

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN

FACULTAD DE INGENIERIA AGROINDUSTRIAL



**“DESHIDRATACION POR AIRE CALIENTE DE MÚSCULO
DE CAMARON GIGANTE DE MALASIA
(*Macrobrachium rosenbergii*)”**

TESIS

Para optar el Título Profesional de

INGENIERO AGROINDUSTRIAL

PRESENTADO POR EL BACHILLER

JAVIER EDUARDO DÍAZ VITERI

TARAPOTO - PERÚ

2003

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN

FACULTAD DE INGENIERIA AGROINDUSTRIAL

**“DESHIDRATACIÓN POR AIRE CALIENTE DE
MÚSCULO DE CAMARON GIGANTE DE MALASIA
(*Macrobrachium rosenbergii*)”.**

Para optar el Título Profesional de:

INGENIERO AGROINDUSTRIAL

Presentada por el Bachiller:

JAVIER EDUARDO DÍAZ VITERI


SUSTENTADA Y APROBADA ANTE EL SIGUIENTE JURADO




Ing. M. Sc. Abner Obregón Lujerio
PRESIDENTE



Ing. M. Sc. Manuel F. Coronado Jorge
SECRETARIO



Ing. Thony Arce Saavedra
MIEMBRO



Dr. Oscar W. Mendieta Taboada
PATROCINADOR

TARAPOTO - PERÚ

2002

DEDICATORIA

Con eterna gratitud:

A mis padres:

- Alcides Javier que me apoyó incondicionalmente durante toda mi carrera universitaria.
- Elcira Luzbenita, que me acompañó en todos los momentos de mi vida universitaria.

A mi hermano: Juan José por su colaboración incondicional en el logro de mis anhelos.

AGRADECIMIENTOS

- Al Doctor Oscar Wilfredo Mendieta Taboada y la Ing. M.Sc Mari Medina .por brindarme los conocimientos y la ayuda necesaria para sacar adelante este trabajo de investigación, así como el apoyo durante mi formación profesional
- A la familia Vidaurre Rojas, mi agradecimiento especial por todo el apoyo que me brindaron durante el tiempo que empleé en la redacción del presente trabajo de investigación, especialmente para la señora Adita Rojas
- Al ingeniero Eric Gahona Muñoz, académico de la Universidad de la Serena de Chile por la revisión parcial del trabajo así como el apoyo bibliográfico para la mejora del presente trabajo.
- Al Ingeniero Héctor Rivasplata del Instituto Tecnológico Pesquero por la información bibliográfica proporcionada.
- A la señora Dolly Flores y a los técnicos Pedro Navarro y Guido Saavedra por las facilidades brindadas en los laboratorios durante la ejecución del presente trabajo de investigación
- A mis amigos Robert, Pierre, Karen, Yzia, Jensen, Betty, Maria, Marco, Maricely y todos los que colaboraron para la culminación de mi trabajo de investigación.
- Finalmente un agradecimiento a todas aquellas personas que colaboraron en forma directa e indirecta durante la ejecución del presente trabajo

INDICE

	Pag
RESUMEN	14
ABSTRACT	16
I. INTRODUCCION	18
II. REVISIOND E LITERATURA	20
2.1 GENERALIDADES	20
2.1.1 Descripción	20
2.1.2 Clasificación taxonómica	20
2.1.3 Datos Generales de la especie	21
2.1.3.1 Origen y Antecedentes del cultivo	21
2.1.3.2 Rango Térmico	21
2.1.3.3 Biología de la Especie	22
2.1.4 Ciclo Biológico del Camarón Gigante de Malasia (<i>Macrobrachium rosenbergii</i>)	22
2.1.5 Procesamiento	24
2.1.6 Usos del Camarón	25
2.1.7 Composición proximal	25
2.1.8 Rendimiento	26
2.1.9 Producción Regional	26
2.2 SECADO	27
2.2.1 Consideraciones Teóricas	27
2.2.2 Cinética de secado	27
2.3 TRANSFERENCIA DE MASA	31
2.4 AGUA ACTIVIDAD DE AGUA Y COMPOSICION DEL ALIMENTO	31
2.4.1 Actividad de Agua	32
2.5 ISOTERMAS DE SORCION	33
2.5.1 Isotermas de Adsorción y Estado de agua en los alimentos	33
2.5.2 Efecto de la Temperatura	36
2.5.3 Modelos de Isotermas	36
2.5.4 Calor de Sorción	38
2.6 APLICACIONES DEL SECADO EN EL CAMPO AGROALIMENTARIO	39
2.7 ANALISIS SENSORIAL	41
2.7.1 Metodología en la selección y entrenamiento de jurados en análisis sensorial	42

	Pag
III MATERIALES Y METODOS	43
3.1 LUGAR DE EJECUCION	43
3.2 MATERIALES	43
3.2.1 Material estudiado	43
3.2.2 Reactivos	43
3.2.3 Equipos y Materiales de Laboratorio	44
3.3 METODOLOGIA EXPERIMENTAL	45
3.4 METODOLOGIA PARA EL SECADO	45
3.4.1 Pretratamiento de la muestra para el secado	46
3.4.1.1 Pretratamiento térmico	46
3.4.1.2 Deshidratación osmática	46
3.4.1.3 Determinación de Na Cl	47
3.4.1.4 Deshidratación por aire caliente	48
3.4.1.5 Diagrama de flujo para la deshidratación de músculo de camarón gigante	48
3.5 CONTROLES EN LA MATERIA PRIMA	50
3.5.1 Análisis dimensional	50
3.5.2 Análisis químico proximal	50
3.5.2.1 Humedad	50
3.5.2.2 Proteína total	50
3.5.2.3 Grasa total	50
3.5.2.4 Ceniza total	50
3.6 CONTROLES DURANTE EL SECADO	51
3.6.1 Controles de producto terminado	51
3.6.1.1 Análisis dimensional	51
3.6.1.2 Análisis químico proximal	51
3.6.1.2.1 Humedad	51
3.6.1.2.2 Proteína total	51
3.6.1.2.3 Grasa total	52
3.6.1.2.4 Ceniza total	52
3.7 METODOLOGIA PARA FIJAR ISOTERMAS DE ADSORCION	52
3.7.1 Pre tratamiento de las muestras	52
3.7.2 Pesado de la muestra en placas	52
3.7.3 Colocado en estufas	52
3.7.4 Pesado de muestras	52

	Pag
3.7.5 Diagrama de flujo para la fijación de isotermas de adsorción	53
3.8 TRANSFERENCIA DE MASA.	55
IV RESULTADOS Y DISCUSIONES	57
4.1 CARACTERIZACION DE LA MUESTRA DE CAMARON GIGANTE	57
(<i>Macrobrachium rosenbergii</i>)	
4.1.1 Propiedades físicas	57
4.1.2 Dimensionamiento de la cola de camarón gigante (<i>Macrobrachium rosenbergii</i>)	57
4.2 COMPOSICION PROXIMAL	58
4.3 DETERMINACION DEL MEJOR PRETRATAMIENTO	59
4.3.1 Superficie de Respuesta para el análisis sensorial de pretratamientos	60
4.3.1.1 Apariencia	60
4.3.1.2 Color	62
4.3.1.3 Textura	64
4.3.1.4 Olor	66
4.3.1.5 Sabor	68
4.4 ISOTERMAS DE ADSORCION	70
4.5 SECADO	74
4.5.1 Efecto de la velocidad de aire	74
4.5.2 Efecto de la temperatura del aire	76
4.5.3 Velocidad de secado	78
4.6 DIFUSIVIDAD	81
4.7 FLUJOGRAMA PARA LA OBTENCION DE MUSCULO DE CAMARON	84
(<i>Macrobrachium rosenbergii</i>) DESHIDRATADO Y BALANCE DE MATERIALES	
4.8 ANALISIS SENSORIAL PARA MUSCULO DE CAMARON DESHIDRATADO	86
4.9 SUPERFICIO DE RESPUESTA PARA EL ANALISIS SENSORIAL DE MUSCULO DE ...	90
DE CAMARON DESHIDRATADO	
4.9.1 Apariencia	90
4.9.2 Color	92
4.9.3 Textura	94
4.9.4 Olor	96
4.9.5 Sabor	98
V. CONCLUSIONES	100

VI. RECOMENDACIONES	Pag 102
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	103
VIII.ANEXOS	108

INDICE DE FIGURAS

		Pag
Fig 1	Huevos de <i>Macrobrachium rosenbergii</i>	23
Fig 2	Larvas de <i>Macrobrachium rosenbergii</i>	23
Fig 3	Post larvas de <i>Macrobrachium rosenbergii</i>	24
Fig 4	Adultos de <i>Macrobrachium rosenbergii</i>	24
Fig 5	Representación del fenómeno de secado	27
Fig 6	Curva característica de secado	28
Fig 7	Representación esquemática de los periodos de la velocidad de	30
	Secado	
Fig 8	Representación esquemática de las impresiones que se	41
	perciben a través del análisis sensorial	
Fig 9	Pesado de las colas de camarón	46
Fig 10	Agitador para deshidratación osmótica	47
Fig 11	Equipo secador por aire caliente	48
Fig 12	Diagrama de operaciones para secado de músculo de camarón	49
	gigante de Malasia (<i>Macrobrachium rosenbergii</i>)	
Fig 13	Diagrama de operaciones para fijar isotermas de adsorción de músculo	54
	de camarón gigante de Malasia (<i>Macrobrachium rosenbergii</i>)	
Fig 14	Superficie de respuesta para el atributo apariencia del músculo de	60
	Camarón	
Fig 15	Representación gráfica de las curvas a nivel de la superficie de	61
	respuesta apariencia	
Fig 16	Superficie de respuesta para el atributo color del músculo de	62
	Camarón	
Fig 17	Representación gráfica de las curvas a nivel de la superficie de	63
	Respuesta color	
Fig 18	Superficie de respuesta para el atributo textura del músculo de	64
	Camarón	
Fig 19	Representación gráfica de las curvas a nivel de la superficie de	65
	respuesta textura	
Fig 20	Superficie de respuesta para el atributo olor del músculo de	66
	Camarón	
Fig 21	Representación gráfica de las curvas a nivel de la superficie de	67
	respuesta olor	

	Pag
Fig 22 Superficie de respuesta para el atributo sabor del músculo de Camarón	68
Fig 23 Representación gráfica de las curvas a nivel de la superficie de respuesta sabor	69
Fig 24 Isotermas de adsorción de músculo de camarón gigante ajustadas con la ecuación de GAB	70
Fig 25 Relación entre actividad de agua y temperatura para diferentes contenidos de humedad de equilibrio.	72
Fig 26 Calor de sorción en función del contenido de humedad de equilibrio	73
Fig 27 Efecto de la velocidad de aire sobre la cinética de secado de músculo de camarón gigante a temperatura de 40°C	74
Fig 28 Efecto de la velocidad de aire sobre la cinética de secado de músculo de camarón gigante a temperatura de 50°C	75
Fig 29 Efecto de la velocidad de aire sobre la cinética de secado de músculo de camarón gigante a temperatura de 60°C	75
Fig 30 Efecto de la Temperatura del aire sobre la cinética de secado de músculo de camarón gigante a velocidad de aire de 0.5 m/s	76
Fig 31 Efecto de la Temperatura del aire sobre la cinética de secado de músculo de camarón gigante a velocidad de aire de 0.8 m/s	77
Fig 32 Efecto de la Temperatura del aire sobre la cinética de secado de músculo de camarón gigante a velocidad de aire de 1.1 m/s	77
Fig 33 Velocidad de secado a temperaturas de 40, 50 y 60°C a velocidad de aire constante de 0.5 m/s	79
Fig 34 Velocidad de secado a temperaturas de 40, 50 y 60°C a velocidad de aire constante de 0.8 m/s	79
Fig 35 Velocidad de secado a temperaturas de 40, 50 y 60°C a velocidad de aire constante de 1.1 m/s	80
Fig 36 Comportamiento de las difusividades a temperaturas de 40°C a velocidades de aire de secado de 0.5, 0.8 y 1.1 m/s	81
Fig 37 Comportamiento de las difusividades a temperaturas de 50°C a velocidades de aire de secado de 0.5, 0.8 y 1.1 m/s	82
Fig 38 Comportamiento de las difusividades a temperaturas de 60°C a velocidades de aire de secado de 0.5, 0.8 y 1.1 m/s	82

	Pag
Fig 39	Influencia de la temperatura y la velocidad de aire sobre la difusividad 84 durante el secado de músculo de camarón gigante
Fig 40	Flujograma para la obtención de músculo de camarón gigante 85 deshidratado y balance de materia
Fig 41	Superficie de respuesta para el atributo apariencia del músculo de 90 camarón deshidratado
Fig 42	Representación gráfica de las curvas de nivel de la superficie de 91 respuesta para apariencia
Fig 43	Superficie de respuesta para el atributo color del músculo de 92 camarón deshidratado
Fig 44	Representación gráfica de las curvas de nivel de la superficie de 93 respuesta para color
Fig 45	Superficie de respuesta para el atributo textura del músculo de 94 camarón deshidratado
Fig 46	Representación gráfica de las curvas de nivel de la superficie de 95 respuesta para textura
Fig 47	Superficie de respuesta para el atributo olor del músculo de 96 camarón deshidratado
Fig 48	Representación gráfica de las curvas de nivel de la superficie de 97 respuesta para olor
Fig 49	Superficie de respuesta para el atributo sabor del músculo de 98 camarón deshidratado
Fig 50	Representación gráfica de las curvas de nivel de la superficie de 99 respuesta para sabor

INDICE DE CUADROS

		Pag
Cuadro 1	Crecimiento de <i>Macrobrachium rosenbergii</i>	20
Cuadro 2	Actividades de agua y cantidad de Sal y agua recomendadas para la preparación de soluciones saturadas.	35
Cuadro 3	Ecuaciones de regresión de actividad de agua de las soluciones salinas .. saturadas a diferentes temperaturas	36
Cuadro 4	Ecuaciones de isotermas de adsorción	37
Cuadro 5	Peso y porcentaje de las partes de camarón gigante de Malasia (<i>Macrobrachium rosenbergii</i>)	57
Cuadro 6	Dimensionamiento del músculo de cola de camarón gigante de Malasia ... (<i>Macrobrachium rosenbergii</i>)	58
Cuadro 7	Composición proximal del músculo de cola de camarón gigante de Malasia fresco (<i>Macrobrachium rosenbergii</i>)	58
Cuadro 8	Composición proximal del músculo de cola de camarón gigante de Malasia deshidratado (<i>Macrobrachium rosenbergii</i>)	59
Cuadro 9	Constantes de isotermas de sorción evaluadas para músculo de camarón . de camarón gigante (<i>Macrobrachium rosenbergii</i>)	71
Cuadro 10	Valores de difusividad calculados con la segunda ley de Fick para cilindro . finito	83
Cuadro 11	Resultados ordenados en forma descendente de acuerdo a los promedios obtenidos en al análisis sensorial del atributo apariencia	87
Cuadro 12	Resultados ordenados en forma descendente de acuerdo a los promedios obtenidos en al análisis sensorial del atributo color	87
Cuadro 13	Resultados ordenados en forma descendente de acuerdo a los promedios obtenidos en al análisis sensorial del atributo textura	88
Cuadro 14	Resultados ordenados en forma descendente de acuerdo a los promedios obtenidos en al análisis sensorial del atributo olor	89
Cuadro 15	Resultados ordenados en forma descendente de acuerdo a los promedios obtenidos en al análisis sensorial del atributo sabor	89
Cuadro 16	ANVA para atributo apariencia	112
Cuadro 17	ANVA para atributo color	115
Cuadro 18	ANVA para atributo textura	118
Cuadro 19	ANVA para atributo olor	121
Cuadro 20	ANVA para atributo sabor	124

Cuadro 21	ANVA para atributo apariencia	127
Cuadro 22	ANVA para atributo color	129
Cuadro 23	ANVA para atributo textura	131
Cuadro 24	ANVA para atributo olor	133
Cuadro 25	ANVA para atributo sabor	135

RESUMEN

El presente trabajo está orientado a encontrar parámetros para la deshidratación de músculo de camarón gigante de Malasia (*Macrobrachium rosenbergii*). Este crustáceo es una especie que se adapta satisfactoriamente a las condiciones ambientales que presenta la región San Martín, es de alto valor nutritivo y altamente perecible.

El presente trabajo se desarrolló en el Laboratorio de Ingeniería y Proyectos y el Laboratorio de análisis de los alimentos, empleando para el secado un equipo secador convectivo de laboratorio con velocidad y temperatura del aire de secado variables. El estudio comprendió dos etapas: la primera un pretratamiento térmico donde se buscó fijar el color anaranjado y mejorar la textura, para lo que se utilizó pretratamiento térmico sumergiendo el camarón entero en agua a 90°C por 90 segundos. Luego las muestras se sometieron a deshidratación osmótica en solución ternaria de 20% de sacarosa y 20% de Na Cl (% en peso) bajo agitación por 30 minutos a temperatura de 20°C.

En la segunda etapa del proceso se ensayó el secado del músculo de camarón gigante, sometido a los pretratamientos antes mencionados, en un secador de bandejas a temperaturas de 40°C, 50°C y 60°C, con velocidades de aire de 0.5 m/s, 0.8 m/s y 1.1m/s. Durante todo este proceso se controló el tiempo de secado a tiempos regulares, de igual modo, se controló la pérdida de peso producto de la evaporación del agua contenida en el músculo. Con estos parámetros se obtuvo un producto sensorialmente aceptable, determinación realizada mediante una prueba afectiva (método de escala hedónica de 5 puntos). La difusividad del agua presente en el músculo de camarón fue calculada ajustando el modelo de la segunda ley de Fick para cilindro infinito, empleando el programa Microcal Origin 3.5, determinándose un grado de ajuste razonablemente bueno. En cuanto al coeficiente de difusión del agua, su valor se incrementa desde $1.81 \times 10^{-10} \text{ m}^2/\text{s}$ hasta $7.7 \times 10^{-10} \text{ m}^2/\text{s}$ cuando se aumenta la temperatura de 40°C a 60°C.

Adicionalmente se determinaron las isotermas de adsorción en muestras de músculo de camarón gigante sometidas previamente a los pretratamientos descritos líneas arriba. Las isotermas se fijaron a temperaturas de 40°C, 50°C y 60°C, utilizando el método gravimétrico empleando soluciones salinas saturadas y fueron descritas por la ecuación de GAB con ajuste satisfactorio.

También fueron realizadas otras determinaciones como el análisis proximal del músculo de camarón gigante obteniéndose 79.19% de humedad, 18.55% de proteínas, 1.03% de lípidos y 1.23% de cenizas.

ABSTRACT

Drying is a common technique used in developing countries. Analysis of process factor involved in controlled muscle of shrimp drying permits process optimisation and assists in design of suitable dryers.

The study undertook two stages: first a thermal pre-treatment submerging the whole shrimp in water at 90°C for 90 seconds, where the orange colour and texture was improved. Was used then the sample underwent osmotic dehydration in ternary solution of 20% sucrose and 20% of NaCl (% weight) under agitation at 120 rpm for 30 minutes to temperature of 20°C.

The second stage was the drying where the experimental curves were obtained in laboratory dryer under different drying conditions from 40, 50 and 60°C , and air velocity from 0.5, 0.8 and 1.1 m/s. during this whole process the time of drying was controlled at regular time in some way, the loss weight produced by the evaporation of water contained in the muscle was controlled. With this parameter the product was obtained sensorily acceptable, determination carried out by means of affective test.

The mass transfer phenomena during in shrimp muscle are always based on Fick's second law, and solved for the infinite cylinder without considering the shrinkage for evaluation constant effective diffusivity. Moisture diffusivity was calculated adjust using the program Microcal Origin 3.0 , being determining a degree of reasonably good adjustment, as for the coefficient of moisture diffusion. Its value is increased from $1.81 \times 10^{-10} \text{ m}^2/\text{s}$ up to $7.7 \times 10^{-10} \text{ m}^2/\text{s}$ when the temperature is increased from 40°C to 60°C.

The adsorption isotherms in muscle of giant shrimp previously pretreatment described up lines were determined using gravimetric static method. Experiments at three temperature levels: 40°C, 50°C and 60 °C, and seven water activity level from 0.11 to 0.89 were carried out. Along with five well known models, Chung – Pfoest, Gab, Halsey, Oswin and Bet has been applied to fit the data to calculated the isisoteric heat of adsorption determination.

Other determinations like the proximal content of muscle of giant shrimp were also carried where humidity 79.19%, protein content 18.55%, fat content 1.03% and ash content 1.53 % for fresh sample of shrimp. The analysis proximal for shrimp dehydrated were humidity 8.00%, protein content 81.10, fat content 4.10 and ash cont

I. INTRODUCCIÓN

El camarón gigante de Malasia (*Macrobrachium rosenbergii*) es una de las especies más cultivadas a nivel mundial por su rápido crecimiento, facilidad de manejo, alta sobrevivencia y excelentes precios en el mercado internacional.

En el Perú, específicamente en la Región amazónica se presenta un ambiente óptimo para su cultivo, y puede convertirse en una actividad económica altamente rentable y por tanto en verdadera alternativa de desarrollo. Sin embargo es necesario estudiar otras tecnologías para su adecuada conservación, diferentes a las actualmente utilizadas (refrigeración y la congelación), como por ejemplo la deshidratación del músculo de camarón con aire caliente, tratando de mantener intacta durante el almacenamiento, transporte y comercialización la calidad del mismo.

En la región San Martín decreció la producción de camarón gigante debido a que es un producto altamente perecible y los métodos de conservación actuales con refrigeración o congelación son muy elevados además de no existir una implementada cadena de frío que permita la conservación del mismo.

Ante este problema se presenta como alternativa la preservación por secado del músculo de camarón, pues los microorganismos que provocan la descomposición de los alimentos no pueden crecer y multiplicarse en ausencia de agua. Además muchas enzimas que causan los cambios químicos en los alimentos no pueden funcionar sin agua. Los microorganismos dejan de ser activos cuando el contenido de agua se reduce por debajo del 10% en peso, sin embargo es necesario reducir este contenido de humedad por debajo del 5% en peso para preservar el sabor y el valor nutritivo de los alimentos

En una operación de secado se debe tener en cuenta los mecanismos de transmisión de calor y transporte de materia, que en el caso del deshidratado de músculo de camarón suele ser el vapor de agua, y el gas empleado para la deshidratación que suele ser el aire.

Se conoce una variada bibliografía disponible a nivel mundial sobre estudios de secado de alimentos, pero también se ha constatado que en nuestro país son muy escasos los antecedentes existentes sobre la variación de humedad durante la deshidratación de productos alimenticios.

Por tal razón, la presente investigación se planificó para determinar como varía el contenido de humedad del músculo de camarón al ser sometido a la acción de una corriente de aire en un secador de laboratorio tipo bandejas y así poder estudiar como la temperatura y velocidad del aire y la naturaleza del material a secar afectan a la velocidad de secado.

Los objetivos del presente trabajo fueron:

- Estudiar el comportamiento del músculo de camarón gigante de Malasia (*Macrobrachium rosenbergii*) sometido a deshidratación por corriente de aire caliente y la cinética de secado.
- Determinar la difusividad de agua contenida en el músculo de camarón para diferentes condiciones de secado.
- Simular el comportamiento de la cinética de secado de músculo de camarón gigante.

II REVISION BIBLIOGRAFICA.

2.1. GENERALIDADES

2.1.1 Descripción

Coronado (1992), indica que el camarón gigante de Malasia es un crustáceo que presenta una marcada diferencia, pues los machos son más grandes que las hembras. El tamaño es variable de acuerdo a la especie, alimentación, y condiciones ambientales.

El promedio de crecimiento, desde joven hasta adulto del camarón de agua dulce (*Macrobrachium rosenbergii*), puede apreciarse en el siguiente cuadro:

Cuadro 1. Crecimiento de *Macrobrachium rosenbergii*.

EDAD	LONGITUD (cm)	PESO (g)
Juvenil	5.5	2.0
1	7.6	4.5
2	11.0	10.0
3	14.0	25.0
4	18.0	60.0
5	21.0	100.0
6	22.5	125.0

Fuente: **Ling (1969)**, citado por **Coronado (1992)**.

En el cuadro 1, se observa el tamaño y peso del camarón gigante dentro de las diferentes etapas de crecimiento, hasta que al camarón gigante alcance el tamaño y peso comercial.

2.1.2 Clasificación taxonómica

Según **Ling y Costello (1969)**, citados por **Coronado (1992)**, la clasificación taxonómica del camarón gigante es la siguiente:

- Phylum : Arthropoda.
- Clase : Crustacea.
- Orden : Decápoda.
- Suborden : Natantia.
- Sección : Caridea .
- Familia : Palaemonidae.
- Genero : Macrobrachium.
- Especie : *Macrobrachium rosenbergii*

2.1.3 Datos generales de la especie

La Fundación La Salle de Ciencias Naturales (1999), aporta los siguientes datos:

2.1.3.1 Origen y antecedentes de cultivo

Macrobrachium rosenbergii, es una especie tropical, indígena del sur y sudeste de Asia, Norte de Oceanía y de las islas del oeste del Pacífico.

En la década del '60, la especie fue introducida al continente americano (Hawaii) procedente de Malasia; con el objeto de su investigación biológica, experimentación y posterior cultivo.

Actualmente, se le cultiva comercialmente en Tailandia, Malasia, Indonesia, Filipinas y otros países del sudeste asiático; así como en parte de América Latina tropical, caso de la selva peruana y Brasil.

2.1.3.2 Rango térmico

Macrobrachium rosenbergii, es un camarón adaptable a clima cálido y templado-cálido, lo que significaría que su cultivo podría desarrollarse hacia el norte del paralelo 30 de latitud sur. Esta franja constituye una amplia zona en la que las temperaturas ambientales son propicias para la especie. El rango óptimo de

temperatura del agua, se sitúa entre los 28 y 31°C; temperaturas entre las cuales la maduración ovárica y la incubación de los huevos, alcanza su desarrollo en el menor período de tiempo.

En cultivo comercial, durante la fase denominada de engorde o fase final, se obtienen con estas temperaturas los mejores resultados en cuanto a crecimiento; produciéndose animales de peso promedio de más de 35 gramos a la cosecha, en una etapa de crecimiento que no supera los 120 días.

2.1.3.3 Biología de la especie

En la naturaleza, los adultos de *Macrobrachium rosenbergii*, permanecen en agua dulce, migrando hacia las aguas estuarinas con características salobres, para su reproducción. Al nacer las larvas, ellas dependen exclusivamente de este ambiente (salobre) durante sus primeros 40 días de vida. Durante ese período pasan a través de diferentes fases, hasta completar esta parte del ciclo y alcanzar el estadio de post-larva (PL). Las post-larvas son adultos en miniatura que completan su ciclo de vida en agua dulce.

Esta especie de crustáceo es de hábitos omnívoros, adaptándose muy bien en cultivo a dietas artificiales balanceadas. Tales dietas, deben cumplir con los requisitos básicos nutricionales de la especie. En general, la alimentación es ofrecida a los individuos bajo cultivo en forma de ración diaria, dentro de los estanques construidos al efecto.

2.1.4 Ciclo biológico del camarón gigante de malasia (*Macrobrachium rosenbergii*)

Según una publicación del **Laboratorio de camarones dulce acuícolas (1999)**, se describe al ciclo biológico de la siguiente manera:

Para poder crecer, los camarones de agua dulce, así como todos los crustáceos y artrópodos en general, se tienen que desprender periódicamente de su

exoesqueleto o caparazón, proceso que se conoce con el nombre de muda o ecdicis. Ocurrida la muda, el camarón queda con el caparazón blando y es entonces cuando se produce un aumento repentino de su tamaño y peso. Los camarones machos están en capacidad de aparearse con las hembras todo el tiempo. Sin embargo, sólo puede haber cópula fructífera entre machos de caparazón duro y hembras que hayan acabado de mudar, tengan el caparazón blando y los ovarios maduros. En condiciones naturales, el camarón de río copula durante todo el año, aunque a veces se registran picos máximos de actividad reproductora bajo determinadas condiciones ambientales (épocas de mayor pluviosidad y elevadas temperaturas). En el laboratorio, con frecuencia se ha observado que los ovarios maduran de nuevo cuando las hembras de *M. rosenbergii* están todavía ovadas, pudiendo realizar hasta cuatro desoves en el transcurso de tres meses. Es probable que esto ocurra también en condiciones naturales y pone en evidencia la posible elevada fecundidad de este camarón.

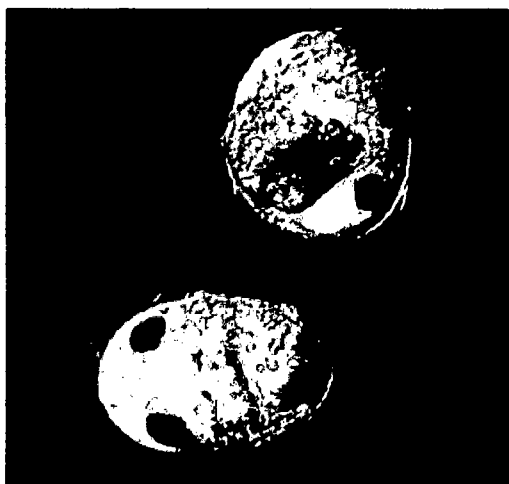


Figura 1. Huevos de *Macrobrachium rosenbergii*.



Figura 2. Larva de *Macrobrachium rosenbergii*.



Figura 3. Post larva de *Macrobrachium rosenbergii*.

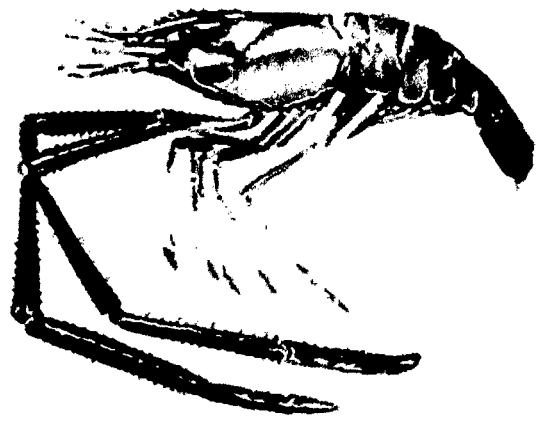


Figura 4. Adulto de *Macrobrachium rosenbergii*.

El ciclo vital del camarón de agua dulce como se muestra en las figuras 1, 2 3 y 4, comprende cuatro fases distintas: huevo, larva, post -larva y adulto. El tiempo que dura cada fase, el ritmo de crecimiento y el tamaño máximo que alcanza, varía según la especie y las condiciones ambientales (principalmente la temperatura). Estas cuatro fases de su ciclo vital, en cierta medida va a condicionar las fases de su cultivo. Dependiendo de la infraestructura que se posea, las diferentes fases se manejan en sitios distintos, así tenemos que en el Criadero (Laboratorio o Hatchery) se controla lo referente a cópula, desoves, eclosión de huevos, desarrollos larvales y almacenaje o acopio de post-larvas; mientras que el crecimiento desde post-larvas hasta adultos de talla comercial se realiza en las granjas de engorde, donde, en estanques de mayores dimensiones, se les ofrece mayor superficie por camarón, lo que permite que se acelere el crecimiento.

2.1.5 Procesamiento

La Fundación La Salle de Ciencias Naturales (1999), indica que los animales cosechados son rápidamente transferidos vivos a estanques de espera o a una línea de procesado en frío, dependiendo de las etapas que tienen que ser cumplidas. La demanda de un producto completo, le da preferencia a un animal entero con piernas y cachos, con poco crecimiento de algas y hongos en el

exoesqueleto. Al tiempo que la producción y el procesamiento aumentan más allá de la venta de animales vivos en la puerta de la finca. Los camarones son procesados en frío inmediatamente después de la cosecha. En tanques llenos de agua helada, mueren rápidamente los camarones llevándolos a una temperatura de 4 – 5°C. Los camarones son clasificados por tamaños y calidad y empacados en envases helados para entregar a hoteles y restaurantes. El promedio de vida de los camarones de agua dulce conservados en hielo es aproximadamente 10 días.

Todos los tamaños de camarones son mercadeables. El tamaño más popular del producto es cuando pesa de 30 a 35 gramos, contando con 12 a 15 piezas por libra. En la cosecha selectiva este tamaño y más grandes son seleccionados fuera del estanque. Los camarones más pequeños son vendidos a precio de descuento de 15–30%, pero tienen gran demanda local. Los camarones más pequeños son vendidos como camarones “popcorn”, cocinados en variedades de salsas.

2.1.6 Usos del camarón

La producción natural y en cautiverio de especímenes comerciales de camarón es destinada a consumo humano, siendo actualmente comercializada en forma de camarón fresco (conservada en hielo), congelados (colas, cola devenada y camarón entero), deshidratadas (hojuelas saladas), como conservas alimentarias y, en algunas regiones del mundo vivos para ser expendidos en acuarios, si el mayor valor del camarón lo justifica (Arce, 1992).

2.1.7 Composición proximal

Lobão *et al.* (1988), citado por Malvino (1998), analizaron muestras de diferentes partes del crustáceo encontrándose los siguientes valores medios: Humedad 76.24%, Proteínas 20.68%, lípidos 0.69% y ceniza 1.22%.

Estudios realizados por Chammugam (1983), citado por Malvino (1988), indicaron que *Macrobrachium rosenbergii* contiene 1.13 mg de colesterol /g de carne, superior al *P. aztecus* que contiene 0.90mg de colesterol /g de carne.

2.1.8 Rendimiento

El rendimiento del *Macrobrachium rosenbergii* depende del sexo y del tamaño (New, 1990, citado por Malvino, 1998). A medida que el camarón crece disminuye el rendimiento de carne. Las hembras tienen un rendimiento significativamente mayor que los machos, independientemente del tamaño. Las pinzas de la hembras son pequeñas y tienen una participación relativamente constante en relación al cuerpo, equivalente a 2.8%, en tanto que en los machos, esa proporción es sensiblemente mayor y aumenta a medida que aumenta de tamaño. Así, en los ejemplares machos de 20g. las pinzas participan con 4.3% y en los de 100g. con 14.3%.

Es importante señalar que el rendimiento de carne de *Macrobrachium rosenbergii* es menor que en los camarones marinos (47.6% contra 62.9%); y también que el camarón de agua dulce presenta un rendimiento de la parte comestible superior a otros crustáceos.

2.1.9 Producción regional

A la fecha se han otorgado 82 autorizaciones de funcionamiento de granjas acuícolas que representan un total de 133.94 Hás de espejo de agua. De éstas, 22 se han otorgado exclusivamente para el cultivo de camarón gigante de Malasia *Macrobrachium rosenbergii*.

En la Región San Martín existen tres laboratorios para la producción de post larvas del camarón gigante de Malasia, que tienen una capacidad instalada de 700 000 post larvas mensuales. Siendo el precio por millar de post larvas a la fecha de U. S. \$ 14.00. La producción de carne de camarón es aproximadamente 1.0TM mensual, siendo el precio de venta al público por Kg de S/. 25.00 (U. S \$ 6.90).

El principal mercado para el camarón gigante está localizado dentro de la región y un excedente es enviado hacia los mercados de Lima (Ministerio de Pesquería, 2000).

2.2 SECADO

2.2.1 Consideraciones Teóricas

El secado de alimentos es un fenómeno complejo que involucra la transferencia de calor y materia (Laboratorio virtual de secado, 2000).

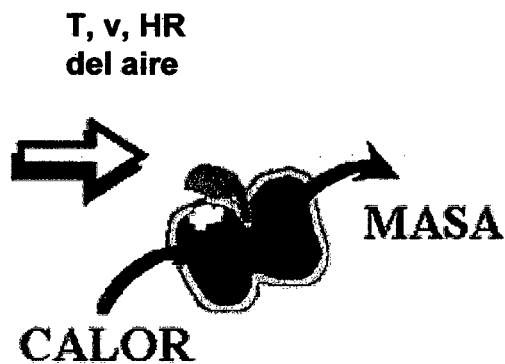


Figura 5. Representación del fenómeno de secado

En la figura 5, está representado el fenómeno de secado, en la cual intervienen parámetros de secado importantes como el calor influenciado por la temperatura, velocidad del aire y la humedad relativa del medio, provocando la transferencia de agua desde el interior hacia el exterior del cuerpo a deshidratar.

2.2.2 Cinética de secado

El secado se refiere a la eliminación del agua de los materiales de proceso y de otras sustancias. También en referencia a la eliminación de otros líquidos orgánicos. (Geankoplis, 1995).

El secado o deshidratación de materiales biológicos (en especial de alimentos), se usa también como una técnica de preservación. Los microorganismos que provocan la descomposición de los alimentos no pueden crecer ni multiplicarse en ausencia de agua pudiendo los alimentos almacenarse durante periodos bastante largos. (Geankoplis, 1995).

Para determinar experimentalmente la velocidad de secado de un material, se procede colocando la muestra en una bandeja. Si se trata de sólido, se debe llenar por completo la base de la bandeja de tal manera que solo quede expuesta a la corriente de aire de secado la superficie de dicho sólido. La pérdida de peso durante el secado puede determinarse a diferentes intervalos sin interrumpir la operación, colgando la bandeja en una balanza adaptada a un gabinete o a un ducto a través del cual fluye aire caliente para el secado.

Al realizar los experimentos de secado por lotes, deben observarse ciertas precauciones para obtener datos útiles en condiciones que se asemejan lo más posible a las que imperarán en las operaciones a gran escala

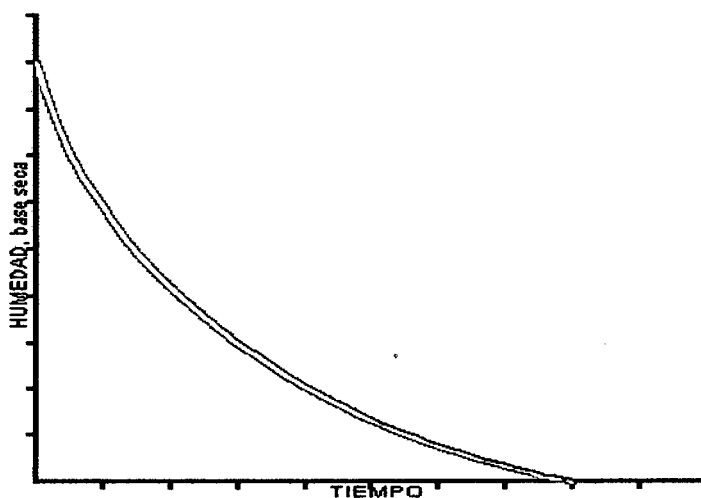


Figura 6. Curva característica de secado.

La muestra no debe ser demasiado pequeña y debe introducirse en una bandeja similar a la que se usará en producción. La relación de superficie de secado a superficie de no secado (superficie aislada) así como la profundidad del lecho del sólido debe ser idénticas. La velocidad, la humedad, la temperatura y la dirección del aire deben ser los mismos y constantes para simular un secado en condiciones invariables (Geankoplis, 1995).

Existen muchos mecanismos posibles de secado, pero aquellos que controlan el secado de una partícula dependen de su estructura y de los parámetros de secado-condiciones de secado (temperatura, velocidad y humedad relativa del aire), contenido de humedad, dimensiones, superficie expuesta a la velocidad de transferencia, y contenido de humedad de equilibrio de la partícula. Durante el secado con aire bajo condiciones ambientales constantes, la curva de secado puede ser dividida en los siguientes cuatro períodos de velocidad de secado, mostrados en la Figura 7. (**Laboratorio virtual de secado, 2000**).

I- Período Inicial: la evaporación ocurre desde una superficie libre y, usualmente cuando la temperatura incrementa desde su valor inicial (T_0) hasta la temperatura de bulbo húmedo del aire (T_{wb}). En algunos casos, cuando la temperatura del producto es mayor que la correspondiente temperatura de bulbo húmedo del aire, el producto disminuye su temperatura. Este período inicial dura pocos minutos (contenido de humedad inicial).

II- Período de velocidad constante (Nwc): durante este período el secado aún se lleva a cabo por evaporación de la humedad desde una superficie saturada (evaporación desde una superficie libre) y el material permanece a T_{wb} . La mayoría de los productos alimenticios no exhiben un período de velocidad de secado constante.

III- Primer período de velocidad decreciente: El contenido de humedad al final del período de velocidad constante es el contenido de humedad crítico (X_{cr}). En este punto la superficie del sólido ya no se encuentra saturada de agua, y la velocidad de secado disminuye con el decrecimiento en el contenido de humedad y el incremento en la temperatura. En el punto final de este período, el film de humedad superficial se ha evaporado completamente y, con el posterior decrecimiento en el contenido de humedad, la velocidad de secado es controlada por la velocidad de movimiento de la humedad dentro del sólido.

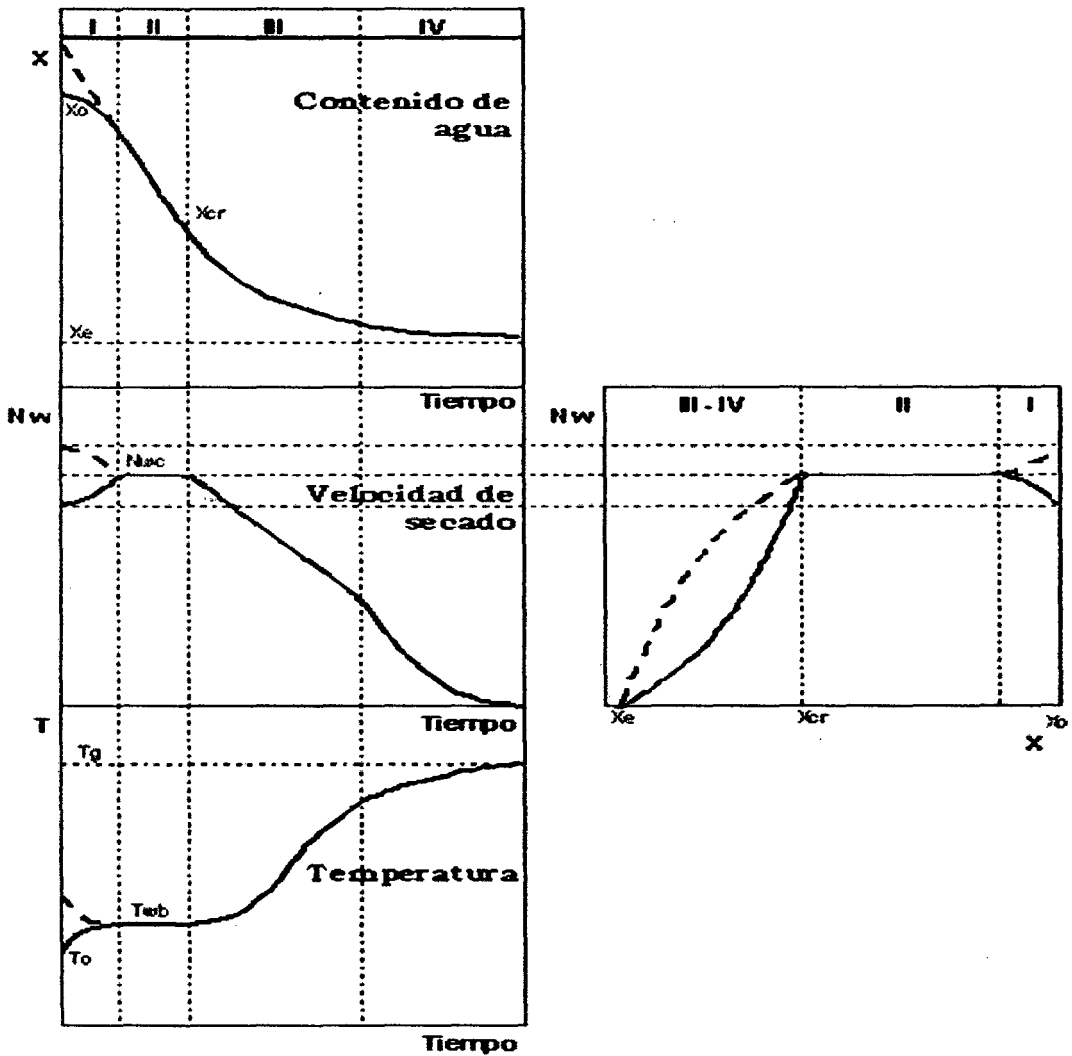


Figura 7. Representación esquemática de los períodos de la velocidad de secado.

(X: contenido de humedad; Nw: velocidad de secado; T: temperatura)

IV- Segundo período de velocidad decreciente: Este período representa las condiciones correspondientes a una velocidad de secado totalmente independiente de las condiciones externas. La transferencia de humedad puede ocurrir por una combinación de difusión de líquido, movimiento capilar, y difusión de vapor. La

temperatura del producto se acerca a la temperatura de bulbo seco (T_g) y el contenido de humedad se aproxima asintóticamente al valor de equilibrio (X_e).

Los mecanismos I y II siguen la ley de transferencia de calor y masa para un objeto totalmente húmedo. Los mecanismos III y IV siguen la segunda ley de difusión de Fick, pero usando diferentes condiciones de borde: para el mecanismo III es la igualdad de flujos de transferencia de masa en la superficie, y para el mecanismo IV, la igualdad del contenido de agua al valor de equilibrio X_e . (**Laboratorio virtual de secado, 2000**).

2.3 TRANSFERENCIA DE MASA

Durante el secado ocurre transferencia de vapor de agua desde la superficie húmeda del sólido hacia el aire en movimiento. Es un mecanismo análogo a la transferencia de calor por convección, por lo que se usa un coeficiente de transferencia de masa.

La difusión de la humedad se verifica cuando existe una diferencia de concentración entre el interior del sólido y la superficie (**Geankoplis, 1988**).

2.4 AGUA, ACTIVIDAD DE AGUA Y COMPOSICIÓN DEL ALIMENTO

El agua juega un rol muy importante en la velocidad con que se deterioran los alimentos. Desde su introducción hace ya más de 50 años, el concepto de actividad de agua ha sido ampliamente utilizado en la preservación de alimentos y ha servido para mejorar procesos y diseñar nuevos productos (**Gahona, 2000**).

El agua es una sustancia abundante en la naturaleza que es esencial para los procesos de los seres vivos. Es un componente mayoritario en la mayoría de los

alimentos, donde contribuye a proporcionar características como textura, apariencia, sabor, etc. También es un factor importante en el deterioro de los alimentos por el papel que desempeña en diferentes reacciones químicas y enzimáticas así como en el desarrollo microbiano (**Fennema, 1985**).

Desde siempre se han relacionado los alimentos con mayor contenido de humedad como los más perecederos, de modo que el control del contenido de humedad ha sido una herramienta para su conservación. Para estos fines se ha aplicado el secado al sol, salado, azucarado e incluso la congelación de alimentos con el fin de controlar el contenido de humedad, ya sea removiendo agua, dejándola no disponible en forma de hielo o ligada a otros compuestos, produciendo así la estabilidad química y biológica del alimento (**Labuza, 1980**, citado por **Gahona, 2000**).

En un alimento se encuentran interactuando varios componentes: los hidrofílicos lo hacen con el agua, los hidrofóbicos en ambiente no acuoso. Se han definido conceptos para interpretar estas interacciones (**Gahona, 2000**) :

a) **Hidratación**, es la tendencia del agua a asociarse con moléculas hidrofílicas, que depende de naturaleza del componente no acuoso, composición de sales, pH, temperatura, etc (**Gahona, 2000**).

b) **Agua ligada o agua inmóvil**: agua existente en la vecindad de los solutos y de otras sustancias no acuosas y que tiene propiedades que difieren significativamente del agua libre en el mismo sistema. (su definición es aun controversial y complicada). Aunque ésta es importante, su proporción en alimentos de alta humedad es relativamente pequeña y en el caso de alimentos de baja humedad la actividad de agua es un concepto más útil que el de agua ligada (**Gahona, 2000**).

2.4.1 Actividad de agua

Uno de los parámetros más importantes en la deshidratación de alimentos es la condición de equilibrio que determina el límite del proceso. Aunque este valor es una parte importante del gradiente que provoca el movimiento del agua, la actividad de

esta se ha convertido en un factor determinante en el estudio de la estabilidad de alimentos secos (Gahona 2000).

La actividad de agua como concepto termodinámico amplio, se define como la relación de fugacidades, y se requiere una revisión de la termodinámica básica y aplicada para entender el concepto de a_w y las bases que rigen. Una definición útil es la siguiente.

$$a_w = \frac{P_w}{P_w^0}$$

Donde:

a_w = Actividad de agua

P_w = Presión de vapor de agua en equilibrio con el alimento

P_w^0 = Presión de vapor del agua pura a la misma temperatura.

2.5 ISOTERMAS DE SORCIÓN

Una isoterma de sorción, es la curva que indica, en el equilibrio y para una temperatura determinada, la cantidad de agua retenida por un alimento en función de la humedad relativa de la atmósfera que lo rodea; o, si se quiere e inversamente, la presión parcial de vapor ejercida por el agua del alimento en función del contenido de agua en el mismo (Cheftel, 1992).

2.5.1 Isotermas de adsorción y estado del agua en los alimentos

Existen por lo menos dos regiones diferentes de las isotermas de sorción de los alimentos:

a) Agua fuertemente ligada

En la cual la actividad de agua está comprendida entre 0 y 0.2 ó 0.3; en esa región de las isotermas existe una capa monomolecular de agua fija a los grupos polares de ciertos compuestos NH_3^+ y COO^- de las proteínas y de los grupos OH^- de los almidones.

Esta agua no está disponible para actuar como disolvente o reactivo.

b) Agua débilmente ligada y agua libre

Son sucesivas capas de agua, esta agua representa la mayor parte de la esfera de hidratación de los constituyentes solubles (proteínas, sales, etc.).

Un dato muy importante es que en todas partes de la isoterma, a pesar de actividades de agua tan bajas como 0.2 – 0.3, el agua presenta sus propiedades habituales o, dicho de otra forma, está disponible tanto como disolvente y como reactivo.

El agua libre representa la mayor parte del agua de los alimentos frescos o elaborados. (Cheftel, 1992).

El conocimiento de la dependencia de la temperatura y el fenómeno de sorción provee una información esencial para el reconocimiento de la energía del sistema. La variación de la actividad de agua con la temperatura debe ser determinada por técnicas calorimétricas, o de forma directa usando isotermas de adsorción de agua y de aquí interpretar en términos de calor isostérico de sorción (Iglesias y Chirife, 1976; citado por McMinn y Magee, 1999).

McMinn y Magee (1999), estudiaron el efecto de la temperatura sobre la humedad relativa de equilibrio y valores de varias soluciones de sales usando el método de medida de la presión de vapor (VPM), y la correspondiente correlación de ecuaciones establecidas. La cantidad de sales recomendadas para la preparación de

soluciones saturadas se muestra el cuadro 2, se debe tenerse cuidado de colocar la sal hasta que la solución quede completamente saturada (**Wolf et al., 1985**).

Cuadro 2. Actividades de agua y cantidad de sal y agua recomendadas para la preparación de soluciones saturadas.

Sal.	Cantidad de preparación.		Actividad de agua		
	Sal (g)	Agua (ml)	40°C	50°C	60°C
Cloruro de Litio.	150	85	0.118	0.114	0.112
Acetato de Potasio	200	65	0.206	0.189	0.175
Cloruro de Magnesio	200	25	0.318	0.312	0.296
Nitrato de Magnesio	200	90	0.510	0.500	0.500
Cloruro de Sodio	200	30	0.754	0.745	0.745
Cloruro de Potasio	200	60	0.850	0.810	0.800
Cloruro de Bario	200	80	0.890	0.890	0.88

La determinación de la actividad de agua para cada una de las sales se realiza empleando la ecuación de regresión para soluciones salinas a diferentes temperaturas tal como se muestra en el cuadro 3. propuesto por **Labuza et al., 1985** citado por **McMinn y Magee, 1999**.

Cuadro 3. Ecuaciones de regresión de actividad de agua de las soluciones salinas saturadas a diferentes temperaturas

Sal		Ecuación de regresión
Cloruro de Litio	(LiCl)	$\ln_{aw} = (500.95 \times 1/T) - 3.85$
Acetato de Potasio	(KC ₂ H ₃ O ₂)	$\ln_{aw} = (861.39 \times 1/T) - 4.33$
Cloruro de Magnesio	(Mg Cl ₂)	$\ln_{aw} = (303.35 \times 1/T) - 2.13$
Carbonato de Potasio	(K ₂ CO ₃)	$\ln_{aw} = (145.00 \times 1/T) - 1.30$
Nitrato de Magnesio	(Mg NO ₃)	$\ln_{aw} = (356.60 \times 1/T) - 1.82$
Cloruro de Sodio	(NaCl)	$\ln_{aw} = (228.92 \times 1/T) - 1.04$
Cloruro de Potasio	(KCl)	$\ln_{aw} = (367.58 \times 1/T) - 1.39$

Kaya et al. (1997), en estudios realizados con cereales nos indican que el conocimiento de la humedad de sorción de la mayoría de los productos deshidratados es muy importante para la estabilidad, la calidad y la vida en anaquel.

La actividad de agua como una función del contenido de humedad y la temperatura $a_w = f(T, X)$ es importante para determinar la estabilidad crítica del alimento durante la vida en anaquel. Las isotermas de sorción y la cinética de desorción son usadas para diseñar varios procesos de secado (**Veltchev y Menkov, 2000**).

2.5.2 Efecto de la temperatura

Tanto para adsorción y desorción la temperatura resulta en un equilibrio de los contenidos de humedad correspondientes a los valores de actividad de agua. Similarmente, el contenido de agua de la monocapa decrece con el incremento de la temperatura y puede ser calculado por los modelos de isotermas (**Gahona, 2000**).

2.5.3 Modelos de isotermas

Los modelos de isotermas son de gran utilidad en el diseño de los procesos de secado, y muchas veces nos dan parámetros que son característicos de la

estabilidad de alimentos almacenados, y pueden ser usados para predecir su vida en anaquel.

Los modelos ajustados pueden ser empíricos, semi empíricos o teóricos y generalmente deben cumplir con una serie de requerimientos. El modelo debe estar basado en una función matemática que pueda ser factiblemente ajustado a una isoterma experimental, la ecuación debe ser sencilla, con pocos parámetros como sea posible que deben tener una significancia física (Vázquez *et al.*, 1999).

Estos modelos matemáticos para fijar isotermas de sorción se presentan en el cuadro 4.

Cuadro 4. Ecuaciones de isotermas de sorción

N°	Nombre	Ecuación
(1)	Chung-Pfost	$M = [\text{Ln } A - \text{Ln}(T + C) - \text{Ln}(-\text{Ln } a_w)] \left(\frac{1}{b} \right)$
(2)	GAB	$M = \frac{A B C a_w}{(1 - B a_w)(1 - B a_w + B C a_w)}$
(3)	Halsey	$M = [\text{EXP}(A - TB/(-\text{Ln } a_w))]^{(1/C)}$
(4)	Oswin	$M = (A + TB)/(1/a_w - 1)^{1/C}$
(5)	BET	$M = \frac{A C a_w}{(1 - a_w)(1 - a_w + C a_w)}$

Nomenclatura empleada en isotermas.

A, B, C	Constantes de las ecuaciones de isotermas
a_w	Actividad de agua
M	Humedad de equilibrio, % base seca
R	Constante universal de los gases, 8.314 kJ/kg mol K.
T	Temperatura, K.
Q_s	Calor de sorción
C_1	Constante ecuación de Clausius-Clapeyron

2.5.4 Calor de sorción

El calor isostérico de adsorción se determinó utilizando la ecuación de Clausius-Clapeyron (**Sanni y Kuye, 2000**), que describe el efecto de la temperatura sobre la actividad de agua:

$$\ln a_w = -\frac{Q_s}{R} \frac{1}{T} + C_1$$

Donde C_1 Constante de integración

Q_s Calor isostérico de sorción.

T Temperatura

R Constante universal de los gases

El valor de Q_s se obtiene por la intersección de $\ln a_w$ versus $1/T$.

Cuando se mide el calor isostérico de sorción a diferentes contenidos de agua en un mismo alimento, el calor de sorción aumenta con la deshidratación (**Cheftel, 1992**).

2.6 APLICACIONES DEL SECADO EN EL CAMPO AGROALIMENTARIO

En el campo agroalimentario el secado es una técnica que se viene aplicando desde hace mucho tiempo atrás. Así tenemos que:

Zakhia et al. (1995), modelaron la cinética de secado de pescado usando combinación de metodología de superficie de respuesta y modelos de difusión, donde el rasgo original de este estudio ha sido el uso combinado de metodología de superficie de respuesta y modelos de difusión en un número limitado de experimentos; esta combinación permitió el desarrollo de una herramienta de predicción evaluando en el pescado los mecanismos de secado así como el tiempo de secado.

Texeira y Tobinaga (1998), estudiaron la transferencia de masa del agua durante el secado de músculo de calamar (*Loligo brasiliensis*) previamente salado y ahumado por humo líquido, tomando a la difusividad efectiva como una función exponencial de la humedad. El resultado obtenido fue comparado con los valores calculados por el método de la pendiente. El modelo basado en la segunda ley de Fick y resuelto por el método de diferencia finita explícita fue aplicado a una geometría de cilindro hueco (manto de calamar), sin considerar el encogimiento, con resultados adecuados.

Vivanco (1999), estudió la influencia de las condiciones de operación en la cinética de secado de uva de la variedad Moscatel Romano utilizando un secador de laboratorio. El tratamiento previo al secado se realizó por inmersión de las uvas en una solución de NaOH al 0.15%. Se trabajó con diferentes temperaturas de secado (50, 60, 65 y 70°C) manteniendo constante la velocidad másica del aire de secado (21300 Kg/m²h). Se registró la humedad y temperatura de entrada de aire al secador. La velocidad de secado decreciente se presentó desde el inicio de la operación de secado. Se empleó un modelo basado en la segunda ley de Fick para la determinación de la característica difusional del producto, sin considerar la concentración de la partícula durante el secado. Las hipótesis asumidas permitieron obtener una excelente correlación entre las variables experimentales y calculadas. La variación de la temperatura del aire produjo un aumento de la transferencia de materia lo cual fue

interpretado en términos de la energía de activación de acuerdo con la ley de Arrhenius.

Sarsavadia et al. (1999), estudiaron el comportamiento en el secado de cebollas en rodajas. La velocidad de secado en capa fina de cebollas en rodajas saladas fue determinada experimentalmente a cuatro niveles de temperatura de aire de secado (rango de 50-80 C), cuatro niveles de velocidad del aire (rango de 0.25 a 1.00 m/s) y tres niveles de humedad relativa (de 10 a 20%). Los datos experimentales obtenidos fueron ajustados con un modelo del tipo Arrhenius y un modelo de potencia, usando análisis de regresión no lineal. El modelo tipo Arrhenius mostró ser mejor para predecir el secado a velocidad constante.

Prado et al. (2000), realizaron experimentos de secado con muestras de dátiles (*Phoenix dactilyfera. L*), para verificar el encogimiento, secando en bandejas convectivas bajo tres condiciones diferentes (60⁰C-11.1% HR, 70⁰C-7.2% HR y 80⁰C-4.7% HR) y tres diferentes velocidades de aire (0.5 m/s, 1.0 m/s y 1.5 m/s). Tres modelos matemáticos desarrollados por **Suzuki et al. (1976)**, fueron aplicados para correlacionar los datos experimentales con un buen grado de ajuste.

Mulet et al. (2000), estudiaron el efecto de forma en la patata y el encogimiento de coliflor durante el secado, a través de análisis de imágenes.

Kechaou y Maâlej (2000), describieron un modelo simplificado para la determinación de difusividad de agua a partir de datos experimentales de curvas de secado de dátiles de Túnez. La temperatura del aire varió entre 30 y 69°C, humedad relativa de 11.6 a 47.1% y velocidad de aire de 0.9 a 2.7 m/s. Un método numérico fue obtenido para resolver la ecuación de difusión en el cual la difusividad es función de la temperatura y el contenido de humedad. Fue utilizado para investigar el movimiento de la humedad dentro del material, asumiendo que se trata de un cilindro infinito homogéneo, quedando demostrado que la distribución de humedad en los dátiles durante el secado puede ser obtenido utilizando la ecuación empírica presentada.

2.7 ANÁLISIS SENSORIAL

El análisis sensorial es una herramienta más del control de calidad total de cualquier empresa (Sancho *et al.*, 1999). En esta disciplina científica se pueden llevar a cabo dos tipos de estudios (panel entrenado y panel de consumidores)

- Las evaluaciones analíticas.** Las llevan a cabo un grupo de personas (panel) debidamente seleccionadas y entrenadas.
- Los estudios de consumidores.** Los hacen personas sin entrenar, con un perfil socio-cultural representativo del tipo de mercado al cual va destinado ese producto.

El análisis sensorial se realiza con los sentidos, pero con unas condiciones que aumentan su objetividad y su fiabilidad, teniendo en cuenta que tanto el entorno físico como el psicológico (influencia de la edad, sexo, estatus social, etc.) puede influir en el resultado final.

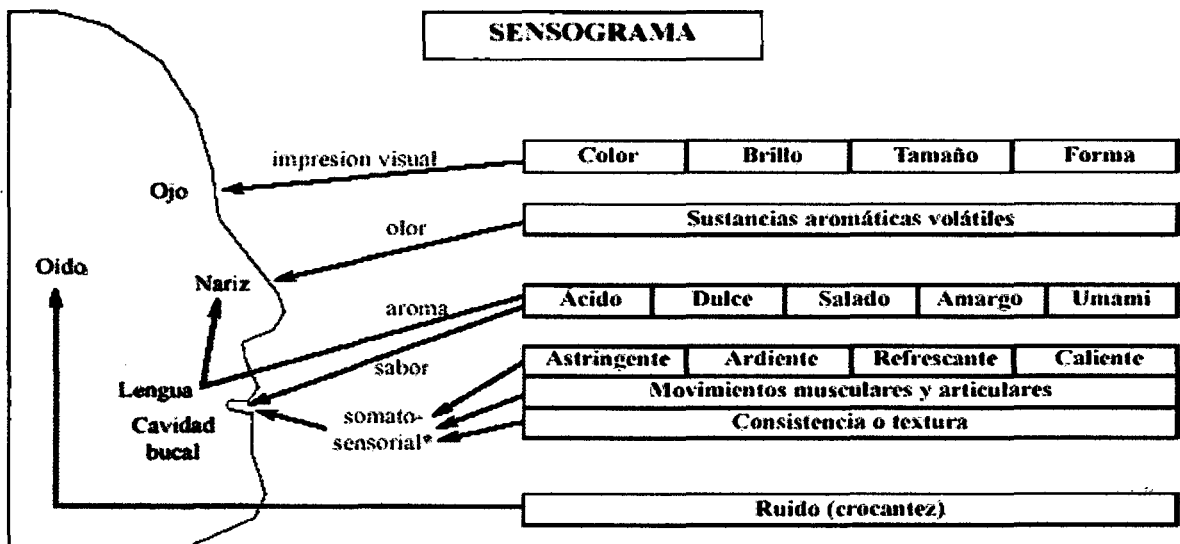


Figura 8. Representación esquemática de las impresiones que se perciben a través del análisis sensorial (Sancho *et al.* 1999) .

Las sensaciones experimentadas al ingerir una fruta, por ejemplo, no están captadas por un solo sentido, sino que en esa sensación se entremezclan distintos estímulos y vías nerviosas y están representados en la figura 8 (Sancho *et al.* 1999) .

2.7.1 Metodología en la selección y entrenamiento de jurados en análisis sensorial

El panel o jurado es realmente un "instrumento de medición" y, por lo tanto, el resultado de los análisis realizados dependerá de sus miembros.

Sancho et al. 1999, define tres tipos de jueces para los paneles en el análisis sensorial:

- **Jueces.** Son aquellos que evalúan las características de determinado producto alimenticio haciendo uso de los 5 sentidos.
- **Catadores.** Son aquellas personas que evalúan un producto con atención y cuya calidad se desea apreciar, para saber si produce agrado o no, la evaluación se realiza en forma grupal de catadores que suelen hacer comentarios en voz alta, sometiéndolo a los sentidos en particular al gusto y al olfato
- **Experto.** Un juez experto sabe transmitir las sensaciones frente a un producto complementándolas con datos como pueden ser la variedad del producto, zona de producción y posibles defectos.

III. MATERIALES Y METODOS

3.1 LUGAR DE EJECUCIÓN

Los experimentos de secado y etapas previas, se realizaron en el laboratorio de Análisis y Composición de Productos Agroindustriales (ANACOMPA), Laboratorio de Ingeniería y Proyectos, Laboratorio de Microbiología y Fermentaciones, pertenecientes a la Facultad de Ingeniería Agroindustrial de la Universidad Nacional de San Martín.

3.2 MATERIALES

3.2.1 Material estudiado

Los camarones fueron adquiridos en el distrito de Cacatachi, provincia de San Martín, a una altitud de 330 m.s.n.m y una temperatura máxima de 35.6⁰C y temperatura mínima de 13.3⁰C. Se seleccionaron muestras con tamaño uniforme de 18 a 21 centímetros de longitud y pesos totales de 80 a 100 g.

Las muestras fueron transportadas desde el centro de producción para que se realizara con previo enfriamiento ya que la ausencia de este ocasiona una rápida disminución de su frescura debido a la degradación de sus tejidos por la acción de las enzimas del músculo y de bacterias a temperaturas mayores a la de refrigeración (10⁰C), condiciones recomendadas por **Maza (1986)**.

3.2.2 Reactivos

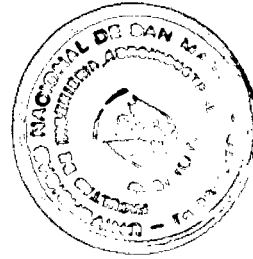
- Hidróxido de sodio (NaOH)
- Ácido sulfúrico (H₂SO₄)
- Ácido clorhídrico (HCl)
- Éter de petróleo
- Cloruro de litio
- Acetato de Potasio
- Cloruro de Magnesio

- Carbonato de Potasio
- Cloruro de Sodio
- Cloruro de Bario
- Cloruro de Potasio
- Nitrato de Magnesio

3.2.3 Equipos y materiales de laboratorio.

- Secador de laboratorio, 220 Voltios, con regulación automática de temperatura desde 40⁰C hasta 75⁰C.
- Estufas MEMMERT, Modelo 600, tipo V30, temperatura máxima de 220⁰C, 1400 W y 220 voltios.
- Agitador mecánico rotatorio marca GESELLSCHAFT FUR LABORTECHNIK. Modelo GFL 3017, 230 voltios, 0.065Kw.
- Mufla THERMOLYNE 1500 Furnace, temperatura Máxima de 1200⁰C, 2240 W, 240 V. U.S.A.
- Balanza digital DENVER INSTRUMENT COMPANY, modelo AA200 capacidad 210 g. exactitud 0.1 mg.
- Balanza digital DENVER INSTRUMENT COMPANY, modelo XL-6100, capacidad 6100 g. exactitud de 0.1g. USA.
- Cocina eléctrica FISHER, temperatura máxima de 600⁰C.
- Agitador magnético marca THERMOLYNE, modelo NUOVA II, 240V
- Equipo semi micro Kjeldhal, marca J.P. Selecta Modelo 627, 2000W, 220V.
- Anemómetro marca
- Destilador de Agua marca Superior, modelo 2000, 220V, 2000W.
- Psicrómetros, temperatura máxima de 110⁰C.
- Equipo extractor soxhlet
- Pinzas de acero inoxidable
- Pie de rey
- Bureta de 10 ml
- Fiola de 1000 ml y 500 ml
- Vaso precipitado de vidrio de 250 y 1000 ml
- Probetas de 100 ml, 50 ml.

- Embudo de vidrio
- Papel filtro sin cenizas
- Cronómetro
- Baguetas
- Campana desecadora
- Picetas
- Cuchillos de acero inoxidable



3.3 METODOLOGÍA EXPERIMENTAL

Los experimentos comprendieron tres fases: la primera fase fue la determinación del mejor pretratamiento mediante análisis sensorial; la segunda comprendió la etapa de secado y la tercera fase consistió en análisis sensorial de las muestras deshidratadas.

El diseño experimental empleada para determinar el mejor pretratamiento fue un diseño en bloques completamente al azar (DBCA) con arreglo factorial completo de 3 x 3 donde los factores fueron el tiempo y temperatura.

Para la etapa de secado fue realizada bajo un diseño en bloques completamente al azar (DBCA) con arreglo factorial completo de 3 x 3, con tres repeticiones y cuyos factores son la temperatura y la velocidad de aire. Adicionalmente se realizó el análisis mediante el método de superficie de respuesta (**Box et al., 1978**)

3.4 METODOLOGÍA PARA EL SECADO

El experimento comprendió dos fases: Pre tratamiento y operación de secado.

3.4.1 Pre tratamiento de la muestra para secado

3.4.1.1 Pre tratamiento térmico

Las muestras de camarón adquiridas fueron sumergidas en agua destilada a una temperatura de 90°C por un espacio de 90 segundos con la finalidad de fijar el color naranja. (Guerrero *et al.*, 2001)

3.4.1.2 Deshidratación osmótica

Esta etapa comprende las siguientes operaciones.

- **Eliminación de Cefalotórax y retirado de caparazón de la cola.**

La operación de eliminación de cefalotórax consistió en separar la cabeza de la cola en forma manual, y fué realizada cuidadosamente a fin de proteger la calidad y el rendimiento del producto. Luego se procedió a retirar la caparazón de la cola.

- **Pesado.**

Se procedió a pesar el músculo de la cola de camarón para determinar la cantidad de solución ternaria a agregar.

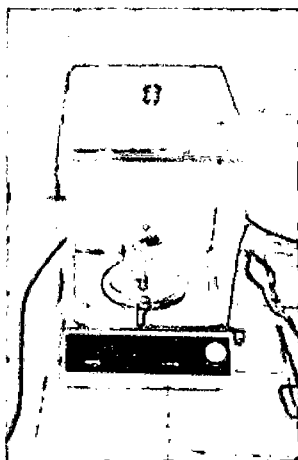


Figura 9. Pesado de Colas de camarón gigante

El pesado de las muestras de camarón gigante se realizó empleando una balanza electrónica que se muestra en la figura 9.

- **Deshidratado osmótico.**

Las muestras pesadas se colocaron en una solución al 20% de sacarosa y 20% de cloruro de sodio (% en peso) que fue utilizada como medio osmótico. La temperatura de prueba fue 20°C, la relación entre el peso de la muestra y la solución fue 10:1.

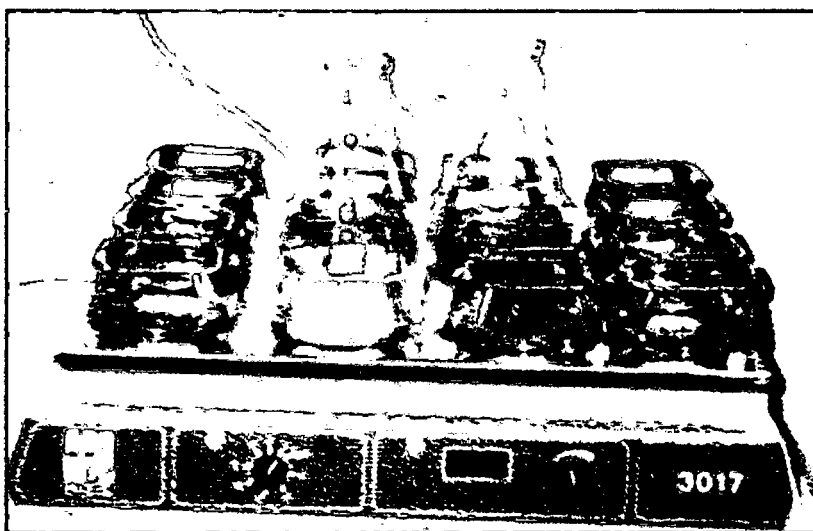


Figura 10. Agitador para deshidratación osmótica

Durante los experimentos, las muestras fueron suavemente agitadas por 30 minutos, en agitador mecánico, a 120 r.p.m., para incrementar la transferencia de masa y prevenir la formación de una película de solución diluida sobre la superficie de la muestra (Donsi *et al.*, 2000). El equipo utilizado se muestra en la figura 10

3.4.1.3 Determinación de NaCl y Sacarosa

El contenido de sacarosa se determinó por el método de Fehling y el contenido de NaCl por el método de Mohr modificado (Medina, 1998).

3.4.1.4 Deshidratación por aire caliente

Luego de la deshidratación osmótica, la muestra fue colocada en la bandeja del secador convectivo, al que previamente se le dió las condiciones establecidas de temperatura y velocidad del aire. Esta bandeja estaba unida a una balanza digital, que continuamente mostraba la pérdida de peso (pérdida de humedad), tal como se muestra en la figura 11.

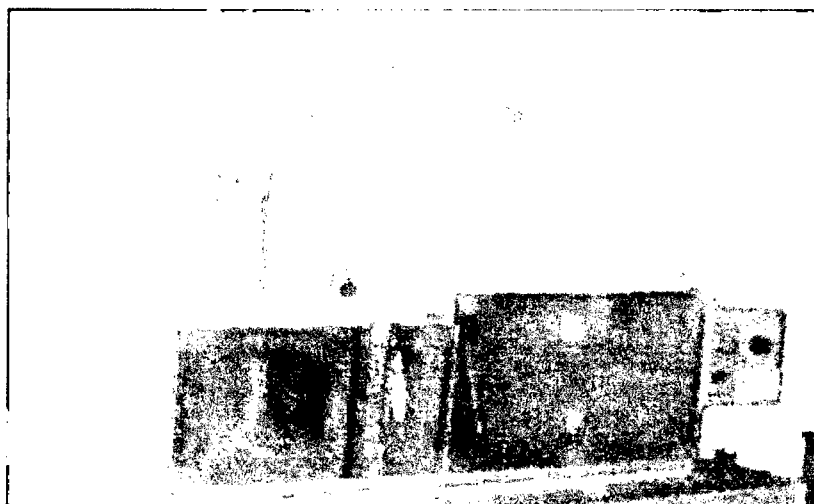


Figura 11. Equipo de secado por aire caliente.

El equipo empleado para la deshidratación fue un secador convectivo a escala de laboratorio, tal como se muestra en la figura 11.

3.4.1.5 Diagrama de flujo para la deshidratación de músculo de camarón gigante

En la figura 12, se presenta el flujo de operaciones seguido para la deshidratación de músculo de camarón gigante.

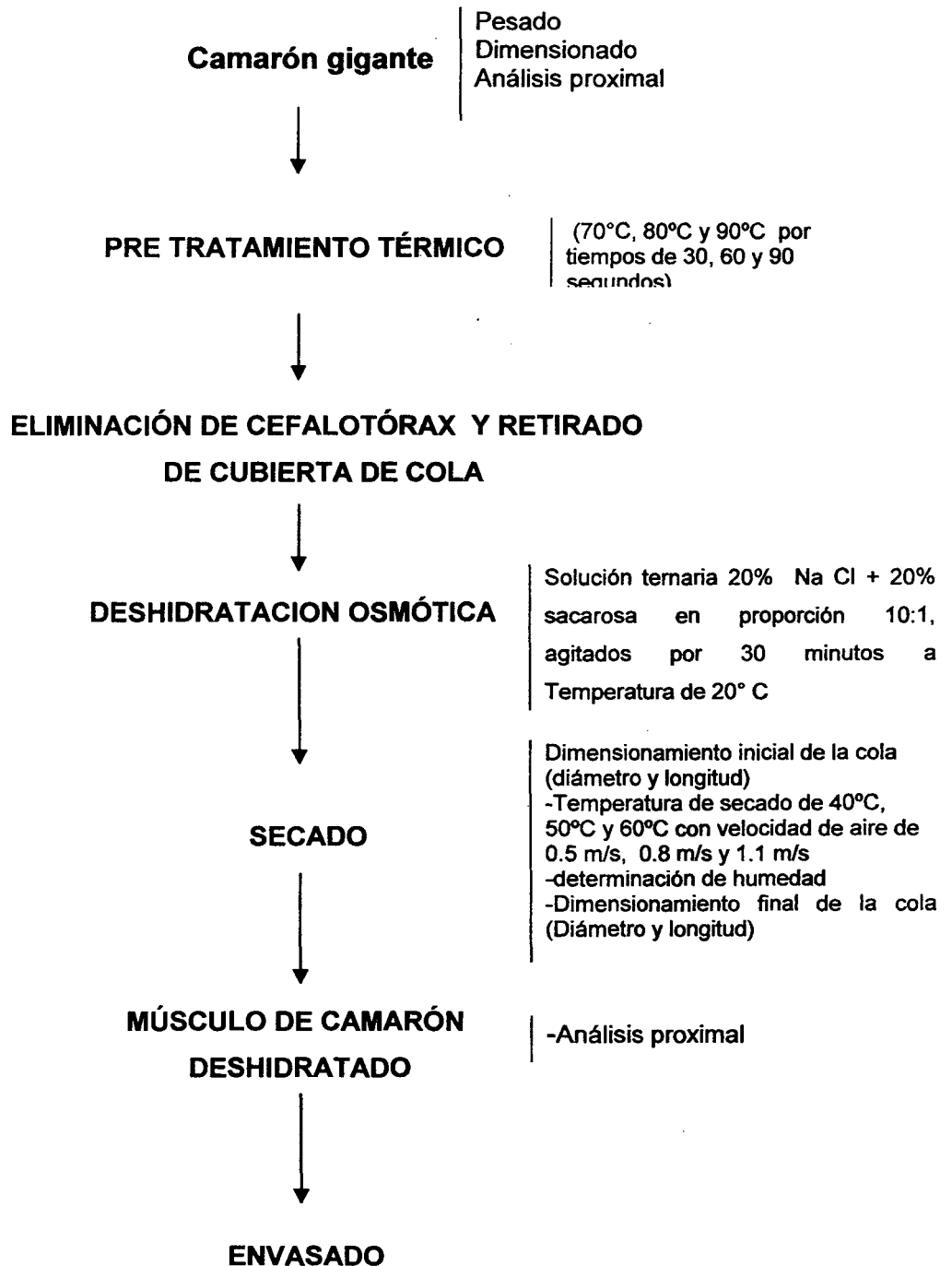


Figura 12. Diagrama de operaciones para secado de músculo de camarón gigante de Malasia (*Macrobrachium rosenbergii*).

3.5 CONTROLES EN LA MATERIA PRIMA

Los controles realizados en la materia prima fueron: Análisis físicos y análisis químico proximal.

3.5.1 Análisis dimensional

Utilizando pie de rey, se midió el tamaño de las colas de camarón (diámetro y longitud), en cada ensayo las colas de camarón fueron pesadas previamente, obteniéndose un peso promedio

3.5.2 Análisis químico proximal

3.5.2.4 Humedad

Fue determinada por el método de estufa, a presión atmosférica a 110°C durante 24 horas (AOAC, 1990).

3.5.2.5 Proteína total

Fue determinada por el método semi micro kjeldhal (AOAC, 1990); el porcentaje de nitrógeno se multiplicó por el factor 6.25.

3.5.2.6 Grasa Total

Se realizó por extracción con éter di etílico como solvente mediante el método soxhlet (AOAC, 1990).

3.5.2.7 Ceniza Total

Se determinó por calcinación de la muestra en una mufla, a 550°C por 4 horas (AOAC, 1990).

3.6 CONTROLES DURANTE EL PROCESO DE SECADO

Durante el proceso de secado fué controlada la humedad de la muestra expresada como pérdida de peso, a intervalos de tiempo moderados, hasta alcanzar una humedad aproximada de 8% en base humedad.

3.6.1 Controles de Producto terminado

Los análisis realizados para los productos terminados fueron: Análisis químico proximal, apariencia general, curvas de cinética de secado y curvas de velocidad de secado.

3.6.1.1 Análisis dimensional

Se realizaron medidas de diámetro y longitud al inicio y al final del secado para observar el encogimiento de la muestra durante el tiempo en que fue expuesta al secado, utilizando para ello pie de rey.

3.6.1.2 Análisis químico proximal

3.6.1.2.1 Humedad

Se realizó por el método de estufa, a presión atmosférica y 110°C, durante 24 horas (AOAC, 1990).

3.6.1.2.2 Proteína total

Se utilizó el equipo semi micro kjeldhal (AOAC, 1990). el porcentaje de nitrógeno se multiplicó por el factor 6.25.

3.6.1.2.3 Grasa Total

Se realizó por extracción con éter dietílico como solvente, mediante el método soxhlet (AOAC, 1990).

3.6.1.2.4 Ceniza Total

Se determinó por calcinación de la muestra en mufla a 550 °C, por 4 horas (AOAC, 1990).

3.7 METODOLOGÍA PARA FIJAR ISOTERMAS DE ADSORCIÓN

El experimento comprendió las siguientes operaciones.

3.7.1 Pre tratamiento de la muestra

Los pre tratamientos (térmico y osmótico) y la deshidratación por aire caliente fueron realizados según lo descrito en los puntos 3.4.1.1, 3.4.1.2 y 3.4.1.3.

3.7.2 Pesado de la muestra en placas.

Una vez que la muestra fué extraída del secador, se pesó en placas petri, colocando un promedio de 2 gramos en cada placa, con dos repeticiones. Estas placas fueron colocadas en frascos conteniendo soluciones salinas saturadas con valores de a_w comprendidas entre 0.11 a 0.89, según lo indicado en el cuadro 2.

3.7.3 Colocado en estufa

Los frascos conteniendo las muestras fueron colocados en estufas a temperaturas constantes de 40°C, 50°C y 60°C, aproximadamente por 5 semanas hasta alcanzar el equilibrio (Kouhila *et al.*, 2000).

3.7.4 Pesado de muestras

Las muestras se pesaron periódicamente, procurando exponer la muestra el menor tiempo posible al ambiente a fin de que esta no gane humedad durante el pesado. Se consideró que se había alcanzado el equilibrio cuando la diferencia en peso entre dos pesadas consecutivas estaban en el orden de $\pm 0,0001$ g. (**McMinn y Magee, 1999**).

3.7.5 Diagrama de flujo para la fijación de isotermas de adsorción

En la Figura 13, se presenta el flujo de operaciones seguido para fijar las isotermas de adsorción del músculo de camarón gigante.

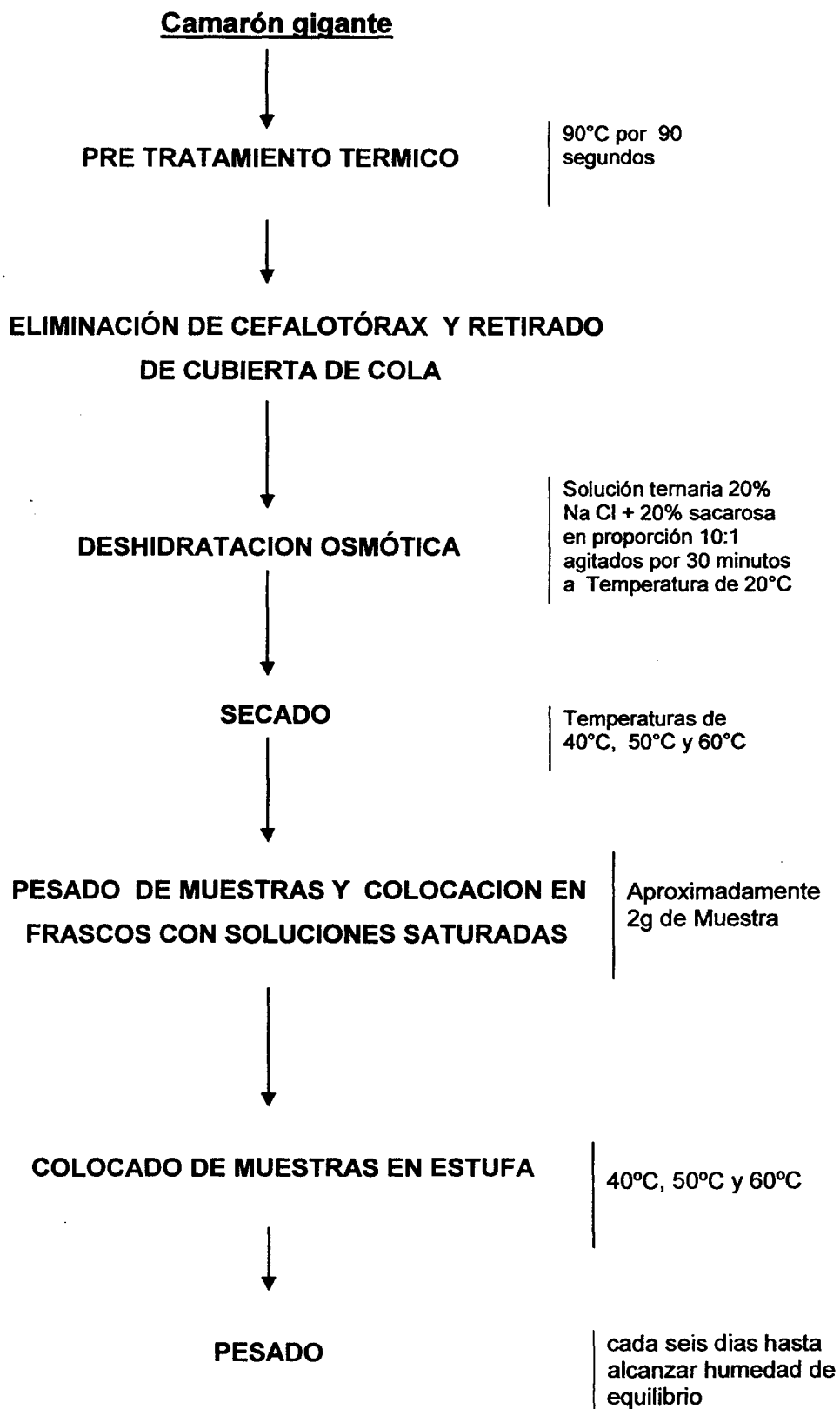


Figura 13. Diagrama de operaciones para fijar isotermas de adsorción de músculo de camarón gigante de Malasia (*Macrobrachium rosenbergii*)

3.8 TRANSFERENCIA DE MASA

Para la determinación de la transferencia de masa se empleó la segunda ley de Fick para coordenadas cilíndricas cuya ecuación es la siguiente:

$$\frac{\partial C}{\partial t} = \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} \left(r D_{\text{eff}} \frac{\partial C}{\partial r} \right)$$

donde:

C = Concentración de agua (contenido de Humedad)

T = Tiempo.

R = Radio de la muestra.

Deff= Difusión efectiva del agua.

Solución para la ecuación de Fick para cilindro (Okos *et al.*, 1992, citado por Barbosa *et al.*, 2000).

$$\Gamma = \frac{X - X_s}{X_0 - X_s} = \frac{4}{r^2} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{\beta_n^2} \left(-\beta_n^2 D_{\text{ef}} t \right)$$

Donde:

r = Radio del cilindro

β = Raíces de la función Bessel de primera clase y de primer orden

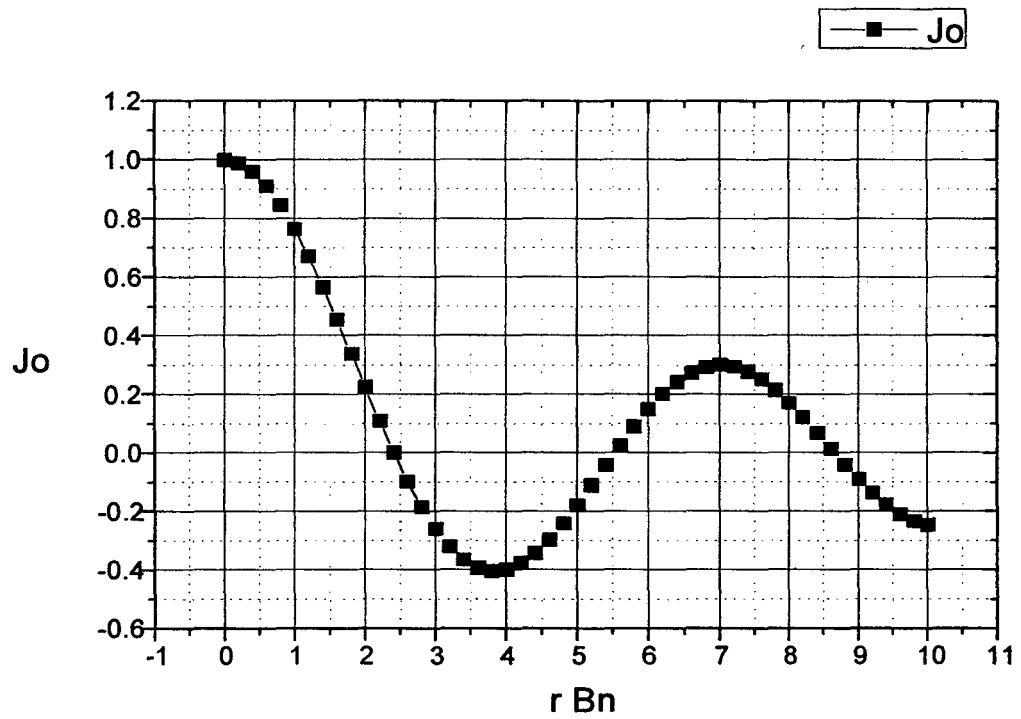
X = Contenido de humedad al tiempo t

X₀ = Contenido de humedad inicial

X_s = Contenido de humedad en la superficie

D_{ef} = Difusividad efectiva

Los valores de las raíces de la función Bessel de primer orden se obtienen del siguiente cuadro (Crank, 1975)



IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES

4.1 CARACTERIZACIÓN DE LA MUESTRA DE CAMARÓN GIGANTE (*Macrobrachium rosenbergii*).

4.1.1 Propiedades Físicas

El cuerpo del camarón Gigante de Malasia consta de dos grandes partes: Cefalotórax y cola. En el cuadro 5, se muestra el peso y porcentaje que representa cada una de las partes que componen el camarón gigante.

Cuadro 5. **Peso y porcentaje de las partes de camarón gigante de Malasia**
(*Macrobrachium rosenbergii*)

PARTES	PESO (g)	PORCENTAJE (%)
Camarón gigante	69.90	100.00
- Cefalotórax	38.97	55.75
- Cola		
- Sin caparazón	23.33	33.37
- Caparazón	7.61	10.88

*Valores promedio de 50 muestras de camarón gigante

Fuente: Elaboración propia

La parte comestible del camarón gigante según datos reportados por **Malvino, 1999**, donde el rendimiento del camarón fue de 47.6% para camarones de agua dulce, dependiendo ésta del sexo y tamaño del crustáceo.

4.1.2 Dimensionamiento de la cola de camarón gigante (*Macrobrachium rosenbergii*).

El dimensionamiento de las colas de camarón gigante estuvo referido a la determinación de peso, tamaño y forma, cuyos resultados se muestran en el cuadro 6.

Cuadro 6. Dimensionamiento del músculo de cola de camarón gigante Malasia (*Macrobrachium rosenbergii*).

PARAMETROS	VALORES
Peso (g)	18.07
Longitud (cm)	6.2
Diámetro	1.8
Forma	Ligeramente cilíndrica

*Valores promedio de 50 muestras de camarón gigante

Fuente: Elaboración propia

Como se observa, la cola de camarón gigante tiene un peso promedio de 18.07 g. después del pre tratamiento térmico y deshidratado osmótico, y tiene forma ligeramente cilíndrica.

4.2 Composición proximal

Los resultados del análisis químico proximal del músculo de cola de camarón gigante de Malasia (*Macrobrachium rosenbergii*) fresco, se presentan en el cuadro 7 y los resultados del análisis proximal del músculo deshidratado en el cuadro 8, donde podemos observar la variación en la composición proximal del músculo.

Cuadro 7. Composición proximal del músculo de cola de camarón gigante Malasia fresco (*Macrobrachium rosenbergii*).

COMPONENTES	PORCENTAJE
Humedad	79.19
Proteínas	18.55
Lípidos	1.03
Cenizas	1.23

Fuente: Elaboración propia

Los valores del análisis proximal obtenidos para camarón fresco, son similares a los presentados por Lobão *et al.* (1988), citado por Malvino (1998), quienes analizaron muestras de diferentes partes del crustáceo encontrando los

siguientes valores medios: humedad 76.24%, proteínas 20.68%, lípidos 0.69% y ceniza 1.22%.

Cuadro 8. Composición proximal del músculo de cola de camarón gigante Malasia deshidratado (*Macrobrachium rosenbergii*)

COMPONENTES	PORCENTAJE
Humedad	8.00
Proteínas	81.10
Lípidos	4.10
Cenizas	6.80

Fuente: Elaboración propia

Comparando los cuadros 7 y 8 podemos observar que la variación proximal se encuentra en el componente agua que se reduce de un promedio de 79.19% que tiene en estado fresco a un 8% en estado deshidratado, del mismo modo el contenido de ceniza aumenta debido a la presencia de sal y azúcar que se incorporan al músculo durante la deshidratación osmótica.

4.3 DETERMINACIÓN DEL MEJOR PRE TRATAMIENTO

Para determinar el mejor pre tratamiento se realizaron nueve experimentos o tratamientos que consistían en sumergir el camarón en agua a temperaturas de 70, 80 y 90 °C, por tiempos de 30, 60 y 90 segundos luego deshidratando osmóticamente en solución ternaria (20% de sacarosa + 20% de NaCl), los datos obtenidos del análisis sensorial para determinar el mejor pre tratamiento a emplear durante el secado se presentan en el cuadro 9.

Para elegir al mejor pre tratamiento se realizó un análisis sensorial según el diseño en bloques completamente al Azar (DBCA), para este análisis se contó con la participación de 10 jueces semientrenados, a través de una ficha de evaluación calificaron las muestras según los atributos de Apariencia, color, textura, olor y sabor de las muestras de músculo de camarón de los nueve tratamientos realizados.

Por encontrarse diferencia significativa entre los tratamientos de color y textura, encontrándose los resultados obtenidos mostrados en los cuadros 16, 17, 18, 19 y 20 de anexos, se realizó la prueba de Tuckey al 5% de probabilidad.

4.3.1 Superficie de Respuesta para el análisis sensorial de pretratamientos

4.3.1.1 Apariencia.

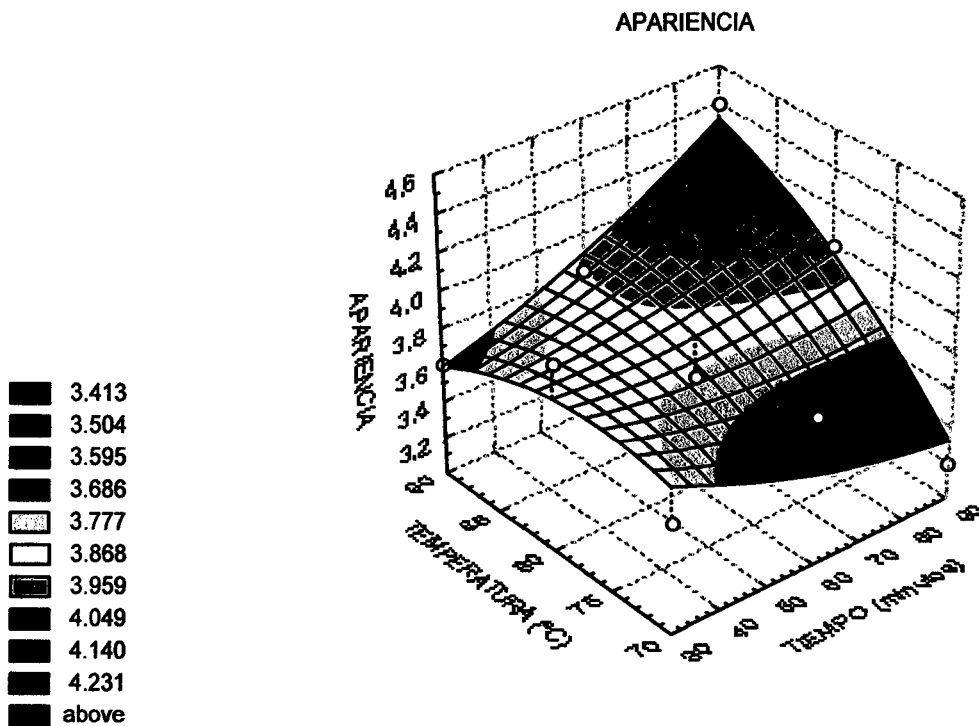


Figura 14. Superficie de Respuesta para el atributo apariencia del músculo de camarón, según el análisis sensorial realizado por los jueces.

Como se observa en la figura 14, a medida que se aumenta la temperatura y el tiempo de tratamiento térmico se obtiene las mejores calificaciones, como puede notarse que el tratamiento de 90°C con 90 segundos, alcanza la mejor calificación según el análisis sensorial realizado.

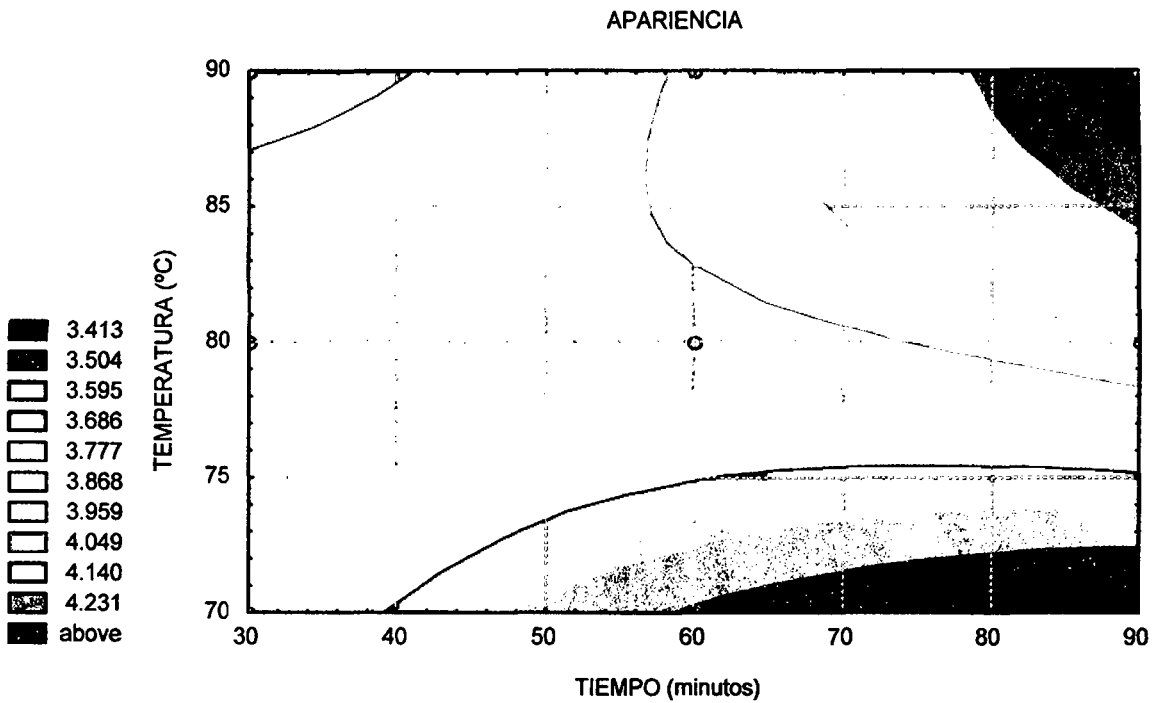


Figura 15. Representación grafica de las curvas de nivel de la superficie de respuesta para apariencia

Al igual que la figura 14, en la representación grafica de las curvas a nivel para apariencia, se observa que el mejor pre tratamiento se obtuvo a 90°C con 90 segundos, alcanza la mejor calificación.

La ecuación que representa la superficie de respuesta del atributo apariencia está dada por:

$$Z = -1.38 - 0.087x + 7.4 \times 10^{-5}x^2 + 1.7 \times 10^{-5}y - 1.3 \times 10^{-3}y^2 + 9.9 \times 10^{-4}xy + 0.$$

Donde:

x= Temperatura.

y = Tiempo.

4.3.1.2 Color.

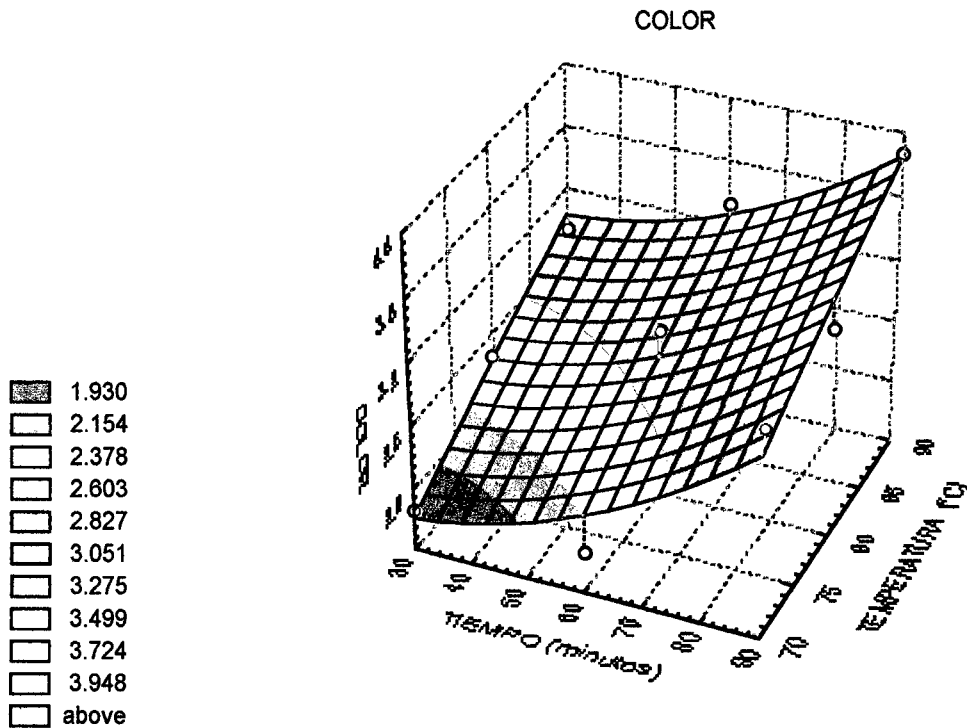


Figura 16. Superficie de Respuesta para el atributo color del músculo de camarón, según el análisis sensorial realizado por los jueces.

Los resultados de evaluación sensorial de los pre tratamientos en cuanto al color se presentan en la figura 16.

Puede notarse que el tratamiento de 90°C con 90 segundos alcanza la mejor calificación. La fijación del color anaranjado se debe a la astaxantina ($C_{40}H_{52}O_4$), pigmento carotenoide acumulado en el caparazón y en el músculo del camarón; la astaxantina está ligada a una molécula de proteína que permanece aparentemente neutra, pero al someter el músculo a temperaturas elevadas se desnaturaliza la proteína activándose de esta manera la astaxantina (Guerrero *et al.*, 2000).

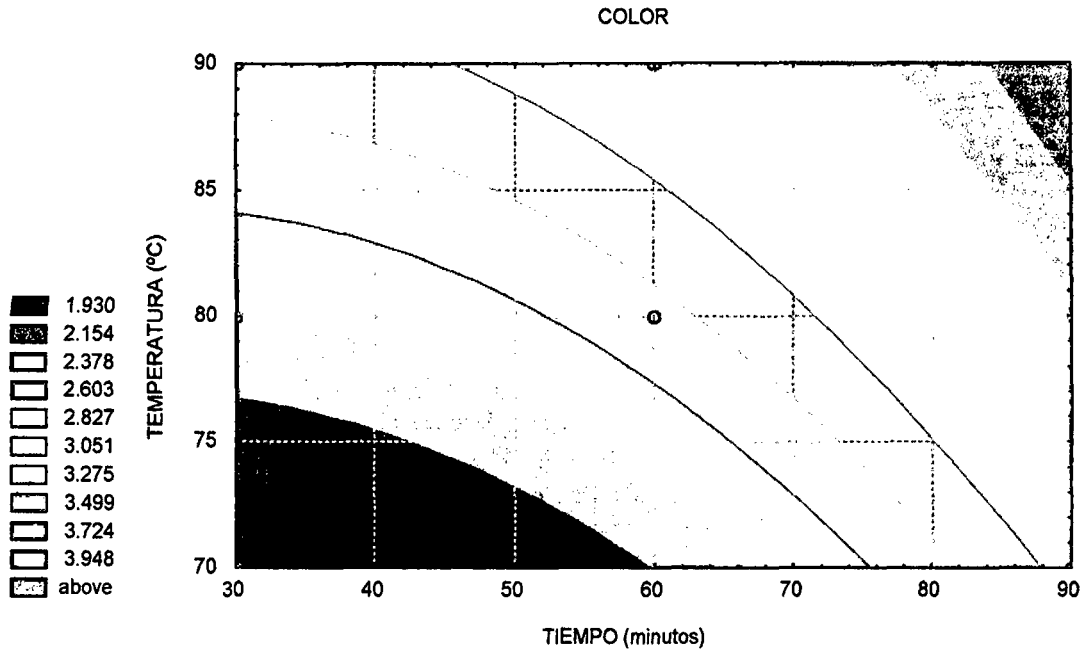


Figura 17. Representación grafica de las curvas de nivel de la superficie de respuesta para color.

En la figura 17 se observa que al incrementarse la temperatura y el tiempo del pre tratamiento térmico se obtiene las mas altas calificaciones según el análisis sensorial realizado por los jueces.

La ecuación que representa la superficie de respuesta del atributo color está dada por:

$$z = -4.98 - 5.3 \times 10^{-16}x + 2.9 \times 10^{-4}x^2 + 0.12y - 0.00033 \times 10^{-4}y^2 - 1.67 \times 10^{-4}xy + 0.$$

Donde:

x = Temperatura

y = Tiempo.

4.3.1.3 Textura.

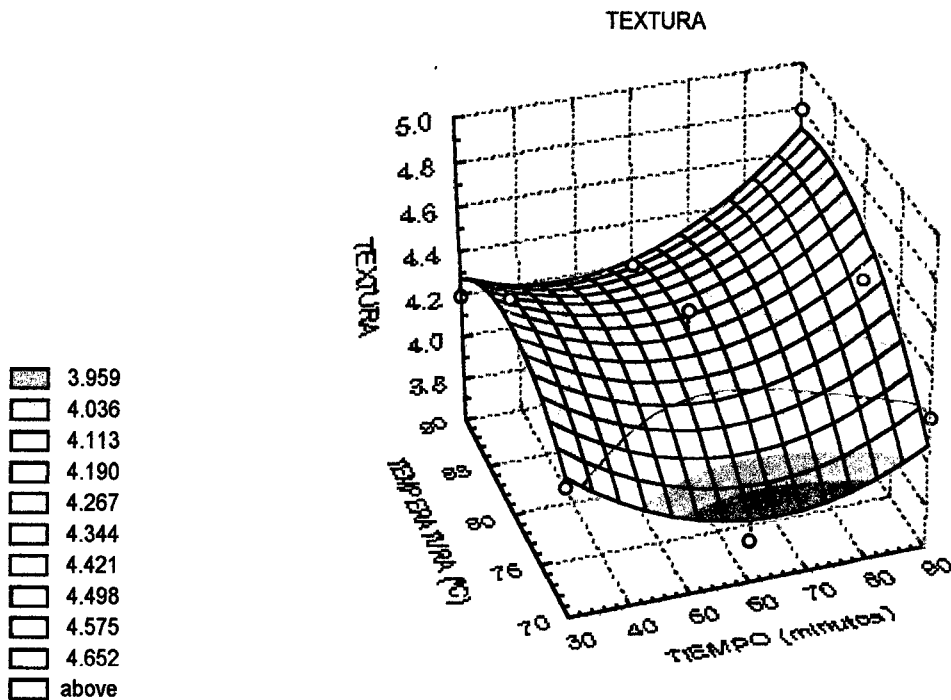


Figura 18. Superficie de Respuesta para el atributo textura del músculo de camarón, según el análisis sensorial realizado por los jueces.

En cuanto a la textura, los resultados obtenidos para los diferentes pre tratamientos del músculo de camarón gigante se presentan en la figura 18. Puede notarse que existen dos zonas de probable aceptación, que es la zona de 90°C con 30 segundos y 90°C con 90 segundos, pero la mayor calificación sigue siendo para el tratamiento de 90°C con 90 segundos.

Los cambios en la textura pueden explicarse considerando que cuando se realiza una pre cocción a temperaturas mayores a 63°C, el colágeno y la elastina se hacen más blandos, contrariamente la actiomiosina que se endurece a causa de la formación de uniones disulfuro, que enlazan fuertemente las cadenas proteicas entre si (Cheftel 1995).

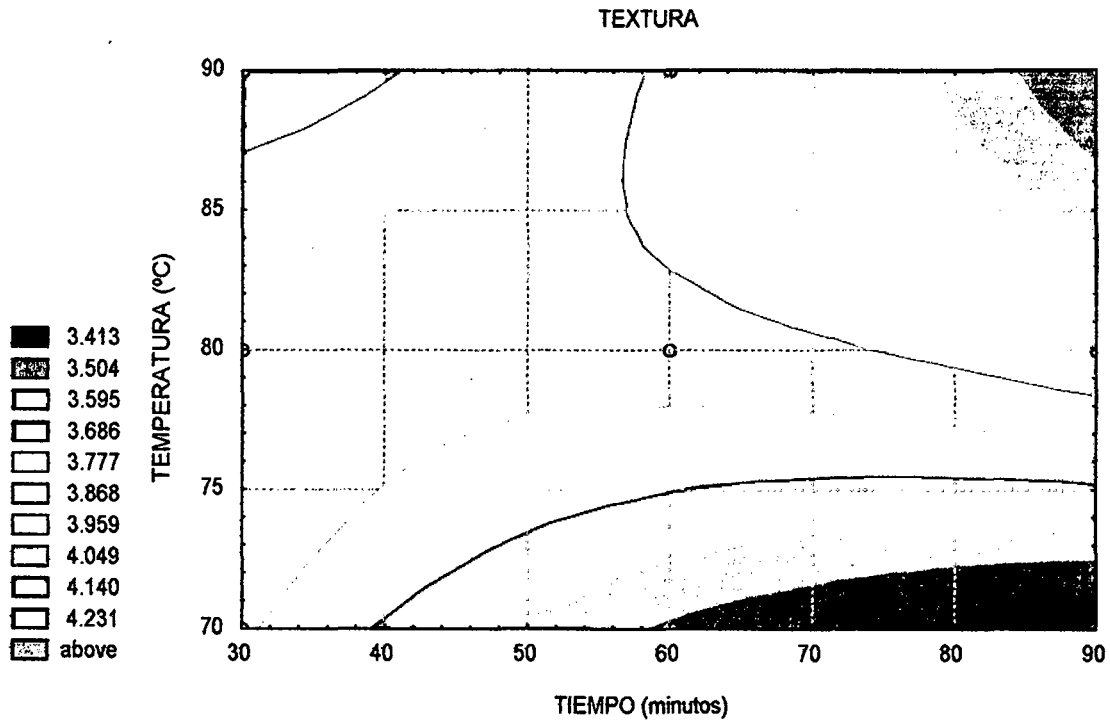


Figura 19. Representación grafica de las curvas de nivel de la superficie de respuesta para Textura.

En la figura 19, se nota que las mejores calificaciones se presentan cuando se incrementa la temperatura hasta 90 °C y el tiempo de tratamiento termico a 90 segundos, observandose tambien que los pre tratamientos que obtuvieron la mas baja calificación se presentan a temperatura de 70°C con un tiempo de 90 segundos.

La ecuación que representa la superficie de respuesta del atributo textura esta dada por:

$$Z = -1.38 - 0.087x + 0.000074 \times 10^{-5}x^2 + 0.17y - 0.0013y^2 + 0.00099 \times 10^{-4}xy + 0.$$

Donde:

x = Temperatura

y = Tiempo

4.3.1.4 Olor

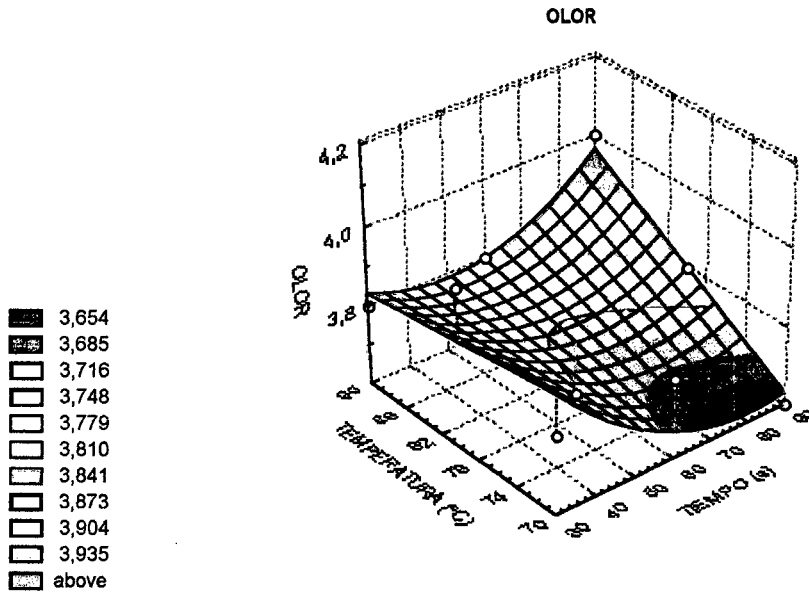


Figura 20. Superficie de Respuesta para el atributo olor del músculo de camarón, según el análisis sensorial realizado por los jueces.

En la figura 20. se puede notar claramente la influencia de la temperatura y el tiempo de pre tratamiento con respecto al atributo olor mejora cuando se alcanza la temperatura de prueba más alta (90°C) y el mayor tiempo (90 segundos) de exposición a esta temperatura, alcanzando por tanto la mayor calificación.

El olor esta fuertemente ligado al sabor debido principalmente a reacciones enzimáticas que conducen al aumento o disminución de los aminoácidos libres Konosu y Yamaguchi (1982), citados por Malvino, (1999).

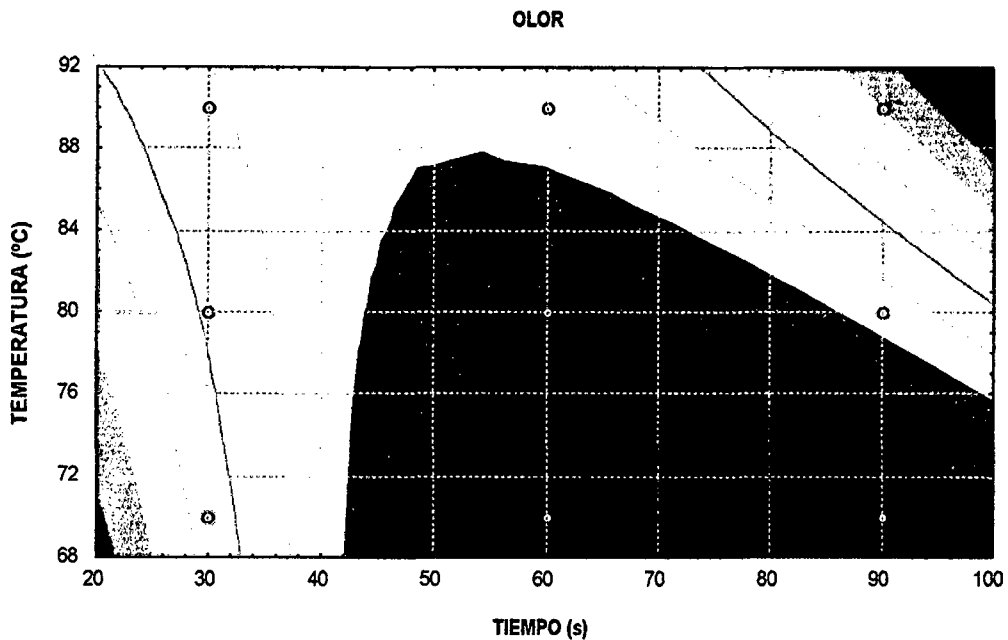


Figura 21. Representación grafica de las curvas de nivel de la superficie de respuesta para Olor.

En la figura 21, se observa que la mayor calificación según el análisis sensorial realizado por los jueces se obtiene a 90°C, con un tiempo de 90 segundos.

La ecuación que representa la superficie de respuesta del atributo olor está dada por:

$$Z = 5,27 - 0,041x + 0,00011 \times 10^{-4} x^2 - 0,013y + 4,09 \times 10^{-17} y^2 + 0,00033 \times 10^{-4} xy + 0,$$

Donde:

x = Temperatura

y = Tiempo.

4.3.1.5 Sabor.

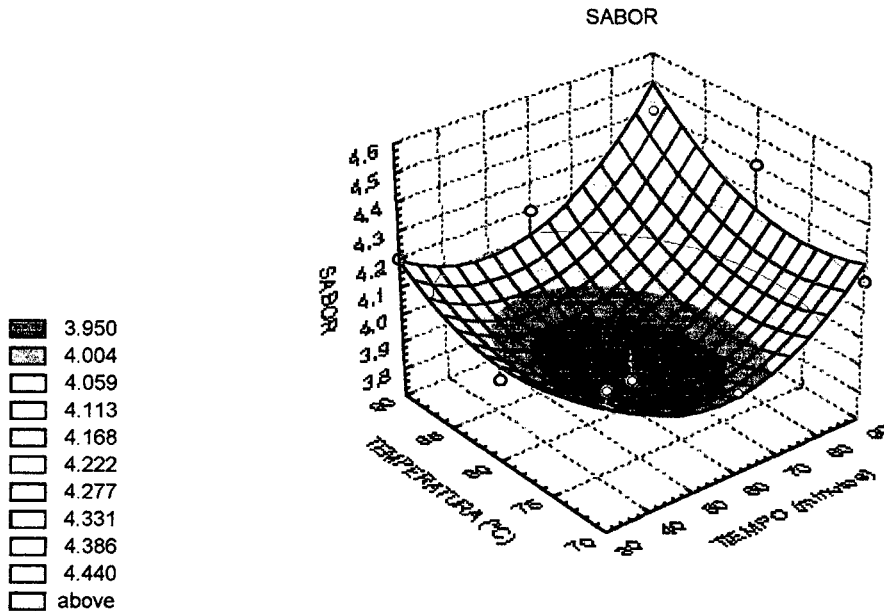


Figura 22. Superficie de Respuesta para el atributo de sabor del músculo de camarón, según el análisis sensorial realizado por los panelistas

En cuanto al sabor se puede observar en la figura 22, que el mejor pre tratamiento se obtiene cuando el pre tratamiento se realiza a temperatura 90°C por 90 segundos.

Los aminoácidos libre tienen una participación importante en el sabor característico del camarón (Rangaswamy *et al.*, 1970, citado por Malvino 1999). La fijación del sabor en el camarón se debe a la desnaturalización de la proteína que ocurre cuando esta se somete a temperaturas elevadas (Fennema, 1993).

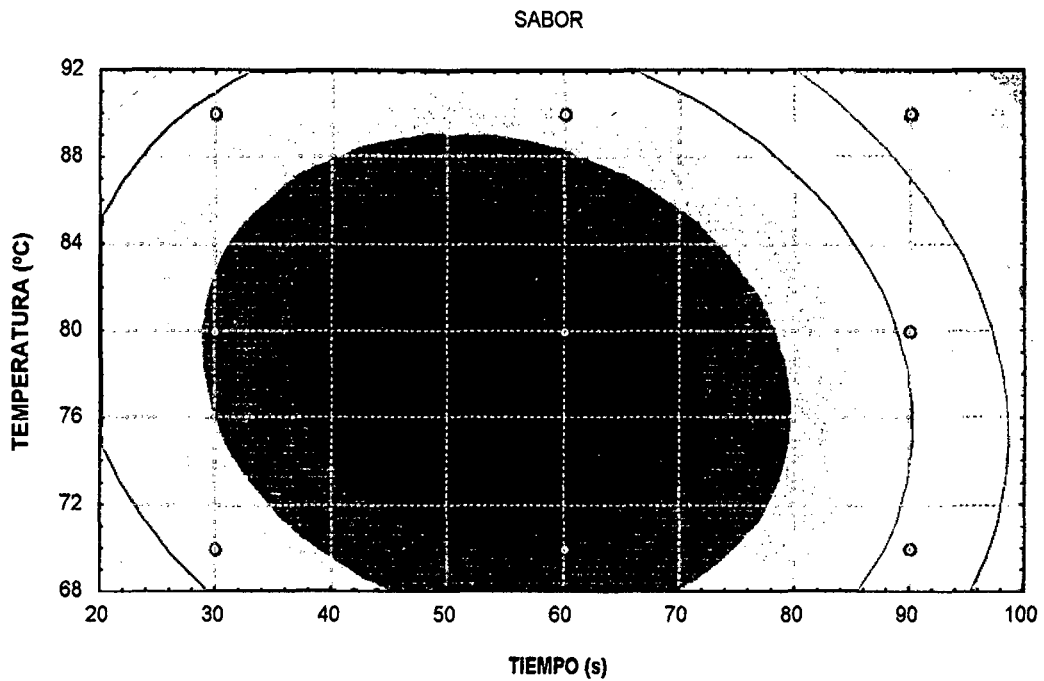


Figura 23. Representación grafica de las curvas de nivel de la superficie de respuesta para Sabor.

En la figura 23 donde se muestra la representación grafica de las curvas a nivel para sabor se puede notar claramente que el sabor mejora ligeramente cuando se alcanza una temperatura de 90°C y un tiempo de 90 segundos.

La ecuación que representa la superficie de respuesta del atributo sabor esta dada por:

$$Z = 13,4 - 0,041x + ,0002.59 \times 10^{-4}x^2 - 0,22*y + 0,0013y^2 + ,0001.6 \times 10^{-4}xy + 0,$$

Donde :

x = Temperatura

y = Tiempo.

4.4 ISOTERMAS DE ADSORCIÓN

Los valores experimentales de humedades de equilibrio, actividad de agua y las curvas ajustadas con la ecuación GAB se muestran en la Figura 24.

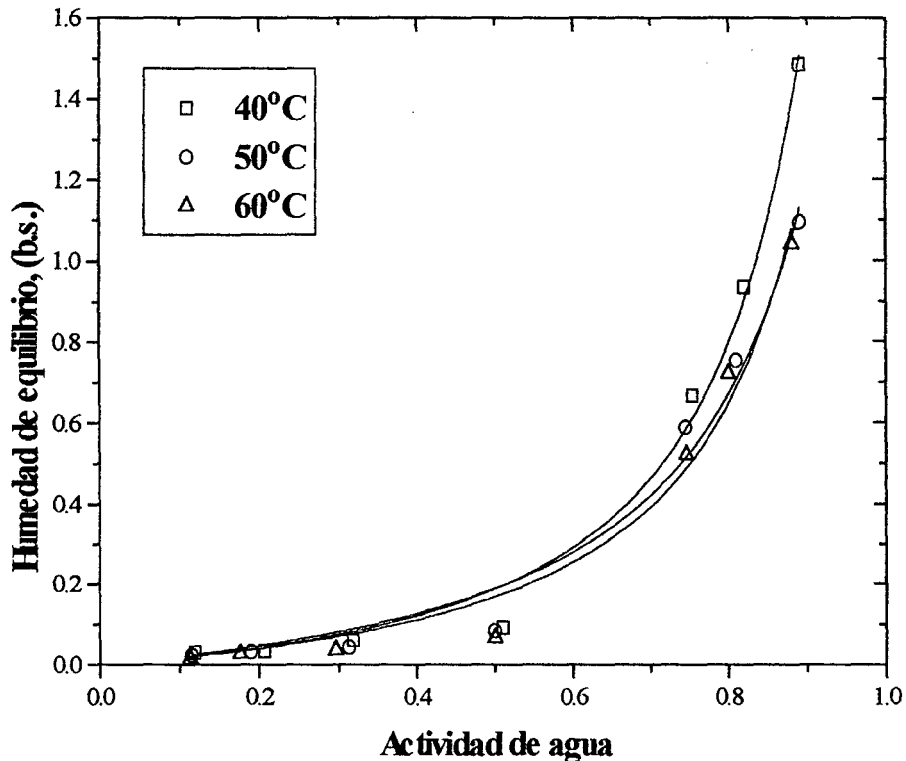


Figura 24. Isotermas de adsorción de músculo de camarón gigante ajustadas con la ecuación de GAB.

Puede notarse que el contenido de humedad de equilibrio se incrementa rápidamente para valores de a_w superiores a 0.5, comportamiento que puede deberse a la presencia de sacarosa y cloruro de sodio en el músculo del camarón pretratado osmóticamente. En lo que respecta al contenido de humedad de monocapa, determinado utilizando la ecuación de BET (parámetro A, Cuadro 3), puede notarse que disminuye con el incremento de temperatura; resultados similares han sido reportados por Johnson y Brennan (2000) para plátano (*Musa paradisiaca*).

Las constantes de los cinco modelos matemáticos de isotermas de sorción se presentan en el cuadro 9, las mismas que fueron obtenidas por regresión no lineal de los datos experimentales a estos modelos.

Cuadro 9. Constantes de Isotermas de sorción evaluadas para músculo de camarón gigante (*M. rosenbergii*)

MODELO	TEMP (K)	CONSTANTES			R ²
		A	B	C	
Chung- <u>Pfost</u>	313	753.97000	2.0534	199.33352	0.88910
	323	791.36326	2.6641	183.48500	0.91752
	333	799.43907	2.7745	177.75938	0.90116
Halsey	313	305.66000	0.98218	0.90158	0.97893
	323	305.62300	0.95238	1.03061	0.95234
	333	315.17659	0.95238	0.94143	0.96012
Oswin	313	-152.0762	0.48652	1.04091	0.98696
	323	-156.9414	0.48652	1.04100	0.98696
	333	-161.8067	0.48650	1.04100	0.98696
BET	313	0.05261	5.87818		0.9757
	323	0.05001	4.55592		0.9758
	333	0.04066	4.68219		0.98324
GAB	313	0.26371	0.96152	0.625454	0.99168
	323	0.21492	0.94498	0.9789	0.9804
	333	0.21389	0.95535	0.76818	0.98114

Fuente: Elaboración propia

Puede apreciarse que de las ecuaciones utilizadas la que mejor reprodujo los resultados experimentales fue la ecuación de GAB, con valores del Coeficiente de determinación (R²) de 0.9917, 0.9804 y 0.9812, para las temperaturas consideradas en el estudio, siendo el Error medio relativo inferior al 8.18%. Este modelo semi-teórico ha sido considerado como el más adecuado para describir isotermas de sorción de muchos productos alimentarios (Mok y Hettiarachchy, 1990), las demás ecuaciones presentaron menor grado de ajuste. El rango de actividad de agua en el cual puede ser aplicada la ecuación de GAB esta comprendido entre 0.1 y 0.9, mientras que el modelo

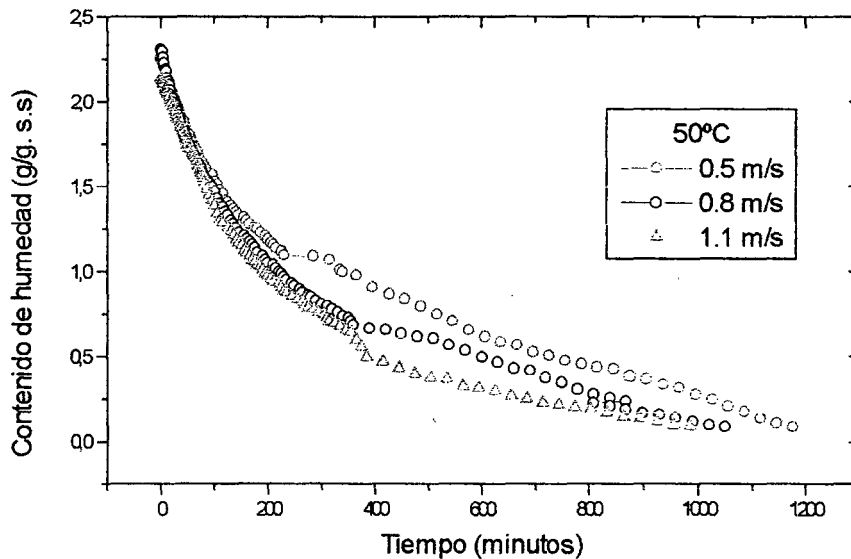


Figura 28. Efecto de la velocidad del aire sobre la Cinética de secado de músculo de camarón gigante a temperatura de 50°C.

En la figura 28 se observa como el tiempo de secado disminuye a medida que se aumenta la velocidad del aire. A temperatura de 50°C, el tiempo que empleo el músculo de camarón gigante en alcanzar aproximadamente 8 % de humedad en base seca para una velocidad de aire de 0.5 m/s fue 1200 minutos; mientras que para una velocidad de aire de 1.1 m/s el tiempo aproximado fue de 1100 minutos.

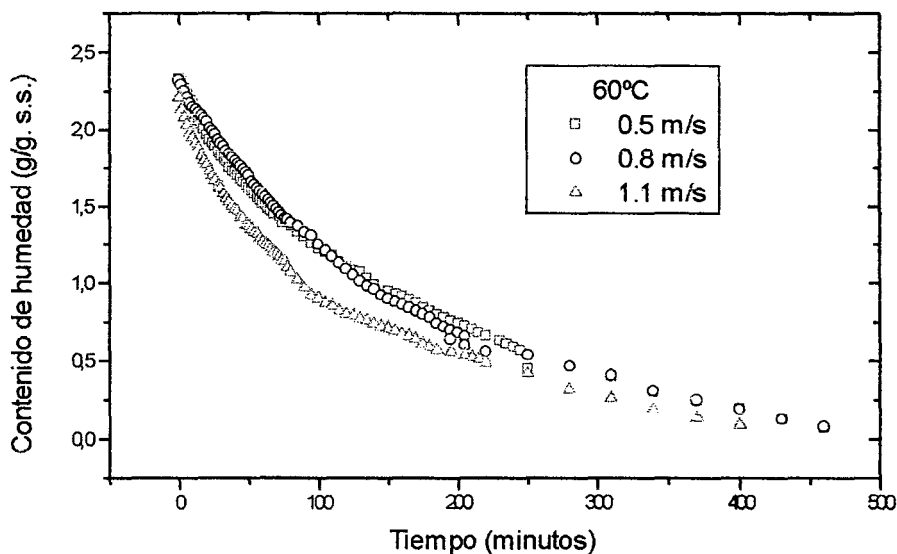


Figura 29. Efecto de la velocidad del aire sobre la Cinética de secado de músculo de camarón gigante a temperatura de 60°C

En las figuras 27, 28 y 29, puede verse que la temperatura del aire influye directamente sobre el tiempo de secado, que será el tiempo requerido para alcanzar la humedad final de 8% en base seca. Resultados similares fueron obtenidos por **Vivanco (1999)**, **Zakhia et al. (1995)** y **Teixeira y Tobinaga (1998)**, en experimentos realizados con uvas de variedad moscatel, pescado (*Oreochromis sp.*) y manto de calamar, respectivamente.

4.5.2 Efecto de la Temperatura del aire

Graficando el tiempo de secado (en minutos), con la humedad en base seca (g. agua/ g. s.s.) a una misma velocidad del aire, a temperaturas de 40°C, 50°C y 60°C, se obtienen las siguientes curvas de cinética de secado del músculo de camarón gigante (*Macrobrachium rosenbergii*), las muestras representadas en las figuras 30, 321 y 32, tuvieron diámetros similares y fueron sometidos previamente a pre tratamiento térmico y deshidratación osmótica.

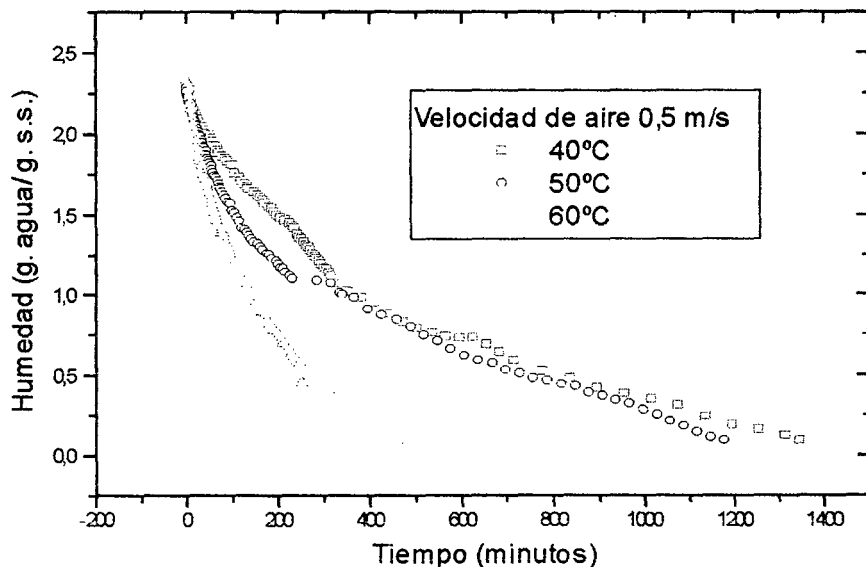


Figura 30. **Efecto de la Temperatura del aire sobre la Cinética de secado de músculo de camarón gigante a velocidad de aire de 0.5 m/s.**

Cuando se efectúa el secado a velocidad de aire constante de 0.5 m/s podemos observar claramente que el tiempo de secado disminuye significativamente cuando se incrementa la temperatura desde 40°C, 50° hasta 60°C.

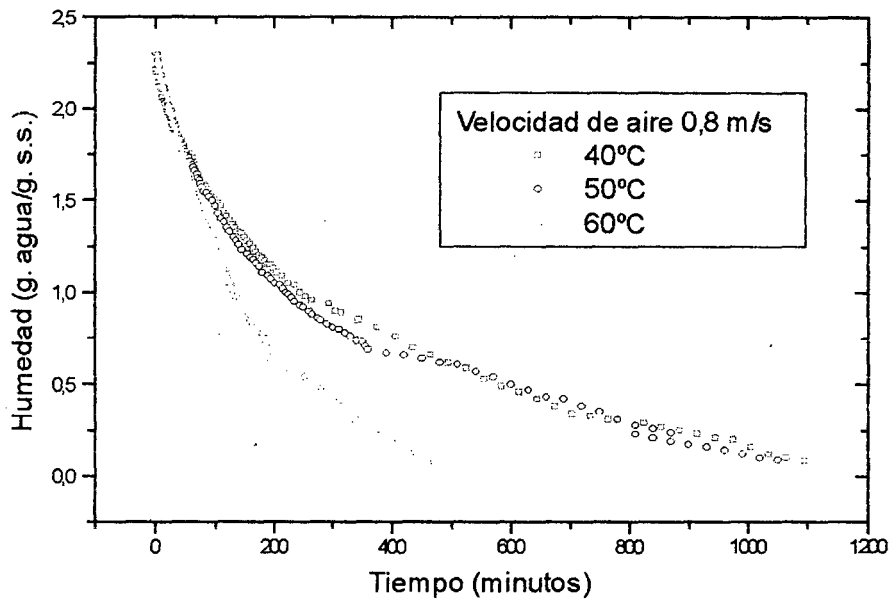


Figura 31. Efecto de la Temperatura del aire sobre la Cinética de secado de músculo de camarón gigante a velocidad de aire de 0.8 m/s.

En la figura 31, se puede observar claramente, la influencia que tiene la temperatura sobre el tiempo de secado, al incrementarse la temperatura el tiempo que el músculo de camarón, estará menos tiempo expuesto a la corriente de aire caliente.

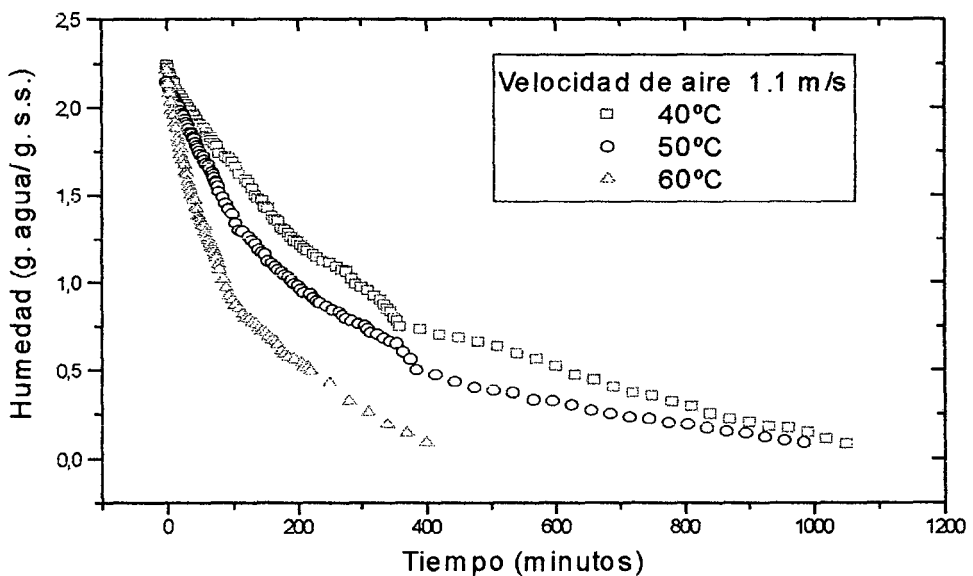


Figura 32. Efecto de la Temperatura del aire sobre la Cinética de secado de músculo de camarón gigante a velocidad de aire de 1.1 m/s.

En las figuras 30, 31 y 32 se puede notar que a mayor temperatura y manteniendo constante la velocidad del aire de secado, el tiempo de secado disminuye

aumentando en consecuencia la velocidad de secado. Comportamiento similar fue reportado por **Vivanco (1999)**, en experimentos de secado con aire caliente de uva de variedad moscatel.

4.5.3 Velocidad de secado

En las figuras 33, 34 y 35 se puede apreciar el comportamiento de la velocidad de secado para diferentes temperaturas y velocidades de aire de secado. El ajuste de las curvas fue realizado mediante regresión no lineal empleando el modelo de Boltzman.

$$BOLTZMAN = \frac{(A_1 - A_2)}{\{1 + \exp((X - X_0)/dx)\}} + A_2$$

Donde:

X_0 = Valor central

dx = Incremento

A_1 = Valor inicial, variable dependiente

A_2 = Valor final, variable dependiente

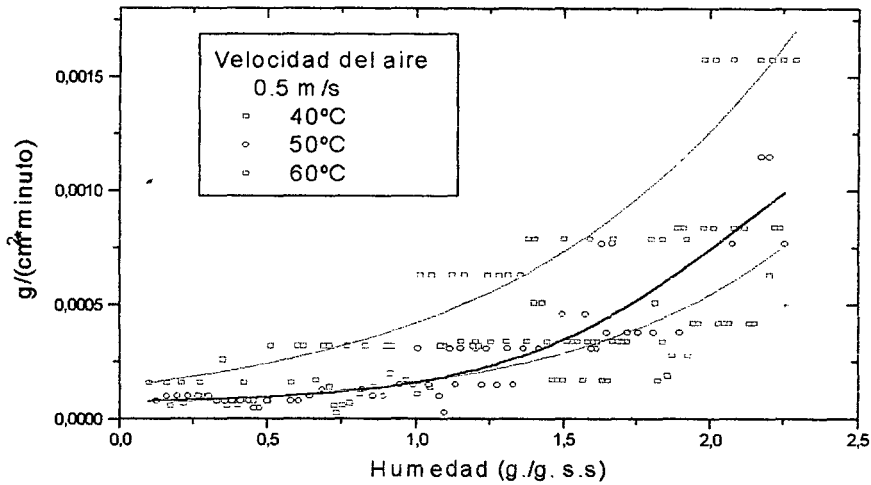


Figura 33. Velocidad de secado a temperaturas de 40, 50 y 60°C a velocidad de aire constante de 0.5 m/s.

En la figura 33, la velocidad de secado aumenta con el incremento de la temperatura, se observa que la velocidad de secado para las tres temperatura empleadas (40°C, 50°C Y 60°C) a una velocidad de aire de 0.5 m/s, se desarrolla íntegramente en un periodo de velocidad de creciente.

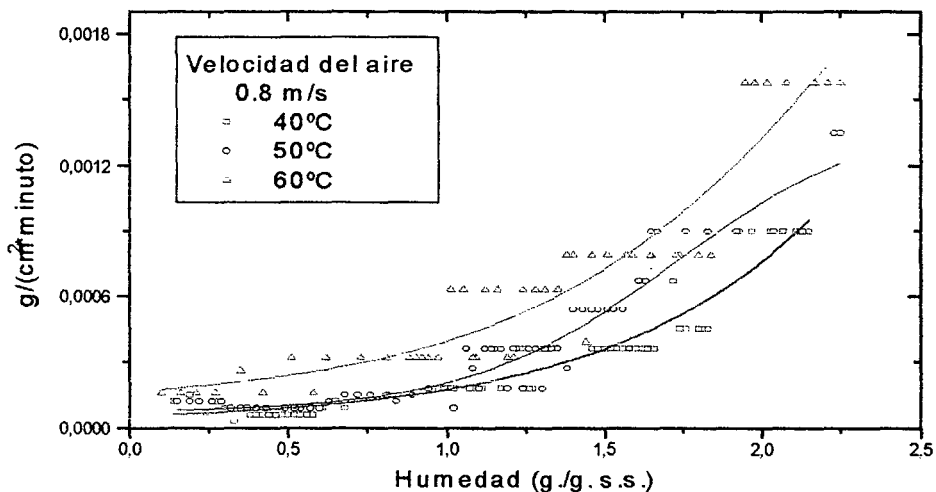


Figura 34. Velocidad de secado a temperaturas de 40, 50 y 60°C a velocidad de aire constante de 0.8 m/s

Cuando se incrementa la velocidad del aire, con temperaturas de 40°C, 50°C y 60°C se nota que los valores de velocidad de aire se incrementan de forma significativa.

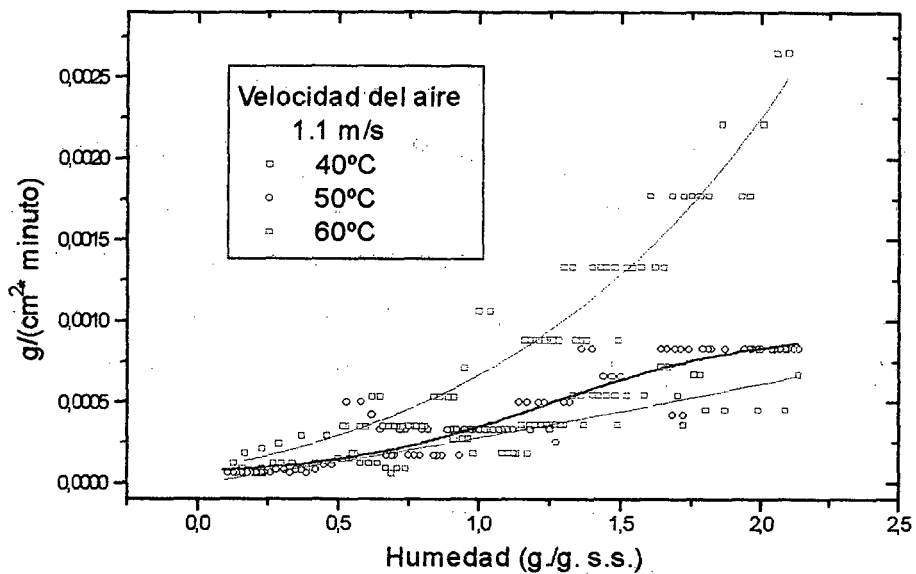


Figura 35. Velocidad de secado a temperaturas de 40, 50 y 60°C a velocidad de aire constante de 1.1 m/s.

En las figuras 33, 34 y 35, no se observa un periodo de velocidad constante, las curvas de velocidad de secado dejan claramente establecido que el proceso de secado se desarrolla íntegramente en el periodo de velocidad decreciente en las condiciones ensayadas. En experimentos de secado realizados por **Vivanco 2000**, para secado de uva se reporta curvas similares.

En estudios realizados por **Gogus y Maskan (1998)** en rodajas de patatas fueron obtenidos resultados similares sobre la influencia de la temperatura y la velocidad del aire en las curvas de velocidad de secado, del mismo modo **Zakhia et al. (1995)** reportaron el mismo comportamiento para el secado de pescado (*Tilapia nilotica*).

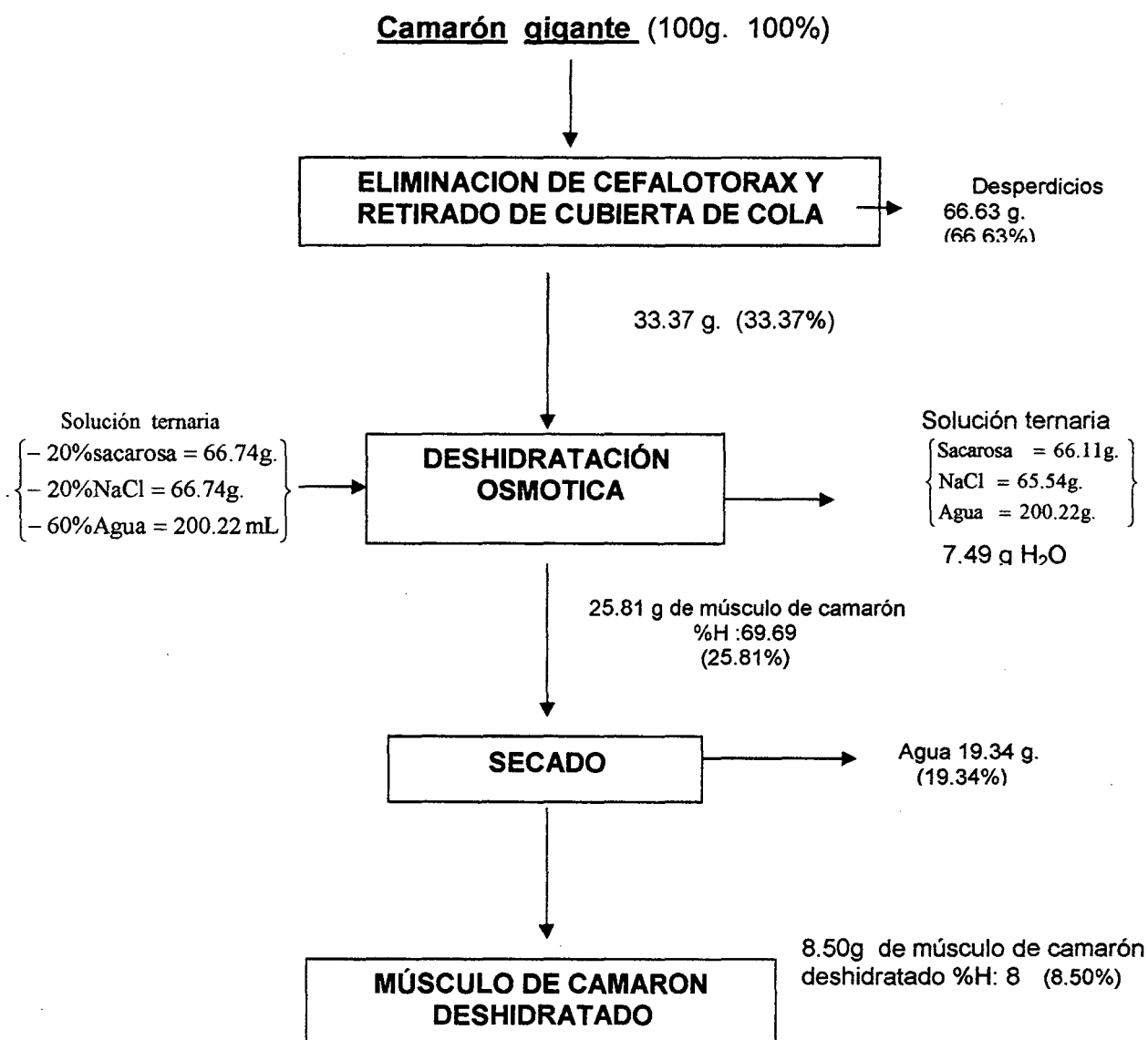


Figura 40. Flujograma para la obtención de músculo de camarón gigante deshidratado y balance de materia

Para el proceso de deshidratación por aire caliente de músculo de camarón gigante de Malasia que el porcentaje de desperdicios es aproximadamente 66.63%, mientras el producto deshidratado tiene un rendimiento de 8.50%.

4.8 ANÁLISIS SENSORIAL PARA MÚSCULO DE CAMARÓN DESHIDRATADO

Para elegir el mejor tratamiento de secado se realizó análisis sensorial, según el diseño de bloques completamente (DBCA) con arreglo factorial, para este análisis se contó con la participación de 10 jueces semi entrenados, los que a través de una ficha de evaluación calificaron los atributos de sabor, apariencia, color, olor aspecto general del músculo de camarón de los nueve tratamiento empleados en el equipo de secado y una muestra sin tratamiento alguno. Por encontrarse diferencia significativa entre los tratamientos mostrados en la tablas 21, 22, 23, 24 y 25 de anexos, se realizó la prueba de promedios de Tuckey al 5 % de probabilidad. Adicionalmente se realizó el análisis de Superficie de Respuesta para cada atributo a estudiar.

Al realizar el análisis de varianza para los tratamientos de secado pudo notarse en el cuadro de anexos que existe diferencia significativa entre todos los tratamiento de secado de músculo de camarón gigante, por ello se sometieron estos resultados a la prueba de Tuckey al 5 % de probabilidad.

Los resultados obtenidos de la evaluación sensorial con jueces semi entrenados se muestran en los cuadros 11, 12 , 13, 14 y 15, para apariencia, color textura, olor y sabor respectivamente.

Para el sabor no se encontró diferencia significativa entre tratamientos de 40°C, con velocidad de aire de 1.1 m/s.

Cuadro 11. Resultados ordenados en forma descendente de acuerdo a los promedios obtenidos en el análisis sensorial del atributo apariencia.

CARACTERISTICAS	Temperatura °C	Velocidad del aire (m/s)	Tratamiento	Promedio ordenado	SIGNIFICANCIA
APARIENCIA	40	0.5	A	0.8	A
	50	1.1	F	0.7	A
	40	1.1	C	0.5	A
	60	0.5	G	0.4	A
	60	0.8	H	0.4	A
	40	0.8	B	0.0	A
	50	0.5	D	-0.1	A
	60	1.1	I	-0.5	B
	50	0.8	E	-1.3	B

Fuente. Elaboración propia

Como se observa en el cuadro 11, se encontró en cuanto a la apariencia que los tratamientos a temperatura de 40°C y velocidad de aire de 0.5 m/s y 50°C a velocidad de aire de 1.1 m/s reportan mayor grado de aceptabilidad.

Los peores tratamientos fueron a temperaturas de 60°C con velocidad de aire de 1.1 m/s, y 50°C con velocidad de aire de 0.8 m/s, presentando promedios negativos.

Cuadro 12. Resultados ordenados en forma descendente de acuerdo a los promedios obtenidos en el análisis sensorial del atributo color.

CARACTERISTICAS	Temperatura °C	Velocidad del aire (m/s)	Tratamiento	Promedio ordenado	SIGNIFICANCIA
COLOR	40	0.5	A	0.9	A
	40	1.1	C	0.5	A
	60	0.5	G	0.4	A
	60	0.8	H	0.2	A
	50	1.1	F	0.1	A
	40	0.8	B	0.0	A
	50	0.5	D	-0.3	A
	60	1.1	I	-0.3	A
	50	0.8	E	-1.3	B

Fuente. Elaboración propia

Como se observa en el cuadro 12 se encontró en cuanto al color que a temperatura de 40°C y velocidad de aire de 0.5 m/s, reportan mayor grado de aceptabilidad.

Los tratamientos que alcanzaron las calificaciones mas bajas en el análisis sensorial fueron a temperaturas de 50°C con 0.5 m/s, 60°C con velocidad de aire de 1.1 m/s , y 50°C con velocidad de aire de 0.8 m/s por presentar promedios negativos.

Cuadro 13. Resultados ordenados en forma descendente de acuerdo a los promedios obtenidos en el análisis sensorial del atributo textura

CARACTERISTICAS	Temperatura °C	Velocidad del aire (m/s)	Tratamiento	Promedio ordenado	SIGNIFICANCIA
TEXTURA	60	0.8	H	0.5	A C
	90	0.5	G	0.4	C
	40	1.1	C	0.0	C
	40	0.5	A	-0.1	C
	40	0.8	B	-0.1	C
	60	1.1	I	-0.2	C
	50	0.5	D	-0.4	C
	50	1.1	F	-0.4	C
	50	0.8	E	-0.8	B C

Fuente. Elaboración propia

Como se aprecia en el cuadro 13 se encontró en cuanto a la textura que a temperatura de 60°C y velocidad de aire de 0.8 m/s, reporta mayor grado de aceptabilidad.

Los peores tratamientos fueron a temperaturas de 40°C con velocidad de aire de 0.5 m/s, 40°C con velocidad de aire de 0.8 m/s, 60°C con velocidad de aire de 1.1 m/s 50°C con 0.5 m/s y 50°C con velocidad de aire de 0.5 m/s, 0.8 m/s y 1.1 m/s por presentar promedios negativos.

Cuadro 14. Resultados ordenados en forma descendente de acuerdo a los promedios obtenidos en el análisis sensorial del atributo olor

CARACTERISTICAS	Temperatura °C	Velocidad del aire (m/s)	Tratamiento	Promedio ordenado	SIGNIFICANCIA
OLOR	60	0.8	H	0.5	A
	60	0.5	G	0.4	A C
	40	0.8	B	0.2	A
	40	1.1	C	0.2	A
	50	0.5	D	0.2	A
	50	1.1	F	0.1	A D
	40	0.5	A	-0.1	A
	60	1.1	I	-0.2	A
	50	0.8	E	-0.6	B

Fuente. Elaboración propia

Como se observa en el cuadro 14 se encontró en cuanto al olor que a temperatura de 60°C y velocidad de aire de 0.8, reporta mayor grado de aceptabilidad.

Los peores tratamientos fueron a temperaturas de 40°C con velocidad de aire de 0.5 m/s, 60°C con velocidad de aire de 1.1 m/s y 50°C con velocidad de aire de 0.8 m/s, por presentar promedios negativos.

Cuadro 15. Resultados ordenados en forma descendente de acuerdo a los promedios obtenidos en el análisis sensorial del atributo sabor

CARACTERISTICAS	Temperatura °C	Velocidad del aire (m/s)	Tratamiento	Promedio ordenado	SIGNIFICANCIA
SABOR	40	0.5	A	0.5	A
	40	1.1	C	0.5	A
	50	1.1	F	0.5	A
	60	0.8	H	0.5	A
	40	0.8	B	0.3	A
	50	0.5	D	0.2	A
	60	0.5	G	0.2	A
	60	1.1	I	-0.1	A
	50	0.8	E	-0.7	B

Fuente. Elaboración propia

Como se observa en el cuadro 15 se encontró en cuanto al sabor que a temperatura de 40°C y velocidad de aire de 0.5, reporta mayor grado de aceptabilidad.

Los tratamientos que obtuvieron la mas baja calificación fueron a temperaturas de 60°C con velocidad de aire de 1.1 m/s y 50°C con velocidad de aire de 0.8 m/s, por presentar promedios negativos.

4.9 Superficie de Respuesta para el análisis sensorial de músculo de camarón deshidratado.

4.9.1 Apariencia.

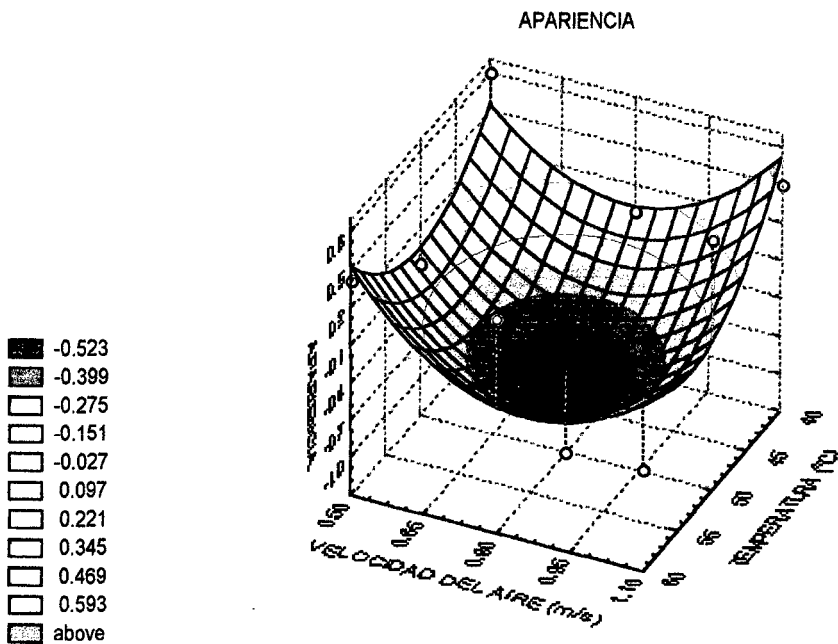


Figura 41. Superficie de Respuesta para el atributo de apariencia del músculo de camarón deshidratado, según el análisis sensorial realizado por los jueces.

En cuanto a la apariencia el mejor tratamiento para el músculo de músculo de camarón gigante deshidratado se muestra en la figura 41, puede notarse que los mejores tratamientos se encuentran a temperatura de 40°C con velocidad de aire de 1.1 m/s y 0.5 m/s., alcanzando estos tratamientos la mayor calificación durante el análisis sensorial.

APARIENCIA

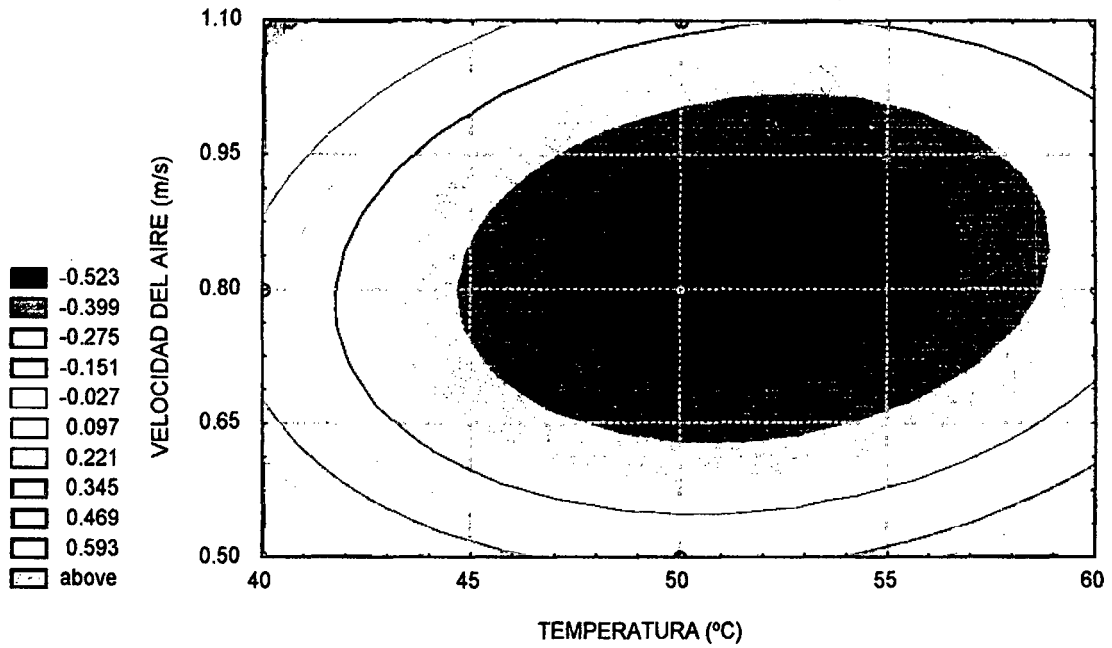


Figura 42. Representación grafica de las curvas de nivel de la superficie de respuesta para apariencia

En la figura 42, se observa con mayor nitidez que el mejor tratamiento de secado se realiza a 40°C, con velocidad de aire de 1.1 m/s.

La ecuación que representa la superficie de respuesta del atributo apariencia esta dada por:

$$z=15.14 - 0.477*x + 0.005*x^2-8.39*y + 6.67*y^2 - 0.05*x*y + 0.$$

Donde:

x= Temperatura.

y = Tiempo.

4.9.2 Color

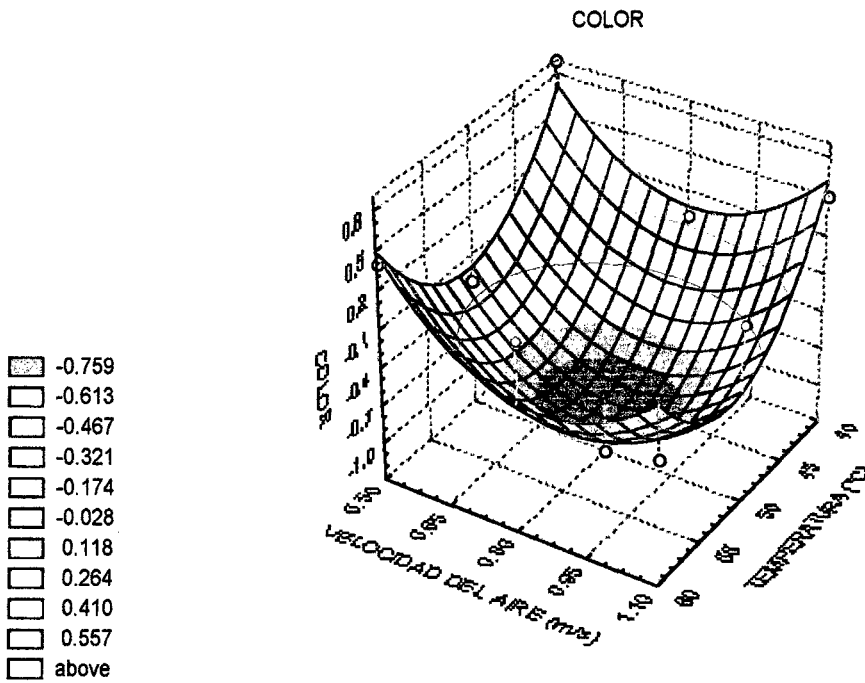


Figura 43. Superficie de Respuesta para el atributo de color del músculo de camarón deshidratado, según el análisis sensorial realizado por los jueces.

En cuanto al color mejor tratamiento según el análisis sensorial realizado por los panelistas para el secado de músculo de camarón gigante es a temperaturas de 40°C con velocidad de aire de 0.5 y 1.1 m/s. Tal como se muestra en la figura 43.

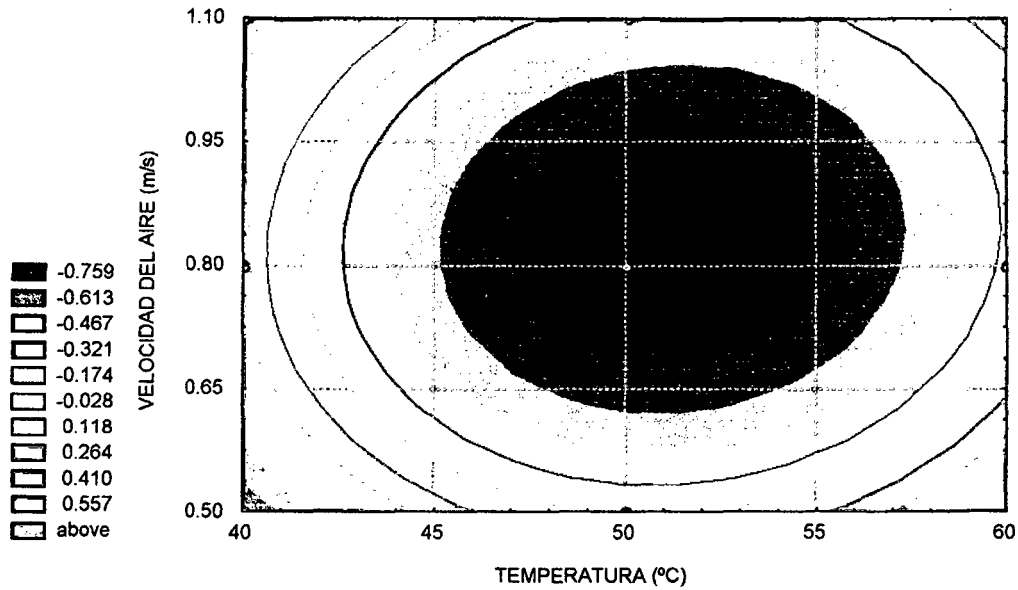


Figura 44. Representación grafica de las curvas de nivel de la superficie de respuesta para color.

Al igual que en la figura 44, en la representación grafica de las curvas a nivel se observa claramente que se alcanzaron las mejores calificaciones que es el tratamiento de 40°C con velocidad de aire de 0.5 m/s y 40°C con velocidad de aire de 1.1 m/s

La ecuación que representa la superficie de respuesta del atributo apariencia esta dada por:

$$z = 23.07 - 0.78x + 0.008x^2 - 9.51y + 6.48y^2 - 0.025xy + 0.$$

Donde:

x = Temperatura

y = Tiempo.

4.9.3 Textura

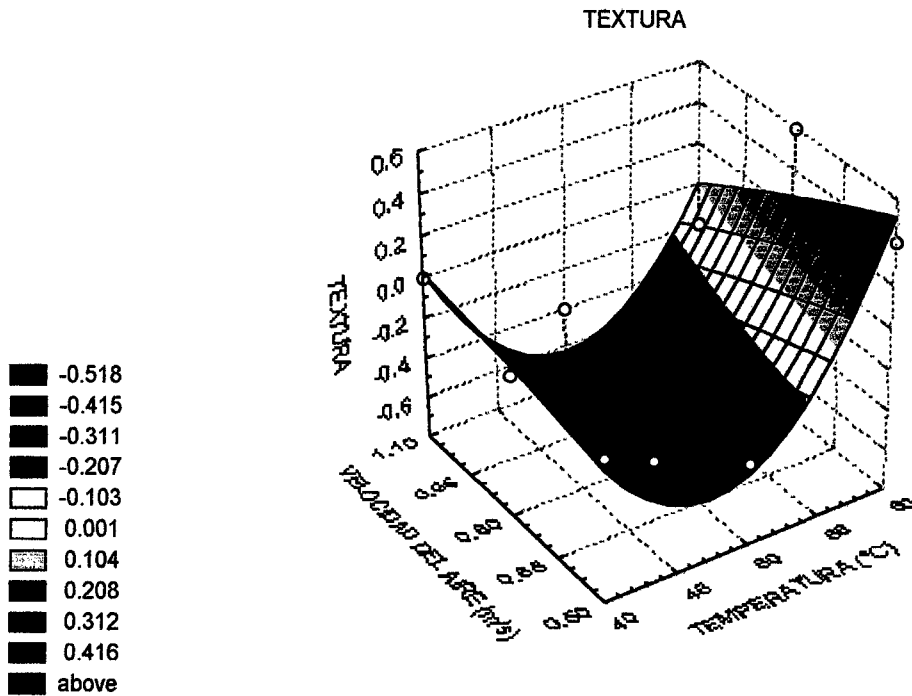


Figura 45. Superficie de Respuesta para el atributo de Textura del músculo de camarón gigante deshidratado, según el análisis sensorial realizado por los jueces.

En la figura 45 se observa que el mejor tratamiento resulta de secar el músculo de camarón gigante a temperatura de 60°C con velocidad de aire de 0.5 m/s. Obteniéndose según el análisis sensorial realizado por los jueces las mejores calificaciones

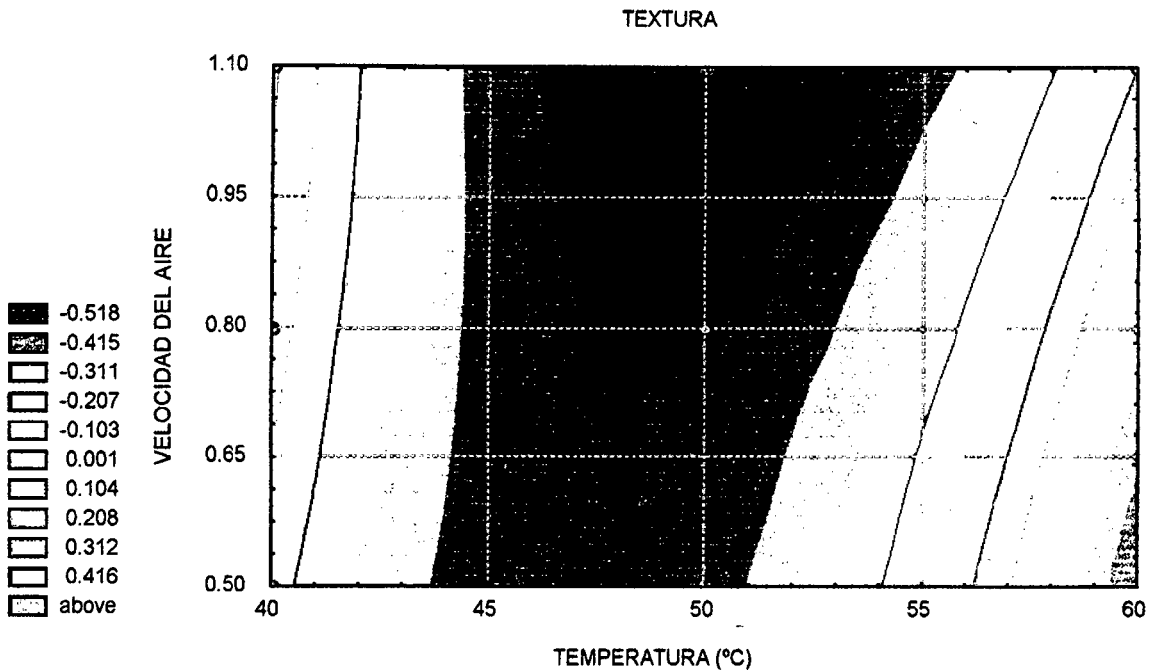


Figura 46. Representación grafica de las curvas de nivel de la superficie de respuesta para Textura.

En cuanto a la textura puede notarse que el mejor tratamiento se presenta a temperatura de 40°C con 0.5 m/s. Alcanzando la mayor calificación según el análisis sensorial realizado por los panelistas como se observa en la figura 46.

La ecuación que representa la superficie de respuesta del atributo textura esta dada por:

$$z=12.25 -0.57*x + 0.006*x^2+2.94*y - 0.19*y^2 -0.058*x*y+0.$$

Donde:

x = Temperatura

y = Tiempo

4.9.4 Olor

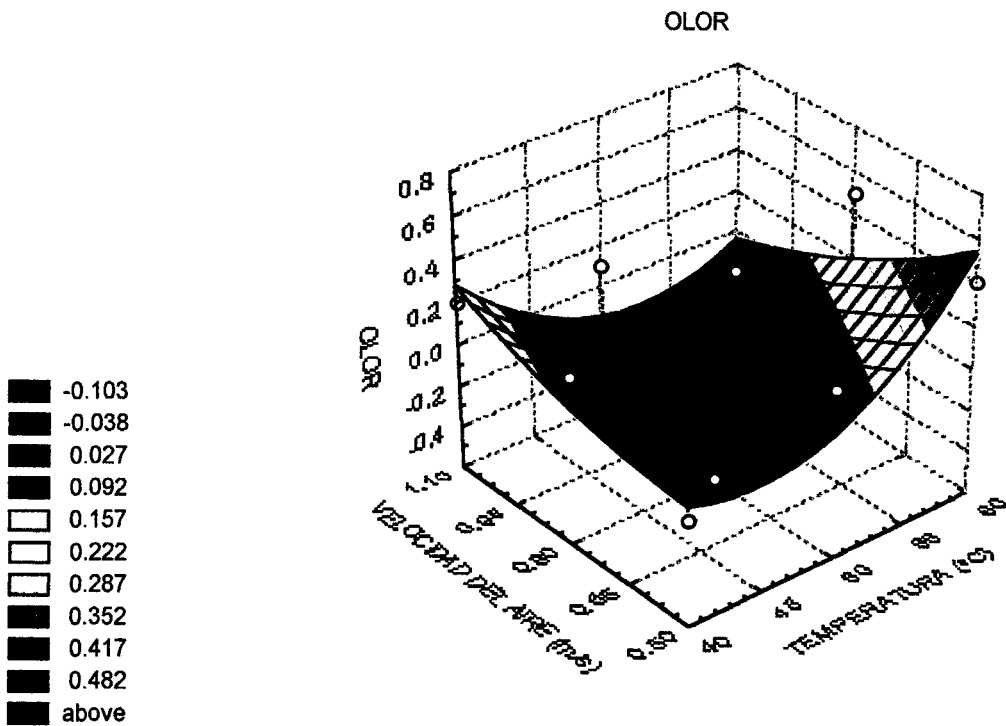


Figura 47. Superficie de Respuesta para el atributo de olor del músculo de camarón deshidratado, según el análisis sensorial realizado por los jueces.

En cuanto al olor como se observa en la figura 47, que a medida que se incrementa la temperatura el olor ya fijado en el pre tratamiento alcanza las mejores calificaciones dadas por el panel de jueces durante el análisis sensorial.

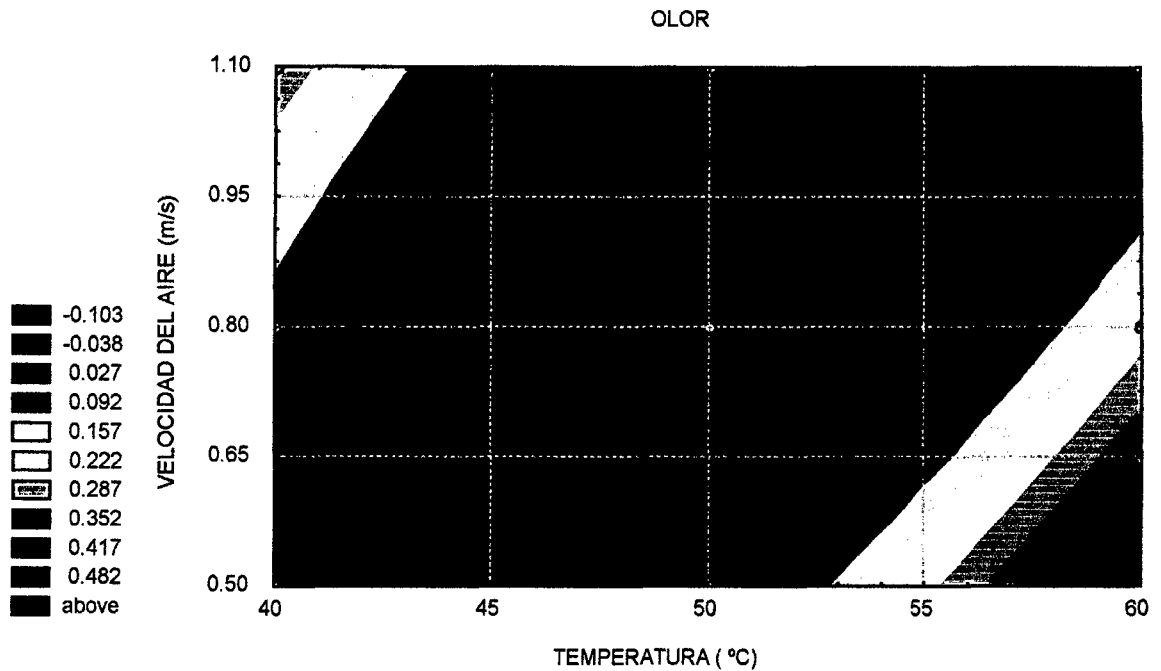


Figura 48. Representación grafica de las curvas de nivel de la superficie de respuesta para Olor.

En la figura 48, se puede notar claramente que el mejor tratamiento obtenido en el análisis sensorial para el atributo olor se presenta a temperatura de 60°C. con velocidad del aire de 0.5 m/s.

La ecuación que representa la superficie de respuesta del atributo olor esta dada por:

$$Z = 3.84 - 0.19 \cdot x + 0.0027 \cdot x^2 + 2.34 \cdot y + 0.741 \cdot y^2 - 0.075 \cdot x \cdot y + 0.$$

Donde:

x = Temperatura

y = Tiempo.

4.9.5 Sabor

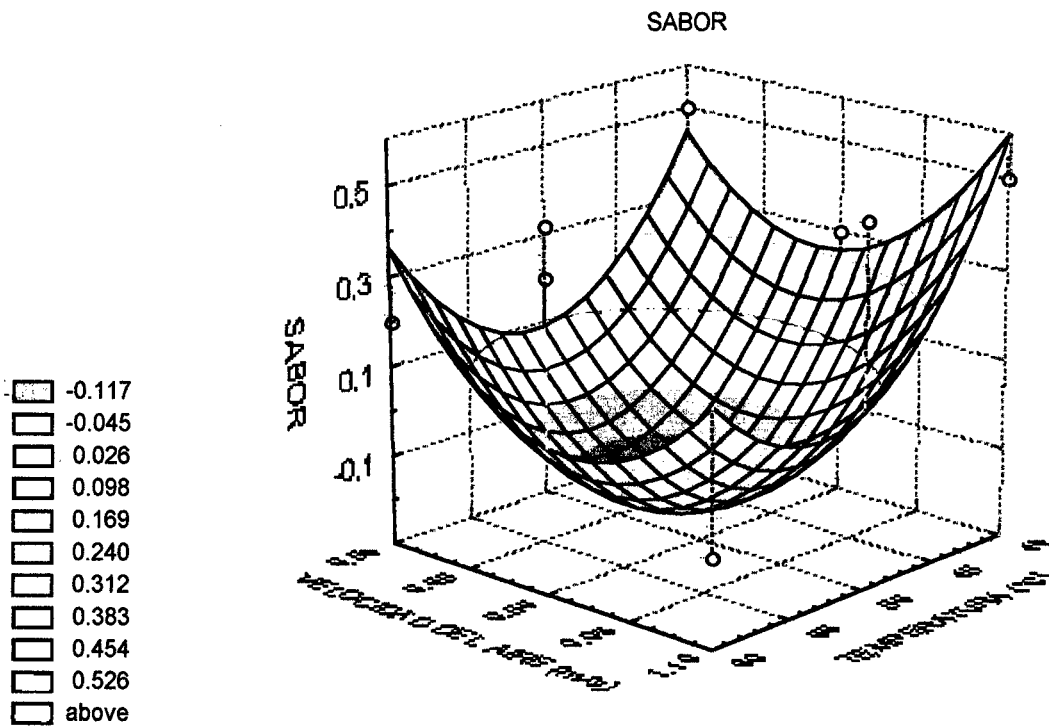


Figura 49. Superficie de Respuesta para el atributo de sabor del músculo de camarón deshidratado, según el análisis sensorial realizado por los jueces.

En cuanto al sabor el mejor tratamiento para deshidratado de músculo de camarón gigante se presenta a temperatura de 40°C con velocidades de aire de 0.5 y 1.1 m/s., como puede notarse en la figura 49.

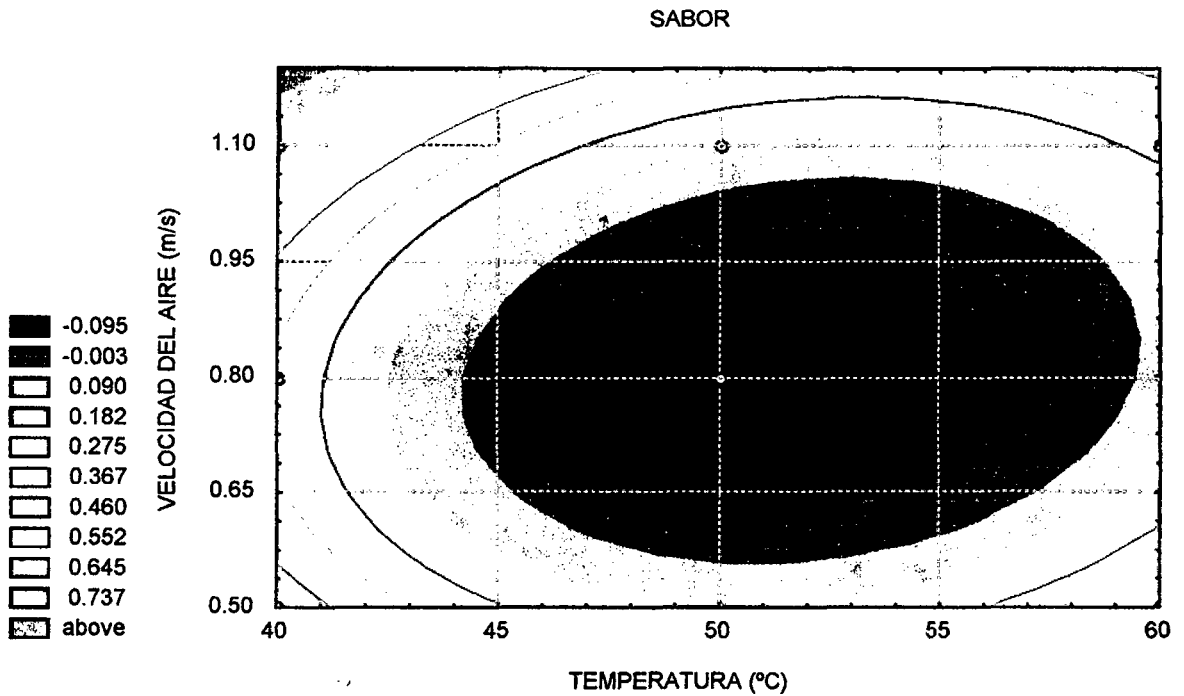


Figura 50. Representación grafica de las curvas de nivel de la superficie de respuesta para Sabor.

En la figura 50 se puede observar con mayor nitidez que la mejor calificación según el análisis sensorial se presentó cuando la temperatura bordeó los 40°C y velocidad de aire de 0.5 m/s.

La ecuación que representa la superficie de respuesta del atributo sabor está dada por:

$$z = 9.22 - 0.31x + 0.0032x^2 - 3.49y + 2.96y^2 - 0.025xy + 0.$$

Donde :

x = Temperatura

y = Tiempo.

V. CONCLUSIONES.

El mejor pre tratamiento determinado a través del análisis sensorial consistió en colocar el camarón en agua a 90°C por 90 segundos, luego un deshidratado osmótico en solución ternaria de sacarosa y Na Cl (20% + 20% en peso) con agitación por 30 minutos.

La ecuación GAB describió las isotermas de adsorción de músculo de camarón pretratado térmica y osmóticamente, con buen grado de ajuste (alto coeficiente de determinación R^2 y valor bajo para el Error medio relativo).

La humedad de monocapa disminuye con el aumento de la temperatura y el calor isostérico de sorción decrece con el incremento del contenido de humedad

Existe una relación inversa entre la velocidad y temperatura del aire , con el tiempo de secado. Mientras mayor sea la temperatura y la velocidad del aire caliente suministrado, menor será el tiempo en que la muestra alcance aproximadamente el 8 % de humedad final en base seca. En todas las condiciones de secado ensayadas se observó que el proceso se realiza con velocidad de secado decreciente

El proceso de transferencia de masa durante la deshidratación del músculo de camarón gigante se puede modelar mediante la segunda ley de Fick para la difusión del agua, obteniéndose valores de difusividad del agua presente en el músculo de camarón que varían desde $1.81 \times 10^{-10} \text{ m}^2 / \text{s}$ a 40°C y 0.5 m/s hasta $7.77 \times 10^{-10} \text{ m}^2 / \text{s}$ a 60°C con 1.1 m/s de velocidad de aire.

La ecuación de Fick para cilindro infinito permitió modelar adecuadamente la cinética de secado con aire caliente del músculo de camarón gigante

Para determinar los mejores tratamientos en la etapa previa al secado como en el secado en si, se emplearon para el análisis sensorial dos escalas de calificación porque el único objetivo fue determinar el mejor tratamiento

A la temperatura de 40°C y velocidad de aire de 0.5 m/s el músculo de camarón gigante tuvo mayor aceptación según el análisis sensorial realizado por los panelistas semientrenados.

El rendimiento del músculo del camarón gigante deshidratado respecto a la materia prima fué de 8.50%.

VI RECOMENDACIONES

Estudiar la posibilidad de aprovechar integralmente el camarón gigante mediante la extracción de quitosana, de gran valor en la industria de los cosméticos, así como saborizantes de alimentos.

Realizar estudios para la búsqueda de un empaque que pueda ayudar a prolongar la vida útil del camarón gigante deshidratado.

Promover la formación y el entrenamiento de un panel de jueces para la realización de pruebas sensoriales.

Implementar un larvario para producción de semilla de camarón en forma continua y de especie de rápido crecimiento adaptables a las condiciones de la región San Martín.

Incentivar la crianza de camarón gigante de Malasia, pues es un producto de gran valor alimenticio y también de gran valor comercial

Efectuar la búsqueda de oportunidades de mercado para comercializar éste producto; así mismo, incentivar el consumo del producto deshidratado.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. **A. O. A .C. (1990).** "Association of official Analytical Chemist". Arlington, VA, USA.
2. **Arce T. (1995).** "Estudio de Factibilidad Técnico - Económico para la instalación de un larvario - laboratorio productor de semilla de camarón gigante de agua dulce en la Provincia de San Martín". Tesis de Ingeniero Agroindustrial, Facultad de Ingeniería Agroindustrial- Universidad Nacional de San Martín. Tarapoto – Perú.
3. **Ballena P. (1998).** "Métodos Estadísticos". 1ra Edición. Universidad Nacional de San Martín Tarapoto – Perú.
4. **Barbosa, G., Vega, H.,(2000).** "Deshidratación de alimentos" Editorial Acribia S.A. Zaragoza España.
5. **Belarbi, A; Aymar, CH; Meto, J; Themelin, A; Reymes, M. (2000).** "Water desorption isotherm for eleven varieties of dates". *Journal of Food Engineering.* 43,103-107.
6. **Bouquet, R.; Chirife, J., Iglesias, H. (1978).** "Equations for fitting water sorption isotherms of foods: II. Evaluation of various two parameter models", *Journal of Food. Technolgy.* 13, 319-327.
7. **Box, G.E.P; Hunter, W.G.; Hunter, J.S. (1978).** "Statistics for experimenters; an introduction to desing, data analysis and model building". New York: Wiley & Sons. 653p.
8. **Cheftel, J. (1999).** "Introducción a la bioquímica y tecnología de los alimentos". Editorial Acribia S.A, Zaragoza- España.

9. **Coronado F. (1992).** "Determinación de parámetros termodinámicos para la congelación de camarón gigante *Macrobrachium rosenbergi*". Tesis de Ingeniero Agroindustrial, Facultad de Ingeniería Agroindustrial Universidad Nacional de San Martín , Tarapoto Perú.
10. **Crank J. (1975).** "The Mathematics of Difusión" 2a ed, Clarendón Press - Oxford. England.
11. **Dirección Regional de Pesquería. (2000).**"Plan estratégico de Desarrollo del sector pesquería Región San Martín 2000-2005". Tarapoto - Perú.
12. **Donsi, G. Ferrari, G. Di Matteo, P. (2000).** " Atmospheric and Vacuum Freeze Drying Kinetics of shrimps" , Proceedings International Drying Simposium. IDS 2000, Holanda.
13. **Fennema, O. (1993).** "Química de los alimentos", Editorial Acribia S.A, Zaragoza España.
14. **Fundación La Salle de Ciencias Naturales (1999).** "Acuicultura Marianela". Isla Margarita . Venezuela.
<http://monagas.infoagro.info.ve/informacion/tecnologia/acuicultura/camaron.htm>.
15. **Gahona, E. (2000).** "Actividad de agua". Universidad de la Serena Chile.
<http://download.tripod.es:81/eqahona/deshi/Aw.pdf>
16. **Geankoplis, Ch. (1982).** "Proceso de transporte y operaciones Unitarias" Compañía Editorial Continental S.A. CECSA . México.
17. **Guerrero, L., Armenta, L. Guillén, V., Ponce, A., Perez, M. (2001).** "Aplicación de la fermentación láctica en la estabilización de residuos de origen marino"
[www.conacyt.mx/daic/proyectos/congresos/ciencias biologicas aplicadas/ Archivos/28676B.htm](http://www.conacyt.mx/daic/proyectos/congresos/ciencias_biologicas_aplicadas/Archivos/28676B.htm).

18. **Gogus, F., Maskan, M. (1998).** "Water Transfer in potato during air drying. Drying" *Technology* , V16 (8) 1715 –1727.
19. **Instituto Tecnológico de Zapatepec. (1999).** "Cultivo de Camarón"
<http://www.imiq.org/leon99/memorias/trabajos/jt4/jt4.5.htm>. México.
20. **Intermediate Technology Development Group . ITDG. (1998).** "Técnicas de Secado", 2da. Edición Lima Perú.
20. **Johnson, P y Brennan, J. (2000).** " Moisture sorption isotherm characteristics of plantain (*Musa,AAB*)". *Journal Food Engineering.* 44, 79-84.
21. **Kechaou,N., Maâlej, M. (2000).** "A simplified Model for Determination of Moisture Diffusivity of Date from Experimental Drying Curves", *Drying Technology*, V.18,(n.4-5), p. 1109 – 1125.
22. **Kapsalis, J. (1981).** "Influence of hysteresis and temperature on Moisture sorption isotherms". In *Water Activity: Influence on Food quality.* (Rockland, L. and Stewart, G) p . 173-203.
23. **Kouhila, M., Belghit, A., Boutaleb, B. (2000).** " Experimental determination of Isotherms os sorption of aromatic herbs: sage and verbena". *Proceding IDS 2000 Holanda.*
24. **Laboratorio de Camarones Dulce acuícolas. (1999).** "Crianza de camarones y Ciclo Biológico del Camarón", Universidad del Oriente - Venezuela.
<http://www.sucre.udo.edu.ve/~elvilla/ciclo.html>.**CICLO.**
25. **Laboratorio virtual sobre secado. (2000).**"Consideraciones teóricas sobre secado"
<http://www.sga.ulaval.ca/drying/drying/secado.htm#Consideraciones%20Teoricas>

26. **Labuza, T., Kaanane, A. y Chen, J (1985).** "Effect of temperature on the Moisture sorption Isotherms and water Activity Shift of two Dehydrated Rood, *Journal of Food Science*. 50(2):385-391.
27. **Malvino, M. (1999).** "Propiedades intrínsecas de Camarón e tratamento post colheita". In Valenti C. " Carnicicultura do agua doce", Fundacao de Amparo A pesquisa do Estado de Sao Paulo-Fapesp. Brasilia. p.279-282.
28. **Maza, S. (1999).** "Manual de procesamiento y control de calidad del langostino congelado" Instituto Tecnológico Pesquero del Perú. P 30.
29. **Mc Minn, W., Magee, T (1999).** "Studies on the effect of temperature on the moisture sorption characteristics of potatoes" *Journal of Food Process Engineering*. V22 pp:113-127.
30. **Medina, M. (1998).** Estudo da Difusao de Cloreto de Sódio no Filé de Peixe; Tese Mestrado, FEA-UNICAMP, Brasil
31. **Medina, M. y Mendieta , O.(1995).** "Isotermas de adsorción de vapor de agua de harina de pescado. I. Anchoqueta (*Engraulis rigens*). *Anales del I Congreso Iberoamericano de Ingeniería de Alimentos*, Campinas, Brasil.
32. **Mok, C. y Hettiarachchy, N. (1990).** "Moisture Sorption Characteristics of Ground Sunflower Nutmeat and its Products, *Journal Food Science* 55(3), 786-789.
33. **Mulet. A, Garcia –Reverter,J. Bon y A. Berna, A. (2000).**"Effect of shape on potato and couliflower shrinkage during Drying, " *Drying Technology* v.18, (n. 6), p.1201-1219.
34. **Prado, M.E.T; I.F.T, Alonso, K.J. Park. (2000),** "Shrinkage of dates (*Phoenix dactilyfera L.*) During Drying ". *Drying Technology*. v.18 (n. 1-2), p.295 - 310).
35. **Sancho, J.; Bota, E.; Castro, J.J. (1999),** "Introducción al análisis sensorial de los alimentos". Ediciones Universitat de Barcelona. P. 26-27.

36. **Sarsavadia P.N., R. L. Sawhney, D.R. Pangavhane, S.P.Singh. (1999).**
 “Drying behaviour of brined onion slices”. *Journal of Food Engineering*
 40, n.219-226.
37. **Sanny L. y Kuye, A. (2000).** “ Effect of Temperatures on Water Sorption
 Isotherms of some Fortified Cassava Products”. *Proceedings International
 Drying Symposium 2000*, Holanda.
38. **Suzuki. K. ,Kubota. K. T, Hosaka, H. (1976).** “Shrinkage dehydration of root
 vegetables”, *Journal Fodd Science*.V4 pp 1189-1194.
39. **Texeira, B.F. y Tobinaga S. (1998),** “A diffusion Model for Describing
 Water Transport in Round Squid Mantle During Drying with a Moisture-
 dependent Effective Diffusivity.”, *Journal of Food Engineering*.
 36. p.169-181.
40. **Vivanco. D. (1999),** “Influencia de las Acondiciones de Operación en la Cinética
 de Secado de la Uva variedad Mioscatel Romano”. Universidad Nacional del
 Callao.
[http: // www.unac.edu.pe/investigacion/catalogo98/vivanco](http://www.unac.edu.pe/investigacion/catalogo98/vivanco).
41. **Vasquez, G., Chenlo, F., Moreira, R., Carvalho, L., (1999),** “ Desorption isotherms
 of muscatel aledo grapes, and the influence of pretreatments on muscatel
 isotherms” *Journal of Food EGINEERING* V39 pp. 409-414.
42. **Wolf, W., Speiss, W. and Jung, G. (1985),** “Standarization of isotherm
 measurement”. In *Properties of water in Foods* (Simantos, D., Multon, J.,
 eds)pp661-667 Martinus Nijhoff Pub Netherland.
43. **Zakhia. N, Bohuon. P, y Collignan, A. (1995),** “Modelling of Fish Drying
 using a Combination of Surface Response Methodology and Diffusional
 Models” , *Drying Technology* v.13 (n 8-9), p. 2083-2096.

VIII ANEXOS

8.1 ANALISIS SENSORIAL DE CAMARON PRE TRATADO

8.1.1 Ficha de evaluación de características organolépticas de camarón gigante previamente tratado para definir el mejor pre tratamiento:

CARACTERISTICAS ORGANOLÉPTICAS DEL CAMARON GIGANTE DE MALASIA (*Macrobrachium rosenbergii*) PREVIAMENTE TRATADO.

Las muestras que se presentan a continuación están sometidas a diferentes pre tratamientos. Califique Usted los atributos organolépticos según las escalas hedónicas que se presentan a continuación. (Marque el numero calificativo correspondiente a cada atributo presentado en la tabla).

APARIENCIA 5. Muy buen aspecto 4. Buen aspecto 3. Regular aspecto 2. Mal aspecto 1. Muy mal aspecto	COLOR 5. Naranja intenso 4. Ligeramente naranja 3. Amarillento 2. Crema 1. Blanquecino	TEXTURA 5. Firme y flexible 4. No tan firme y poco flexible 3. Cereosa 2. Sequedad excesiva 1. Pastosa o gelatinosa (se deshace fácilmente)
OLOR 5 Muy bueno (característico a camarón) 4 Bueno 3 Regular (ligero a pescado) 2 Ligero mal olor 1 Pútrido	SABOR 5 Muy bueno (característico a camarón) 4 Bueno (sabor poco acentuado a camarón) 3 Insípido 2 Amargo levemente rancio 1 Desagradable	

TABLA 1. Características organolépticas y grado de calidad de colas de camarón gigante previamente tratadas

MUESTRAS	APARIENCIA	COLOR	TEXTURA	OLOR	SABOR
()					
()					
()					

Comentarios

.....

Muchas Gracias..

ANEXO II
ANALISIS SENSORIAL REALIZADO POR LOS JUECES A PRE
TRATAMIENTOS

Resultados del análisis sensorial, desarrollo del ANVA y prueba de Tuckey al 5 % de probabilidad para promedios de atributos como apariencia general, color, textura, olor y sabor de músculo de camarón previamente tratado bajo tratamiento térmico y deshidratado osmótico.

APARIENCIA

Jueces	TIEMPO (segundos)									Total
	30			60			90			
	TEMPERATURA °C									
	70	80	90	70	80	90	70	80	90	
1	4	4	3	4	3	4	3	4	4	33
2	3	3	5	4	4	5	3	5	5	37
3	2	4	3	5	3	3	2	4	5	31
4	4	3	4	3	4	4	4	4	4	34
5	3	4	1	4	2	2	3	2	3	24
6	4	5	5	4	4	5	4	5	5	41
7	5	4	4	3	4	3	4	4	4	35
8	2	5	4	4	4	4	2	4	5	34
9	4	4	2	4	3	5	3	5	5	35
10	5	4	5	3	5	3	4	3	4	36
Total	36	40	36	38	36	38	32	40	44	340
Promedio	3,6	4,0	3,6	3,8	3,6	3,8	3,2	4,0	4,4	

Cálculos:

$$\sum Y^2 = 4^2 + \dots + 5^2 + 4^2 = 1362$$

$$\text{FACTOR DE CORRECCION} = 340^2 / (10 \cdot 9)$$

$$FC = 1284.4$$

$$\begin{aligned} \sum \text{BLOQUES} &= (33^2 + 37^2 + \dots + 36^2) / 9 - 1362 \\ &= 19.4 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \sum \text{TRATAMIENTOS} &= (36^2 + 40^2 + \dots + 44^2) / 10 - 1362 \\ &= 9.2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} E_{yy} &= 1362 - 1284.4 - 19.4 - 9.2 \\ &= 49 \end{aligned}$$

	a ₀	a ₁	a ₂	
b ₀	36	38	32	106
b ₁	40	36	40	116
b ₂	36	38	44	118
	112	112	116	340

$$A_{yy} = (112^2 + 112^2 + 116^2) / 30 - 1284.4$$

$$= 0.4$$

$$B_{yy} = (106^2 + 116^2 + 118^2) / 30 - 1284.4$$

$$= 2.8$$

$$(AB)_{yy} = 9.2 - 0.4 - 2.8$$

$$= 6$$

Cuadro 16. ANVA PARA ATRIBUTO DE APARIENCIA

FUENTE DE VARIACION	GRADOS DE LIBERTAD	SUMA DE CUADRADOS	CUADRADO MEDIO	F CALCULADO	F _{α=0.01}	NIVEL DE SIGNIFICANCIA
JUECES	9	19.4	21.6	3.18	2.37	*
TRATAMIENTOS	8	9.2				
A	2	0.4	0.2	0.294	4.878	N.S
B	2	2.8	1.4	2.085	4.878	N.S
AB	4	6.0	1.5	2.2058	3.612	N.S
Error Experimental	72	49	0.68			
Total	89	77.6				

$$S_p = \frac{\sqrt{0.68}}{10} = 0.2607$$

$$Q_{\alpha(0.05)} = 4.424$$

$$W(A.E.S.) = 0.2607 * 4.424 = 1.153$$

Promedios de tratamientos para apariencia

I = 4.4	H = 4.0	B = 4.0	F = 3.8	D = 3.8	E = 3.6	A = 3.6	C = 3.6	G = 3.2
---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------

PRUEBA DE TUCKEY (5%) PARA APARIENCIA

COMPARACION	DIF. ABSOLUTA	A.E.S (T)	SIGNIFICANCIA
I & H	0.40	1.153	NO SIGNIFICATIVO
I & B	0.40	1.153	NO SIGNIFICATIVO
I & F	0.60	1.153	NO SIGNIFICATIVO
I & D	0.60	1.153	NO SIGNIFICATIVO
I & E	0.80	1.153	NO SIGNIFICATIVO
I & A	0.80	1.153	NO SIGNIFICATIVO
I & C	0.80	1.153	NO SIGNIFICATIVO
I & G	1.20	1.153	SIGNIFICATIVO
H & B	0.00	1.153	NO SIGNIFICATIVO
H & F	0.20	1.153	NO SIGNIFICATIVO
H & D	0.20	1.153	NO SIGNIFICATIVO
H & E	0.40	1.153	NO SIGNIFICATIVO
H & A	0.40	1.153	NO SIGNIFICATIVO
H & C	0.40	1.153	NO SIGNIFICATIVO
H & G	0.80	1.153	NO SIGNIFICATIVO
B & F	0.20	1.153	NO SIGNIFICATIVO
B & D	0.20	1.153	NO SIGNIFICATIVO
B & E	0.40	1.153	NO SIGNIFICATIVO
B & A	0.40	1.153	NO SIGNIFICATIVO
B & C	0.40	1.153	NO SIGNIFICATIVO
B & G	0.80	1.153	NO SIGNIFICATIVO
F & D	0.00	1.153	NO SIGNIFICATIVO
F & E	0.20	1.153	NO SIGNIFICATIVO
F & A	0.20	1.153	NO SIGNIFICATIVO
F & C	0.20	1.153	NO SIGNIFICATIVO
F & G	0.60	1.153	NO SIGNIFICATIVO
D & E	0.20	1.153	NO SIGNIFICATIVO
D & A	0.20	1.153	NO SIGNIFICATIVO
D & C	0.20	1.153	NO SIGNIFICATIVO
D & G	0.60	1.153	NO SIGNIFICATIVO
E & A	0.00	1.153	NO SIGNIFICATIVO
E & C	0.00	1.153	NO SIGNIFICATIVO
E & G	0.40	1.153	NO SIGNIFICATIVO
A & C	0.00	1.153	NO SIGNIFICATIVO
A & G	0.40	1.153	NO SIGNIFICATIVO
C & G	0.40	1.153	NO SIGNIFICATIVO

COLOR

Jueces	TIEMPO (segundos)									Total
	30			60			90			
	TEMPERATURA °C									
	70	80	90	70	80	90	70	80	90	
1	2	3	3	1	3	4	4	4	5	29
2	1	2	2	3	2	4	3	2	4	23
3	2	4	3	2	3	3	2	5	4	28
4	3	2	1	1	4	4	3	2	5	25
5	2	2	4	2	2	2	4	4	3	25
6	1	3	2	1	3	3	4	1	4	22
7	2	2	3	2	3	4	4	3	3	26
8	2	1	3	1	4	4	3	4	5	27
9	1	1	3	3	4	3	3	5	4	27
10	2	4	4	2	2	3	4	4	5	30
Total	18	24	28	18	30	34	34	34	42	262
Promedio	1.8	2.4	2.8	1.8	3.0	3.4	3.4	3.4	4.2	

Cálculos:

$$\sum Y^2 = 2^2 + \dots + 4^2 + 5^2 = 891$$

$$\text{FACTOR DE CORRECCION} = \frac{262^2}{(10 * 9)}$$

$$\text{FC} = 762.7$$

$$\begin{aligned} \sum \text{BLOQUES} &= (29^2 + \dots + 27^2 + 30^2) / 9 - 762.7 \\ &= 6.4 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \sum \text{TRATAMIENTOS} &= (18^2 + 24^2 + \dots + 42^2) / 10 - 762.7 \\ &= 51.3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Eyy} &= 891 - 762.7 - 6.4 - 51.3 \\ &= 70.6 \end{aligned}$$

	a_0	a_1	a_2	
b_0	18	18	34	70
b_1	24	30	34	88
b_2	28	34	42	104
	70	82	110	262

$$A_{yy} = (70^2 + 82^2 + 110^2) / 30 - 762.7$$

$$= 28.1$$

$$B_{yy} = (70^2 + 88^2 + 104^2) / 30 - 762.7$$

$$= 19.3$$

$$(AB)_{yy} = 51.3 - 28.1 - 19.3$$

$$= 3.9$$

Cuadro17. ANVA PARA COLOR

FUENTE DE VARIACION	GRADOS DE LIBERTAD	SUMA DE CUADRADOS	CUADRADO MEDIO	F CALCULADO	F > 0.01	NIVEL DE SIGNIFICANCIA
JUECES	9	6.4	0.71	0.723	2.37	N-S
TRATAMIENTOS	8	51.3				
A	2	28.1	14.05	14.32	4.878	**
B	2	19.3	9.65	9.84	4.878	**
AB	4	3.9	0.975	0.994	3.612	N.S
Error Experimental	72	70.6	0.981			
Total	89	128.3				

$$S_p = \sqrt{\frac{0.981}{10}}$$

$$S_p = 0.313$$

$$Q_{\alpha(0.05)} = 4.536$$

$$W(A.E.S.) = 0.313 * 4.424 = 1.385$$

Promedios de tratamientos para color

I = 4.2	H = 3.4	G = 3.4	F = 3.4	E = 3.0	C = 2.8	B = 2.4	D = 1.8	A = 1.8
---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------

PRUEBA DE TUCKEY (5%) PARA COLOR

COMPARACION	DIF. ABSOLUTA	A.E.S (T)	SIGNIFICANCIA
I & H	0,80	1.385	NO SIGNIFICATIVO
I & G	0,80	1.385	NO SIGNIFICATIVO
I & F	0,80	1.385	NO SIGNIFICATIVO
I & E	1,20	1.385	NO SIGNIFICATIVO
I & C	1,40	1.385	SIGNIFICATIVO
I & B	1,80	1.385	NO SIGNIFICATIVO
I & D	0,80	1.385	NO SIGNIFICATIVO
I & A	2,40	1.385	SIGNIFICATIVO
H & G	2,40	1.385	SIGNIFICATIVO
H & F	0,00	1.385	NO SIGNIFICATIVO
H & E	0,00	1.385	NO SIGNIFICATIVO
H & C	0,40	1.385	NO SIGNIFICATIVO
H & B	0,60	1.385	NO SIGNIFICATIVO
H & D	1,00	1.385	NO SIGNIFICATIVO
H & A	1,60	1.385	SIGNIFICATIVO
G & F	0,00	1.385	NO SIGNIFICATIVO
G & E	0,40	1.385	NO SIGNIFICATIVO
G & C	0,60	1.385	NO SIGNIFICATIVO
G & B	1,00	1.385	NO SIGNIFICATIVO
G & D	1,60	1.385	SIGNIFICATIVO
G & A	1,60	1.385	SIGNIFICATIVO
F & E	0,40	1.385	NO SIGNIFICATIVO
F & C	0,60	1.385	NO SIGNIFICATIVO
F & B	1,00	1.385	NO SIGNIFICATIVO
F & D	1,60	1.385	SIGNIFICATIVO
F & A	1,60	1.385	SIGNIFICATIVO
E & C	0,20	1.385	NO SIGNIFICATIVO
E & B	0,60	1.385	NO SIGNIFICATIVO
E & D	1,20	1.385	NO SIGNIFICATIVO
E & A	1,20	1.385	NO SIGNIFICATIVO
C & B	0,40	1.385	NO SIGNIFICATIVO
C & D	1,00	1.385	NO SIGNIFICATIVO
C & A	0,60	1.385	NO SIGNIFICATIVO
B & D	0,60	1.385	NO SIGNIFICATIVO
B & A	0,00	1.385	NO SIGNIFICATIVO

TEXTURA

Jueces	TIEMPO (segundos)									Total
	30			60			90			
	TEMPERATURA °C									
	70	80	90	70	80	90	70	80	90	
1	5	5	3	3	4	4	5	4	5	38
2	3	5	4	4	3	5	3	5	5	37
3	4	4	4	4	5	3	4	4	5	37
4	4	5	5	5	4	4	5	5	4	41
5	5	4	5	4	5	5	5	4	5	42
6	4	4	4	3	4	4	4	4	5	36
7	4	5	4	4	4	5	3	5	5	39
8	4	5	4	5	5	3	4	3	4	37
9	5	4	5	3	5	5	5	5	5	42
10	4	5	4	3	5	4	4	5	5	39
Total	42	46	42	38	44	42	42	44	48	388
Promedio	4.2	4.6	4.2	3.8	4.4	4.2	4.2	4.4	4.8	

Cálculos:

$$\sum Y^2 = 5^2 + \dots + 5^2 + 5^2 = 1700$$

$$\text{FACTOR DE CORRECCION} = 388^2 / (10 \cdot 9)$$

$$\text{FC} = 1672.7$$

$$\sum \text{BLOQUES}$$

$$= (38^2 + 37^2 + \dots + 39^2) / 9 - 1672.7$$

$$= 4.9$$

$$\sum \text{TRATAMIENDOS}$$

$$= (42^2 + 46^2 + \dots + 48^2) / 10 - 1672.7$$

$$= 6.7$$

$$\text{Eyy} = 1700 - 1672.7 - 4.9 - 6.7$$

$$= 15$$

	a_0	a_1	a_2	
b_0	42	38	42	122
b_1	46	44	44	134
b_2	42	42	48	132
	130	124	134	388

$$\begin{aligned} A_{yy} &= (130^2 + 124^2 + 134^2) / 30 - 1672.7 \\ &= 1.70 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} B_{yy} &= (122^2 + 134^2 + 132^2) / 30 - 1672.7 \\ &= 2.77 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} (AB)_{yy} &= 6.7 - 1.70 - 2.77 \\ &= 2.23 \end{aligned}$$

Cuadro18. ANVA PARA TEXTURA

FUENTE DE VARIACION	GRADOS DE LIBERTAD	SUMA DE CUADRADOS	CUADRADO MEDIO	F CALCULADO	F=0.01	NIVEL DE SIGNIFICANCIA
JUECES	9	4.9	0.54	2.66	2.37	*
TRATAMIENTO	8	6.7				
A	2	1.70	0.85	4.086	4.878	N.S
B	2	2.77	1.385	6.53	4.878	*
AB	4	2.23	0.558	2.68	3.612	N.S
Error Experimental	72	15	0.558			
Total	89	26.6				

$$S_p = \sqrt{\frac{0.208}{10}}$$

$$S_p = 0.144$$

$$Q_{\alpha(0.05)} = 4.424$$

$$W(A.E.S.) = 0.144 * 4.424 = 0.637$$

Promedios para tratamiento textura

I=4,8	B=4,6	H=4,4	E=4,4	A=4,2	C=4,2	F=4,2	G=4,2	D=3,8
-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------

PRUEBA DE TUCKEY (5%) PARA TEXTURA

COMPARACIÓN	DIF. ABSOLUTA	A.E.S (T)	SIGNIFICANCIA
I & B	0,2	0.637	NO SIGNIFICATIVO
I & H	0,4	0.637	NO SIGNIFICATIVO
I & E	0,4	0.637	NO SIGNIFICATIVO
I & A	0,6	0.637	NO SIGNIFICATIVO
I & C	0,6	0.637	NO SIGNIFICATIVO
I & F	0,6	0.637	NO SIGNIFICATIVO
I & G	0,6	0.637	NO SIGNIFICATIVO
I & D	1,0	0.637	SIGNIFICATIVO
B & H	0,2	0.637	NO SIGNIFICATIVO
B & E	0,2	0.637	NO SIGNIFICATIVO
B & A	0,4	0.637	NO SIGNIFICATIVO
B & C	0,4	0.637	NO SIGNIFICATIVO
B & F	0,4	0.637	NO SIGNIFICATIVO
B & G	0,4	0.637	NO SIGNIFICATIVO
B & D	0,8	0.637	SIGNIFICATIVO
H & E	0,0	0.637	NO SIGNIFICATIVO
H & A	0,2	0.637	NO SIGNIFICATIVO
H & C	0,2	0.637	NO SIGNIFICATIVO
H & F	0,2	0.637	NO SIGNIFICATIVO
H & G	0,2	0.637	NO SIGNIFICATIVO
H & D	0,6	0.637	NO SIGNIFICATIVO
E & A	0,2	0.637	NO SIGNIFICATIVO
E & C	0,2	0.637	NO SIGNIFICATIVO
E & F	0,2	0.637	NO SIGNIFICATIVO
E & G	0,2	0.637	NO SIGNIFICATIVO
E & D	0,6	0.637	NO SIGNIFICATIVO
A & C	0,0	0.637	NO SIGNIFICATIVO
A & F	0,0	0.637	NO SIGNIFICATIVO
A & G	0,0	0.637	NO SIGNIFICATIVO
A & D	0,4	0.637	NO SIGNIFICATIVO
C & F	0,0	0.637	NO SIGNIFICATIVO
C & G	0,0	0.637	NO SIGNIFICATIVO
C & D	0,4	0.637	NO SIGNIFICATIVO
F & G	0,0	0.637	NO SIGNIFICATIVO
F & D	0,4	0.637	NO SIGNIFICATIVO
G & D	0,4	0.637	NO SIGNIFICATIVO

OLOR

Jueces	TIEMPO (segundos)									Total
	30			60			90			
	TEMPERATURA °C									
	70	80	90	70	80	90	70	80	90	
1	3	3	3	4	4	3	3	5	4	32
2	4	4	4	3	3	5	4	3	5	35
3	5	4	5	4	3	4	5	5	3	38
4	3	3	4	5	4	3	3	2	3	30
5	4	3	3	3	3	4	4	5	4	33
6	3	4	4	4	3	4	3	4	4	33
7	3	5	3	4	4	2	3	3	3	30
8	4	4	3	4	4	4	4	4	3	34
9	4	5	4	3	3	4	4	4	5	36
10	5	5	5	4	5	3	3	5	4	41
Total	38	40	38	38	36	38	36	40	38	342
Promedio	3.8	4.0	3.8	3.8	3.6	3.8	3.6	4.0	3.8	

Cálculos:

$$\sum Y^2 = 3^2 + \dots + 5^2 + 4^2 = 1356$$

$$\text{FACTOR DE CORRECCION} = \frac{342^2}{(10 * 9)}$$

$$\text{FC} = 1299.6$$

$$\sum \text{BLOQUES} = (32^2 + \dots + 36^2 + 41^2) / 9 - 1299.6$$

$$= 12$$

$$\sum \text{TRATAMIENTOS} = (38^2 + 40^2 + \dots + 38^2) / 10 - 1299.6$$

$$= 1.6$$

$$\text{Eyy} = 1356 - 1299.6 - 12 - 1.6$$

$$= 42.8$$

	a_0	a_1	a_2	
b_0	38	38	36	112
b_1	40	36	40	116
b_2	38	38	38	114
	116	112	114	342

$$\begin{aligned} A_{yy} &= (116^2 + 112^2 + 114^2) / 30 - 1299.6 \\ &= 0.27 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} B_{yy} &= (112^2 + 116^2 + 114^2) / 30 - 1299.6 \\ &= 0.27 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} (AB)_{yy} &= 1.6 - 0.27 - 0.27 \\ &= 1.06 \end{aligned}$$

Cuadro19. ANVA PARA OLOR

FUENTE DE VARIACION	GRADOS DE LIBERTAD	SUMA DE CUADRADOS	CUADRADO MEDIO	F CALCULADO	F- 0.01	NIVEL DE SIGNIFICANCIA
JUECES	9	12	1.33	2.24	2.37	N.S
TRATAMIENTO	8	1.6				
A	2	0.27	0.135	0.23	4.878	
B	2	0.27	0.135	0.23	4.878	
AB	4	1.06	0.265	0.45	3.612	
Error Experimental	72	42.8	0.594			
Total	89	56.4				

$$S_p = \sqrt{\frac{0.594}{10}}$$

$$S_p = 0.2437$$

$$Q_{\alpha(0.05)} = 4.424$$

$$W(A.E.S.) = 0.2437 * 4.424 = 1.078$$

Promedios de tratamientos para olor

B = 4.0	H = 4.0	A = 3.8	C = 3.8	D = 3.8	F = 3.8	I = 3.8	E = 3.6	G = 3.8
---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------

PRUEBA DE TUCKEY (5%) PARA OLOR

COMPARACION	DIF. ABSOLUTA	A.E.S (T)	SIGNIFICANCIA
B & H	0,00	1.078	NO SIGNIFICATIVO
B & A	0,20	1.078	NO SIGNIFICATIVO
B & C	0,20	1.078	NO SIGNIFICATIVO
B & D	0,20	1.078	NO SIGNIFICATIVO
B & F	0,20	1.078	NO SIGNIFICATIVO
B & I	0,20	1.078	NO SIGNIFICATIVO
B & E	0,40	1.078	NO SIGNIFICATIVO
B & G	0,40	1.078	NO SIGNIFICATIVO
H & A	0,20	1.078	NO SIGNIFICATIVO
H & C	0,20	1.078	NO SIGNIFICATIVO
H & D	0,20	1.078	NO SIGNIFICATIVO
H & F	0,20	1.078	NO SIGNIFICATIVO
H & I	0,20	1.078	NO SIGNIFICATIVO
H & E	0,40	1.078	NO SIGNIFICATIVO
H & G	0,40	1.078	NO SIGNIFICATIVO
A & C	0,00	1.078	NO SIGNIFICATIVO
A & D	0,00	1.078	NO SIGNIFICATIVO
A & F	0,00	1.078	NO SIGNIFICATIVO
A & I	0,00	1.078	NO SIGNIFICATIVO
A & E	0,20	1.078	NO SIGNIFICATIVO
A & G	0,20	1.078	NO SIGNIFICATIVO
C & D	0,00	1.078	NO SIGNIFICATIVO
C & F	0,00	1.078	NO SIGNIFICATIVO
C & I	0,00	1.078	NO SIGNIFICATIVO
C & E	0,20	1.078	NO SIGNIFICATIVO
C & G	0,20	1.078	NO SIGNIFICATIVO
D & F	0,00	1.078	NO SIGNIFICATIVO
D & I	0,00	1.078	NO SIGNIFICATIVO
D & E	0,20	1.078	NO SIGNIFICATIVO
D & G	0,20	1.078	NO SIGNIFICATIVO
F & I	0,00	1.078	NO SIGNIFICATIVO
F & E	0,20	1.078	NO SIGNIFICATIVO
F & G	0,20	1.078	NO SIGNIFICATIVO
I & E	0,20	1.078	NO SIGNIFICATIVO
I & G	0,20	1.078	NO SIGNIFICATIVO
E & G	0,00	1.078	NO SIGNIFICATIVO

SABOR

Jueces	TIEMPO (segundos)									Total
	30			60			90			
	TEMPERATURA °C									
	70	80	90	70	80	90	70	80	90	
1	5	3	4	4	4	4	5	5	5	39
2	4	4	3	4	3	4	4	4	4	34
3	4	4	4	3	5	5	4	5	5	39
4	5	4	5	4	4	3	5	5	3	38
5	4	3	4	3	2	4	4	4	4	32
6	4	3	5	5	4	5	4	4	5	39
7	5	5	4	4	3	3	5	5	4	38
8	3	5	4	4	5	5	4	4	5	38
9	4	4	4	5	3	4	4	4	5	37
10	4	5	5	4	5	5	4	4	4	40
Total	42	40	42	40	38	42	42	44	44	374
Promedio	4.2	4.0	4.2	4.0	3.8	4.2	4.2	4.4	4.4	

Cálculos:

$$\sum Y^2 = 5^2 + \dots + 5^2 + 4 = 1600$$

$$\text{FACTOR DE CORRECCION} = 374 / (10 \cdot 9)$$

$$\text{FC} = 1554.18$$

$$\begin{aligned} \sum \text{BLOQUES} &= (39^2 + 34^2 + \dots + 40^2) / 9 - 1554.18 \\ &= 6.22 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \sum \text{TRATAMIENTOS} &= (42^2 + 40^2 + \dots + 44^2) / 10 - 1554.18 \\ &= 3.02 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Eyy} &= 1600 - 1554.18 - 46.22 - 3.02 \\ &= 36.58 \end{aligned}$$

	a_0	a_1	a_2	
b_0	42	40	42	124
b_1	40	38	44	122
b_2	42	42	44	128
	124	120	130	374

$$A_{yy} = (124^2 + 120^2 + 130^2) / 30 - 1554.18$$

$$= 1.72$$

$$B_{yy} = (124^2 + 122^2 + 128^2) / 30 - 1554.18$$

$$= 0.62$$

$$(AB)_{yy} = 3.02 - 1.72 - 0.62$$

$$= 0.68$$

Cuadro 20. ANVA PARA SABOR

FUENTE DE VARIACION	GRADOS DE LIBERTAD	SUMA DE CUADRADOS	CUADRADO MEDIO	F CALCULADO	F _{0.01}	NIVEL DE SIGNIFICANCIA
JUECES	9	6.22	0.69	1.36	2.37	N.S
TRATAMIENTO	8	3.02				
A	2	1.72	0.86	1.693	4.878	N.S
B	2	0.62	0.31	0.610	4.878	N.S
AB	4	0.68	0.17	0.334	3.612	N.S
Error Experimental	72	36.58	0.508			
Total	89	45.82				

$$S_p = \sqrt{\frac{0.508}{10}}$$

$$S_p = 0.2254$$

$$Q_{\alpha(0.05)} = 4.424$$

$$W(A.E.S.) = 0.2254 * 4.424 = 0.997$$

Promedios para tratamientos de Sabor

I = 4.4	H = 4.4	A = 4.2	C = 4.2	F = 4.2	G = 4.2	B = 4.0	D = 4.0	E = 3.8
---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------

PRUEBA DE TUCKEY (5%) PARA SABOR

COMPARACIÓN	DIF. ABSOLUTA	A.E.S (T)	SIGNIFICANCIA
I & H	0,0	0.997	NO SIGNIFICATIVO
I & A	0,2	0.997	NO SIGNIFICATIVO
I & C	0,2	0.997	NO SIGNIFICATIVO
I & F	0,2	0.997	NO SIGNIFICATIVO
I & G	0,2	0.997	NO SIGNIFICATIVO
I & B	0,4	0.997	NO SIGNIFICATIVO
I & D	0,4	0.997	NO SIGNIFICATIVO
I & E	0,6	0.997	NO SIGNIFICATIVO
H & A	0,2	0.997	NO SIGNIFICATIVO
H & C	0,2	0.997	NO SIGNIFICATIVO
H & F	0,2	0.997	NO SIGNIFICATIVO
H & G	0,2	0.997	NO SIGNIFICATIVO
H & B	0,4	0.997	NO SIGNIFICATIVO
H & D	0,4	0.997	NO SIGNIFICATIVO
H & E	0,6	0.997	NOSIGNIFICATIVO
A & C	0,0	0.997	NO SIGNIFICATIVO
A & F	0,0	0.997	NO SIGNIFICATIVO
A & G	0,0	0.997	NO SIGNIFICATIVO
A & B	0,2	0.997	NO SIGNIFICATIVO
A & D	0,2	0.997	NO SIGNIFICATIVO
A & E	0,4	0.997	NO SIGNIFICATIVO
C & F	0,0	0.997	NO SIGNIFICATIVO
C & G	0,0	0.997	NO SIGNIFICATIVO
C & B	0,2	0.997	NO SIGNIFICATIVO
C & D	0,2	0.997	NO SIGNIFICATIVO
C & E	0,4	0.997	NO SIGNIFICATIVO
F & G	0,0	0.997	NO SIGNIFICATIVO
F & B	0,2	0.997	NO SIGNIFICATIVO
F & D	0,2	0.997	NO SIGNIFICATIVO
F & E	0,4	0.997	NO SIGNIFICATIVO
G & B	0,2	0.997	NO SIGNIFICATIVO
G & D	0,2	0.997	NO SIGNIFICATIVO
G & E	0,4	0.997	NO SIGNIFICATIVO
B & D	0,0	0.997	NO SIGNIFICATIVO
B & E	0,2	0.997	NO SIGNIFICATIVO
D & E	0,2	0.997	NO SIGNIFICATIVO

ANEXO IV

ANALISIS SENSORIAL REALIZADO POR JUECES AL TRATAMIENTO DE SECADO

ATRIBUTO: Apariencia

JUECES	40°C			50°C			60°C			TOTAL
	velocidad del aire (m/s)									
	0.5	0.8	1.1	0.5	0.8	1.1	0.5	0.8	1.1	
1	0	-1	1	-1	-1	1	1	1	-1	0
2	1	1	-1	-1	-1	1	0	1	0	1
3	1	1	0	1	-2	0	1	2	-2	2
4	2	0	1	1	-1	1	2	0	-1	5
5	1	1	1	0	-1	1	1	1	1	6
6	-1	-2	-2	-2	-2	1	-1	-2	-2	-13
7	0	0	1	-1	-2	0	-1	0	1	-2
8	2	0	2	1	-1	1	0	0	-1	4
9	1	0	1	1	0	1	1	2	-1	6
10	1	0	1	0	-2	0	0	-1	1	0
TOTAL	8	0	5	-1	-13	7	4	4	-5	9
PROMEDIO	0.8	0	0.5	-0.1	-0.13	0.7	0.4	0.4	-0.5	

Cuadro 22. ANVA PARA APARIENCIA

APARIENCIA	GRADOS DE LIBERTAD	SUMA DE CUADRADOS	CUADRADO MEDIO	F CALCULADO	F= 0.05	NIVEL DE SIGNIFICANCIA
JUECES	9	31.43	3.49	5.13	2.024	**
TRATAMIENTOS	8	35.60				
Temperatura	2	6.67	3.335	4.90	3.134	*
Veloc. del aire	2	7.47	3.735	5.49	3.134	**
Temp x Veloc. Del aire	4	21.36	5.34	7.85	2.514	**
Error Experimental	72	4.067	0.68			
Total	89					

$$S_p = 0.26$$

$$Q_{\alpha(0.05)} = 4.424$$

$$W(A.E.S.) = 0.26 * 4.424 = 1.150$$

Promedios para tratamientos de Apariencia

A = 0.8	F = 0.7	C = 0.5	G = 0.4	H = 0.4	B = 0	D = -0.1	I = -0.5	E = -1.3
---------	---------	---------	---------	---------	-------	----------	----------	----------

PRUEBA DE TUCKEY (5%) PARA APARIENCIA

COMPARACIÓN	DIF. ABSOLUTA	A.E.S (T)	SIGNIFICANCIA
A & F	0.1	1.150	NO SIGNIFICATIVO
A & C	0.2	1.150	NO SIGNIFICATIVO
A & G	0.4	1.150	NO SIGNIFICATIVO
A & H	0.4	1.150	NO SIGNIFICATIVO
A & B	0.8	1.150	NO SIGNIFICATIVO
A & D	0.9	1.150	NO SIGNIFICATIVO
A & I	1.3	1.150	SIGNIFICATIVO
A & E	2.1	1.150	SIGNIFICATIVO
F & C	0.2	1.150	NO SIGNIFICATIVO
F & G	0.3	1.150	NO SIGNIFICATIVO
F & H	0.3	1.150	NO SIGNIFICATIVO
F & B	0.7	1.150	NO SIGNIFICATIVO
F & D	0.8	1.150	NO SIGNIFICATIVO
F & I	1.2	1.150	SIGNIFICATIVO
F & E	2.0	1.150	SIGNIFICATIVO
C & G	0.1	1.150	NO SIGNIFICATIVO
C & H	0.1	1.150	NO SIGNIFICATIVO
C & B	0.5	1.150	NO SIGNIFICATIVO
C & D	0.6	1.150	NO SIGNIFICATIVO
C & I	1.0	1.150	NO SIGNIFICATIVO
C & E	1.8	1.150	SIGNIFICATIVO
G & H	0.0	1.150	NO SIGNIFICATIVO
G & B	0.4	1.150	NO SIGNIFICATIVO
G & D	0.5	1.150	NO SIGNIFICATIVO
G & I	0.9	1.150	NO SIGNIFICATIVO
G & E	1.7	1.150	SIGNIFICATIVO
H & B	0.4	1.150	NO SIGNIFICATIVO
H & D	0.5	1.150	NO SIGNIFICATIVO
H & I	0.9	1.150	NO SIGNIFICATIVO
H & E	1.7	1.150	SIGNIFICATIVO
B & D	0.1	1.150	NO SIGNIFICATIVO
B & I	0.5	1.150	NO SIGNIFICATIVO
B & E	1.3	1.150	SIGNIFICATIVO
D & I	0.4	1.150	NO SIGNIFICATIVO
D & E	1.2	1.150	SIGNIFICATIVO
I & E	0.8	1.150	NO SIGNIFICATIVO

ATRIBUTO: color

JUECES	40°C			50°C			60°C			TOTAL
	velocidad del aire (m/s)									
	0.5	0.8	1.1	0.5	0.8	1.1	0.5	0.8	1.1	
1	0	-1	1	-1	-1	1	0	1	-1	-1
2	1	1	-1	-1	-1	-1	0	1	0	-1
3	1	1	0	1	-2	0	0	1	-1	1
4	2	0	1	1	-1	0	1	0	-1	3
5	1	0	1	0	-1	1	1	1	1	5
6	1	-2	-2	-2	-2	1	0	-2	-2	-10
7	0	0	1	-1	-2	0	-1	0	1	-2
8	2	1	2	1	-2	0	1	1	-1	5
9	0	0	1	0	1	-1	1	-1	1	2
10	1	0	1	-1	-2	0	1	0	0	0
TOTAL	9	0	5	-3	-13	1	4	2	-3	2
PROMEDIO	0.9	0	0.5	-0.3	-0.13	0.1	0.4	0.2	-0.3	

Cuadro 23. ANVA PARA COLOR

APARIENCIA	GRADOS DE LIBERTAD	SUMA DE CUADRADOS	CUADRADO MEDIO	F. CALCULADO	F=0.05	NIVEL DE SIGNIFICANCIA
JUECES	9	18.84	2.093	2.08	2.024	*
TRATAMIENTOS	8	31.35				
Temperatura	2	14.29	7.145	9.57	3.134	**
Veloc. del aire	2	7.63	3.815	5.11	3.134	**
Temp x Veloc. Del aire	4	9.43	2.358	3.39	2.514	*
Error Experimental	72	53.76	0.747			
Total	89					

$$S_p = \sqrt{\frac{0.747}{10}}$$

$$S_p = 0.273$$

$$Q_{\alpha(0.05)} = 4.424$$

$$W(A.E.S.) = 0.273 * 4.424 = 1.21$$

Promedios para tratamientos de Color

A=0.9	C=0.5	G=0.4	H=0.2	F=0.1	B=0	D=-0.3	I=-0.3	E = -1.3
-------	-------	-------	-------	-------	-----	--------	--------	----------

PRUEBA DE TUCKEY (5%) PARA COLOR

COMPARACIÓN	DIF. ABSOLUTA	A.E.S (T)	SIGNIFICANCIA
A & C	0.4	1.21	
A & G	0.5	1.21	NO SIGNIFICATIVO
A & H	0.7	1.21	NO SIGNIFICATIVO
A & F	0.8	1.21	NO SIGNIFICATIVO
A & B	0.9	1.21	NO SIGNIFICATIVO
A & D	1.2	1.21	NO SIGNIFICATIVO
A & I	1.2	1.21	NO SIGNIFICATIVO
A & E	2.2	1.21	SIGNIFICATIVO
C & G	0.1	1.21	NO SIGNIFICATIVO
C & H	0.3	1.21	NO SIGNIFICATIVO
C & F	0.4	1.21	NO SIGNIFICATIVO
C & B	0.5	1.21	NO SIGNIFICATIVO
C & D	0.8	1.21	NO SIGNIFICATIVO
C & I	0.8	1.21	NO SIGNIFICATIVO
C & E	1.8	1.21	SIGNIFICATIVO
G & H	0.2	1.21	NO SIGNIFICATIVO
G & F	0.3	1.21	NO SIGNIFICATIVO
G & B	0.4	1.21	NO SIGNIFICATIVO
G & D	0.7	1.21	NO SIGNIFICATIVO
G & I	0.7	1.21	NO SIGNIFICATIVO
G & E	1.7	1.21	SIGNIFICATIVO
H & F	0.1	1.21	NO SIGNIFICATIVO
H & B	0.2	1.21	NO SIGNIFICATIVO
H & D	0.5	1.21	NO SIGNIFICATIVO
H & I	0.5	1.21	NO SIGNIFICATIVO
H & E	1.5	1.21	SIGNIFICATIVO
F & B	0.1	1.21	NO SIGNIFICATIVO
F & D	0.4	1.21	NO SIGNIFICATIVO
F & I	0.4	1.21	NO SIGNIFICATIVO
F & E	1.4	1.21	SIGNIFICATIVO
B & D	0.3	1.21	NO SIGNIFICATIVO
B & I	0.3	1.21	NO SIGNIFICATIVO
B & E	1.3	1.21	SIGNIFICATIVO
D & I	0.0	1.21	NO SIGNIFICATIVO
D & E	1.0	1.21	NO SIGNIFICATIVO
I & E	1.0	1.21	NO SIGNIFICATIVO

ATRIBUTO: Textura

JUECES	40°C			50°C			60°C			TOTAL
	velocidad del aire (m/s)									
	0.5	0.8	1.1	0.5	0.8	1.1	0.5	0.8	1.1	
1	0	-1	-1	-1	-1	1	0	0	1	-1
2	1	1	-1	-1	-1	-1	1	1	0	-1
3	-1	1	1	1	-2	0	1	1	1	1
4	1	0	1	1	-1	0	2	-1	-2	3
5	0	0	0	0	0	0	1	1	1	5
6	-2	-1	-1	-2	1	-2	0	0	-2	-10
7	-2	-1	0	-2	-2	0	-1	2	-1	-2
8	1	0	1	0	-2	-1	0	1	0	5
9	1	0	0	0	1	0	0	0	1	2
10	0	0	0	0	-1	-1	0	1	-1	0
TOTAL	-1	-1	0	-4	-8	-4	4	6	-2	-10
PROMEDIO	-0.1	-0.1	0.0	-0.4	-0.8	-0.4	0.4	0.6	-0.2	

Cuadro 24. ANVA PARA TEXTURA

TEXTURA	GRADOS DE LIBERTAD	SUMA DE CUADRADOS	CUADRADO MEDIO	F CALCULADO	F _{α=0.05}	NIVEL DE SIGNIFICANCIA
JUECES	9	17.33	1.926	2.26	2.024	*
TRATAMIENTOS	8	14.29				
Temperatura	2	9.69	4.845	5.693	3.134	*
Veloc. del aire	2	0.42	0.21	0.247	3.134	N.S
Temp x Veloc. Del aire	4	4.18	1.045	1.228	2.514	N.S
Error Experimental	72	61.27	0.851			
Total	89					

$$S_p = \sqrt{\frac{0.851}{10}} = 0.273$$

$$Q_{\alpha(0.05)} = 4.424$$

$$W(A.E.S.) = 0.273 * 4.424 = 1.21$$

Promedios para tratamientos de textura

A = 0.9	G = 0.4	C = 0.0	A = -0.1	B = -0.1	I = -0.2	D = -0.4	F = -0.4	E = -0.8
---------	---------	---------	----------	----------	----------	----------	----------	----------

PRUEBA DE TUCKEY (5%) PARA TEXTURA

COMPARACIÓN	DIF. ABSOLUTA	A.E.S (T)	SIGNIFICANCIA
H & G	0.1	1.291	NO SIGNIFICATIVO
H & C	0.5	1.291	NO SIGNIFICATIVO
H & A	0.6	1.291	NO SIGNIFICATIVO
H & B	0.6	1.291	NO SIGNIFICATIVO
H & I	0.7	1.291	NO SIGNIFICATIVO
H & D	0.9	1.291	NO SIGNIFICATIVO
H & F	0.9	1.291	NO SIGNIFICATIVO
H & E	1.3	1.291	SIGNIFICATIVO
G & C	0.4	1.291	NO SIGNIFICATIVO
G & A	0.5	1.291	NO SIGNIFICATIVO
G & B	0.5	1.291	NO SIGNIFICATIVO
G & I	0.6	1.291	NO SIGNIFICATIVO
G & D	0.8	1.291	NO SIGNIFICATIVO
G & F	0.8	1.291	NO SIGNIFICATIVO
G & E	1.2	1.291	NO SIGNIFICATIVO
C & A	0.1	1.291	NO SIGNIFICATIVO
C & B	0.1	1.291	NO SIGNIFICATIVO
C & I	0.2	1.291	NO SIGNIFICATIVO
C & D	0.4	1.291	NO SIGNIFICATIVO
C & F	0.4	1.291	NO SIGNIFICATIVO
C & E	0.8	1.291	NO SIGNIFICATIVO
A & B	0.0	1.291	NO SIGNIFICATIVO
A & I	0.1	1.291	NO SIGNIFICATIVO
A & D	0.3	1.291	NO SIGNIFICATIVO
A & F	0.3	1.291	NO SIGNIFICATIVO
A & E	0.7	1.291	NO SIGNIFICATIVO
B & I	0.1	1.291	NO SIGNIFICATIVO
B & D	0.3	1.291	NO SIGNIFICATIVO
B & F	0.3	1.291	NO SIGNIFICATIVO
B & E	0.7	1.291	NO SIGNIFICATIVO
I & D	0.2	1.291	NO SIGNIFICATIVO
I & F	0.2	1.291	NO SIGNIFICATIVO
I & E	0.6	1.291	NO SIGNIFICATIVO
D & F	0.0	1.291	NO SIGNIFICATIVO
D & E	0.4	1.291	NO SIGNIFICATIVO
F & E	0.4	1.291	NO SIGNIFICATIVO

ATRIBUTO: Olor

JUECES	40°C			50°C			60°C			TOTAL
	velocidad del aire (m/s)									
	0.5	0.8	1.1	0.5	0.8	1.1	0.5	0.8	1.1	
1	-1	1	0	0	-1	0	0	1	-1	-1
2	0	0	0	-1	-1	0	1	1	0	0
3	1	1	-1	1	-1	0	1	1	0	3
4	1	1	1	1	-1	0	1	1	0	5
5	1	1	1	1	1	0	1	0	0	6
6	-2	-2	-2	-2	-2	-1	-2	-1	-2	-16
7	0	0	1	-1	1	0	0	1	0	2
8	-1	0	0	1	0	1	1	1	0	3
9	0	0	1	1	-2	0	0	0	1	1
10	0	0	1	1	0	1	1	0	0	4
TOTAL	-1	2	2	2	-6	1	4	5	-2	7
PROMEDIO	-0.1	0.2	0.2	0.2	-0.6	0.1	0.4	0.5	-0.2	

Cuadro25. ANVA PARA OLOR

OLOR	GRADOS DE LIBERTAD	SUMA DE CUADRADOS	CUADRADO MEDIO	F CALCULADO	F _{α=0.05}	NIVEL DE SIGNIFICANCIA
JUECES	9	39.12	4.35	10.36	2.024	*
TRATAMIENTOS	8	8.96				
Temperatura	2	1.96	0.98	2.33	3.134	N.S
Veloc. del aire	2	0.36	0.18	0.43	3.134	N.S
Temp x Veloc. Del aire	4	6.64	1.66	3.95	2.514	*
Error Experimental	72	30.38	0.42			
Total	89					

$$S_p = \sqrt{\frac{0.42}{10}}$$

$$S_p = 0.205$$

$$Q_{\alpha(0.05)} = 4.424$$

$$W(A.E.S.) = 0.205 * 4.424 = 0.90$$

Promedios para tratamientos de olor

H = 0.5	G = 0.4	B = 0.2	C = 0.2	D = 0.2	F = 0.1	A = -0.1	I = -0.2	E = -0.6
---------	---------	---------	---------	---------	---------	----------	----------	----------

PRUEBA DE TUCKEY (5%) PARA OLOR

COMPARACIÓN	DIF. ABSOLUTA	A.E.S (T)	SIGNIFICANCIA
H & G	0.1	0.9	NO SIGNIFICATIVO
H & B	0.3	0.9	NO SIGNIFICATIVO
H & C	0.3	0.9	NO SIGNIFICATIVO
H & D	0.3	0.9	NO SIGNIFICATIVO
H & F	0.4	0.9	NO SIGNIFICATIVO
H & A	0.6	0.9	NO SIGNIFICATIVO
H & I	0.7	0.9	NO SIGNIFICATIVO
H & E	1.1	0.9	SIGNIFICATIVO
G & B	0.2	0.9	NO SIGNIFICATIVO
G & C	0.2	0.9	NO SIGNIFICATIVO
G & D	0.2	0.9	NO SIGNIFICATIVO
G & F	0.3	0.9	NO SIGNIFICATIVO
G & A	0.5	0.9	NO SIGNIFICATIVO
G & I	0.6	0.9	NO SIGNIFICATIVO
G & E	1.0	0.9	NO SIGNIFICATIVO
B & C	0.0	0.9	NO SIGNIFICATIVO
B & D	0.0	0.9	NO SIGNIFICATIVO
B & F	0.1	0.9	NO SIGNIFICATIVO
B & A	0.3	0.9	NO SIGNIFICATIVO
B & I	0.4	0.9	NO SIGNIFICATIVO
B & E	0.8	0.9	NO SIGNIFICATIVO
C & D	0.0	0.9	NO SIGNIFICATIVO
C & F	0.1	0.9	NO SIGNIFICATIVO
C & A	0.3	0.9	NO SIGNIFICATIVO
C & I	0.4	0.9	NO SIGNIFICATIVO
C & E	0.8	0.9	NO SIGNIFICATIVO
D & F	0.1	0.9	NO SIGNIFICATIVO
D & A	0.3	0.9	NO SIGNIFICATIVO
D & I	0.4	0.9	NO SIGNIFICATIVO
D & E	0.8	0.9	NO SIGNIFICATIVO
F & A	0.2	0.9	NO SIGNIFICATIVO
F & I	0.3	0.9	NO SIGNIFICATIVO
F & E	0.7	0.9	NO SIGNIFICATIVO
A & I	0.7	0.9	NO SIGNIFICATIVO
A & E	0.5	0.9	NO SIGNIFICATIVO
I & E	0.4	0.9	NO SIGNIFICATIVO

ATRIBUTO: Sabor

JUECES	40°C			50°C			60°C			TOTAL
	velocidad del aire (m/s)									
	0.5	0.8	1.1	0.5	0.8	1.1	0.5	0.8	1.1	
1	1	1	1	-1	-1	0	0	0	-1	0
2	1	1	0	0	0	1	1	1	1	6
3	1	1	0	1	-1	0	1	2	0	5
4	1	0	1	1	-1	1	2	0	0	5
5	0	-1	-1	1	-1	1	-1	1	-1	-2
6	-1	-1	0	-2	-2	0	-2	-1	-1	-10
7	-1	1	1	-1	-1	0	0	1	0	0
8	1	1	0	1	0	1	0	1	-1	4
9	1	0	2	1	2	0	1	0	1	8
10	1	0	1	1	-2	1	0	0	1	3
TOTAL	5	3	5	2	-7	5	2	5	-1	19
PROMEDIO	0.5	0.3	0.5	0.2	-0.7	0.5	0.2	0.5	-0.1	

Cuadro26. ANVA PARA SABOR

SABOR	GRADOS DE LIBERTAD	SUMA DE CUADRADOS	CUADRADO MEDIO	F CALCULADO	F- 0.05	NIVEL DE SIGNIFICANCIA
JUECES	9	26.99	2.99	4.98	2.024	*
TRATAMIENTOS	8	12.69				
Temperatura	2	2.82	1.41	2.35	3.134	N.S
Veloc. del aire	2	1.42	0.71	1.18	3.134	N.S
Temp x Veloc. Del aire	4	8.45	2.11	3.51	2.514	*
Error Experimental	72	43.31	0.60			
Total	89					

$$S_p = \sqrt{\frac{0.60}{10}}$$

$$S_p = 0.245$$

$$Q_{\alpha(0.05)} = 4.424$$

$$W(A.E.S.) = 0.205 * 4.424 = 1.084$$

Promedios para tratamientos de sabor

H = 0.5	G = 0.4	B = 0.2	C = 0.2	D = 0.2	F = 0.1	A = -0.1	I = -0.2	E = -0.6
---------	---------	---------	---------	---------	---------	----------	----------	----------

PRUEBA DE TUCKEY (5%) PARA SABOR

COMPARACIÓN	DIF. ABSOLUTA	A.E.S (T)	SIGNIFICANCIA
A & C	0.0	1.084	NO SIGNIFICATIVO
A & F	0.0	1.084	NO SIGNIFICATIVO
A & H	0.0	1.084	NO SIGNIFICATIVO
A & B	0.2	1.084	NO SIGNIFICATIVO
A & D	0.3	1.084	NO SIGNIFICATIVO
A & G	0.3	1.084	NO SIGNIFICATIVO
A & I	0.6	1.084	NO SIGNIFICATIVO
A & E	1.2	1.084	SIGNIFICATIVO
C & F	0.0	1.084	NO SIGNIFICATIVO
C & H	0.0	1.084	NO SIGNIFICATIVO
C & B	0.2	1.084	NO SIGNIFICATIVO
C & D	0.3	1.084	NO SIGNIFICATIVO
C & G	0.3	1.084	NO SIGNIFICATIVO
C & I	0.6	1.084	NO SIGNIFICATIVO
C & E	1.2	1.084	SIGNIFICATIVO
F & H	0.0	1.084	NO SIGNIFICATIVO
F & B	0.2	1.084	NO SIGNIFICATIVO
F & D	0.3	1.084	NO SIGNIFICATIVO
F & G	0.3	1.084	NO SIGNIFICATIVO
F & I	0.6	1.084	NO SIGNIFICATIVO
F & E	1.2	1.084	SIGNIFICATIVO
H & B	0.2	1.084	NO SIGNIFICATIVO
H & D	0.3	1.084	NO SIGNIFICATIVO
H & G	0.3	1.084	NO SIGNIFICATIVO
H & I	0.6	1.084	NO SIGNIFICATIVO
H & E	1.2	1.084	SIGNIFICATIVO
B & D	0.1	1.084	NO SIGNIFICATIVO
B & G	0.1	1.084	NO SIGNIFICATIVO
B & I	0.4	1.084	NO SIGNIFICATIVO
B & E	1.0	1.084	NO SIGNIFICATIVO
D & G	0.0	1.084	NO SIGNIFICATIVO
D & I	0.3	1.084	NO SIGNIFICATIVO
D & E	0.9	1.084	NO SIGNIFICATIVO
G & I	0.3	1.084	NO SIGNIFICATIVO
G & E	0.9	1.084	NO SIGNIFICATIVO
I & E	0.6	1.084	NO SIGNIFICATIVO