

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
TINGO MARIA**

**PROGRAMA ACADEMICO DE INGENIERIA EN INDUSTRIAS
ALIMENTARIAS**

**DEPARTAMENTO ACADEMICO DE CIENCIAS EN TECNOLOGIA
ALIMENTARIA**

**"ENSAYO EXPERIMENTAL PARA LA OBTENCION DE MEZCLAS
ALIMENTICIAS A PARTIR DEL FRIJOL DE PALO(Cajanus Cajan L.)
Y MAIZ AMARILLO (Zea Mays L.) Y ESTUDIOS DE SU APLICACION"**

TESIS

Para optar el título de Ingeniero en Industrias Alimentarias

DORA CLARIBEL DAZA SILVA

TINGO MARIA PERU

1984



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

Apartado 156 - Teléfono 2341 - 2342
TINGO MARIA - PERU

TINGO MARIA

Pablo Bermúdez 285 - Of. 205
Teléfono 249220
JESUS MARIA - LIMA

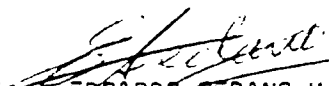
ACTA DE SUSTENTACION DE TESIS

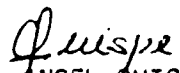
Los miembros del Jurado que suscriben, reunidos en acto público el día lunes 03 de diciembre de 1984, a las 7:00 p.m. en el Gabinete de Física de la UNAS, para calificar la tesis presentada por la Bachillar en Ciencias - Industrias Alimentarias Srta. DORA C. DAZA SILVA, de la Promoción 1982, titulada :


"ENSAYO EXPERIMENTAL PARA LA OBTENCION DE MEZCLAS ALIMENTICIAS A PARTIR DEL FRIJOL DE PALO (Cajanus cajan) Y MAIZ AMARILLO (Zea mays) Y ESTUDIOS DE SU APLICACION".

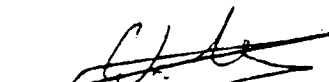
Después de haber escuchado la sustentación y las respuestas a las preguntas formuladas, lo declaran APROBADO con el calificativo de BUENO. En consecuencia la sustentante queda en condiciones de recibir el TITULO DE INGENIERO EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS, por el Consejo Ejecutivo, de conformidad con lo establecido en el Art. 44º de la Ley Orgánica de la Universidad Peruana.

Tingo Maria, diciembre 06 de 1984.


Ing. EDGARDO SEDANO V.
PRESIDENTE


Ing. ANGEL QUISPE T.
VOCAL


Ing. OSCAR RUIZ C.
VOCAL


Ing. RUBEN DEL VALLE M.
PATROCINADOR

A MIS HERMANOS

GLORIA, HECTOR Y TERESA

A MIS SOBRINOS

ALAN Y JHAN

A MI QUERIDA MADRE SABINA

Con profundo cariño por

su sacrificio, su estímulo

y sabios consejos

A PABLO

Con el cariño de siempre

AGRADECIMIENTO

En el desarrollo de este trabajo me ha sido de importancia el gran interés con que diferentes personas e instituciones han aportado sus notables conocimientos, consejos, instalaciones y bibliografía, entre los cuales deseo destacar a los siguientes :

- Al Instituto Nacional de Desarrollo Agro-Industrial (I.N.D.D.A.) que puso a mi disposición sin limitación alguna sus Plantas, Laboratorios y Biblioteca. Es por eso que debo expresar mi mayor estima a su Gerente y Directores, Ing° Miguel Fort, Eddy Barnett, Dra. Violeta Díaz, Teresa Cochella. Al personal de la Planta y Laboratorios, en especial al Brom. Nut. Raúl Olivares, Ing° Walter Ríos, Dra. Rosa Rosas, Cecilia Nieto y a todo el demás personal que colaboraron e hicieron tan grata y fructífera mi estadía en el período de desarrollo de esta investigación.
- Al Ing° Oscar Briceño y al Sr. Mauro Ayala, del Departamento de Nutrición de la U.N.A., por cuanto hicieron posible la determinación de los análisis biológicos.
- Al Ing° Rubén del Valle M. Patrocinador del presente trabajo de investigación; por su ayuda y consejo en la realización de esta tesis.
- A los Ings. Raúl Natividad y Oscar Ruíz por su colaboración en la realización de este estudio.
- Al Proyecto Especial Alto Huallaga (PEAH) por su valioso apoyo económico.
- A todas las personas que en forma directa o indirecta hicieron posible la culminación de este estudio.

I N D I C E G E N E R A L

	Página
I. INTRODUCCION	17
II. REVISION DE LITERATURA	19
A. Situación nutricional	19
1. Problema de la desnutrición	19
2. Soluciones al problema de la desnutrición	20
3. Fuentes protéicas de origen vegetal en el Perú	20
B. Aspectos generales sobre el maíz (<u>Zea mays</u> L.)	21
1. Generalidades	21
2. Variedades y producción de maíz en el Perú	22
a) Variedades de maíz en el Perú	22
b) Producción de maíz en el Perú	23
3. Composición física y química - bromatológica del maíz	24
4. Calidad de la proteína del maíz	28
5. Importancia del maíz	30
C. Aspectos generales sobre el frijol de palo (<u>Cajanus cajan</u> L.)	30
1. Generalidades	30
2. Variedades y producción de frijol de palo en el Perú	31
a) Variedades de frijol de palo en el Perú	31
b) Producción de frijol de palo en el Perú	31
3. Composición física y química - bromatológica del frijol de palo	31
4. Calidad de la proteína del frijol de palo	34
5. Importancia del frijol de palo	36
D. Tecnología para la elaboración de harinas a partir de cerea- les	36

	Página
1. El almidón	36
a) Propiedades físicas del almidón	36
b) Gelatinización del almidón	37
c) Temperatura de gelatinización	37
2. Valor nutritivo en humanos	37
3. Métodos para la elaboración de harinas a partir de maíz ..	38
4. Consideraciones técnicas de las harinas	38
E. Tecnología para la elaboración de harinas a partir de legumi nosas	39
1. Aprovechamiento de las leguminosas	39
2. Importancia del lavado y cocción de las leguminosas	40
3. Interrelaciones entre tiempo de almacenamiento, remojo , cocción, valor nutritivo y otras características de las le guminosas	41
4. Métodos para la elaboración de harinas a partir de frijol de palo	42
a) Procesamiento comercial por el método húmedo	42
b) Procesamiento comercial por el método seco	42
5. Nueva tecnología en la elaboración de harinas de legumino sas sin cáscara	43
F. Mezclas alimenticias a base de cereales y leguminosas	44
1. Antecedentes	44
2. Criterios que se deben considerar para la elaboración de una mezcla alimenticia	44
3. Formulación de mezclas alimenticias	45
4. Complementación nutricional entre las harinas de cereales	

	Página
y leguminosas	47
5. Tipos de mezclas	47
a) Mezclas crudas	47
b) Mezclas precocidas	47
c) Mezclas instantáneas	50
6. Mezclas protéicas desarrolladas en Latinoamérica	50
7. Productos formulados en el Perú a base de cereales y legu- minosas	50
G. Procesamiento de mezclas por cocción-extrusión	52
1. Antecedentes	52
2. Descripción del proceso de cocción-extrusión	52
H. Estudios biológicos de las mezclas	54
1. Índice de eficiencia protéica (PER)	54
2. Valor biológico (VB)	55
3. Calificación protéica (PS)	55
4. Utilización neta de la proteína (NPU)	55
5. Índice de digestibilidad (ID)	55
I. La adsorción de los alimentos	55
III. MATERIALES Y METODOS	58
A. Materias primas	58
B. Insumos	58
C. Equipos y materiales	58
1. De recepción :.....	58
2. De procesamiento	59
3. De análisis	60
D. Métodos analíticos de control	61

	Página
1. De las materias primas	61
a) Análisis químico proximal	61
b) Análisis bromatológicos	62
c) Análisis físico - químicos	62
2. De las harinas crudas	63
a) Análisis químico proximal	63
b) Análisis bromatológicos	63
c) Análisis físico - químicos	63
3. De las mezclas precocidas e instantánea	64
a) Análisis químico proximal	64
b) Análisis bromatológicos	64
c) Análisis físico - químicos	64
d) Análisis microbiológicos	67
e) Evaluación sensorial	70
f) Evaluación biológica	70
E. Flujo de operaciones en estudio para el procesamiento de mezclas alimenticias precocidas e instantáneas por el método de cocción-extrusión	72
F. Descripción del proceso	73
1. Etapa I : Elaboración de harinas crudas o pre-extruidas ..	73
a) Harina cruda de maíz amarillo	73
b) Harina cruda de frijol de palo	74
2. Etapa II : Formulación de las mezclas	76
a) Balance de proteínas	76
b) Balance de harinas crudas	79
3. Etapa III : Cocción-Extrusión de las mezclas	81

	Página
a) Mezclado	81
b) Acondicionamiento	81
c) Extrusión	82
4. Etapa IV : Post-Extrusión de las mezclas	87
a) Secado de hojuelas	87
b) Molienda y tamizado	88
c) Empacado y sellado	88
d) Almacenaje	88
G. Pruebas de aplicación experimental	89
IV. RESULTADOS	91
A. De la caracterización de las materias primas	91
1. Composición química proximal	91
2. Análisis bromatológicos	91
3. Análisis físico - químicos	92
B. De la elaboración de harinas crudas o pre-extruidas	92
1. Control químico proximal	93
2. Controles bromatológicos	93
3. Controles físico - químicos	94
C. De la formulación de las mezclas	95
D. De la cocción-extrusión de las mezclas	100
1. Ensayos preliminares de extrusión	100
2. Ensayos definitivos de extrusión	103
E. De la post-extrusión de las mezclas	106
F. De la evaluación de los productos finales	107
1. Composición química proximal	107
2. Análisis bromatológicos	107

	Página
3. Análisis físico - químicos	108
a) Acidez, pH, índice de proteínas dispersables, absorción y solubilidad en agua	108
b) Análisis granulométrico	109
c) Isotermas de adsorción	109
4. Balance de materia	117
5. Controles microbiológicos	121
6. Evaluación sensorial	121
a) Crema	121
b) Bebida	124
c) Mazamorra	126
7. Evaluación biológica	128
a) Cómputo químico	130
b) Índice de eficiencia protéica (PER)	131
G. De las pruebas de aplicación experimental	135
1. Pruebas de dilución	135
a) En crema	135
b) En bebida	135
c) En mazamorra	135
V. DISCUSIONES	136
A. De la caracterización de las materias primas	136
1. Composición química proximal	136
2. Análisis bromatológicos	136
3. Análisis físico - químicos	137
B. De la elaboración de harinas crudas o pre-extruidas	137
1. Control químico proximal	137

	Página
2. Controles bromatológicos	138
3. Controles físico - químicos	139
C. De la formulación de las mezclas	141
D. De la cocción-extrusión de las mezclas	141
1. Ensayos preliminares de extrusión	141
2. Ensayos definitivos de extrusión	143
E. De la post-extrusión de las mezclas	144
F. De la evaluación de los productos finales.....	145
1. Composición química proximal	145
2. Análisis bromatológicos	146
3. Análisis físico - químicos.....	148
a) Acidez, pH, índice de proteínas dispersables, absorción y solubilidad en agua	148
b) Análisis granulométrico	150
c) Isotermas de adsorción	151
4. Balance de materia	153
5. Controles microbiológicos	154
6. Evaluación sensorial	155
a) Crema	155
b) Bebida	155
c) Mazamorra	156
7. Evaluación biológica	157
a) Cómputo químico	157
b) Índice de eficiencia protéica (PER)	158
G. De las pruebas de aplicación experimental	159
1. Pruebas de dilución	159

	Página
VI. CONCLUSIONES	160
VII. RECOMENDACIONES	162
VIII. RESUMEN	163
IX. BIBLIOGRAFIA	165
X. APENDICE	172

INDICE DE CUADROS

N°	CONTENIDO	Página
1	Producción de maíz amarillo a nivel nacional	24
2	Composición química-proximal promedio de dos tipo de maíz	26
3	Composición química-bromatológica teórica del maíz amarillo <u>com</u> parado con otros cereales	27
4	Contenido de aminoácidos, NPU, PER, Valor biológico y Digestibi lidad teóricas del maíz amarillo, arroz y sorgo	29
5	Producción nacional de frijol de palo	32
6	Composición química-bromatológica teórica del frijol de palo comparado con otras leguminosas	33
7	Contenido de aminoácidos, NPU, PER, Valor biológico y Digestibi lidad teóricas del frijol de palo y otras leguminosas	35
8	Características de la harina de trigo	39
9	Patrón de referencia de aminoácidos esenciales	49
10	Mezclas protéicas desarrolladas en algunos países de Latinoamé rica	51
11	Valores de Indice de eficiencia protéica (PER), Valor biológico (VB), Utilización neta de la proteína (NPU) e Indice de digesti bilidad de algunos alimentos	56
12	Actividad de agua mínima (A_w) aproximada para el crecimiento de microorganismos	57
13	Humedades relativas de varias soluciones saturadas a 25°C y a 37°C	67
14	Tipos y características de los análisis microbiológicos realiza dos en las mezclas alimenticias	69

N°	CONTENIDO	Página
15	Combinación tipo provisoria de aminoácidos propuesta para determinar el <u>C</u> omputo Químico	71
16	Contenido de proteínas y aminoácidos esenciales del maíz amarillo (<u>Zea mays</u> L.) y frijol de palo (<u>Cajanus cajan</u> L.)	77
17	Composición química-bromatológica teórica <u>1/</u> de las mezclas alimenticias seleccionadas <u>2/</u> en base a porcentaje de materias primas : Maíz amarillo-frijol de palo	80
18	Acondicionamiento de las mezclas	83
19	Ensayos tentativos de las mezclas	86
20	Ensayos definitivos de extrusión de las mezclas	87
21	Tamices utilizados para seleccionar el tamaño de las partículas de las mezclas alimenticias	89
22	Composición química proximal del maíz amarillo y el frijol de palo	91
23	Análisis bromatológicos del maíz amarillo y el frijol de palo .	92
24	Análisis físico - químicos del maíz amarillo y el frijol de palo	92
25	Análisis químico proximal de las harinas crudas de maíz amarillo y frijol de palo	93
26	Controles bromatológicos de las harinas crudas de maíz amarillo y frijol de palo	94
27	Controles físico-químicos de las harinas crudas de maíz amarillo y frijol de palo	95
28	Aminogramas del maíz amarillo (<u>Zea mays</u> L.) y frijol de palo - (<u>Cajanus cajan</u> L.)	97

N°	CONTENIDO	Página
29	Valoración del contenido de aminoácidos en combinaciones de proteínas de las mezclas maíz amarillo-frijol de palo	98
30	Contenido de aminoácidos esenciales <u>1/</u> de las mezclas alimenticias seleccionadas <u>2/</u>	99
31	Conversión de proteínas gramos a alimentos gramos en las mezclas alimenticias seleccionadas de : Maíz amarillo-frijol de palo	100
32	Cocción - Extrusión en los ensayos preliminares	101
33	Pruebas de extrusión con el cocinador extrusor	103
34	Cocción - Extrusión en los ensayos definitivos	105
35	Efectos del tratamiento térmico en la actividad de la ureasa ..	106
36	Composición química proximal de las formulaciones de mezclas de maíz amarillo-frijol de palo precocidas e instantánea	107
37	Análisis bromatológicos de las formulaciones de mezclas de maíz amarillo-frijol de palo precocidas e instantánea	108
38	Análisis físico-químicos de las formulaciones de mezclas de maíz amarillo-frijol de palo precocidas e instantánea	109
39	Módulo de finura e índice de uniformidad de las mezclas precocidas e instantánea a base de maíz amarillo y frijol de palo	110
40	Humedad de equilibrio (m) en base seca para diferentes valores de actividad de agua (AW)	111
41	Valores de intersección, pendiente y valor monomolecular de las mezclas alimenticias	116
42	Relación entre la composición química de las mezclas alimenticias en estudio y su capacidad de adsorción	117

N°	CONTENIDO	Página
43	Resultados de los análisis microbiológicos de las formulaciones de mezclas de maíz amarillo-frijol de palo precocidas e instantánea	122
44	Valores promedios y calificativos obtenidos en la evaluación sensorial de la crema de verduras elaborada con las mezclas precocidas e instantánea.....	125
45	Valores promedios y calificativos obtenidos en la evaluación sensorial de la bebida elaborada con las mezclas precocidas e instantánea	127
46	Valores promedios y calificativos obtenidos en la evaluación sensorial de la mazamorra elaborada con las mezclas precocidas e instantánea	129
47	Contenido de aminoácidos esenciales y cómputo químico de las mezclas alimenticias precocidas e instantánea	130
48	Composición de la ración (%) para la determinación del PER ^(*) en las mezclas precocidas e instantánea	132
49	Resultados promedios de la determinación del PER ^(*) en las mezclas precocidas e instantánea	133
50	Ganancia de peso a través del tiempo de experimentación	133

INDICE DE DIAGRAMAS

Nº	CONTENIDO	Página
1	Diagrama de flujo para el procesamiento de mezclas alimenticias precocidas e instantáneas por Cocción-Extrusión	72
2	Balance de materia en la elaboración de harina cruda de maíz amarillo (<u>Zea mays</u> L.) Variedad Cuban yellow	118
3	Balance de materia en la elaboración de harina cruda de frijol de palo (<u>Cajanus cajan</u> L.)	119
4	Balance de materia en la elaboración de mezclas precocidas e instantáneas a partir de maíz amarillo y frijol de palo	120

INDICE DE FIGURAS

1	Tipo de respuesta biológica obtenida al mezclar los alimentos al mismo nivel protéico	48
2	Procesamiento de mezclas por el método de extrusión	53

INDICE DE GRAFICOS

1	Esquema general de las velocidades de las reacciones en función de la actividad de agua (AW)	57
2	Isotermas de adsorción de las mezclas precocidas e instantánea.	112
3	Graficación de la ecuación de B.E.T.de la mezcla precocida I ..	113
4	Graficación de la ecuación de B.E.T.de la mezcla precocida II _a ..	114
5	Graficación de la ecuación de B.E.T.de la mezcla instantánea II _b	115
6	Ganancia de peso en la determinación del Índice de eficiencia protéica (PER)	134

I. INTRODUCCION

Es ampliamente reconocido que la insuficiencia calórico-protéica de la población en general, y en especial la infantil, es hoy en día uno de los problemas más serios de salud pública en la mayoría de los países en vías de desarrollo, incluyendo al nuestro. Muchos factores determinan tal situación, pero el más importante es el consumo de dietas inadecuadas en cantidad y calidad por parte de mujeres embarazadas, lactantes y niños en edad pre-escolar.

El resultado es una elevada mortalidad y morbilidad, así como un crecimiento retardado de los niños, esto indica la urgencia de solucionar el problema alimenticio nacional, lo cual debe estimular a buscar soluciones haciendo uso racional y oportuno de nuestros recursos. Ante esta realidad se ha emprendido la formulación y ejecución de políticas nacionales de nutrición y alimentación, a fin de atacar en forma global y coordinada estos graves problemas de la alta prevalencia de desnutrición infantil calórico-protéica.

El estudio de mezclas alimenticias enriquecidas a partir de una complementación mutua de aminoácidos esenciales entre cereales y leguminosas, tiende a corregir la desnutrición infantil; proporcionando alimentos de alto valor nutritivo a grupos tradicionalmente vulnerables, reduciendo la dependencia del país en materia alimentaria.

En nuestro medio, resulta interesante y económico utilizar racionalmente la potencialidad de producción de alimentos del país, para incrementar el abastecimiento y la disponibilidad de aquellos; que formando parte de la estructura de la dieta en las diferentes localidades, contribuyan a superar el problema calórico-protéico existente.

Entre diversos cereales y leguminosas que existen en la zona de selva se encuentra el maíz (Zea mays L.) y el frijol de palo (Cajanus cajan L.) ambas

materias aparte de poseer buenas características nutricionales, se encuentran en activos programas de investigación y promoción de financiación internacional.

Estas pueden incorporarse en forma de mezcla alimenticia dentro de la dieta del poblador peruano, bajo diferentes formas de uso.

En tal sentido, el presente ensayo experimental plantea como objetivos los siguientes :

- Determinar un flujo adecuado para la elaboración de mezclas alimenticias - precocidas e instantáneas, a partir de maíz amarillo y frijol de palo, de terminando los principales parámetros del proceso.
- Evaluar las posibilidades de utilización de las mezclas alimenticias, en alimentos de consumo popular tales como cremas, bebidas y mazamoras.
- Evaluar la aceptabilidad de las mezclas alimenticias obtenidas para el consumo humano, mediante análisis químicos, físicos, nutricionales, organolépticos y microbiológicos.

II. REVISION DE LITERATURA

A. Situación Nutricional

1. Problema de la desnutrición

La mortalidad como la morbilidad son índices del nivel nutricional y salud de una población, y son la desnutrición e infección los más estrechamente vinculados a éstos, que se manifiesta generalmente en los primeros años de vida y tiene una enorme repercusión en el futuro del país, Young y Buckle (57).

En América Latina, la mortalidad de niños menores de uno a cuatro años era de 768,000 defunciones al año (es decir más de 2,000 muertes diarias que podrían evitarse). El exceso de muerte se debe a la acción sinérgica de la malnutrición y la infección, Behar y Bressani (8).

En el Perú, en la Encuesta Nacional de Consumo Alimentario (ENCA-1971-1972), se observó que la situación nutricional es realmente dramática dado que 52.2% de nuestra población, no satisface sus necesidades energéticas y 35.8% en cuanto a sus necesidades de proteínas; igualmente teniendo en cuenta el factor peso en relación al peso teórico, se concluye que aproximadamente el 44% de la población del Perú refleja algún grado de malnutrición, Amat y León (6).

El uso de preparaciones en forma de mazamoras, como hábito alimentario en nuestras regiones para la alimentación infantil, se utiliza en sustitutos de la leche y es uno de los principales factores dietéticos de la desnutrición protéica, Behar y Bressani (8).

2. Soluciones al problema de la desnutrición

El problema de la alimentación de los pueblos en desarrollo puede solucionarse mediante el incremento de la producción de alimentos de origen animal, el desarrollo de formulaciones con alto contenido de proteínas y bajo costo, basados solamente en ingredientes de origen vegetal; y otros con pequeñas proporciones de proteína de origen animal, Valencia (55).

Existen otras soluciones, como el mejoramiento genético de plantas y animales, habiéndose logrado variedades de arroz y maíz con elevados contenidos de aminoácidos esenciales, Bressani (10).

Para compensar el déficit protéico lo más rápidamente posible, se han abocado hacia las fuentes de proteínas inexplotadas hasta el presente para la alimentación humana, especialmente los granos de leguminosas oleaginosas y productos de origen marino. Estos productos han sido por mucho tiempo utilizados en la forma de tortas o de harinas para la alimentación animal, y existen en abundancia en la mayoría de los países deficitarios en proteína, Loayza (41).

3. Fuentes protéicas de origen vegetal en el Perú

Para aliviar la grave situación nutricional del país, el Gobierno Peruano, ha considerado a las leguminosas y cereales como alimentos estratégicos incentivando su desarrollo en forma preferencial mediante una orientación alimentaria, siendo alimentos no tradicionales de alto valor nutritivo y de bajo costo, Vivas (56).

Respecto al incentivo de la producción de alimentos mencionamos a las mezclas vegetales, ya que la contribución que pueden aportar las proteínas de éstas a la alimentación de los grupos vulnerables de la población está siendo demostrada de manera muy favorable y programas de alimentación han sido ya iniciados en varios países, los que han asegurado un control constante de los aspectos nutricionales, clínicos, tecnológicos, así como de la inocuidad de estos productos, grupo consultivo de política alimentaria general (PAG) de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación - Organización Mundial de la Salud - Fondo de las Naciones Unidas para la Infancia (FAO-OMS-UNICEF) (22).

Estas mezclas deben ser fácilmente adaptables a los hábitos alimenticios de la población, que estén dentro de las posibilidades económicas de las mayorías, que fuesen fácil de transportar, preservar y preparar bajo las condiciones organolépticas y nutricionales, adecuadas para complementar las dietas de consumo habitual con las proteínas necesarias, y si es posible, con los otros nutrientes esenciales en lo que éstas fuesen también deficientes, Muñoz de Maguiña (45).

B. Aspectos Generales sobre el Maíz (Zea mays L.)

1. Generalidades

El maíz es un cereal originario de América cuyo consumo data desde las culturas Inca, Maya y Azteca, Bressani (10).

Su cultivo es uno de los más importantes del mundo, ocupa el tercer lu

gar en importancia después del trigo y arroz. En el Perú es el cereal más difundido, Kent (36).

El grano de maíz es mucho mayor que el de otros cereales. El embrión, incluyendo el escutelo relativamente grande (10 - 13% del grano) y el endospermo están dentro del pericarpio y la testa, que están unidos formando la cáscara, a la parte de la mazorca, y planta, y otras según las características genéticas, citológicas, fisiológicas y agronómicas, Kent (36).

2. Variedades y Producción de maíz en el Perú

a) Variedades de maíz en el Perú

Nuestro país es uno de los centros que posee mayor diversidad de tipos de maíz.

Las principales variedades son :

- Maíz dentado : (Zea mays L. indentata), (Arizona).
- Maíz duro : (Zea mays L. erythrolepis), PM-204, PM-203
PMS-264, perla, colorado Colombiano Pumagalli
- Maíz blando amiláceo : (Amarillo de Ancash, Payleño, Cuzco Shajatu
Caro, Jora Huancavelicano).
- Maíz dulce : (Zea mays L. rucosa), Chullpi, Pardo dulce).
- Maíz reventón : (Zea mays L. Praecox), (Confite morocho, V-
460).

Las primeras son de mayor importancia en la alimentación, el maíz dentado se caracteriza por tener el grano blando y con una mayor proporción de endospermo; en cambio, el maíz duro se caracteriza a su vez

por tener el grano más consistente; ambas pueden ser de color amarillo o blanco. También existen variedades rojas, azules, negras; y jaspeadas, pero tienen un consumo insignificante. En la zona de Tingo María, en el año 1942 se introdujo la variedad Cuban yellow, que a través del tiempo ha tenido gran adaptación a las condiciones de clima y suelo imperantes en nuestro medio, lo que ha determinado un cultivo extensivo a lo largo de tierras de cultivo ubicadas en las márgenes de los ríos de la zona, Carrillo (16).

b) Producción de maíz en el Perú

Los principales productores de maíz se hallan localizados en los Departamentos de Lima, San Martín, Ancash y Piura. Los mismos que en conjunto producen más del 60% del total de la producción nacional.

Durante el período de 1976/1982 (Cuadro. N° 1), la producción se mantuvo entre 300, 856 y 725, 793 TM/año, siendo el promedio anual de 447,247/TM.

CUADRO N° 1 : Producción de maíz amarillo a nivel nacional

Año	Superficie cultivada Há.	Rendimiento Kg./Há.	Producción TM.
1976	385,445	1,883	725,793
1977	166,641	3,020	503,294
1978	136,370	2,780	379,143
1979	157,266	2,596	408,323
1980	128,070	2,349	300,856
1981	149,832	2,602	389,820
1982	152,457	2,778	423,500

Fuente : Ministerio de Agricultura. Anuario Estadístico Agropecuario (47).

3. Composición Física y Química-Bromatológica del maíz

Estructuralmente los granos de maíz están compuestos de las siguientes partes :

- Envoltura externa o cáscara : Es una cubierta protectora en forma de cutícula delgada, dura y fibrosa.

Esta envoltura propiamente dicha; cofia o casquete que cubre la punta del grano y protege la unión. Esta representa en promedio, el 6% del peso total del grano.

- Endosperma o albúmen : Es la parte feculosa y quitinosa del grano que rodea el germen, menos por su cara ventral, haciéndolo así variable a través del pericarpio; tiene en su superficie una capa de células lla

madras aleurona que es muy rica en proteínas y grasa. El endosperma - constituye la mayor parte del grano, representa aproximadamente el 80 a 85% del peso total de ésta; formado mayormente por el almidón córneo traslúcido, duro y almidón amilásico, encontrándose en esta porción el mayor porcentaje de la proteína total del grano.

- Gérmén o embrión : Está situado en la parte más baja del grano, es la futura planta en miniatura; es rico en aceite, proteína y sustancias - minerales, representa el 9.5 a 12% del peso total del grano, FAO (25).

Los resultados analíticos representativos de dos tipos de maíz, se mues tran en el Cuadro N° 2. En general los valores indican que el maíz es - un alimento de bajo contenido de proteína total; pero alto en carbohidra tos, característica que le coloca, como a otros cereales, entre las fuen tes excelentes de energía. Los fertilizantes nitrogenados y la selec--- ción genética pueden originar variedades con una concentración proteíni- ca total más alta que la normal, Bressani (10).

CUADRO N° 2 : Composición Química-proximal promedio de dos tipos de maíz

Componente	Blanco	Amarillo
Materia Seca	84.1'	87.8
Extracto etereo	4.83	3.53
Nitrógeno	1.29	1.34
Proteína	8.06	8.37
Fibra cruda	1.58	1.33
Ceniza	1.28	1.08
Carbohidratos	70.04	73.86
Carotenos (mg.)	-	0.30
Calorías (100 g.)	356	370

Fuente : La importancia del Maíz en la nutrición humana (10).

En el Cuadro N° 3 con los datos de la Tabla de Composición de Alimentos Peruanos (29), se tiene la composición química-bromatológica teórica del maíz amarillo comparado con otros granos de cereales de consumo habitual

CUADRO N° 3 : Composición química-bromatológica teórica del maíz amarillo comparado con otros cereales.

• (Contenido en 100 g. de la parte comestible)

Alimentos Componentes	Maíz Amarillo	Arroz con Cáscara	Arroz Pilado	Trigo Crudo	Sorgo
<u>Componentes</u>					
<u>Mayores (g)</u>					
Calorías (cal.)	321	348	359	336	351
Agua	17.2	11.9	13.4	14.5	12.2
Proteínas	8.4	5.9	6.1	8.6	8.0
Extracto etereo	1.1	2.0	0.7	1.5	4.0
Carbohidratos	69.4	74.7	79.1	73.7	72.8
Fibra	3.8	9.9	1.4	3.0	7.5
Cenizas	1.2	4.5	0.7	1.7	3.0
<u>Minerales (mg)</u>					
Calcio	6	40	8	36	50
Fósforo	267	185	130	224	270
Hierro	1.7	-	1.6	4.6	4.3
<u>Vitaminas (mg)</u>					
Caroteno	0.02	0.00	0.00	-	0.00
Tiamina	0.30	0.16	0.11	0.30	0.25
Riboflavina	0.16	0.07	0.07	0.08	0.23
Niacina	3.25	3.85	2.96	2.85	3.85
Acido Ascor.	0.7	-	-	4.8	0.9

Fuente : Instituto de Nutrición. Tabla de Composición de los alimentos peruanos (29).

4. Calidad de la Proteína del Maíz

La principal proteína del maíz es la Zeína, que es deficiente tanto en triptófano como en lisina, si bien la glutelina, la otra proteína importante del maíz es de mejor calidad, Cheftel (19).

El contenido de aminoácidos de la proteína del maíz normal es más o menos constante. Todos presentan la misma característica, es decir la baja concentración de dos aminoácidos esenciales, Lisina y Triptófano, en comparación con los valores de la leche; se notan también valores altos como los de la leucina. Como en el caso de la proteína, la concentración de aminoácidos se ha encontrado que también es variable, dependiendo de la variedad y medio ambiental del cultivo. Esta variación es pequeña y desaparece hasta cierto punto, cuando se expresan los valores de aminoácidos en base a una cantidad igual de proteína. También se demuestra que conforme la cantidad de proteína aumenta, paralelamente se produce un alza en el contenido de zeína; y una disminución en lisina y triptófano, Bressani (10).

En el Cuadro N° 4, se presenta el contenido de aminoácidos, utilización neta de la proteína (NPU), índice de eficiencia proteica (PER), valor biológico y digestibilidad teóricas del maíz amarillo y otros cereales.

CUADRO N° 4 : Contenido de aminoácidos, NPU, PER, Valor biológico y Digestibilidad teóricas del maíz amarillo, arroz y sorgo.

Alimentos Determinaciones	Maíz Amarillo	Arroz	Sorgo
Humedad (g./100 g.)	12.0	13.0	11.0
Nitrógeno (%)	1.52	1.26	1.62
Factor de conversión (N)	6.25	5.95	6.25
Proteína (g./100 g.)	9.5	7.5	10.1
Calorías proteínas (g./100 g.)	7.3	7.2	10.6
Isoleucina (mg./100 g. de alimento)	350	300	397
Leucina "	1190	648	1348
Lisina "	254	299	204
Metionina "	182	183	141
Cistina "	147	84	152
Fenilalanina "	464	406	496
Tirosina "	363	275	271
Treonina "	342	307	306
Triptófano "	181	908	123
Valina "	461	433	507
Arginina "	398	650	311
Histidina "	258	197	217
Alanina "	716	474	946
Acido aspártico "	596	808	638
Acido glutámico "	1800	1622	2141
Glicina "	351	393	301
Prolina "	850	369	621
Serina "	473	427	416
NPU %	51.1	57.2	-
PER	1.18	1.21	1.02
Valor biológico	59.6	-	-
Digestibilidad %	90.3	97.9	-
Total amino. esen. (mg./100 g. de alimento)	3934	3843	3945
Total aminoácidos (mg./100 g. de alimento)	9376	8783	9736

Fuente : Contenido en aminoácidos de los alimentos y datos biológicos sobre las proteínas. FAO (23).

5. Importancia del Maíz

Dentro de la rama de la industria molinera, cabe destacar los más importantes productos a partir del maíz : Harina integral de maíz, harina desgerminada (sémola), harina descascarada, gérmen de maíz, salvado; y maíz molido. El maíz constituye la mayor proporción de los alimentos ingeridos en el sector rural, siendo por lo tanto, el más importante proveedor de nutrientes a la dieta. El maíz provee hasta un 59% y un 45% de la ingestión diaria de calorías y proteína respectivamente. Las cantidades son mayores especialmente en la población indígena, FAO (25).

C. Aspectos Generales sobre el Frijol de Palo (Cajanus cajan L.)

1. Generalidades

El frijol de palo es una de las leguminosas más prometedoras, empezó a cultivarse en Africa y ahora está extendida por los trópicos y sub-trópicos. Siendo su característica más importante su resistencia a la sequía, debido al sistema radicular profundo que desarrolla, Gómez (27).

Es una especie arbustiva erecta, crece en cualquier suelo y madura rápidamente. Su producción se inicia de 8 a 10 meses después de la siembra y puede durar hasta 5 años. La planta puede alcanzar una altura de tres metros, FAO (24).

El nacimiento de las plantas se presenta a los doce o quince días de la siembra. Diversos autores reportan rendimientos que difiere posiblemente por las condiciones de clima y suelo, así se tiene un rendimiento en grano verde de 2,400 Kg./Há. y de 1,733 Kg./Há. en la zona de Tingo

María. El promedio de rendimiento en grano seco, es aproximadamente de 900 Kg./Há. por campaña, Gómez (27), Meza (43).

2. Variedades y Producción de Frijol de Palo en el Perú

a) Variedades de Frijol de Palo en el Perú

Entre las variedades de frijol de palo cultivadas en el Perú, podemos mencionar : el kaki, que tiene pequeños puntos oscuros junto al arillo, es temprana y de grandes rendimientos, pero está sujeta al ataque de los perforadores de la vaina, durante los meses de verano; y la variedad gandul, con manchas oscuras grandes y pequeñas en toda la superficie de la semilla.

En la zona de Tingo María, las variedades aún no han sido identificadas; y básicamente se diferencian por el color del grano, Meza (43).

b) Producción de Frijol de Palo en el Perú

En el Cuadro N° 5 se muestra los datos estadísticos de la superficie cultivada, rendimiento y producción del frijol de palo en grano verde y seco en el Perú durante los años 1976 a 1979. Los principales productores se hallan localizados en los departamentos de Lambayeque y Cajamarca, correspondiéndoles la mayor superficie cultivada; y no así en cuanto al rendimiento que es menor comparado con otros departamentos como Lima, Piura y Huánuco.

3. Composición física y química-bromatológica del Frijol de Palo

Los frutos del frijol de palo son vainas de diferente forma, color y tamaño, según el cultivar, generalmente son aplastadas con depresiones en

diagonales que determinan la cavidad de cada grano. Pueden ser rectos ó curvados, planos o cilíndricos, poseen de cuatro a seis semillas de ocho a diez mm. de longitud, la testa es blanca, negra o marrón, a menudo con manchas rojizas muy pequeñas, Meza (43).

La composición química del frijol de palo fue reportado por la FAO en 1955; en la que indican que estos granos tienen de 7 a 15% de agua, 21 a 22% de proteína, 63% de carbohidratos, 144 mg. de calcio y 4 mg. de hierro, Ruíz (52).

En el Cuadro N° 6 se presenta la composición química-bromatológica del frijol de palo y su comparación con otras leguminosas, obtenida de la Tabla de Composición de Alimentos Peruanos, observándose un buen contenido proteico y una fuente rica en tiamina y niacina.

CUADRO N° 5 : Producción Nacional de Frijol de Palo

Año	GRANO VERDE			GRANO SECO		
	Superficie Cultivada	Rendimiento	Producción	Superficie Cultivada	Rendimiento	Producción
	Há.	Kg/Há.	T.M.	Há.	Kg/Há.	T.M.
1976	140	2,086	292	480	552	265
1977	118	2,178	257	412	1,034	426
1978	132	2,036	269	425	1,002	427
1979	205	1,676	344	329	1,088	358

Fuente : Ministerio de Agricultura. Anuario Estadístico Agropecuario (47)

CUADRO N° 6 : Composición Química-Bromatológica Teórica del Frijol de Pa
lo comparado con otras leguminosas.

(Contenido en 100 g. de la parte comestible)

Alimentos Componentes	Frijol de Palo	Canario	Castilla	Bayo	Caraota
<u>Comp. Mayores (g)</u>					
Calorías (cal)	345	325	330	331	329
Agua	10.3	13.8	13.6	12.9	13.5
Proteína	18.4	20.5	22.5	19.0	21.2
Extracto etereo	1.4	1.2	1.8	0.9	1.4
Carbohidratos	66.1	60.0	58.3	63.2	60.0
Fibra	7.8	4.2	4.7	3.6	3.5
Cenizas	3.8	4.5	3.8	4.0	3.9
<u>Minerales (mg)</u>					
Calcio	114	123	97	99	129
Fósforo	388	437	387	386	413
Hierro	2.9	7.7	7.5	6.3	9.9
<u>Vitaminas (mg)</u>					
Caroteno	0.00	0.00	0.01	-	-
Tiamina	0.84	0.47	0.50	0.3	0.32
Riboflavina	0.25	0.21	0.44	0.2	0.23
Niacina	2.95	1.60	1.57	1.86	1.75
Acido Ascor. red.	4.6	5.4	2.1	-	-

Fuente : Instituto de Nutrición. Tabla de Composición de los Alimentos
Peruanos (29).

4. Calidad de la Proteína del Frijol de Palo

Las proteínas de las leguminosas son las que más se acercan en calidad nutricional a las proteínas de origen animal; y son principalmente globulinas, pero también se encuentran albúminas en algunas especies, Bresani (11).

El frijol de palo contiene de 18.5 a 22% de proteína. Al comparar el contenido de aminoácidos esenciales de proteína con el patrón de la FAO se encontró que es deficiente en metionina - cistina y triptófano; sin embargo es rica en lisina, de la que carecen los cereales. Una combinación de cereales y leguminosas produce una dieta de valor nutritivo próxima al de la proteína animal, Jaffe (31).

En el Cuadro N° 7 se presenta el contenido de aminoácidos, NPU, PER, valores biológico y Digestibilidad teóricas del frijol de palo y otros granos de leguminosas.

CUADRO N° 7 : Contenido de Aminoácidos, NPU, PER, Valor Biológico y Digestibilidad teóricas del Frijol de Palo y otras leguminosas.

Alimentos Determinaciones	Frijol de Palo	Frijol de Lima	Caupí
Humedad (g./100 g.)	11.00	11.00	11.00
Nitrógeno (%)	3.34	3.15	3.74
Factor de Conversión (N)	6.25	6.25	6.25
Proteína (g./100 g.)	20.9	19.7	23.4
Cal. Proteína (g./100 g.)	21.1	20.0	23.7
Isoleucina (mg./100 g. de alimento)	648	977	895
Leucina "	1316	1604	1647
Lisina "	1607	1466	1599
Metionina "	107	246	273
Cistina "	204	199	255
Fenilalanina "	1727	1195	1209
Tirosina "	421	637	610
Treonina "	608	823	842
Triptófano "	117	199	254
valina "	751	1015	1060
Arginina "	1015	1169	1498
Histidina "	775	621	764
Alanina "	882	917	962
Acido aspártico "	2004	2421	2580
Acido glutámico "	3911	2578	3845
Glicina "	678	826	876
Prolina "	825	924	914
Serina "	865	1289	1063
NPU %	37.9	42.0	-
PER	1.72	1.31	-
Valor biológico	44.6	-	-
Digestibilidad %	85	65.3	-
Total Amin. Esenc. (mg./100 g. de alimento)	7506	8361	8644
Total Aminoácidos (mg./100 g. de alimento)	18461	19106	21086

Fuente : Contenido en Aminoácidos de los Alimentos y datos biológicos sobre las proteínas. FAO (23).

5. Importancia del Frijol de Palo

El grano se utiliza en estado verde y maduro. En forma experimental se tiene conocimiento de algunos intentos para su procesamiento por el método de enlatado, encontrándose buenas perspectivas para este uso, Meza (43).

Así mismo se ha obtenido harina precocida de frijol de palo y se ha empleado en panes, fideos y galletas, con un 10, 20 y 30% respectivamente de sustitución, sin afectar significativamente las características organolépticas y mejorando la calidad nutritiva, Ruíz (52).

El consumo de harinas precocidas a partir del frijol y de mezclas con otros vegetales; permite aumentar su digestibilidad y facilidad de preparación como ingrediente básico en las sopas, cremas, papillas, mazamoras, alimentos para bebés y como enriquecedor de las harinas de los cereales, Kurien (38).

D. Tecnología para la Elaboración de Harinas a partir de cereales

1. El Almidón

a) Propiedades físicas del almidón

Básicamente se reconocen dos fracciones de almidón que en la naturaleza se encuentran por lo general mezclados : La amilosa de cadena lineal y la amilopectina, en que la cadena lineal fundamental se encuentra interrumpida por frecuentes ramificaciones, Buckle (13).

El almidón es de color blanco en cantidad. Bajo el microscopio estos

gránulos son transparentes, y al observarse en luz polarizada presentan birefringencia, característica que pierde a temperaturas que van de 54 a 80°C, Amos (5), Knight (37) y Kent (35).

b. Gelatinización del almidón

Cuando los gránulos de almidón se calientan en agua, se inflan (absorción de agua), tornándose translúcidos y solubles, vale decir que existe mayor movilización de almidón del gránulo al solvente, el gránulo pierde su poder de birefringencia y no puede ser absorbido nuevamente en su forma original. Esto se conoce con el nombre de gelatinización, Cheftel (19).

c) Temperatura de gelatinización

Los gránulos de almidón no sufren cambios significativos cuando son suspendidos en agua fría. La estabilidad permanece aún después de un calentamiento leve. Este comportamiento se debe a las fuertes uniones intermoleculares, que pueden ser destruidos por efectos mecánicos o químicos, o previa gelatinización y posterior secado de los gránulos, de modo que ocurra el hinchamiento en agua fría. En estado natural, el gránulo de almidón suspendido en agua no muestra ningún cambio hasta que la T° alcanza los 60 a 70°C, momento en que se hinchan aumentando su volumen varias veces el inicial. Este cambio repentino ocurre casi instantáneamente para cada gránulo, Kent (36).

2. Valor nutritivo en humanos

Aún cuando la ingestión de maíz en los países consumidores de este ce-

real es alta, el número de estudios llevados a cabo para determinar la calidad de su proteína y sus aminoácidos limitantes, en humanos, es muy limitado.

Está demostrado que las proteínas del maíz son de un valor biológico bajo debido a la deficiencia en los aminoácidos esenciales lisina y triptófano, por evidencias obtenidas en animales de experimentación por lo que generalmente no se suministra solo, sino con una cantidad de frijol que proporciona proteína y lisina adicionales a la dieta, Bressani (10), -- Elías (21).

3. Métodos para la elaboración de harinas a partir de maíz

Hay varios métodos de precocción de harinas de maíz; una suspensión de grits acondicionados en agua, otro método usa una cantidad mínima de humedad a la vez que se utiliza una mayor temperatura; y un tercer método utiliza rompimiento mecánico además de calor y presión, este es el de extrusión. Estos métodos producen grados de modificación del almidón, -- Buckle (13).

En Tingo María en 1984 se evaluó el comportamiento del maíz amarillo duro, variedad Cuban yellow en la preparación y uso de una harina en panificación, para lo cual se realizaron experimentos tendientes a encontrar procedimientos óptimos en la preparación de la harina, Zeceovich (59).

4. Consideraciones técnicas de las harinas

El Instituto de Investigaciones Tecnológicas Industrial de Normas Técnicas (ITINTEC) norma N° 205 - 027 (30), reporta la clasificación y fija

las especificaciones técnicas que deben cumplir las harinas de trigo; donde se puede observar que las harinas se clasifican en cinco tipos, en función de su grado de extracción y de acuerdo a sus características mínimas y máximas referidas a su contenido de humedad, acidez y cenizas. Dichos valores se pueden observar en el Cuadro N° 8.

CUADRO N° 8 : Características de la harina de trigo

Tipos \ Requisitos	Humedad (%)		Cenizas (%)		Acidez (%)	
	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.
Especial	-	15.0	-	0.64	-	0.10
Extra	-	15.0	0.65	1.00	-	0.15
Corriente	-	15.0	1.01	1.20	-	0.16
Semi integral	-	15.0	1.21	1.40	-	0.18
Integral	-	15.0	1.41	-	-	0.22

Fuente : ITINTEC - Norma 205 - 027. (30).

El porcentaje de cenizas en harinas indica el grado de extracción que se llegó y el índice de acidez a su vez denota el tiempo y condiciones de almacenamiento.

E. Tecnología para la Elaboración de Harinas a partir de Leguminosas

1. Aprovechamiento de las Leguminosas

Entre los alimentos vegetales el orden "Leguminosas" es el de mayor interés nutricional para el hombre, como fuente de proteínas, por lo cual constituyen alimentos de elevado valor nutritivo, íntimamente relacionado con la presencia concomitante de ciertos factores tóxicos

y antinutricionales, así como también de la digestibilidad y las formas de preparación de dichas harinas para el consumo, Bressani (11) , Elías (20).

2. Importancia del lavado y cocción de las leguminosas

El frijol es sometido a diferentes métodos de procesamiento antes de ser consumidos; estos procedimientos incluyen el remojo de los granos y un período largo de cocción, para así obtener un producto con textura y sabor aceptable para el consumo.

Una prolongada cocción elimina la toxicidad, pero el calentamiento en exceso puede dar como resultado una reducción del valor nutritivo por pérdida de algunas vitaminas y aminoácidos en la extracción del agua de cocción, Jaffe (32), Kakade y Evans (33) y Aykroyd (4).

El grado de mejora en el valor nutritivo por acción del calor, depende de la temperatura y tiempo de cocción empleados, así como de las condiciones de humedad de la prueba, Braham (7).

Se ha recomendado períodos de cocción en autoclave, por 10 a 30 min. a 16 lb/pulg² de presión y 121°C. Tratamientos térmicos largos, disminuyen el valor nutritivo de las proteínas, debido a los cambios en el contenido de aminoácidos esenciales de los frijoles, especialmente en el contenido de lisina disponible, el cual decrece proporcionalmente al incrementarse el tiempo de cocción, Bressani (12).

Se encontró que la T° de cocción óptima para el frijol de palo, era -

121°C durante 20 min. y a 16 lb/pulg² de presión, Brahm (7).

Se encontró un efecto residual de la ureasa igual a cero, a un tratamiento térmico de 15 min. con una presión de 1.125 kg/cm² y a una T° de 121°C, Ruíz (52).

Se recomendó un remojo de 30 min. antes de la cocción en autoclave, observando que bajo éstas condiciones, los principales efectos tóxicos, son destruidos, Jaffe (31).

3. Interrelaciones entre tiempo de almacenamiento, remojo, cocción, valor nutritivo y otras características de las leguminosas

Los frijoles recién cosechados y almacenados, sometidos a diferentes tiempos de hidratación en el remojo, están relacionados con una propiedad físico-química del producto, que es su coeficiente de hidratación el cual tiene una relación directa en el índice de eficiencia protéica (PER), correspondiendo un mayor coeficiente de rehidratación a las harinas procedentes del frijol recién cosechados; este hecho sugiere la posibilidad de que los cambios en la calidad protéica sean el resultado de cambios estructurales en la proteína del frijol, Molina (44).

Tanto el frijol recientemente cosechado, así como en el almacenamiento por un tiempo no mayor de tres meses, se recomienda un tiempo óptimo de cocción de 10 min., 16 Psi. y 121°C., en muestras sometidas a 8, 16 ó 24 horas de remojo, para así obtener un mayor valor nutritivo este mismo hallazgo concierne a las muestras no sometidas a remojo, -

procedentes del frijol recientemente cosechado, mientras que en aquellos procedentes de frijol almacenado, se recomendó un tiempo de cocción de 20 a 30 min., Gómez (27).

Un remojo óptimo para el frijol de palo es de dos horas, dado que la cáscara se encuentra regularmente reblandecida y con una hidratación superior al 50%, Ruíz (52).

Durante la deshidratación de los frijoles cocinados (a 70°C por 24 horas), las semillas tienden a adherirse entre sí en los frijoles recientemente cosechados, probablemente por el alto contenido de azúcares - que contienen, esto no sucede con el frijol almacenado, Gómez (27).

4. Métodos para la elaboración de harinas a partir de Frijol de Palo

a) Procesamiento Comercial por el método húmedo

En este, los granos son remojados de 4-12 horas, luego son mezclados con una pasta y agua en concentración de 2-3%, manteniéndose durante 16 horas, luego se secan al sol durante 2-4 días. Una vez secos la pasta es fácilmente eliminada por tamizado. Los granos secos son pasados a través de un descascarador, obteniéndose granos descascarados y partidos, Kurien (38).

b) Procesamiento Comercial por el método seco

En este, los granos se limpian, se pasan a través de un rodillo, para rajarse la cáscara; los granos rajados, son mezclados con aceite (linaza), estos son secados al sol, durante 2-5 días; luego son

acondicionados con 2.5% de agua durante una noche; posteriormente son pasados por un rodillo con el fin de descascararlos, Cardioti (14).

Tanto en el método húmedo como en el seco, el secado al sol, contribuye a aumentar las pérdidas, porque los granos son atacados por insectos y aves, afectando de esta manera el rendimiento, Kurien (38).

5. Nueva Tecnología en la elaboración de harinas de Leguminosas sin cáscara

Se ha desarrollado estudios con el fin de mejorar los métodos y las maquinarias, estableciendo un proceso más eficiente, uniforme y económico, Loayza (41).

Se ha dado mayor importancia a las operaciones de acondicionamiento y descascarado del grano. Cuando el grano está debidamente acondicionado puede lograrse la salida de las capas periféricas con una mínima fricción, permitiendo la eliminación casi total de la cáscara (99,5%), Gonzaga (26).

El tipo de gomas presentes entre las cáscaras y el endospermo, influyen en el grado de adherencia y la cantidad de éstas influyen en la duración y severidad del acondicionamiento del grano, Kurien (38).

Tanto por los métodos tradicionales, como por las nuevas innovaciones tecnológicas, podemos usar las leguminosas en muchas formas, Loayza (41).

F. Mezclas Alimenticias a base de Cereales y Leguminosas

1. Antecedentes

Ya que las fuentes de proteína animal en las regiones rurales son es casas y cuando existen están fuera del alcance económico de las poblaciones, deben producirse alimentos a base de cereales y leguminosas - que estas poblaciones están acostumbradas a consumir, pero mejorándose nutritivamente. Esto ayudaría a combatir la desnutrición, Ríos (51).

Una leguminosa de gran potencial para la Selva y el Perú en general es el frijol de palo tanto por su productividad como por su valor nutritivo, que en la actualidad se consume en forma muy limitada; el maíz amarillo es de consumo masivo, y complementados ofrecen mejores perspectivas, por lo que resulta interesante comparar el patrón de aminoácidos del frijol de palo tierno y maduro con el maíz y el arroz. Siendo factible una complementación entre ellos, Gómez (27).

2. Criterios que se deben considerar para la elaboración de una mezcla alimenticia

Existen diversos criterios técnicos que deben tomarse en cuenta al desarrollar productos balanceados para consumo masivo, siendo los más importantes :

- Que sea altamente nutritiva, que proporcione una cantidad adecuada de calorías y proteínas, que sean de alto valor biológico, Vargas (54).

- Que los carbohidratos, grasas y proteínas tengan una alta digestibilidad, IMIT (28).
- Que el producto se adapte muy bien a los hábitos alimentarios existentes, que sea de fácil manejo y no requiera preparación adicional, Cabieses (15).
- Que sus costos sean aceptablemente bajos; y que su producción industrial presente cierto atractivo para los inversionistas potenciales, Vargas (54).

3. Formulación de Mezclas Alimenticias

Los productos alimenticios ricos en proteínas se formulan a modo de - que contengan de 16 a 25% de proteína. Se aprovechan el contenido relativamente alto de proteína de las leguminosas (18-25%). Siendo los más usados comúnmente el frijol de palo, el caraota, el castilla y el haba, Bressani (9).

Los cereales se reconocen como fuente de energía y los más utilizados para este fin son el maíz y el arroz.

Existen tres métodos que permiten combinar la proteína de diferentes - alimentos para formular mezclas de alta calidad y cantidad proteínica:

- Uno consiste en mezclar los componentes según su contenido de aminoácidos esenciales en base a un patrón de referencia.
- Adicionar a una proteína, otra proteína en la cantidad necesaria para llenar la deficiencia de aminoácidos de la primera.
- Buscar a través de pruebas biológicas, el punto de complementación óptima entre los aminoácidos de la proteína de varias fuentes.

Fundados en una serie de ensayos, se puede clasificar las respuestas de los animales en cuatro tipos, los cuales se presentan en la Figura 1.

- Tipo I : Representa mezclas de dos proteínas, que tienen un valor biológico (V.B.) similar y con el mismo aminoácido limitante. No se puede obtener mejor V.B. que el de los componentes.
- Tipo II : Se consigue al mezclar dos proteínas de diferente V.B., con el mismo aminoácido limitante. El V.B. de la mezcla resultante es igual al del mejor componente; pero la complementación no es perfecta.
- Tipo III : Se presenta la verdadera complementación, en donde la mezcla está formada por dos proteínas de V.B. diferentes, cuyos aminoácidos deficientes en una, pueden ser cubiertos por los excesivos de la otra. El V.B. de la mezcla es superior al de cualquier componente individual.
- Tipo IV : Representa combinaciones de dos proteínas de V.B. diferentes, teniendo uno de los componentes una mayor deficiencia en un aminoácido. El V.B. máximo lo determina el componente de mayor valor.

Con base en estos resultados y con el conocimiento de los aminoácidos esenciales de las fuentes de proteínas, se ha podido desarrollar patrones de referencia de aminoácidos, tal como se indica en el Cuadro N° 9. Para estos propósitos solamente se usaron las respuestas del Tipo III, Bressani (11).

4. Complementación Nutricional entre las harinas de Cereales y Leguminosas

Desde el punto de vista nutricional, las leguminosas por lo general, son deficientes en metionina; y son buena fuente de lisina, siendo este, comúnmente deficiente en las proteínas de los cereales, Bressani (12).

El mejoramiento del valor nutritivo de una proteína, puede ser logrado no sólo con la adición de aminoácidos sintéticos, sino también con la combinación de dos o más alimentos que puedan complementarse, Cabieses (15).

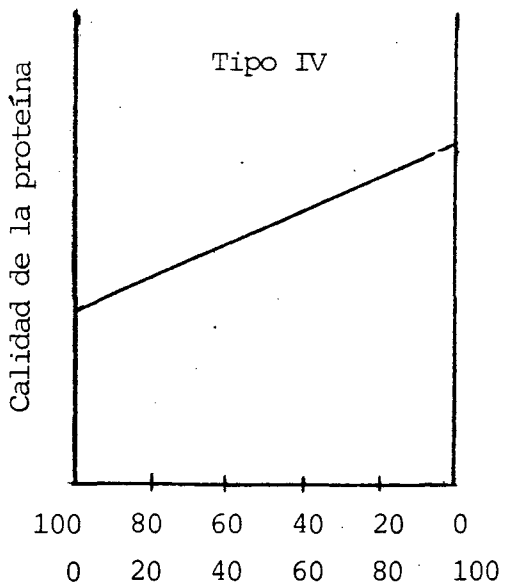
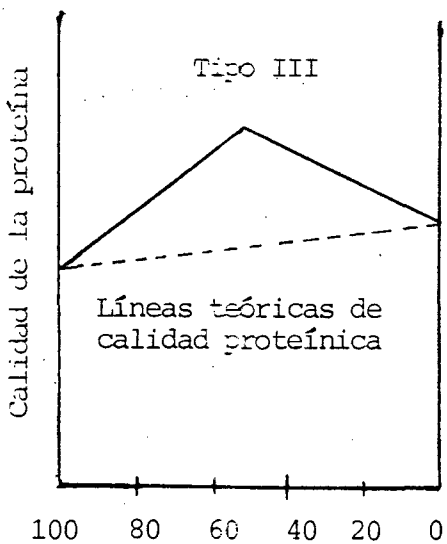
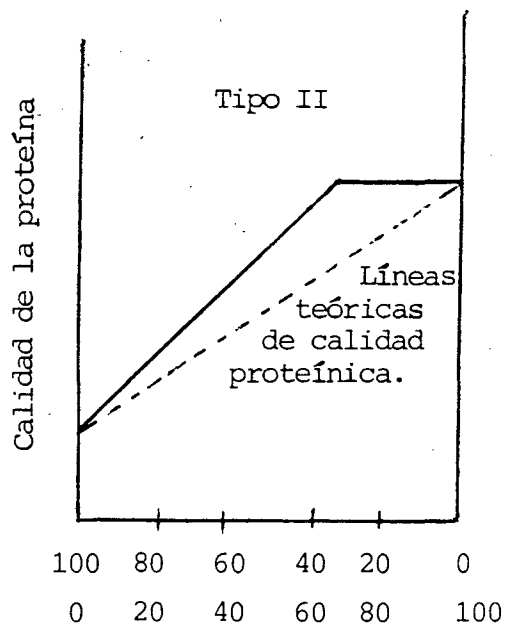
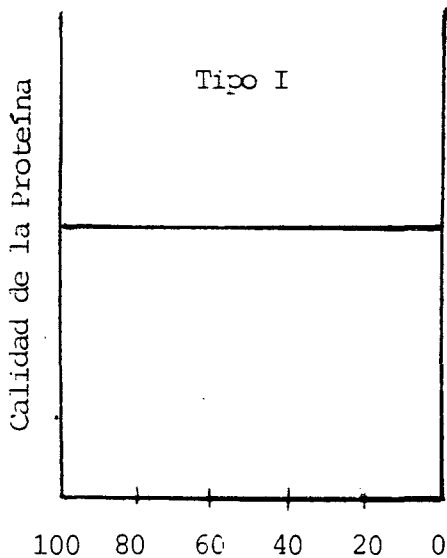
5. Tipos de mezclas

a) Mezclas crudas

Son mezclas de harinas en que la papilla, mazamorra o crema debe ser preparado mediante cocción a fuego directo, durante 25-30 min. de manera que se asegura la gelatinización de la misma, Kamishiki riyo (34).

b) Mezclas precocidas

Son aquellas que previamente se someten a un proceso de calentamiento en presencia de suficiente humedad, y que como consecuencia sufren un cambio físico (gelificación), complementándose la cocción por un tiempo de 5 a 10 min., IMIT (28).



% distribución de la proteína en la dieta

% distribución de la proteína en la dieta

Fuente : Bressani, Ricardo (9).

FIGURA N° 1 : Tipo de respuesta biológica obtenida al mezclar los alimentos al mismo nivel proteico.

CUADRO N° 9 : Patrón de referencia de aminoácidos esenciales (*)

(Expresados en mg./g.N.)

Aminoácidos	Estudios Biológicos (**)		FAO/OMS (1973) Patrón
	PER (2.0-2.4)	PER (2.6-2.0)	
Isoleucina	303	318	250
Leucina	510	508	440
Lisina	322	342	340
Metionina + Cistina	176	205	220
Fenilalanina + Tirosina	340	316	380
Treonina	234	247	250
Triptófano	63	78	60
Valina	336	337	310
Arginina	436	424	-
Histidina	160	163	-
A.A. totales	2,883	2,938	-
A.A. totales (***)	2,287	2,351	2,250

(*) Tomado de Bressani, (9)

(**) En ratas

(***) Sin arginina y sin histidina

PER Índice de eficiencia protéica (ganancia de peso/proteína consumida).
Las cifras entre paréntesis indican el rango de calidad protéica -
que se espera del patrón de aminoácidos esenciales indicado en la
columna.

c) Mezclas instantáneas

Son productos que para ser consumidos requieren de un proceso de cocción de 3 min. o menos. Como su nombre lo indica permiten hacer muy rápido una papilla o mazamorra, listos para ser administrados, Young (57).

6. Mezclas protéicas desarrolladas en Latinoamérica

En el Cuadro N° 10 se reportan algunas mezclas protéicas a base de vegetales, desarrolladas por organismos e instituciones vinculadas con la prevención de la desnutrición calórico-protéica infantil en Latinoamérica, Vivas (56).

7. Productos formulados en el Perú a base de cereales y leguminosas

De acuerdo a los últimos trabajos realizados, entre las mezclas recomendadas con sus respectivas proporciones están, Cabieses (15) :

Maíz amarillo - panamito	(70/30)	Arroz - soya	(70/30)
Maíz amarillo - frijol negro	(80/20)	Quinoa - panamito	(70/30)
Maíz amarillo - soya	(60/40)	Quinoa - haba	(50/50)
Cañina - panamito	(80/20)	Quinoa - pallar	(40/60)

CUADRO N° 10 : Mezclas protéicas desarrolladas en algunos países de Latinoamérica

PRODUCTO	COMPOSICION	CONTENIDO PROTEICO	EVALUACION BIOLOGICA	CARACTERISTICAS DEL PRODUCTO
COLOMBIHARINA	Hna. arroz (70%)	19.2 grs/100 grs	2.21	Mezcla vegetal
	Hna. soya precoc. (30%)			
	Tiamina (0.0418 mg/100 grs)			
	Riboflavina (0.0260 mg/100 g)			
	Niacina (0.311 mg/100 g)			
	Hierro (0.272 mg/100 g)			
INCAPARINA	Fosfato (0.028 mg/100 g)	27 grs/100 grs	2.2	Para preparación de sopas, coladas, refrescos, etc.
	Hna. maíz amarillo precoc. (58%)			
	Hna. algodón (21%)			
	Hna. soya (20%)			
	Carbonato de Ca. (1%)			
	Vitamina A (0.009%)			
MAISOLECHE	Riboflavina U.S.P. (0.0013%)	18.2 grs/100 grs	2.48	Producto parcialmente precocido y puede consumirse después de 4-5' de cocinamiento, en forma de biberones, coladas, pasteles, sopas, etc.
	Niacina (0.0013%)			
	Hna. maíz amarillo (68%)			
	Hna. soya precoc. (25%)			
POCHITO	Leche descremada en polvo (5%)	20.4 grs/100 grs	-	Alimento de adecuado valor proteico, sometido a procesamiento de expansión de almidones. De 4-5' de cocción para su preparación, sabor neutro.
	Vitaminas y minerales (2%)			
	Hna. soya precocida (25%)			
	Hna. arroz (70%)			
	Hna. de torta ajonjolí (4%)			
	Vitaminas y minerales (1%)			

Fuente : Vivas Berrocal (56).

G. Procesamiento de Mezclas por Cocción - Extrusión

1. Antecedentes

En 1973, el IMIT, desarrolló un programa para la investigación de productos alimenticios de buen balance de aminoácidos y de bajo costo; para alcanzar tal objetivo se obtuvieron productos por el sistema de extrusión con harinas obtenidas de cereales y pastas leguminosas y oleaginosas, adicionadas de colorantes, saborizantes y de una serie de sustancias; se establecieron las condiciones de procesamiento para diferentes tipos de materiales, que se presentan en la figura N° 2, Zapata (58).

2. Descripción del proceso de cocción - extrusión

Este proceso permite una cocción muy rápida con mínima destrucción de vitaminas y aminoácidos y la confección de alimentos en base a mezclas de cereales y leguminosas que resultan en una suplementación óptima de las proteínas de los integrantes, Valencia (55).

La característica principal de la extrusión es alcanzar una cocción a altas T°s., entre 100 y 230 °C., en corto tiempo, de 10 a 60 seg., lográndose con esto desactivar los principios antinutricionales presentes en las materias primas, sin alterar la calidad proteínica de las mismas, así también se pueden lograr elevados valores de gelatinización de almidones, con una insignificante pérdida de los elementos termolábiles como vitaminas y lisina, por esta razón es frecuentemente llamado HTST (alta T°/corto tiempo); así mismo elimina la carga bacteriológica ocasionando la esterilidad del producto, Liener (40).

Harina de soya

Harina de ajonjolí
50% de proteína

Harina de girasol 50%
de proteínas.

MEZCLADO



EXTRUSION

Agua (30 a 60°C)

Temp. de salida 80°C
a 120 °C.

Vel. de alimentación
0.2 a 0.3 Kg/min.

Diámetro del orificio
de salida 3.12 m.m. a
4.9 m.m.

Tratamiento térmico

Vapor de 40 a 50 psi.
5 a 25'

ENFRIADO



MOLIENDA

Agua caliente
(80° - 90°C)

Disolución de sus-
tancias no deseables

Agua fría 20°C

LAVADO



SECADO

ADICION DE COLORANTES
Y SABORIZANTES



PRODUCTO FINAL

FIGURA N° 2 : Procesamiento de Mezclas por el Método de Extrusión

Se experimentó con mezclas de harinas de frijol negro y cereales, para investigar el efecto suplementario de ambas. Los resultados indicaron que es posible producir harina de leguminosas precocidas, las cuales - en combinación con varios cereales, particularmente arroz, tienen un valor de PER, el cual es equivalente o mayor que el de la caseína, -- Young y Buckle (57).

Todos estos estudios demuestran otra alternativa para el uso de leguminosas no convencionales como fuente de proteínas en productos donde - por suplementación con harina de cereales, se puede mejorar la cali- dad protéica del producto final. Estos son de gran interés para los países que no producen trigo, entre los cuales se encuentra el Perú.

H. Estudios Biológicos de las mezclas

Una vez desarrolladas las fórmulas alimenticias, se someten a una serie de ensayos biológicos con el propósito de reafirmar y caracterizar mejor la calidad proteínica del producto. Puede ser de diferente naturaleza, - pero los métodos más comunes son : Índice de eficiencia protéica (PER), - valor biológico (VB), calificación protéica (PS), utilización neta de la proteína (NPU) e índice de digestibilidad (DI), Ríos (51).

1. Índice de eficiencia protéica (PER)

Se obtiene al dividir el aumento en el peso corporal entre la cantidad de proteína consumida por ratas jóvenes. La dieta debe tener aproxima- damente 10% de proteína, en la que ésta es el único factor limitante - del crecimiento, las ratas son alimentadas durante 28 días y el valor

PER obtenido al finalizar el experimento es comparado con el valor standard de la caseína de referencia, Peralta (48).

2. Valor biológico (VB)

Es la porción de nitrógeno absorbido que queda retenido en el organismo para mantenimiento y crecimiento, Bressani (11).

3. Calificación protéica (PS)

Se calcula en base al déficit en porcentaje de cada uno de los aminoácidos con relación a la proteína testigo, Ríos (51).

4. Utilización neta de la proteína (NPU)

Es la proporción de nitrógeno consumido que queda retenido por el organismo, es decir, el producto del valor biológico por la digestibilidad. Puede ser definido como standard (NPU_{st}) o como operativo (NPU_{op}), Cabieses (15).

5. Índice de digestibilidad (I D)

Es la relación entre el nitrógeno del alimento que es absorbido por el animal y el nitrógeno contenido en el alimento. En el Cuadro N° 11 se han tomado algunos alimentos con sus valores de PER, VB, NPU e ID.

I. La adsorción de los alimentos

El valor nutritivo y la calidad de un alimento puede mantenerse, si la humedad durante el almacenaje es adecuado para minimizar todas las reacciones posibles, Martínez (42).

CUADRO N° 11 : Valores de Índice de eficiencia protéica (PER), Valor biológico (VB), utilización neta de la proteína (NPU) e índice de digestibilidad (ID) de algunos alimentos

Alimento	Proteína %	PER	VB	NPU %	ID %
Maíz (*)	10.2	1.12	60.0	--	54.36
	9.5	--	60.5	54.9	85.90
Soya (*)	38.0	2.32	72.8	61.4	90.50
	--	--	--	--	--
Hna. de trigo (*)	8.4	0.60	52.0	--	--
	--	0.75	52.0	--	--
Leche en polvo (*)	26.0	2.78	85.0	--	--
	--	--	--	--	--
Arroz/quinua/frijol soya (52/32/16) (**)	15.42	2.66	87.0	69.0	79.0
	--	--	--	--	--
Cebada/quinua/frijol soya (52/32/16) (**)	16.80	2.11	74.0	57.0	77.0
	--	--	--	--	--
Frijol negro/quinua (69/28.4) (***)	--	--	--	--	--
	28.88	3.11	62.02	69.56	--
Soya/quinua/arroz (38/32/27.4) (***)	--	--	--	--	--
	20.07	3.13	65.05	71.83	--
Soya/quinua/maíz ama rillo (36/34/27.4) (***)	--	--	--	--	--
	19.96	3.10	64.13	70.02	--
Caseína (***)	81.8	2.45	69.0	58.4	97.06
	83.3	2.86	79.7	72.1	96.30

Fuente : (*) Peralta (48)

(**) Kamishikiriyo y Olivares (34)

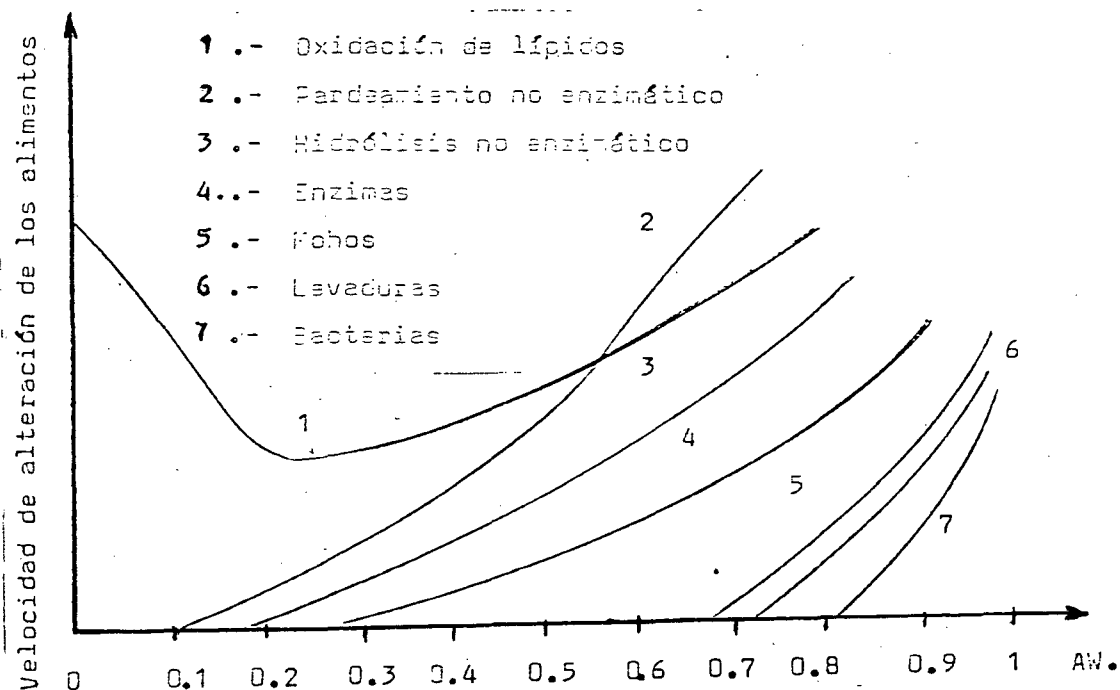
(***) Ríos y Kamishikiriyo (51)

La estabilidad de un alimento está dado por la mayor o menor cantidad de agua que contenga, como se puede apreciar en el Cuadro N° 12 y Gráfico N° 1.

CUADRO N° 12 : Actividad de agua mínima (AW) aproximada para el crecimiento de microorganismos.

Microorganismos	AW
Bacterias	0.91
Levaduras	0.88
Mohos	0.80
Bacterias halófilas	0.75
Mohos xerófilos	0.65
Levaduras osmófilas	0.60

Fuente : Labuza T.P. (39).



Fuente : Cheftel, J. y Cheftel, H. (19).

GRAFICO N° 1 : Esquema general de las velocidades de las reacciones en función de la actividad de agua (AW).

III. MATERIALES Y METODOS

El desarrollo del presente trabajo se realizó en los Laboratorios y Plantas Pilotos del Instituto Nacional de Desarrollo Agro-Industrial - I.N.D.D.A. de la Molina - Lima y en el Laboratorio de Análisis Biológicos del Departamento de Nutrición de la Universidad Nacional Agraria - U.N.A. de la Molina el mismo que tuvo una duración en el período comprendido de Diciembre 1983 hasta Junio 1984.

A. Materias Primas

- Maíz amarillo (Zea mays L.), se utilizó la variedad Cuban yellow y fue adquirido del Programa de Maíz de la U.N.A. de la Molina.
- Frijol de palo (Cajanus cajan L.), el que fue adquirido del Mercado Mayorista de la ciudad de Tingo María.

B. Insumos

- Azúcar blanca refinada
- Sal común
- Leche evaporada (Gloria)
- Especias : Clavo de olor, canela, esencia de vainilla
- Verduras : Zanahoria, apio, poro, cebolla
- Otros ingredientes : Margarina (Crema de Oro), glutamato monosódico, - caldo de pollo (Knorr), huevo, pasas.

C. Equipos y Materiales

1. De Recepción

- Montacarga manual, RAVAGLIODI, 1/2 tonelada de capacidad, U.S.A.
- Balanza de plataforma, FAMIA Industrial S.A., 50 kg. de capacidad, U.S.A.

- Balanza de Platillos, modelo ATLAS, 12.5 kg. de capacidad.
- Balanza de Plataforma, BERKEL, 2 kg. de capacidad.

2. De Procesamiento

- Clasificador y Limpiador Vac-a-way N° 75, The Hance Corporation Wes
terville, 60 kg./hr. de capacidad, Ohio, U.S.A.
- Quebrador de granos con rodillos estriados, accionado por un motor -
eléctrico, Marca Delcrosa, 1140 RPM., tipo NV 90L-a-6, 220/440 vol-
tios, 1.2 HP., 35 kg./hr. de capacidad, S/M., Perú.
- Descascarador de granos, 3340 RPM., 220 voltios, 35 kg./hr, de capa-
cidad, S/M., Perú.
- Deshidratador por circulación de aire caliente, T° hasta 80°C., H.R.
hasta 100%, GIACOMO TORESANI, Italia.
- Molino de rodillos lisos, 35 kg./hr. de capacidad, MEFISA, Perú.
- Molino de martillos, Marca CHRISTY, serie 43036, U.S.A.
- Molino de Pines, Marca MINI - KEK, modelo 1607, velocidad variable -
de : 7,000 a 14,000 RPM., potencia 2.5 HP., capacidad 200 kg./hr., -
U.S.A.
- Mezclador cilíndrico horizontal, de acero inoxidable, de doble heli-
coidal, con paletas, 300 kg. de capacidad, MEFISA, Perú.
- Tamizador Plansifter, tipo horizontal - Tropenisoletion KBS/SN., 1.8
kg./hr, de capacidad, U.S.A.
- Cocinador - Extrusor "BRADY CROP COOKER", modelo 2160, U.S.A., consta
de un tablero eléctrico, portafusible trifásico de 350 amperios por
línea, el cual alimenta al tablero de control de operación de un mo-
tor eléctrico de 100 HP.

- Selladora de bolsas al vacío, Marca THIMONIEX, modelo UV - 32, 6/N° 169; 250 unidades/hr. de capacidad, Francia.
- Vasijas, jabs de plástico, tazones, baldes, bolsas de papel y de polietileno.

3. De Análisis

- Mufla, BUHLER, modelo 11700, graduado de 0° a 1,200 °C. N° 4123.
- Estufa - termováscula, Marca BUHLER, modelo OE - 304, graduado de 0° a 200 °C., N° 04/1974.
- Baño María, con termómetro graduado de 0° a 80°C., Marca MEMMERT, tipo TV 500.
- Bomba de vacío, tipo 301 - 74, N° 118 - 1974, CENCO HYVAC.
- Balanza analítica, marca MIN, tipo L.B. - 105, capacidad 999.999 gr.
- Centrífuga, graduada de 0 a 8000 RPM., tipo L.S.3 - 491 LZ 209, N° 744009, Marca BUHLER.
- Autoclave vertical, marca F/M/C., N° 998, de 170 a 270°F y de 0 a 60 lbs./pulg.² de presión.
- Espectrofotómetro N° 134278, marca COLEMAN.
- Potenciómetro digital, N° 2499, graduado de 0° a 80°C., pH de 0 -14 modelo OP - 2041, U.S.A.
- Incubadoras, Marca PRECISION - THELCO, modelo 4, rango de T° hasta - 70°C., U.S.A.
- Batidora, Marca HOBART, modelo N 50, 1725 RPM.
- Licuadora, Marca PHILIPS, 220 voltios, 4 velocidades, Perú.
- Cabinas de degustación, cocina, utensilios de cocina.

- Baterías metálicas para Bioterio.
- Animales de laboratorio (ratas).
- Otros : Se empleó material de vidrio, reactivos químicos, medios de cultivo y caldos de cultivo.

D. Métodos Analíticos de Control

Se realizaron análisis y controles tanto en las materias primas, así como en las harinas crudas; de igual manera se efectuaron en las mezclas obtenidas a partir de las mencionadas harinas, en su estado precocido e instantáneo. En los productos elaborados a base de las mezclas precocidas e instantánea se hicieron análisis sensoriales.

En los numerales que preceden se dan a conocer la metodología empleada.

1. De las materias primas

a) Análisis químico proximal

- 1) Determinación de humedad, se realizó mediante el método de secado en estufa, recomendado por la A.O.A.C. (2).
- 2) Determinación de proteína total, se efectuó siguiendo las pautas de la A.O.A.C. (2), mediante el método Macro-Kjeldahl, con factor de conversión de 6.25.
- 3) Determinación de grasa total, se hizo mediante el método de Soxhlet, mencionado por la A.O.A.C. (2), utilizando como solvente éter de petróleo de 60°.
- 4) Determinación de fibra bruta, se operó mediante el método de la digestión ácida - alcalina, descrito por Pearson (49).
- 5) Determinación de cenizas, consiste en la carbonización de la -

muestra a 600°C. en una mufla, hasta quemar todo el material orgánico, quedando el material inorgánico, llamado cenizas, citado por la A.O.A.C. (2).

- 6) Determinación de carbohidratos, se realizó por diferencia, restandose de 100 los porcentajes de humedad, proteína, grasa, fibra y cenizas.
- 7) Determinación del valor calórico, se ejecutó teóricamente, utilizando los factores : 4 para los carbohidratos y las proteínas; y 9 para el contenido de grasa.

b) Análisis bromatológicos

- 1) Determinación de calcio, mediante el método de Permanganometría, indicado por la A.A.C.C. (1).
- 2) Determinación de fósforo, se efectuó por el método Vanado fosfomolibdico, siguiendo los pasos de A.A.C.C. (1).
- 3) Determinación de hierro, se empleó el método Ortofenantrolina, mencionado por A.A.C.C. (1).

c) Análisis físico - químicos

- 1) Determinación de acidez titulable, siguiendo las pautas del método aplicable a harinas, según el ITINTEC (30). El resultado se expresa en porcentaje referido al ácido sulfúrico.
- 2) Determinación de pH, se efectuó en un potenciómetro, para lo cual se usó 50 ml. de una solución filtrada que se obtiene de 10 gr. de muestra diluidos en 100 ml. de agua destilada.

2. De las harinas crudas

a) Análisis químico proximal

Las determinaciones de humedad, proteína, grasa, fibra, cenizas, -
carbohidratos y valor calórico fueron similares a los realizados en
las materias primas.

b) Análisis bromatológicos

1) Determinación de azúcares reductores y totales, mediante el méto
do volumétrico de Lane y Eynon, descrito por Pearson (49).

2) Determinación de almidones, por hidrólisis ácida, utilizando el
método de Browne y Zerban, citado por Muñoz (45).

Para las determinaciones de calcio, fósforo, y hierro se usaron
los métodos descritos para las materias primas.

c) Análisis físico - químicos

Las determinaciones de acidez titulable y pH se efectuaron mediante
los métodos descritos para las materias primas.

1) Determinación del índice de proteínas dispersables, se realizó
mediante el método indicado por Ríos (51) y está representado -
por el porcentaje de proteínas solubles en agua en relación con
la proteína total.

2) Determinación del índice de actividad ureásica, se llevó a cabo
siguiendo las pautas de A.O.C.S. (3) y está dada por la diferen-
cia de pH de la muestra sometida a la acción de dos tipos de so-
luciones buffer; urea y fosfato respectivamente.

- 3) Determinación del grado de gelatinización del almidón, se hizo mediante el método químico colorimétrico, basado en la medida espectrofotométrica del color azul, formado por el almidón y el yodo, citado por Muñoz (45). El procedimiento de análisis se muestra en el anexo 1.
- 4) Determinación del índice de absorción y solubilidad en agua, se realizaron siguiendo la metodología descrita por Buckle (13). En el anexo 2 se muestra la descripción del método utilizado.

3. De las mezclas precocidas e instantánea

a) Análisis químico proximal

Las determinaciones de humedad, proteína, grasa, fibra, cenizas, carbohidratos y valor calórico se realizaron de manera semejante que para las harinas crudas.

b) Análisis bromatológicos

Las determinaciones de azúcares reductores y totales, almidones, - calcio, fósforo y hierro se efectuaron en forma similar a las harinas crudas.

c) Análisis físico - químicos

Las determinaciones de acidez titulable, pH, índice de proteínas - dispersables, actividad ureásica, grado de gelatinización del almidón, absorción y solubilidad en agua fueron similares a los realizados en las harinas crudas.

- 1) Determinación de la granulometría, el procedimiento empleado -

fue el indicado por ITINTEC (30).

Se ejecutó en el tamizador Plansifter, el cual está formado por un anaquel vertical de tamices horizontales, la agitación se realiza durante cinco min. con 200 gr. de muestra, los gránulos retenidos en cada malla son pesados y se determina :

- El porcentaje de gránulos de cada rango de tamaño.
- El "Módulo de Finura" que da un índice del tamaño medio de las partículas, según la clasificación siguiente :
Fino : Menor de 2, Medio : de 2 a 4; y grueso : mayor de 4.
- El "Índice de Uniformidad" que evalúa la proporción de gránulos finos, medios y gruesos.

2) Determinación de las isotermas de adsorción, se realizó mediante el método de Stitt, descrito por Martínez (42). El procedimiento consiste en equilibrar las muestras a una humedad relativa constante y se determina el porcentaje de humedad en base seca (m) correspondiente al punto de equilibrio. Las humedades relativas fueron obtenidas con diferentes soluciones saturadas de diversas sales, en desecadores de vidrio, tal como se indica en el Cuadro N° 13.

Se pesa 2 gr. de muestra en una placa y se coloca en un desecador; luego se efectúa un vacío de 18 pulg. de Hg. y se llevan los desecadores a una cámara a T° de 25 ó 37°C. por 48 horas, tiempo que se considera necesario para lograr el punto de equilibrio de la muestra. Después se realiza el pesado para determinar la cantidad de agua ganada o perdida y como resultado se tie

ne la nueva humedad de equilibrio (m) con la humedad relativa (AW) del desecador.

Las isothermas fueron obtenidas graficando los valores de la humedad de equilibrio (m) con la humedad relativa (AW), es decir :

$m = \text{gr. de agua/gr. de muestra seca} \times 100$

Humedad relativa = $AW/100$

El valor de la humedad de la cobertura monomolecular, o sea el valor de humedad de equilibrio que equivale a la adsorción de una molécula de agua en cada uno de los puntos activos del alimento, se calcula para cada muestra, mediante la ecuación lineal de B.E.T., la que se indica a continuación :

$$\frac{AW}{m(1-AW)} = \frac{1}{m_1 c} + \frac{AW(c-1)}{m_1 c}$$

En la que :

AW : Actividad de agua o humedad relativa

m : Humedad de equilibrio en base seca

c : Constante energética relacionada al calor de adsorción de la primera capa de agua.

m_1 : Cobertura o valor monomolecular cuando los puntos activos están cubiertos por una molécula de agua (gr. de agua/gr. de materia seca) x 100.

Por lo tanto graficando los valores $AW/m(1-AW)$ en la ordenada y AW en la absisa, es posible obtener una línea recta en la que el valor obtenido gráficamente, para la pendiente será $c-1/m_1 c$ y

el punto correspondiente a la intersección en la ordenada será $1/m_1c$.

Se tendrá entonces un sistema con dos ecuaciones y dos incógnitas, del cual es posible hallar los valores m_1 y c .

CUADRO N° 13 : Humedades reactivas de varias soluciones saturadas a 25°C. y a 37°C.

Soluciones saturadas	% H.R.	
	25°C.	37°C.
Acido sulfúrico	0.0	0.0
Cloruro de litio	11.0	11.0
Acetato de potasio	23.0	20.4
Cloruro de magnesio	33.0	32.0
Bicromato de sodio	50.0	50.3
Nitrito de sodio	64.0	62.4
Cromato de potasio	87.0	84.0
Agua	100.0	100.0

Fuente : Anales Científicos. U.N.A. (42).

3) Determinación de rendimientos, se efectuó por pesadas en cada una de las operaciones del proceso, para luego expresar el rendimiento en % con respecto a las materias primas iniciales.

d) Análisis microbiológicos

Se realizaron controles microbiológicos con la finalidad de obtener datos que nos permitiera determinar :

- Si existía descomposición del producto por ataque microbiano.
 - La carga microbiana del producto y establecer si ésta es nociva.
- Y de esta manera comprobar las condiciones higiénicas sanitarias - del procesamiento, manipuleo y envasado que se tuvieron presentes durante la elaboración de los productos.

Los análisis se determinaron siguiendo las pautas del CLEIBA (17); y fueron los siguientes :

- 1) Recuento total de microorganismos aerobios mesófilos viables.
- 2) Numeración de coliformes.
- 3) Numeración de coliformes de origen fecal : Escherichia coli.
- 4) Numeración de Bacillus cereus.
- 5) Numeración de hongos y levaduras.
- 6) Detección de Salmonellas.

En el Cuadro N° 14, se detallan los medios de cultivo, los tiempos y temperaturas de incubación utilizados para realizar los análisis microbiológicos.

CUADRO N° 14 : Tipos y características de los análisis microbiológicos realizados en las mezclas alimenticias

Prueba	Medio de Cultivo	Tiempo de Incubación	T° de Incubación
- Rec. total de microor. aer. mes. viables.	PCA	72 + 3 hr.	29 - 31°C.
- Numeración de coliformes	Brila	24 - 48 hr.	35 - 37°C.
	Indol	24 - 48 hr.	42°C.
- Escherichia coli	EMB	24 hr.	37°C.
- Bacillus cereus	MYP	24 hr.	35 - 37°C.
- Hongos y levaduras	OGA	3 - 5 días	20 - 24°C.
- Detección de Salmonellas	BPL	18 - 20 hr.	35 - 37°C.
	BSA	24 hr.	37 - 43°C.
		24 hr.	35 - 37°C.
	DCA	24 hr.	37°C.
		24 hr.	37°C.

Fuente : Propia

Leyenda :

- PCA : Plate count agar.
- Brila : Caldo verde brillante bilis lactosa.
- Indol : caldo triptonado + reactivo de Kovacs.
- EMB : Agar eosin metil blue
- MYP : Agar manitol + yema de huevo + polimixina.
- OGA : Agar oxitetraclín glucosa.
- BPL : Agar verde brillante rojo de fenol lactosa.
- BSA : Bismuto sulfito agar.
- DCA : Desoxicolato citrato agar.

e) Evaluación sensorial

Este análisis evalúa la calidad organoléptica de los productos elaborados a partir de las mezclas precocidas e instantánea, con la finalidad de seleccionar la mejor muestra. El análisis sensorial se realizó en cremas, bebidas y mazamoras; y fueron distribuidos a 12 panelistas entrenados del I.N.D.D.A. de acuerdo al método de Score y al Diseño Experimental Bloque Completo al Azar.

Los atributos a evaluar fueron sabor, olor o aroma, color, consistencia y presencia o no de sabor extraño.

La escala de calificación empleada corresponde a una escala de valores del 1 al 5. Ver en el anexo 3 el modelo de test.

Los datos obtenidos a través de la opinión de los panelistas fueron sometidos a un análisis de variancia para determinar la existencia o no de diferencias significativas entre las muestras, para un nivel de probabilidad de error de 5%. De existir diferencias significativas entre las muestras se procede a efectuar la prueba de TUKEY para así determinar el sentido de esta diferencia.

f) Evaluación biológica

1) Cómputo químico (C.Q.)

Es una medida tanto de la digestibilidad de la proteína como de su valor biológico, que depende de su composición de aminoácidos. La proteína ideal de una dieta es la que tiene una combinación - tipo de aminoácidos que permite la plena utilización de los mismos.

El Cómputo Químico se efectuó de acuerdo al método (A/T) propuesto por el Comité mixto FAO/OMS (22); y es el que mide la proporción en que un alimento o combinación de alimentos (mezclas) proporciona el aminoácido limitante (A_x), en comparación a la Combinación tipo provisoria de aminoácidos (A_t), proporcionado por la FAO/OMS, (Cuadro N° 15).

El aminoácido que muestre el porcentaje menor se denomina aminoácido limitante, y este porcentaje es el cómputo químico; y se expresa según la fórmula siguiente :

$$\text{C.Q.} = \frac{\text{Aminoácido esencial de la mezcla (Ax)}}{\text{Aminoácido patrón FAO standard (At)}} \times 100$$

CUADRO N° 15 : Combinación tipo provisoria de aminoácidos pro --
puesta para determinar el Cómputo Químico

Aminoácidos	DOSIS PROPUESTA		
	g/100 g.de proteína	mg/g. de proteína	mg/g. de nitrógeno
Isoleucina	4.0	40	250
Leucina	7.0	70	440
Lisina	5.5	55	340
Metionina + Cistina	3.5	35	220
Fenilalanina + Tirosina	6.0	60	380
Treonina	4.0	40	250
Triptófano	1.0	10	60
Valina	5.0	50	310
T O T A L	36.0	360	2,250

Fuente : Requerimientos de energía y proteína. FAO/OMS (22).

2) Indice de eficiencia protéica (PER)

Es, entre los ensayos biológicos para evaluar el valor nutritivo de la proteína de los alimentos, uno de los más prácticos y cuyos resultados se consideran de confianza cuando han sido obtenidos bajo condiciones estandarizadas.

Se emplearon para cada dieta, ratas machos recién destetados de una sola cepa, de 22 ± 1 día de edad, raza Holtzman, a razón de 9 a 10, a las que se alimentó con raciones semipurificadas y se les proporcionó agua ad-libitum. Se siguió el procedimiento de Osborne, Mendel y Ferry, citado por Peralta (48).

En adición al grupo control, se mantiene un grupo standard de referencia de ratas alimentadas con una dieta que consiste en la ración basal con caseína al nivel de 10% de proteína. Al final de cuatro semanas se calcula el PER para cada alimento y para la caseína standard de referencia, como sigue :

$$\text{PER} = \frac{\text{Ganancia de peso del animal experimental}}{\text{Proteína consumida}}$$

E. Flujo de Operaciones en estudio para el Procesamiento de Mezclas Alimenticias Precocidas e Instantáneas por el método de Cocción - Extrusión

En el diagrama N° 1, se muestra el flujo de operaciones en estudio para la obtención de mezclas alimenticias precocidas e instantáneas, utilizando el método de Cocción - Extrusión, a base de maíz amarillo (Zea mays L.) variedad Cuban yellow y frijol de palo (Cajanus cajan L.)

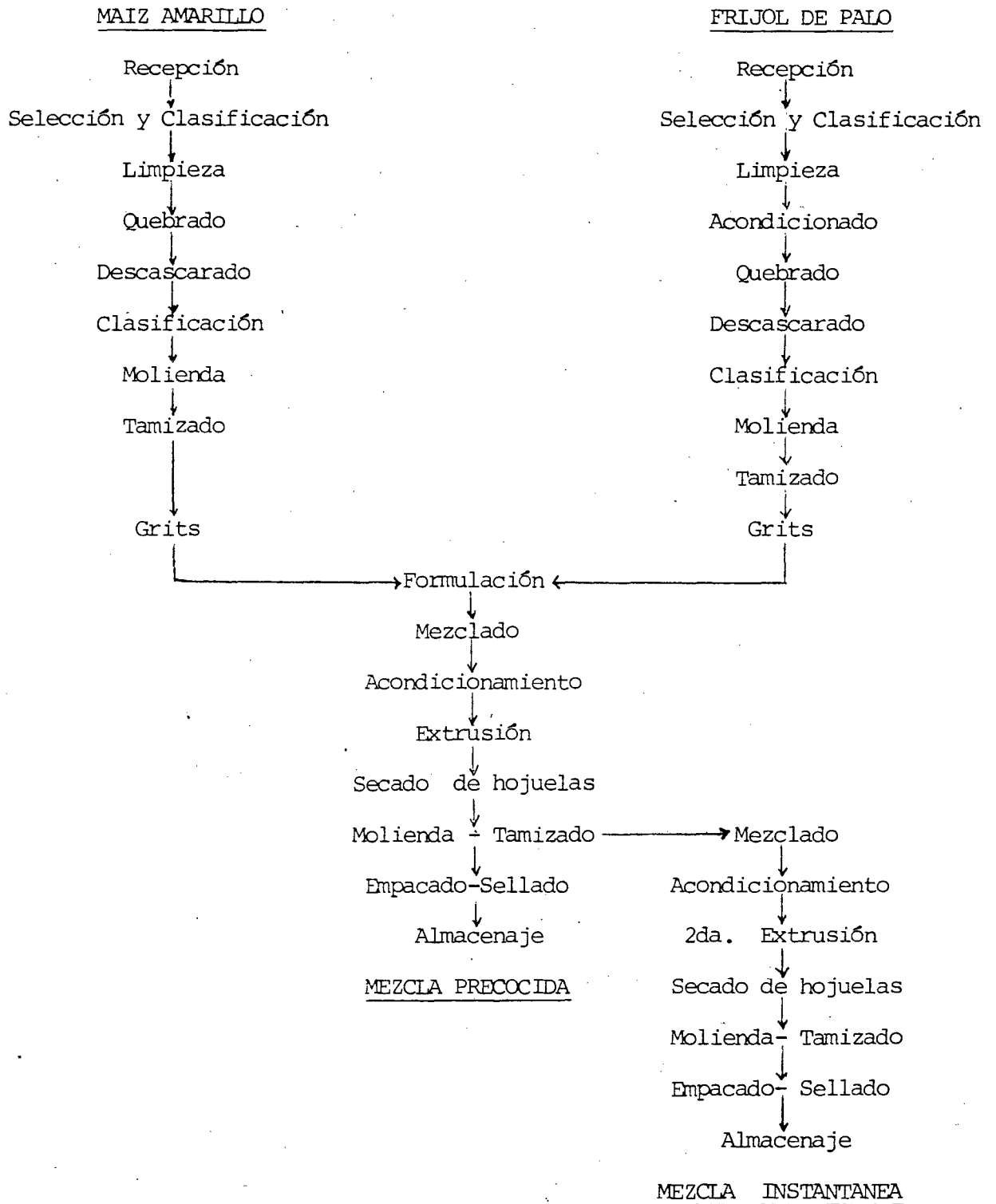


DIAGRAMA N° 1 : Diagrama de Flujo para el procesamiento de mezclas alimenticias precocidas e instantáneas por Cocción - Extrusión

F. Descripción del Proceso

1. Etapa I : Elaboración de harinas crudas o pre-extruídas

a) Harina cruda de maíz amarillo

Esta fase estuvo orientada a obtener una harina semi-integral, libre de cáscara y parte del germen, con la finalidad de tener un producto con menor cantidad de fibra cruda y cenizas; y así mismo evitar la pérdida de nutrientes. Se le dió una molienda con un determinado grado de finura, ya que de esta forma es procesado en el extrusor.

Se utilizó el método por vía seca y las operaciones que se realizaron son :

- Recepción : Se recibió un saco de maíz amarillo de la variedad Cuban yellow, conteniendo un peso bruto de 42 kg.; proveniente de la U.N.A. La Molina, en seguida se depositó en una cámara de almacenaje a la temperatura de 20°C.
- Selección y clasificación : Esta operación se realizó con la finalidad de obtener granos libres de ataques de insectos y hongos, - sin magulladuras y al mismo tiempo se clasificaron por tamaños; - para este efecto se utilizó el clasificador Vac-a-way N° 75; y depósitos de plástico para recibir los granos de maíz que arrojaba el equipo.
- Limpieza : Se procedió a eliminar algunas impurezas presentes en los granos de maíz; estas son primordialmente piedras, polvillo, pajillas, semillas de otros granos y pedazos de coronta que vienen adheridos al grano. Esta operación se realizó en forma manual.

- Quebrado : Los granos de maíz limpios fueron trasladados a un quebrador de granos, que es un molino de rodillos estriados en paralelo, los que se regularon con una separación de 3 m.m., en donde los granos son partidos y triturados hasta obtener grits (alrededor de 1/4 de grano) que facilita la separación de la cáscara y la semilla.
- Descascarado : Los grits de maíz se pasan a través de un descascarador de granos donde inmediatamente son liberados de la cáscara y parte del germen que contienen.
- Clasificación : Se obtuvieron dos productos, seleccionando cada uno de ellos, una de grits y otra de cáscara y germen.
- Molienda : Los grits se sometieron al proceso de molienda, en un molino de rodillos lisos.
- Tamizado : Esta operación tuvo como objetivo separar fracciones de partículas de cáscara que todavía quedaron y se realizó en una malla N° 32, quedando de esta manera constituida la harina cruda de maíz, en forma de grits, listo para ser extruído.

b) Harina cruda de frijol de palo

Esta fase estuvo encaminada a obtener una harina libre de cáscara y del punto negro que podría darle un cierto oscurecimiento, para posteriormente darle una molienda con un determinado grado de finura. Se utilizó el método por vía seca.

Descripción de cada una de las operaciones que se realizaron :

- Recepción : Se recibió un saco de frijol de palo, conteniendo

un peso bruto de 50 kg.; proveniente de la ciudad de Tingo María, en seguida se depositó en una cámara de almacenaje a la temperatura de 20°C.

- Selección y clasificación : Se seleccionaron los granos libres de ataques de insectos y hongos, sin magulladuras y al mismo tiempo se clasificaron por tamaños; igual que en el caso del maíz.
- Limpieza : Esta operación se realizó en forma manual, tratándose en lo posible de aprovechar a nivel experimental sólo aquellos frijoles que presentaban buena conformación, libre de daños mecánicos, piedras, pajillas y polvillos.
- Acondicionado : Los granos de frijol limpios se sometieron a un golpe de calor o deshidratado, empleando el método de deshidratación por circulación de aire caliente, con la finalidad de obtener un producto con un porcentaje de humedad final, que haga viable posteriormente el descascarado con mayor eficiencia. Se realizó durante un tiempo de seis horas a una temperatura de 70°C.
- Quebrado : Los granos de frijol una vez deshidratados y en caliente se pasan por un quebrador de granos que en este caso es un molino de rodillos estriados en paralelo, regulándose igual que en el caso del maíz. La finalidad fue quebrar los granos en caliente después del acondicionamiento, para facilitar la separación de la cáscara y el endospermo.
- Descascarado : Los frijoles triturados se pasan a través de un descascarador, que mediante el sistema de ventilación se eliminan las cáscaras y los puntos negros de los granos.

- Clasificación : Del descascarado se obtuvieron dos productos, una de grits y otra de cáscara y puntos negros.
- Molienda : Igual que en el caso del maíz.
- Tamizado : Igual que en el caso del maíz.

2. Etapa II : Formulación de las mezclas

Con la finalidad de obtener formulaciones de mezclas que sirvan de complemento alimenticio a la alimentación cotidiana, es necesario buscar nuevas fuentes alimenticias de alto valor nutricional, de fácil modificación y bajo costo. En este caso se utilizó el maíz amarillo y el frijol de palo y se formularon con el propósito de encontrar el mejor balance posible de aminoácidos esenciales en las mezclas; así como el nivel de proteína deseado.

El proceso de mezcla en proporciones adecuadas del maíz amarillo y el frijol de palo, en forma de harinas crudas se efectuó a través de los pasos siguientes :

a) Balance de proteínas

Se utilizó el método que normalmente se emplea para la formulación de mezclas nutritivas, mencionado por Vargas (54).

- Se determina en cada materia prima el contenido de proteínas y el contenido de aminoácidos esenciales existentes en 100 gr. de la proteína; mediante aminogramas, reportados por la FAO (23), tal como se puede observar en el Cuadro N° 16.

CUADRO N° 16 : Contenido de Proteínas y Aminoácidos Esenciales del
Maíz amarillo (Zea mays L.) y frijol de palo (Cajanus
cajan L.)

AMINOACIDOS	A L I M E N T O S			
	Maíz amarillo (1)		Frijol de palo (1)	
	% de proteína 9.5		% de proteína 20.9	
	mg. AA.en 9.5 g. de prot. (2)	g. AA. en 100 g. de prot. (3)	mg.AA. en 20.9 g.de prot. (2)	g. AA. en 100 g. de prot. (3)
Isoleucina	350	3.7	648	3.1
Leucina	1,190	12.5	1,316	6.3
Lisina	254	2.7	1,607	7.7
Metionina + Cistina	329	3.5	311	1.5
Fenilalanina + Tirosina	827	8.7	2,148	10.3
Treonina	342	3.6	608	2.9
Triptófano	67	0.7	117	0.6
Valina	461	4.9	751	3.6
T O T A L	3,820	40.3	7,506	36.0

Fuente : (1) FAO. Contenido de aminoácidos de los alimentos y datos biológicos sobre las proteínas (23).

(2) Miligramos de aminoácidos esenciales en la proteína contenida en 100 g. de alimento.

(3) Gramos de aminoácidos esenciales contenido en 100 g. de proteína.

- Se calculan aminogramas teóricos en diferentes combinaciones de las proteínas del maíz amarillo y frijol de palo. Para este cálculo se hicieron 51 combinaciones de proteínas de las mezclas que fueron de 100 a 0% con un rango de variación de 2%; en el Cuadro N° 29 de resultados, se presenta la valoración del contenido de aminoácidos en combinaciones de proteínas de las mezclas, comparadas con la combinación tipo de aminoácidos propuesta por la FAO, con la finalidad de fijar el porcentaje de cobertura para las mezclas.
- Se seleccionan por comparación con la referencia propuesta por la FAO, las combinaciones "ideales" que presenten el mejor aminograma, estableciéndose el cómputo químico, el cual está directamente relacionado con los valores de las proteínas netas utilizables standards (NPU_{st}) en virtud a esto se tiene que el verdadero valor del cómputo químico es 68.00% para el triptófano que corresponde a una mezcla de 74% de maíz amarillo y 26% de frijol de palo; en el presente estudio no se tomó la mezcla con el verdadero cómputo químico; sino que se ha preferido elegir otras mezclas como son las que tienen cómputos químicos de 65.00% y 62.28% respectivamente, siendo una deficiente en triptófano y la otra deficiente en aminoácidos azufrados : metionina y cistina , se seleccionaron estas dos mezclas que presentaron deficiencia en diferentes aminoácidos, para evaluar la calidad protéica y ver cual de ellas tiene mejor eficiencia y calidad de proteínas; tal como se reporta en el Cuadro N° -30 de resultados.

b) Balance de harinas crudas

Conociendo las combinaciones "ideales" de proteínas de maíz amarillo y frijol de palo que dan el mejor cómputo químico, es posible determinar las relaciones en peso de ambos materiales para realizar las mezclas de harinas crudas que deberán ser extruídas. En este caso se convirtieron los datos para las mezclas alimenticias seleccionadas, que estaban expresadas en términos de proteínas, en 100 gramos de mezcla protéica, a cantidad de cada alimento para obtener 100 gramos de mezcla. En el Cuadro N° 31 de resultados, se demuestra este cálculo para las dos mezclas seleccionadas.

Luego de efectuar las relaciones en peso del maíz amarillo y frijol de palo en las mezclas, se determina la composición químico-bromatológica teórica porcentual en cada una de ellas, como se puede observar en el Cuadro N° 17.

CUADRO N° 17 : Composición Química Bromatológica Teórica 1/ de las mezclas alimenticias seleccionadas 2/ en base a porcentaje de materias primas: Maíz amarillo - Frijol de Palo

Componentes	I	II
<u>Componentes mayores (g.)</u>		
Calorías (cal.)	327	332
Agua	15.40	13.90
Proteínas	11.00	13.10
Extracto etereo	1.18	1.24
Carbohidratos	68.50	67.80
Fibra	4.80	5.70
Cenizas	1.90	2.40
<u>Minerales (mg.)</u>		
Calcio	34.00	57.00
Fósforo	298.00	324.00
Hierro	2.01	2.26
<u>Vitaminas (mg.)</u>		
Caroteno (A)	0.015	0.011
Tiamina (B ₁)	0.44	0.55
Riboflavina (B ₂)	0.18	0.20
Niacina	3.17	3.13
Acido ascorbico reduc. (C)	1.71	2.53

1/ Composición centesimal obtenidos en base a los valores de los Cuadros N° 3 y 6.

2/ Mezclas seleccionadas en base al Cuadro N° 29 de resultados.

3. Etapa III : Cocción - Extrusión de las mezclas

A esta etapa le corresponden las operaciones de mezclado, acondicionamiento y extrusión, las que se muestran en forma esquemática en el Diagrama N° 1.

Para esto, se utilizaron las harinas crudas de maíz amarillo y frijol de palo, obtenidas en la etapa de pre-extrusión, mezcladas en proporciones óptimas las cuales han sido seleccionadas y definidas en la etapa de formulación.

La descripción de cada una de las operaciones que se realizaron es :

a) Mezclado

Se mezcla la harina cruda de maíz amarillo con la de frijol de palo en las proporciones correspondientes, determinadas con anterioridad (74/26, 74% de maíz amarillo, 26% de frijol de palo; 53/47, 53% de maíz amarillo y 47% de frijol de palo); esta operación se realizó en el mezclador cilíndrico horizontal.

b) Acondicionamiento

Se refiere a la adición de agua a las mezclas crudas, para ajustar las humedades de trabajo, y obtener mezclas apropiadas para ser extruídas; ya que inicialmente el maíz amarillo y frijol de palo en forma de harinas crudas tenían humedades de 10.1 y 7.7% respectivamente.

Se realizaron pruebas con humedades diversas, con la finalidad de encontrar los parámetros más adecuados, en lo posible que dieran mezclas con buenas características de extrusión.

1) Cálculo para determinar la cantidad real de agua a agregar a la mezcla

El agua a adicionar se calculó mediante la siguiente relación :

$$X = \frac{F (H_s - H_f) + M (H_s - H_m)}{100 - H_s}$$

En la cual :

X = Agua a añadir (ml.)

H_s = Humedad en la suspensión final (%)

H_f = Humedad en el frijol de palo (%)

H_m = Humedad en el maíz amarillo (%)

F = Peso de frijol de palo crudo (kg.)

M = Peso de maíz amarillo crudo (kg.)

En el Cuadro N° 18 se presenta el porcentaje de humedad inicial de las harinas crudas, las humedades de las mezclas a ser extruídas, la cantidad de mezcla a procesar y el volúmen de agua a adicionar en la suspensión formada con cada mezcla.

c) Extrusión

Esta es la etapa básica del proceso, en la que se alimenta el extru sor con la mezcla determinada, lista y previamente acondicionada con agua. Allí alcanza altas temperaturas debido a la acción mecánica que se ejerce sobre las mezclas, originada por la resistencia de corte y la tracción que se presenta dentro del barril del Cocinador-Extrusor al girar el tornillo del mismo. Las mezclas extruídas tienen la apariencia de hojuelas o pellets.

CUADRO N° 18 : Acondicionamiento de las mezclas

Ensayo N°	Mezcla	Humedad de las H.crudas (%)	Humedad de la mezcla (%)	Cantidad de mezcla (kg.)	Cantidad de agua (ml.)
1	M.A. (74%) F.P. (26%)	10.1 7.7	17	10	907
2	M.A. (74%) F.P. (26%)	10.1 7.7	19	10	1,176
3	M.A. (74%) F.P. (26%)	10.1 7.7	21	10	1,459
4	M.A. (74%) F.P. (26%)	10.1 7.7	23	10	1,756
5	M.A. (74%) F.P. (26%)	10.1 7.7	25	10	2,070
6	M.A. (53%) F.P. (47%)	10.1 7.7	17	10	967
7	M.A. (53%) F.P. (47%)	10.1 7.7	19	10	1,238
8	M.A. (53%) F.P. (47%)	10.1 7.7	21	10	1,523
9	M.A. (53%) F.P. (47%)	10.1 7.7	23	10	1,849
10	M.A. (53%) F.P. (47%)	10.1 7.7	25	10	2,137

Para este efecto, a las dos mezclas seleccionadas se les somete a la extrusión para obtener las mezclas precocidas I y II respectivamente; y solamente a la mezcla II se le vuelve a pasar por el extrusor para obtener la mezcla instantánea, llamándola II_b.

Para realizar la segunda extrusión después de secar las hojuelas, - moler y tamizar, nuevamente se vuelven a mezclar y a acondicionar, para uniformizar la mezcla, tal como se puede observar en el Diagrama N° 1.

En virtud a esto se tienen tres mezclas : I, II_a y II_b, siendo I y II_a precocidas; y II_b instantánea.

Se seleccionó la mezcla II para obtener la mezcla instantánea, por ser la que tiene mejor composición química-bromatológica, de acuerdo a los cálculos teóricos efectuados en el Cuadro N° 17.

Con el fin de establecer el flujo y las condiciones mas convenientes para la extrusión y poder obtener mezclas precocidas e instantánea de características adecuadas se realizaron diversos ensayos con las mezclas de harinas crudas de maíz amarillo y frijol de palo.

1) Parámetros y variables utilizados en los ensayos preliminares

Previamente se hicieron ensayos tentativos para el proceso de cocción - extrusión de las mezclas; para lo cual se establecieron parámetros basados en las experiencias previas de los Técnicos del I.N.D.D.A. y en referencias obtenidas de bibliografía.

Las variables seleccionadas a analizar fueron : La humedad, temperatura y flujo de alimentación en la extrusión. Como variable

respuestas se fijaron : La temperatura de extrusión, la humedad y el grado de gelatinización.

Se determinó el comportamiento de los niveles máximo y mínimo de humedad, temperatura y flujo de alimentación en la extrusión.

A cada muestra obtenida de los ensayos tentativos realizados se le efectuó análisis del grado de gelatinización del almidón, el cual sirvió como índice para determinar la eficiencia de la configuración del extrusor usada.

En base a estas condiciones y a los resultados primarios obtenidos se establecieron las características del experimento, los cuales no responden a un diseño experimental formal, sino que se basaron con un criterio lógico de acuerdo a las circunstancias.- En el Cuadro N° 19 se muestran los ensayos tentativos realizados.

2) Parámetros y variables definitivas

De los resultados obtenidos en los ensayos preliminares se pasó a trabajar en los ensayos definitivos. Se decidió utilizar una configuración intermedia del extrusor, la que no produjera condiciones muy rígidas de operación.

Tomando como base lo observado en los ensayos preliminares, en el Cuadro N° 20, se muestra los ensayos definitivos de extrusión realizados.

CUADRO N° 19 : Ensayos tentativos de las mezclas

Ensayo N°	Mezcla	Humedad de la mezcla (%)	Temperatura °C.	Flujo de ali- mentación g./min.
1	M.A. (74%) F.P. (26%)	17	99.0	1,200
2	M.A. (74%) F.P. (26%)	19	104.4	1,800
3	M.A. (74%) F.P. (26%)	21	110.0	2,200
4	M.A. (74%) F.P. (26%)	23	115.5	2,400
5	M.A. (74%) F.P. (26%)	25	121.1	2,600
6	M.A. (53%) F.P. (47%)	17	99.0	1,200
7	M.A. (53%) F.P. (47%)	19	104.4	1,800
8	M.A. (53%) F.P. (47%)	21	110.0	2,200
9	M.A. (53%) F.P. (47%)	23	115.5	2,400
10	M.A. (53%) F.P. (47%)	25	121.1	2,600

CUADRO N° 20 : Ensayos definitivos de extrusión de las mezclas

Ensayo N°	Mezcla	Humedad de la mezcla (%)	Temperatura °C.	Flujo de ali- mentación g./min.
1	M.A. (74%) F.P. (26%)	19	104.4	1,800
2	M.A. (74%) F.P. (26%)	21	110.0	2,200
3	M.A. (74%) F.P. (26%)	23	115.5	2,400
4	M.A. (53%) F.P. (47%)	19	104.4	1,800
5	M.A. (53%) F.P. (47%)	21	110.0	2,200
6	M.A. (53%) F.P. (47%)	23	115.5	2,400

4. Etapa IV : Post - Extrusión de las mezclas

Para obtener las mezclas precocidas e instantánea I, II_a y II_b de maíz amarillo y frijol de palo se llevaron a cabo las siguientes operaciones :

a) Secado de Hojuelas

Los productos extruídos (hojuelas o pellets) fueron secados en un deshidratador por circulación de aire caliente, a una temperatura de 45°C. por un tiempo de 2 horas; con el fin de disminuirles la humedad a un nivel de 7 - 9% y de esta manera favorecer el almacenamiento, lo cual fue determinado en una estufa termováscula.

b) Molienda y Tamizado

Los productos extruídos y secos fueron sometidos a una etapa de molienda, utilizando en primer lugar el molino de martillos, para luego darle el acabado final con un molino de pines "Mini-Kek". Luego fueron tamizados con la finalidad de obtener muestras de mezclas alimenticias refinadas para su posterior aplicación y análisis de porcentaje de gránulos en cada rango de tamaño, módulo de finura e índice de uniformidad.

En el Cuadro N° 21 se muestra las diferentes denominaciones de los tamices utilizados, así como el factor de corrección y terminologías usadas para cada tamaño de partículas.

c) Empacado y Sellado

Los productos finales fueron empacados en bolsas de polietileno y sellados en una selladora de bolsas al vacío; para posteriormente ser almacenados.

d) Almacenaje

Las bolsas de polietileno conteniendo las mezclas alimenticias precocidas e instantánea, fueron depositadas en jabs de plástico herméticamente cerradas y puestas en la cámara de almacenaje, para ser utilizadas en tratamientos posteriores y realizar los análisis químicos proximales, bromatológicos, físico-químicos, microbiológicos, sensoriales y biológicos.

CUADRO N° 21 : Tamices utilizados para seleccionar el tamaño de las partículas de las mezclas alimenticias

Tamiz N°	Abertura de malla m.m.	Factor para M.F. <u>1/</u>	Denominación
32	0.487	6	Afrecho
45	0.354	5	Afrechillo
60	0.250	4	Sémola
6xx	0.230	3	Semolina
10xx	0.125	2	Moyuelo
15xx	0.075	1	Harina
Plato	-	0	Harina

1/ Módulo de finura.

G. Pruebas de Aplicación Experimental

Se realizaron ensayos de aplicación para comprobar el comportamiento de las mezclas alimenticias extruídas elaboradas a base de maíz amarillo y frijol de palo. Para este efecto se hicieron pruebas de dilución de las mezclas con agua para determinar la cantidad adecuada de agua a agregar a las preparaciones.

Es importante mencionar que la dilución de estas mezclas no es muy difícil; y los grumos se diluyen con movimientos manuales. La dilución de harina (mezcla) : agua es fácil, de rápida absorción.

Teniendo en cuenta las formas tradicionales de consumo de las mezclas, se determinó la preparación de alimentos caseros, empleando las mezclas ali-

menticias en la elaboración de platos tipo : crema, bebida y mazamorra. A todas se les sometió a un panel de degustación. Los productos fueron preparados con las tres muestras de las mezclas precocidas e instantánea, I, II_a y II_b; los ingredientes que se utilizaron se mencionaron en la parte de insumos y las formulaciones respectivas se muestran en los Anexos 4, 5 y 6 respectivamente.

IV. RESULTADOS

A. De la Caracterización de las Materias Primas

1. Composición Química Proximal

En el Cuadro N° 22, se muestran los resultados de los análisis que se efectuaron en el maíz amarillo y el frijol de palo; donde se observa que el frijol de palo tiene un mayor contenido de proteínas (18.72%), en comparación con el maíz amarillo (9.53%); y este a su vez tiene un mayor contenido de carbohidratos (73.26%), en comparación con el frijol de palo (57.47%).

CUADRO N° 22 : Composición química proximal del maíz amarillo y el frijol de palo

Componentes	Maíz amarillo (%)	Frijol de Palo (%)
Humedad	10.50	11.50
Proteínas	9.53	18.72
Extracto etereo	3.22	1.77
Carbohidratos	73.26	57.47
Fibra	1.59	6.74
Cenizas	1.90	3.80
Calorías (Cal.)	360.14	320.69

2. Análisis Bromatológicos

Los análisis de calcio, fósforo, y hierro del maíz amarillo y el frijol de palo, se pueden apreciar en el Cuadro N° 23.

CUADRO N° 23 : Análisis bromatológicos del maíz amarillo y el frijol de palo

Componentes	Maíz amarillo (mg./100g.)	Frijol de palo (mg./100 g.)
Calcio	62.00	120.00
Fósforo	318.03	585.48
Hierro	4.33	5.45

3. Análisis Físico - Químicos

En el Cuadro N° 24, se dan a conocer los valores de acidez expresados en ácido sulfúrico y pH del maíz amarillo y el frijol de palo.

CUADRO N° 24 : Análisis físico - químicos del maíz amarillo y el frijol de palo

Análisis	Maíz amarillo	Frijol de Palo
Acidez (%H ₂ SO ₄)	0.21	0.31
pH	6.20	6.25

B. De la Elaboración de Harinas Crudas o Pre-Extruidas

Las harinas crudas de maíz amarillo y frijol de palo se elaboraron mediante el flujo de operaciones que se planteó en el Diagrama N°1.

Se hicieron evaluaciones de las harinas crudas con la finalidad de comparar y averiguar la influencia que pudiera tener el comportamiento aislado de cada harina en las mezclas elaboradas precocidas e instantánea.

1. Control Químico Proximal

En el Cuadro N° 25, se aprecia los resultados de los análisis químico proximal de las harinas crudas de maíz amarillo y frijol de palo.

CUADRO N° 25 : Análisis químico proximal de las harinas crudas de maíz amarillo y frijol de palo

Componentes	Harina cruda de maíz amarillo (%)	Harina cruda de frijol de palo (%)
Humedad	10.10	7.70
Proteínas	11.03	21.35
Extracto etereo	2.39	1.60
Carbohidratos	73.26	62.53
Fibra	1.12	3.12
Cenizas	2.10	3.70
Calorías (Cal.)	358.67	349.92

Nótese que hay un incremento en el contenido de proteínas en las harinas crudas de maíz amarillo y frijol de palo; y una disminución en el contenido de humedad, grasa y fibra en comparación con las materias primas iniciales, cuya composición se encuentra en el Cuadro N° 22.

2. Controles bromatológicos

En el Cuadro N° 26, se dan los resultados de los controles bromatológicos de las harinas crudas de maíz amarillo y frijol de palo. Se aprecia que las cantidades de calcio, fósforo y hierro son superiores en las harinas crudas en comparación con los granos de maíz amarillo y

frijol de palo originales; así mismo el contenido de almidón es elevado en ambos casos.

CUADRO N° 26 : Controles bromatológicos de las harinas crudas de maíz amarillo y frijol de palo

Componentes	Harina cruda de maíz amarillo	Harina cruda de frijol de palo
Calcio mg./100 g.	109.00	181.00
Fósforo mg./100 g.	160.56	299.28
Hierro mg./100 g.	6.24	10.75
Azúcares reductores %	1.29	4.14
Azúcares totales %	2.89	4.11
Almidones %	69.08	54.28

3. Controles Físico - Químicos

Los controles físico - químicos de las harinas crudas de maíz amarillo y frijol de palo, se muestran en el Cuadro N° 27. Se observa que la acidez de las harinas crudas es menor que en las materias primas; y ambas presentan un pH similar, con respecto al índice de proteínas dispersables el contenido es elevado en ambos casos.

CUADRO N° 27 : Controles físico - químicos de las harinas crudas de maíz amarillo y frijol de palo

Análisis	Harina cruda de maíz amarillo	Harina cruda de frijol de palo
Acidez (%H ₂ SO ₄)	0.181	0.240
pH	6.18	6.22
Índice proteínas dis. %	35.36	39.51
Actividad ureásica %	1.40	2.33
Grado de gelatinización %	15.83	18.33
Índice de absorción g. gel/100 g.	2.81	3.36
Índice de solubilidad g.sol. solub./100 g.	10.30	13.49

C. De la formulación de las mezclas

El propósito de combinar la harina de maíz amarillo con la de frijol de palo, ha sido lograr el mejor balance posible en el contenido de aminoácidos esenciales, así como el óptimo nivel proteína.

El procedimiento usado para la formulación de las mezclas alimenticias ha sido la técnica del cálculo matemático, fundamentado en el balance de aminoácidos esenciales contenidos en las proteínas del maíz amarillo y frijol de palo; con el propósito de obtener cifras semejantes o proximales a los de la composición de la proteína de referencia propuesta por el Comité Mixto FAO/OMS.

Como ya se tenía el contenido de proteínas de acuerdo a la composición -

química proximal del maíz amarillo y el frijol de palo, mostrada en el Cuadro N° 22; se realizó los aminogramas respectivos en base al Cuadro N° 16 de materiales y métodos; tal como se puede observar en el Cuadro N° 28.

En el Cuadro N° 29 se presenta la valoración del contenido de aminoácidos en 51 combinaciones de proteínas de las mezclas de maíz amarillo y frijol de palo, comparadas con la referencia propuesta por la FAO y se fija el porcentaje de cobertura para cada mezcla.

En el Cuadro N° 30 se reporta que el mejor resultado se obtuvo al seleccionar una mezcla deficiente en triptófano donde interviene el maíz en un mayor porcentaje; y la otra deficiente en metionina y cistina donde el frijol de palo tiene la mayor proporción de mezcla; estas dos mezclas fueron seleccionadas en base al cuadro anterior.

Como se observó, una combinación de ambas proteínas en forma conveniente originó otras de mejor balance respecto al patrón FAO/OMS, que cuando están en forma aislada.

Luego se efectúa las relaciones en peso de maíz amarillo y frijol de palo para realizar las mezclas de harinas crudas que deben ser extruídas; en el Cuadro N° 31 se demuestra este cálculo para las dos mezclas seleccionadas.

CUADRO N° 28 : Aminogramas del Maíz amarillo (Zea mays L.) y frijo de palo (Cajanus cajan L.)

Aminoácidos	A L I M		E N T O S	
	Maíz amarillo (1)		Frijol de palo (1)	
	% de proteína 9.53		% de proteína 18.72	
	mg.A.A. en 9.53 g. de prot. (2)	g.A.A.en 100 g. de prot. (3)	mg.A.A. en 18.72 g.de prot. (2)	g.A.A.en 100 g.de prote. (3)
Isoleucina	351	3.7	580	3.1
Leucina	1,194	12.5	1,179	6.3
Lisina	255	2.7	1,439	7.7
Metionina + Cistina	330	3.5	279	1.5
Fenilalanina + Tirosina	830	8.7	1,924	10.3
Treonina	343	3.6	545	2.9
Triptófano	67	0.7	105	0.6
Valina	462	4.9	673	3.6
Total	3,832	40.3	6,724	36.0

CUADRO N° 30 : Contenido de Aminoácidos Esenciales 1/ de las mezclas ali-
menticias seleccionadas 2/.

Componentes	MEZCLAS SELECCIONADAS	
	I	II
Isoleucina	3.43	3.31
Leucina	9.77	8.41
Lisina	4.90	6.00
Metionina + Cistina	2.62	2.18
Fenilalanina + Tirosina	9.40	9.76
Treonina	3.30	3.13
Triptófano	0.65	0.64
Valina	4.32	4.05
Cómputo Químico (%) <u>3/</u>	65.00	62.28
Aminoácido limitante <u>3/</u>	Triptófano	Metionina + Cistina

1/ Aminoácidos expresados en g./100 g. de proteína

2/ Mezclas seleccionadas en Base al Cuadro N° 29

3/ Calculado en base a la fórmula de FAO/OMS (22).

CUADRO N° 31 : Conversión de Proteínas Gramos a Alimentos Gramos en las mezclas alimenticias seleccionadas de : maíz amarillo - frijol de palo

Mezclas Seleccionadas	g. Prot. en 100 g. de alimento	g. Prot. en 100 g. de mezcla proteínica	g. de Alimento	g. alim. en 100 g. de mezcla
I. Maíz amarillo	9.53	56	589	74
Frijol de palo	18.72	44	210	26
II. Maíz amarillo	9.53	34	358	53
Frijol de palo	18.72	66	316	47

D. De la cocción - extrusión de las mezclas

1. Ensayos preliminares de extrusión

Durante esta etapa se ensayó un método, el cual medía propiedades físicas en las harinas, este es el grado de gelatinización, ya que es una manifestación del tratamiento térmico, mediante el cual el almidón se gelatiniza y se convierte en una sustancia capaz de ser disuelta por las enzimas presentes en el sistema digestivo. Los resultados de esta evaluación nos permitió seleccionar las condiciones de procesamiento. Se realizaron cinco ensayos para cada mezcla alimenticia, con la finalidad de determinar las condiciones de cocción-extrusión, cuyos resultados se presentan en el Cuadro N° 32; en el se aprecian diferentes porcentajes de humedad, temperatura, y flujo de alimentación en la extrusión; así como también la humedad, grado de gelatinización y características del producto extruído para cada ensayo; como se puede observar, las mejores características del producto extruído, así como un buen grado de gelatinización se obtuvo a una humedad de 23%, temperatura de 115.5°C y flujo de alimentación de 2,400 g./min.

CUADRO N° 32 : Cocción - Extrusión en los Ensayos Preliminares

Ensayo N°	Mezcla	Humedad de la mezcla (%)	Temperatura (°C)	Flujo de alimentación. (g./min.)	Humedad del producto extruído (%)	Grado de gelatinización (%)	Características del producto extruído
1	I	17	99.0	1,200	9.2	45.83	Hojuelas pequeñas y quemadas, muy duras, polvo; se obstruye el extrusor. Rotura difícil.
2	I	19	104.4	1,800	9.8	52.73	Hojuelas en forma de láminas - grandes, ligeramente quemadas, rotura algo difícil, estructura medianamente esponjosa.
3	I	21	110.0	2,200	10.1	62.33	Hojuelas en láminas grandes de color amarillo uniforme, fracturable, estructura esponjosa.
4	I	23	115.5	2,400	10.3	70.28	Hojuelas en láminas grandes de color amarillo, textura uniforme estructura bastante esponjosa, - bastante fracturable; y rotura - fácil.
5	I	25	121.1	2,600	10.4	70.12	Hojuelas en láminas pequeñas, algo quemadas, poco fracturable, - rotura algo difícil, se obstruye el extrusor.
6	II	17	99.0	1,200	9.1	44.96	Hojuelas pequeñas y quemadas, muy duras, polvo; se obstruye el extrusor, rotura difícil.

Ensayo N°	Mezcla	Humedad de la mezcla (%)	Temperatura (°C)	Flujo de alimenta- ción. (g./min.)	Humedad del pro- ducto ex- truído (%)	Grado de gelatini- zación (%)	Características del producto extruído
7	II	19	104.0	1,800	9.9	52.12	Hojuelas en forma de láminas , grandes, ligeramente quemadas, rotura algo difícil, estructu- ra medianamente esponjosa.
8	II	21	110.0	2,200	10.2	62.76	Hojuelas en láminas grandes, - de color amarillo uniforme, - fracturable, estructura espon- josa.
9	II	23	115.5	2,400	10.3	70.32	Hojuelas en láminas grandes, - de color amarillo, textura uni- forme, estructura bastante - fracturable y rotura fácil.
10	II	25	121.1	2,600	10.5	70.21	Hojuelas en láminas pequeñas , algo quemadas, poco fractura- ble, rotura algo difícil, se obstruye el extrusor.

Del mismo modo, se hicieron pruebas para determinar la distancia más favorable entre la abertura del cono y el barril del cocinador-extrusor, como se puede apreciar en el Cuadro N° 33, siendo mas favorable - para las mezclas que fueron extruídas a 2 y 3 vueltas de manubrio, que corresponde a una abertura de cono de 0.90 y 1.40 m.m. respectivamente.

CUADRO N° 33 : Pruebas de extrusión con el Cocinador Extrusor

Vueltas de manubrio	Abertura de cono m.m.	Peso de mezcla Kg.	Tiempo min.	Características del producto extruído
1	0.40	10	7	Se obstruye el extrusor, hojuelas pequeñas y quemadas; muy duras.
2	0.90	10	7	Hojuelas en forma de láminas grandes, de color uniforme, fracturable. Rotura fácil.
3	1.40	10	7	Hojuelas en láminas grandes, de color uniforme, fracturable, rotura fácil.
4	1.90	10	7	Hojuelas en láminas grandes y pequeñas, algo húmedas en los bordes, rotura algo difícil; poco fracturable.
5	2.40	10	7	Hojuelas en láminas pequeñas, húmedas en los bordes, rotura difícil, poco fracturable.

2. Ensayos definitivos de extrusión

Por los resultados obtenidos en los ensayos preliminares, se tuvo que utilizar una configuración intermedia del extrusor, para no ocasionar obstrucción del mismo por poco calentamiento o por sobre calentamiento

ni poca modificación del almidón de las mezclas; ya que con esta configuración, el esfuerzo a que fue sometido el producto al pasar por el extrusor, no fue máximo ni mínimo.

En el Cuadro N° 34, se reportan los resultados en las pruebas definitivas. Se ensayó tres humedades, tres temperaturas y tres flujos de alimentación para cada mezcla, siendo en ambas, el último ensayo el que obtiene las mejores características del proceso, al obtener el mayor grado de gelatinización y las más deseables características del producto extruído.

Así mismo, para medir el efecto del tratamiento térmico respecto a las propiedades químicas de las harinas; en las pruebas definitivas se utilizó la prueba de la ureasa, mediante el Índice de actividad ureásica, ya que este es un indicador adecuado para los tratamientos térmicos en la eliminación de las sustancias antinutricionales como son inhibidores de las enzimas, tales como la lipooxigenasa, saponinas, tripsina y quimotripsina, los cuales son destruídos por el calor.

En el Cuadro N° 35, se muestran los índices de actividad ureásica en cada mezcla; donde se observa que con las condiciones del proceso antes mencionado, se obtiene la menor actividad ureásica.

CUADRO N° 34 : Cocción - Extrusión en los Ensayos Definitivos

Ensayo N°	Mezcla	Humedad de la mezcla (%)	Temperatura (°C)	Flujo de alimentación (g./min.)	Humedad del producto extruído (%)	Grado de gelatinización (%)	Características del producto extruído
1	I	19	104.4	1,800	9.8	52.96	Hojuelas en láminas grandes, ligeramente quemadas, en los bordes, rotura algo difícil, estructura medianamente esponjosa.
2	I	21	110.0	2,200	10.2	62.55	Hojuelas en láminas grandes, de color amarillo uniforme, fracturable estructura esponjosa.
3	I	23	115.5	2,400	10.4	70.37	Hojuelas en láminas grandes, de color amarillo, textura uniforme estructura bastante esponjosa, - bastante fracturable y rotura fácil.
4	II	19	104.4	1,800	9.7	52.57	Hojuelas en láminas grandes, ligeramente quemadas en los bordes rotura algo difícil, estructura medianamente esponjosa.
5	II	21	110.0	2,200	10.1	62.58	Hojuelas en láminas grandes, de color amarillo uniforme, fracturable, estructura esponjosa.
6	II	23	115.5	2,400	10.3	70.29	Hojuelas en láminas grandes, de color amarillo, textura uniforme estructura bastante esponjosa, - bastante fracturable y rotura fácil.

CUADRO N° 35 : Efecto del tratamiento térmico en la actividad de la ureasa

Mezcla	Tratamientos en el extrusor	Tiempo de exposición (min.)	Temperatura °C	Tipo de Mezcla	Actividad ureásica
I	1	7	104.4	Precocida	0.07
I	1	7	110.0	Precocida	0.06
I	1	7	115.5	Precocida	0.04
II _a	1	7	104.4	Precocida	0.06
II _a	1	7	110.0	Precocida	0.05
II _a	1	7	115.5	Precocida	0.03
II _b	2	14	104.4	Instantánea	0.03
II _b	2	14	110.0	Instantánea	0.02
II _b	2	14	115.5	Instantánea	0.01

E. De la post-extrusión de las mezclas

Las hojuelas extruídas precocidas e instantánea fueron secadas con el fin de disminuir la humedad a un nivel de 7 - 9% y de esta manera favorecer su posterior almacenamiento; se llevó a cabo en un deshidratador por circulación de aire caliente, a una temperatura de 45°C durante un tiempo de dos horas; luego fueron sometidos a molienda y tamizado simultáneamente, hasta lograr un grado de finura apropiado, se realizó en un molino de martillos y de pines; y en tamices de varios números. Posteriormente fueron empacados, sellados y almacenados; quedando constituidos de esta manera las mezclas precocidas I y II_a y la mezcla instantánea II_b.

F. De la evaluación de los productos finales

1. Composición química proximal

En el Cuadro N° 36, se da a conocer el resultado del análisis químico proximal, practicado en las mezclas precocidas I y II_a e instantánea II_b. Las tres mezclas presentan un bajo contenido de humedad, fluctuando entre 7.30 y 8.70% del mismo modo presentan un buen contenido protéico, siendo mayor en la mezcla instantánea II_b (17.72%).

CUADRO N° 36 : Composición química proximal de las formulaciones de mezclas de maíz amarillo - frijol de palo precocidas e instantánea.

Fórmulas	I	II _a	II _b
Componentes	Mezcla Precocida	Mezcla Precocida	Mezcla Instantánea
Humedad %	8.70	7.40	7.30
Proteínas %	14.25	15.63	17.72
Extracto etereo %	3.60	2.16	4.55
Carbohidratos	68.42	69.28	65.09
Fibra %	1.33	2.33	1.94
Cenizas %	3.70	3.20	3.40
Calorías (Cal.)	363.08	359.08	372.19

2. Análisis bromatológicos

Los análisis bromatológicos realizados en las mezclas precocidas e instantánea, se muestran en el Cuadro N° 37.

Se observa que las tres mezclas presentan porcentajes mayores de azú-

cares reductores y totales; y bajo contenido de almidón en comparación con las harinas crudas de maíz amarillo y frijol de palo.

CUADRO N° 37 : Análisis bromatológicos de las formulaciones de mezclas de maíz amarillo - frijol de palo precocidas e instantánea.

Fórmulas Componentes	I	II _a	II _b
	Mezcla Precocida	Mezcla Precocida	Mezcla Instantánea
Calcio mg./100 g.	116.00	161.10	173.20
Fósforo mg./100 g.	263.24	162.65	286.09
Hierro mg./100 g.	6.51	10.70	6.23
Azúcares reductores %	3.81	3.52	5.46
Azúcares totales %	5.16	4.93	7.50
Almidones %	20.01	19.42	12.23

3. Análisis físico - químicos

a) Acidez, pH, índice de proteínas dispersables, absorción y solubilidad en agua : En el Cuadro N° 38, se dan a conocer los valores de acidez, pH, índice de proteínas dispersables e índice de absorción y solubilidad en agua. Estos valores fueron determinados aproximadamente después de quince días de la elaboración de las mezclas; y se aprecia que las tres mezclas presentan valores menores de índice de proteínas dispersables y mayor índice de absorción y solubilidad en comparación con las harinas crudas de maíz amarillo y frijol de palo.

CUADRO N° 38 : Análisis físico-químico de las formulaciones de mezclas de maíz amarillo - frijol de palo precocidas e instantánea.

Fórmulas Componentes	I	II _a	II _b
	Mezcla Precocida	Mezcla Precocida	Mezcla Instantánea
Acidez (%H ₂ SO ₄)	0.189	0.208	0.214
pH	6.20	6.20	6.22
Índice proteínas dis. %	7.72	10.75	10.67
Índice de absorción g. gel/100 g.	4.33	5.12	6.55
Índice de solubilidad g. sol. solub./100 g.	14.19	15.11	17.71

- b) Análisis granulométrico : En El Cuadro N° 39, se presenta los resultados del tamizado de las mezclas precocidas e instantánea. En base a estos valores se obtiene el módulo de finura e índice de uniformidad correspondiente a cada mezcla.
- c) Isotermas de adsorción : En el Cuadro N° 40, se presentan los valores de humedad de equilibrio en base seca (m) para las mezclas precocidas I y II_a e instantánea II_b, para diferentes actividades de agua (AW).

CUADRO N° 39 : Módulo de finura e índice de uniformidad de las mezclas precocidas e instantánea a base de maíz amarillo y frijol de palo

Tamiz N°	Abertura de malla m.m.	Diámetro medio de las partículas m.m.	P E S O (g.)			RETENCION (%)			Factor	VALOR DE FINURA		
			Mezcla I	Mezcla II _a	Mezcla II _b	Mezcla I	Mezcla II _a	Mezcla II _b		Mezcla I	Mezcla II _a	Mezcla II _b
32	0.487	Grueso > 0.487	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	6	0.0	0.0	0.0
45	0.354		0.421	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5	0.0	0.0	0.0
60	0.250	Medio 0.302	2.5	1.2	1.0	1.27	0.6	0.51	4	5.08	2.4	2.04
6xx	0.230		0.240	6.5	6.9	7.4	3.30	3.5	3.5	3	9.9	10.5
10xx	0.125	Fino 0.178	23.4	47.5	56.8	11.89	23.8	28.73	2	23.78	47.6	57.46
15xx	0.075		0.100	121.4	109.9	108.9	61.69	55.1	55.08	1	61.69	55.1
Plato	--	< 0.075	43.0	34.0	23.6	21.85	17.0	11.94	0	0.0	0.0	0.0
TOTAL :						100.00	100.00	100.0		100.45	115.6	125.8
Módulo de finura :										1.00	1.16	1.26

- a.- Módulo de finura : Total/100. Siendo para la mezcla I 0, para la mezcla II_a 1.16 y para la mezcla II_b 1.26.
- b.- Índice de uniformidad : Se define granulométricamente las mezclas, clasificando a las partículas de la siguiente manera : grueso, medio y fino, siendo a partir de los valores hallados, para la mezcla I 0 : 1 : 10 y para las mezclas II_a y II_b 0 : 0 : 10.

CUADRO N° 40 : Humedad de equilibrio (m) en base seca para diferentes valores de Actividad de agua (AW)

Actividad de Agua (AW)	Fórmulas	m % (g. agua/g. mat. seca x 100)		
		Precocida I	Precocida II _a	Instantánea II _b
0.0		0.00	0.00	0.00
0.11		5.63	8.44	6.01
0.20		8.02	11.18	7.82
0.32		9.98	13.20	8.89
0.50		10.97	14.43	9.57
0.62		12.39	15.12	9.97
0.84		17.45	20.41	13.48
1.00		28.74	31.15	27.23

Con los valores de actividad de agua y humedad de equilibrio se obtienen las isotermas de adsorción de las mezclas a 37°C, que se muestra en el Gráfico N° 2. Como se puede apreciar dichas isotermas tienen la forma sigmoidea típica de los materiales biológicos. A partir de los resultados de estas isotermas se traza el gráfico de la ecuación de B.E.T., con la finalidad de conocer la cantidad de grupos activos capaces de adsorber agua en cada mezcla. Los Gráficos 3, 4 y 5 presentan las líneas rectas obtenidas, cuya pendiente es igual a $c-1/m_1c$ y la intersección igual a $1/m_1c$, resultando un sistema de dos ecuaciones con dos incógnitas, que nos permiten encontrar el valor monomolecular (m_1).

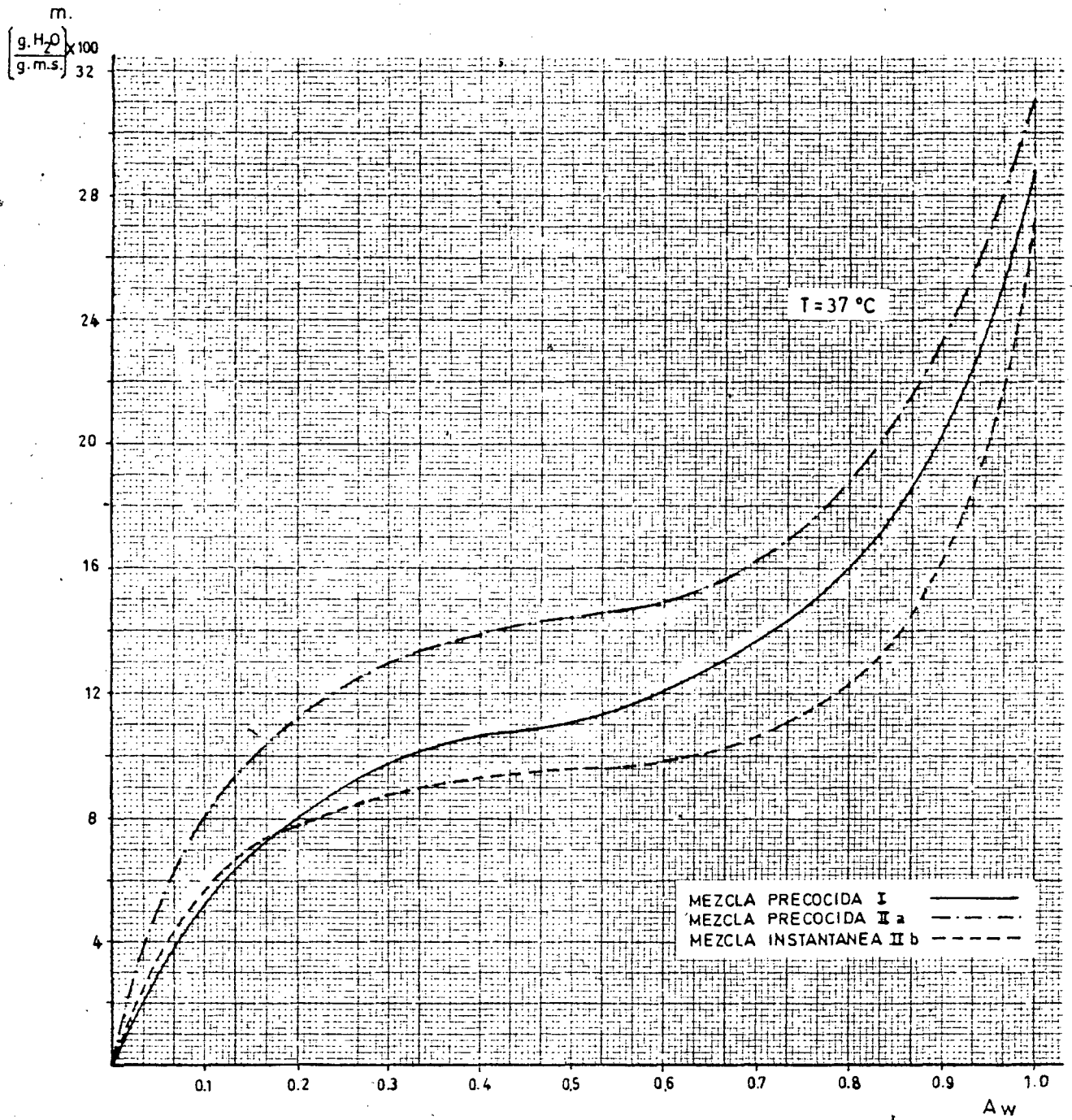


GRAFICO N° 2: Isothermas de adsorción de las mezclas precocidas e instantánea

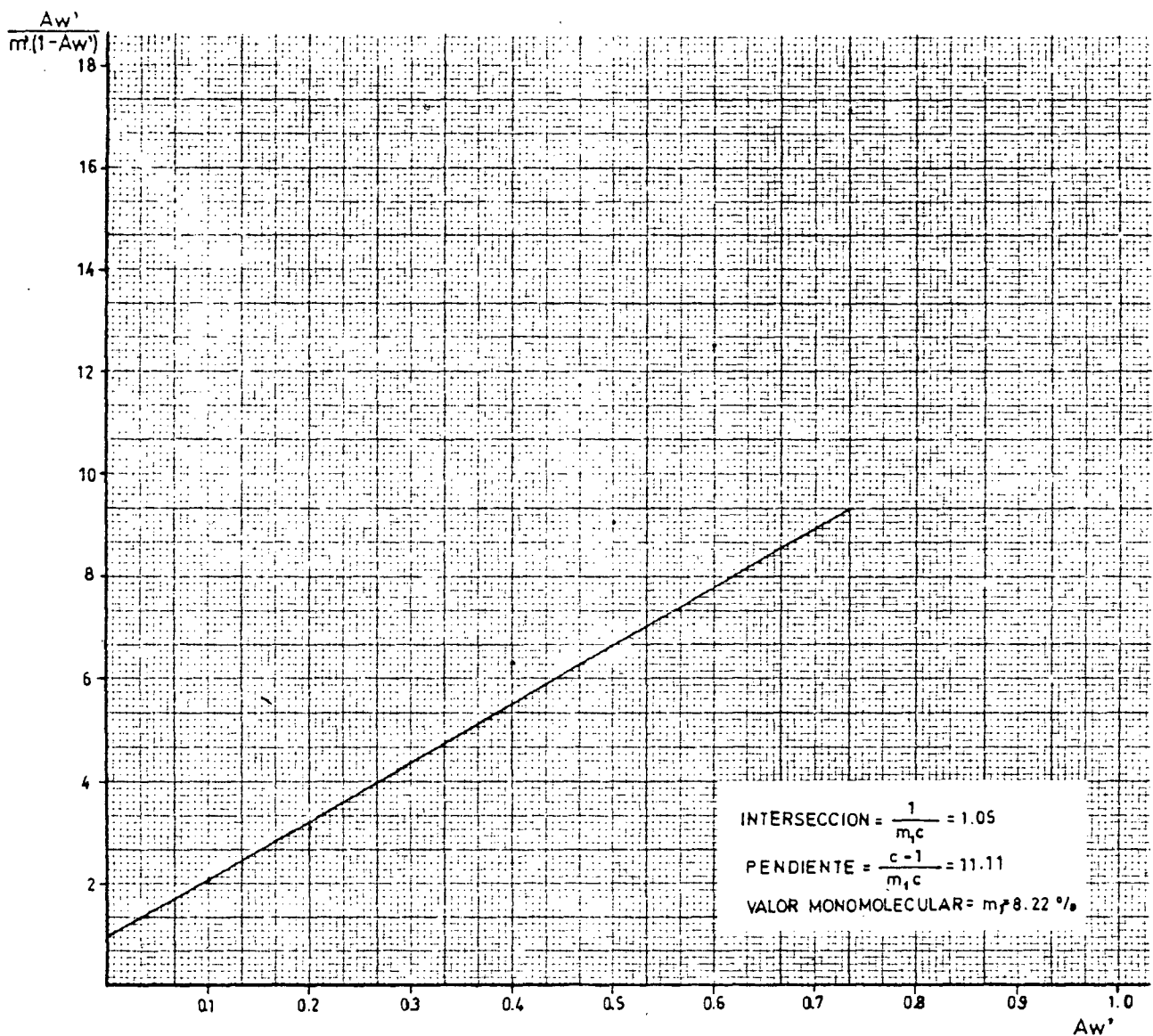


GRAFICO N° 3: Graficación de la ecuación de B.E.T. de la mezcla precocida I

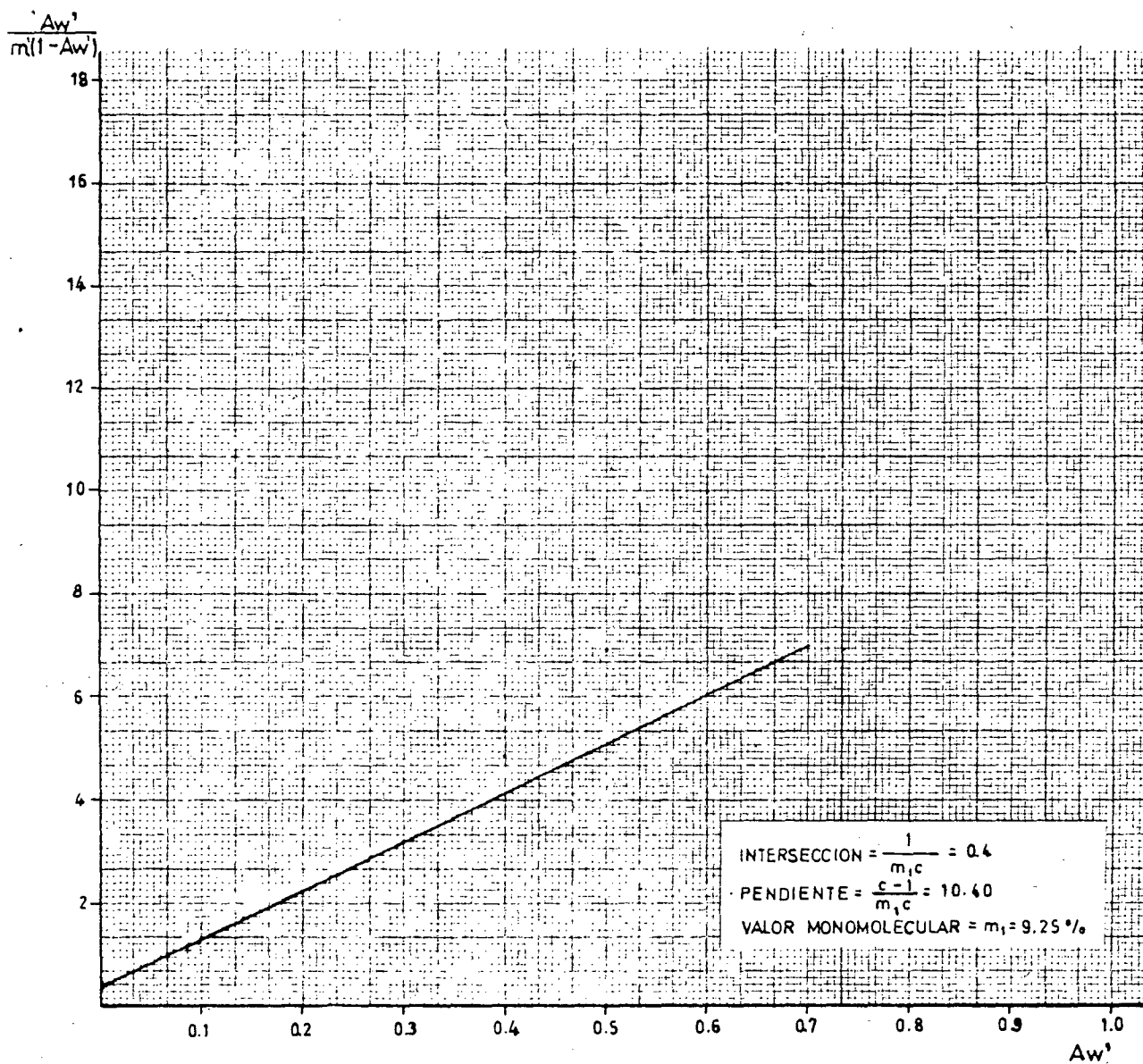


GRAFICO N° 4: Graficación de la ecuación de B.E.T. de la mezcla precocida IIa.

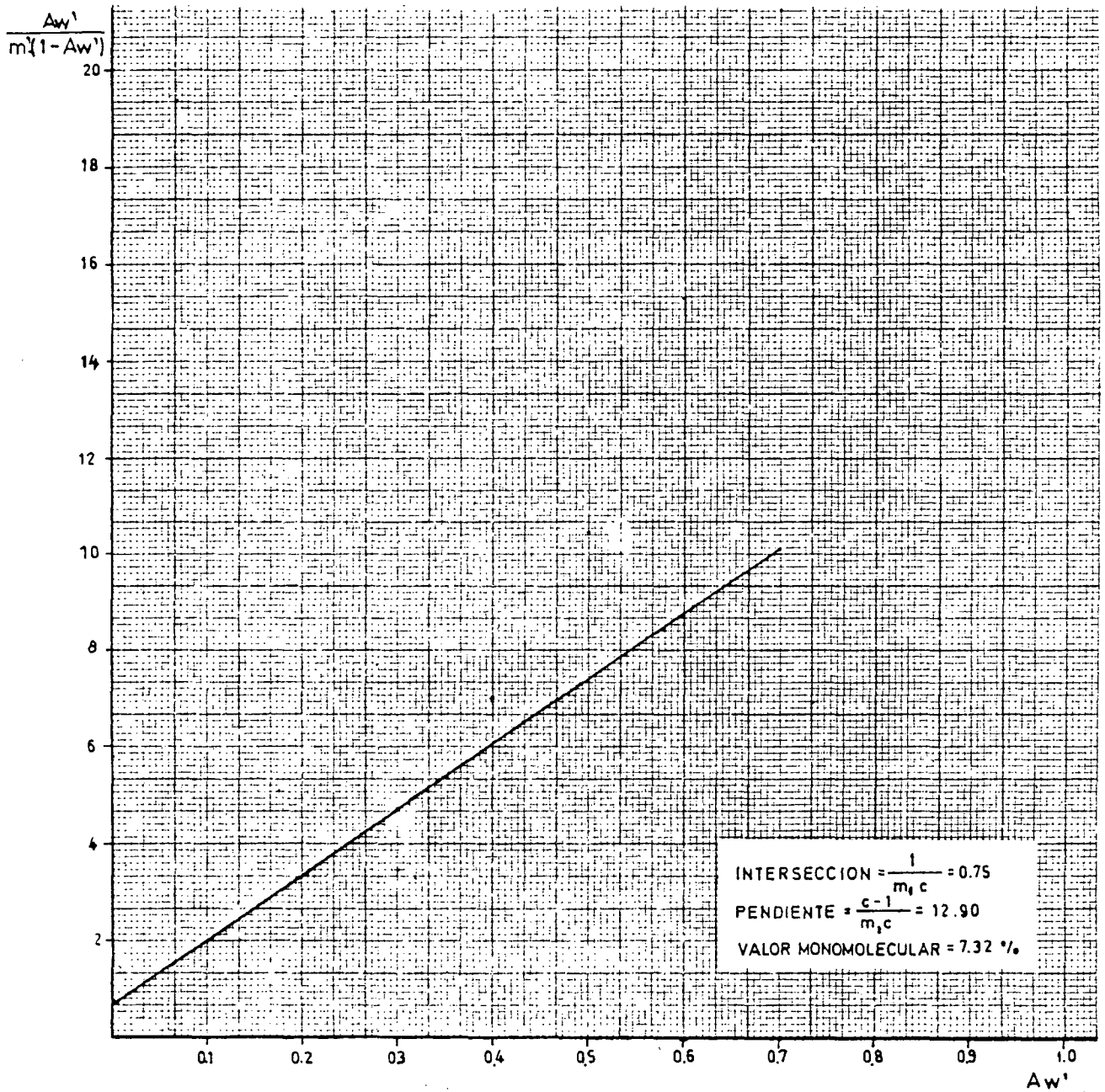


GRAFICO N° 5: Graficación de la ecuación de B.E.T. de la mezcla instantánea II b

Como se puede observar, para obtener el valor de la pendiente (graficación de la ecuación de B.E.T.) se han considerado sólo los puntos correspondientes a las menores humedades relativas, en vista de que la ecuación mencionada ha sido derivada en base a una hipótesis según la cual, las mismas fuerzas que producen el fenómeno de condensación producen la adsorción multimolecular y llegar a la ecuación de una línea recta asumiendo que todas las capas de agua, excepto la primera, son adsorbidas con la misma fuerza.

El Cuadro N° 41 presenta los valores obtenidos para las intersecciones, pendientes y los valores monomoleculares (m_1) de cada mezcla.

CUADRO N° 41 : Valores de intersección, pendiente y valor monomolecular de las mezclas alimenticias.

Mezcla	Intersección l/m_1c	Pendiente $c-l/m_1c$	Valor monomolecular m_1 (%)
Precocida - I	1.05	11.11	8.22
Precocida - II _a	0.40	10.40	9.25
Instantánea - II _b	0.75	12.90	7.32

La relación entre la composición química de las mezclas y su capacidad de adsorción se muestra en el Cuadro N° 42.

Los cálculos para la graficación de la ecuación de B.E.T. y de los valores monomoleculares obtenidos se ilustran en el Anexo 7.

CUADRO N° 42 : Relación entre la composición química de las mezclas alimenticias en estudio y su capacidad de adsorción.

Mezcla	Composición	Carbohidratos (%)	Grasa (%)	Proteínas (%)	Fibra (%)	Cenizas (%)	Valor mon. m ₁ (%)
Precocida I	Maíz a. (74%) Fri. p. (26%)	68.42	3.60	14.25	1.33	3.70	8.22
Precocida II _a	Maíz a. (53%) Fri. p. (47%)	69.28	2.16	15.63	2.33	3.20	9.25
Instantánea II _b	Maíz a. (53%) Fri. p. (47%)	65.09	4.55	17.72	1.94	3.40	7.32

4. Balance de materia

En los Diagramas 2 y 3 se esquematizan los balances de materia referentes al procesamiento de las harinas crudas de maíz amarillo y de frijol de palo, respectivamente, a partir de 100 kg. de materias primas iniciales.

En el Diagrama N° 4 se presenta el balance de materia en la elaboración de las mezclas precocidas e instantánea; obtenidas a partir de las harinas crudas de maíz amarillo y de frijol de palo.

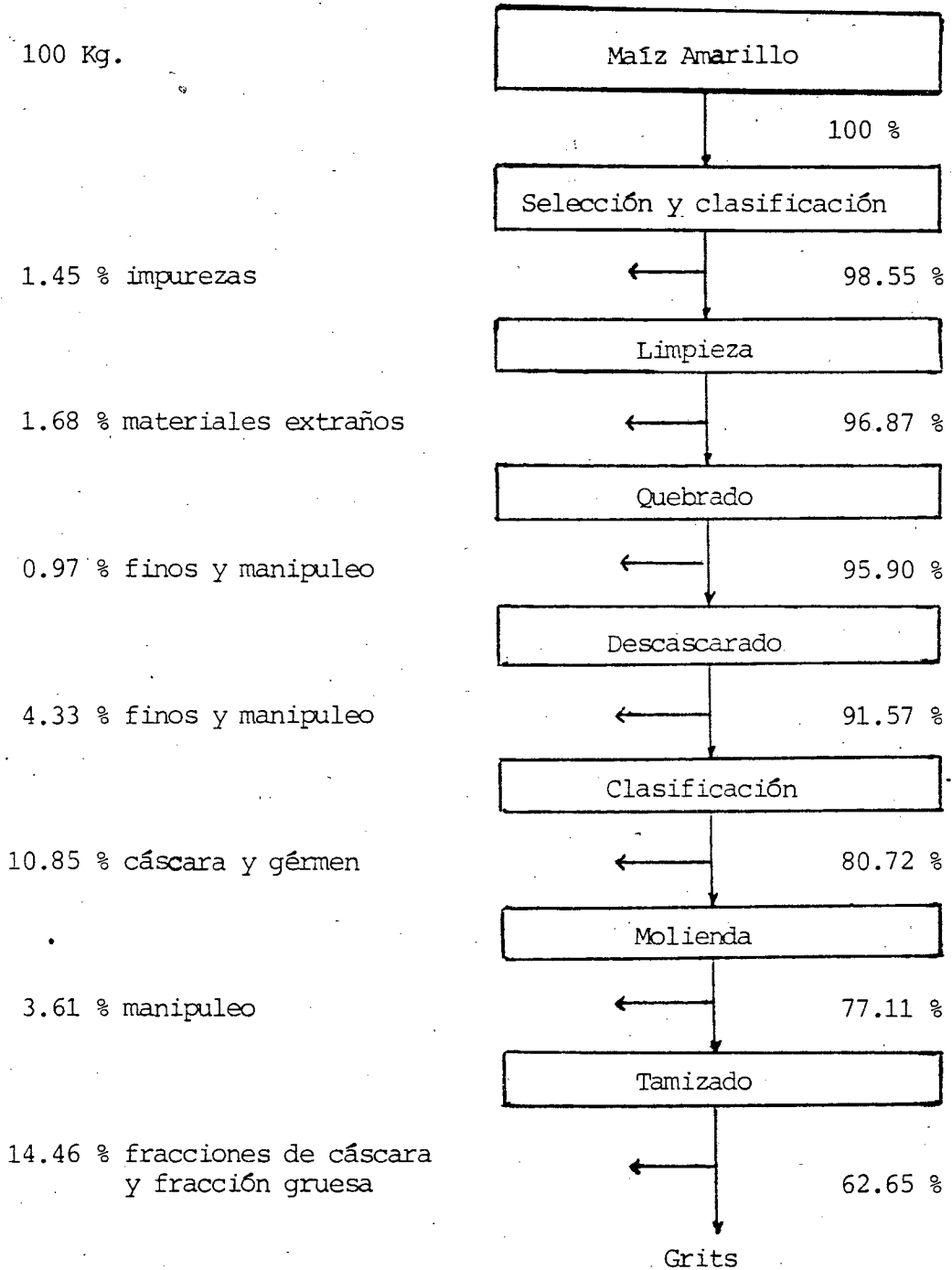


DIAGRAMA N° 2 : Balance de materia en la elaboración de harina cruda de maíz amarillo (*Zea mays* L.). Variedad Cuban yellow.

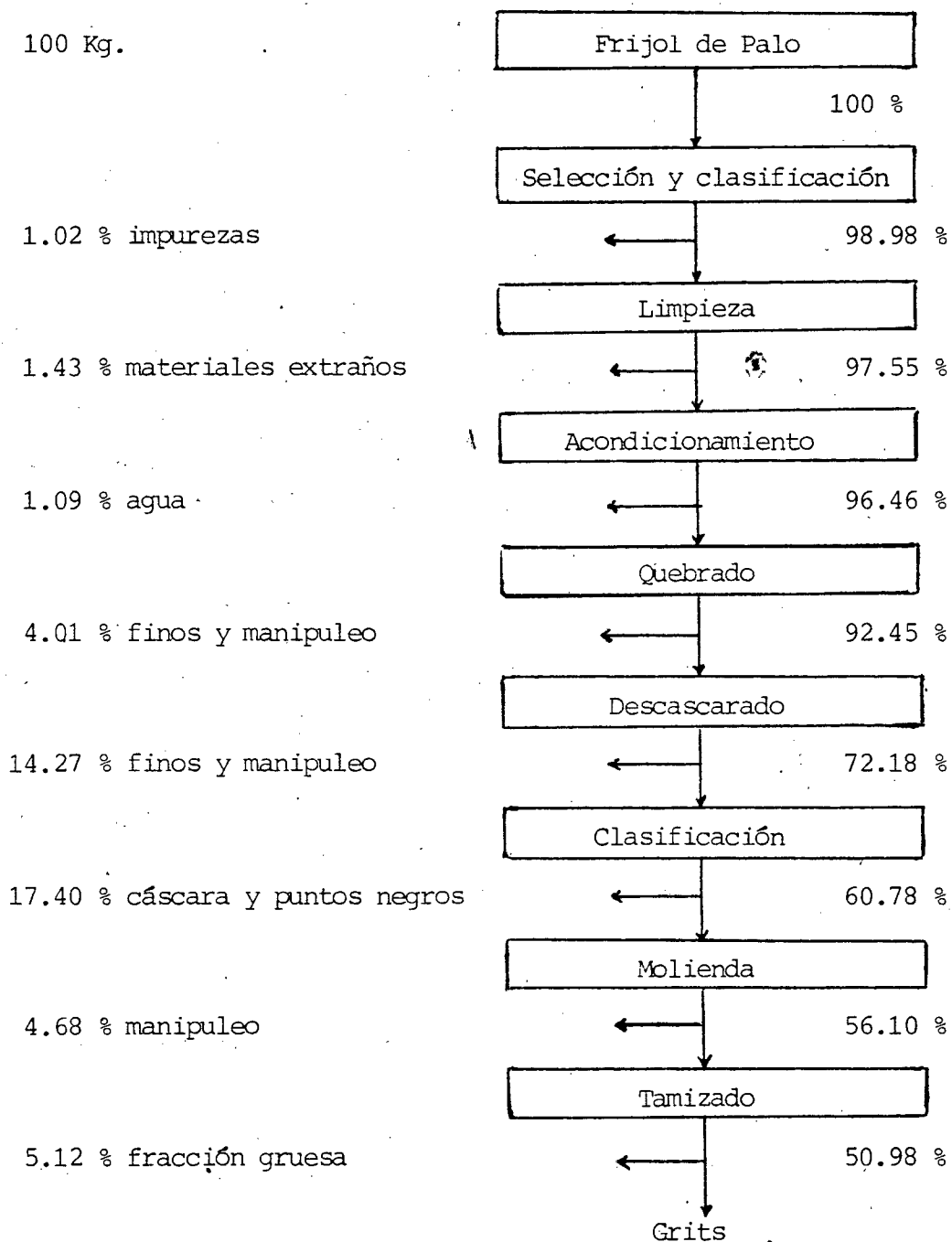


DIAGRAMA N° 3 : Balance de materia en la elaboración de harina cruda de frijol de palo (Cajanus cajan L.).

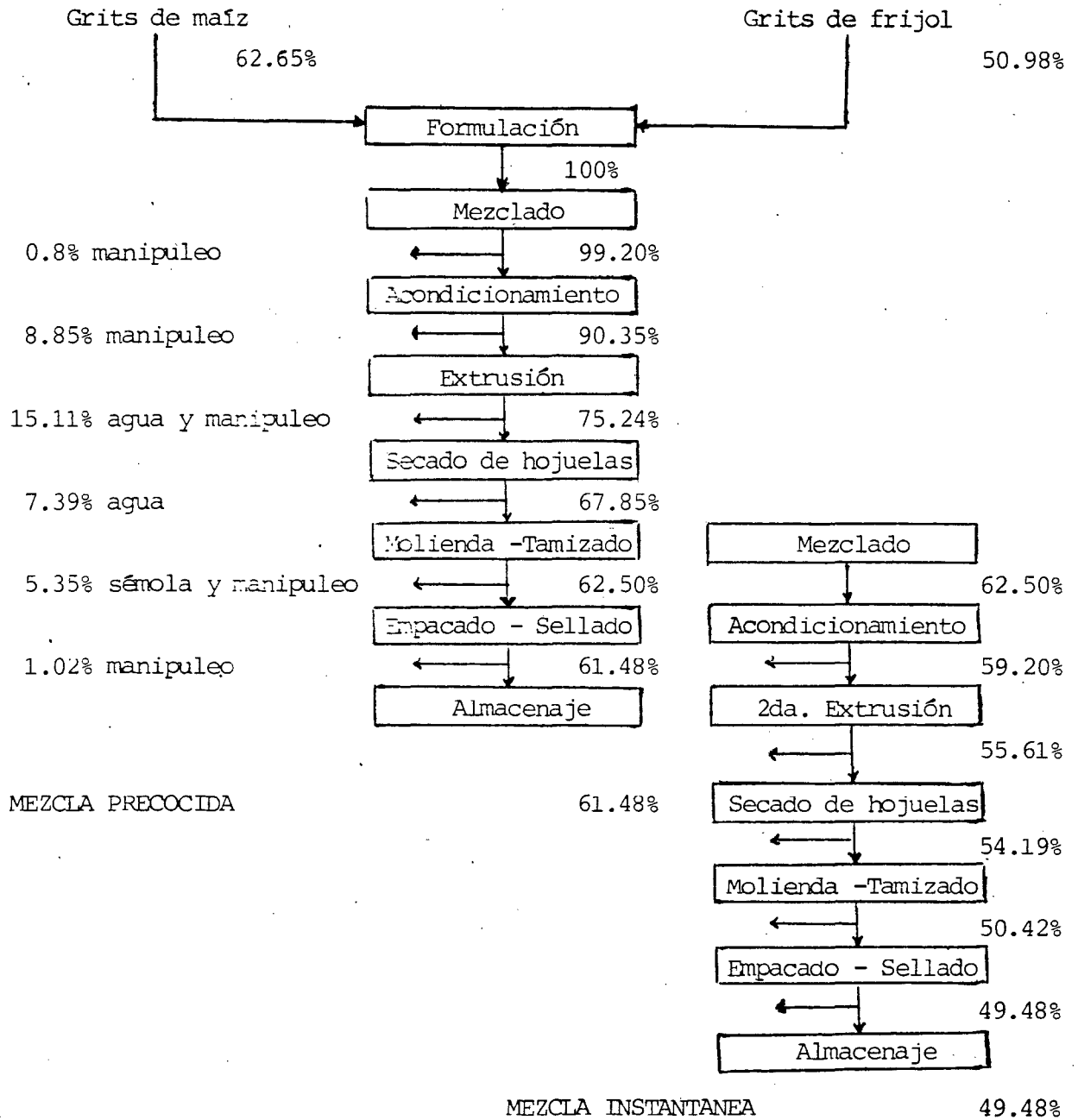


DIAGRAMA N° 4 : Balance de materia en la elaboración de mezclas precocidas e instantáneas a partir de maíz amarillo y frijol de palo.

5. Controles microbiológicos

Los aspectos higiénico-sanitario de las mezclas precocidas e instantánea fueron evaluadas mediante análisis microbiológicos, y los resultados se observan en el Cuadro N° 43.

La cocción-extrusión es un proceso térmico que tiene un efecto marcado sobre el contenido total de microorganismos en las mezclas alimenticias. En general no llega a esterilizar los productos, pero la calidad bacteriológica de los mismos es aceptable, colocándolos dentro del rango de los límites señalados por American Public Health Association (APHA), para este tipo de alimentos.

6. Evaluación sensorial

Con el fin de tener un criterio general sobre el comportamiento de las mezclas precocidas e instantánea elaboradas a partir de maíz amarillo y frijol de palo; se prepararon cremas de verduras, bebidas y mazamoras con cada una de las mezclas.

Los tratamientos sometidos a la evaluación sensorial fueron las tres mezclas identificadas de la siguiente manera :

Tratamientos	Muestras
Mezcla precocida I	A
Mezcla precocida II _a	B
Mezcla instantánea II _b	C

a) Crema

En los Cuadros 1 al 3 del Anexo 8 se muestran los análisis de variancia y las pruebas de Tukey; efectuadas en la evaluación senso-

CUADRO N° 43 : Resultados de los análisis microbiológicos de las formulaciones de mezclas de maíz amarillo - frijol de palo precocidas e instantánea. (Col./gr. de muestra)

Microflora	Fórmulas	I	II _a	II _b	Límite mínimo y máximo en mezclas de harinas <u>1/</u>
		Mezcla Precocida	Mezcla Precocida	Mezcla Instantánea	
Hongos		0.1×10^3	0.1×10^3	0.3×10^4	$10^2 - 10^4$
Levaduras		ausencia	ausencia	ausencia	$10 - 10^2$
Recuento de bacterias aerobias mesófilos viables		0.7×10^3	0.4×10^3	0.1×10^4	$10^2 - 10^6$
Coliformes (NMP/g.)		> 1,100	4	43	$10^2 - 10^4$
Escherichia coli (NMP/g.)		< 3	< 3	< 3	< 3 - 10
Bacillus cereus		< 1	< 1	< 1	$10^3 - 10^5$
Salmonellas		Ausencia en 25 g	Ausencia en 25 g	Ausencia en 25 g	no debe existir

1/ Límites requeridos para harinas, harinas sucedáneas y mezclas de harinas, según APHA - 1976.

rial de las cremas, preparadas con las mezclas precocidas I y II_a e instantánea II_b.

Del análisis de variancia se deduce que existen diferencias estadísticas significativas entre las muestras, en los atributos de olor o aroma, color y consistencia.

1) En el atributo del olor o aroma

Después de realizar la prueba de Tukey, se obtuvo el siguiente resultado :

Muestras	Promedios del análisis sensorial (nivel de significación = 0.05)
C	3.42 a
B	3.00 b
A	2.75 b

Lo anterior indica que, la muestra C es mejor que las muestras B y A; y la muestra B es similar a la muestra A.

2) En el atributo del color

Se realizó la prueba de Tukey y se obtuvo el siguiente resultado:

Muestras	Promedios del análisis sensorial (nivel de significación = 0.05)
B	3.42 a
C	3.25 a b
A	2.58 b

De lo anterior observamos que la muestra B es similar a la muestra C, pero B supera a la muestra A; y la muestra C es similar a la muestra A.

3) En el atributo de consistencia

Realizada la prueba de Tukey, se obtuvo los siguientes resultados :

Muestras	Promedios del análisis sensorial (nivel de significación = 0.05)
C	3.75 a
B	2.50 b
A	1.67 b

Esto demuestra que la muestra C es mejor que las muestras B y A y éstas a su vez son similares.

En el Cuadro N° 44 se muestran los valores promedios y calificativos obtenidos, en cada uno de los atributos evaluados en la crema de verduras.

b) Bebida

En los Cuadros 1 y 2 del Anexo 9 se presentan los análisis de variancia y las pruebas de Tukey; realizados en la evaluación sensorial de las bebidas. Se deduce que existen diferencias estadísticas significativas entre las muestras en los atributos de color y consistencia.

1) En el atributo del color

Se efectuó la prueba de Tukey y se obtuvo el siguiente resultado:

Muestras	Promedios del análisis sensorial (nivel de significación = 0.05)
B	2.75 a
A	1.75 b
C	1.75 b

CUADRO N° 44 : Valores promedios y calificativos obtenidos en la evaluación sensorial de la crema de verduras elaborada con las mezclas precocidas e instantánea

Atributo evaluado	T R A T A M I E N T O S		T R A T A M I E N T O S		T R A T A M I E N T O S	
	Mezcla Precocida - I (A)		Mezcla Precocida-II _a (B)		Mezcla Instantánea-II _b (C)	
	Valor Promedio	Calificativo	Valor Promedio	Calificativo	Valor Promedio	Calificativo
Sabor	3.00	Ligeramente agradable	2.75	Ligeramente agradable	3.42	Ligeramente agradable
Olor o aroma	3.00	Regular-casi característico	2.75	Regular-casi característico	3.42	Regular-casi característico
Color	2.58	Ligeramente amarillo atractivo	3.42	Ligeramente amarillo atractivo	3.25	Ligeramente amarillo atractivo
Consistencia	1.67	Muy fluido	2.50	Ligeramente fluida	3.75	Moderadamente fluida - casi normal
Sabor extraño	1.75	Ligero- apenas perceptible	1.67	Ligero- apenas perceptible	1.67	Ligero- apenas perceptible

De acuerdo a los valores se indica que, la muestra B es mejor - que las muestras A y C; y éstas a su vez son similares entre sí.

2) En el atributo de consistencia

Se elaboró la prueba de Tukey y se tuvo los siguientes resultados :

Muestras	Promedios del análisis sensorial (nivel de significación = 0.05)
C	3.25 a
B	2.75 a b
A	1.67 b

Estos valores indican que la muestra C es similar a la muestra B pero C supera a la muestra A; y la muestra B es similar a la -- muestra A.

En el Cuadro N° 45 se presentan los valores promedios y calificativos obtenidos en los atributos evaluados en la bebida.

c) Mazamorra

En los Cuadros 1 al 3 del Anexo 10 se aprecian los análisis de variancia y las pruebas de Tukey, determinados en la evaluación sensorial de las mazamoras. Del análisis de variancia se deduce que existen diferencias estadísticas significativas entre las muestras en los atributos de olor o aroma y color.

1) En el atributo del olor o aroma

Después de realizar la prueba de Tukey, se obtuvo el siguiente resultado :

CUADRO N° 45 : Valores promedios y calificativos obtenidos en la evaluación sensorial de Bebida elaborada con las mezclas precocidas e instantánea

Atributo evaluado	T R A		T A M I E N		T O S	
	Mezcla Precocida - I (A)		Mezcla Precocida-II _a (B)		Mezcla Instantánea-II _b (C)	
	Valor Promedio	Calificativo	Valor Promedio	Calificativo	Valor Promedio	Calificativo
Sabor	2.75	Ligeramente agradable	2.67	Ligeramente agradable	2.50	Ligeramente agradable
Olor o aroma	2.67	Regular-casi característico	2.83	Regular-casi característico	2.75	Regular-casi característico
Color	1.75	Ligeramente pálido	2.75	Ligeramente amarillo atractivo	1.75	Ligeramente pálido
Consistencia	1.67	Muy fluído	2.75	Ligeramente fluída	3.25	Ligeramente fluída
Sabor extraño	1.92	Ligero- apenas perceptible	2.00	Ligero- apenas perceptible	2.17	Ligero- apenas perceptible

Muestras	Promedios del análisis sensorial (nivel de significación = 0.05)	
B	3.17	a
C	2.92	a b
A	2.25	c

De acuerdo a los valores se observa que la muestra B es igual a la muestra C; y esta a su vez es significativa con respecto a la muestra A.

2) En el atributo del color

Se realizó la prueba de Tukey y se obtuvo los siguientes resultados :

Muestras	Promedios del análisis sensorial (nivel de significación = 0.05)	
B	3.83	a
C	2.42	b
A	1.50	b

De acuerdo a los resultados presentados se puede decir que la muestra B es mejor que las muestras C y A; y éstas a su vez son similares entre sí.

En el Cuadro N° 46 se muestran los valores promedios y los calificativos obtenidos en la evaluación sensorial de la mazamorra.

7. Evaluación biológica

Para verificar la calidad nutritiva de la proteína de las mezclas alimenticias fue necesario comprobar los resultados teóricos obtenidos mediante el cómputo químico, en pruebas experimentales efectuado en ani

CUADRO N° 46 : Valores promedios y calificativos obtenidos en la evaluación sensorial de la Mazamorra elaborada con las mezclas precocidas e instantánea

Atributo evaluado	T R A T A M I E N T O S		T A M I E N T O S		T O S	
	Mezcla Precocida - I (A)		Mezcla Precocida - II _a (B)		Mezcla Instantánea - II _b (C)	
	Valor Promedio	Calificativo	Valor Promedio	Calificativo	Valor Promedio	Calificativo
Sabor	1.92	Débil-casi regular	2.83	Ligeramente agradable	2.83	Ligeramente agradable
Olor o aroma	2.25	Muy débil apenas perceptible	3.17	Regular-casi característico	2.92	Regular-casi característico
Color	1.50	Ligeramente pálido	3.83	Amarillo característico atractivo	2.42	Ligeramente pálido
Consistencia	2.83	Ligeramente fluída	3.42	Ligeramente fluída	3.58	Moderadamente fluída - casi normal
Sabor extraño	2.42	Ligero- apenas perceptible	1.83	Ligero- apenas perceptible	1.92	Ligero- apenas perceptible

males menores, ya que de esta manera permite predecir con bastante exactitud, el valor nutritivo de los productos.

a) Cómputo químico (C.Q.)

En el Cuadro N° 47, se observa el Cómputo químico para las mezclas precocidas I y II_a e instantánea II_b; siendo para la mezcla I de 65% referido al triptófano; y para las mezclas II_a y II_b de 62.28% referido a la Metionina-Cistina.

CUADRO N° 47 : Contenido de aminoácidos esenciales y cómputo químico de las mezclas alimenticias precocidas e instantánea.

Aminoácidos esenciales	g./100 g. de proteína			Patrón FAO/OMS 2/
	F O R M U L A S 1/			
	I	II _a	II _b	
Isoleucina	3.43	3.31	3.31	4.0
Leucina	9.77	8.41	8.41	7.0
Lisina	4.90	6.00	6.00	5.5
Metionina + Cistina	2.62	2.18	2.18	3.5
Fenilalanina + Tirosina	9.40	9.76	9.76	6.0
Treonina	3.30	3.13	3.13	4.0
Triptófano	0.65	0.64	0.64	1.0
Valina	4.32	4.05	4.05	5.0
Cómputo químico %	65.00	62.28	62.28	100.0
Aminoácido limitante	Triptó- fano	Metioni- na + Cistina	Metioni- na + Cistina	--

1/ Valores obtenidos en base al Cuadro N° 29.

2/ Patrón de la FAO/OMS (22).

b) Indice de eficiencia protéica (PER)

Se determinó el ritmo de crecimiento de los animales experimentales y se midió el índice de eficiencia protéica (PER), de acuerdo a las normas estandarizadas para este fin, obtenido por medio de la relación entre los gramos de peso ganado y los gramos de proteína consumida.

La composición porcentual de cada ración se muestra en el Cuadro N° 48.

En el Cuadro N° 49, se observan los resultados promedios para la determinación del PER y en el Cuadro 1 del Anexo 11, las desviaciones standars para los pesos iniciales, pesos finales, ganancia de peso y consumo de alimento.

Los análisis estadísticos muestran que no existe diferencia significativa entre los diferentes tratamientos (caseína y mezclas alimenticias) tanto para el peso inicial, peso final, ganancia de peso y consumo de alimento. En consecuencia, como el PER, relaciona la ganancia de peso y el consumo de proteínas, tampoco se espera diferencias estadísticas. En el Cuadro se aprecia que la mezcla instantánea II_b es mejor que las mezclas II_a y I si se compara con el PER de la caseína 2.53% y que se le dá el valor de 100%.

La ganancia de peso de los animales alimentados con cada una de las mezclas, a través de las cuatro semanas de experimentación, se muestra en el Cuadro N° 50 y en el Gráfico 6.

CUADRO N° 48 : Composición de la ración (%) para la determinación del PER (*) en las mezclas precocidas e instantánea

Ingredientes	Caseína (testigo)	M e z c l a s		
		Preco cida	Preco cida	Instan tánea
Caseína	13.39	--	--	--
Mezcla precocida	--	70.17	--	--
Mezcla precocida	--	--	63.98	--
Mezcla instantánea	--	--	--	56.43
Grasa	8.40	3.80	1.26	0.06
Sacarosa	71.11	16.65	27.66	34.41
Vitaminas (**)	2.00	2.00	2.00	2.00
Minerales (**)	4.00	4.00	4.00	4.00
Cloruro de colina, 99%	0.10	0.10	0.10	0.10
Fosfato de sodio	1.00	1.00	1.00	1.00
Celulosa monobásica no digestible	--	2.28	--	2.00
Proteína total (N x 6.25)				
Teórico	10.00	10.00	10.00	10.00
Según análisis químico	10.30	10.15	10.10	10.34

PER (*) = Índice de eficiencia protéica

Vitaminas y minerales (**) requeridos por las ratas para su máximo crecimiento, suministrados mediante una pre-mezcla.

CUADRO N° 49 : Resultados promedios de la determinación del PER (*) en las mezclas precocidas e instantánea

Parámetros	Alimentos Caseína	I	II _a	II _b
		Precocida	Precocida	Instantánea
Número de animales	10	9	9	10
Peso inicial, g.	42.50	46.22	45.50	46.30
Peso final, g.	97.70	66.52	88.80	105.10
Ganancia de peso, g.	55.20	20.30	43.30	58.80
Consumo de alimento	211.50	152.33	197.23	238.32
Consumo de proteína	21.78	15.46	19.92	24.64
Proteína de la ración (%) (**)				
Teórico	10.00	10.00	10.00	10.00
Según análisis	10.30	10.15	10.10	10.34
PER	2.53	1.31	2.17	2.39
Porcentaje del PER de caseína (%) (***)	100.00	51.78	85.77	94.47

(*) PER = Índice de eficiencia protéica

(**) Nitrógeno x 6.38 para caseína
Nitrógeno x 6.25 para mezclas alimenticias

(***) PER 2.53 = 100 %

CUADRO N° 50 : Ganancia de peso a través del tiempo de experimentación

Alimentos	Peso inicial (g.)	1 ^{ra} semana (g.)	2 ^{da} semana (g.)	3 ^{ra} semana (g.)	4 ^{ta} semana (g.)
Mezcla precocida, I	46.22	49.25	54.88	60.16	66.52
Mezcla precocida, II _a	45.50	56.19	66.60	78.25	88.80
Mezcla instantánea, II _b	46.30	55.30	69.42	90.10	105.10
Caseína	42.50	57.70	74.25	83.85	97.70

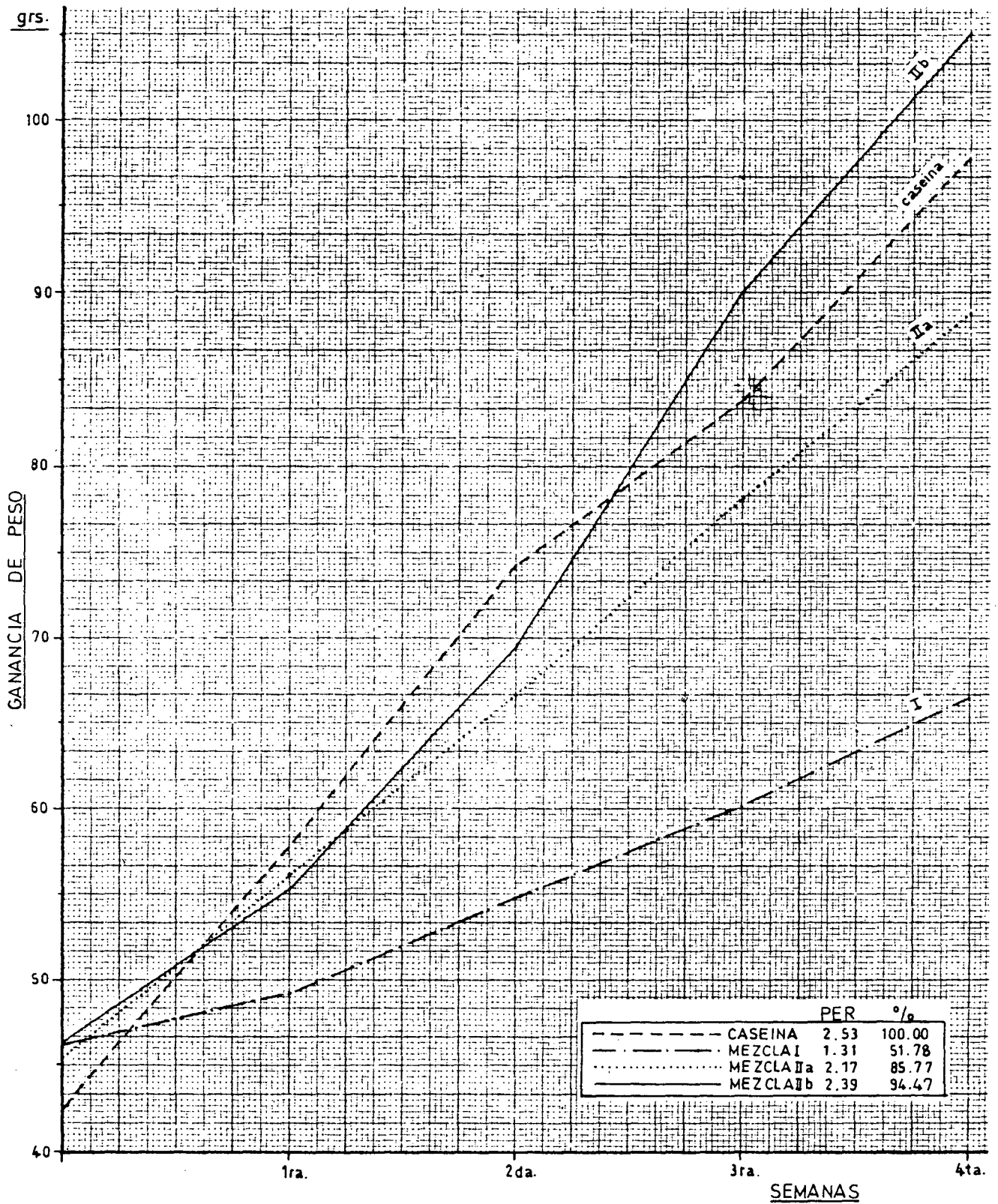


GRAFICO N° 6 : Ganancia de peso en la determinacion del indice de eficiencia proteica (PER).

G. De las pruebas de aplicación experimental

Basándose en los resultados de los análisis físicos de absorción y solubilidad en agua de las mezclas precocidas e instantánea, se hicieron las pruebas de dilución, con la finalidad de elaborar mezclas rehidratadas en forma de crema, bebida y mazamorra.

1. Pruebas de dilución

a) En crema

Para tomar una crema apropiada para la alimentación del niño preescolar y madre gestante o lactante, se realizaron pruebas arrojando los siguientes resultados :

Para las tres mezclas (precocidas I y II_a e instantánea II_b) se utilizó 50 g. de mezcla con 500 ml. de agua, es decir las mezclas requieren 10 veces la cantidad de agua para preparar una crema de consistencia adecuada.

b) En bebida

Para elaborar una bebida, se utilizó 50 g. de mezcla con 625. ml. de agua, es decir las mezclas precocidas e instantánea requieren 12.5 veces la cantidad de agua para preparar una bebida de consistencia apropiada.

c) En mazamorra

Para preparar una mazamorra, se utilizó 50 g. de mezcla con 333.33 ml. de agua, lo que quiere decir que las mezclas precocidas e instantánea requieren 6.66 veces la cantidad de agua para preparar una mazamorra de consistencia adecuada.

V. DISCUSIONES

A. De la caracterización de las materias primas

1. Composición Química Proximal

En el Cuadro N° 22, se observa la composición proximal del maíz amarillo y frijol de palo.

En términos generales se puede afirmar que los valores hallados son similares a los reportados por la Tabla de Composición de los alimentos peruanos y por F.A.O. (indicados en los Cuadros 3, 4, 6 y 7); hay ligeras variaciones en cuanto al contenido de proteínas y grasa, que sin duda refleja la diferencia de variedades que han sido utilizadas, a esto tiene que sumarse que estos productos provienen de diferentes regiones y por lo tanto es de prever que las condiciones de suelo y clima han influenciado en los resultados.

Si consideramos individualmente a los productos indicados se tiene en primer término que el maíz, alimento catalogado como calórico que en comparación a otros cereales tales como el arroz y el sorgo (Ver Cuadro 3) es mayor, así mismo con lo que respecta al contenido proteico; sin embargo, es necesario indicar que el arroz tiene una mejor calidad proteica. Por otro lado el frijol de palo muestra una concentración de nutrientes poco menos similar a otras leguminosas de uso común (Ver Cuadros 6 y 7).

2. Análisis Bromatológicos

En el Cuadro N° 23, se muestra el contenido de Calcio, Fósforo y Hierro de las materias primas utilizadas en el estudio. Se observa un ma

yor contenido de Calcio y Fósforo del frijol de palo con relación al maíz amarillo, siendo bastante similar los valores hallados con respecto al Hierro, dichos valores coinciden bastante con los reportados por Kurien (38) y Ríos (51).

Por otra parte si establecemos una comparación con otros granos de consumo común, vemos que, el maíz muestra un contenido muy bajo en Calcio y Hierro en comparación al trigo y sorgo; y el frijol de palo es bastante similar en estos elementos a los demás frijoles (Ver Cuadros 3 y 6).

3. Análisis Físico - Químicos

Según el Cuadro N° 24 se puede notar que tanto los valores de acidez titulables y de pH son casi iguales en las dos materias primas, estos valores son utilizados comunmente con fines de control en los procesos de elaboración de harinas, representando puntos de partida para la comparación del deterioro de los lípidos tanto en el proceso como en el almacenamiento de estos tipos de alimentos, como posteriormente se verá.

B. De la elaboración de harinas crudas o pre-extruídas

1. Control Químico Proximal

En el Cuadro N° 25, se dieron a conocer los valores de los análisis químico proximal de las harinas crudas de maíz amarillo y frijol de palo.

Con referencia al maíz, si se toma en cuenta los valores hallados con

relación a lo que presentan los granos enteros se puede ver que existe un incremento de proteínas (11.03%) y cenizas, manteniéndose igual la cantidad de carbohidratos (73.26%); y existiendo una disminución en el porcentaje de humedad, grasa, fibra y calorías.

Con respecto al frijol se presenta una mejora significativa en lo que respecta al porcentaje de proteínas (21.35%); carbohidratos y calorías en cambio el porcentaje de humedad, grasa, fibra y cenizas disminuye - en poca medida.

Como puede deducirse las variaciones indicadas se deben a la pérdida de humedad por los procesos de elaboración y también a la eliminación de las cáscaras, germen y puntos negros. Este cambio en los valores de los constituyentes principales de las materias primas nos llevan a una mejora de la digestibilidad y por lo tanto a un incremento en la utilización de los nutrientes.

Si comparamos los niveles de humedad y cenizas con las normas técnicas para las harinas de trigo nacional (ITINTEC, Cuadro 8), vemos que con respecto al contenido de cenizas, tanto el maíz como el frijol, presentan valores mayores que el máximo permisible (1.41% para el caso de harina integral de trigo); y en cuanto al contenido de humedad ambas están por debajo del valor máximo permisible, que es el 15%.

2. Controles Bromatológicos

Los controles bromatológicos de las harinas crudas de maíz amarillo y frijol de palo se muestran en el Cuadro N°26.

Se observa que hay un incremento en el contenido de Calcio, Fósforo y Hierro en comparación con los granos de maíz y frijol debido básicamente a la disminución de la humedad. El contenido de almidón es elevado en ambos casos, ya que no ha habido ninguna modificación porque son muestras crudas.

Buckle y Pardo (13) manifiestan que la modificación del almidón se realiza por reacción química o por acción de la temperatura en presencia de humedad; correspondiendo este último al proceso de precocción.

El almidón es insoluble en agua fría y cuando los gránulos se exponen al mismo tiempo al calor y a la humedad, existe una gelatinización por encima de 60 a 70°C, Kent (36).

Los azúcares reductores y totales presentan valores bajos, ya que según Amos (5) la temperatura es importante para que se produzca las reacciones químicas, lo que se manifiesta en los bajos contenidos de azúcares reductores y totales.

3. Controles Físico - Químicos

Los controles físico-químicos realizados en las harinas crudas de maíz amarillo y frijol de palo se presentan en el Cuadro N° 27. Se aprecia que en cuanto a acidez la harina de frijol presenta un contenido mayor (0.240%) que el máximo permisible de acuerdo a las normas de ITINTEC para la harina integral de trigo (0.22%).

En lo que respecta al pH, ambas harinas presentan un pH similar, 6.18-

6.22 respectivamente; y son ligeramente interiores a los valores obtenidos para las materias primas iniciales.

El índice de proteínas dispersables presenta valores altos, situación que está vinculado al hecho que las proteínas en el producto crudo no se integran o aglutinan por acciones físico-químicas, especialmente por el calor. Cabe indicar así mismo que posiblemente haya presencia de aminoácidos libres, amoníaco y otras sustancias nitrogenadas libres tal como lo menciona Kamishikiriyo (34).

La actividad ureásica, es elevada en ambos casos, presentando un mayor valor la harina de frijol de palo. Este inconveniente puede ser solucionado mediante la extrusión en la medida que ésta emplea altas temperaturas, hecho que elimina los factores antinutricionales por inactivación o desnaturalización de los mismos. Los factores tóxicos de las leguminosas son los responsables de la baja digestibilidad de las proteínas y grasas según Jaffe (31).

El grado de gelatinización, índice de absorción y solubilidad dan valores bajos en ambos casos; estos resultados son propios de muestras que no han sido sometidas a tratamiento térmico.

Zapata (58) indica que para modificar las propiedades funcionales de los productos deben ser generalmente sometidos a precocción por lo que el grado de gelatinización, absorción de agua y solubilidad son características que están relacionadas con el grado de modificación del almidón.

C. De la formulación de las mezclas

Debido a que la alimentación del poblador peruano muestra una tendencia preferencial al consumo de granos, como cereales y leguminosas se consideró importante establecer el patrón de aminoácidos del maíz amarillo y frijol de palo a fin de poder compararlos, pudiendo observarse que es factible una complementación entre sus proteínas; ya que este cereal es deficiente en lisina y el frijol de palo posee suficiente cantidad de este aminoácido para corregir dicha deficiencia. Por otro lado, el maíz tiene suficiente concentración de aminoácidos azufrados para complementar la proteína del frijol. Llama la atención que el frijol de palo posee un mejor balance entre los aminoácidos isoleucina y leucina cuando se compara con el maíz común, balance que es muy similar a los del arroz y del maíz opaco - 2, Gómez (27).

Con el propósito de determinar el efecto suplementario del frijol de palo sobre la proteína del maíz amarillo, se prepararon mezclas resultando las mejores aquellas que tienen 74% de maíz amarillo y 26% de frijol de palo (Mezcla I) y también aquella con 53% y 47% respectivamente (Mezcla II). Estas fueron escogidas en virtud de su contenido proteico y aminoácido, así vemos que teóricamente las mezclas I y II presentan 11.0 y 13.1% de proteína respectivamente; del mismo modo se puede observar que tienen un buen contenido de lisina (4.90 y 6.00 g./100 g. de proteína de la mezcla) (Ver Cuadros 17 y 30).

D. De la cocción - extrusión de las mezclas

1. Ensayos preliminares de extrusión

Para optimizar esta operación, se realizaron trabajos preliminares. Es así que se acondicionaron las mezclas crudas a diferentes porcentajes de humedad y fueron sometidas a temperaturas y flujo de alimentación diferentes durante la extrusión. Se efectuó con la finalidad de mejorar la transferencia de calor, facilitar la gelatinización de los almidones, la disminución o eliminación de los factores antinutricionales y mejorar las características físicas, químicas, bromatológicas y organolépticas de los productos finales.

Según el Cuadro N° 32, se apreció que para el ensayo 1, con una humedad de 17%, a 99°C de temperatura y un flujo de alimentación de 1,200 g./min. se obtenía un producto mal extruído, con características no deseables, con un bajo grado de gelatinización y ocasionaba la obstrucción del extrusor; cuando se aumentó la humedad a 23% la temperatura a 115.5°C y el flujo de alimentación a 2,400 g./min.; se obtenía un producto mas parejo, con el mayor grado de gelatinización y con mejores características (ensayo 4); sin embargo a una humedad de 25%, temperatura de 121.1°C y flujo de alimentación de 2,600 g./min. (ensayo 5), también se obstruyó el extrusor por sobre calentamiento y el grado de gelatinización fue menor que en el ensayo 4.

Según el Cuadro N° 33, con una abertura de cono de 0.90 y 1.40 m.m. se tiene un producto extruído de color uniforme, fracturable y de rotura fácil, mientras que a 0.40 m.m. de abertura se obstruye el extrusor y se obtienen hojuelas pequeñas, quemadas y muy duras; así mismo a 1.90 y 2.40 m.m. de abertura las hojuelas no son uniformes, se presentan húmedas en los bordes, con rotura difícil y poco fracturables.

Para la extrusión de las mezclas se descartan las aberturas de 0.40, - 1.90 y 2.40 m.m. por las características no apropiadas que se indican en el cuadro mencionado.

Pero cabe indicar que para el precalentamiento del equipo se puso el indicador de alimentación en 2 1/2 y el ajuste de cono a 4 vueltas de manubrio, que corresponde a una abertura de cono de 1.90 m.m., con el propósito de limpiar el tornillo y el barril y alcanzar la temperatura requerida mediante la fricción producida. Y concluida la extrusión, - se llevó el indicador de alimentación a 5 y el ajuste de cono a 5 vueltas de manubrio, que corresponde a 2.40 m.m. de abertura del cono, con la finalidad de enfriar y limpiar el tornillo y el barril.

2. Ensayos definitivos de extrusión

Los resultados de los ensayos definitivos de extrusión se indica en el Cuadro N° 34. Se descartan las humedades de 17 y 25%, al igual que las temperaturas de 99.0 y 121.1°C y los flujos de alimentación de -- 1,200 y 2,600 g./min. Las condiciones óptimas del proceso se obtuvieron cuando se empleó :

- Humedad : 23%
- Temperatura : 115.5°C
- Flujo de alimentación : 2,400 g./min.

Para las características del producto extruído se fijó como deseables la obtención de hojuelas en forma de láminas grandes, de color amari-- llo, textura uniforme, estructura bastante esponjosa, bastante fractu-- rable y rotura fácil. Estas condiciones de procesamiento son pareci--

das a las reportadas por Valencia (55) para la extrusión del frijol - castilla y haba; y también a las reportadas por Kamishikiriyo (34) para la extrusión de arroz/quinua/frijol soya; y cebada/quinua/frijol soya.

Así mismo, según el Cuadro N° 35, el tratamiento térmico que sufren los productos durante la extrusión por un corto tiempo, es suficiente para eliminar las sustancias antinutricionales, ya que la actividad ureásica se ve disminuída en gran forma, con respecto a las harinas crudas, obteniéndose la menor actividad ureásica con las condiciones óptimas del proceso. Siendo para la mezcla I de 0.04, para la II_a de 0.03 y para la II_b de 0.01. Como se nota la actividad residual de la ureasa desciende por efectos del tratamiento térmico.

Jaffe (31), indica que inactivando las sustancias antinutricionales se obtienen mezclas mucho mas nutritivas. La actividad de los inhibidores enzimáticos no es un índice total para determinar la eficiencia del tratamiento térmico, ya que la prueba de la hemaglutinina resulta ser la más apropiada; sin embargo no se realizaron otras investigaciones del efecto del tratamiento térmico sobre los factores tóxicos presentes en las mezclas porque en trabajos tales como Ríos (51), Chauvin (18), Valencia (55) y Kamishikiriyo (34); han demostrado que temperaturas mayores a 100°C destruye mas del 80% de éstas.

E. De la post-extrusión de las mezclas

Las hojuelas obtenidas en la extrusión fueron secadas, molidas, tamizadas empacadas y selladas; quedando constituídas las mezclas precocidas e ins-

tantánea en forma de harinas.

El proceso de cocción-extrusión, presenta ventajas frente a otros debido a que utiliza temperaturas altas durante un tiempo bastante reducido, lo que permite una elevada gelatinización de los almidones, mejorando su digestibilidad y disponibilidad calórica, así como una inactivación de los factores antinutricionales, con una pérdida casi insignificante de elementos termolábiles, como las vitaminas, lo cual conduce a obtener un producto de alta calidad nutritiva.

Este proceso constituye la solución más racional a las necesidades de tratamiento de las harinas de leguminosas con la finalidad de obtener una mejora sustancial de las características de digestibilidad y asimilación, - juntamente con un grado de instantaneidad óptimo.

F. De la evaluación de los productos finales

1. Composición Química Proximal

En el Cuadro N° 36, se dan los resultados del análisis químico proximal de las mezclas precocidas e instantánea. En ella se puede apreciar que las tres mezclas tienen un bajo contenido de humedad. Así mismo presentan un buen contenido protéico; la mezcla I tiene la cantidad de proteína mas baja (14.25%) porque el frijol interviene en menor porcentaje que en las mezclas II_a y II_b; pues solamente en un 26% teniendo en las otras una participación de 47%; correspondiéndole a la mezcla instantánea II_b el contenido mas alto (17.72%), cabe decir también que ésta ha sido sometida a un mayor tratamiento térmico, ya que fue extruída dos veces.

Este incremento en el valor nutritivo por el proceso de cocción-extrusión confirma la presencia de factores antinutricionales en el frijol crudo, los cuales se destruyen por el calor, en igual forma que sucede con otras leguminosas tal como lo han reportado otros investigadores - (12, (7) y (27).

En cuanto al porcentaje de grasa, la mezcla II_a tiene el menor contenido (2.16%) y la mezcla II_b tiene el mayor contenido (4.55%); siendo la cantidad de grasa una variable importante para el procesamiento de cocción-extrusión; estos valores se encuentran dentro de los límites necesarios; ya que el contenido mínimo es 1% y el máximo es 6.5%.

Referente al contenido de carbohidratos y fibra la mezcla II_a presenta los valores mas altos 69.28% y 2.33% respectivamente, en comparación con las mezclas I y II_b. El contenido de cenizas es alto en las tres mezclas y no se encuentra dentro de los requisitos establecidos por el ITINTEC para la harina de trigo que da un máximo contenido de cenizas de 1.41%; demostrando un buen contenido de sales inorgánicas.

2. Análisis Bromatológicos

Los análisis bromatológicos realizados en las mezclas precocidas e instantánea, se observan en el Cuadro N° 37. En él se puede apreciar que el contenido de calcio y fósforo es mayor en la mezcla II_b; y el contenido de hierro en la II_a.

Referente al contenido de azúcares reductores y totales, se realizó con la finalidad de averiguar si el almidón en las mezclas se ha desdoblado a azúcares simples.

Los azúcares reductores son aquellos que poseen grupos libres de aldehidos o de cetonas, en donde dos o más monosacáridos son unidos a través de sus grupos, de manera que estos grupos reductores no están libres. La maltosa y lactosa son azúcares reductores. La maltosa es el producto de la hidrólisis del almidón, Anos (5).

Según el Cuadro, se aprecia que las tres mezclas reportan un buen porcentaje de azúcares reductores y totales siendo aún los valores mayores para la mezcla II_b (5.46% y 7.50%); esto guarda relación con el bajo contenido de almidón de las mezclas. Comparando estos resultados con los obtenidos por Vivas (56), se ve que existe similitud, ya que se trata de mezclas básicas precocidas a base de quinua/arroz/soya, quinua/trigo/soya; y quinua/maíz/soya.

En lo que respecta al almidón, este debe ser descompuesto en unidades más pequeñas para poder participar en transformaciones metabólicas, - por lo tanto, sus uniones glucosídicas deben ser destruídas, Knight (37).

El almidón en estado natural no es soluble en agua fría ni presenta adsorción de agua o formación de geles. Sin embargo, al ser procesadas las mezclas, el almidón se modifica por acción del calor y el daño mecánico ocasionado; por lo tanto estas características se alteran considerablemente, Kent (36).

Como se observa, en general las tres mezclas presentan un contenido bajo de almidón, siendo menor para la mezcla II_b (12.32%), lo que significa que la acción de las altas temperaturas en presencia de humedad ,

modifica parcialmente el almidón, lográndose una expansión y estallido de los gránulos de almidón, durante la extrusión, obteniéndose de este modo una consistencia apropiada; trayendo consigo una mayor gelatinización y por lo tanto una mejor digestibilidad.

Estos resultados guardan relación con lo reportado por Vivas (56), cuyas mezclas vegetales precocidas tuvieron valores de 22.50, 14.22 y 39.69% de almidón.

3. Análisis Físico - Químicos

a) Acidez, pH, Índice de proteínas dispersables, absorción y solubilidad en agua

En el Cuadro N° 38, se observa los valores analizados en las tres mezclas alimenticias. Referente a la acidez titulable, se observa que las tres mezclas presentan valores mas bajos (0.189, 0.208 y 0.214%), que el límite máximo permisible de acuerdo a la norma establecida por el ITINTEC para la harina de trigo que es de 0.22%. Consultando la bibliografía, Vargas (54), reporta para harinas de leguminosas una acidez permisible expresada en % de ácido sulfúrico de 0.582. Probablemente la alta acidez que tienen las mezclas precocidas e instantánea, se deba a la hidrólisis que sufren los ácidos grasos por calentamiento, durante el tratamiento térmico. Comparando los valores de acidez, con los obtenidos por Zeceovich (59) para harina de maíz; y Ruíz (52) para harina de frijol de palo se ve que existe similitud.

El pH fue de 6.22 para la mezcla II_b, siendo ligeramente más ácidas la I y II_a con 6.20. Se sabe que los alimentos del hombre tanto de origen animal como vegetal son ligeramente ácidos, los cuales están dentro del pH 5.0 y 6.8, según indica Ruíz (52).

El índice de proteínas dispersables (IPD), es menor para la mezcla I, que es de 7.72% y las mezclas II_a y II_b tienen valores de 10.75 y 10.67% respectivamente.

Kamishikiryō (34), informa que las proteínas se hacen insolubles, por efecto del calor durante la extrusión, se solidifican y se unen y reaccionan con otras sustancias, que generalmente son los carbohidratos. El IPD es el método más usado para la evaluación de la desnaturalización protéica. El grupo PAG de la FAO-OMS-UNICEF (22) recomienda para harinas de leguminosas valores de IPD entre 7 y 40% - (como % de la proteína total). Encontrándose los valores de IPD de las mezclas dentro de este rango.

En lo referente al índice de absorción, se observa que la mezcla II_b tiene un mayor valor (6.55 g. gel/100 g.), siguiéndole las mezclas II_a y I con 5.12 y 4.33 g. gel/100 g. respectivamente; esto es debido a que la cocción trae consigo una mayor gelatinización y desdoblamiento de los gránulos de almidón. De los resultados se deduce que, en la mezcla II_b el almidón ha sido modificado en mayor proporción, ya que es la que tiene mayor índice de absorción, así como mayor grado de gelatinización y menor contenido de almidón total.

Puede considerarse entonces la medida del índice de absorción y el porcentaje de solubilidad como una medida del grado de modificación del almidón.

En cuanto al índice de solubilidad, la mezcla II_b presenta un mayor valor, 17.71 g. sólidos solubles/100 g. de muestra, seguido por las mezclas II_a y I. Estos resultados guardan coherencia respecto al grado de absorción de agua, debido a que existe una relación directa entre estos dos parámetros. Knight (37) informa que los almidones gelatinizados tienen la propiedad de hacerse mas solubles, de formar geles y de absorber gran cantidad de agua; esto guarda relación con lo reportado por Vivas (56).

b) Análisis granulométrico

En el Cuadro N° 39 se dan los resultados del módulo de finura e índice de uniformidad de las mezclas alimenticias. Se observa que todas presentan mayor porcentaje de partículas finas a un diámetro de 0.100 m.m.; siendo superior el porcentaje de retención en la mezcla precocida I; así también se tiene que la mezcla instantánea II_b reporta mayor módulo de finura (1.26) en relación con las mezclas I y II_a (1.00 y 1.16 respectivamente), lo que indica estar integrada en su mayoría por partículas del grado medio luego de la molienda, deduciéndose de ello que la harina de frijol presenta una mayor resistencia a la desintegración. Sin embargo todas las mezclas tienen un módulo de finura correspondiente al grado fino, según la clasificación del ITINTEC (30).

Con respecto al índice de uniformidad, las mezclas I, II_a y II_b presentan valores de : 0/1/10, 0/0/10 y 0/ 0/10 respectivamente. Estos valores son de marcada utilidad ya que caracterizan adecuadamente a las mezclas y permite corregir la dificultad o facilidad de éstas , cuando se adicionan otros ingredientes.

Por lo tanto las harinas con gran fineza y uniformidad, son mas fáciles de mezclar cuando tienen contenidos variables de fibra, proteínas y grasa. Los valores dependen especialmente del tipo de molienda que se ha practicado, aunque también tienen que ver el acondicionamiento y los tratamientos dados a las materias primas.

Los valores de módulo de finura e índice de uniformidad concuerdan con los obtenidos por Zeceovich (59) y Ruíz (52).

c) Isotermas de adsorción

Las isotermas obtenidas se muestran en el gráfico N° 2 y tienen la forma sigmoidea caracterizada por dos pendientes pronunciadas, una que ocurre a baja actividad de agua (0-0.10) y la otra que se presenta a valores mayores de 0.5 AW. La primera indica que se está tomando una apreciable cantidad de agua sin que se varíe considerablemente la actividad de la misma, característico de la adsorción en una capa simple. Luego se tiene un intervalo con pendiente muy reducida que representa a la adsorción en multicapas. Y, cuando la presión pasa del valor 0.5, el agua ingresa a los conductos capilares del alimento, nueva área que también sufre el fenómeno de adsorción en capa simple y multicapas hasta saturarse por completo. Si

se observan las isotermas antes indicadas es interesante anotar que la mezcla II_b que presenta un mayor contenido de azúcares reductores e índice de absorción (Ver Cuadros 37 y 38) es precisamente la que se ubica en una situación de menor tendencia a la hidroscopticidad, indicándonos que tiene menores posibilidades de conservación en almacenamiento a un mismo porcentaje de humedad en relación a las mezclas I y II_a ; situación esta que se encuentra en clara contradicción con lo manifestado por diferentes autores tales como Cheftel (19) y Martínez (42) (Ver Gráfico N° 1 de la revisión de literatura), que indican que a un mayor contenido de azúcares reductores la hidroscopticidad debe ser mayor; este hecho solamente podría tener una explicación en el mayor contenido de extracto etéreo (Ver Cuadro N° 36) que como se sabe determina que los productos muestren una mayor tendencia hidrofóbica.

Los Gráficos 3, 4 y 5 muestran las curvas resultantes de la aplicación de la teoría de B.E.T. a los datos de las isotermas. Martínez (42) señala que la adsorción no es un fenómeno de superficie y el agua cubre solamente las partes polares (grupos activos) del material adsorbente.

El valor monomolecular (m_1) nos indica la cantidad de grupos activos capaces de adsorber agua, que tienen las mezclas en su composición química. Las grasas son hidrofóbicas, y no responsables de la adsorción del agua; en cambio los carbohidratos son las sustancias más hidrofílicas, debido a la gran densidad de los grupos activos

oxhidrilo, mientras que las proteínas están situadas en un plano intermedio ya que se ha comprobado que el agua se adsorbe sólo en los grupos activos mas accesibles de la proteína, esto lo indica Labuza (39); del Cuadro N° 43 se deduce que la adsorción de las mezclas está en función de su contenido en carbohidratos, ya que como se observa al aumentar este valor, aumenta también el valor monomolecular (m_1), presentando la mezcla precocida II_a el valor mas alto. Candiotti (14) y Vivas (56) también encontraron la misma relación.

4. Balance de Materia

Puede verse en el Diagrama 2 que con respecto a la harina cruda de maíz amarillo los mayores porcentajes de salida del proceso, se produjeron en las operaciones de clasificación con 10.85% y tamizado con 14.46%, ya que se buscó obtener un producto bastante uniforme, siendo necesario para ello eliminar la cáscara y fracción gruesa; el rendimiento final fue de 62.65%.

En el Diagrama 3, con relación a la harina cruda de frijol de palo se puede manifestar que el bajo rendimiento (50.98%) se debió a las operaciones de descascarado con una pérdida de 14.27% y clasificación con 17.40%; por la dificultad de desprendimiento de la cáscara y endospermo, debido a la presencia de una sustancia gomosa, conduciendo a una gran cantidad de pérdida en el momento del descascarado y clasificación. Así mismo el frijol tiene una proporción un tanto alta de cáscara, como quedó demostrado en la caracterización.

En el Diagrama 4, referente a las mezclas precocidas e instantáneas se

aprecia que las mayores pérdidas son referidas a la extrusión, así como en el secado, molienda y tamizado; y ciertas pérdidas de mezcla que queda retenida en el mezclador y extrusor, que influyen en el rendimiento final. Sin embargo los rendimientos de mezcla precocida de 61.48% e instantánea de 49.48% encontrados, son similares a los obtenidos por Kamishikiriyo (34) para mezclas precocidas; así mismo Ríos (51) obtuvo 50% de rendimiento para harina precocida de frijol casti-
lla, Ruíz (52) de 44.47% para harina precocida de frijol de palo y Zecovich (59) de 86.70% para harina precocida de maíz amarillo.

5. Controles Microbiológicos

En el Cuadro N° 43, puede verse que las tres mezclas alimenticias se encuentran en buenas condiciones, por lo que se puede decir que son de buena calidad microbiológica.

De acuerdo a los análisis de numeración de hongos y levaduras, recuento de bacterias aerobios mesófilos viables, coliformes, *Escherichia coli*, *Bacillus cereus* y detección de salmonellas, estos dieron resultados que se encuentran dentro de los límites recomendados por APHA. Solamente en lo que respecta al número de Coliformes en la mezcla precocida I, se encuentra en el número máximo permisible; esto indica que posiblemente durante el procesamiento las condiciones de trabajo no fueron ideales, (manipuleo). En lo que respecta al número de hongos en la mezcla instantánea II_b, también se encuentra en el número máximo permisible; esto es debido a que la calidad de las materias primas y el almacenamiento antes de ser sometidas a procesamiento no han sido

muy óptimas. Sin embargo estos resultados no afectan la calidad final de los productos, ya que trabajando con mayor control y tomando todas las precauciones posibles en cada una de las operaciones durante el procesamiento, el índice sería nulo.

6. Evaluación Sensorial

a) Crema

Los análisis realizados nos muestran que las características organolépticas referentes al olor o aroma, color y consistencia presentan diferencias significativas por lo que fueron sometidas a la prueba estadística de Tukey, resultando la muestra C con el promedio más alto respecto al olor o aroma y consistencia; y la muestra B referente al color.

El Cuadro N° 44 muestra los resultados de la evaluación sensorial, determinando que la muestra C es la que tiene los valores promedios más altos referente a la mayoría de los atributos evaluados; y por lo tanto se puede deducir que este tratamiento es el mejor, el cual le corresponde a la mezcla instantánea II_b.

En términos generales las cremas alcanzaron el grado de "aceptable" no existiendo tratamientos con el calificativo de excelente ni desagradable y siendo factibles de ser mejoradas, además el sabor extraño es ligero, apenas perceptible.

b) Bebida

Los resultados obtenidos en la evaluación sensorial de la bebida -

nos demuestra que los atributos de color y consistencia presentan - diferencias estadísticas significativas por lo que fue necesario - efectuar la prueba de Tukey, resultando la muestra B con el promedio mas alto referente al color, y la muestra C respecto a la consistencia.

En el Cuadro N° 45 se muestra los valores promedios y calificativos obtenidos en la evaluación sensorial, observando que la muestra B es la que tiene los valores promedios mas altos referente al olor o aroma y color, y la muestra C presenta los valores mas altos con respecto a la consistencia y sabor extraño.

En términos generales, se tiene que las bebidas alcanzaron un puntaje regular en su calificación y por lo tanto se puede afirmar que las mezclas alimenticias utilizadas en la preparación reúnen buenas condiciones para tal fin, solamente se debe tratar de mejorar adicionando saborizantes.

c) Mazamorra

Los análisis efectuados nos muestran que las características organolépticas del olor o aroma y color presentan diferencias estadísticas significativas, debido al cual se sometió a la prueba estadística de Tukey, resultando la muestra B con el promedio mas alto referente a ambos atributos.

Según el Cuadro N° 46 se puede observar que la muestra B es la que tiene los valores promedios mas altos con respecto a los atributos

de olor o aroma y color, y que la muestra C tiene los valores promedios mas altos referente a la consistencia y sabor extraño; siendo del mismo valor promedio en B y en C en el atributo del sabor.

Del mismo modo que en las anteriores, en las mazamorras el sabor extraño es ligero apenas perceptible.

7. Evaluación Biológica

a) Cómputo químico (C.Q.)

En el Cuadro N° 4/ se observa los resultados del balance de aminoácidos efectuados para las mezclas I, II_a y II_b; donde podemos apreciar que la mezcla I posee un cómputo químico de 65.0% y su aminoácido limitante es el triptófano. Por otro lado vemos que la mezcla II_a (precocida) y II_b (instantánea), poseen el mismo cómputo químico que es de 62.28% y el aminoácido limitante lo constituye la metionina-cistina. Es muy importante indicar que la mezcla II_a posee el mismo cómputo químico que la mezcla II_b debido a que estos datos fueron calculados teóricamente, teniendo ambas fórmulas el mismo porcentaje de mezcla.

El hecho de que las mezclas de maíz amarillo y frijol de palo obtuvieron estas deficiencias, se debe a que ambos productos son deficientes en triptófano; como es de conocimiento el maíz amarillo es deficiente en lisina y triptófano y de acuerdo a los resultados presentados, el frijol de palo es deficiente en metionina-cistina y triptófano. Esto explica la poca respuesta entre el maíz amarillo y frijol de palo.

b) Indice de eficiencia protéica (PER)

Los estudios biológicos realizados con ratas jóvenes por un período de 28 días, (Cuadros 49 y 50), indicaron poco crecimiento y baja calidad proteínica de la mezcla precocida I. Sin embargo al aumentar el porcentaje de mezcla del frijol de palo, de 26% en la mezcla I a 47% en las mezclas II_a y II_b, mejoró significativamente el valor nutritivo de las mezclas, aumentando el índice de eficiencia protéica de 1.31 a 2.17 y a 2.39 respectivamente.

Indicando claramente la superioridad de la mezcla instantánea II_b - sobre la II_a a pesar de tener los mismos porcentajes de mezcla. Sin embargo una de las razones de su buena eficiencia protéica, es el mayor tiempo de cocción extrusión que tuvo, lográndose eliminar el mayor contenido de factores antinutricionales que fueron destruidos por el calor; ya que esta mezcla es la que contiene el mayor porcentaje de proteínas, extracto etereo, y el menor contenido de almidones y la menor actividad ureásica.

El buen PER de la mezcla II_b es bastante halagueño, por lo que se le puede considerar como un alimento de buen valor nutritivo, suceptible de ser destinado a la alimentación de grupos vulnerables.

Comparando los resultados de PER de las mezclas alimenticias con los reportados por la revisión de literatura (Cuadro N° 10), observamos que la mezcla II_b tiene un mayor valor de PER que la Colombiharina e Incaparina, así mismo en estudios de mezclas alimenticias realizadas por Kamishikiriyo (34) y Ríos (51) (Cuadro N° 11), vemos que en los valores de PER existe similitud.

G. De las pruebas de aplicación experimental

1. Pruebas de Dilución

En las preparaciones de crema, bebida y mazamorra se observó que dichas mezclas alimenticias sedimentaron al hacer la dilución pasados los 15 minutos, lo cual puede considerarse "aceptable" ya que se trata de alimentos precocidos e instantáneos, lo que demuestra que los productos son reconstituídos con facilidad, la formación de grumos desaparecen con movimientos manuales y la textura se presenta fina al paladar.

VI. CONCLUSIONES

En base a las condiciones de trabajo existentes en el presente ensayo experimental y a los resultados obtenidos, se ha llegado a las siguientes conclusiones :

1. El flujo adecuado para la elaboración de mezclas alimenticias precocidas e instantáneas a partir de maíz amarillo y frijol de palo fue :
 - a) Pre-Extrusión : Acondicionado a una temperatura de 70°C por 6 horas, quebrado, descascarado, clasificación, molienda y tamizado.
 - b) Formulación : Balance de proteínas y de harinas crudas; siendo las mezclas seleccionadas I (74% de maíz amarillo, 26% de frijol de palo) y II (53% de maíz amarillo, 47% de frijol de palo).
 - c) Cocción-Extrusión : Mezclado, acondicionamiento a 23% de humedad y extrusión a una temperatura de 115.5°C con un flujo de alimentación de 2,400 g./min.
 - d) Post-Extrusión : Secado de hojuelas a una temperatura de 45°C por 2 horas, molienda-tamizado, empacado-sellado y almacenaje.

2. Es factible la obtención de mezclas precocidas e instantáneas a partir de maíz amarillo y frijol de palo. Así mismo, las mezclas alimenticias seleccionadas, I y II_a precocidas; y II_b instantánea, ofrecen proporciones adecuadas de proteínas (14.25, 15.63 y 17.72% respectivamente), de grasa (3.60, 2.16 y 4.55%) y carbohidratos (68.42, 69.28 y 65.09%); y la mezcla que reportó una mayor eficiencia protéica fue la II_b con un valor PER de 2.39, que representa el 94.47% referido a la caseína y con un cómputo químico de 62.28% respecto a la metionina-cistina.

3. En el análisis granulométrico de las mezclas precocidas e instantánea I,

II_a y II_b se obtuvo módulos de finura de 1.00, 1.16 y 1.26 respectivamente e índices de uniformidad de 0/0/6 para la mezcla I; y de 0/0/5 para las mezclas II_a y II_b. Estos valores indican que las mezclas son adecuadas para la dispersión en otros sólidos o en los líquidos; siendo su utilización en cremas de 10% de sólidos en suspensión, en bebidas de 8% y en mazamorras de 15%.

4. Los valores de adsorción para la capa monomolecular correspondiente a las mezclas precocidas I y II_a e instantánea II_b fueron de 8.22, 9.25 y 7.32 g. de agua por cada 100 g. de materia seca respectivamente.
5. Los rendimientos harineros en las mezclas precocidas fue de 61.48% y en la mezcla instantánea de 49.48%, con respecto a las materias primas iniciales, referido sólo a la fracción fina.
6. Las evaluaciones sensoriales, mostraron que es factible elaborar cremas, bebidas y mazamorras con las mezclas precocidas e instantáneas.
7. Los análisis microbiológicos de las tres mezclas alimenticias se encuentran dentro de los límites señalados por American Public Health Association (APHA).

VII. RECOMENDACIONES

1. Se recomienda hacer otros estudios para la obtención de mezclas alimenticias a base de cereales y leguminosas, de tal modo que se obtengan mejores condiciones de trabajo.
2. Efectuar un aminograma de las mezclas precocidas e instantáneas a fin de determinar con exactitud el contenido de aminoácidos finales.
3. Complementar las deficiencias del frijol de palo en metionina-cistina y triptófano, mediante la adición de éstos en forma pura o a través de otras proteínas de cereales.
4. Suplementar con triptófano la mezcla de maíz amarillo con frijol de palo, ya que ambos productos presentan deficiencia en este aminoácido.
5. Efectuar ensayos para encontrar nuevas formas de uso de las mezclas obtenidas en las preparaciones culinarias de consumo popular; y realizar pruebas de aceptación y preferencia para cada una de ellas.
6. Realizar estudios de factibilidad técnica - económica para determinar la posibilidad de industrializar el maíz amarillo y el frijol de palo en la preparación de mezclas alimenticias, así como de otros productos vegetales de fácil obtención y de consumo popular.

VIII. RESUMEN

El presente trabajo de investigación se realizó con la finalidad de obtener mezclas alimenticias, precocidas e instantáneas, nutricionalmente balanceadas a base de maíz amarillo (Zea mays L.) y frijol de palo (Cajanus cajan L.) determinando finalmente la posibilidad técnica y nutricional de obtener este tipo de alimentos; los cuales serían destinados a todo poblador con deficiencias calórico-protéicas.

Previamente se obtuvieron las harinas crudas de maíz amarillo y frijol de palo, en forma de grits, mediante las operaciones de selección - clasificación, limpieza, acondicionamiento, quebrado, descascarado, clasificación, molienda y tamizado.

Luego se realizó la formulación de las mezclas crudas, mediante el balance de proteínas y el balance de harinas crudas. Se utilizó la técnica del cálculo matemático, fundamentado en el balance de aminoácidos esenciales, contenidos en las proteínas del maíz amarillo y frijol de palo. Las mezclas alimenticias finalmente seleccionadas fueron :

Maíz amarillo	74%	Maíz amarillo	53%
Frijol de palo	26%	Frijol de palo	47%

El proceso de cocción utilizado fue el de Cocción-Extrusión, realizado en un Brady crop cooker, modelo 2160. Se encontró que las harinas crudas a extruir deben ser primeramente acondicionadas a una humedad de 23% y se estableció que la temperatura de extrusión debe ser a 115.5°C y el flujo de alimentación a 2,400 g./min., obteniéndose de este modo un mayor grado de gelatinización del almidón; así como una mejor cocción.

Para este efecto, a las dos mezclas seleccionadas se les sometió a la extrusión y se obtuvo las mezclas precocidas I y II; y a partir de esta última se obtuvo la mezcla instantánea. En virtud a esto se tuvieron tres mezclas, -- siendo I (74%/26%) y II_a (53%/47%) precocidas; y II_b (53%/47%) instantánea. Se seleccionó la mezcla II para obtener la mezcla instantánea, porque tuvo la mejor composición química bromatológica (Cuadro N° 22).

Las tres mezclas alimenticias mencionadas presentan una aceptable composición química proximal y bromatológica; así como buenas características físicas y calidad nutricional. Así se observa que el nivel de proteína fluctúa entre 14 a 18%, el grado de gelatinización entre 52 y 70%, la actividad ureá sica entre 0.04 y 0.01 y el índice de eficiencia protéica (PER) entre 1.31 y 2.39; obteniéndose los mejores valores para la mezcla instantánea II_b, ya que presenta una eficiencia protéica (PER = 2.39) cercano a la caseína (2.53) y que representa el 94.47% de esta, teniendo entonces una mejor calidad protéica.

Adicionalmente se encontró que las mezclas son de fácil rehidratación para la preparación de cremas, bebidas y mazamoras las cuales fueron evaluadas sensorialmente, no detectándose sabor extraño en ninguna de las tres mezclas favoreciendo de este modo su aceptación por parte de las personas.

Es evidente que el proceso de cocción - extrusión ofrece ventajas significativas y los resultados obtenidos muestran su potencial para procesar una gran variedad de combinación de alimentos, incentivando de esta manera posibilidades de mayores investigaciones.

IX. BIBLIOGRAFIA

1. AMERICAN ASSOCIATION OF CEREAL CHEMISTS, Washington. Aproved methods. Washington, D.C., 1969. 2v.
2. ASSOCIATION OF AGRICULTURAL CHEMISTS, Washington. Official methods of analysis. 9 ed. Washington, D.C., 1975.
3. ASSOCIATION OF CHEMICAL SCIENCE, U.S.A. Método tentativo. BA-9-58. U.S.A. Editorial Board, 1969.
4. AYKROYD and DOUGHTY, L. Legumes in human nutrition. Roma, FAO. 1964.
5. AMOS, A. J. et al. Manual de industrias de los alimentos. Zaragoza, España, Acribia, 1969. 1062 p.
6. AMAT y LEON, C. La alimentación en el Perú. Lima, Universidad Particular del Pacífico, Centro de Investigaciones, 1981. 306 p.
7. BRAHAM, E. J. et al. Efectos de la cocción y de la suplementación con aminoácidos, sobre el valor nutritivo de la proteína del gandul (Cajanus cajan L.). Archivos Latinoamericanos de nutrición. (Venezuela) 15 (8) : 19-32. 1965.
8. BEHAR, M. y BRESSANI, R. Recursos protéicos en América Latina. Guatemala, INCAP, 1971. v. 1/620 p.
9. BRESSANI, R. Complementary aminoacid patterns, nutrients in processed food proteins publishing sciences group. Massachussets. Estados Unidos, 1976.
10. _____. La importancia del maíz en la nutrición humana en América Latina y otros países. Guatemala, INCAP, 1980.
11. _____ y ELIAS, L.G. Evaluación de la calidad proteínica de varias leguminosas de grano usando diversos métodos biológicos. Archivos Latinoamericanos de nutrición. (Venezuela) 26 (3) : 325-339. 1968.

12. BRESSANI, R. et al. Valor nutritivo de mezclas de arroz y frijol. Archivos Latinoamericanos de nutrición (Guatemala) 32 (4) : 47-78. 1982.
13. BUCKLE, T. S. DE y PARDO, C.A. Estudio de seis métodos analíticos para la medida del grado de modificación del almidón en harinas precocidas. IIT Tecnología (Colombia) 15 (82) : 7-20. 1973.
14. CANDIOTTI, F.M. Estudio técnico para la elaboración de harinas precocidas a partir de los frijoles caraota (Phaseolus vulgaris) y castilla (Vigna sinensis). Tesis Ing° Ind. Alim. La Molina, Lima, Perú, Universidad Nacional Agraria, Programa de Industrias Alimentarias, 1977.
15. CABIESES, M. C. Estudio de mezclas protéicas provenientes de leguminosas y cereales cultivadas en el Perú. Dirección de investigación tecnológica y alimentaria. Lima, Perú, I.N.D.D.A., 1976.
16. CARRILLO, U.P. Comportamiento de 21 híbridos y variedades de maíz (Zea mays L.) en la zona de Tingo María. Tesis Ing. Agr. Tingo María, Perú, Universidad Nacional Agraria de la Selva, Programa de Agronomía, 1980. 66p.
17. CENTRO LATINOAMERICANO DE ENSEÑANZA E INVESTIGACION DE BACTERIOLOGIA ALIMENTARIA. Guía de trabajos prácticos. Lima, Perú, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, 1982.
18. CHAUVIN, V. J. Desarrollo experimental de un proceso combinado de extrusión e hidrólisis enzimática para la suplementación alimenticia a base de arroz y soya. Guatemala, INCAP - CESNA, 1981.
19. CHEFTEL, J. C. y CHEFTEL, H. Introducción a la bioquímica y tecnología de los alimentos. Trad. del francés por Francisco López C. Zaragoza, España, Acribia, 1980. v. 1/333 p.

20. ELIAS, L.G. Problems and potentials in storage and processing of good legumes in Latin American. In potentials of fields beans and other food in Latin American. CIAT. Series Seminars N° 2E., 1973.
21. _____ and BRESSANI, R. Improved of the protein quality of corn beans diets by the use for fortified corn or opaque-2- corn. New York, Ed. Mount Kisco, 1976.
22. FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. Requerimientos de energía y proteína. Informe de un comité experto ad-hoc. Roma, 1973.
23. _____. Contenido de aminoácidos de los alimentos y datos biológicos sobre las proteínas. ONU, Roma, 1970.
24. _____. Las leguminosas en la agricultura. Su, estudios agropecuarios, N° 35, 1970.
25. _____. El maíz en la alimentación. Su, estudios agropecuarios N° 18, 1968.
26. GONZAGA, L. Efecto del procesamiento sobre el valor nutritivo del frijol y de sus preparaciones. Guatemala, INCAP, 1975.
27. GOMEZ, R. et al. Changes in chemical composition and nutritive value of common beans and other legumes during house cooking. Guatemala, INCAP, 1975.
28. INSTITUTO MEXICANO DE INVESTIGACIONES TECNOLOGICAS. Empleo de concentrados protéicos en mezcla con carbohidratos. Proyecto OEA. México, 1972.
29. INSTITUTO DE NUTRICION. La composición de los alimentos peruanos. 5 ed. Lima, Perú, Ministerio de Salud, 1975.

30. INSTITUTO DE INVESTIGACION TECNOLOGICA INDUSTRIAL Y DE NORMAS TECNICAS.
Norma Técnica N° 205.027, 205.044 y 205.039. Harina de trigo, harinas sucedáneas procedentes de leguminosas de grano alimenticio; y de terminación de acidez titulable. Lima, Perú, 1975 y 1981.
31. JAFFE, W. G. Factores tóxicos en leguminosas. Archivos Latinoamericanos de nutrición. (Venezuela) (18) : 205-218. 1968.
32. _____ y FLORES, M. La cocción de frijoles (Phaseolus vulgaris). Archivos Latinoamericanos de nutrición. (Venezuela) 12 (25) : 79-95-1975.
33. KAKADE, H. L. and EVANS, R. J. Growth inhibition of rats food raw navy beans (Phaseolus vulgaris). Food Proceedings. 22 : 551-580. 1963.
34. KAMISHIKIRIYO, I. y OLIVARES, R. Investigación científica y tecnológica en mezclas vegetales enriquecidas de alto valor nutritivo derivados de la soya. Lima, Perú, Proyecto PIDES. INDDA., 1983.
35. KENT, J. y AMOS, A. Modern cereal chemistry. London. Food Trade Press. London, England, 1967.
36. KENT, N.L. Tecnología de los cereales. Zaragoza, España, Acribia, 1971.
37. KNIGHT, J.W. The starch industry A. London, Gran Bretaña, Wheaton and co. Exeter, 1969.
38. KURIEN, P.P. and PARPIA, H.A. Pulse milling in India. I. Processing and milling of fur arahas (Cajanus cajan).
Journal of Food Science and Technology, (Mysere), 1968.
39. LABUZA, T.P. Effects of dehydration and storage. Food Technology (Estados Unidos) 8 (14) : 17-32. 1973.
40. LIENER, J.E. et al. Cocción-Extrusión. In. Curso internacional de extru

- sión, 1°. Santiago de Chile, Instituto de Investigaciones Tecnológicas. Santiago de Chile, 1977.
41. LOAYZA, C. Molienda selectiva en seco de leguminosas para la obtención de fracciones ricas en proteínas. Lima, Perú, INDDA, 1978.
 42. MARTINEZ, F. Estudios de la relación humedad-actividad de agua en algunos alimentos. Anales Científicos. Lima, Perú, Universidad Nacional Agraria, 1968.
 43. MEZA, O.A. Comportamiento del frijol de palo (Cajanus cajan L.) en la zona de Tingo María. Tesis Ing. Agr. Tingo María, Perú, Universidad Nacional Agraria de la Selva, Programa de Agronomía, 1975. 64 p.
 44. MOLINA, M. et al. Interrelaciones entre el tiempo de remojo, tiempo de cocción, valor nutritivo y otras características del frijol caraota (Phaseolus vulgaris). Guatemala, INCAP., 1975.
 45. MUÑOZ DE MAGUIÑA, A.M. Evaluación químico-bromatológico y nutricional de las combinaciones de papa, tarhui, quinua y cebada. Lima, Perú. Universidad Nacional Agraria, 1979.
 46. ORGANIZACION PANAMERICANA DE LA SALUD. Normas generales para un programa de fortificación de alimentos en América Latina y el Caribe. Informe Reunión Grupo OPS., Washington, D.C., 1972.
 47. PERU. MINISTERIO DE AGRICULTURA. OFICINA SECTORIAL DE ESTADISTICA E INFORMATICA. Anuario Estadístico Agropecuario. Lima, Perú. 1976-1982.
 48. PERALTA, G. Influencia del lavado en la utilización de las proteínas del grano de quinua (Chenopodiun quinoa willd) por la rata. Tesis Ing. Zoot. La Molina, Lima, Perú, Universidad Nacional Agraria, Programa de Zootecnia, 1979.

49. PEARSON, D. Técnicas de Laboratorio para el análisis de alimentos. Zaragoza, España, Acribia, 1976.
50. POTTER, N.N. La ciencia de los alimentos. México, Edutex S.A., 1978, 749 p.
51. RIOS, W. y KAMISHIKIRIYO, I. Estudio tecnológico para la elaboración de mezclas enriquecidas. Lima, Perú, Proyecto PRONAP. IIA., 1977.
52. RUIZ, C.O. Obtención de harina precocida de frijol de palo (Cajanus cajan L.) su caracterización y aplicación. Tesis Ing. Ind. Alim. Tingo María, Perú, Universidad Nacional Agraria de la Selva, Programa de Industrias Alimentarias, 1981, 136 p.
53. SMITH, O.B. Versatility of texturizing by extrusion cooking. Paper presented at the 6 th. anual meeting. Washington, American Institute of chemical Engineering. 1974.
54. VARGAS, S.R. Elaboración de una mezcla alimenticia a base de quinua (Chenopodium quinoa) y soya (Glycine max). Tesis Ing. Ind. Alim. Lima, Perú, Universidad Nacional Agraria, Programa de Industrias Alimentarias, 1978.
55. VALENCIA, M.J. Desarrollo de derivados de leguminosas secas para su incorporación en alimentos formulados y en alimentos de cocción rápida de bajo costo. Lima, Perú, Proyecto PADT., 1982, 198 p.
56. VIVAS, B.M. Estudio técnico para la obtención de una mezcla vegetal básica precocida para consumo humano. Tesis Ing. Ind. Alim. Lima, Perú, Universidad Nacional Agraria, Programa de Industrias Alimentarias, 1979. 219 p.
57. YOUNG, N. y BUCKLE, T. Consideraciones sobre alimentos de alto valor nutricional y bajo costo. IIT. Tecnología (Colombia) 13 (91):7-17.1974.

58. ZAPATA, L.E. Investigación y desarrollo en extrusión de alimentos en el Instituto de Investigaciones Tecnológicas en Bogotá, Colombia, IIT. Tecnología (Colombia) 23 (123) 9-35. 1980.
59. ZECEVICH, A.T. Estudio Tecnológico de obtención de harina de maíz (Zea mays L.) variedad : Cuban yellow. Efectos de su preparación y niveles de sustitución en la elaboración de pan. Tesis Ing. Ind. Alim. Tingo María, Perú, Universidad Nacional Agraria de la Selva, Programa de Industrias Alimentarias, 1984. 122 p.

X. APENDICE

ANEXO 1

Método de análisis para la determinación del Grado de Gelatinización de almidón

Aparatos

Licadora, Centrífuga, Tubos de Centrífuga, Fiolas de 100 ml. de capacidad, Espectrofotómetro marca Coleman, Tubos de Espectrofotómetro y Probetas de 200 ml. de capacidad.

Reactivos

Solución de yodo, Hidróxido de potasio 10 M. y Acido clorhídrico 0.5 M.

Procedimiento

1. Se pesa 1 gr. de muestra, se lee la absorvancia de las muestras en un espectrofotómetro a 600 m.p.r. contra un blanco de los reactivos.

El blanco 1 de los reactivos se prepara con 100 ml. de agua destilada y 1 ml. de yodo.

2. Paralelamente se prepara otra suspensión con 1 gr. de muestra en 190 ml. de agua destilada, de allí se toma otra alícuota de 10 ml. y se afora a 100 ml. con agua destilada, se agrega 1 ml. de solución de yodo y se lee en el espectrofotómetro tal como se describió anteriormente.

El blanco 2 se prepara con 0.5 ml. de KOH 10 M. + 10 ml. de HCL 0.5 M. y se lleva a 100 ml. con agua destilada y se agrega 1 ml. de yodo.

Cálculos

$$\text{Grado de gelatinización} = \frac{A_a}{A_b} \times 50$$

A_a = Absorvancia de la muestra

A_b = Absorvancia de la muestra tratada con álcali.

ANEXO 2

Método de análisis para la determinación del Índice de Absorción y Solubilidad en agua

Aparatos

Tubos de centrífuga, baño maría, centrífuga, probetas, placas petri, pipetas gradilla, estufa.

Procedimiento

1. Se pesan los tubos de centrífuga
2. Se añaden 2.5 gr. de muestra a cada tubo
3. Se agregan 30 ml. de agua destilada a T° de 30°C.
4. Se colocan al baño maría, manteniendo la temperatura constante de la suspensión (30°C.)
5. Se agitan ocasionalmente durante 30 min. .
6. Luego se centrifuga a 3,000 RPM. durante 10 min.
7. Se decanta el líquido sobrenadante y se mide el volumen de éste, luego se pesa el tubo con el gel.
8. Para determinar la solubilidad, se toma una alícuota de 10 a 20 ml. del líquido sobrenadante, se coloca en una placa petri, y luego a una estufa para que se evapore a sequedad, a temperatura de 100-105°C. durante 2.5 horas.

Cálculos

1. El peso del gel se obtiene por diferencia de pesadas, para determinar el índice de absorción mediante la siguiente fórmula :

$$I.A. = \frac{\text{gr. de gel}}{\text{gr. de muestra}}$$

2. Para los fines del cálculo de la solubilidad, se calcula el peso de solubles.

ANEXO 3

MODELO DEL TEST PARA LA EVALUACION SENSORIAL DE LAS CREMAS, BEBIDAS Y MAZA-

MORRAS

INSTRUCCIONES : Pruebe el producto (s) y marque sólo una de las alternativas para describir cada característica de calidad

PRODUCTO : _____ NOMBRE : _____ FECHA : _____

Características de calidad	ALTERNATIVAS	MUESTRAS		
SABOR (5 puntos)	1. Pobre-muy débil-no agrada			
	2. Débil casi regular			
	3. Ligeramente agradable			
	4. Agradable-atractivo			
	5. Muy agradable-excelente			
OLOR O AROMA (5 puntos)	1. Extraño desagradable			
	2. Muy débil- apenas perceptible			
	3. Regular casi característico			
	4. Normal-agradable-característico			
	5. Muy intenso-agradable			
COLOR (5 puntos)	1. Ligeramente oscuro			
	2. Ligeramente pálido			
	3. Ligeramente amarillo atractivo			
	4. Amarillo característico-atractivo			
	5. Excelente característico atractivo			
CONSISTENCIA (5 puntos)	1. Muy consistente			
	2. Muy fluido			
	3. Ligeramente fluido			
	4. Moderadamente fluido casi normal			
	5. Normal-adecuado			
SABOR EXTRAÑO (5 puntos)	1. No existe			
	2. Ligero- apenas perceptible			
	3. Regular			
	4. Notable			
	5. Pronunciado sabor extraño			

COMENTARIOS

.....

.....

ANEXO 4

Formulación de crema de verduras preparada con las tres mezclas alimenticias seleccionadas

Crema preparada	2,000 gr.
Harina (10%)	200 gr.
Agua agregada	2,000 ml.
Ingredientes :	
Zanahoria	180 gr.
Apio	50 "
Porro	50 "
Cebolla	80 "
Sal	15 "
Ajinomoto	1 "
Margarina	40 "
Caldo de pollo .	1 cubito
Leche	100 ml.

ANEXO 5

Formulación de bebida preparada con las tres mezclas alimenticias seleccionadas

Bebida preparada	2,000 gr.
Harina (8%)	160 gr.
Agua agregada	2,000 ml.
Ingredientes :	
Azúcar	160 gr.
Canela	2 "
Clavo de olor	2 "
Leche	100 ml.

ANEXO 6

Formulación de mazamorra preparada con las tres mezclas alimenticias seleccionadas

Mazamorra preparada	2,000 gr.
Harina (15%)	300 gr.
Agua agregada	2,000 ml.
Ingredientes :	
Azúcar	200 gr.
Canela	2 "
Clavo de olor	2 "
Pasas	50 "
Esencia de vainilla	5 ml. (2 cucharaditas)
Leche	100 ml.

ANEXO 7

CUADRO N° 1 : Obtención de m' corregido de las isotermas de adsorción para la graficación de la ecuación de B.E.T.

AW'	m' corregido			AW'/m' (1-AW')		
	I	II _a	II _b	I	II _a	II _b
0.1	5.20	8.00	5.60	2.14	1.39	1.98
0.2	8.00	11.20	7.80	3.12	2.23	3.20
0.3	9.80	12.80	9.00	4.37	3.35	4.76
0.4	10.60	13.80	9.60	6.29	4.83	6.94
0.5	11.00	14.40	9.60	9.09	6.94	10.42
0.6	12.00	15.00	9.80	12.50	10.00	15.31
0.7	13.60	16.60	11.00	17.15	14.05	21.21

Cálculo del valor de la monocapa

A. Para la mezcla precocida I

- Del gráfico : $\frac{AW'}{m' (1-AW')}$ se tiene :

- Pendiente de la recta :

$$b = \frac{Y_2 - Y_1}{X_2 - X_1} = \frac{6.50 - 5.00}{0.50 - 0.365} = \frac{1.50}{0.135} = 11.11$$

$$\begin{aligned} \text{Pendiente} &= 11.11 = \frac{c - 1}{m_1 c} \\ c &= \frac{1}{1 - 11.11 m_1} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Intersección} &= 1.05 = \frac{1}{m_1 c} \\ c &= \frac{1}{1.05 m_1} \\ \frac{1}{1.05 m_1} &= \frac{1}{1 - 11.11 m_1} \\ m_1 &= \frac{1}{12.16} = 8.22 \end{aligned}$$

B. Para la mezcla precocida II_a

- Pendiente de la recta :

$$b = \frac{Y_2 - Y_1}{X_2 - X_1} = \frac{5.30 - 4.00}{0.50 - 0.375} = \frac{1.30}{0.125} = 10.40$$

$$\text{Pendiente :} = 10.40 = \frac{c - 1}{m_1 c}$$

$$\text{Intersección} = 0.4 = \frac{1}{m_1 c}$$

$$\frac{1}{0.4 m_1} = \frac{1}{1 - 10.40 m_1}$$

$$m_1 = \frac{1}{10.80} = 9.25$$

C. Para la mezcla instantánea II_b

- Pendiente de la recta :

$$b = \frac{7.00 - 5.00}{0.50 - 0.345} = \frac{2}{0.155} = 12.90$$

$$\text{Pendiente} = 12.90 = \frac{c - 1}{m_1 c}$$

$$\text{Intersección} = 0.75 = \frac{1}{m_1 c}$$

$$\frac{1}{0.75 m_1} = \frac{1}{1 - 12.90 m_1}$$

$$m_1 = \frac{1}{13.65} = 7.32$$

ANEXO 8

Análisis de Variancia para muestras de crema de verduras

A. Atributo : Sabor

Fuente de Variación	Grado de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	Fc	Ft	Significación
Tratamientos	2	2.720	1.360	2.048	3.44	N.S. <u>1/</u>
Jueces	11	6.557	0.596	0.898	2.26	N.S.
Error	22	14.613	0.664			
Total	35	23.890				

1/ No significativo

B. Atributo : Olor o aroma

Tratamientos	2	2.720	1.3600	4.520	3.44	S <u>2/</u>
Jueces	11	8.557	0.7778	2.588	2.26	S
Error	22	6.613	0.3005			
Total	35	17.890				

2/ Significativo

C. Atributo : Color

Tratamientos	2	4.667	2.3335	3.5	3.44	S
Jueces	11	13.417	1.2196	1.829	2.26	N.S.
Error	22	14.666	0.6667			
Total	35	32.75				

D. Atributo : Consistencia

Tratamientos	2	26.39	13.195	11.955	3.44	A.S. <u>3/</u>
Jueces	11	43.639	3.967	3.594	2.26	S
Error	22	24.281	1.1037			
Total	35	94.31				

3/ Altamente significativo

E. Atributo : Sabor extraño

Tratamientos	2	0.0567	0.02835	0.135	3.44	N.S.
Jueces	11	26.973	2.452	11.698	2.26	A.S.
Error	22	4.6103	0.2096			
Total	35	31.64				

Prueba de Tukey

1. Atributo : Olor o aroma

a) Cálculo del error standard de la media ($S_{\bar{x}}$)

$$S_{\bar{x}} = \frac{\text{C.M. error}}{r} = \frac{0.3005}{12} = 0.158$$

b) Cálculo de la amplitud límite de significación de Tukey (ALS_t)

$$ALS_t = AES \times S_{\bar{x}}$$

AES = Amplitud estudiantizada significativa (tabla)

$$AES_{3,0.05, 22} = 3.555$$

$$ALS_t = 3.555 \times 0.158 = 0.562$$

c) Promedios ordenados de mayor a menor :

$$C = 3.42$$

$$A = 3.00$$

$$B = 2.75$$

d) Promedios comparados y su significación

CUADRO N° 1 : Resultados de significación de la prueba de Tukey en el atributo olor o aroma

Diferencia de promedio	Valor	ALS_{Tukey}	Significación
C - A	0.42		N.S.
C - B	0.67	0.562	S.
A - B	0.25		N.S.

2. Atributo : Color

a) Cálculo del error standard de la media ($S_{\bar{x}}$)

$$S_{\bar{x}} = 0.236$$

b) Cálculo de la amplitud límite de significación de Tukey (ALS_t)

$$ALS_t = 3.555 \times 0.236 = 0.838$$

c) Promedios ordenados de mayor a menor :^s

$$B = 3.42$$

$$C = 3.25$$

$$A = 2.58$$

d) Promedios comparados y su significación

CUADRO N° 2 : Resultado de significación de la Prueba de Tukey en el atributo Color

Diferencia de promedios	Valor	ALS_{Tukey}	Significación
B - C	0.17		N.S.
B - A	0.84	0.838	S.
C - A	0.67		N.S.

3. Atributo : Consistencia

a) Cálculo del error standard de la media ($S_{\bar{x}}$)

$$S_{\bar{x}} = 0.303$$

b) Cálculo de la amplitud límite de significación de Tukey (ALS_t)

$$ALS_t = 3.555 \times 0.303 = 1.07$$

c) Promedios ordenados de mayor a menor :

$$C = 3.75$$

$$B = 2.50$$

$$A = 1.67$$

d) Promedios comparados y su significación :

CUADRO N° 3 : Resultados de significación de la prueba de Tukey en el atributo Consistencia

Diferencia de promedios	Valor	ALS_{Tukey}	Significación
C - B	1.25		S.
C - A	2.08	1.07	S.
B - A	0.83		N. S.

ANEXO 9

Análisis de Variancia para muestras de bebidas

A. Atributo : Sabor

Fuente de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	de Cuadrado Medio	Fc	Ft	Significación
Tratamientos	2	0.393	0.1966	0.32	3.44	N.S.
Jueces	11	12.310	1.1190	1.81	2.26	N.S.
Error	22	16.606	0.6185			
Total	35	26.310				

B. Atributo : Olor o aroma

Tratamientos	2	0.166	0.083	0.233	3.44	N.S.
Jueces	11	12.750	1.159	3.256	2.26	S.
Error	22	7.833	0.356			
Total	35	20.750				

C. Atributo : Color

Tratamientos	2	8.000	4.000	6.030	3.44	A.S.
Jueces	11	10.083	0.916	1.382	2.26	N.S.
Error	22	14.584	0.663			
Total	35	34.750				

D. Atributo : Consistencia

Tratamientos	2	15.723	7.862	12.400	3.44	A.S.
Jueces	11	20.223	1.838	2.899	2.26	S.
Error	22	13.944	0.634			
Total	35	49.890				

E. Atributo : Sabor extraño

Tratamientos	2	0.386	0.193	0.758	3.44	N.S.
Jueces	11	38.970	3.543	13.886	2.26	A.S.
Error	22	5.613	0.255			
Total	35	44.970				

Prueba de Tukey

1. Atributo : Color

a) Cálculo del error standard de la media ($S_{\bar{x}}$)

$$S_{\bar{x}} = 0.235$$

b) Cálculo de la amplitud límite de significación de Tukey (ALS_t)

$$ALS_t = 3.555 \times 0.235 = 0.835$$

c) Promedios ordenados de mayor a menor :

$$B = 2.75$$

$$A = 1.75$$

$$C = 1.75$$

d) Promedios comparados y su significación

CUADRO N° 1 : Resultados de significación de la prueba de Tukey en el atributo Color

Diferencia de promedio	Valor	ALS_{Tukey}	Significación
B - A	1.00		S.
B - C	1.00	0.835	S.
A - C	0.00		N.S.

2. Atributo : Consistencia

a) Cálculo del error standard de la media ($S_{\bar{x}}$)

$$S_{\bar{x}} = 0.2298$$

b) Cálculo de la amplitud límite de significación de Tukey (ALS_t)

$$ALS_t = 3.555 \times 0.2298 = 0.817$$

c) Promedios ordenados de mayor a menor :

$$C = 3.25$$

$$B = 2.75$$

$$A = 1.67$$

d) Promedios comparados y su significación

CUADRO N° 2 : Resultados de significación de la Prueba de Tukey en el atributo Consistencia

Diferencia de promedio	Valor	ALS_{Tukey}	Significación
C - B	0.50		N.S.
C - A	1.58	0.817	S.
B - A	1.08		S.

ANEXO 10

Análisis de Variancia para muestras de mazamorra

A. Atributo : Sabor

Fuente de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	Fc	Ft	Significación
Tratamientos	2	6.720	3.3600	4.4515	3.44	S.
Jueces	11	8.303	0.7548	0.9252	2.26	N.S.
Error	22	17.947	0.3158			
Total	35	32.970				

B. Atributo : Olor o aroma

Tratamientos	2	5.3867	2.6933	6.385	3.44	A.S.
Jueces	11	13.5533	1.2320	2.920	2.26	S.
Error	22	9.2800	0.4218			
Total	35	28.2200				

C. Atributo : Color

Tratamientos	2	33.1667	16.5833	18.709	3.44	A.S.
Jueces	11	8.0833	0.7348	0.829	2.26	N.S.
Error	22	19.5000	0.8863			
Total	35	60.7500				

D. Atributo : Consistencia

Tratamientos	2	3.720	1.860	0.98	3.44	N.S.
Jueces	11	15.887	1.444	0.76	2.26	N.S.
Error	22	41.613	1.891			
Total	35	61.220				

E. Atributo : Sabor extraño

Tratamientos	2	2.39	1.195	2.26	3.44	N.S.
Jueces	11	19.89	1.808	3.43	2.26	S.
Error	22	11.61	0.527			
Total	35	33.89				

Prueba de Tukey

1. Atributo : Sabor

a) Cálculo del error standard de la media ($S_{\bar{x}}$)

$$S_{\bar{x}} = 0.260$$

b) Cálculo de la amplitud límite de significación de Tukey (ALS_t)

$$ALS_t = 3.555 \times 0.260 = 0.924$$

c) Promedios ordenados de mayor a menor :

$$B = 2.83$$

$$C = 2.83$$

$$A = 1.92$$

d) Promedios comparados y su significación

CUADRO N° 1 : Resultados de significación de la prueba de Tukey en el atributo Sabor

Diferencia de promedios	Valor	ALS_{Tukey}	Significación
B - C	0.00		N.S.
B - A	0.91	0.924	N.S.
C - A	0.91		N.S.

2. Atributo : Olor o aroma

a) Cálculo del error standard de la media ($S_{\bar{x}}$)

$$S_{\bar{x}} = 0.187$$

b) Cálculo de la amplitud límite de la significación de Tukey (ALS_t)

$$ALS_t = 3.555 \times 0.187 = 0.665$$

c) Promedios ordenados de mayor a menor

$$B = 3.17$$

$$C = 2.92$$

$$A = 2.25$$

d) Promedios comparados y su significación

CUADRO N° 2 : Resultados de significación de la prueba de Tukey en el atributo Olor o aroma

Diferencia de promedios	Valor	ALS _{Tukey}	Significación
B - C	0.25		N.S.
B - A	0.92	0.665	S.
C - A	0.67		S.

3. Atributo : Color

a) Cálculo del error standard de la media ($S_{\bar{x}}$)

$$S_{\bar{x}} = 0.2718$$

b) Cálculo de la amplitud límite de significación de Tukey (ALS_t)

$$ALS_t = 3.555 \times 0.2718 = 0.966$$

c) Promedios ordenados de mayor a menor :

$$B = 3.83$$

$$C = 2.42$$

$$A = 1.50$$

d) Promedios comparados y su significación

CUADRO N° 3 : Resultados de significación de la Prueba de Tukey en el atributo Color

Diferencia de promedios	Valor	ALS _{Tukey}	Significación
B - C	1.41		S.
B - A	2.33	0.966	S.
C - A	0.92		N.S.

ANEXO 11

CUADRO N° 1 : Promedios y desviaciones standards en la determinación del Índice de Eficiencia Protéica (PER)

Parámetros	Caseína	I	II _a	II _b
		Precocida	Precocida	Instantánea
Peso inicial, g.	42.50± 1.55	46.22± 2.69	45.50± 1.89	46.30± 1.30
Peso final, g.	97.70± 9.96	66.52± 4.97	88.80± 3.92	105.10±13.03
Ganancia de peso, g.	55.20± 9.00	20.30± 4.30	43.30± 6.01	58.80±13.48
Consumo de alimento, g.	211.50±21.31	152.33±21.46	197.23±19.21	238.32±35.78
Consumo de proteína, g.	21.78± 2.19	15.46± 2.16	19.92± 2.54	24.64± 3.70
PER	2.53± 0.32	1.31± 0.16	2.17± 0.14	2.39± 0.20

Cálculo de la desviación standard (S)

A. Para el PER de la caseína (testigo)

$$PER = \bar{X} \pm S$$

$$\bar{X} = \frac{\sum \frac{G.P.}{C.P.}}{n} = \frac{25.328}{10} = 2.53$$

$$S = \sqrt{\frac{\left(\frac{G.P.}{C.P.}\right)^2 - \left(\frac{\sum \frac{G.P.}{C.P.}}{n}\right)^2}{n - 1}}$$

$$S = \sqrt{\frac{65.0663 - 64.1507}{9}} = \sqrt{0.101733}$$

$$S = 0.3189 = 0.32$$

Por lo tanto :

$$PER = 2.53 \pm 0.32$$