



**INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL  
UNIDAD PROFESIONAL INTERDISCIPLINARIA  
DE BIOTECNOLOGÍA**

---

**TÍTULO DEL TRABAJO:**

**ELABORACIÓN Y EVALUACIÓN DE FIDEOS DE ARROZ**

**INFORME TÉCNICO DE LA OPCIÓN CURRICULAR EN LA MODALIDAD  
DE:  
PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE  
INGENIERA EN ALIMENTOS**

**PRESENTA:  
CLAUDIA CUAMATZI OSORIO**

**ASESORES:**

**M. en C. Hermilo Sánchez Pineda (Interno)**

**M. en C. Yoja Teresa Gallardo Navarro (Externo)**

**México, D. F. 06 junio de 2008**





SECRETARÍA  
DE  
EDUCACIÓN PÚBLICA

**INSTITUTO POLITECNICO NACIONAL  
UNIDAD PROFESIONAL INTERDISCIPLINARIA DE BIOTECNOLOGIA**



México D. F. a 10 de Septiembre de 2007  
Of. No. SA-UPIBI-1473/2007

CUAMATZI OSORIO CLAUDIA  
ALUMNA DEL 7º SEMESTRE DE LA CARRERA DE  
INGENIERÍA EN ALIMENTOS  
Presente

Comunico a Usted que, como resultado de la evaluación del Comité de Proyecto Terminal, con fecha de 7 de septiembre de 2007, queda registrado su Proyecto Terminal en la modalidad de "PROYECTO DE INVESTIGACIÓN" denominado "ELABORACIÓN Y EVALUACIÓN DE FIDEOS DE ARROZ" bajo la dirección externa de la M. en C. Yoja Teresa Gallardo Navarro e interna del M. en C. Hermilo Sánchez Pineda.

De cumplir con las condiciones que abajo se indican, será acreditada la Opción Curricular de Titulación. Así mismo, me permito recordarle que el trabajo experimental deberá concluir en el octavo semestre y entregar, en el mismo, el informe técnico final, de conformidad con los lineamientos que para tal fin establezca el mencionado Comité.

**CONDICIONES**

- 1.- Permanecer en la misma modalidad en el Proyecto Terminal I, II y III
- 2.- Obtener una calificación igual o superior a 8.0 en Proyecto Terminal I, Proyecto Terminal II y en Proyecto Terminal III
- 3.- Cumplir con el 90% de asistencia a las actividades asignadas
- 4.- Cumplir con los demás requisitos que se fijan en el programa de estudios de la asignatura

Sin otro particular por el momento, le envío un cordial saludo

ATENTAMENTE  
"LA TÉCNICA AL SERVICIO DE LA PATRIA"



INSTITUTO POLITECNICO  
NACIONAL  
UNIDAD PROFESIONAL  
INTERDISCIPLINARIA DE  
BIOTECNOLOGIA  
SUBDIRECCION ACADÉMICA

I.B.Q. YÉSSICA MARÍA DOMÍNGUEZ GALICIA  
SUBDIRECTORA ACADÉMICA

Ccp. Expediente de Proyecto Terminal  
Archivo  
YMDG/AGLG

Av. Acueducto s/n. Col. Barrio la Laguna Ticomán C.P. 07340 México, D.F. Tel. 57-29-60-00 Exts. 56347 y 46117 Fax: 56305



**Dedicó a Dios este logro por ser mi guía y fortaleza; a mis padres que en todo momento me han brindado tanto su tiempo, esfuerzo, apoyo e incondicional comprensión; a mi hermana que ha sabido apoyarme y darme ánimos de seguir adelante y no dejarme derrotar; y a mis amigos con los cuales he compartido y disfrutado de este gran aprendizaje.**

**\*\*\* Claudia \*\*\***



## AGRADECIMIENTOS

A la Maestra en Ciencias Yoja Teresa Gallardo Navarro que me brindó la gran oportunidad de trabajar bajo su orientación en la realización de este proyecto.

Al Maestro en Ciencias Hermilo Sánchez Pineda quien me orientó durante la realización de este proyecto.

También quiero agradecer a la Dra. Ana Gabriela Loyo González y a la M. en C. María del Carmen Fernández Martínez por su evaluación y asesoría durante la realización de este proyecto.



# ÍNDICE

	Páginas
1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 Historia de la pasta.....	1
1.2 Tipos de pastas.....	2
1.3 Valor nutricional de la pasta.....	2
1.4 Formas de algunas pastas comerciales.....	3
1.4.1 Pastas tubulares.....	3
1.4.2 Tallarines de filamento.....	3
1.4.3 Tallarines asiáticos.....	3
1.5 Grano de Arroz.....	4
1.5.1 El almidón.....	6
1.5.1.1 Amilosa.....	7
1.5.1.2 Amilopectina.....	7
1.6 Producción de arroz en México.....	7
2. Enfermedad Celiaca.....	8
2.1 Tratamiento.....	9
2.1.1 Alimentos permitidos para el consumo de personas celiacas.....	9
2.1.2 Alimentos no permitidos para el consumo de personas celiacas.....	9
3. Extrusión.....	9
3.1 Factores que influyen sobre la naturaleza del producto extruído.....	10
3.2 Descripción del proceso de extrusión.....	10
3.3 Efectos del procesado de extrusión.....	11
3.3.1 Efecto de la extrusión sobre la proteína.....	12
3.3.2 Efecto de la extrusión sobre la fibra.....	12
4. Evaluación sensorial de los alimentos.....	13
4.1 La textura.....	13
4.2 El sabor.....	14
4.3 El color.....	14
5. JUSTIFICACIÓN.....	15
6. OBJETIVOS.....	15
6.1 Objetivo General.....	15
6.2 Objetivos Particulares.....	15
7. METODOLOGÍA.....	16
7.1 Materiales.....	16
7.2 Equipo.....	16
7.3 Métodos de análisis.....	16
7.3.1 Determinación de Humedad.....	16
7.3.2 Formulación base.....	16
7.3.3 Pruebas de calidad de cocción de las pastas.....	17
7.3.3.1 Tiempo de cocción.....	17

	<b>Páginas</b>
7.3.4 Evaluación sensorial.....	18
8. PROCESO.....	19
8.1 EVALUACIÓN.....	20
9. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	21
10. CONCLUSIONES.....	27
11. RECOMENDACIONES.....	27
12. BIBLIOGRAFÍA.....	28
ANEXOS.....	30



## LISTA DE FIGURAS

Figuras	Páginas
Figura 1. Diferentes pastas tubulares. ....	3
Figura 2. Diferentes formas de tallarines. . ....	3
Figura 3. Colores y formas de tallarines asiáticos. . ....	4
Figura 4. Estructura de un grano de arroz maduro.....	4
Figura 5. Indicación que es un alimento libre de gluten.....	9
Figura 6. Extrusor de tornillo único.....	11
Figura 7. Relación entre los cinco sentidos y las propiedades sensoriales de los alimentos.....	13
Figura 8. Proceso de elaboración del fideo a base de harina de arroz.....	19
Figura 9. Proceso de elaboración del fideo a base de harina de arroz y diferentes concentraciones de nopal. ....	20
Figura 10. Fideo elaborado a base de harina de arroz.....	22
Figura 11. Fideo elaborado con de 20% de nopal y 80% de harina de arroz. ....	22
Figura 12. Fideo elaborado con de 30% de nopal y 70% de harina de arroz. ....	23
Figura 13. Fideo elaborado con de 35% de nopal y 65% de harina de arroz. ....	23
Figura 14. Evaluación sensorial del color de los fideos.....	26
Figura 15. Evaluación sensorial de la textura de los fideos.....	26



## RESUMEN

El objetivo de este trabajo fue la elaboración de un fideo a base de harina de arroz, utilizando ésta como materia prima principal y posteriormente obtenidos los fideos realizarles una evaluación sensorial.

La primera etapa es la humectación de la harina de arroz hasta un 23% de humedad. Después realizamos el proceso de extrusión proceso de extrusión, en el cual se mantuvieron constantes las siguientes condiciones:

Temperatura de entrada 90°C, temperatura de cizallamiento 100°C y temperatura de salida 110°C; una velocidad constante de 50 rpm. Posteriormente a esta etapa se realiza el secado durante 24 horas a temperatura ambiente.

A los fideos secos obtenidos les determinamos la calidad de cocción que consta de cuatro evaluaciones las cuales son:

Tiempo de cocción, determinación de sólidos solubles, índice de incremento de peso por absorción de agua e índice de incremento de volumen; también se realizó una evaluación sensorial a los fideos a base de harina de arroz utilizando una escala hedónica de nueve puntos, para los siguientes atributos: color, sabor, dureza y apariencia.





## 1. INTRODUCCIÓN

Las sopas tipo fideo se encuentran dentro de la dieta de los mexicanos, siendo consumidas de formas muy variadas. Al igual que el pan, la pasta es una excelente fuente de hidratos de carbono no sólo por la cantidad que aporta a la dieta sino porque se trata de hidratos de carbono complejos, como el almidón, que le otorgan una lenta absorción proporcionando niveles estables de glucosa en sangre. El arroz en México tiene un gran consumo en forma de cereal. Por su bajísimo contenido en grasas, es un alimento excelente para mantener una buena salud cardiovascular siempre y cuando no se le incorporen grasas al cocinarlo.

Los expertos recomiendan que consumamos por lo menos 25 gramos de fibra cada día para reducir el riesgo de enfermedades crónicas. Los alimentos ricos en fibra ayudan al funcionamiento del sistema digestivo y reducen el riesgo de desarrollo de desordenes intestinales. Media taza de arroz blanco proporciona 0.3 gramos de fibra.

### 1.1 Historia de la pasta



El origen de la pasta es muy controvertido. Una de las hipótesis más populares, sitúa sus orígenes en China, desde donde llegó hasta Italia en el siglo XIII gracias a los viajes de Marco Polo por las rutas asiáticas.

Seguramente fueron los chinos los primeros en darse cuenta de las ventajas que suponía la buena conservación de la pasta durante algún tiempo antes de cocerla pero, también, otros países asiáticos, como la India, e incluso algunos países árabes, elaboraban desde tiempos remotos una especie de pasta que llevaba el nombre de "sebica" que significa "hebra".

Precisamente la palabra hebra puede hacer alusión a la forma de algunas pastas actuales, como "spaguetti" es el diminutivo plural de la palabra italiana "spago" que significa "cordel".

La denominación más antigua empleada en España para designar la pasta, la de "fideos" ha llegado hasta nuestros días y ya aparece por primera vez en un manuscrito árabe del siglo XIII.

Hoy día, la pasta es uno de los alimentos más típicos y apreciados de la dieta mediterránea. Ya sea como entrante, guarnición, plato único, ensalada, sopa o postre, se recomienda su consumo al menos una vez por semana alternando con otros platos de legumbres y arroz (Callejo, 2002).



---

---

## 1.2 Tipos de pastas

Existen múltiples tipos de pasta en función de los ingredientes utilizados en su elaboración y las distintas formas que se les suele dar (fideos, espaguetis, tallarines, raviolis, caracolas, tortellini, ñoquis, pizza...).

La pasta seca habitualmente empleada es el producto resultante de la desecación de una masa no fermentada hecha con sémolas o harinas de trigo duro, o candeal, o cualquiera de sus mezclas con agua.

La pasta fresca se elabora fundamentalmente con huevo y debe consumirse rápidamente ya que su periodo de caducidad es corto.

Además de las pastas simples, generalmente secas, también las hay integrales y semiintegrales, y compuestas, a las que se añaden gluten, soja, huevos, leche, verduras.

Las pastas rellenas son aquellas, tanto simples como compuestas, que llevan en su interior carne, queso, verduras, etc., como es el caso de los raviolis y los tortellini (Callejo, 2002).

## 1.3 Valor nutricional de la pasta

La pasta más sencilla, hecha a base de harina de trigos duros y agua, contiene aproximadamente entre un 75 a 77% de hidratos de carbono, un 12% de proteínas, un 1% de grasa y alrededor de un 10% de agua y minerales. Esto significa que 100 gramos de pasta, que es normalmente la cantidad que se calcula por persona, aportan unas 365 kilocalorías.

Si se compara la pasta con el pan, la diferencia fundamental entre ambos, además del proceso de fermentación que sufre el pan, no así la pasta, reside en que el pan posee una menor cantidad de hidratos de carbono (50 al 55%), de proteínas (8%) e igual cantidad de grasa (<1%), pero quizá lo más destacable sea el mayor contenido en agua (30%) del pan que es lo que compromete su conservación.

El bajo contenido en agua de la pasta permite una mejor conservación durante largo tiempo, especialmente si se mantiene en condiciones óptimas de empaquetado y almacenamiento (en lugares secos), impidiendo así que se alteren sus propiedades nutritivas y organolépticas.

Al igual que el pan, la pasta es una excelente fuente de hidratos de carbono no sólo por la cantidad que aporta a la dieta sino porque se trata de hidratos de carbono complejos, como el almidón, que le otorgan una lenta absorción proporcionando niveles estables de glucosa en sangre.



La proteína más importante de la pasta es el gluten que le confiere su característica elasticidad. La pasta se puede considerar como una fuente adecuada de proteína, aunque ésta sea deficiente en un aminoácido esencial, la lisina. Su calidad proteica mejora considerablemente cuando la pasta se cocina acompañada de otros alimentos como huevo, leche y queso.

En lo que respecta a su contenido mineral y vitamínico, éste es escaso, apenas un poco de magnesio, calcio y fósforo y pequeñas cantidades de vitaminas del grupo B y ácido fólico, y depende del tipo de harina empleada (Callejo, 2002).

Las pastas constituyen uno de los alimentos más completos y recomendables en el conjunto de una alimentación sana y equilibrada. Esto unido a la capacidad de conservación de la pasta, su fácil preparación culinaria y la enorme variedad de platos que se pueden preparar con ella, son razones más que suficientes para justificar su consumo.

## 1.4 Formas de algunas pastas comerciales

Las pastas están disponibles en diversas formas y tamaños. Muchos tipos de tallarines se han creado en países asiáticos. Las ciertas formas y tamaños se utilizan para propósitos específicos, mientras que otras se pueden utilizar de diversas maneras (Referencia técnica 3).

### 1.4.1 Pastas tubulares

Las pastas tubulares son cualquier pasta que esté en la forma de un tubo. Como se puede observar en la figura 1 algunos tubos son largos y estrechos mientras que otros son cortos.

Se encuentran con superficie lisa o acanalada, y sus extremos se cortan derecho o en ángulo. Se sirven a menudo con una salsa pesada, que sostiene bien en los huecos de los tubos de las pastas (Referencia técnica 3).



Figura 1. Diferentes pastas tubulares.

### 1.4.2 Tallarines de filamento



Los tallarines de filamento son las barras largas de las pastas, que generalmente difieren por la forma y ancho de cada filamento. Algunas de ellas se muestran en la figura 2.

Figura 2. Diferentes formas de tallarines.



### 1.4.3 Tallarines asiáticos

Los tallarines asiáticos consisten en los filamentos que varían en forma, espesor y longitud. Muchos tallarines asiáticos están muy de largos, simbolizando longevidad.

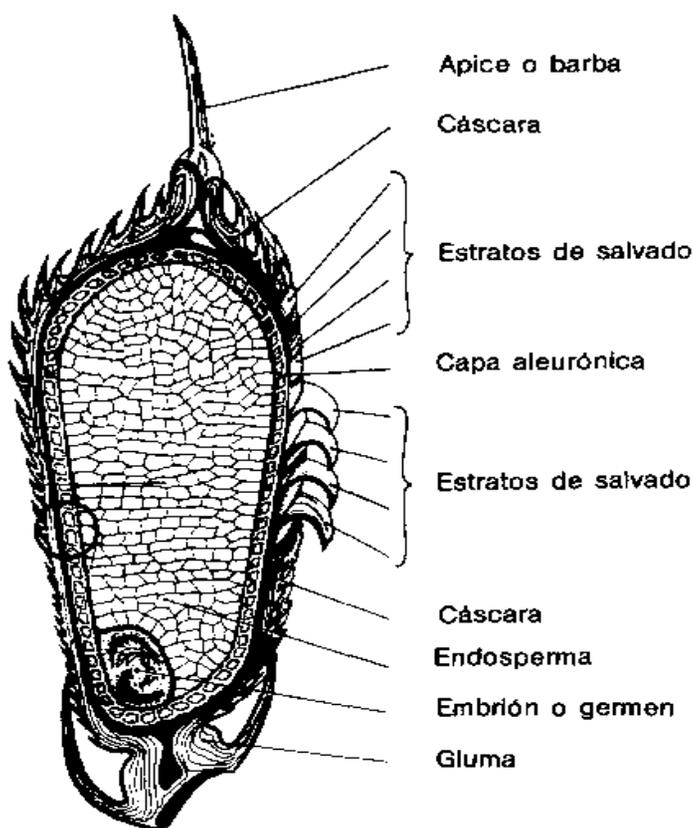
También se encuentran como los palillos rectos finos, los filamentos planos, los filamentos redondos, y filamentos ondulados.



Los tallarines se hacen de las varias harinas, tales como harina de trigo, harina del arroz, harina de patata, harina de la soja, y harina de habas de mung. Algunos tallarines asiáticos se hacen con huevo pero muchos no (Referencia técnica 3).

Figura 3. Colores y formas de tallarines asiáticos.

### 1.5 Grano de Arroz



El arroz (*Oryza sativa*) familia *Gramineae*, hay aproximadamente 20 especies del género *Oryza*. En la figura 4 se muestra la estructura del grano de arroz (Juliano, 1985).

El grano de arroz, tal y como sale del campo, es un grano vestido y se llama arroz-cáscara o paddy. Para su transformación industrial se somete a las siguientes operaciones: limpieza preliminar y secado, aspiración, descascarado, separación del grano, pulido y abrillantado del grano, almacenaje, clasificación, envasado, etiquetado y expedición.

Figura 4. Estructura de un grano de arroz maduro (Juliano, 1985)



En el Cuadro 1, se da la composición química de algunas variedades de arroz y los subproductos de su molienda.

Cuadro 1. Composición química de arroz, moreno, blanco y sancochado (Kent, 1987).

Sustancias nutritivas del arroz (g/100g)								
Producto	Humedad	Proteína	Grasa	Fibra Cruda	Hidratos de carbono	Cenizas	Calorías	
Arroz moreno	12	7.5	1.9	0.9	76.5	1.2	360	
Arroz blanco	12	6.7	0.4	0.3	80.1	0.5	363	
Arroz sancochado	10	7.4	0.3	0.2	80.1	0.7	369	
(mg/100g)								
Producto	Ca	P	Fe	Na	K	Tiamina	Riboflavina	Niacina
Arroz moreno								
Arroz blanco: Sin enriquecer	24	94	0.8	5	9	0.07	0.03	1.6
Enriquecido	24	94	2.9	5	9	0.44	-	3.5
Arroz sancochado enriquecido	60	200	2.9	9	150	0.44	-	3.5

Según la particularidad del proceso industrial, se pueden obtener diferentes tipos de arroz, a saber:

1. Arroz moreno: conocido también como “arroz integral”, es el arroz en que los granos han sido desprovistos de la cáscara (las glumelas) pero todavía conservan el pericarpio y la testa. Es por este motivo que poseen un color oscuro.

2. Arroz blanco: en el cual los granos han sido desprovistos del pericarpio y la testa mediante un proceso de pulido. Éste es el arroz de consumo corriente en casi todo el mundo.

3. Arroz vaporizado (arroz sancochado): llamado, a veces también, arroz “medio cocido”. Es el arroz que se ha sometido inicialmente a un tratamiento con agua y vapor y a un secado posterior. De esta manera, se facilita la posterior cocción y los granos quedan más sueltos. Además, una parte de las vitaminas y de los minerales de las capas externas pasan a su interior y no se eliminan en el proceso de pulido. Tiene un color amarillento.

4. Arroz tratado: la legislación prevé la posibilidad de elaborar arroces tratados, sometiendo el arroz blanco a procesos especiales de elaboración. Se consideran como arroces tratados: el arroz satinado, el arroz matizado y el arroz enriquecido.



Los arroces blanco y vaporizado se comercializan en diferentes categorías: extra, primera (I) y segunda (II), en función de los contenidos de granos enteros y de granos rotos o partidos presentes en la muestra (Callejo, 2002). En el Cuadro 2 se muestra la composición química del arroz.

Cuadro 2 Composición química del arroz y los subproductos de la molienda.

PRODUCTO	COMPONENTE (% sobre base seca)				
	Proteínas <sup>1</sup>	Grasa	Fibra	Cenizas	Carbohidratos <sup>2</sup>
Arroz blanco	8.1-8.4	0.3-0.6	0.3	0.5	90.0-90.6
Cascarilla	2.2-4.8	0.4-0.8	47.3-53.4	15.3-20.3	26.0-34.2
Salvado	12.9-16.8	14.5-17	9.4-10.3	8.6-9.9	47.4-52.9
Germen	19.2- 26.4	19.9-23.8	3.0-4.8	7.1-10.1	39.8-49.2
Medianos	7.2-9.7	0.4-2.8	1.2-4.7	0.5-3.5	78.2-90.2

(1) Contenido en N x 5.95.

(2) Excluida la fibra.

La composición de aminoácidos está relativamente bien equilibrada, con valores de lisina de 3.5% de la proteína total. La lisina es un aminoácido limitante, seguido por la treonina.

Los subproductos de mayor interés son el salvado (con o sin germen), por su valor nutritivo y valor potencial en la alimentación; la cascarilla, por su volumen de producción y posibilidades de utilización industrial. El germen, fuente de grasas y vitamina E, en la actualidad se comercializa con el salvado. Los medianos se han utilizado tradicionalmente para elaborar harinas y sémolas para cervecaría.

El almidón de arroz se presenta en forma de gránulos unidos por una matriz proteica, los cuales tienen un diámetro de 4-8 $\mu$ m y son de forma poliédrica. La asociación proteína-almidón en el grano de arroz, es muy fuerte y no se debilita cuando se sumerge el grano en agua o en bisulfito sódico. Sin embargo, se debilita sumergiéndolo en hidróxido sódico diluido (Callejo, 2002).

### 1.5.1 El almidón

El almidón se compone principalmente (97-98%) de amilosa y amilopectina en proporción variable según su procedencia.

La amilosa está constituida por 200 a 400 unidades de D-glucosa. Las unidades de glucosa se asocian entre sí por enlaces glucosídicos tipo alfa, desde el carbono 1 de una glucosa, al carbono 4 de la siguiente. Se forma así una larga cadena, que se dispone enrollada con estructura en hélice.

La amilopectina tiene mayor tamaño molecular que la amilosa. La disposición básica es similar a la de la amilosa, pero se distingue por poseer ramificaciones que se desprenden de esta cadena lineal. El diferente contenido de amilopectina y amilosa en cereales se muestra en el cuadro 3, mostrando el arroz mayor contenido de amilopectina.



Cuadro 3. Contenido de amilosa y amilopectina de cereales y patatas.

	Arroz	Trigo	Maíz	Patata
<b>Amilosa (%)</b>	<b>18,5</b>	<b>25</b>	<b>24</b>	<b>20</b>
<b>Amilopectina (%)</b>	<b>81,5</b>	<b>75</b>	<b>76</b>	<b>80</b>

Las principales fuentes de almidón son las plantas superiores, donde se encuentra este polisacárido en la forma de gránulos insolubles en el medio celular, como sustancias de reserva.

El mismo es depositado principalmente en las semillas, tubérculos y raíces de las plantas. En el cuadro 4 se muestran algunas fuentes de almidón (Callejo, 2002).

Cuadro 4. Las principales fuentes de almidón son los cereales y las patatas.

<b>Composición de las materias primas en % sólidos secos</b>					
	Arroz	Trigo	Cebada	Maíz	Patata
<b>Almidón</b>	<b>75,8</b>	<b>71,9</b>	<b>73,5</b>	<b>79,5</b>	<b>27,5</b>
<b>Proteínas</b>	<b>8,1</b>	<b>12,2</b>	<b>10,9</b>	<b>10,2</b>	<b>1,6</b>
<b>Lípidos</b>	<b>1,2</b>	<b>1,9</b>	<b>2,3</b>	<b>4,6</b>	<b>0,6</b>
<b>Fibra</b>	<b>0,5</b>	<b>1,9</b>	<b>4,3</b>	<b>2,3</b>	<b>-</b>
<b>Minerales</b>	<b>1,4</b>	<b>1,7</b>	<b>2,4</b>	<b>1,3</b>	<b>1,1</b>

### 1.5.1.1 Amilosa

Amilosa es un polímero lineal de residuos de D-glucosa, unidos por enlace  $\alpha$ -1,4. Su masa molecular puede alcanzar de 20.000 (maíz) a 30.000 (papas). En los gránulos de almidón este polímero se encuentra bajo forma cristalizada, debido principalmente al gran número de enlaces hidrógeno existente entre los grupos hidroxilo (Cheftel, 1998).

### 1.5.1.2 Amilopectina

Amilopectina es un polímero ramificado de D-glucosa. Los enlaces son de tipo  $\alpha$ -1,4 salvo a nivel de ramificación donde son del tipo  $\alpha$ -1,6 (Cheftel, 1998)

## 1.6 Producción de arroz en México

El consumo de arroz en México, según estadísticas poco confiables y atrasadas, es de 6.5 kilos por persona, uno de los más bajos del continente americano. (Internet 5). En el cuadro 5, se muestra la dependencia que tiene México en cuanto a las exportaciones.



Cuadro 5. Producción Nacional e Importaciones de Arroz 1975 a 2003

<b>PRODUCCIÓN NACIONAL DE ARROZ E IMPORTACIONES DE ARROZ 1975 A 2003</b>				
<b>Año</b>	<b>Superficie Cosechada (Ha)</b>	<b>Producción (t)</b>	<b>Importación (t)</b>	<b>Dependencia de Importaciones (%)</b>
1975	254,000	717,000	00	00
1985	216,000	808,000	235,960	22.60
1990	105,000	394,000	262,630	40.00
1995	78,000	367,000	393,590	51.70
1998	120,000	300,000	481,860	61.60
2000	80,000	220,000	780,000	78.00
2001	50,000	180,000	760,000	80.80
2003	57,768	132,000	790,000	85.68

Fuente: Sagarpa, Fapri, Departamento del Tesoro de Estados Unidos

Fuente: Sagarpa, Fapri, Departamento del Tesoro de Estados Unidos.

## 2. Enfermedad Celiaca

Esta enfermedad, también conocida como enteropatía sensible al gluten, esprue celíaco, esprue no tropical o celiarquía, es un problema del sistema inmune (autoinmunidad) que afecta principalmente al intestino delgado, provocada por una intolerancia permanente a un componente de ciertos cereales llamado GLUTEN que afecta a personas con una predisposición genética.

Esto quiere decir que la enfermedad requiere de dos componentes principales: la exposición al gluten de los alimentos (al cual todas las personas estamos expuestos ya que sus fuentes principales son el trigo, la cebada, el centeno y en menor grado la avena) y una susceptibilidad genética que provoca una reacción anormal que daña al propio intestino, ocasionando falta de absorción de los nutrientes (mala absorción intestinal). En el cuadro 6 se muestran las principales prolaminas en los cereales (Referencia técnica 4)

Cuadro 6. Prolaminas contenidas en los cereales.

<b>Cereal</b>	<b>Prolamina</b>	<b>% de gluten</b>	<b>Efecto</b>
Trigo	Gliadina	69	Causa daño
Centeno	Secalina	30 - 50	Causa daño
Cebada	Hordeína	46 - 52	Causa daño
Avena	Avenina	16	En principio causa daño (aunque es tema en estudio)
Arroz	Orzenina	5	NO causa daño
Maíz	Zeina	55	NO causa daño
Sorgo	Kafirina	52	NO causa daño



## 2.1 Tratamiento

Se debe seguir una dieta libre de gluten de por vida para permitir la recuperación de las vellosidades intestinales. Los alimentos, bebidas y medicamentos que contienen trigo, centeno, cebada y posiblemente avena se deben eliminar por completo de la dieta. Asimismo, se deben leer las etiquetas de los alimentos y drogas con sumo cuidado para verificar las fuentes ocultas de estos granos y sus derivados. Dado que el trigo y la cebada se encuentran abundantemente en la dieta mexicana, el tratamiento es un reto, pero se puede alcanzar la meta de curación con educación y planeación (Internet 3).

### 2.1.1 Alimentos permitidos para el consumo de personas celiacas

Algunos alimentos consumidos por personas celiacas son: el arroz, el maíz, el café de grano, las tortillas de maíz, la soya, las frutas (excepto la ciruela) y verduras, leguminosas y carnes, helados, dulces de caramelo macizo, mermeladas, azúcar, miel y frutos secos naturales.

Algunos productos especiales para celíacos, son fácilmente identificables por llevar el símbolo internacional de alimento sin gluten (espiga barrada dentro de un círculo) el cual se muestra en la Figura 5.



Figura 5. Símbolo indicador de alimentos libres de gluten.

### 2.1.2 Alimentos no permitidos para el consumo de personas celiacas

Deben evitarse harinas, panes de todo tipo (incluyendo los integrales que se basan en trigo), galletas, pastas, cerveza (por la cebada), productos de pastelería, chocolates, almendras y otros. Además existen muchos alimentos contaminados con gluten, como espesantes y sustancias usadas para cocinar, así como algunos conservadores. Este el caso del café instantáneo y los aderezos para ensaladas que no deben consumirse. (Referencia técnica 3)

## 3. Extrusión

La extrusión es un proceso que combina diversas operaciones unitarias como el mezclado, el amasado y el moldeo. Un extrusor está constituido en esencia por una



---

---

bomba de tornillo (semejante a una prensa de tornillo o a un transportador de tornillo en la que el alimento es trabajado hasta la obtención de una masa semisólida que es impulsada a través de un pequeño orificio. Si durante la operación el alimento es sometido a tratamiento térmico, al proceso se le denomina extrusión con cocción (o extrusión en caliente) (Fellows, 1994).

### 3.1 Factores que influyen sobre la naturaleza del producto extruído

La extrusión con cocción es un tratamiento térmico a elevada temperatura durante corto tiempo (HTST) que reduce la contaminación microbiana e inactiva las enzimas. Sin embargo, tanto los alimentos extruidos en caliente como en frío, se conservan, principalmente, por su baja actividad de agua. La extrusión es una operación unitaria que está ganando popularidad por las siguientes razones:

- (1) Versatilidad: Combinando la porción de ingredientes minoritarios y las condiciones durante la extrusión puede obtenerse una gran variedad de productos.
- (2) Menores gastos: La extrusión es un proceso mas barato y productivo que otros procesos de cocción o moldeo.
- (3) No genera efluentes: La extrusión constituye un ejemplo de los sistemas de procesado en los que el tamaño de los alimentos se aumenta. Los alimentos granulados de menor tamaño o pulverizados, se transforman en alimentos de tamaño de partícula mayor.

Los principales factores que influyen en la naturaleza del producto extruido son: las condiciones durante la extrusión y las propiedades reológicas de los alimentos en cuestión. Los parámetros más importantes durante el proceso son: la temperatura, la presión, el diámetro de los orificios de la boquilla y la velocidad de cizalla. Esta última depende del diseño interno del cilindro del extrusor y de la velocidad y forma del tornillo (o tornillos). Las características del material a extrudir ejercen una influencia importante sobre la textura y el color del material extruido.

Las mas importantes son: el contenido de agua, el estado físico de los componentes y su composición química (en especial el contenido y tipo de almidones, proteínas, grasas y azucares). En la extrusión de cereales durante las experiencias a escala piloto, la viscosidad de las pastas se controla, con objeto de determinar las condiciones más adecuadas para el proceso, así como durante este, con objeto de mantenerlas (Fellows, 1994).

### 3.2 Descripción del proceso de extrusión

Los extrusores de único tornillo constan de varias partes: una sección para transformar las partículas en una masa homogénea, una sección de amasado para comprimir, mezclar y desgarrar el alimento plastificado y, en los tornillos de gran



fuerza de cizalla, una sección de cocción (Figura 6), El transporte de la materia prima por los extruidores de tornillo único depende en su mayor parte del grado de fricción con la superficie del cilindro.

En ellos la materia prima progresa (flujo de araste) por la acción del tornillo y solo una pequeña parte refluye entre el tornillo y la pared del tornillo (flujo de presión y flujo de escape) (Fellows, 1994).

### 3.3 Efectos del procesado de extrusión

La aplicación de tratamiento de extrusión altera los almidones que poseen grupos hidroxilos, los cuales son poco solubles en agua. La alteración de estos grupos, elevan el poder de retención del agua y facilitan la hinchazón y gelatinización de los gránulos de almidón.

La temperatura de gelatinización está asociada con la ruptura de los puentes secundarios de hidrógeno que mantienen las cadenas de polímeros unidas.

En el cuadro 7 se muestra la temperatura de gelatinización de algunos cereales.

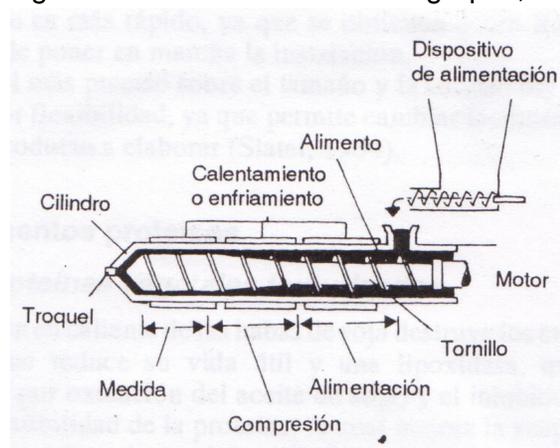


Figura 6. Extrusor de tornillo único (Fellows, 1994)

**Gelatinización.** Los gránulos se hinchan, debido a una adsorción de agua por los grupos polares hidroxilo. En ese momento la viscosidad de la suspensión de almidón aumenta considerablemente, porque los gránulos hinchados se adhieren los unos a los otros.

Si se prolonga el tratamiento, puede surgir una ruptura de los gránulos, hidrólisis parcial y disolución más o menos completa de las moléculas constituyentes, lo que origina un descenso de la viscosidad. Posteriormente, al descender la temperatura, se observa la formación de un gel, es decir aumenta nuevamente la viscosidad, fenómeno al que se denomina retrogradación.

La fuerte unión proteína-almidón intracelular en el endospermo de los granos duros (por ejemplo el sorgo), debido a que las proteínas cubren toda la superficie del almidón evitando que se rompan fácilmente los gránulos; y el alto contenido de amilosa en algunas variedades puede dificultar la obtención de una adecuada gelatinización del almidón.

Los almidones de alto contenido en amilosa son resistentes a la cocción debido a la naturaleza cristalina de la amilosa, sólo hay hinchazón a temperatura elevada y, si se mantiene moderada, no hay gran aumento de la viscosidad (Cheftel y Cheftel, 1998).



Debido a su naturaleza cristalina, la amilosa sólo se hincha a temperatura elevada y siempre tiende a recristalizar favoreciéndose la retrogradación. Sin embargo, la amilopectina presenta un grado de cristalinidad muy inferior al de la amilosa y por tal no tienen tendencia a la recristalización, posee un elevado poder de retención de agua, contrariamente a la amilosa. Las soluciones de amilopectina no retrogradan (Belitz y Grosch, 1988).

Cuadro 7. Las diferentes temperaturas de gelatinización de cereales.

	Trigo	Cebada	Arroz	Patata	Maíz
T <sup>a</sup> Gelatinización	58-65	51-60	68-78	59-68	62-72

### 3.3.1 Efecto de la extrusión sobre las proteínas

La extrusión de productos con elevado contenido proteico se suele realizar generalmente para controlar los inhibidores del crecimiento que están contenidos en las materias primas. Durante el proceso de extrusión, estos inhibidores son suficientemente inactivados para evitar bloquear la actividad enzimática en el intestino. Estos procesos consiguen productos con factores antitripsicos correctos desde el punto de vista de su uso en alimentación animal y su diferencia está en que el producto ha sido sometido a diferente humedad y temperatura durante la extrusión.

Se intenta en estos procesos conseguir por un lado el mínimo contenido en factores antitripsicos y por otro la máxima lisina disponible en el producto. Es conocido que la lisina es un aminoácido muy reactivo y el proceso que sea menos agresivo será el mejor desde el punto de vista nutritivo.

La extrusión produce el desdoblamiento de las cadenas proteicas vegetales.

Las moléculas se alinean a largo de la matriz. En ausencia de cantidades importantes de almidón, la cocción por extrusión reduce la solubilidad de la proteína cuando la temperatura aumenta. Existe un proceso por el cual a medida que la temperatura se va elevando, la proteína se va perjudicando.

Muchas proteínas son desnaturalizadas por la extrusión y pierden por tanto sus propiedades funcionales (Porta, 1993).

### 3.3.2 Efecto de la extrusión sobre la fibra

Existen pocos datos publicados del efecto de la extrusión sobre la fibra, aunque se haya estudiado. Así por ejemplo, para el caso del trigo se puede decir que la fibra del producto se solubiliza, incrementando la disponibilidad para su fermentación. Así por ejemplo cuando se extrusiona salvado el contenido en fibra soluble se incrementa significativamente. Varias observaciones indican que las paredes de las celulosas del producto extrusionado se adelgazaron y la superficie era más rugosa que la inicialmente de partida.



Para conseguir efectos significativos sobre la fibra hay que procesar los productos bajo condiciones muy severas, cosa que no ocurre en condiciones de trabajo normales (Referencia técnica 6).

#### 4. Evaluación sensorial de los alimentos

Las propiedades sensoriales son los atributos de los alimentos que se detectan por medio de los sentidos. Hay algunas propiedades que se perciben por medio de un solo sentido, mientras que otras son detectadas por dos o más sentidos. La Figura 7 muestra la relación entre los atributos sensoriales y los cinco sentidos.

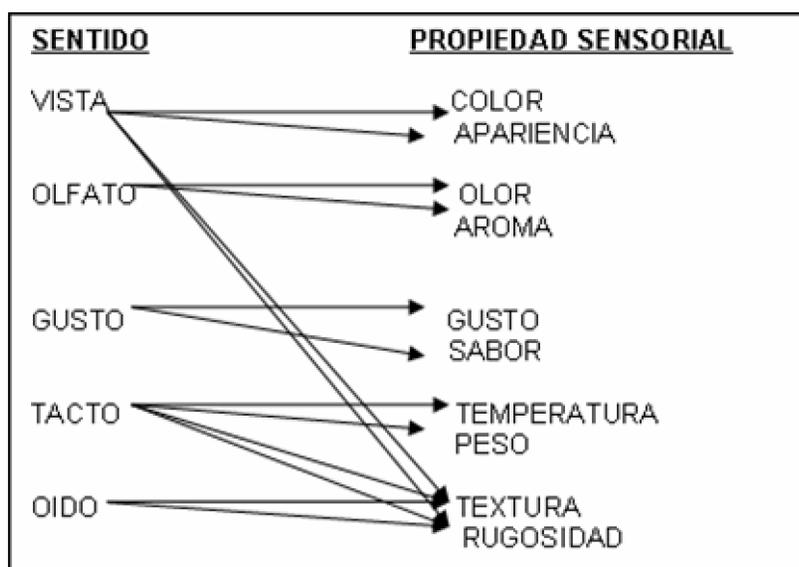


Figura 7. Relación entre los cinco sentidos y las propiedades sensoriales de los alimentos.

#### 4.1 La textura

Varias definiciones han sido propuestas por diferentes autores (Scout-Blair, 1976; Brennan, 1980; Bourne, 1982; Anzaldúa-Morales, 1984); y de éstas podríamos escoger la siguiente como la definición más adecuada:

“Textura es la propiedad sensorial de los alimentos que es detectada por los sentidos del tacto, la vista y el oído, y que se manifiesta cuando el alimento sufre una deformación”.

No se puede hablar de la textura de un alimento como si fuera una sola característica de éste, sino que más correctamente hay que referirse a los atributos de textura, o las características o propiedades de textura del alimento.

Los consumidores están cada vez más conscientes de la textura de los alimentos, y que la variedad de productos alimenticios en el mercado se incrementan día con día (Szczeniak y Kleyn, 1963; Szczeniak y Kahn, 1971; Szczeniak, 1972).



---

---

Las propiedades o características de textura han sido clasificadas en tres categorías: atributos mecánicos, geométricos y de composición. Los primeros dan una identificación del comportamiento mecánico del alimento ante la deformación, y pueden a su vez, dividirse en primarios y secundarios. Los primarios son los que se correlacionan con una propiedad mecánica tal como fuerza, deformación o energía, mientras que los secundarios son los que resultan de la combinación de propiedades primarias (Larmod, 1976).

Los atributos geométricos son aquellos relacionados con la forma o la orientación de las partículas del alimento, como por ejemplo fibrosidad, que nos indica la presencia de las fibras y su resistencia; o la granulosis, la cristalinidad, la porosidad, la esponjosidad, etc. Los atributos de composición son los que aparentemente indican la presencia de algún componente en el alimento, como serían la humedad, la grasosidad, la harinosidad, etc. (Anzaldúa – Morales, 1994)

## 4.2 El sabor

El sabor de los alimentos es dependiente del tiempo ya que hay sabores que se perciben más rápidamente que otros. Incluso con los sabores básicos.

Básicamente el análisis de perfil de sabor consiste en la descripción detallada y la medición de todos y cada uno de los componentes o notas del sabor de un producto alimenticio (Ackerman, 1990).

Otra característica del sabor es la persistencia, la cual es conocida también como *resabio* o *regusto*. Hay alimentos y sustancias con sabor que dejan un cierto regusto después de haberlos probado. Las pruebas de sabor tienen que efectuarse de preferencia, cuando se tratan de pruebas de comparación, con muestras lo más diluidas que sea, justo por encima de la concentración de umbral de percepción del grupo de jueces para así poder distinguir bien las diferencias, ocurra que cuando el sabor es muy fuerte, es difícil diferenciar muestras con sabores picantes o especias (Anzaldúa – Morales, 1994).

## 4.3 El color

Esta propiedad es la percepción de una cierta longitud de onda reflejada por un objeto. El color es un objeto que tiene tres características:

El tono, el cual está determinado por el valor exacto de la longitud de la luz de onda reflejada.

La intensidad la cual depende de la concentración de las sustancias colorantes dentro del objeto o el alimento.

El brillo que es dependiente de la cantidad de luz que se refleja por el cuerpo, en comparación con la luz que incide sobre él. La medición del color puede efectuarse usando escalas de color. La escala debe abarcar todos los tonos e intensidades posibles en las muestras a evaluar, colocados en orden creciente de intensidad o valor. Las muestras se comparan con dicha escala, y se les asigna el número correspondiente según ella (Anzaldúa – Morales, 1994).



---

---

## 5. JUSTIFICACIÓN

- Con la elaboración del fideo a base de harina de arroz, teniendo a esta como materia prima pretendemos ofrecer una alternativa para el consumo de la misma.
- La harina de arroz puede ser usada en lugar de la harina de trigo, para cocinar. En México es muy consumido el arroz como cereal, pero como harina todavía no hay un gran conocimiento de la utilidad de esta, en el mercado nacional existen pocos productos tipo fideo, adecuado a personas celiacas.
- La adición de nopal a la elaboración del fideo a base de harina de arroz, es por que el arroz cuenta con un bajo contenido en fibra. El nopal por el contrario es uno de los alimentos que cuenta con un buen contenido en fibra y es del agrado a la población mexicana.
- La fibra insoluble con la que cuenta el nopal puede prevenir y aliviar el estreñimiento y las hemorroides al mismo tiempo que previene la aparición de cáncer de colon. La fibra soluble, en el tubo digestivo retarda la absorción de nutrientes y hace que estos no pasen a la sangre rápidamente. También son una buena fuente de calcio, ya que en 100 g de nopales, hay aproximadamente 80 mg de calcio.

## 6. OBJETIVOS

### 6.1 Objetivo General

- Elaboración de un fideo a base de harina de arroz por el método de extrusión
- Elaboración y evaluación de un fideo a base de harina de arroz complementado con nopal.

### 6.2 Objetivos Particulares

- Desarrollar formulación de un fideo a base de harina de arroz.
- Caracterización fisicoquímica de los fideos elaborados.
- Evaluar diferentes condiciones de extrusión.
- Realizar pruebas de evaluación sensorial a los fideos.



## 7. METODOLOGÍA

### 7.3 Materiales

- \* Harina de Arroz. Marca comercial “Tres Estrellas”.
- \* Agua.
- \* Nopales cortados en trozos, comercializados en salmuera.
- \* Material de uso común en el laboratorio.
- \* Bolsas de plástico con cierre hermético.

### 7.4 Equipo

- \* Balanza digital. A&D Company Limited.
- \* Termo balanza. Satorius Ag Gottingen. MA 45-000115V1.
- \* Mezcladora. HOBART Model C-100 Capacidad 15 kilogramos..
- \* Extrusor. Marca Brabender, modelo AEV 330.

### 7.3 Métodos de análisis

#### 7.3.1 Determinación de Humedad

La determinación se realizó por el método de la Termobalanza. (AOAC, 1991)

#### 7.3.2 Formulación base

El cuadro 8 presentan los diferentes porcentajes de sustitución de nopales por la harina de arroz para la elaboración de tres fideos.

Cuadro 8. Formulaciones para la elaboración de los fideos a base de harina de arroz.

Componente	MUESTRAS			
	HA	HA + N20	HA + N30	HA + N35
Agua	23 %	-	-	-
Nopales		20 %	30 %	35 %
Harina de arroz	77 %	80 %	70 %	65 %





### 7.3.3 Pruebas de calidad de cocción de las pastas (AOAC, 1990)

#### 7.3.3.1 Tiempo de cocción (Zayas, et. al 1986)

Se pesan 5 g de la pasta y se colocan en 100 mL de agua a ebullición y se mantiene durante 15 minutos aproximadamente. Después se toma un fideo y se coloca en medio de dos portaobjetos gruesos y después se realiza una pequeña presión, con la cual se observará si el fideo todavía tiene su núcleo con una forma definida.

Si ya no cuenta con su núcleo completo indica que todo el almidón se ha gelatinizado. Este tiempo óptimo se considera como el de cocción.

#### 7.3.3.2 Índice de incremento de peso por absorción de agua (Hummel, 1966)

La absorción de agua en un índice del rendimiento a la cocción de las pastas se puede determinar por la diferencia de peso entre las pastas cocidas y secas.

Pesar la muestra de pasta cocida, de la cual ya tenemos el tiempo óptimo de cocción, como la cantidad de muestra inicial que se colocó es de 5 g solamente se realiza la sustitución en la siguiente fórmula:

$$Iw = \frac{\text{Peso de la pasta cocida}}{\text{Peso de la pasta seca}} \quad (1)$$

#### 7.3.3.3 Índice de incremento de volumen (Hummel, 1966)

El principio de Arquímedes se utilizó para medir el volumen de un cuerpo sólido; por lo que el desplazamiento de agua por este cuerpo es igual al volumen del mismo.

Se pesaron 2 g de muestra (pasta cocida y cruda) y se introducen en una probeta graduada conteniendo 100 mL de agua a 25°C y se observó el volumen desplazado

El índice de incremento de volumen se calculó con la siguiente ecuación:

$$Iv = \frac{\text{Volumen de desplazamiento de muestra cocida}}{\text{Volumen de desplazamiento de muestra seca}} \quad (2)$$

#### 7.3.3.4 Determinación de sólidos solubles (Beltrán et. al 1986, 1966)

Este método se basa en la cuantificación de compuestos solubles de pastas en el agua de cocción por diferencia de peso.

Se pesan 5 g de pasta seca. Se colocaron en 100 mL de agua a ebullición dejarse por 10 minutos, después se separa el agua de cocción. De esta se toma una



alícuota de 50 mL para determinar el porcentaje de residuos, la alícuota se coloca en un vaso de precipitados previamente tarado y se meta a la estufa (80-90° C) hasta evaporar a sequedad, se pesa el vaso y se calcula el % de residuos.

$$\% \text{ Sólidos Solubles} = \frac{(\text{Peso del vaso con residuos} - \text{Peso del vaso vacío}) * 100}{\text{Peso de la muestra}} \quad (3)$$

### 7.3.4 Condiciones de extrusión

El extrusor es precalentado a las temperaturas ya establecidas del proceso aproximadamente 15 minutos.

Introducir la materia prima en el cilindro del extrusor, manteniendo constante la alimentación. Esta masa es posteriormente extruída a través de los orificios de una boquilla (cortada manualmente si es necesario).

Las condiciones propuestas para el funcionamiento del extrusor se muestran en el cuadro 9.

Cuadro 9. Condiciones de extrusión para la elaboración de los fideos a base de harina de arroz

Mezcla	Temperatura de entrada (°C)	Temperatura de cizallamiento (°C)	Temperatura de salida (°C)	Velocidad rotacional rpm
FHA	125	125	120	50
	90	100	110	50
FHAN2	90	110	90	50
FHAN3	90	110	90	50
FHAN35	90	110	90	50

FHA = Fideo a base de harina de arroz.

FHA2 = Fideo a base de 80% harina de arroz

con 20% de nopal.

FHA3 = Fideo a base de 70% harina de arroz con 30% de nopal.

FHA35 = Fideo a base de 65% harina de arroz con 35% de nopal.

### 7.3.5 Evaluación sensorial

Para la evaluación sensorial de los fideos a base de harina de arroz, se emplea una prueba afectiva en combinación con una prueba de comparación múltiple.

Una prueba afectiva es aquella en la cual el juez expresa su reacción subjetiva ante el producto, indicando si le gusta o le disgusta, si lo acepta o lo rechaza. (Larmond, 1976).

Con esta prueba evaluamos el grado de satisfacción (gusto o disgusto).

Para las pruebas afectivas es necesario contar con un mínimo de 30 jueces no entrenados.



Prueba de comparación múltiple analiza un gran número de muestras y resulta muy útil para evaluar el efecto en variaciones en formulaciones, la sustitución de un ingrediente.

El formato aplicado a esta evaluación se muestra en el ANEXO 1.

Los datos se someten a un análisis de varianza para experimentos de evaluación sensorial con una variable y repeticiones (jueces). Se determina la significancia de cada fuente de variación.

Detectada la diferencia significativa entre las diversas muestras y el estándar, se establece la diferencia significativa mínima (D.M.S). Utilizando la *prueba de Tukey*. (Anzaldua-Morales, 1994).

## 8. PROCESO DE ELABORACIÓN

El proceso de elaboración de los fideos se realiza con la primera etapa, la cual es la humectación de la harina de arroz con agua hasta obtener una humedad del 23%.

Después se realiza el proceso de extrusión de la harina, ésta fue alimentada de manera manual, con una velocidad del tornillo rotacional de 50 rpm. El fideo obtenido por extrusión se procede a secarlo a temperatura ambiente durante 24 horas. Este proceso se observa en la Figura 8.

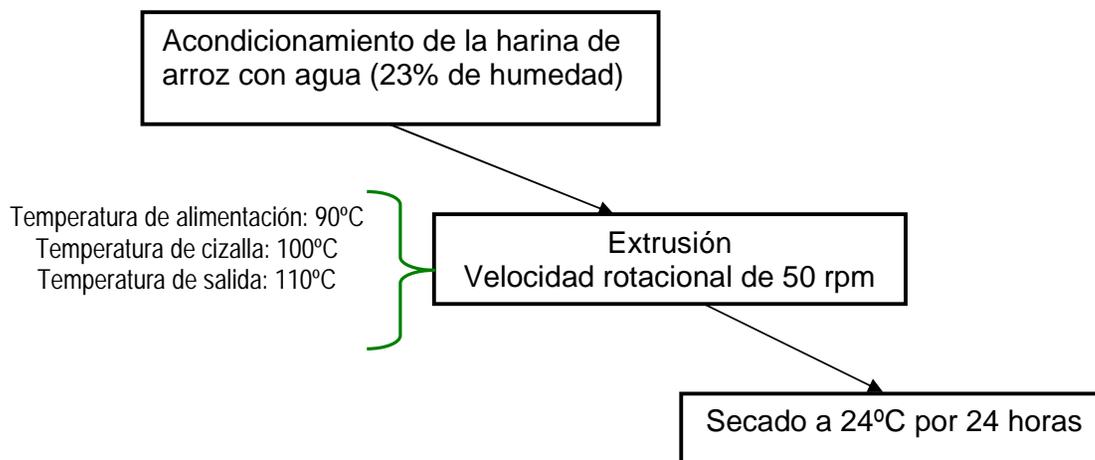


Figura 8. Proceso de elaboración del fideo a base de harina de arroz.



## 8.1 EVALUACIÓN

Con las muestras respectivamente secas y almacenadas en bolsas con cierre hermético, se realizan las pruebas de cocción (Tiempo de cocción, índice de incremento de peso por absorción de agua, índice de incremento de volumen, determinación de sólidos solubles), rendimiento y evaluación sensorial que se muestran en la figura 9. Para la evaluación sensorial se empleó una prueba afectiva en combinación con una prueba de comparación múltiple.

Obteniéndose como punto de partida, el tiempo óptimo de cocción se procede a realizar las demás pruebas.

El proceso explicado anteriormente, se emplea de nuevo para la elaboración de fideos a base de harina de arroz complementada con nopal, teniendo en consideración los cambios en las condiciones de operación del extrusor.

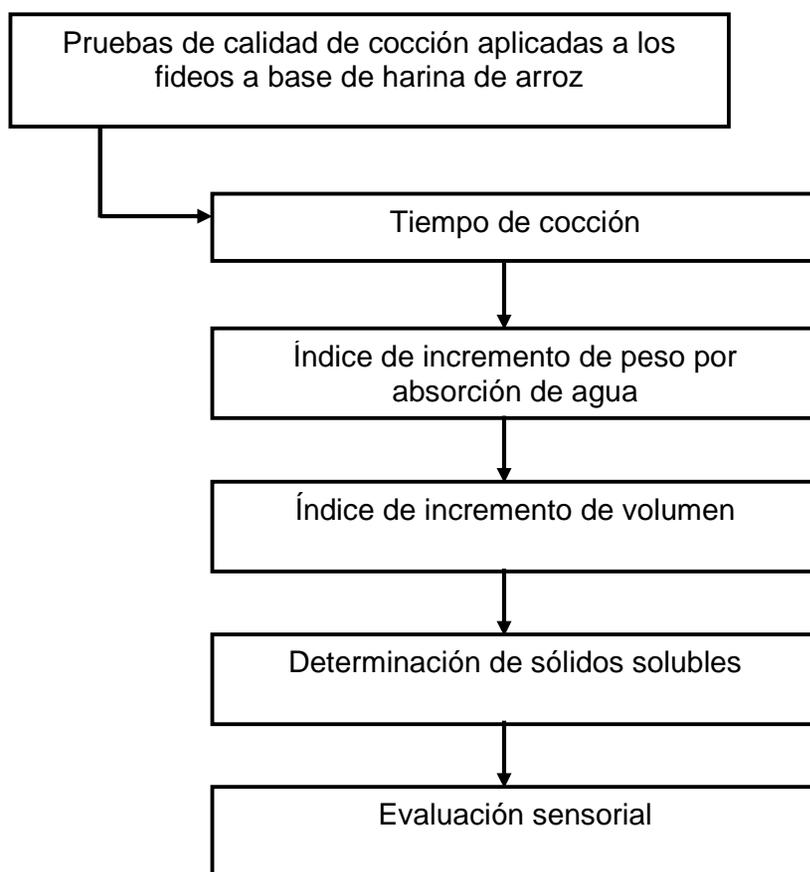


Figura 9. Pruebas de calidad de cocción aplicadas a los fideos a base de harina de arroz



## 9. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A continuación se muestran los resultados en forma de cuadros, obtenidos de las diferentes evaluaciones realizadas a los fideos a base de harina de arroz.

En el cuadro 9 se muestran las condiciones de operación del extrusor, que permanecieron constantes para las muestras adicionadas con nopal. Para la muestra que sólo contiene solo harina de arroz (FHA) se evaluó una primer condición, de temperatura de entrada de 125°C, temperatura de cizallamiento de 125°C y una temperatura de salida de 120°C, las cuales nos dieron como resultado un fideo de color uniforme, textura dura, pero tenía una forma porosa (tipo burbuja rota), esto debido a que la humedad con la que se elaboró era de 26 %, siendo de 23% la adecuada para la elaboración de los fideos.

Las altas temperaturas así como el exceso de agua en la mezcla, provocaron los huecos que tenía el fideo, ya que el agua estaba íntimamente mezclada con la harina. Al momento, en el que el fideo sale por el dado del extrusor, hay un cambio brusco de presión y el agua se evapora instantáneamente. Con esto el fideo se expande y las cadenas proteicas así como las del almidón fueron modificadas dándonos una estructura porosa. Cambiando las temperaturas y humedeciendo la harina de forma correcta obtuvimos un fideo sin superficie porosa. El parámetro de velocidad del tornillo, fue definido de acuerdo a la velocidad de alimentación y la cantidad de materia prima con la que se contaba.

Cuadro 10. Pruebas de calidad aplicadas a los diferentes fideos.

<b>FIDEOS</b>	<b>Prueba de Tiempo de cocción [min.]</b>	<b>Índice de incremento de peso [%]</b>	<b>Índice de incremento de volumen [%]</b>	<b>Pérdidas por cocción [%]</b>
FHA	15	1.9	1.57	14
FHAN2	21	2.36	1.315	0.41
FHAN3	21	2.36	1.210	0.5
FHAN35	21	2.3	1.26	0.48

En el cuadro 10 se muestran las variables de respuesta de los fideos.

Para la muestra FHA obtuvimos un tiempo óptimo de cocción de 15 minutos, mientras que las muestras FHAN2, FHAN3 y FHAN35 tuvieron un tiempo óptimo de 21 minutos. En esta prueba se lleva a cabo la gelatinización de los gránulos de almidón, los cuales se hinchan debido a una absorción de agua por los grupos polares hidroxilo. En ese momento la viscosidad de la suspensión de almidón aumenta considerablemente, porque los gránulos hinchados se adhieren los unos a los otros.

De acuerdo con Combarías – Sánchez (2006) el porcentaje de sólidos solubles permite verificar el grado de severidad del tratamiento en función de la degradación, gelatinización, dextrinización y consecuente solubilidad del almidón.



En general, los productos extrudidos a 100°C presentan un mayor índice de solubilidad de agua (ISA) que los extrudidos a 90°C, lo que indica un efecto de la temperatura sobre el ISA, independientemente de la composición de la mezcla. En nuestro caso esta influencia (temperatura) no se observa ya que fue una condición de proceso constante.

En la prueba de índice de incremento de volumen los valores no muestran gran variabilidad, están dentro de lo esperado, que al aumentar el índice de absorción de agua ( $I_w$ ), el índice de incremento de volumen ( $I_v$ ) aumente, podemos decir que no existe efecto de la adición de nopal a la harina de arroz. El % de sólidos solubles (SS) disminuye de acuerdo con nuestro control FHA, se adjudica a que la desnaturalización de la proteína y la disponibilidad del almidón, hacen que se formen los agregados entre ellos y con los lípidos (sufren un proceso de emulsión debido a la fuerte presión que son sometidas las finas gotas de agua y son recubiertas por los almidones y proteínas, quedando la grasa encapsula).

De acuerdo a estudios realizados se ha encontrado que el uso de las temperaturas de secado (70°C y 90°C) son suficientes para desnaturalizar las proteínas e inducir la formación de una matriz proteína-carbohidratos-lípidos que impide la solubilización del almidón en el agua de cocción. Bergman *et.al* (1994) también señalaron que la suplementación de espaguetis con 15% de harina de frijol obtuvo un efecto positivo sobre la textura de la pasta, que contribuyeron al incremento en la cantidad de proteína la que compite con el almidón por el agua disminuyendo la posibilidad de solubilización del almidón.

Este efecto puede ayudarnos a comprender que la adición del nopal contribuyó a que existiera menor cantidad de sólidos solubles.

Las figuras 10 – 13 muestran la forma, color y la concentración de sustitución del nopal por la harina de arroz. Se observa como cambia el color, siendo el de mayor concentración el de más color (Fideo elaborado con de 35% de nopal y 65% de harina de arroz.)



Figura 10. Fideo elaborado a base de harina de arroz.



Figura 11. Fideo elaborado con de 20% de nopal y 80% de harina de arroz.

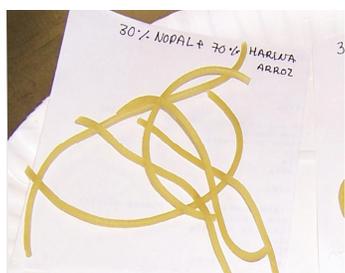


Figura 12. Fideo elaborado con de 30% de nopal y 70% de harina de arroz.

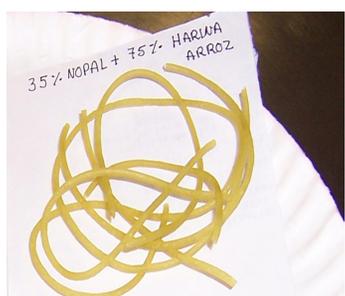


Figura 13. Fideo elaborado con de 35% de nopal y 65% de harina de arroz.

Con base en la escala hedónica y la asignación de una calificación, se muestra en el cuadro 11 los atributos evaluados y su calificación, siendo la muestra HA+N35 la que más aceptación en color obtuvo. Para el atributo de sabor las muestras con nopal gustaron de manera igual. En dureza la muestra aceptadas fue HA+N30 y tanto la muestra HA+N30 Y HA+N35 tuvieron igual aceptabilidad.

Cuadro 11. Calificación de la evaluación sensorial realizada a los fideos a base de harina de arroz.

Atributo	Muestras			
	HA	HA+N20	HA+N30	HA+N35
Color	Me gusta poco	Me disgusta poco	Me gusta moderadamente	Me gusta mucho
Sabor	Me disgusta poco	Me gusta moderadamente	Me gusta moderadamente	Me gusta moderadamente
Dureza	Me disgusta poco	No me gusta ni me disgusta	Me gusta moderadamente	Me gusta poco
Apariencia	Me gusta poco	Me disgusta poco	Me gusta moderadamente	Me gusta moderadamente

HA = Fideo a base de harina de arroz. HA+N20 = Fideo a base de 80% harina de arroz con 20% de nopal.

HA+N30 = Fideo a base de 70% harina de arroz con 30% de nopal.

HA+N35 = Fideo a base de 70% harina de arroz con 30% de nopal.



Cuadro 12. Obtención de las medias de cada atributo evaluado en los fideos a base de harina de arroz.

Medias de los atributos evaluados en los fideos.							
	Media		Media		Media		Media
Color		Sabor		Dureza		Apariencia	
HA	4,75		3,91666667		3,33333333		4,5
HA+N20	5,16666667		6,08333333		4,33333333		5,58333333
HA+N30	7,16666667		6,66666667		6,83333333		6,75
HA+N35	6,5		6,16666667		6,66666667		6,5

Observando el cuadro 12 decidimos realizar un análisis de varianza por el método de ANOVA a los atributos de sabor y apariencia, teniendo en cuenta que en el atributo de color no se observa una gran diferencia entre sus medias, por el contrario en la dureza observamos a simple vista que sus medias son diferentes, por lo tanto aquí no se realiza un ANOVA.

En el cuadro 13 determinamos cual si existe o no diferencia entre los atributos al nivel de significancia de  $p = 1\%$ .

En el apartado de Anexos se encuentra de forma completa la información de los análisis de varianza para cada atributo.

Cuadro 13. Resumen del análisis de varianza (ANNOVA de dos vías) aplicado a los diferentes atributos de los fideos elaborados.

ANÁLISIS DE VARIANZA					
Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F	Diferencia significativa
<b>ATRIBUTO</b>					
COLOR	45,89583333	2.0712	6.018E-05	2.09325	No
SABOR	53,75	7,60450161	0.000534	2,89156352	Si ( $p = 1\%$ )
APARIENCIA	132.666	9,821428571	8,88307E-05	2,891563522	Si ( $p = 1\%$ )



De acuerdo al cuadro 14, podemos decir que no hay diferencia significativa entre las tres primeras. El significado de esto es que las muestras C, D y B tiene significativamente más sabor que la muestra A.

Cuadro 14. Nivel de discrepancia entre los fideos en el atributo de sabor.

Medias	
C	6,6666 <sup>a</sup>
D	6,1666 <sup>a</sup>
B	6,08333 <sup>a</sup>
A	3,9166 <sup>b</sup>

La misma letra en la misma columna indica que no hay diferencias significativas ( $p=1\%$ )

De acuerdo al cuadro 15, podemos decir que no hay diferencia significativa entre las dos primeras muestras. El significado de esto es que las muestras C, D tienen significativamente mejor apariencia que las muestras A y B.

Cuadro 15. Nivel de discrepancia entre los fideos en el atributo de apariencia.

Muestras	
C	6,75 a
D	6,5 a
B	5,583 b
A	4,5 b

En la Figura 14 y Figura 15 observamos que las muestras con mayor grado de aceptabilidad en el atributo de color y textura son HA+N30 Y HA+N35. Los resultados obtenidos se analizaron por medio de un análisis de varianza (Anova) y tomando en cuenta la desviación estándar para conocer la discrepancia entre los jueces y para determinar cuáles son los fideos diferentes entre sí, se calculó la diferencia mínima significativa (DMS) utilizando la prueba de Tukey. En el apartado de ANEXOS se encuentran las tablas de cada atributo con su respectivo análisis por separado.

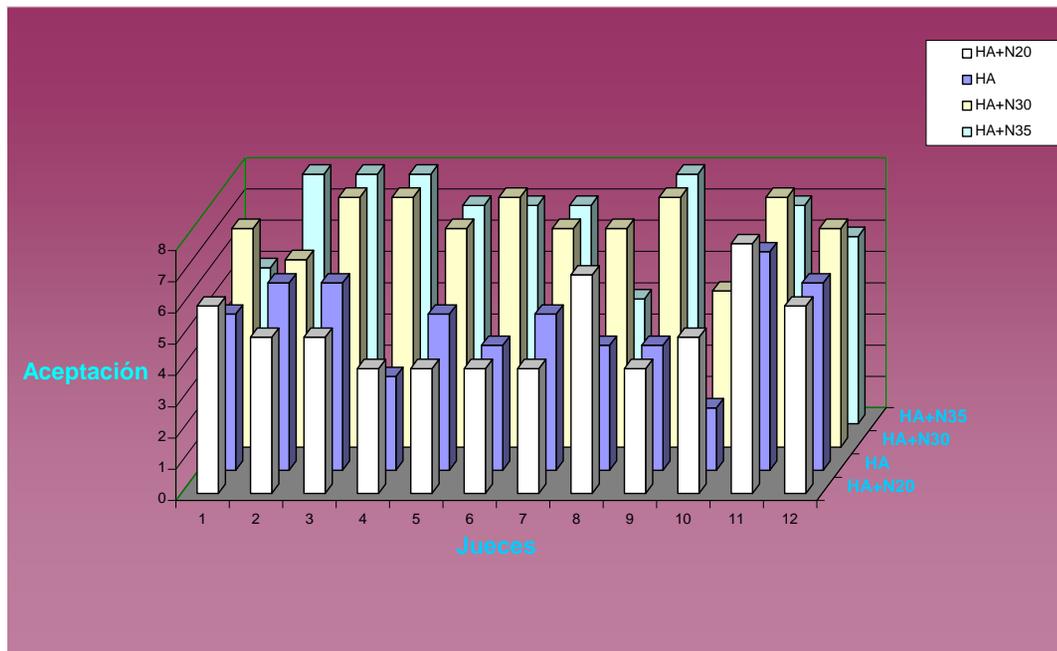


Figura 14. Evaluación sensorial del color de los fideos.

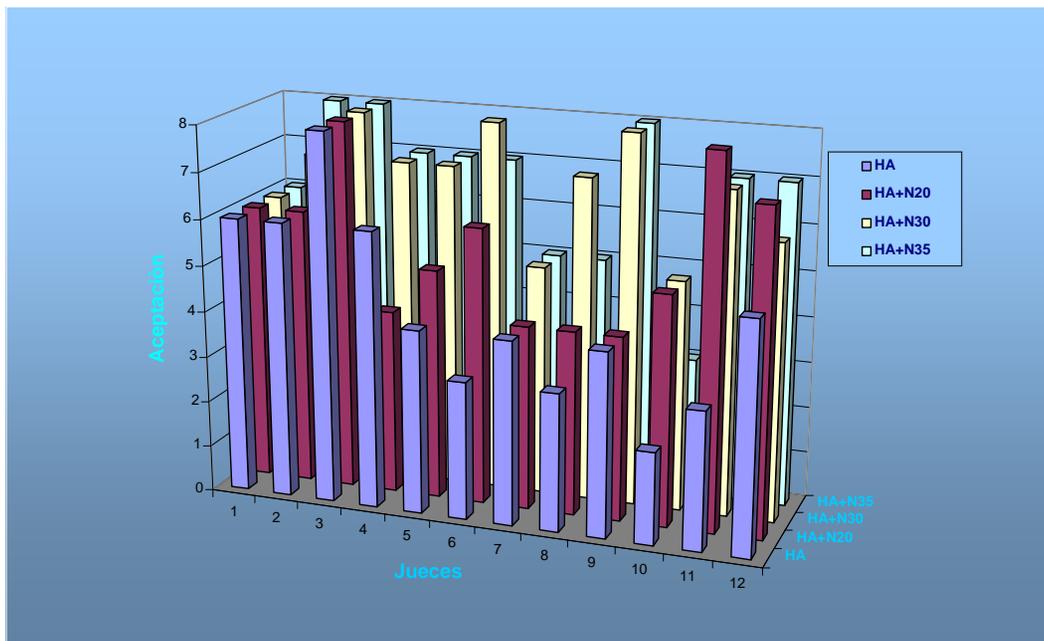


Figura 15. Evaluación sensorial de la textura de los fideos.



## 10. CONCLUSIONES

- Se elaboró una sopa tipo fideo a base de harina de arroz.
- El efecto de la velocidad del tornillo, la humedad de la alimentación y la temperatura final son variables que afectan significativamente las características de desempeño del extrusor y las propiedades de los productos extrudidos.
- Elevada humedad en la mezcla provoca un producto con superficie porosa y de frágil textura.
- Determinamos que la mejor temperaturas para elaborar un fideo a base de harina de arroz son: 90°C, 100°C y 110°C; entrada, cizallamiento y salida respectivamente.
- El tiempo óptimo de cocción de las mezclas de nopal con harina de arroz fue de 21 minutos.
- Los fideos elaborados a base de harina de arroz son una alternativa adecuada para introducir el consumo del arroz en esta modalidad, debido a que su tiempo óptimo de cocción de 15 minutos, esta dentro del tiempo que las pastas de trigo tardan en cocerse.
- La adición de nopal a la harina de arroz, disminuye el % de sólidos solubles, en comparación con la harina de arroz no adicionada.
- La muestras de mayor aceptación en la evaluación sensorial tanto para color como para textura, fueron las de 30% nopal+70% harina de arroz y 35% nopal+65% harina de arroz.

## 11. RECOMENDACIONES

- ✦ Trabajar diferentes niveles de temperaturas y velocidad de cizalla siendo estos más altos.
- ✦ Realizar diferentes pruebas como son: análisis de harinas, granulometría, colorimetría y digestibilidad.
- ✦ Hacer un análisis proximal del producto terminado y de las materias primas.





## 12. BIBLIOGRAFIA

1. Abecassis J, Faure J, Feillet P 1989. Improvement of cooking quality of maize pasta products by heat treatment. *Food Sci. Food Agri.* 47:475-485.
2. Ackerman, D. 1990. A natural history of senses. Random House. New York.
3. Anzaldúa, A. 1994. La evaluación sensorial de los alimentos en la teoría y en la práctica. Ed. Acribia, S.A. Zaragoza. España.
4. Anzaldúa-Morales, A. 1994. La evaluación sensorial de los alimentos en la teoría y en la práctica. ACRIBIA, S.A. Zaragoza (España)
5. Anzaldúa-Morales, A. 1984. Importancia de la evaluación sensorial en la industria alimentaria. Curso impartido a profesores del Departamento de Graduados. Escuela Nacional de Ciencias Biológicas. Instituto Politécnico Nacional. México, D.F.
6. AOAC 1991 Official Methods of Analysis. 16th ed. Association of Official Analytical Chemistry. Washington, D.C. EEUU. Pp 1298.
7. Beltrán. O. C.; Gallardo, N.Y. y Mora, E. R. 1986. Evaluación de la calidad proteínica de las pastas para sopas enriquecidas. *Tecnología de Alimentos.*México. Pp16-20 .
8. Bourne, M.C.1982. Food texture and viscosity concept and measurement. Academic Press. New York.
9. Belitz, H.D. y Grosch, W. 1988. Química de los alimentos. Ed. Acribia.
10. Bergman, C., Gualberto, D, Weber., C 1994. Development of high temperatura dried sofá wheat supplement with cwopea (*Virginia unguiculata L. walp*) Cooking quality, color and sensory evaluation. *Cereal Chem.* 71: 523: 527
11. Brennan, J. G. 1980. Measurement of food texture, en: *Advances in food analysis*, editado por N.D. King y R.L. Kenchington. Applied Science Publishers. Londres.
12. Callejo G.M., 2002. *Industrias de Cereales y derivados*. AMV Ediciones. Pp 299-319.
13. Camboriza, V. A, Sánchez, T. D. 2006. Estudio de la obtención de un alimento a partir de cultivos biofortificados. *Candian International Development Agency*. Pp 60-69.
14. Capilla Victoria.1992. Selección de ingredientes: Preparación de materias primas. Depto, de Ing. Y Procesos ainia Centro Tecnológico.
15. Cheftel. H., Cheftel. C.J.1998. Introducción a al bioquímica de los alimentos. Volumen 1. ACRIBIA, ZARAGOZA (España). 1ª Reimpresión.
16. Corrales, G. J. 1991. Perspectivas de industrialización de nopalito y tuna. CIESTAAM-U. A. Ch. Chapingo, Edo. México. Pp 19.
17. Fellows, P., 1994. Tecnología del procesado de los alimentos. Principios y prácticas. Acribia, S.A. Zaragoza, España. Pp 273-284.
18. Flores, V.C.A., 1997. La Producción de Nopalito en México. En: Vázquez-Alvarado, R.E.C. Gallegos-Vázquez, N. Treviño-Hernández y Y. Díaz-Torres. Conocimiento y aprovechamiento del Nopal. Memorias del 7º Congreso Nacional y 5º Internacional Facultad de Agronomía, Universidad Autónoma de Nuevo León, Monterrey, N. L., México.





19. Hosney, C. 1991. Principios de Ciencia y Tecnología de los Cereales. Acribia. Zaragoza, España. Pp 267-274.
20. Hummel, Ch. 1966. Macarrón products. 2a Ed. Foods Trade Press, London.
21. Juliano, B. O. 1985. Rice : Chemistry and Technology. IRRI. Los Baños, Laguna, Philippines.
22. Kent, L.N. 1987. Tecnología de los cereales. Introducción para estudiantes de ciencia de los alimentos y agricultura. ACRIBIA, S. A. Zaragoza (España). Pp 194 – 192.
23. Larmond, E. 1976. Sensory measurements of food texture, en: Rheology and Texture in food quality, editado por J.M. de Man, P.W. Voisey, V.F. Rasper y D.W. Stanley. The AVA Publishing Co., Inc. Westport, Conn
24. Master, A. M, & Steeneken, P. A. M. 1997. Rheological properties of highly cross-linked waxy maize starch in aqueous suspensions of skim milk components. Effects of the concentration of starch and skim milk components. Carbohydrate Polymers, 32(3–4). Pp 297–305.
25. Matsuo. R. R, Malcolmson LJ, Edwards NM Dexter JE. 1992. A colorimetric method for estimating spaghetti cooking losses. Cereal Chem. 69:27-29.
26. Porta, V. A. 1993. IX Curso de Especialización FEDNA: Avances en nutrición y alimentación animal. Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal. Ed. P.G<sup>a</sup>. Rebollar, G.G. Mateos y G.G. Mateos. Barcelona, España
27. Scout-Blair, G.W. 1976. How far can studies of food texture be scientific, en: Rheology and texture in food quality, editado por J.M. de Man, P.W. Voisey, V.F. Rasper y D.W. Stanley. The AVA Publishing Co., Inc. Westport, Conn.
28. Shri K.S., Steven M.J. 2000. "Food Process Engineering Theory and Laboratory Experiments". Wley-Interscience. Cornell University Ithaca, N.Y. Pp 269-277.
29. Szczesniak, A.S. y Khahn, E. L. 1971. Consumer awareness of and attitudes to food texture. I. Adults. J. Texture Studies 2. Pp 280.
30. Szczesniak, A.S. y Kleyn, D. H. 1963. Consumer awareness of texture and other food attributes. Food Technol. 17. Pp 74.
31. Szczesniak, A.S 1972. Consumer awareness of and attitudes to food texture II. Children and teenagers. J. Texture Studies 3. Pp 206.
32. Tziboula, A., & Muir, D. D. 1993. Effect of starches on the heat stability of milk. International Journal of Food Science and Technology, 28(1), 13–24.
33. Zayas, M. D. 1986. Tesis: Elaboración de pastas para sopas extendidas con sorgo y enriquecidas con proteínas de origen animal.





---

---

## Referencia técnica

1. [www.universal.com](http://www.universal.com)  
Molina Arcos Gilberto, 2007. Enemigo del intestino escondido entre las harinas, Universal. Fecha de consulta 14/01/08
2. <http://secure.aibonline.org/catalog/example/V20Iss12.pdf>. Fecha consultada 15/05/07.
3. <http://chinesefood.about.com/od/chinesecookingbasics/a/chinesenoodles.htm>. Fecha de consulta 22/07/07
4. K. Lehrer Jenifer, MD, Department of Gastroenterology, Frankford-Torresdale Hospital, Jefferson Health System, Philadelphia. Fecha de consulta 8/07/2007.
5. [http://www.teorema.com.mx/articulos.php?id\\_sec=52&id\\_art=127&id\\_ejemplar=53](http://www.teorema.com.mx/articulos.php?id_sec=52&id_art=127&id_ejemplar=53)



# ANEXOS





## ANEXOS

Cuadro 16. Análisis de varianza ANOVA de dos vías aplicado al atributo de sabor.

ANÁLISIS DE VARIANZA						
Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Filas	84,4166667	11	7,67424242	3,25723473	0,004182715	2,09325441
Columnas	53,75	3	17,9166667	7,60450161	0,00053439	2,89156352
Error	77,75	33	2,35606061			
Total	215,916667	47				

Cuadro 17. Comparación con la DMS del atributo de sabor.

Muestras	Diferencias		DMS	Existe diferencia significativa al 1%
C - A	2,750006	>	1,844	Si
C - B	0,583333	<	1,844	No
C - D	0,500006	<	1,844	No
D - A	2,25	>	1,844	Si
D - B	0,083327	<	1,844	No
B - A	2,166673	>	1,844	Si

Cuadro 18. Análisis de varianza ANOVA de dos vías aplicado al atributo de apariencia.

ANÁLISIS DE VARIANZA						
Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Filas	53,1666667	11	4,833333333	3,797619048	0,001412299	2,093254411
Columnas	37,5	3	12,5	9,821428571	8,88307E-05	2,891563522
Error	42	33	1,272727273			
Total	132,666667	47				





Cuadro 19. Comparación con la DMS del atributo de apariencia.

Muestras	Diferencias		DMS	Existe diferencia significativa al 1%
C - A	2,25	>	0,942	Si
C - B	1,1667	>	0,942	Si
C - D	0,25	<	0,942	No
D - A	2	>	0,942	Si
D - B	0,9167	<	0,942	No
B - A	1,0833	>	0,942	Si

**HOJA DE RESPUESTAS APLICADA A LA EVALUACIÓN SENSORIAL DE LOS FIDEOS ELABORADOS, UTILIZANDO UNA ESCALA HEDONICA.**

Fecha: \_\_\_\_\_ No. De muestra: \_\_\_\_\_

MUESTRA: FIDEOS CON BASE EN HARINA DE ARROZ

Masculino: M Femenino: F

Marque con una X en el lugar que indique su opinión a cada muestra.

ESCALA	HA	HA+N20	MUESTRAS HA+N30	HA+N35
<b><u>COLOR</u></b>				
Me gusta muchísimo	_____	_____	_____	_____
Me gusta mucho	_____	_____	_____	_____
Me gusta moderadamente	_____	_____	_____	_____
Me gusta poco	_____	_____	_____	_____
No me gusta ni me disgusta	_____	_____	_____	_____
Me disgusta poco	_____	_____	_____	_____
Me disgusta moderadamente	_____	_____	_____	_____
Me disgusta mucho	_____	_____	_____	_____
Me disgusta muchísimo	_____	_____	_____	_____

Comentarios: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

----- MUCHAS GRACIAS -----



Valores asignados a cada descripción proporcionada por el juez.

<b>ESCALA HEDONICA DE NUEVE PUNTOS</b>	
Descripción	Valor
Me gusta muchísimo	9
Me gusta mucho	8
Me gusta moderadamente	7
Me gusta poco	6
No me gusta ni me disgusta	5
Me disgusta poco	4
Me disgusta moderadamente	3
Me disgusta mucho	2
Me disgusta muchísimo	1

