBIOLÓGICOS	102

CAPÍTULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 CONCLUSIONES	103
4.2 RECOMENDACIONES	104
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	106

ANEXOS

ANEXO A.....	109
PROPIEDADES FISICOQUÍMICAS Y MICROBIOLÓGICAS DE LA MATERIA PRIMA Y PRODUCTO	109
ANEXO B.....	110
TEST DE ACEPTABILIDAD DEL PRODUCTO FINAL.....	110
ANEXO C.....	111
RESULTADOS DE LAS ENCUESTAS DEL TEST DE ACEPTABILIDAD DEL PRODUCTO FINAL.....	111

ÍNDICE DE CUADROS Y/O TABLAS

Tabla I-1 Bolivia: Superficie y producción de las campañas de invierno 2012 y verano 2012-2013, según cultivos, censo agropecuario 2013.....	8
Tabla I-2 Superficie cultivada en la campaña de verano 2012-2013 por Departamento, según cultivo de oca, censo agropecuario 2013.....	9
Tabla I-3 Tarija: Superficie cultivada en la campaña de verano 2012-2013, según principales cultivos, censo agropecuario 2013	12
Tabla I-4 Composición química de Oxalis Tuberosa (Oca).....	15
Tabla I-5 Análisis de aminoácidos en la oca (mg/g)	16
Tabla I-6 Estimación de las necesidades de aminoácidos.....	17
Tabla I-7 Contenido de nutrientes y micronutrientes en oca, isaño, ulluco y papa (100g de materia húmedos)	18
Tabla I-8 Ácido oxálico presente en diferentes vegetales (Contenido en 100g de alimento en peso neto)	19
Tabla I-9 Norma del Codex Alimentarius para Harinas	21
Tabla I-10 Parámetros de la Harina de Camote.....	22
Tabla I-11 Composición Química para la Harina de Trigo.....	22
Tabla I-12 Porcentaje de humedad, proteína y almidón en Harina de Oca según la F.A.O.....	22
Tabla I-13 Parámetros para la obtención de Harina de papa	23
Tabla I-14 Composición proximal de proteína en Harina de yuca, trigo y oca	25
Tabla I-15 Composición proximal de Energía en Harina de yuca, trigo y oca	25
Tabla I-16 Composición proximal de Grasa en Harina de yuca, trigo y oca ...	26

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”.....	52
Tabla II-1 Niveles de las variables o factores de secado de Oca Amarilla.....	57
Tabla II-2 Matriz de diseño.....	58
Tabla II-3 Características, ventajas y desventajas del funcionamiento de los secadores	60
Tabla II-4 Características sobre el funcionamiento de los molinos	61
Tabla II-5 Control de humedad en prueba de T=55°C, t=7 Horas.....	74
Tabla II-6 Control de humedad en prueba de T=55°C, t=8 Horas.....	75
Tabla II-7 Control de humedad en prueba de T=65°C, t=7 Horas.....	77
Tabla II-8 Control de humedad en prueba de T=65°C, t=8 Horas.....	78
Tabla II-9 Test para elegir el producto final de Harina de Oca Amarilla	83
Tabla III-1 Valores de humedad inicial y humedad final a diferentes horas de secado y diferentes temperaturas	91
Tabla III-2 Escala hedónica para evaluación sensorial de atributos de Harina de Oca Amarilla	93
Tabla III-3 Resultado de la evaluación organoléptica de la muestra N°1	94
Tabla III-4 Resultado de la evaluación organoléptica de la muestra N°2	95
Tabla III-5 Resultado de la evaluación organoléptica de la muestra N°3	96
Tabla III-6 Resultado de la evaluación organoléptica de la muestra N°4	97
Tabla III-7 Granulometría de tamizado de Harina de Oca Amarilla.....	99
Tabla III-8 Resultados de análisis fisicoquímico de la materia prima (Oca amarilla)	100
Tabla III-9 Diferencia de resultados de análisis fisicoquímico de la materia prima (Oca amarilla) con otros datos bibliográficos	101
Tabla III-10 Resultados de análisis fisicoquímico de Harina de Oca amarilla....	101

Tabla III-11 Diferencia de Resultados de análisis fisicoquímico de Harina de Oca Amarilla con otros datos bibliográficos.....	102
Tabla III-12 Resultados del análisis microbiológico de la Harina de Oca Amarilla.....	102
Cuadro I-1 Clasificación Taxonómica de la Oca	13
Cuadro I-2 Tipos de molienda	42
Cuadro I-3 Tipos de molinos	43
Cuadro I-4 Ventajas y desventajas de envases de papel y cartón	48
Cuadro I-5 Ventajas y desventajas de envases de plástico	49

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-1 Bolivia: Distribución de la superficie cultivada, según grupos de cultivo, año agrícola 2007-2008 (En porcentaje)	10
Figura 1-2 Ubicación de Iscayachi en el mapa del Departamento de Tarija ...	11
Figura 1-3 Oca. Sus componentes: A. Planta, B. Tubérculo, C. Flor.....	14
Figura 1-4 Esquema de un secador de horno o estufa	32
Figura 1-5 Secador de bandejas o charolas	33
Figura 1-6 Liofilizador de mesa	35
Figura 1-7 Contenido de humedad en función del tiempo.....	38
Figura 1-8 Velocidad de secado en función de la humedad.....	39
Figura 1-9 Velocidad de secado en función del tiempo.....	39
Figura 1-10 Tamiz y parrillas estacionarias	44
Figura 1-11 Tamiz giratorio	44

Figura 1-12 Tamiz vibratorio	45
Figura 1-13 Tamiz centrífugo.....	45
Figura 1-14 Tipos de envase para harinas	47
Figura 1-15 Envase de papel para harinas.....	48
Figura 1-16 Envase de plástico para harinas	49
Figura 2-1 Porcentaje de humedad a 55°C y 7 horas.....	75
Figura 2-2 Porcentaje de humedad a 55°C y 8 horas.....	76
Figura 2-3 Porcentaje de humedad a 65°C y 7 horas.....	78
Figura 2-4 Porcentaje de humedad a 65°C y 8 horas.....	79
Figura 3-1 Resultados de la evaluación organoléptica de la Harina de Oca Amarilla.....	98

ÍNDICE DE FOTOS

Foto II-1 Recolección de Oca.....	55
Foto II-2 Acondicionamiento de la materia prima (Oca).....	56
Foto II-3 Recepción de Oca Amarilla de la Localidad de Iscayachi	65
Foto II-4 Limpieza de la materia prima (Oca Amarilla)	66
Foto II-5 Eliminación de cáscara de Oca Amarilla.....	67
Foto II-6 Pruebas de secado de oca con cáscara y sin cáscara	67
Foto II-7 Tipos de Cortes, en rodaja y rallado.....	68
Foto II-8 Muestras de oca rallada en las bandejas	69
Foto II-9 Bandejas con muestras de oca dentro del secador	70

Foto II-10 Muestras secas de oca.....	71
Foto II-11 Acondicionamiento y pesado de la muestra de oca seca.....	71
Foto II-12 Muestra seca de oca a diferentes condiciones de temperatura y tiempo	72
Foto II-13 Balanza de humedad.....	73
Foto II-14 Pesado de oca seca molida.....	80
Foto II-15 Tamizado de Harina de Oca Amarilla	81
Foto II-16 Harina de Oca Amarilla envasada.....	82
Foto III-1 Muestra de oca rallada seca.....	88
Foto III-2 Muestra de diferencia de color en oca seca.....	89

ÍNDICE DE DIAGRAMAS

Diagrama I-1 Proceso tecnológico de obtención de harina	28
Diagrama I-2 Diagrama de bloques de elaboración de Harina de Oca	51
Diagrama II-1 Diagrama de flujo de Elaboración de Harina de Oca Amarilla	62
Diagrama II-2 Diagrama de bloques de Elaboración de Harina de Oca Amarilla	64