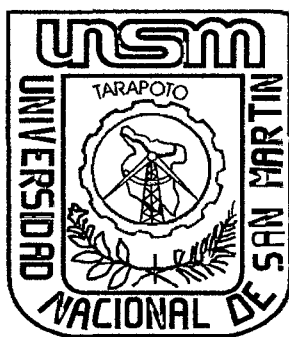


UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN
FACULTAD DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL



**“Comportamiento del Músculo de Camarón Gigante
(*Macrobrachium rosenbergii*) Durante la
Deshidratación Osmótica Utilizando Soluciones
Mixtas de NaCl y Sacarosa”**

TESIS

Para Optar el Título Profesional de
INGENIERO AGROINDUSTRIAL

Presentado por la Bachiller
MARIA ISABEL CAJO PINCHE

TARAPOTO – PERU

2004

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN
FACULTAD DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL

**“Comportamiento del Músculo de Camarón Gigante
(*Macrobrachium rosenbergii*) Durante la
Deshidratación Osmótica Utilizando Soluciones
Mixtas de NaCl y Sacarosa”**

TESIS

**Para Optar el Título Profesional de
INGENIERO AGROINDUSTRIAL**

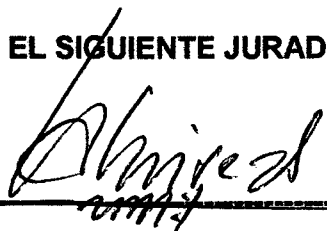
Presentado por la Bachiller

MARIA ISABEL CAJO PINCHE

SUSTENTADA Y APROBADA ANTE EL SIGUIENTE JURADO:



Ing. EPIFANIO E. MARTINEZ MENA
PRESIDENTE



Ing. ANGEL CHÁVEZ SALAZAR
SECRETARIO.



Ing. VÍCTOR H. MUÑOZ DELGADO
MIEMBRO

DEDICATORIA

A mis padres **TULIO** y **ORFILA**, con mucho amor, eterna gratitud, por darme la vida y el invaluable esfuerzo realizado por verme profesional.

A mis hermanos: **JOSÉ GABRIEL** Y **JULIO CÉSAR** por su colaboración constante e incondicional en el logro de mis anhelos,

A Dios por ser mi guía, él que me da la sabiduría e inteligencia, la confianza para hacer las cosas bien, mi mejor amigo acompañándome a cada instante de mi vida, por todos los logros que tengo y tendré.

Maria Isabel.

AGRADECIMIENTOS

- Al **Dr. OSCAR MENDIETA TABOADA** y a la Ing. MSc. **MARI MEDINA VIVANCO** docentes de la facultad de ingeniería agroindustrial de la universidad nacional de san martín, asesor y coasesora respectivamente quienes mas que asesores son amigos; por sus valiosos consejos y por el constante asesoramiento brindado no escatimando tiempo ni esfuerzo en el desarrollo del presente trabajo de investigación desde el inicio hasta la culminación
- Al Ing. **EPIFANIO MARTINEZ MENA** Jefe del Laboratorio de Análisis y Composición de los Alimentos de la Facultad de Ingeniería Agroindustrial de la Universidad Nacional de San Martín y a la señora **DOLLY FLORES** técnica del mismo, por su colaboración y por haber facilitado los ambientes, equipos y materiales durante la ejecución del presente trabajo de investigación
- Al Ing. **ALFONSO LESCANO** Jefe del Laboratorio de Tecnología de Productos Agroindustriales no Alimentos de la Facultad de Ingeniería Agroindustrial de la Universidad Nacional de San Martín, y al Sr. **GUIDO SAAVEDRA** técnico del mismo, por haber cedido sus instalaciones, equipos y materiales durante la ejecución del presente trabajo de tesis. entera colaboración
- Al Ing. **NELSON GARCÍA GARAY** y al Ing. **THONY ARCE SAAVEDRA** por su apoyo incondicional en la culminación del presente trabajo de investigación.
- A mis profesores de la Universidad Nacional de San Martín por haberme impartido los conocimientos necesarios para desarrollarme en el campo profesional y así poder volcar a la sociedad mis conocimientos
- A mis compañeros tesisistas, **YLIANA, BETTY, MARISELLI, JAVIER, JUAN, LENIN, ROBERT, JENSEN, y MARCO** por su invaluable amistad, compañerismo que nos une y apoyo incondicional durante nuestra vida universitaria.
- Agradezco a todas aquellas personas que de una u otra forma colaboraron en forma directa e indirecta durante la ejecución del presente trabajo.

INDICE

	Pag.
RESUMEN	15
ABSTRACT	17
I. INTRODUCCIÓN	21
II. REVISIÓN BIBLIOGRAFICA	21
2.1 MATERIA PRIMA	21
2.1.1 Generalidades	21
2.1.2 Clasificación taxonómica	22
2.1.3 Origen y antecedentes de cultivo.....	24
2.1.4 Cultivo o habidad del camarón.....	24
2.1.5 Composición química proximal.....	25
2.1.6 Características intrínsecas.....	26
2.1.6.1 Composición centesimal.....	26
2.1.6.2 Rendimiento.....	27
2.1.6.3 Sabor.....	27
2.1.6.4 Textura.....	28
2.1.7 Proceso de deterioro.....	28
2.1.8 Calidad del camarón.....	29
2.1.9 Centros de consumo.....	29
2.1.10 Comercialización.....	29
2.1.11 Usos.....	30
2.2. PROCESO DE DESHIDRATACIÓN OSMÓTICA.....	30
2.2.1 Deshidratación.....	30
2.2.2 Criterios de los alimentos deshidratados.....	31
2.2.3 Ósmosis.....	31
2.2.4 Deshidratación osmótica.....	32
2.2.5 Fenómenos que afectan la deshidratación osmótica.....	36

2.2.6	Características del producto.....	36
2.2.7	Solutos.....	37
2.2.8	VARIABLES.....	40
2.2.9	Factores.....	41
2.2.10	Ventajas.....	42
2.2.11	Transferencia de masa en la deshidratación osmótica.....	43
2.2.12	Ejemplos de aplicación.....	44
2.2.13	Superficie de respuesta.....	45
2.2.14	Análisis sensorial.....	48
III	MATERIALES Y METODOS.....	49
3.1	LUGAR DE EJECUCIÓN.....	49
3.2	MATERIALES.....	49
3.2.1	Material estudiado.....	49
3.2.2	Reactivos.....	49
3.2.3	Equipos de laboratorio.....	50
3.2.4	Material de laboratorio.....	50
3.3	METODOLOGÍA PARA LA DESHIDRATACIÓN OSMÓTICA.....	51
3.4	DESCRIPCIÓN DEL FLUJOGRAMA DE DESHIDRATACIÓN OSMÓTICA DEL MÚSCULO DE CAMARÓN.....	53
3.4.1	Acondicionamiento de la materia prima.....	54
3.4.1.1	Lavado.....	54
3.4.1.2	Conservación en hielo.....	54
3.4.1.3	Eliminación del cefalotórax.....	54
3.4.1.4	Retirado del exoesqueleto o caparazón.....	54
3.4.1.5	Pesado del músculo de la cola.....	54
3.4.2	Medios deshidratantes.....	55
3.4.3	Deshidratación osmótica.....	55
3.5	MÉTODOS DE CONTROL.....	56
3.5.1	Control de la materia prima.....	56
3.5.1.1	Análisis físico.....	56
3.5.1.2	Análisis químico proximal.....	56

3.5.1.2.1	Humedad.....	56
3.5.1.2.2	Grasa total.....	56
3.5.1.2.3	Proteína total.....	56
3.5.1.2.4	Ceniza total.....	57
3.5.2	Control durante el proceso.....	57
3.5.3	Controles fisicoquímicos del músculo de camarón deshidratado	57
3.5.4	Análisis sensorial.....	57
3.5.5	Control del producto final.....	57
3.5.5.1	Biometría.....	58
3.5.5.2	Humedad.....	58
3.5.5.3	Actividad de agua.....	58
3.5.5.4	Pérdida de peso.....	58
3.5.5.4	Contenido de sacarosa y NaCl.....	59
3.5.5.6	Difusividad.....	59

IV	RESULTADOS Y DISCUSIONES.....	61
4.1	ANÁLISIS QUÍMICO PROXIMAL.....	61
4.1.1	Análisis químico proximal de la cola de camarón fresco.....	61
4.1.2	Análisis químico proximal de la cola de camarón deshidratado.....	62
4.2	RENDIMIENTO DEL CAMARÓN GIGANTE (<i>macrobrachium rosenbergii</i>)	63
4.3	CARACTERÍSTICAS ORGANOLÉPTICAS DEL CAMARÓN FRESCO.....	64
4.4	CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DEL MÚSCULO DE CAMARÓN FRESCO.....	64
4.5	DESHIDRATACIÓN OSMÓTICA.....	65
4.5.1	Cinética de variación de actividad de agua.....	65
4.5.2	Cinética de transferencia de masa.....	69
4.5.2.1	Pérdida de peso.....	69
4.5.2.2	Reducción del contenido de agua.....	71
4.5.2.3	Efecto de la concentración de sacarosa.....	72
4.5.2.4	Efecto de la concentración de NaCl.....	74
4.5.3	Difusividad.....	77
4.5.3.1	Difusividad aparente de la sacarosa en el músculo de camarón gigante.....	78
4.5.3.2	Difusividad aparente de NaCl en el músculo de camarón gigante.....	79

4.5.4	Efectos de la ganancia de la ganancia de sal, sacarosa y agua en el músculo de camarón deshidratado osmóticamente.....	81
4.5.4.1	Efectos en la ganancia de sacarosa.....	81
4.5.4.2	Efectos en la ganancia de sal.....	82
4.5.4.3	Efectos sobre la humedad.....	83
4.6	FLUJOGRAMA CONTENIENDO LA SECUENCIA DE LAS ETAPAS PARA EL ANÁLISIS DE CAMARÓN DESHIDRATADO OSMÓTICAMENTE.....	85
4.7	FLUJOGRAMA PARA LA OBTENCIÓN DEL MÚSCULO DE CAMARÓN DESHIDRATADO OSMÓTICAMENTE Y SU RESPECTIVO BALANCE DE MATERIA..	86
4.8	ANÁLISIS SENSORIAL PARA MÚSCULO DE CAMARÓN DESHIDRATADO OSMÓTICAMENTE.....	87
4.8.1	Análisis de varianza.....	87
4.8.2	Superficie de respuesta para el análisis sensorial del músculo de camarón Deshidratado osmóticamente.....	94
4.8.2.1	Apariencia general.....	94
4.8.2.2	Color.....	95
4.8.2.3	Olor.....	96
4.8.2.4	Textura.....	97
4.8.2.5	Apariencia general.....	98
4.8.2.6	Color.....	99
4.9	Control microbiológico.....	101
V	CONCLUSIONES.....	102
VI	RECOMENDACIONES.....	104
VII	REVISIÓN BIBLIOGRAFICA.....	105
VIII	ANEXO.....	112

INDICE DE FIGURAS

	Pag.
Figura 1: El ciclo vital de <i>Macrobrachium rosenbergii</i> comprende cuatro fases: a) huevos, b) larvas, c) postlarvas y d) adulto.....	22
Figura 2: Transferencia de materia en la deshidratación osmótica (Adaptado de Raoult - Wack et al., 1989; citado por Barbosa - Cánovas y Vega-Mercado, 2000).....	33
Figura 3: Contenido de agua y azúcar durante la deshidratación osmótica en un producto (Adaptado por Karel, 1975, citado por Barbosa-Cánovas y Vega-Mercado, 2000).....	38
Figura 4. Representación grafica de una superficie de respuesta.....	47
Figura 5. Curvas de nivel asociadas con la superficie de respuesta.....	47
Figura 6: Diagrama de flujo de operaciones.....	53
Figura 7. Cinética de la reducción de a_w en el músculo de camarón gigante (<i>Macrobrachium rosenbergii</i>) durante el deshidratado utilizando soluciones ternarias de NaCl (20, 23 y 26 g/100 ml solución y Sacarosa (30, 40 y 50 g/100 ml solución) con R/V: 4/1.....	66
Figura 8. Cinética de la variación de a_w en la solución ternaria de NaCl (20, 23 y 26 g/100 ml. Solución) y sacarosa (30, 40 y 50 g/100 ml. Solución) con R/V: 4/1.....	68
Figura 9. Cinética de la reducción de a_w en músculo y la solución ternaria de NaCl (20 g/100ml solución) y sacarosa (40 g/100ml solución) Con R/V: 4/1.....	69
Figura 10. Cinética de la pérdida de peso en el deshidratado osmótico del músculo de camarón gigante aplicando soluciones mixtas NaCl (20, 23 y 26 g/100 ml. solución) y sacarosa (30, 40 y 50 g/100 ml. Solución) con R/V: 4/1.....	70
Figura 11. Cinética de reducción del contenido de agua durante el deshidratado osmótico del músculo de camarón gigante inmerso en soluciones Mixtas NaCl (20, 23 y 26g/100 ml. solución) y sacarosa (30, 40 y 50 g/ 100 ml. solución) con R/V: 4/1.....	72

Figura 12. Efecto de la concentración de sacarosa durante el deshidratado osmótico del músculo de camarón gigante inmerso en soluciones mixtas NaCl (20, 23 y 26 g/100 ml. solución) y sacarosa (30, 40 y 50 g/100 ml. solución) con R/V: 4/1.....	73
Figura 13. Comportamiento de la concentración de sacarosa en la solución durante el deshidratado osmótico utilizando soluciones mixtas (20, 23 y 26 g/100 ml. solución) y sacarosa (30, 40 y 50 g/100 ml. Solución) con R/V: 4/1.....	74
Figura 14. Efecto de la concentración de NaCl durante el deshidratado osmótico del músculo de camarón gigante inmerso en soluciones mixtas NaCl (20, 23 y 26g/100 ml. solución) y sacarosa (30, 40 y 50 g/100 ml solución) con R/V: 4/1.....	75
Figura 15. Comportamiento de la concentración de NaCl en la solución durante el deshidratado osmótico utilizando soluciones mixtas NaCl (20, 23 y 26 g/100 ml. solución) y sacarosa (30, 40 y 50 g/100 ml. Solución) con R/V: 4/1.....	77
Figura 16. Valores adimensionales de la penetración de sacarosa. Líneas Continuas son los valores obtenidos a partir de la ecuación 03.....	79
Figura 17. Valores adimensionales de la penetración de sal. Líneas continuas son los valores obtenidos a partir de la ecuación 03.....	79
Figura 18. Superficie de respuesta del contenido de sacarosa en el músculo a 10 horas de proceso.....	81
Figura 19. Superficie de respuesta del contenido de sal en el músculo a 10 horas de proceso.....	82
Figura 20. Superficie de respuesta del contenido de agua en el músculo a 10 horas de proceso.....	83
Figura 21. Diagrama de las etapas para los análisis.....	85
Figura 22. Diagrama de flujo de operaciones y balance de materia.....	86
Figura 23. Superficie de respuesta para el atributo Apariencia general del músculo de camarón deshidratado osmóticamente a través del análisis sensorial realizado por panelistas semientrenados.....	94

Figura 24. Superficie de respuesta para el atributo Color del músculo de camarón deshidratado osmóticamente a través del análisis sensorial realizado por panelistas semientrenados.....	95
Figura 25. Superficie de respuesta para el atributo Olor del músculo de camarón deshidratado osmóticamente a través del análisis sensorial realizado por panelistas semientrenados.....	96
Figura 26. Superficie de respuesta para el atributo Textura del músculo de camarón deshidratado osmóticamente a través del análisis sensorial realizado por panelistas semientrenados.....	97
Figura 27. Superficie de respuesta para el atributo Apariencia general del músculo de camarón deshidratado osmóticamente envasado, a través del análisis sensorial realizado por panelistas semientrenados.....	98
Figura 28. Superficie de respuesta para el atributo Color del músculo de camarón deshidratado osmóticamente envasado a través del análisis sensorial realizado por panelistas semientrenados.....	99
Figura 29. Camarón deshidratado osmóticamente con concentración de sal y Azúcar.....	100

INDICE DE CUADROS

	Pag.
Cuadro 1. Crecimiento de <i>Macrobrachium rosenbergii</i>	23
Cuadro 2. Composición química proximal del músculo de camarón <i>Macrobrachium rosenbergii</i>	26
Cuadro 3. Usos y ventajas de agentes osmóticos.....	40
Cuadro 4: Planeamiento factorial completo 3 ²	52
Cuadro 5: Análisis químico proximal del músculo de camarón gigante (<i>Macrobrachium rosenbergii</i>) fresco.....	61
Cuadro 6: Análisis químico proximal del músculo de camarón gigante (<i>Macrobrachium rosenbergii</i>) deshidratado.....	62
Cuadro 7: Rendimiento del camarón gigante (<i>Macrobrachium rosenbergii</i>).....	63
Cuadro 8. Características organolépticas del músculo de camarón fresco (<i>Macrobrachium rosenbergii</i>).....	64
Cuadro 9: Características físicas del músculo de camarón fresco (<i>Macrobrachium rosenbergii</i>).....	64
Cuadro 10. Valores de difusividad aparente de la sacarosa en el músculo de camarón (<i>Macrobrachium rosenbergii</i>) inmerso en soluciones binarias de sacarosa (30, 40 y 50 g/ 100 ml. solución) con R/V: 4/1.....	78
Cuadro 11. Valores de difusividad aparente de NaCl en el músculo de camarón (<i>Macrobrachium rosenbergii</i>) inmerso en soluciones mixtas de NaCl (20, 23 y 26 g/100 ml. solución) y sacarosa (30, 40 y 50 g/100 ml. solución) con R/V: 4/1.....	80
Cuadro 12. Coeficientes de regresión y análisis de varianza de ecuaciones Polinomiales de segundo orden	84
Cuadro 13. Anva para las características de color, olor, textura y apariencia general de los 9 tratamientos del músculo de camarón deshidratado Osmóticamente.....	88

Cuadro14.	Anva para las características de color y apariencia general de los 9 Tratamientos del músculo de camarón deshidratado osmóticamente, Presentados en envases de vidrio.	89
Cuadro15.	Resultados ordenados en forma descendente de acuerdo a los promedios obtenidos en el análisis sensorial del atributo APARIENCIA GENERAL.....	90
Cuadro 16.	Resultados ordenados en forma descendente de acuerdo a los promedios obtenidos en el análisis sensorial del atributo COLOR.....	90
Cuadro 17.	Resultados ordenados en forma descendente de acuerdo a los promedios obtenidos en el análisis sensorial del atributo OLOR.....	91
Cuadro 18.	Resultados ordenados en forma descendente de acuerdo a los promedios obtenidos en el análisis sensorial del atributo TEXTURA.....	92
Cuadro 19.	Resultados ordenados en forma descendente de acuerdo a los promedios obtenidos en el análisis sensorial del atributo APARIENCIA GENERAL en camarón envasado.....	93
Cuadro 20.	Resultados ordenados en forma descendente de acuerdo a los promedios obtenidos en el análisis sensorial del atributo COLOR en camarón envasado.....	93
Cuadro 21.	Análisis Microbiológico de camarón deshidratado osmóticamente.....	101

INDICE DE ANEXOS

	Pag.
8.1 Evaluación sensorial del camarón deshidratado osmóticamente.....	113
8.1.1 Ficha de evaluación de características organolépticas de camarón gigante de malasia para definir el mejor tratamiento.....	113
8.2 Resultados del análisis sensorial, desarrollo del ANVA, prueba de Tuckey al 5 % de nivel de significancia del atributo APARIENCIA GENERAL, COLOR, OLOR y TEXTURA de camarón deshidratado osmóticamente a diferentes condiciones.....	114

RESUMEN

El presente trabajo trata sobre el deshidratado osmótico, utilizando soluciones mixtas (NaCl-agua-sacarosa), del músculo camarón gigante de Malasia, cultivado ampliamente en el departamento de San Martín por tener un clima cálido-tropical, condición propicia para su desarrollo; de fácil crianza en cautiverio, posee alto valor alimenticio, con gran demanda en el mercado nacional e internacional, y conservado actualmente por refrigeración y congelación ya que es altamente perecible.

La composición química proximal del camarón fresco determinado por los métodos de AOAC (1999), fue proteínas 18.42%, lípidos 0.98%, humedad 79.08% y ceniza 1.52%.

Previamente a la deshidratación osmótica se verificó que el camarón esté en condiciones óptimas de frescura, se le retiró el cefalotórax y el exoesqueleto o caparazón, luego la cola fue sumergida en los medios deshidratantes constituidos por soluciones mixtas de concentración inicial de sacarosa (30, 40 y 50 g./100 ml. solución) y de cloruro de sodio (20, 23 y 26 g./100 ml. solución), con una relación de volumen 4/1, solución / músculo, a 20°C y con 150 rpm de agitación. La difusividad de los solutos en el músculo fue calculada por el modelo matemático conocido como: segunda ley de Fick considerando a la cola como cilindro infinito, a través del programa Microcal Origin 3.5, observándose buen grado de ajuste. La difusividad del azúcar presentó valores de $1.9928 \times 10^{-9} \text{ m}^2/\text{s}$ a $0.8998 \times 10^{-9} \text{ m}^2/\text{s}$ y para la sal de $2.5503 \times 10^{-9} \text{ m}^2/\text{s}$ a $2.1503 \times 10^{-9} \text{ m}^2/\text{s}$.

Los resultados de deshidratación osmótica muestran que la penetración de sal y sacarosa se ve favorecida en las concentraciones más elevadas, mientras que el contenido de humedad presente en el músculo presenta comportamiento inverso. La difusividad de los solutos hacia el músculo fue menor a mayores concentración de la solución osmótica.

De los nueve tratamientos evaluados organoléptica mente el de 20 g. de sal con 40 g de sacarosa /100 ml. solución fue el de mayor aceptación por los panelistas, ya que presenta mejores características sensoriales (sabor, textura, olor, etc), determinación realizada mediante una prueba afectiva (método de escala hedónica de cinco puntos). El recuento microbiológico arrojó resultado negativo.

La composición química proximal del camarón deshidratado fue; proteínas 22.09 %, lípidos 0.41 %, humedad 54.63 %, carbohidratos 11.83 % y ceniza 11.04 %.

ABSTRACT

The present work tries on the one dehydrated osmotic, using ternary solutions (NaCl-water-sucrose), give the muscle giant shrimp he/she gives Malaysia, cultivated thoroughly in the department he/she gives San Martin to have a warm-tropical climate, favorable condition for its development; he/she gives easy upbringing in captivity, it possesses high nutritious valor, with great demand in the domestic market and international, and conserved at the moment by refrigeration and freezing since is highly perecible

The composition chemical proximal gives the fresh shrimp determined by the methods he/she gives AOAC (1999), it was proteins 18.42%, lipids 0.98%. humidity 79.08% and ash 1.52%.

Previously to the osmotic dehydration it was verified that the shrimp is under good conditions he gives freshness, he was retired the cefalotórax and the exoesqueleto or shell, then the line was submerged in the mean deshidratantes constituted by mixed solutions he/she gives initial concentration he/she gives sacarosa(30, 40 and 50 g. / 100 ml. solution) and give sodium chloride (20, 23 and 26 g. / 100 ml. solution), with a relationship he/she gives volume 4/1, solution / muscle, at 20°C and with 150 rpm he/she gives agitation. The difusividad gives the solutes in the muscle it was calculated by the well-known mathematical pattern as: second law gives Fick considering to the line like infinite cylinder, through the program Microcal Origin 3.5, being observed good degree gives adjustment. The difusividad gives the sugar it presented securities he/she gives $1.9928 \times 10^{-9} \text{ m}^2/\text{s}$ to $0.8998 \times 10^{-9} \text{ m}^2/\text{s}$ and for the salt he/she gives $2.5503 \times 10^{-9} \text{ m}^2/\text{s}$ to $2.1503 \times 10^{-9} \text{ m}^2/\text{s}$.

The results give osmotic dehydration they show that the penetration gives salt and sucrose is favored in the highest concentrations, while the content gives present humidity in the muscle it presents inverse behavior. The difusividad gives the solutes toward the muscle he/she went smaller to more concentration he/she gives the osmotic solution.

Give the nine treatments-valued organolépticamente the one he/she gives 20 g. give salt with 40 g he/she gives sucrose /100 ml. solution was the one he/she gives bigger acceptance for the panelists, since it presents better sensorial

characteristics, realized determination by means of an affective test (method gives scale hedonics he/she gives five puntos). The recount microbiológico threw negative result.

The composition chemical proximal gives the dehydrated shrimp it was; proteins 22.09%, lipids 0.41%. humidity 54.63%, carbohydrates 11.83% and ash 11.04%.

I INTRODUCCIÓN

En el presente trabajo de investigación se utilizó como materia prima el camarón gigante (*Macrobrachium rosenbergii*). Este crustáceo tiene por hábitat países de clima cálido y cálido-templado, es de rápido crecimiento, se desarrolla muy bien en cautiverio siempre y cuando se le suministre una dieta adecuada y balanceada. Por las características antes mencionadas la Región San Martín es un lugar propicio para la crianza de (*Macrobrachium rosenbergii*) por el clima, el agua, el suelo, la temperatura adecuada y la infraestructura; por ello en la región se viene intensificando cada vez más la crianza de este crustáceo existiendo en la región 3394 Hás. de espejo de agua (**Dirección general de Pesquería, 2000**), obteniéndose producciones de 800 a 1500 Kg/Há. por ciclo de cultivo; resultando bastante rentable esta actividad acuícola por la elevada producción por ciclo de cultivo, siendo el precio de 7.00 US\$/kg, y la gran demanda que se presenta en la ciudad de Tarapoto, enviándose el excedente a la costa peruana (Lima, Trujillo, etc.).

En la actualidad el camarón gigante (*Macrobrachium rosenbergii*) se viene conservando a través de métodos como la refrigeración y la congelación. En este trabajo de investigación se plantea la deshidratación osmótica como un método previo para otros procesos (congelación, secado, etc), la deshidratación osmótica con soluciones ternarias, reduce costos, dado que la eliminación de agua ocurre sin cambio de fase, mejora las características del producto final, al perder humedad, dando como resultado un aumento en la concentración de nutrientes (**Desrosier, 1982**).

La deshidratación osmótica es una técnica de conservación que consiste en sumergir el material en una solución hipertónica; generalmente son utilizadas soluciones binarias o ternarias. En este estudio fueron utilizadas soluciones ternarias NaCl-sacarosa-agua lo cual hace que el alimento sea más estable microbiológicamente, principalmente por la baja actividad de agua. Por estas razones son llamados alimentos de humedad intermedia, este proceso es una etapa en una cadena que puede continuar hacia el deshidratado por medio de aire caliente, preparación de conservas, liofilizado, etc. También estos alimentos deshidratados osmóticamente se pueden envasar al vacío conservándose perfectamente debido a que el desarrollo bacteriano está limitado por la aw; por otro lado, este pretratamiento

pretratamiento mejora algunas propiedades organolépticas, nutritivas y funcionales del producto que cuando se rehidrata o reconstituye, son similares a los productos frescos.

Este trabajo permitirá que el producto llegue al consumidor en estado de preservación natural, ya que en la actualidad se prefiere productos orgánicos por estar exentos de sustancias químicas y otros que son dañinos para la salud. Usándose para este caso solutos como NaCl y sacarosa, los mismos que permitirán obtener un producto con menor humedad, y con a_w reducida, debido a la alta capacidad de depresión de a_w que tiene el NaCl y la sacarosa que influye en la pérdida de peso y reducción de humedad.

Los objetivos del presente trabajo fueron:

- Estudiar el comportamiento del músculo de camarón durante la deshidratación osmótica. Estudiar el efecto de la concentración de solutos en la solución ternaria sobre la deshidratación osmótica de camarón gigante. Determinar la cinética de reducción de a_w y la cinética de transferencia de masa expresada como pérdida de peso, reducción de contenido de agua y ganancia de solutos (NaCl y sacarosa) dentro del músculo del camarón gigante inmerso en soluciones mixtas de sal y azúcar.
- Determinar la Difusividad aparente de sacarosa y sal , durante el proceso de deshidratación osmótica.

II REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1 MATERIA PRIMA

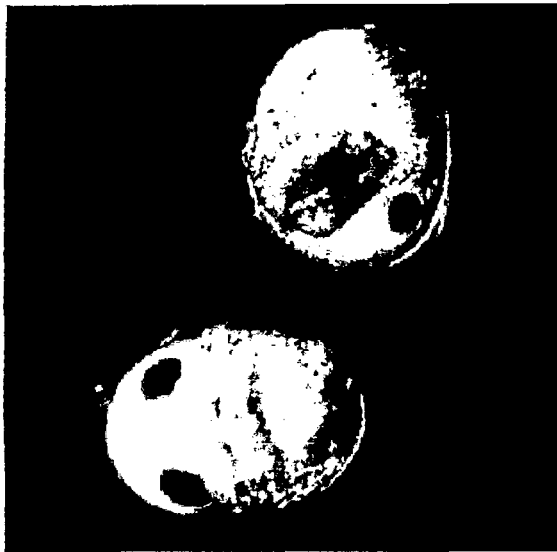
2.1.1 Generalidades

Macrobrachium rosenbergii es una especie oriunda de Asia Sur-Oriental, pertenece al grupo de carideos y puede llegar a pesar alrededor de 30 gramos.

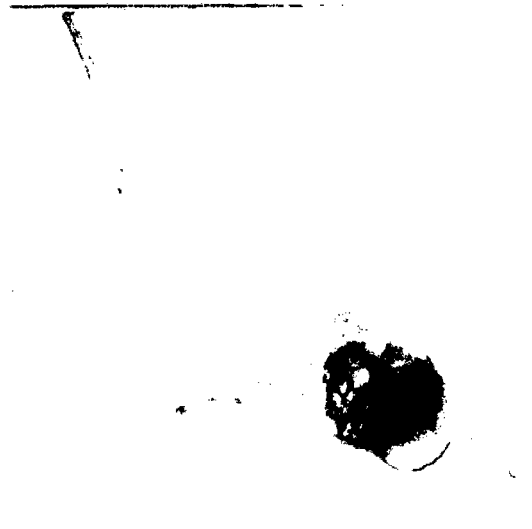
Hillock, (1997) afirman que la primera investigación y los primeros éxitos fueron realizados por **Ling (1960)** en el conocimiento de su ciclo biológico, por otra parte, la teoría y la práctica en la etapa de cultivo y la reproducción en laboratorio se encuentra en el trabajo de **Fujinura (1967)**, en Hawai. A partir de estos años, el cultivo de *Macrobrachium rosenbergii* se desarrolla en el Caribe (Jamaica, República Dominicana, Indias del Oeste francesas, Guyanas)

New y Shingolka, (1984) citado por **Arce, (1995)**, afirman que el *Macrobrachium rosenbergii* para poder crecer, tiene que desprenderse periódicamente de su exoesqueleto o caparazón, proceso que se denomina muda y va acompañado de un aumento repentino del tamaño y del peso. El ciclo vital comprende cuatro fases distintas: Huevos, larvas, postlarvas y adultos (**Figura 1**). El tiempo que pasa en las diferentes fases de su ciclo, el ritmo de crecimiento y el tamaño máximo, varían según las condiciones ambientales (principalmente la temperatura).

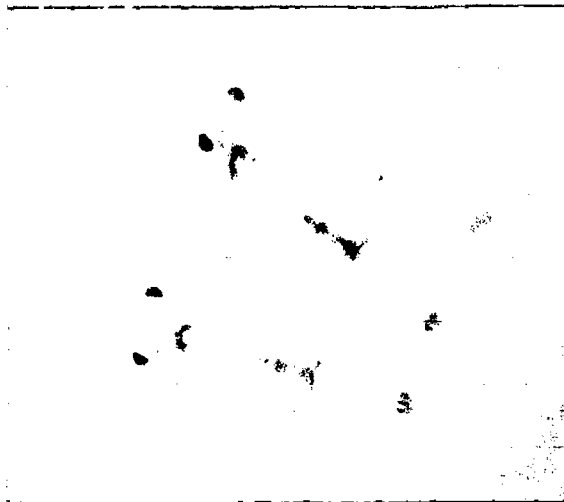
Los ejemplares adultos de *Macrobrachium rosenbergii* son azules y, en ocasiones, pardos. Los machos adultos son mucho mayores que las hembras y el segundo par de patas ambulatorias es mucho mayor y más grueso; el abdomen es más estrecho que el de la hembra y el cefalotórax proporcionalmente mayor. Los poros genitales del macho están entre la base del quinto par de patas ambulatorias. Una hembra adulta ovígera se distingue fácilmente por los ovarios, grandes masas de color naranja que ocupan gran parte de los espacios dorsal y lateral del cefalotórax (**Arce, 1995**).



a) *Macrobrachium rosenbergii* huevos



b) *Macrobrachium rosenbergii* larva



c) *Macrobrachium rosenbergii* post larva



d) *Macrobrachium rosenbergii* adulto

Figura 1. El ciclo vital de *Macrobrachium rosenbergii* comprende cuatro fases: a) huevos, b) larvas, c) postlarvas y d) adulto

La talla es variable de acuerdo a la especie, edad, alimentación, condiciones ambientales; lo cual se aprecia en el cuadro 1. Para especies tropicales la cabeza generalmente constituye un 34 – 35% del peso del camarón entero, caparazón y nadadores de 10 - 15%. Barrat y Montaña (1986) y Lobão et al. (1984), citados por

Coronado (1992), afirman que el rendimiento medio en carne fresca obtenido fue bastante semejante en las dos especies, siendo el 30.9% para *Macrobrachium acanthurus* y 27.5% para *Macrobrachium carcinus*.

Cuadro 1. **Crecimiento de *Macrobrachium rosenbergii***

Edad (meses)	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)

2.1.2 Clasificación taxonómica

Coronado (1992) refiere que, citando a Ling y Costello (1969), la clasificación taxonómica es como sigue:

Familia : Artrópoda
 Clase : Crustàcea
 Orden : Decápoda
 Sub-orden : Natantia
 Sección : Caridea
 Familia : Palaemonidas
 Género : *Macrobrachium*
 Especie ; *Macrobrachium rosenbergii*

2.1.3 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 (Arce, 1995; Wick, 1996).

En la década de los 60, la especie fue introducida al continente americano (Hawai) procedente de Malasia, con el objeto de realizar investigación biológica, experimentación y posterior cultivo (Wick, 1996).

Actualmente es cultivado comercialmente en Tailandia, Malasia, Indonesia, Filipinas y otros países del sudeste asiático; así como en parte de América Latina tropical, incluido Brasil.

2.1.4 Cultivo o hábitat del camarón

Las especies de camarón de agua dulce del género *Macrobrachium* están distribuidas por todas las zonas tropicales y subtropicales del mundo, entre las especies más conocidas están *Macrobrachium rosenbergii*, *Macrobrachium americanum* y *Macrobrachium carcinus*. La segunda se encuentra en las cuencas fluviales occidentales de las Américas y la tercera en las del Atlántico (Rojas y Fasanando, 2001).

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; temperatura entre las cuales la maduración ovárica y la incubación de los huevos, alcanza su desarrollo en el menor periodo de tiempo.

En cultivo comercial, durante la fase denominada de engorde o fase final, se obtiene 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 estación de crecimiento que no supera los 120 días (Wick, 1996).

Esta especie habita en la mayoría de los cuerpos acuáticos continentales como: lagos, ríos, pantanos, canales de irrigación y zonas estuarinas (**New y Shingolka, 1984**, citados por **Coronado, 1992**).

Arce (1995) sostiene que esta especie se reproduce fácilmente en cautiverio; es de fácil crianza y desarrollo en estanques artificiales, produce un gran número de larvas, es relativamente dócil, llegando ya a cubrir un 22% de la producción mundial según **FAO (1997)**. En la forma de cultivo semiintensivo, suelen obtenerse producciones de alrededor de 800 a 1500 kg/hà. por ciclo de cultivo. A la cosecha, el peso promedio de los individuos cultivados supera los 30 gramos, siendo los machos de mayor tamaño y pinzas azules, mientras que las hembras son más pequeñas y sus pinzas más finas (**Wick, 1996**).

En la Región San Martín se cultiva en granjas de engorde abastecidas con aguas de los ríos Cumbaza y Ahuashiyacu presentando toda la región condiciones favorables para esta actividad acuícola como son: agua, suelo y clima; además de contar con infraestructura (**Arce, 1995**).

2.1.5 Composición química proximal

Con respecto a la composición química proximal *Macrobrachium rosenbergii* contiene alrededor de 2% de grasa, valor más elevado que el promedio del 1.4% del camarón marino. Esto puede influir sobre la vida útil durante el almacenamiento de *Macrobrachium rosenbergii* si lo comparamos con el camarón marino. La composición cambia con el tiempo debido a la edad, sexo, grado de madurez sexual, temperatura del agua y otros parámetros ambientales (**Wheaton y Lawson, 1987**; citados por **Coronado, 1992**).

Cuadro 2. **Composición química proximal del músculo de camarón**
Macrobrachium rosenbergii

Componentes	(%)
Agua	78.6
Proteínas	19.4
Grasas	0.5
Ceniza	1.2
Carbohidratos	0.3

Fuente: **Wheaton y Lawson 1987**; citados por **Coronado (1992)**.

Lobão et al. (1988), citados por **Malvino (1998)**, analizaron muestras de diferentes partes de *Macrobrachium rosenbergii* encontrándose los siguientes valores medios: Agua 76.24%, Proteína 20.68%, Lípidos 0.69% y Ceniza 1.22%.

2.1.6 Características intrínsecas

2.1.6.1 Composición centesimal

Estudios realizados por **Chammugan (1983)**, citado por **Malvino (1998)**, revelan que el contenido de lípidos de *Macrobrachium rosenbergii* es mayor que aquellos encontrados en camarón de agua salada *Penaeus aztecus* que son 3.18 y 1.33%, respectivamente.

Esta variación es debida a las concentraciones más elevadas de triglicéridos en *Macrobrachium rosenbergii* (730 mg/g de grasa) comparado con camarón marino (213 mg/g de grasa). El contenido de colesterol en *Macrobrachium rosenbergii* es de 1.13 mg de colesterol/ g de carne, superior al *Penaeus aztecus* que contiene 0.90 mg. de colesterol/ g de carne.

2.1.6.2 Rendimiento

New (1990), citado por **Malvino (1998)**, observó que el rendimiento de *Macrobrachium rosenbergii* depende del sexo y tamaño. A medida que el camarón crece, disminuye el rendimiento de la carne, Las hembras tienen un rendimiento significativamente mayor que los machos, independientemente del tamaño

Es importante señalar que el rendimiento de carne de *Macrobrachium rosenbergii* es menor que en camarones marinos, (47.6% contra 62.9%), el camarón de agua dulce presenta rendimientos de la parte comestible superiores a otros crustáceos y peces, como langostas (36%), cangrejo (15%), tilapia (35%) (**Smith et al., 1980; Contreras-Guzmán, 1995**; citados por **Malvino, 1998**).

2.1.6.3 Sabor

El sabor de los peces, crustáceos y moluscos es originado a partir de componentes solubles extraíbles de bajo peso molecular, solubles en agua o en la saliva, en el momento de la masticación.

Konosu (1979), citado por **Malvino (1998)**, observó que el contenido de glicina libre estaba directamente relacionado con la mayor palatabilidad, sugiriendo que este aminoácido tiene una importante participación en la contribución del sabor. Además, la alanina, la prolina y la serina, que también presentan un sabor dulce (**Birch y Kemp, 1989**, citados por **Malvino, 1998**) pueden contribuir a la formación del sabor característico del camarón. El ácido glutámico, aun cuando no proporciona un sabor dulce, actúa como realzador de sabor de los otros aminoácidos.

Estudios realizados por **Reed y D'Abramo (1989)**, citados por **Malvino (1998)**, mostraron que los aminoácidos responsables por el "sabor típico de camarón" participan con 70% de los aminoácidos libres totales, llegando a una concentración de 1286 mg/ 100g de carne, el mismo que origina un producto con sabor más suave.

Los factores que ejercen influencia en la composición de los componentes extraíbles son la salinidad, alimentación, estación del año, procedencia y el frescor, también la carga genética (**Konosu y Yamaguchi, 1982**, citados por **Malvino, 1998**).

2.1.6.4 Textura

La textura es evaluada por las propiedades físicas del producto, sea por los ojos, dedos y por la boca, en el momento de la masticación.

La textura blanda puede ser definida como aquella que nos ofrece resistencia a la mordida, posee una consistencia harinosa y facilidad de separación de la musculatura en trozos (**Nip et al., 1985; Ángel et al., 1986**; citados por **Malvino, 1998**).

2.1.7 Proceso de deterioro

De manera general, se puede decir que los crustáceos se deterioran más rápido que los peces, debido al elevado contenido de metabolitos de pequeño peso molecular, bien como aminoácidos libres; los cuales están fácilmente disponibles para la alimentación de las bacterias. Las sustancias de pequeño peso molecular varían de acuerdo con la salinidad, es por eso que la mayoría de las especies de agua dulce tienen una vida de anaquel más larga que los de agua salada. Para determinar el grado de deterioro de una especie, es necesario definir los parámetros a ser considerados en la evaluación de las alteraciones de calidad, de forma específica cuál es el punto en que el camarón no está más apto para el consumo.

En los crustáceos y, especialmente en los camarones de agua dulce *Macrobrachium rosenbergii*, la actividad enzimática tiene una actuación preponderante en la calidad de la carne. Las enzimas liberadas por la glándula digestiva (hepatopáncreas) tiene actividad específica cuando el camarón está vivo; cuando él muere promueven una acción deteriorativa en la carne ocasionando textura blanda.

El proceso de deterioro afecta primeramente la textura, evaluada por el consumidor solamente en el momento de la preparación doméstica. El olor desagradable aparece cuando la consistencia de la parte comestible ya está comprometida. Por lo tanto, es fundamental que todas las actividades, desde la retirada del estanco hasta el momento de la venta final sean hechas de manera que el binomio tiempo-temperatura sea balanceado adecuadamente (**Malvino, 1998**).

2.1.8 Calidad del camarón

Cuando se encuentra en buenas condiciones de calidad, el camarón presenta un color azul verdoso natural y brillante con pinzas azules, el olor característico muy suave a agua dulce, textura flexible y muy rígida (**Maza, 1986; Rojas y Fasanando, 2001**)

2.1.9 Centros de consumo

Los centros de consumo de mayor importancia en el Perú para el camarón preprocesado están ubicados en la costa (Lima y Trujillo) y en la selva, (Iquitos y Tarapoto) (Arce, 1995). Pueden considerarse como mercados internacionales a Puerto Rico, centros turísticos del Caribe, grandes áreas metropolitanas de los Estados Unidos, como Miami y New York. Expertos consideran que el mercado estadounidense para el *Macrobrachium rosenbergii* puede crecer hasta 4500 TM/ año si el suministro y los canales de distribución confiables se desarrollan. Mercados tradicionales son Tailandia y Taiwán. A nivel de Europa, tenemos Bélgica, Italia y España, siendo esta última uno de los mayores consumidores de camarón en el mundo, sobre base per cápita (**Isa, 2000**).

2.1.10 Comercialización

Todos los tamaños de camarón son mercadeables. El tamaño más popular es 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 de los estanques, los camarones más pequeños son vendidos a precio de descuento de 15 a 30%, pero tiene gran demanda local, los camarones muy pequeños son vendidos como camarones "popcorn", cocinados en variedad de salsas (Nadal, 2000).

2.1.11 Usos

Con respecto al uso del camarón gigante, **Arce (1995)** comenta que la producción natural y en cautiverio de especímenes comerciales se destina al consumo humano, siendo comercializado en forma de camarón fresco (conservado en hielo), congelado (colas, colas desvenadas, camarón entero), deshidratado (hojuelas saladas), como conservas alimenticias en algunas regiones del mundo y vivos para expendios en acuarios si el mayor valor del camarón vivo lo justifica (todos ellos para ser preparados en numerosos platos a base de este crustáceo).

Los camarones gigantes son particularmente buscados para buffets y preparación de platos a base de mariscos, ya que dan elegancia de presentación y los cocineros los aprecian por ello (**Nadal, 2000**)

2.2 PROCESO DE DESHIDRATACIÓN OSMÓTICA

2.2.1 Deshidratación

Potter (1973), dice que la deshidratación de los alimentos consiste en la eliminación casi completa del agua que contienen estos, bajo condiciones de control que producirán solo un mínimo de cambios en las propiedades del alimento. Uno de los principales criterios por los que se juzga la calidad de los alimentos deshidratados exige que, cuando se les reconstituye mediante la adición de agua; sean muy parecidos o casi indistinguibles del material alimenticio original que se empleó en su elaboración. En la deshidratación de los alimentos, el desafío tecnológico es especialmente grande, ya que los niveles muy bajos de humedad requeridos para la estabilidad máxima del producto no se obtienen fácilmente con un mínimo de cambio

en los materiales alimenticios. Además, estos resultados óptimos se logran muchas veces solo aumentando el costo del proceso de deshidratación. También, en el caso de los procesos de deshidratación, en los alimentos sensibles la calidad del producto y el costo de su procesamiento se encuentran generalmente relacionados estrechamente.

La conservación es el motivo principal, aunque no el único, por el que deshidratamos los alimentos. Aparte de los fines de conservación, deshidratamos alimentos para disminuir el peso y volumen, aunque rara vez se reduce el volumen al grado en que se reduce el peso. Estas reducciones de peso y volumen pueden resultar un ahorro en el costo del transporte y de los envases (**Casp y Abril, 1999**).

2.2.2 Criterios en los alimentos deshidratados

Desrosier (1998) indica que un alimento deshidratado debe competir en precio con otros tipos de alimentos conservados, tener sabor, olor y apariencia comparable con el producto fresco o con productos preprocesados por otros medios, reconstituirse fácilmente, retener los valores nutritivos y tener buena estabilidad en el almacenamiento.

Los alimentos secos y deshidratados son más concentrados que cualquier otra forma de productos alimenticios preservados. Ellos son menos costosos para producir; el trabajo requerido es mínimo, el equipo de proceso es limitado, los requerimientos de almacenamiento del alimento seco son mínimos y los costos de distribución son reducidos (una carga de carro de alimento seco y comprimido puede ser igual a diez cargas de carro del producto fresco).

2.2.3 Ósmosis

La ósmosis consiste en el movimiento molecular de ciertos componentes de una solución a través de una membrana semipermeable hacia otra solución de menor concentración de cierto tipo particular de moléculas (**Raoult-Wack et al., 1989**;

Rodríguez-Arce y Vega-Mercado, 1991; Cheryan, 1992; Jayaraman y Das Gupta, 1992, citados por Barbosa-Cánovas y Vega-Mercado, 2000).

El uso de la ósmosis permite utilizar simultáneamente los dos métodos de reducción de la a_w en los alimentos. La permeabilidad de los tejidos a los azúcares y compuestos de alto peso molecular es baja, por lo que el producto se impregna con sustancias osmoactivas únicamente en las capas superficiales. El agua es eliminada por ósmosis y el jugo celular se encuentra sin fase de transición del solvente. Esto hace favorable el proceso desde el punto de vista energético. El flujo de agua es mucho mayor que el flujo a contracorriente de la sustancia osmoactiva, por esta razón a este proceso se le llama deshidratación osmoactiva (**Casp y Abril, 1999**).

La ósmosis aparece a menudo como un medio para reducir el tiempo de procesado y el consumo energético, también puede mejorar las características sensoriales del producto final (**Jayaraman y Das Gupta, 1992**).

2.2.4 Deshidratación osmótica

La deshidratación osmótica es un proceso complejo de transferencia de masa en contracorriente entre los tejidos de los alimentos y la solución hipertónica (**Casp y Abril, 1999**).

La concentración de alimentos mediante la inmersión del producto en una solución hipertónica (por ejemplo azúcar, sal, sorbitol, o glicerol) se conoce como deshidratación osmótica (**Raoult-Wack et al., 1989, Raoult-Wack et al., 1991, citados por Barbosa-Cánovas y Vega-Mercado, 2000**). La deshidratación osmótica es una técnica útil para la concentración de frutas y hortalizas, que consiste en disponer el alimento sólido, entero o en piezas, en soluciones acuosas de azúcares o sales de alta presión osmótica (**Lenart, 1996; citado por Igarashi y Kieckbusch, 2000**).

Esto da origen al menos a dos flujos en contracorriente; un flujo de agua sale del alimento hacia la solución y simultáneamente hay transferencia de solutos desde la solución hacia el alimento (**Moyano y Gálvez, 1998**). Además, según **Igarashi y**

Kieckbusch (2000), el segundo flujo posibilita la introducción de los principios activos, preservantes, cualquier otro soluto de interés nutricional o que mejora la calidad nutricional del producto final, este flujo es más lento que el primero y es controlado por la selectividad de la membrana celular.

Existe todavía un tercer flujo que está relacionado con la salida de sustancias de bajo peso molecular (ácidos orgánicos, vitaminas, etc.), que es cuantitativamente despreciable respecto a los dos primeros flujos como se aprecia en la **Figura 2**.

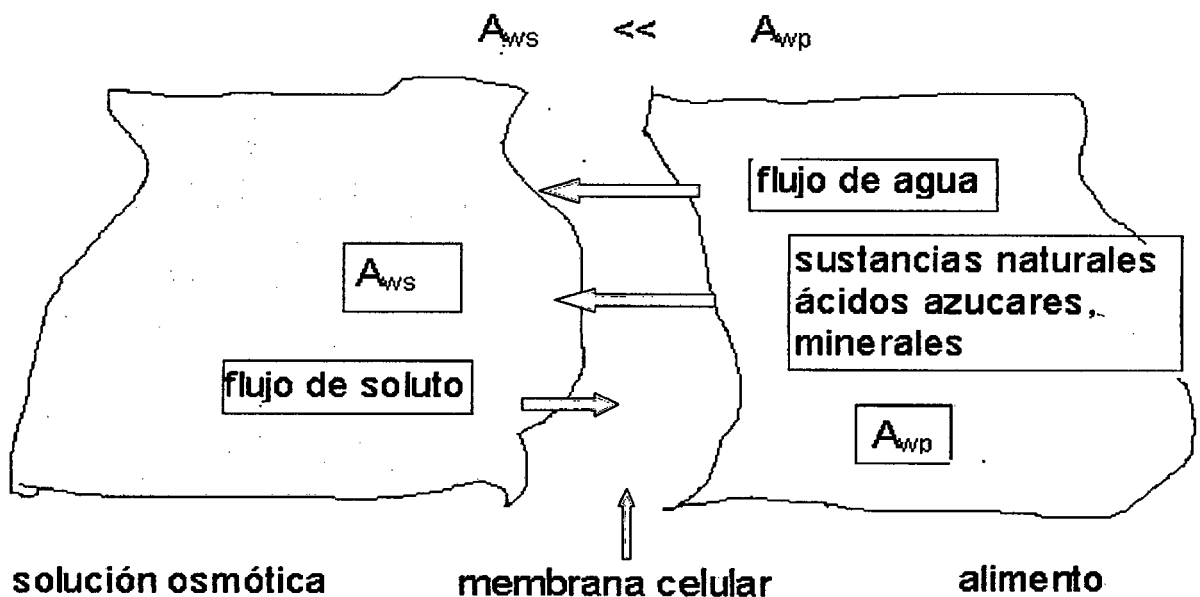


Figura 2: Transferencia de materia en la deshidratación osmótica (Adaptado de Raoult-Wack et al., 1989; citado por Barbosa-Cánovas y Vega-Mercado, 2000).

Las pérdidas de agua por parte del alimento, en el proceso de deshidratación osmótica se pueden dividir en dos períodos:

1. Un período, de alrededor de 2 horas; con alta velocidad de eliminación de agua.
2. Un período, de 2 a 6 horas, con velocidad decreciente de eliminación de agua.

La velocidad inicial de pérdida de agua no es sensible a la circulación de la solución osmótica (**Barbosa-Cánovas y Vega-Mercado, 2000**).

La transferencia de agua es uno de los aspectos más importantes durante la deshidratación osmótica. El mecanismo mayoritario por el que se realiza la transferencia de materia es difusión debido al gradiente de concentración existente entre el alimento y la solución osmótica.

FAO (1997) indica que este es un proceso de deshidratación determinado por fenómenos de transporte de difusión en medio líquido. Se trata de extraer parcialmente el agua de un producto mediante el uso de la fuerza osmótica aportada por una solución concentrada de solutos diversos. La alta concentración del medio debe promover el transporte de agua desde el producto debido al gradiente de presión osmótica y el gradiente de concentración de agua entre producto y medio.

Si consideramos que la difusión de los solutos del alimento hacia la solución concentrada durante la deshidratación osmótica es muy pequeña comparada con la entrada de solutos de la solución al alimento, la velocidad de deshidratación osmótica puede ser medida por los cambios presentados en función del peso del alimento, contenido de agua, contenido de sólidos totales, pérdida de agua y ganancia de sólidos por alimento (**Torreggiani, 1993**).

En este proceso de deshidratación se pierde la dependencia de las condiciones externas al sistema y se pueden controlar todas las variables del proceso en la planta. La desventaja de este proceso es que la gradiente de presión

osmótica no permite la eliminación de agua a niveles muy bajos como para permitir la absoluta conservación de los materiales en forma autónoma y se debe considerar este proceso como una etapa intermedia de elaboración (FAO, 1997); también, **Torreggiani. (1993)** indica que los efectos de la deshidratación osmótica como un pretratamiento se relacionan principalmente a la mejora de algunas propiedades organolépticas, nutritivas y funcionales del producto.

Esta deshidratación origina productos intermedios en la cadena que puede continuar hacia el deshidratado por medio de aire caliente o por liofilización, o el uso de los materiales para la extracción de pulpas o jugos, o la preparación de conservas **FAO (1997)** y deshidratado al vacío (**Barbosa – Cánovas y Vega – Mercado, 2000**).

En este proceso intermedio, el material se puede envasar al vacío y conservarse perfectamente pues es un producto de humedad intermedia el cual puede ser adicionado con algunos aditivos y preservantes. El desarrollo bacteriano está limitado por actividad de agua y el desarrollo fungoso y de levaduras mediante el uso de anhídrido sulfuroso y soluciones de benzoato de sodio o sorbato de potasio.

La deshidratación osmótica es un proceso que puede ser realizado en las condiciones de la Amazonía a diferencia de los procesos tradicionales de secado que enfrentan dificultades muy grandes por los niveles de humedad ambiental del bosque tropical.

Es necesario mantener un control estricto de las variables del proceso de deshidratación osmótica como la temperatura, la concentración de las soluciones osmóticas, el comportamiento del producto frente al proceso, así como la determinación efectiva del punto de término del proceso.

La deshidratación de alimentos con alto contenido acuoso, como frutas, hortalizas, carnes y pescado, por inmersión en soluciones concentradas de sal, azúcar, ácido, etc., viene siendo muy estudiada actualmente (**Dalla Rosa et al., 1982; Beristain et al., 1990; Fito y Chiralt, 1996; Lazarides et al., 1997; Pokharkar y Prasad, 1998**).

Existen algunos fenómenos que pueden hacer variar el comportamiento del material durante el proceso, como, por ejemplo, la sobre maduración de las materias primas o algunos pretratamientos con calor, lo cual, en ambos casos producirá una mayor permeabilidad de los tejidos, aumentando la transferencia de masa hacia la fruta u hortaliza mas que la salida de agua, lo que afecta la calidad sensorial del material **(FAO, 1997)**; el escaldado afecta la fase inicial de la deshidratación osmótica, aunque las pérdidas de agua finales no sean muy distintas a las del producto no tratado. La temperatura y concentración de la solución osmótica, afecta la velocidad de pérdida de agua del producto **(Barbosa – Cánovas y Vega – Mercado, 2000; Jay 1978)**.

2.2.6 Características del producto

Los alimentos obtenidos que son de humedad intermedia son productos formulados estables a temperatura ambiente sin proceso térmico y que se pueden comer sin rehidratación.

La actividad de agua de los AHI está en el intervalo de 0.65 a 0.85 y el contenido de humedad varia entre 15% y 40%. Los productos AHÍ existen en varios países bajo diferentes nombres, formulaciones y formas de consumo. Los métodos combinados son una extensión del concepto de AHÍ donde una pequeña depresión de actividad de agua es completada con otros factores tales como pH, calentamiento suave, conservantes y envasado **(Aguilera et al., 1993; citado por Barbosa – Cánovas y Vega- Mercado, 2000)**.

Los alimentos de humedad intermedia, son estables, microbiológica mente pero susceptibles a cambios químicos, sufren el pardeamiento enzimático, reacción de Mayllard, en mayor proporción que el producto seco. Los parámetros del proceso aplicado no desnaturalizan la proteínas, por lo tanto puede desarrollarse alguna actividad enzimática **(Casp y Abril, 1999)**.

La estabilidad microbiológica de los alimentos de humedad intermedia se debe a la baja actividad de agua del alimento. Esta reducida actividad de agua puede conseguirse de dos formas, por adición de humectantes o por eliminación del solvente por ejemplo, agua. El primer método es menos aceptado por los consumidores puesto que requiere la adición al alimento de grandes cantidades de cloruro de sodio, azúcares o polioles, el segundo método es costoso energéticamente.

2.2.7 Sólutos

La elección del soluto o solutos de la solución osmótica esta basada en tres factores muy importantes (**Marcotte, 1988**: citado por **Barbosa-Cánovas y Vega-Mercado, 2000**).

1. Las características sensoriales del producto.
2. El coste del soluto.
3. La masa molecular del soluto.

Generalmente, los solutos más usados en el proceso de deshidratación osmótica son el cloruro de sodio, la sacarosa, la lactosa, jarabe de maíz con alto contenido de fructosa o glicerol. El etanol, alanina, L-lisina, glutamato monosódico, polietilen-glicol, caseína, suero de albúmina, proteína de soja y glicérina se citan en la bibliografía como depresores de la a_w , pero no son de uso corriente (**Lerici et al., 1985**; **Chirife y Favetto, 1992**, citados por **Barbosa-Cánovas y Vega-Mercado, 2000**).

Azúcar y sal

Se conserva frutas colocándolas en almíbar y algunos productos de carne colocándolos en salmuera. Las bacterias, levaduras y mohos están contenidos por membranas celulares. Estas membranas permiten que el agua entre y salga de las

células. Los microorganismos activos pueden contener arriba del 8% de agua, cuando las bacterias, levaduras y mohos se colocan en un almíbar espeso o una salmuera, el agua de sus células sale por la membrana y entra el almíbar o salmuera. Este es el muy conocido proceso de ósmosis; en este caso el agua se traslada de la célula con su contenido aproximado de 80% de agua, al almíbar o salmuera que talvez contenga solo un 30 ó 40 % de agua. La tendencia a igualar la concentración de agua dentro y fuera de la célula en este caso causa la deshidratación parcial de la célula, conocida como plasmólisis, que obstaculiza la multiplicación de microorganismos (Potter, 1973).

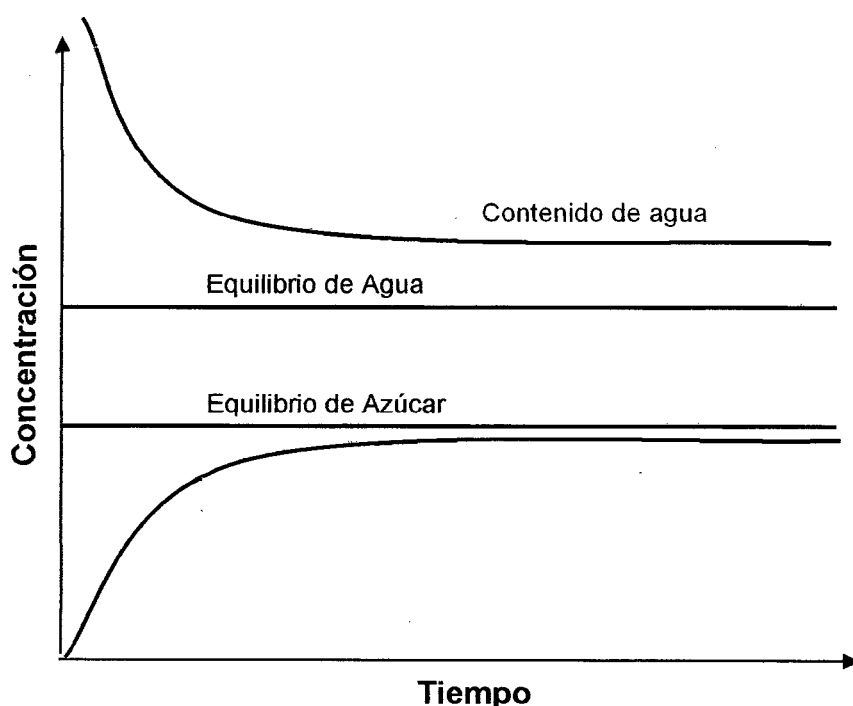


Figura 3: **Contenido de agua y azúcar durante la deshidratación osmótica en un producto (Adaptado por Karej, 1975, citado por Barbosa-Cánovas y Vega-Mercado, 2000).**

El contenido de agua y concentración de azúcar es función del tiempo, como se muestra en la **figura 3**. La duración del proceso debe ser lo más corta posible para conseguir una buena deshidratación. En un tratamiento osmótico se consiguen unas pérdidas rápidas de agua durante las 2 primeras horas. Una interrupción

temprana del proceso osmótico provoca una considerable cantidad de agua eliminada sin una gran captación de azúcar (**Barbosa-Cánovas y Vega-Mercado, 2000**).

El tipo de azúcar usado como sustancia osmótica sólida afecta la cinética de eliminación de agua, ganancia de sólidos y equilibrio del contenido de agua. Al incrementarse la masa molar de solutos, disminuye la ganancia de solutos y aumenta la pérdida de agua, resultando en una deshidratación y pérdida de peso del producto. La masa molar baja de los sacarídeos (glucosa, fructosa, sorbitol, etc.) ayuda a incrementar la alta velocidad de penetración de las moléculas de modo que, ocurre el enriquecimiento de sólidos en lugar de la deshidratación como efecto principal del proceso.

La sacarosa es el producto más utilizado para el caso de frutas; pero se han ensayado otros como: glucosa, maltosa, incluso una mezcla de ellos lográndose diferentes efectos. El soluto debe ser de sabor agradable, no tóxico y de alta solubilidad, de baja viscosidad y compatible con las características del producto.

La adición de NaCl en la solución osmótica incrementa la facilidad para el secado debido a la capacidad de la sal de reducir la a_w (**Torreggiani, 1993; Frazier y Westhoff 1985; Del Valle y Nickerson, 1967 a, b**).

En el salado el NaCl tiene un alto poder de reducción de la a_w , debido a la difusividad de la sal en los tejidos animales. La solución salina tiene capacidad limitada para influir en la pérdida de peso y reducción de humedad, contrariamente a las soluciones de sacarosa, bastante efectivo en relación a estas dos variables (**Del Valle y Nickerson, 1967; Zugarramurdi y Lupin, 1976; Leitão et al., 1983; Neves, 1998; Medina, 1998**). La utilización de soluciones ternarias (sacarosa-agua-sal) en la deshidratación osmótica de productos animales, ofrece la posibilidad de aprovechamiento de las ventajas de ambos solutos permitiendo la obtención de un producto con menor humedad, menos salado y con a_w reducida (**Collignan y Raoult-Wack, 1994; Bohoun et al., 1998**).

Cuadro 3. Usos y ventajas de agentes osmóticos

Nombre	Usos	Ventajas
Cloruro sódico	Carnes y verduras soluciones superiores al 10%	Alta capacidad de depresión de a_w
Sacarosa	Frutas	Reduce pardeamientos y aumenta retención de volátiles
Lactosa	Frutas principalmente	Sustitución parcial de sacarosa
Glicerol	Frutas y verduras	Mejora la textura
Combinación	Frutas, verduras y carnes	Características sensoriales ajustadas, combina la alta capacidad de depresión de a_w de las sales con alta velocidad de eliminación de agua del azúcar.

Fuente: **Barbosa-Cánovas y Vega-Mercado (2000)**.

2.2.8 Variables

Las variables que se consideran más importantes, se encuentran clasificadas en tres categorías (**Schwartz, 1993**):

- ❖ Variables relacionadas con el alimento: naturaleza, estructura, forma, tamaño y composición.
- ❖ Variables relacionadas con la solución osmótica: composición y concentración. La transferencia de masa se ve favorecida utilizando concentraciones altas, aumentando más la pérdida de agua que la ganancia de sólidos.
- ❖ Variables relacionadas con las condiciones del tratamiento: tiempo, temperatura, agitación, razón de masa de solución/ masa del alimento.

La temperatura es una de las variables que más afectan el proceso de deshidratación osmótica (**Ponting et al., 1966; Lenart y Flink, 1984 a, b**, citado por **Barbosa-Cánovas y Vega-Mercado, 2000**). Un aumento de la temperatura intensifica la eliminación de agua y la penetración de la sustancia osmótica en el tejido. Sin embargo, la relación entre el agua eliminada y la sustancia osmótica que penetra tiene un valor constante. Además, el efecto de la temperatura en la cinética osmótica depende del tipo de sustancia osmótica utilizada (**Lenart y Lewicki, 1989**, citado por **Barbosa-Cánovas y Vega-Mercado, 2000**).

La pérdida de agua ocurre principalmente durante las 2 primeras horas y el máximo de sólidos ganados en los primeros 30 minutos (**Torreggiani, 1993**).

2.2.9 Factores

Las variables antes mencionadas se encuentran influenciadas por algunos factores como (**Schwartz, 1993**):

a. Naturaleza, estructura, superficie específica del alimento.

La estructura y composición es un factor que se le atribuye diferencias de hasta 25% en la reducción de peso, las características de la materia prima controlan la pérdida de agua y la ganancia de sólidos. En el caso de las frutas es conveniente tener en cuenta la variedad como también la magnitud de la superficie específica de la fruta.

b. Composición y concentración de la solución osmótica.

El intercambio de masa es favorecido por el uso de soluciones de alta concentración y por reducción del tamaño de la partícula del alimento hasta cierto nivel. El incremento de la concentración en la solución favorece la pérdida de peso más que la ganancia de sólidos (**Torreggiani, 1993**).

c. Temperatura de trabajo

La temperatura tiene un fuerte influencia en la velocidad de deshidratación. A temperaturas por encima de 45°C empieza a tener lugar el pardeamiento enzimático y el deterioro del sabor; sin embargo, existe un límite de 60°C sobre el cual algunos

alimentos se alteran drásticamente; la temperatura adecuada de trabajo está íntimamente vinculada con la naturaleza del producto. A temperatura ambiente los daños térmicos al calor se minimizan, más aún las altas concentraciones de azúcar que están alrededor de las frutas, inhiben la decoloración, estabilizando los pigmentos durante el procesamiento y el almacenamiento posterior (**Schwartz, 1993**).

d. Duración del proceso y agitación

La agitación o la recirculación pueden influir favorablemente en la velocidad de deshidratación, ya que la viscosidad de los jarabes implica una resistencia externa importante a la transferencia de materia, así permite una remoción de la solución diluida en contacto con el producto (**Schwartz, 1993**).

2.2.10 Ventajas

Entre las grandes ventajas de este proceso se pueden mencionar, la reducción de costos energéticos en la obtención de productos deshidratados y la mayor conservación de las características sensoriales de los productos así tratados (**Torreggiani, 1993; Raoult-Wack, 1994; Lenart, 1996, Sanjinez, 1999, Rodríguez, 1999**).

Casp. y Abril (1999), presentan otras ventajas de los productos deshidratados osmóticamente:

- ❖ Están listos para comer, no requieren deshidratación en el caso de frutas.
- ❖ La cantidad de sustancia osmoactiva que penetra en el tejido puede ajustarse a requerimientos individuales.
- ❖ La composición química del alimento se puede regular de acuerdo a las necesidades.
- ❖ La masa de la materia prima se reduce, usualmente a la mitad.

Asimismo, **Barbosa-Cánovas y Vega-Mercado (2000)** consideran que la deshidratación osmótica comparada con liofilización o secado por aire caliente presenta como ventaja el ser más rápida, ya que la eliminación de agua ocurre sin cambio de fase.

2.2.11 Transferencia de masa en la deshidratación osmótica

El proceso por el cual la materia es transportada de una parte a otra de un sistema, como resultado de un movimiento aleatorio de moléculas, es denominado difusión (Crank, 1975). El concepto de difusión molecular puede ser aplicado estrictamente en líquidos, soluciones y geles. En sistemas más complejos, como tejidos biológicos, la ley de difusión debe ser aplicada separadamente a cada una de las fases presentes (membrana celular, fase de gas interna, etc.) (Roques, 1987). Además, debido a la estructura heterogénea de los alimentos, junto con la difusión molecular, pueden presentarse otros flujos (ej.: capilar), difíciles de ser evidenciados, por eso, considerase que la migración de agua, y de solutos, en alimentos, puede ser descrito adecuadamente por un modelo de difusión que usa un coeficiente de difusión aparente.

De esa manera, podría considerarse la migración (entrada) de solutos en el músculo de camarón, durante la deshidratación osmótica, como un fenómeno de transferencia de masa causada por un gradiente de concentración entre la superficie y el interior del producto. Para determinar el coeficiente de difusión aparente de los solutos en el músculo de camarón, en el proceso de deshidratación osmótica, considerase que la difusión es unidimensional y en una matriz inmóvil, esto es, sin encogimiento. De esa forma, la velocidad de la matriz sólida es cero y su masa específica puede ser considerada constante. Fick (1992):

$$\frac{\partial C}{\partial t} = \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} \left(r D_{ap} \frac{\partial C}{\partial r} \right) \quad \text{Ecuación 01}$$

Donde:

- C = concentración
- r = radio
- t = tiempo
- D_{ap} = Difusividad aparente

Como el músculo está inmerso en un volumen limitado de solución la concentración de soluto en la solución cae cuando el soluto entra en el músculo. Si la solución está bien agitada, la concentración de solutos en esta solamente depende del tiempo. Entonces, puede suponerse que el músculo es un cilindro infinito, de material uniforme, de radio R y que, inicialmente la concentración del soluto en la solución es uniforme ($S(0)=S_0$) y el músculo está exento de soluto ($c(r, 0) = 0$):

La solución para la ecuación 01 (difusión en un cilindro infinito) es:

$$\frac{c - c_i}{c_0 - c_i} = 1 - \frac{2}{a} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{\exp(-D\alpha_n^2 t) J_0(r\alpha_n)}{\alpha_n J_1(a\alpha_n)} \quad \text{Ecuación 02}$$

Ecuación de la placa plana

$$\frac{M_1}{M_{\infty}} = 1 - \sum_{n=1}^{\infty} \frac{4}{a^2 \alpha_n^2} \exp(-D_{ap} \alpha_n^2 t) \quad \text{Ecuación 03}$$

2.2.12 Ejemplos de aplicación

Algunos ejemplos de aplicación de deshidratación osmótica que aparecen en la literatura, son mencionados a continuación:

Collignan y Raoult-Wack (1994), efectuaron la deshidratación osmótica de filetes de bacalao, utilizando soluciones concentradas mixtas de sacarosa/ sal o jarabe de maíz/ sal a temperaturas bajas. Los resultados mostraron como la presencia de azúcar puede reforzar la pérdida de agua, y la entrada de sal posteriormente. El uso de azúcar de peso molecular alto previno la entrada de la misma y permitió una buena deshidratación.

Para reducir el tiempo de secado por liofilizado de gambas se usa la deshidratación osmótica como pretratamiento. Una solución de sacarosa al 20% y de NaCl al 20% (% en peso) fue utilizada como medio osmótico. La proporción de peso

entre la muestra y la solución fue de 20:1, para evitar la dilución significativa de la solución durante la deshidratación osmótica (**Donsi et al., 2000**).

Deshidratación osmótica de filetes de tilapia con NaCl y sacarosa fue realizada por **Medina et al. (2000)**. El NaCl presentó una gran influencia en la actividad de agua y pequeña influencia en el contenido de humedad, mientras que el comportamiento de la sacarosa fue inverso.

Muestras de manzana de forma cilíndrica fueron deshidratadas por inmersión en soluciones acuosas binarias de sacarosa y NaCl a concentraciones y temperaturas diferentes, así como con soluciones ternarias de ambos solutos. La proporción de pérdida de agua a sólidos ganados para cada tratamiento osmótico era particularmente alto en el caso de soluciones de sal, debido a una ganancia baja de sólidos. En el caso de soluciones mixtas ternarias se obtuvieron valores intermedios para la ganancia de sólidos (**Sereno et al., 2001**)

2.2.13 Superficie de respuesta

La metodología de superficie de respuesta (RSM) es una herramienta normalmente empleada en el análisis de datos experimentales obteniéndose como resultado la optimización de procesos y productos. **Smith et al., 1977; Lah et al., 1980; Floros y Chinnan, 1987, 1988; Mudahar et al., 1989, 1990; Rustom et al., 1991**, citados por **Madamba (1997)** usaron la RSM para optimizar la estabilidad física de emulsiones de leche, propiedades de productos de soya, pelado de pimiento, deshidratación de patata y la extracción de proteínas de cacahuete, respectivamente.

Según **Box et al (1976)**, el análisis de superficie de respuesta tiene como base el método de planeamiento factorial y consiste en grupos de técnicas usadas para el estudio de las relaciones entre una y otra respuesta medidas analíticamente en un número de variables de entrada que pasan a ser controladas. Estas técnicas son usadas para dilucidar las siguientes interrogantes:

- ❖ Cómo una respuesta es afectada sobre una región de interés dado por un conjunto de variables de entrada.
- ❖ Qué conjuntos de variables de entrada resultarán como productos dentro de las especificaciones deseadas.
- ❖Cuál de los valores de entrada tendrá el menor valor para una respuesta específica y como la superficie de respuesta se aproxima a este punto.

En procesos multivariantes, como los bioquímicos, donde la importancia de cada variable debe de ser determinada y optimizada, la metodología de respuesta es una herramienta de trabajo necesaria para el mejor entendimiento del sistema, verificándose individualmente el efecto de cada variable operacional en rendimiento y productividad (**Mendieta, 1999**).

Supóngase que la dependencia de una variable respuesta Y sobre los niveles x_1, x_2, \dots, x_k de k variables cuantitativas o factores se puede expresar por el siguiente modelo matemático.

$$Y = f(x_1, x_2, \dots, x_k) + E(y) \quad \text{Ecuación 04}$$

Esta relación funcional en general se llama una superficie de respuesta. Uno de los objetivos más frecuentes en una investigación por experimentación consiste en determinar los valores de las k variables independientes, x_i ; ($i = 1, \dots, k$), las cuales pueden producir un máximo (ó mínimo) de $E(y)$. En la **Figura 4** se muestra la representación grafica de una superficie de respuesta y en la **Figura 5** las curvas de nivel asociadas con la superficie de respuesta .

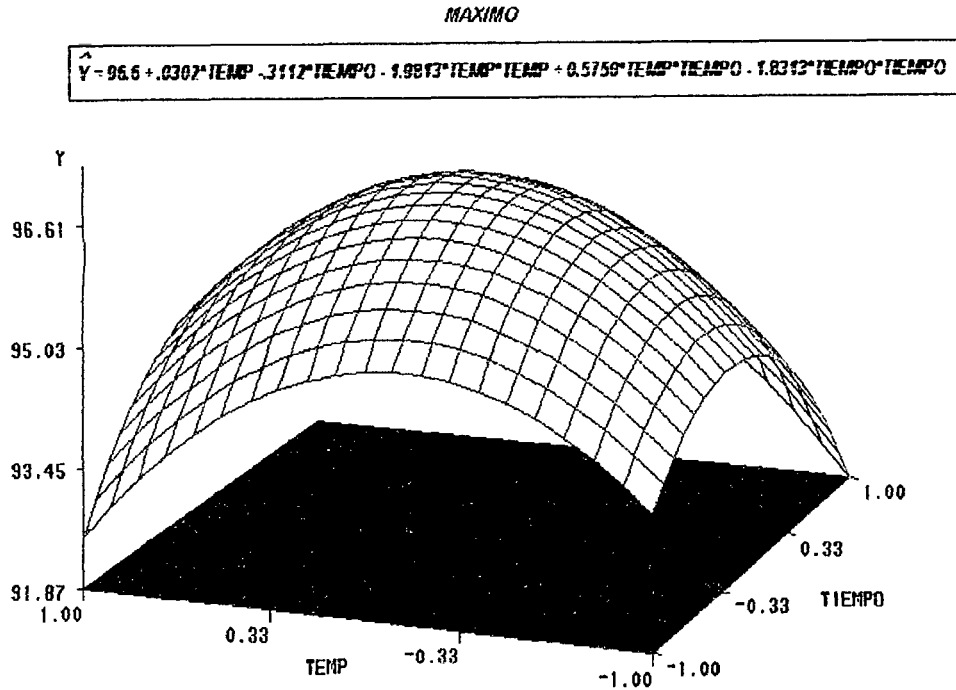


Figura 4. Representación grafica de una superficie de respuesta

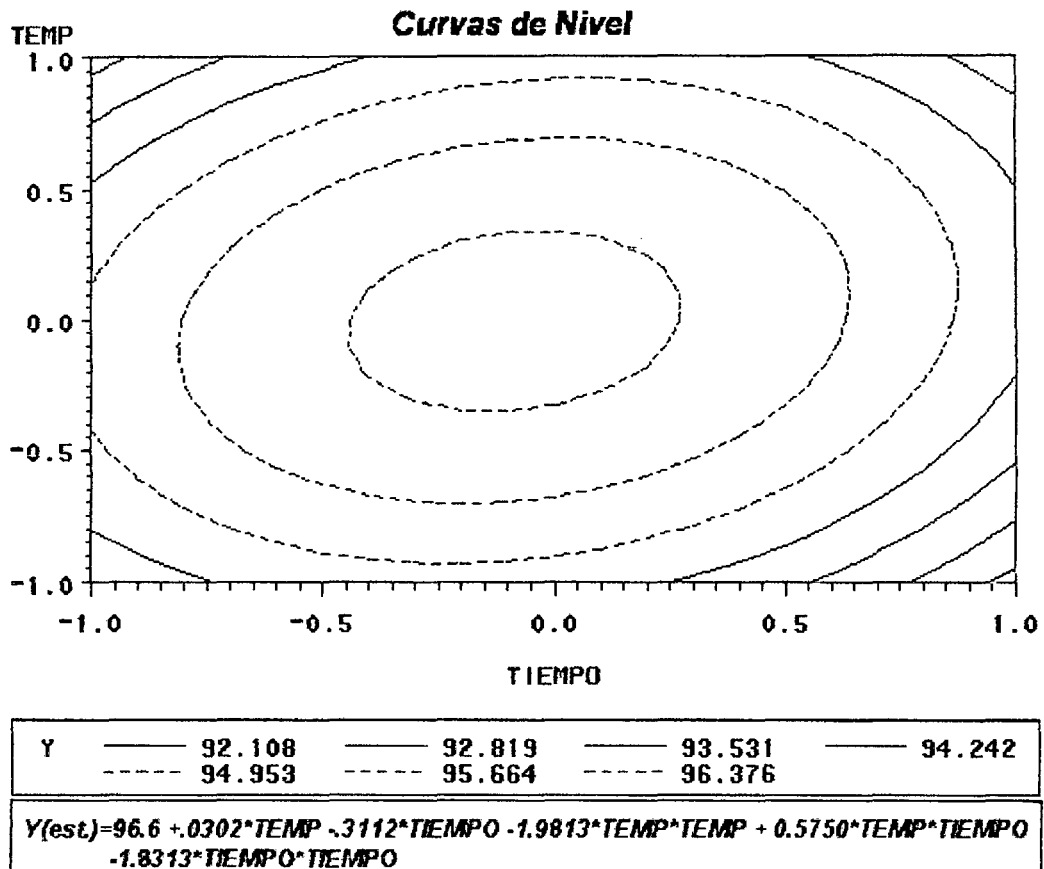


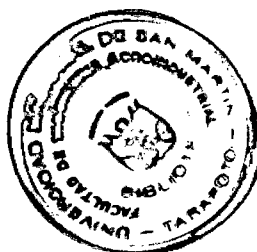
Figura 5. Curvas de nivel asociadas con la superficie de respuesta

2.2.14 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), cuya aplicación combinada se ha mostrado como una técnica válida para estudiar cómo los procesos de industrialización afectan a las materias primas utilizadas en la recolección, conservación, envasado, comercialización de alimentos (**Romero et al., 1999**):

- ❖ 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 destinada el 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 (la edad, sexo, estatus social...) puede influir en el resultado final.



III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 LUGAR DE EJECUCIÓN

Los experimentos de deshidratación osmótica, se realizaron en el laboratorio de Análisis y Composición de Productos Agroindustriales (ANACOMPA) y en el laboratorio de Microbiología y Fermentaciones, pertenecientes a la Facultad de Ingeniería Agroindustrial de la Universidad Nacional de San Martín-Perú, durante los meses de marzo a agosto del 2002.

3.2 MATERIALES

3.2.1 Material estudiado

La muestra utilizada consistió en colas de camarón gigante *Macrobrachium rosenbergii* obtenidas a partir de camarones enteros de tamaño homogéneo, los mismos que fueron sometidos a la secuencia mostrada en la **Figura 6**, adquiridos en una empresa productora ubicada en el distrito de Cacatachi, provincia de San Martín, departamento de San Martín- Perú.

3.2.2 Reactivos

Los reactivos utilizados fueron de grado analítico y se indican a continuación:

- Ferrocianuro de potasio
- Acetato de zinc
- Cromato de potasio
- Hidróxido de sodio
- Ácido clorhídrico
- Sulfato de cobre
- Tartrato doble de sodio y potasio
- Azul de metileno
- Ácido sulfúrico
- Rojo congo
- Nitrato de plata
- Ácido acético glacial

3.2.3 Equipos de laboratorio

- Equipo Soxhlet
- Agitador mecánico rotatorio
- Mufla
- Cocina eléctrica
- Balanza analítica
- Agitador orbital
- Agitador magnético
- Estufas
- Baño maría con agitación.
- Equipo semi micro Kjeldhal.
- Destilador de agua

3.2.4 Materiales de laboratorio

- Matraces de 100, 250 y 500 ml
- Placas petri
- Fiolas de 100, 250, 500 y 1000 ml.
- Embudos
- Buretas de 2, 5, 10 ml.
- Vasos de precipitados de vidrio de 100, 250, 500, 1000 ml.
- Pipetas volumétricas de 2, 5, 10 ml.
- Pizetas
- Baguetas
- Picnómetros
- Licuadora
- Cronómetro
- Papel absorbente
- Probetas de 50, 100, 250 ml
- Crisoles
- Cuchillos
- Papel absorbente
- Pinzas de acero inoxidable
- Pie de rey
- Campana desecadora

3.3 METODOLOGÍA PARA LA DESHIDRATACIÓN OSMÓTICA

El experimento comprendió dos fases: La primera fue la deshidratación osmótica del músculo de camarón (*Macrobrachium rosenbergii*), y la segunda fase el análisis sensorial de las muestras deshidratadas.

Para el estudio de los efectos de la sacarosa y NaCl en las variables de respuesta (contenido de humedad, contenido de solutos, a_w , pérdida de peso, Difusividad aparente de NaCl y sacarosa), se empleó un experimento factorial compuesto por dos variables con tres niveles dentro de un diseño estadístico completamente al azar (DCA) según se indica en el **Cuadro 4** con un total de 9 tratamientos. Los resultados fueron analizados a través de la metodología de superficie de respuesta (RSM) utilizando para ello el programa STATISTICA 5.0 (STAT SOFT. USA). En todos los experimentos la temperatura de trabajo se mantuvo constante a 20°C.

Las variables independientes fueron:

- Concentración inicial de NaCl en la solución mixta : 20, 23 y 26 g./100 ml. solución
- Concentración inicial de sacarosa en la solución mixta : 30. 40 y 50 g./100 ml. solución; manteniendo constante la relación volumen de solución/ volumen de músculo en 4/1.

Las variables dependientes fueron:

- Contenido de humedad
- Contenido de solutos
- a_w
- Pérdida de peso
- Difusividad aparente de NaCl y sacarosa

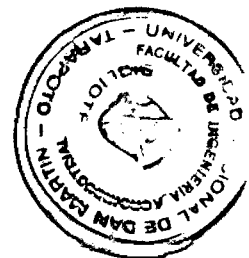
La unidad experimental estuvo constituida por una cola de camarón a la cual se le eliminó previamente la caparazón

Cuadro 4: **Planeamiento factorial completo 3²**

Variabes	Niveles (%)	Claves
Concentración de NaCl	20	-1
	23	0
	26	+1
Concentración de sacarosa	30	-1
	40	0
	50	+1

Los valores de equilibrio se calcularon por medio de extrapolación utilizando una ecuación exponencial ajustada a los datos experimentales, con la ayuda del programa Microcal Origin 3.5.

En la segunda fase, de análisis sensorial, se utilizó el diseño en bloques completamente al azar (DBCA) siendo el número de panelistas de 12 y los tratamientos 9.



3.4 DESCRIPCIÓN DEL FLUJOGRAMA DE DESHIDRATACIÓN OSMÓTICA DEL MÚSCULO DE CAMARÓN

En el diagrama de flujo (Figura 6) se presentan las operaciones de procesamiento de deshidratado osmótico.

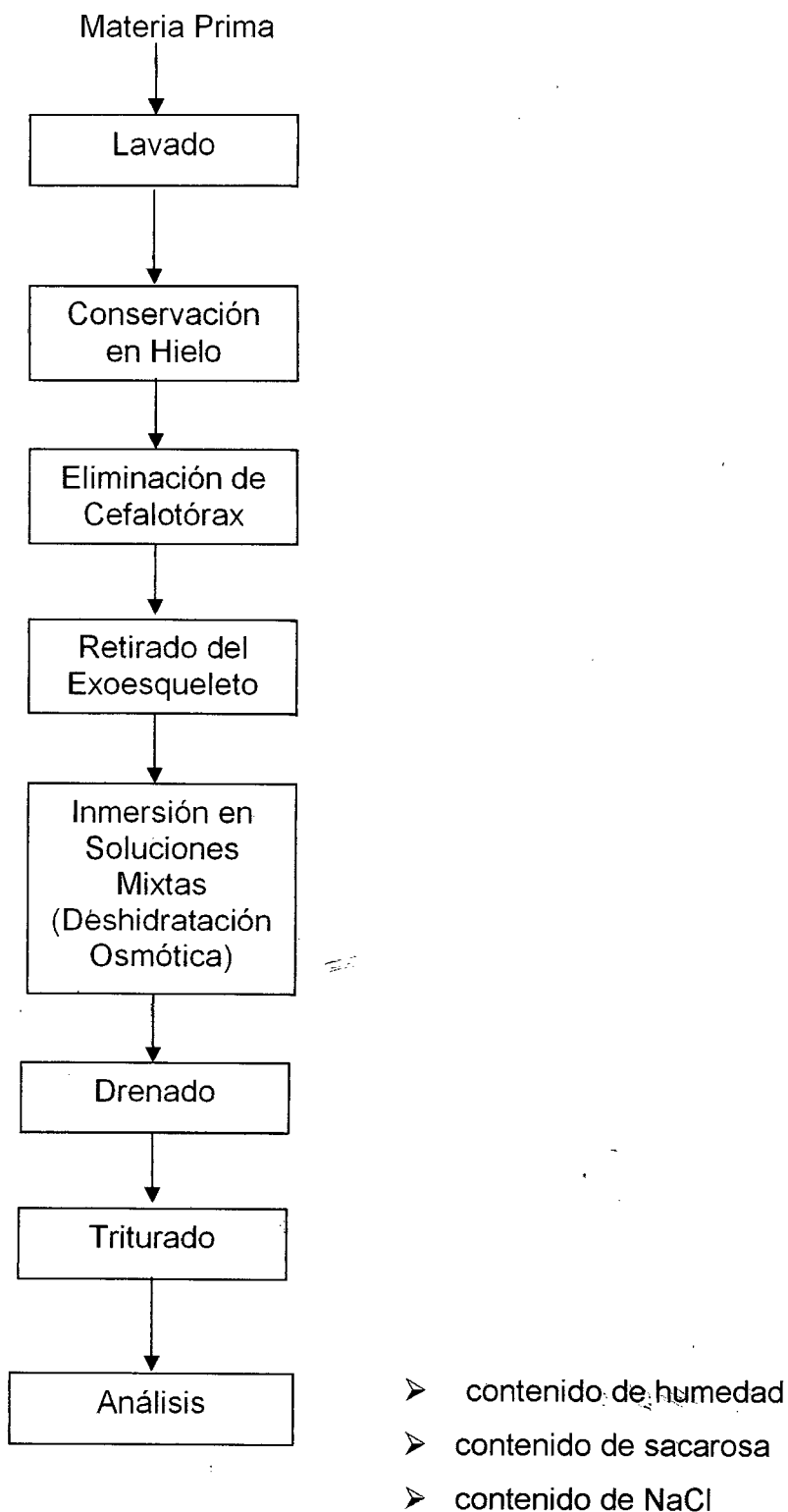


Figura 6: **DIAGRAMA DE FLUJO DE OPERACIONES**

3.4.1 Acondicionamiento de la materia prima

El acondicionamiento de la materia prima es un factor muy importante en la producción, el cual dará un producto terminado de optima calidad, para ello se realiza los siguientes procesos:

3.4.1.1 Lavado

Los camarones fueron lavados con agua limpia para eliminar la arena y otras materias extrañas presentes en la superficie del cuerpo.

3.4.1.2 Conservación en hielo

Para evitar el deterioro del músculo de camarón, se trató cuidadosamente a fin de proteger la calidad y el rendimiento del mismo.

3.4.1.3 Eliminación del cefalotórax

Consiste en separar la cabeza de la cola, ejerciendo para ello un torque o giro, el cual se realizó en forma manual.

3.4.1.4 Retirado del exoesqueleto o caparazón

Se realizó en forma manual y con cuidado para no lastimar el músculo de la cola, lo cual perjudica la calidad del mismo.

3.4.1.5 Pesado del músculo de la cola

Se pesó con la finalidad de obtener la cantidad de solución ternaria que se necesitará para el deshidratado osmótico.

3.4.2 Medios deshidratantes

Los medios deshidratantes utilizados fueron soluciones mixtas de sacarosa (30, 40 y 50 g/100 ml.) y de cloruro de sodio (20, 23 y 26 g/100 ml. solución). Las diferentes soluciones se prepararon por dilución de acuerdo a la cantidad requerida de sacarosa y NaCl (de grado alimentario) en agua destilada.

3.4.3 Deshidratación osmótica

Previamente a la deshidratación osmótica se determinó las densidades de las soluciones y músculo, por picnometría (**Mohsenin, 1986**) y se acondicionó a 20°C la temperatura del experimento. En seguida las colas se secaron con papel absorbente, fueron pesadas y colocadas en matraces de 250 ml. conteniendo la solución osmótica mixta a temperatura y concentración correspondiente al experimento. Se acondicionó para la relación 4:1 entre la solución y la cola respectivamente; para cada ensayo se utilizaron 13 matraces los cuales se fueron colocando en un agitador mecánico a 150 rpm (para aumentar la transferencia de masa y evitar la formación de una película de solución diluida sobre la superficie de la muestra), a diferentes tiempos preestablecidos desde 15 minutos hasta 20 horas, de acuerdo al tipo de muestra. Pasado un determinado tiempo, se retiraron los matraces del agitador y la solución fue drenada y pesada. Las colas fueron secadas con papel adsorbente para la remoción del exceso, nuevamente pesadas y finalmente trituradas y homogenizadas.

3.5 MÉTODOS DE CONTROL

3.5.1 Control de la materia prima

3.5.1.1 Análisis físico

Los camarones enteros crudos fueron medidos y pesados. El rendimiento de la parte comestible, cabeza y residuos fueron calculados como un porcentaje del peso total.

3.5.1.2 Análisis químico proximal

El análisis químico proximal del músculo se realizó según los métodos recomendados por la **AOAC (1990)**, los cuales se determinaron por medio de muestras en triplicado, estos fueron:

3.5.1.2.1 Humedad

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

3.5.1.2.2 Grasa total

Se determinó por extracción con éter dietílico como solvente mediante el método Soxhlet (**AOAC, 1990**).

3.5.1.2.3 Proteína total

Se empleó el equipo semi micro Kjeldhal, obteniéndose el porcentaje de nitrógeno, el cual se multiplicó por el factor 6.25.

3.5.1.2.4 Ceniza total

Se obtuvo por calcinación de la muestra en mufla a, 550°C, por 4 horas.

3.5.2 Control durante el proceso

Durante el proceso se fijó la temperatura del ambiente de trabajo en 20°C, mediante equipo de aire acondicionado y la velocidad constante de agitación en 150 RPM.

3.5.3 Controles fisicoquímicos del músculo de camarón deshidratado

Los controles realizados al músculo de camarón deshidratado, fueron los mismos que se realizaron al músculo de camarón fresco.

3.5.4 Análisis sensorial

Para seleccionar el mejor tratamiento de deshidratado osmótico, se utilizó el Diseño de Bloques Completamente al Azar (DBCA), teniendo como bloques a los jueces que evaluaron los atributos de color, olor, apariencia general y textura mediante la prueba de diferenciación con escala hedónica de cinco puntos. Estos resultados se analizaron mediante el análisis de varianza (ANVA) a un nivel de significancia de 0.05 y las diferencias significativas mediante la prueba de TUCKEY al mismo nivel de significancia

3.5.5 Control del producto final

Una vez que el músculo fue deshidratado se trituró y homogenizó tomando una alícuota del mismo para la determinación de humedad (triplicado) y contenido de soluto (triplicado). De la misma manera, para cada tiempo se tomaron tres alícuotas de la solución drenada para la determinación del contenido de soluto.

Otros controles efectuados fueron biometría, a_w y pérdida de peso de las colas.

3.5.5.1 Biometría

Se tomaron medidas de longitud y diámetro de la cola, para observar el encogimiento de la muestra después de la deshidratación osmótica, para ello se empleó el pie de rey.

3.5.5.2 Humedad

Se determinó por el mismo método aplicado para camarón fresco.

3.5.5.3 Actividad de agua

La actividad de agua se estimó por medio de la ecuación de **Ross (1975)**, citado por **Toledo (1991)**, la misma que se muestra en la ecuación (05).

$$a = a_{w1} * a_{w2} * a_{w3} \dots a_{wn} \quad \text{Ecuación 05}$$

donde:

$a_{w1}, a_{w2}, a_{w3}, a_{wn}$: son actividades de agua de los componentes individuales

3.5.5.4 Pérdida de peso

La pérdida de peso de las colas, se calculó con la ecuación (06), luego del pesado de las colas antes y después del proceso.

$$PP = \frac{M_I - M_T}{M_T} * 100 \quad \text{Ecuación 06}$$

donde:

M_i : es la masa inicial de las colas

M_t : es la masa de las colas al tiempo t .

3.5.5.5 Contenido de sacarosa y NaCl.

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

3.5.5.6 Difusividad

Los coeficientes de difusividad aparente de agua, se estimaron haciendo uso de la ecuación de Fick para cilindro infinito (**Crank, 1975**).

$$\frac{\partial C}{\partial t} = \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} (r D_{ap} \frac{\partial C}{\partial r})$$

Ecuación 07

donde:

C : Concentración de agua (contenido de Humedad)

t : Tiempo.

r : Radio de la muestra.

D_{ap} : Difusividad aparente efectiva del agua.

Condiciones iniciales de contorno:

$$C = C_0, \quad r = 0, \quad t \geq 0.$$

$$C = f(r), \quad 0 \leq r \leq a \quad t = 0$$

La solución de la ecuación de Fick para cilindro infinito, **Crank (1992)** se presenta en la ecuación (08)

$$\frac{M_t}{M_\infty} = 1 - \sum_{n=1}^{\infty} \frac{4}{a^2 \alpha_n^2} \exp(-D_{ap} \alpha_n^2 t)$$

Ecuación 08

Donde:

a = Radio del cilindro

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

M_t = Cantidad de sustancia difundida en el tiempo t

M_∞ = Cantidad de sustancia difundida en el tiempo infinito

D_{ef} = Difusividad aparente

IV RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 ANÁLISIS QUÍMICO PROXIMAL

4.1.1 Análisis químico proximal de la cola de camarón fresco

Los resultados de la composición química proximal de la materia prima son presentados en el **cuadro 5**

Cuadro 5: Análisis químico proximal del músculo fresco de camarón gigante (*Macrobrachium rosenbergii*)

COMPONENTES	%
Humedad	79.08
Proteínas	18.42
Grasa	0.98
Ceniza	1.52

En el **Cuadro 5** se puede apreciar que se trata de una especie con alto contenido de humedad y proteínas. El porcentaje de estos componentes y los obtenidos para ceniza y grasa son similares a los reportados por **Cortéz (2000)** (Humedad : 79.98%, Proteínas: 18.02%, Grasa: 0.8% y Ceniza: 1.2%). Los valores obtenidos resultan altos a excepción de la proteína si lo comparamos con lo registrado por **Lobão et al. (1988)**, citados por **Malviño (1998)**, donde se reportan los valores siguientes : Humedad: 76.24%, Proteínas : 20.68%, Grasa: 0.69% y Ceniza: 1.22%, respectivamente. La composición varía con la edad, sexo, grado de madurez sexual, temperatura del agua y otros parámetros ambientales. La otra explicación es que los valores reportados en la bibliografía son referidos a los camarones enteros, en cuanto en el presente caso los valores están referidos solo al músculo caudal.

4.1.2 Análisis químico proximal de la cola de camarón deshidratado osmóticamente

La composición química proximal del camarón procesado con la solución (NaCl-agua-sacarosa) durante 20 horas, se presenta en el **Cuadro 6**

Cuadro 6: **Análisis químico proximal del músculo deshidratado de camarón gigante (*Macrobrachium rosenbergii*)**

COMPONENTES	%
Humedad	54.63
Proteínas	22.09
Grasa	0.41
Ceniza	11.04
Carbohidratos	11.83

Los resultados que se observan del análisis químico proximal del camarón procesado comparado con el músculo fresco, muestran que el porcentaje de humedad disminuye de 79.08 a 54.63 , esto se debe a la entrada de sólidos solubles al músculo y reducción de agua por efecto del gradiente entre la solución y el músculo por la presión osmótica existente en el medio; el contenido de ceniza se incrementa de 1.52 a 11.04 esto es por la incorporación de sal durante el deshidratado; las proteínas se incrementan ligeramente de 18.42 a 22.09; todo esto ocurre por que en el deshidratado osmótico el alimento pierde su contenido de humedad lo cual da como resultado un aumento en la concentración de nutrientes de la masa resultante según lo explicado por **Desrosier (1998)**.

4.2 RENDIMIENTO DEL CAMARÓN GIGANTE (*Macrobrachium rosenbergii*)

En el **Cuadro 7** se puede ver que el camarón entero pesó 72.99 g., valor mayor que el peso promedio en una estación de crecimiento que no supera los 120 días **Wick (1996)**. En el caso de cefalotórax fue 56.30%, mayor a lo indicado por **Barrat y Montaña (1986)** y **Lobao et al. (1984)**, citados por **Coronado (1992)**. Para especies tropicales la cabeza generalmente constituye 34 a 35% de peso del camarón entero. El rendimiento en carne de *Macrobrachium rosenbergii* fue de 34.67%, menor que en camarones marinos (47.6% contra 62.9%); se pudo verificar que el camarón marino presenta mayor rendimiento en carne que *Macrobrachium rosenbergii* comparados con resultados de la literatura (**Smith et al., 1980; Contreras-Guzmán, 1995**, citado por **Malvino, 1998**)

Cuadro 7: Rendimiento en carne del camarón gigante (*Macrobrachium rosenbergii*)

COMPONENTES	PESO (gr)	%
Camarón entero	72.99	100
Cefalotórax	41.10	56.30
Cola:		
Músculo	25.32	34.67
Caparazón	6.57	9.00

Estas diferencias encontradas se deben a que la materia prima utilizada fue de calidad jumbo, el cual tiene edad superior a 120 días, siendo el sexo y tamaño factores que influyen en el rendimiento. A medida que el camarón crece, disminuye el rendimiento de la carne y por consiguiente el porcentaje de cefalotórax aumenta. Las hembras tienen un rendimiento significativamente mayor que los machos, independiente del tamaño.

4.3 CARACTERÍSTICAS ORGANOLÉPTICAS DEL CAMARÓN FRESCO

En el **Cuadro 8** se aprecia las características que presentó la materia prima utilizada la cual fue de muy buena calidad; siendo las características similares a lo indicado por **Maza (1986)**.

Cuadro 8: Características organolépticas del músculo de camarón fresco (*Macrobrachium rosenbergii*)

Atributos	Características
Color	Azul verdoso y brillante con pinzas azules
Olor	Característico, muy suave a agua dulce
Textura	Flexible y muy fresca

4.4 CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DEL MÚSCULO DE CAMARÓN FRESCO

En el **Cuadro 9** se muestra los valores promedio de las colas empleadas en el presente estudio, los mismos que se utilizarán para los cálculos de difusividad

Cuadro 9: Características físicas del músculo de camarón fresco (*Macrobrachium rosenbergii*)

Características	Valores promedios
Longitud (mm)	79.92
Diámetro medio (mm)	18.30
Peso (g)	25.32
Forma	cilíndrica

4.5 DESHIDRATACIÓN OSMÓTICA

4.5.1 Cinética de variación de a_w

En la **Figura 8** se observa que los valores de a_w disminuyen con el tiempo, a mayor contenido de sacarosa en la solución, independiente de la sal, menor es la a_w , al mismo tiempo la sal cumple un papel preponderante en la reducción de a_w , observándose que a medida que se incrementa la concentración de sal la actividad de agua decrece para todas las concentraciones de sacarosa. Se obtiene menor a_w a concentración de 26 g/100 ml. solución de sal y sacarosa 30 g/100 ml solución y para contenidos de 20 g/100 ml. solución de sal y 30 g/100 ml. solución de sacarosa es mayor, esto es similar a lo indicado por **Bohuon et al. (1995)**; citado por **Medina (2000)**; así mismo vemos que para un mismo contenido de sacarosa a medida que se incrementa la cantidad de sal la a_w es reducida, para los tres casos. La sacarosa no ayuda a la reducción de a_w mientras que el NaCl sí debido al alto poder reductor de a_w que presenta la sal difundándose en los tejidos animales por su alta difusividad y por su capacidad de ionización mientras que la sacarosa tiene muchos radicales OH que reaccionan con el agua permitiendo mayor salida de agua y menor entrada de sacarosa lo cual se debe al potencial químico.

En la **Figura 7** se aprecia la cinética de reducción de a_w

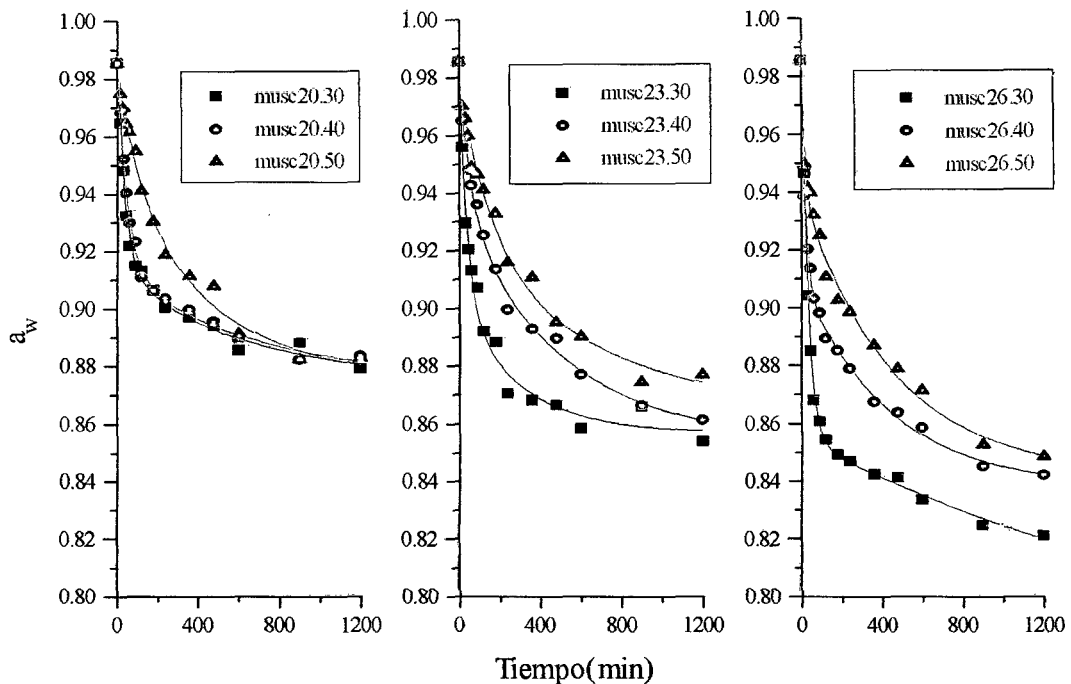


Figura 7. Cinética de la reducción de a_w en el músculo de camarón gigante (*Macrobrachium rosenbergii*) durante el deshidratado utilizando soluciones ternarias de NaCl (20, 23 y 26 g/100 ml solución) y sacarosa (30, 40 y 50 g/100 ml solución) con R/V: 4/1

Es posible observar que se presentan altas tasas de reducción de a_w en el inicio del proceso, decreciendo gradualmente con el tiempo hasta hacerse constante, para un tiempo prolongado. En tanto que para un tiempo fijo decrece con el aumento de la concentración inicial de sal y sacarosa (Barbosa-Cánovas, y Vega-Mercado 2000). Además, las velocidades más elevadas durante las primeras horas del proceso son debidas a grandes fuerzas motrices (diferencias de presión osmótica) que permiten la difusión de solutos entre la solución interna en el músculo y la solución hipertónica (Lazarides 1995; citado por Medina 1998)

En relación a la velocidad de reducción de a_w el proceso puede ser dividido en dos zonas, claramente diferenciadas, una zona de altas velocidades que va hasta aproximadamente 600 min y una segunda zona, donde las tasas de reducción de a_w

disminuyen tendiendo a valores constantes; estos resultados concuerdan con lo indicado por **Medina, Sobral y Hubinger (2000)**, quienes en sus experimentos reportaron que los valores de a_w decrecen con el tiempo de proceso y con el incremento de concentración inicial de sacarosa y NaCl

Es importante resaltar la conveniencia de detener el proceso en el final de la primera etapa, considerando las bajas tasas de reducción de a_w en la segunda zona.

Según **Leitão et al. (1983)**, *Staphilococcus aureus* es la bacteria potencialmente patógena con mayor tolerancia a medios con baja a_w , es capaz de desarrollarse entre valores mínimos oscilando de 0.83 a 0.86, pero la producción de toxina no ha sido evidenciado en alimentos con a_w menores a 0.93. En las condiciones de proceso para las concentraciones de 23 g de sal / 100 ml. solución con 30 g/ 100 ml. solución de sacarosa, 26 g de sal / 100 ml. solución de sal con 40 g de sacarosa / 100 ml. solución de sacarosa se tiene un a_w de 0.86 y para 26 g/ 100 ml. solución con 30 g de sacarosa / 100 ml. solución la a_w fue de 0.83 valores con los cuales podríamos garantizar la producción de músculo de camarón deshidratado sin riesgo para la salud del consumidor; en los niveles mencionados de a_w son susceptibles de ser alterados por otros tipos de microorganismos como hongos y levaduras halotolerantes. Según **Jay (1970) y Frazier (1967)**, por debajo de la a_w 0.60, no hay desarrollo de ningún microorganismo. Por lo expuesto se puede concluir que para la obtención de productos con mayor tiempo de vida de anaquel se hace necesaria la refrigeración o un proceso adicional como secado, congelación o refrigeración.

Medina, Sobral y Hubinger (2000) reportaron valores de a_w en filete de tilapia, con soluciones ternarias, de 0.831, 0.808, 0.79, 0.753 y 0.728 para NaCl/ sacarosa 25/25, 25/66.67, 25/100, 35.14/25 y 35.14/100 g. de agua, respectivamente, encontrándose a_w mayores para el camarón deshidratado de 0.889, 0.886, 0.885, 0.891, 0.879, 0.862, 0.869, 0.855, 0.83 para concentraciones de sal/ sacarosa 20/50, 20/40, 20/30, 23/50, 23/40, 23/30, 26/50, 26/40 y 26/30 g/100 ml. de solución; esto puede deberse a la diferencia en la materia prima (composición química proximal) y a la geometría del alimento.

En la **figura 8** se observa que la a_w en la solución presenta comportamiento inverso que en el músculo, ya que en este caso pierde solutos y gana agua esto se debe a la tendencia de los potenciales químicos de igualarse en el equilibrio.

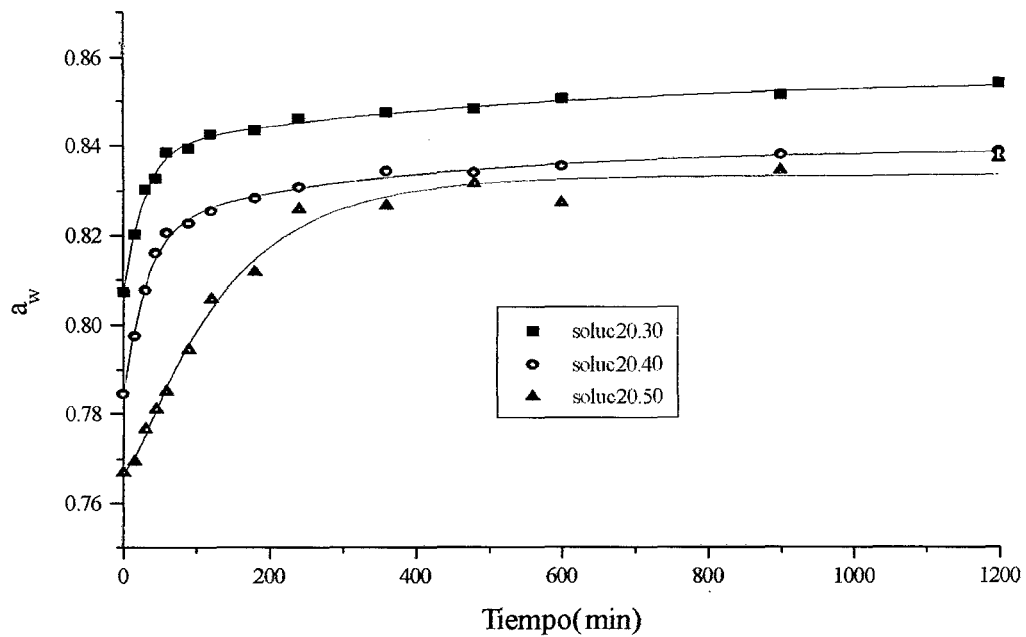


Figura 8. Cinética de la variación de a_w en la solución ternaria de NaCl (20, 23 y 26 g/100 ml. solución) y sacarosa (30, 40 y 50 g/100 ml. solución) con R/V: 4/1

En la **Figura 9** se aprecia los valores de equilibrio de a_w los cuales varían desde 0.889 en 20/50 g/100 ml solución hasta 0.83 en 26/30 g/100 ml. solución sal/sacarosa, estos resultados son coherentes con los obtenidos por **Beraquet et al. (1983)**, en salado de caballa (*Scomber japonicus*) por el método de pila húmeda, siendo para el mejor tratamiento del proceso de deshidratado osmótico de 0.89 y en la solución de 0.835.

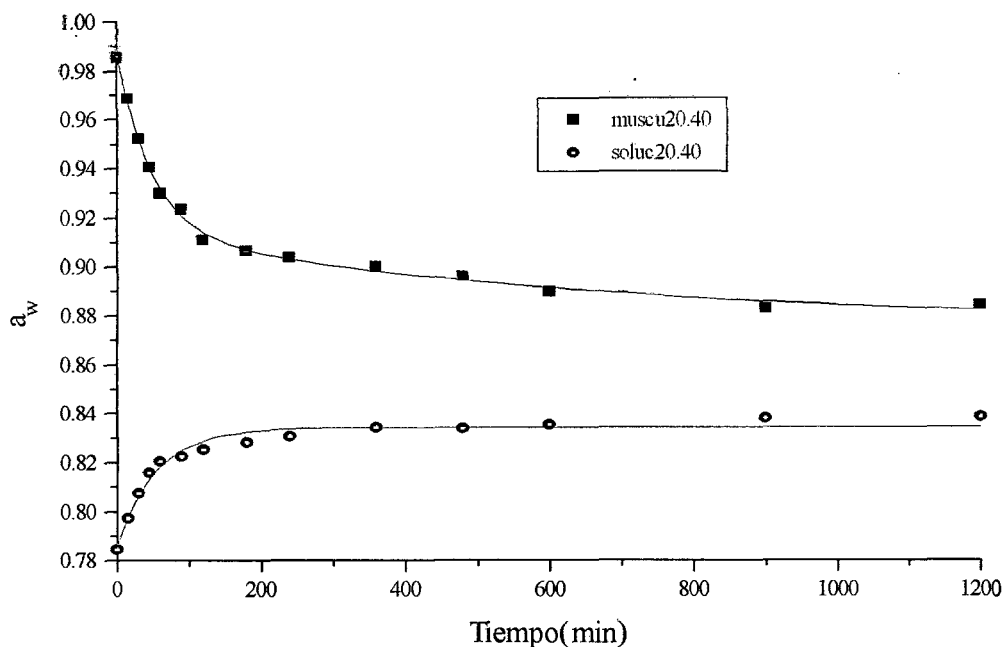


Figura 9. Cinética de la reducción de a_w en músculo y la solución ternaria de NaCl (20 g/100ml solución) y sacarosa (40 g/100ml solución) con R/V: 4/1.

4.5.2 Cinética de transferencia de masa

4.5.2.1 Pérdida de peso

La pérdida de peso porcentual referida al peso inicial del músculo deshidratado es otra variable muy analizada, importante cuando se relaciona con curvas de cinética de a_w y humedad, por la simplicidad en la determinación y por la información que proporciona.

En la **figura 10** se presenta la variación de pérdida de peso en función del tiempo a temperatura de 20° C y R/V de 4/1 solución/músculo, en la que se observa un gran efecto de la concentración inicial, apreciándose que en las primeras horas ocurre un aumento en la pérdida de peso, obteniéndose un máximo en aproximadamente 600 min y después pasa a decrecer con el tiempo, comportamiento también observado por **Vorskresenski (1965)** y **Zaitsev et al. (1969)**. Este comportamiento también es similar a lo relatado por **Medina (1998)**, en filete de tilapia en salmuera, donde la tendencia luego de incrementar no se estabiliza sino que después decrece debido a la formación

de un complejo constituido por NaCl y proteína, el cual produce la reducción de sal en el fluido celular induciendo a un movimiento adicional de las moléculas de NaCl, desde la solución al interior del material, haciendo que este complejo adsorba agua de la solución.

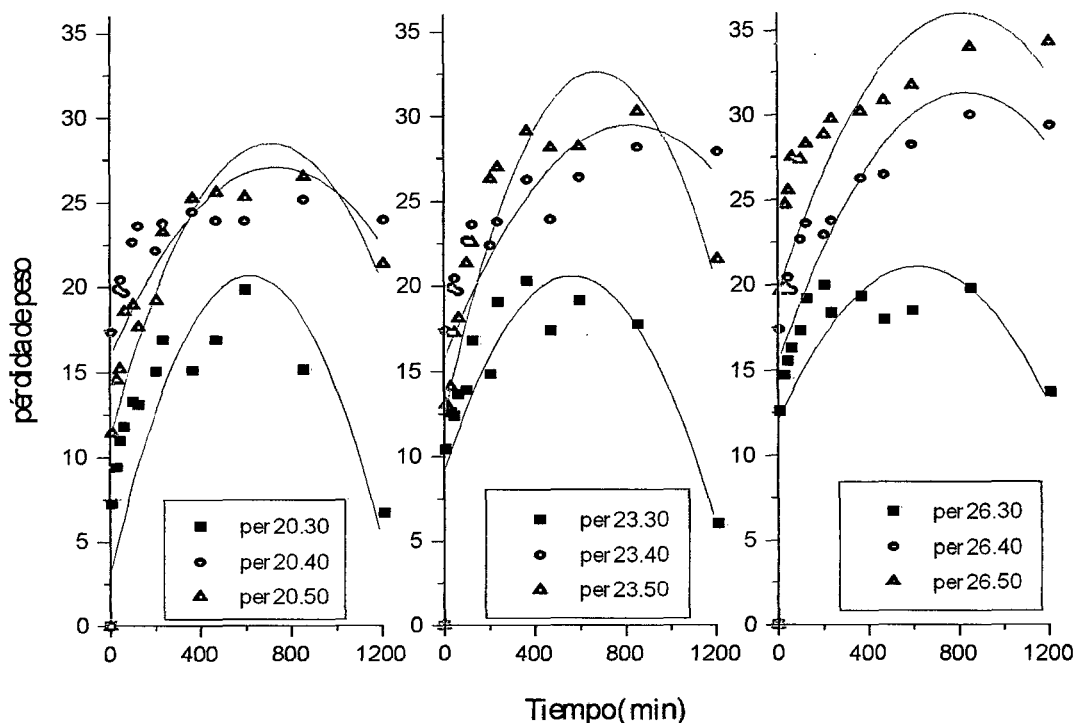


Figura 10. Cinética de la pérdida de peso en el deshidratado osmótico del músculo de camarón gigante aplicando soluciones mixtas NaCl (20, 23 y 26 g/100 ml. solución) y sacarosa (30, 40 y 50 g/100 ml. solución) con R/V: 4/1

Se aprecia también que a mayor concentración de sacarosa se obtiene mayor pérdida de agua, lo cual se corrobora con lo indicado por **Bohuon et al (1998)**. Para contenidos de sal/sacarosa de 20/50, 23/50 y 26/50 g./100 ml. solución, se obtiene mayor pérdida de peso y para una misma masa de sacarosa en la solución a mayor concentración de sal/sacarosa la pérdida de peso es mayor. **Collignan y Raoult-Wack (1994)** explican que este efecto se debe a la presencia de sacarosa la misma que refuerza la pérdida de agua debido al alto peso molecular, permitiendo una buena deshidratación y la sal puede estar localizada a nivel celular e induce la pérdida de agua por efecto osmótico creándose una gradiente de alta concentración entre el

producto y la solución lo que permite la pérdida de agua del producto en la solución por difusión.

4.5.2.2 Reducción del contenido de agua

En la **Figura 11** se muestra los valores de humedad (b.h). Durante el deshidratado del músculo de camarón ocurrida a 20 °C con R/V de 4/1 solución / muestra. Se observa que a mayor concentración de los solutos (sal y sacarosa) el contenido de humedad es menor lo cual concuerda con los resultados reportados por **Medina (1998)**. Los valores de humedad alcanzados fueron más bajos cuando se adicionó sacarosa.

También se observa que la pérdida de agua es más acentuada en el inicio del proceso, disminuyendo luego gradualmente; presentandose una zona de alta tasa de reducción que va hasta aproximadamente 600 min., y una segunda zona, de menor tasa desde 600 min. hasta el equilibrio; similar comportamiento reportaron **Igarashi y Kieckbusch (2000)**; **Yang y Le Maguer (1992)**, además estos autores indican que con mezclas de sal y sacarosa, el soluto de mayor peso molecular favorece la pérdida de agua del producto, y la sal mantiene su habilidad de plasmólisis. El contenido de humedad es principalmente controlado por las características del material, al incrementar la concentración de sólidos favorece la pérdida de agua (**Sereno et al., 2001**). La pérdida de agua ocurre a través de la membrana celular de los productos y va fluyendo a lo largo de espacios intercelulares difundiéndose en la solución, la cantidad de pérdida de agua depende de factores diversos tales como concentración de la solución, temperatura, tiempo de contacto, nivel de agitación, tamaño y geometría de la muestra (**Sereno et al., 2001**), esto debido a la diferencia en el potencial químico dentro y fuera del material, expresado usualmente en términos de los coeficientes de a_w .

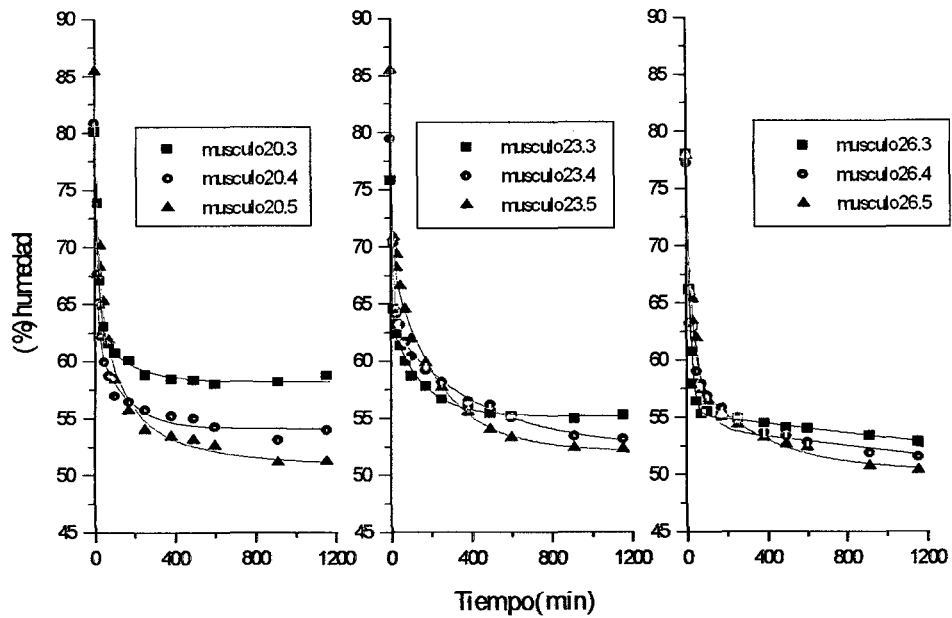


Figura 11. Cinética de reducción del contenido de agua durante el deshidratado osmótico del músculo de camarón gigante inmerso en soluciones mixtas NaCl (20, 23 y 26 g/100 ml. solución) y sacarosa (30, 40 y 50 g/100 ml. solución) con R/V: 4/1

Bohuon *et al.* (1998); indican que la agitación incrementa la velocidad de pérdida de agua; Donsi, Ferrari y Di Matteo (2000) complementan esto afirmando que la agitación incrementa la transferencia de masa y previene la formación de una película de solución diluida en la superficie de la muestra.

4.1.1.1 Efecto de la concentración de sacarosa.

En la Figura 12 se aprecia que existe mayor ganancia de sacarosa cuando es menor la concentración de sal observándose claramente este comportamiento para 20 g/100 ml. solución de sal con todas las concentraciones de sacarosa, siendo este comportamiento independiente de la concentración de sal. Este comportamiento es análogo a lo reportado por Bohuon *et al.* (1998) quienes afirman que la ganancia de sacarosa está en función del contenido de sacarosa y crece logarítmicamente, mientras que la concentración de sal influye positivamente en la ganancia de sacarosa.

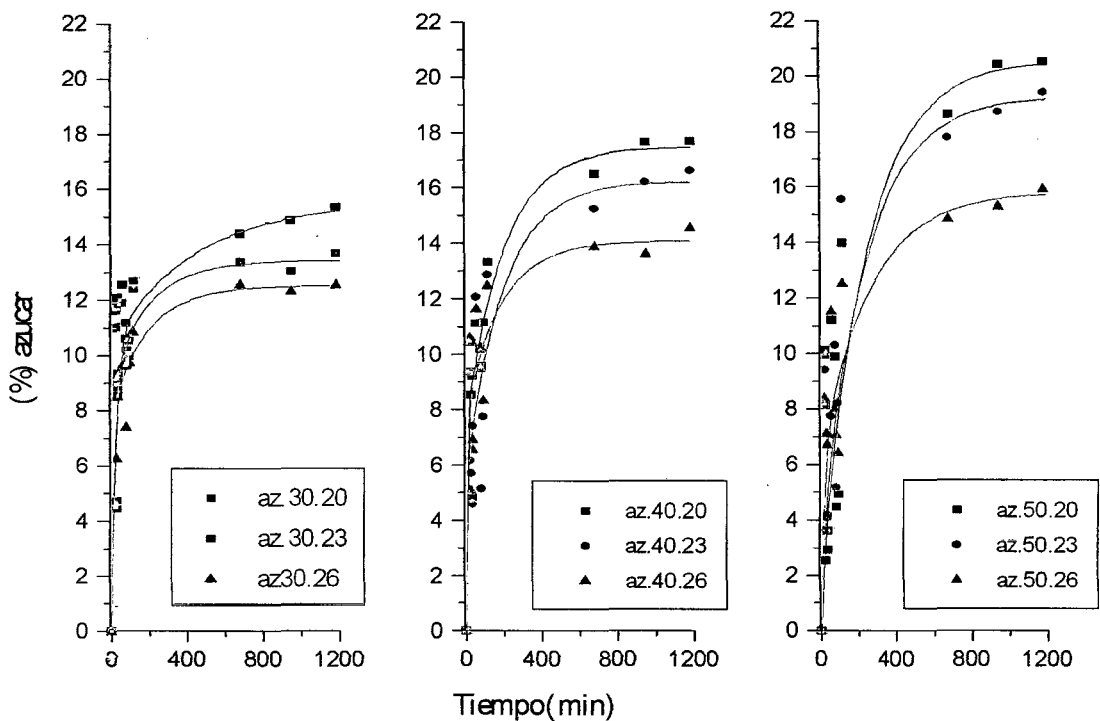


Figura 12. Efecto de la concentración de sacarosa durante el deshidratado osmótico del músculo de camarón gigante inmerso en soluciones mixtas NaCl (20, 23 y 26 g/100 ml. solución) y sacarosa (30, 40 y 50 g/100 ml. solución) con R/V: 4/1

La clase de azúcar utilizada como sustancia osmótica afecta grandemente la cinética de pérdida de agua, la ganancia de sólidos y el contenido de agua en equilibrio. Un mayor peso molecular del soluto desfavorece la ganancia de este y favorece la pérdida de agua. El enriquecimiento de sólidos durante la deshidratación es el principal efecto del proceso, esto limita y puede evitar el uso de conservantes e incrementa la estabilidad de pigmentos durante el proceso y posteriormente durante el periodo de almacenamiento (Torreggiani *et al.*, 1993).

Jayaraman *et al.* (1990) explican que la sacarosa mejora la rehidratación debido aparentemente a la prevención del encogimiento en el secado, previene decoloración de frutas y contra el pardeamiento no enzimático durante el almacenamiento

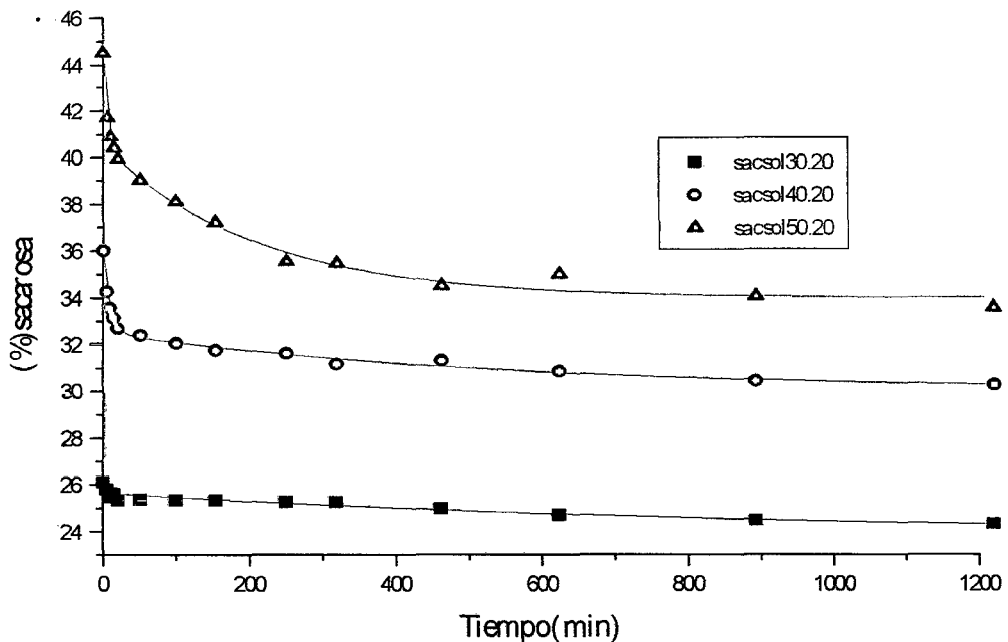


Figura 13. Comportamiento de la concentración de sacarosa en la solución durante el deshidratado osmótico utilizando soluciones mixtas NaCl (20, 23 y 26 g/100 ml. solución) y sacarosa (30, 40 y 50 g/100 ml. solución) con R/V: 4/1

En la **Figura 13** se observa que el contenido de sacarosa en la solución decrece hasta un tiempo dado, luego tiende a estabilizarse la pérdida de la misma desde la solución así como la ganancia de sacarosa en el músculo, la concentración de sacarosa disminuye en la solución por el transporte existente en el medio osmótico.

4.5.2.4 Efecto de la concentración de NaCl

Los resultados de los valores de la concentración de sal en el músculo de camarón deshidratado durante los ensayos a 20°C y R/V: 4/1, se presentan en la **Figura 14**, verificándose un rápido aumento de la concentración de sal en los primeros 600 min., tiempo a partir del cual el aumento es lento y se hace constante. **Igarashi y Kieckbusch (2000); Raoult-Wack (1994) y Medina (1998)** reportaron que la mayor

velocidad de entrada de sal al inicio del proceso se debe a una fuerza motriz inicial, originada por una gran diferencia de concentración entre la solución osmótica y el material, la fuerza impulsora decrece mientras ocurre el proceso, no solo debido a un incremento de concentración de sal en el material, sino como consecuencia de la dilución de la salmuera por la migración de agua, existiendo una competencia entre los dos solutos. **Torreggiani (1993)** menciona que la adición de sal en la solución osmótica incrementa la fuerza impulsora en el deshidratado osmótico debido a la capacidad de la sal de disminuir el a_w , efectos sinérgicos entre el NaCl y sacarosa también han sido observados.

Igarashi y Kieckbusch (2000) observaron que a partir de 8 horas la concentración de sal se mantiene casi constante, confirmando que la ganancia de sólidos es mayor al inicio del proceso y disminuye con el tiempo. En los resultados obtenidos la curva tiende a hacerse constante a partir de los 600 min.

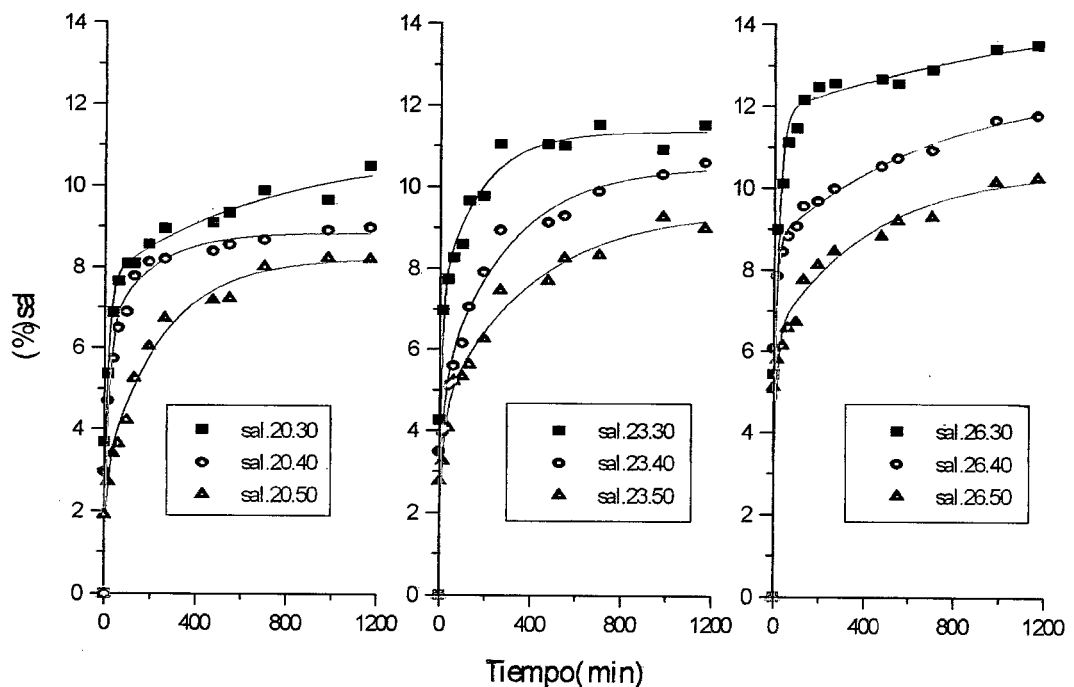


Figura 14. **Efecto de la concentración de NaCl durante el deshidratado osmótico del músculo de camarón gigante inmerso en soluciones mixtas NaCl (20, 23 y 26 g/100 ml. solución) y sacarosa (30, 40 y 50 g/100 ml. solución) con R/V: 4/1**

En la **Figura 14** se aprecia que para contenidos bajos de sacarosa, la ganancia de sal se incrementa marcadamente con el contenido de sal. Para altos contenidos de sacarosa, la ganancia de sal fue menos dependiente del contenido de sal en la solución, tendiendo a ser constante. **Collignan y Raoult-Wack (1994)** reportaron comportamiento similar para bacalao, donde la ganancia de sal fue mucho menor, debido a la presencia de azúcar que puede impedir la entrada de sal; este efecto puede relacionarse a la formación de una capa de sacarosa superficial concentrada, también puede ser debida al encogimiento de la matriz observado cuando la velocidad de eliminación de agua es alto. El uso de soluto de elevado peso molecular (azúcar) junto con sal permitió mejor control de la entrada de sal. **Bohuon et al. (1998)** mencionan que la agitación no tiene efecto en la ganancia de sal, y que la sacarosa tiende a retardar grandemente el transporte de NaCl, lo cual puede ser consecuencia de la viscosidad de la solución que afecta la difusividad del NaCl.

Medina (1998) reportó para filete de tilapia valores de 10.0 – 8.0 gr sal/ 100 gr (b.h.) mientras que en el músculo de camarón deshidratado se obtuvo valores de 12.84 - 7.91 gr sal/ 100 gr (b.h.). **Curry et al. (1976)** citados por **Jayaraman et al. (1990)** indican que los iones de NaCl penetran al tejido durante el remojo y se reasocian como cristales durante el secado e inciden en el comportamiento celular durante la rehidratación, incrementándose la atracción de agua, resultando en un incremento del flujo en el tejido y por consiguiente mejorando la rehidratación.

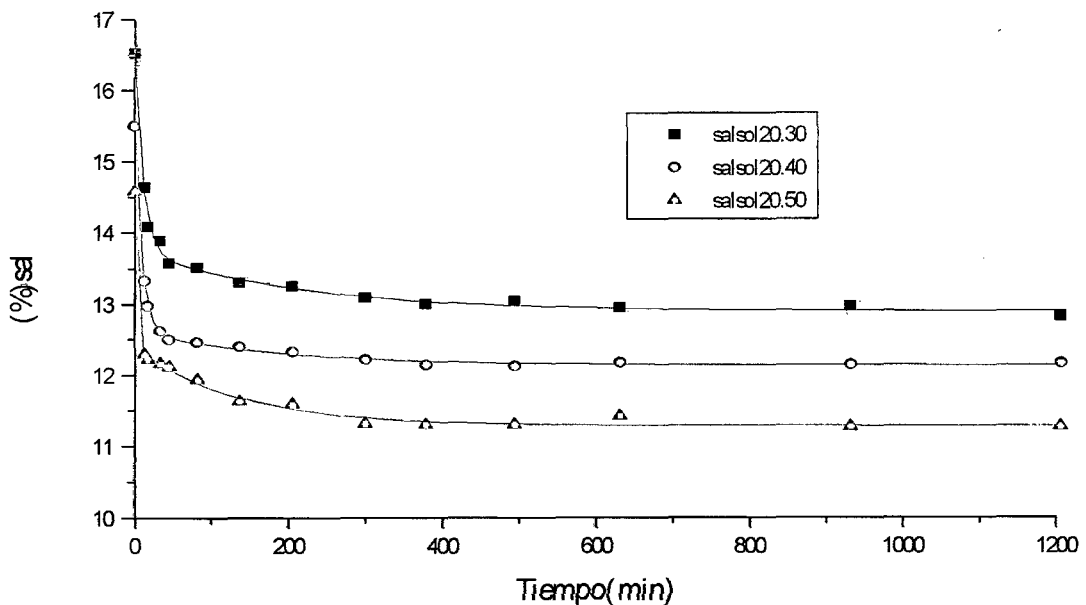


Figura 15. **Comportamiento de la concentración de NaCl en la solución durante el deshidratado osmótico utilizando soluciones mixtas NaCl (20, 23 y 26 g/100 ml. solución) y sacarosa (30, 40 y 50 g/100 ml. solución) con R/V: 4/1**

En la **Figura 15**, con respecto al comportamiento del contenido de sal en la solución ternaria se ve que decrece con el tiempo, esto como consecuencia del paso de sal desde la solución al músculo y salida de agua del mismo hacia la solución, lo que origina la dilución de la solución.

4.5.3 Difusividad

Con el objeto de tener un adecuado conocimiento del transporte de agua y de los solutos, es utilizado normalmente en deshidratación osmótica el modelo de pseudodifusión de Fick (1992), en el cual se asume que el tejido es homogéneo y los flujos de los diversos componentes son independientes entre si, modelo usado también por **Moyano y Galvez (1998)** para el deshidratado osmótico de queso, entre otros autores.

4.5.3.1 Difusividad aparente de la sacarosa en el músculo de camarón gigante

Con respecto a la Difusividad aparente de la sacarosa en el músculo de camarón se observa que existe mayor difusividad cuando la concentración de sacarosa es menor, coincidiendo con lo manifestado por **Collignan et al. (2001)**. Este fenómeno es debido a la formación de una capa altamente concentrada de azúcar en el producto alimenticio, que reduce sustancialmente el coeficiente de difusión. Otro factor es la viscosidad (**Torreggiani, 1993**).

Cuadro 10: **Valores de difusividad aparente de la sacarosa en el músculo de camarón (*Macrobrachium rosenbergii*) inmerso en soluciones binarias de sacarosa (30, 40 y 50 g/ 100 ml. solución) con R/V: 4/1.**

Concentración de sacarosa	Difusividad (x 10 ⁻⁹ m ² /s)
30	1.9928
40	1.0809
50	0.8998

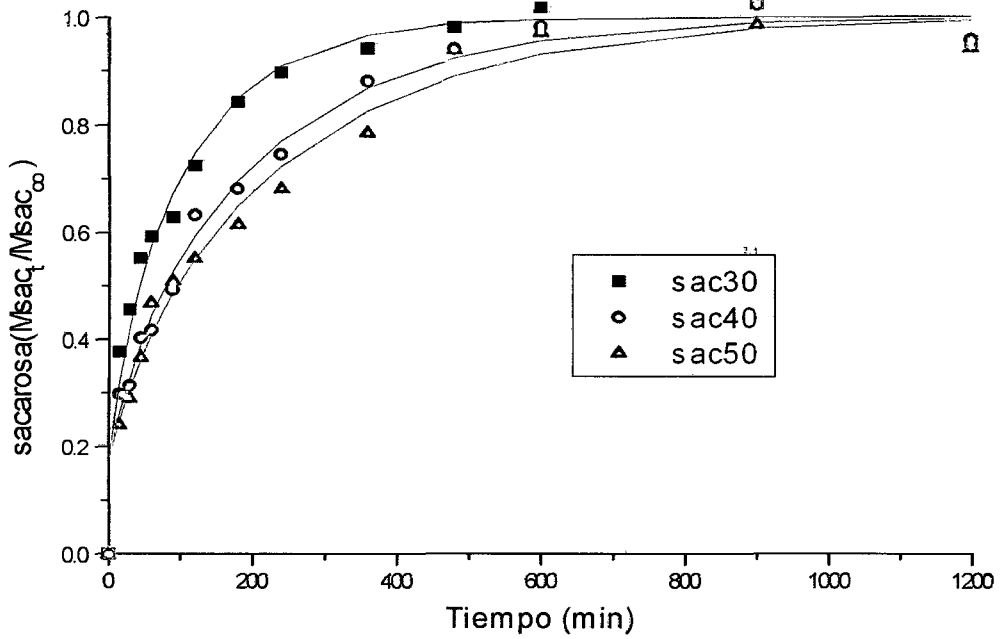


Figura 16. Valores adimensionales de la penetración de sacarosa. Líneas continuas son los valores obtenidos a partir de la ecuación 03

4.5.3.2 Difusividad aparente de NaCl en el músculo de camarón gigante

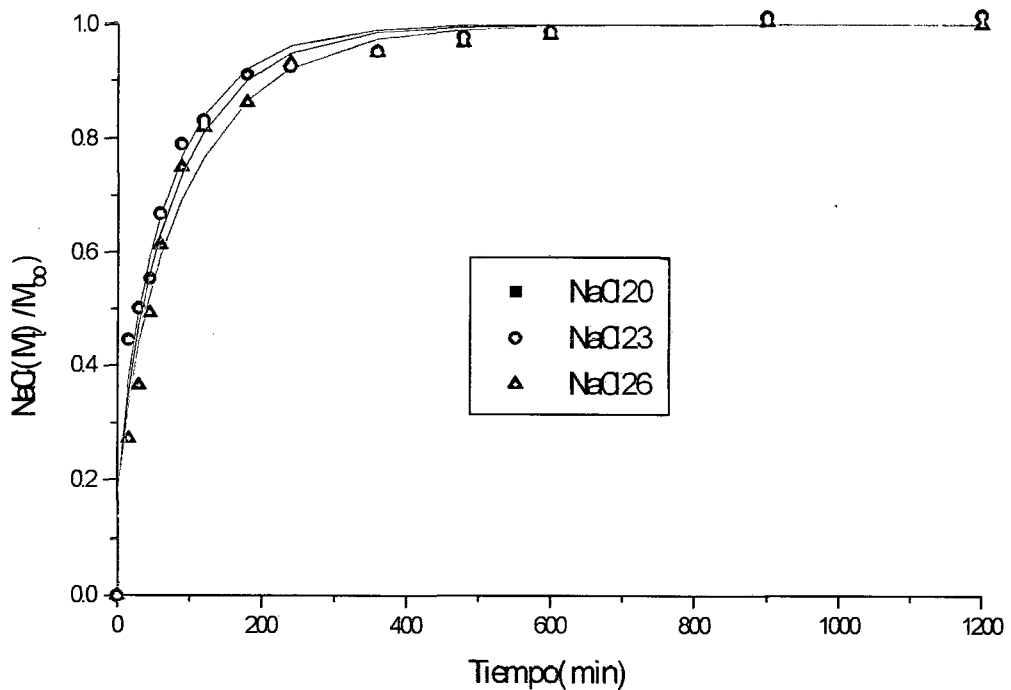


Figura 17. Valores adimensionales de la penetración de sal. Líneas continuas son los valores obtenidos a partir de la ecuación 03.

Con respecto a la difusividad del NaCl en el músculo de camarón se tiene que a medida que se incrementa la concentración de sal la difusividad aumenta pero luego decae, según los datos reportados en el **Cuadro 11**, observándose mayor difusividad para 23 g/ 100 ml. solución de sal.

Cuadro 11: Valores de difusividad aparente de NaCl en el músculo de camarón (*Macrobrachium rosenbergii*) inmerso en soluciones mixtas de NaCl (20, 23 y 26 g/100 ml. solución) y sacarosa (30, 40 y 50 g/100 ml. solución) con R/V: 4/1

Concentración de NaCl	Difusividad (x 10 ⁻⁹ m ² /s)
20	2.5503
23	2.8741
26	2.1503

Este comportamiento es diferente a lo indicado por diversos autores que estudiaron la deshidratación osmótica de pescado, donde el comportamiento fue inverso llegando a aumentar la difusividad cuanto mayor era la concentración de sal. Esto puede deberse a la diferencia en la composición química de la materia prima estudiada.

A la fecha no existen trabajos que indiquen valores de Difusividad para camarón y muy pocos para peces y productos vegetales, en general

4.5.4 Efectos de la ganancia de sal, sacarosa y agua en el músculo de camarón deshidratado osmóticamente.

4.5.4.1 Efectos en la ganancia de sacarosa.

En la **Figura 18** se observa que a medida que aumenta la concentración de sal la ganancia de sacarosa decrece, comportamiento contrario se aprecia cuando aumenta la concentración de sacarosa; en función a los dos componentes la tendencia de la ganancia de sacarosa se incrementa cuando la concentración de sal es bajo y la de sacarosa alto.

Se obtiene mayor ganancia de sacarosa con valores de 6 a 12 g/100 ml. de sal para todas las concentraciones de sacarosa, **Bohuon et al. (1998)** reportan que la ganancia de sacarosa está en función de la concentración de sacarosa y crece logaritmicamente hasta un límite de concentración de 2.5 molal de sacarosa.

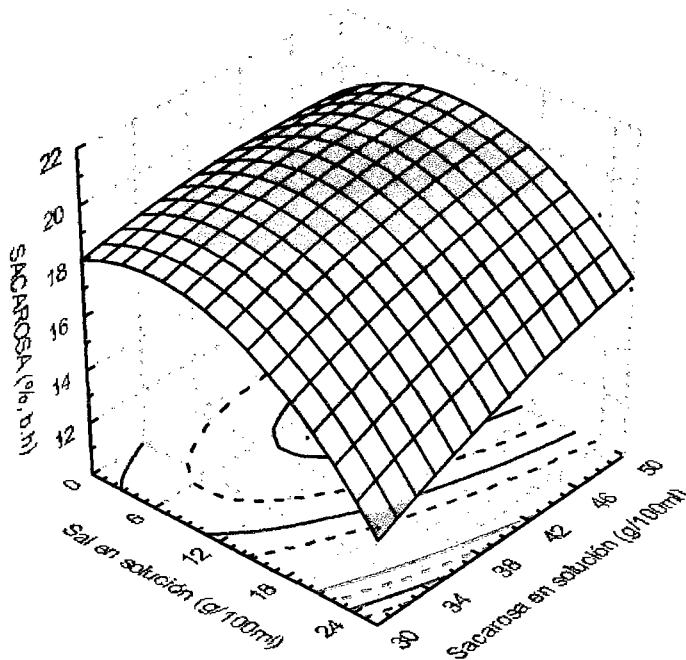


Figura 18. Superficie de respuesta del contenido de sacarosa en el músculo a 10 horas de proceso.

Además, el punto de ganancia de sacarosa alcanza un valor que es independiente de la concentración de sacarosa. La concentración de NaCl afecta sólo levemente a la ganancia de sacarosa. El resultado obtenido en la bibliografía es diferente al encontrado en este trabajo, debido quizá al tipo de sal utilizada, NaCl y no KCl, y por tratarse de sistemas modelo (geles) mientras que el camarón tiene diferente composición química y también geometría diferente.

En la **Figura 18** se observa que la ganancia de sacarosa es dependiente de la concentración inicial de sal y sacarosa notándose este fenómeno en los valores de 6 a 12 g/100 ml. solución de sal.

4.5.4.2 Efectos en la ganancia de sal

En la **Figura 15** la ganancia de sal es mayor cuando la concentración de sal es alto con concentraciones bajas de sacarosa, y es dependiente de la concentración de sacarosa.

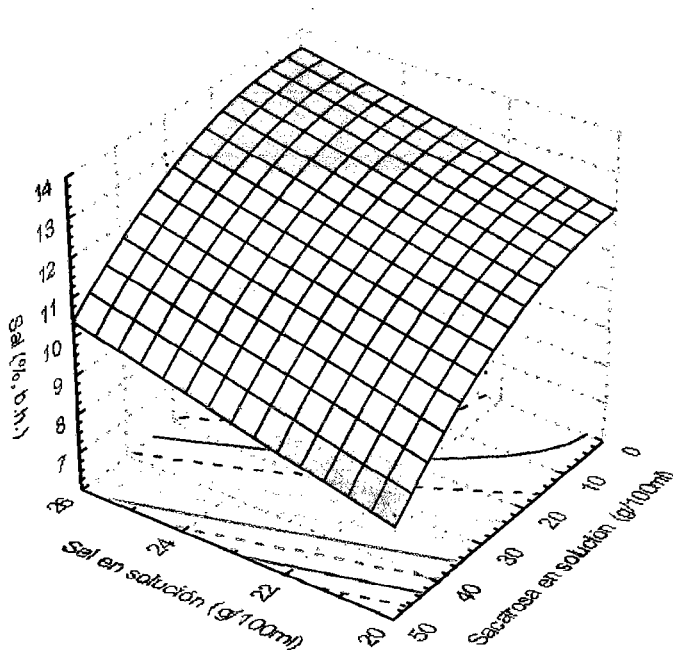


Figura 19. **Superficie respuesta del contenido de sal en el músculo a 10 horas de proceso de deshidratación osmótica**

En la **Figura 19** se observa que a 26 g/100 ml. solución de sal se registra la mayor ganancia de sal en el músculo **Bohuon et al. (1998)** mencionan que con altas concentraciones de NaCl y sacarosa en muchas situaciones la ganancia de sal limita significativamente la impregnación de la sacarosa. Estos resultados confirman observaciones previas realizadas en productos carnicos tratados con soluciones ternarias (**Collignan y Raoult-Wack, 1994**), tal fenómeno puede ser explicado por las propiedades de transporte de masa del sistema NaCl-sacarosa-agua.

4.5.4.3 Efectos sobre la humedad

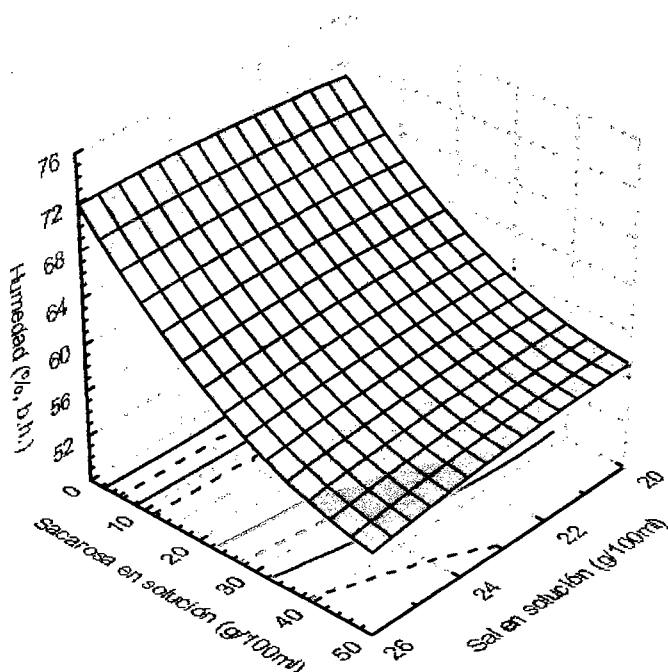


Figura 20. Superficie respuesta del contenido de agua en el músculo a 10 horas de proceso

La humedad es menor cuando la concentración de sacarosa aumenta, independientemente de la concentración de sal, la sal afecta levemente la pérdida de agua

El efecto de la concentración de sal y sacarosa sobre la difusión es presentada en la **Figura 20**, donde se observa una gran influencia de la alta

concentración de sacarosa y menor influencia de la concentración de sal, a mayor concentración de sacarosa y menor concentración de sal la difusividad del agua es mayor, esto debido a la diferencia de presión osmótica existente en el medio. Estos valores se ajustaron muy bien a un modelo cuadrático tal como se indica en el **Cuadro 12**.

Cuadro 12: Coeficientes de regresión y análisis de varianza de ecuaciones polinomiales de segundo orden .

Coeficiente de Regresión		Sacarosa	Sal	Agua
β_0		8.300973	7.151115	34.80316
Lineal	β_0	0.054975*	0.173433*	2.92246
	β_1	0.445299*	- 0.045411	- 0.37650*
Cuadrática	β_0	- 0.017755*	0.002639	- 0.05889
	β_1	-0.00489	- 0.001713*	0.00597*
Interacción	β_0	- 0.000077	0.002131	- 0.01229

4.6. FLUJOGRAMA CONTENIENDO LA SECUENCIA DE LAS ETAPAS PARA EL ANÁLISIS DE CAMARÓN DESHIDRATADO OSMÓTICAMENTE

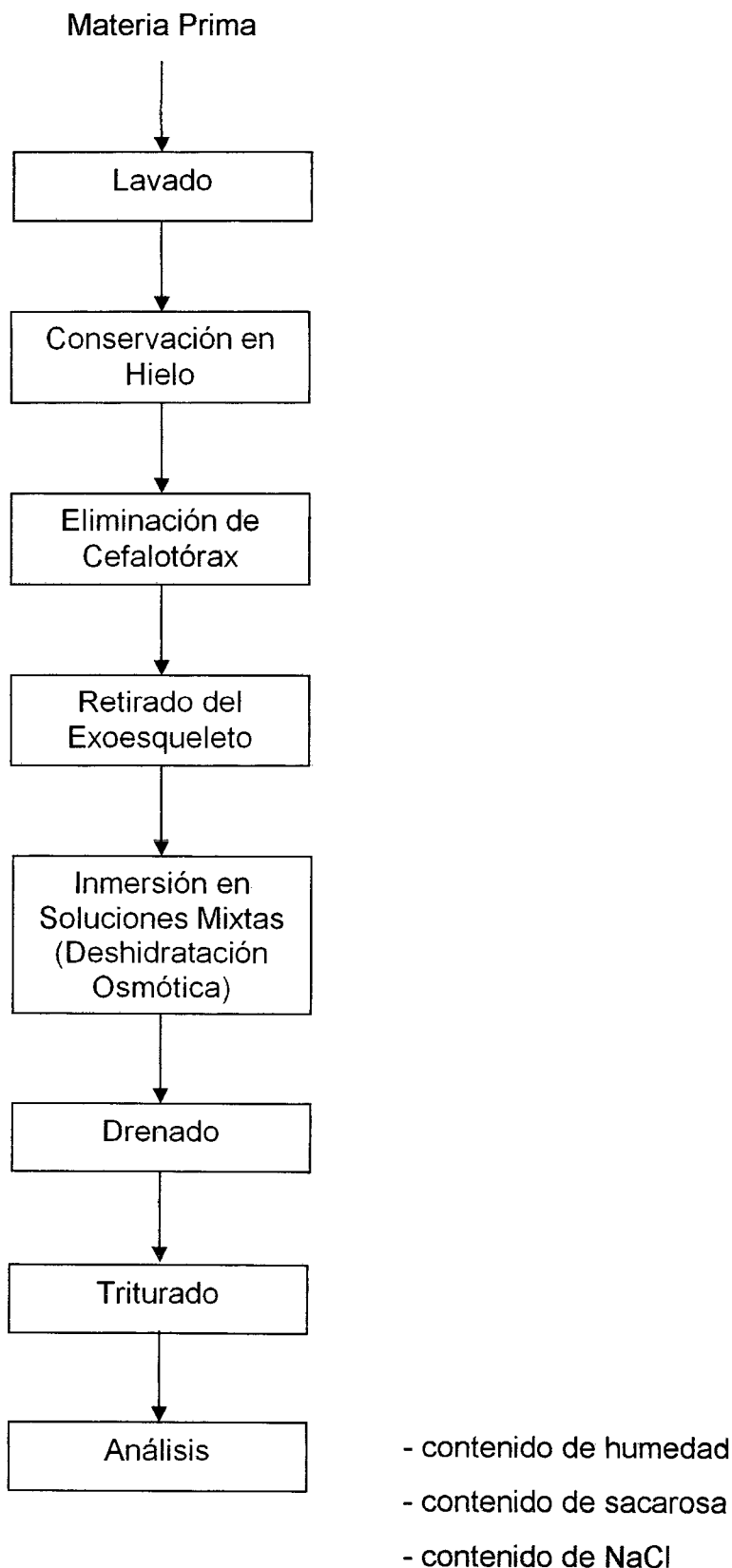


Figura 21 : DIAGRAMA DE LAS ETAPAS PARA LOS ANÁLISIS

4.7 FLUJOGRAMA PARA LA OBTENCIÓN DEL MÚSCULO DE CAMARÓN DESHIDRATADO OSMÓTICAMENTE Y SU RESPECTIVO BALANCE DE MATERIA

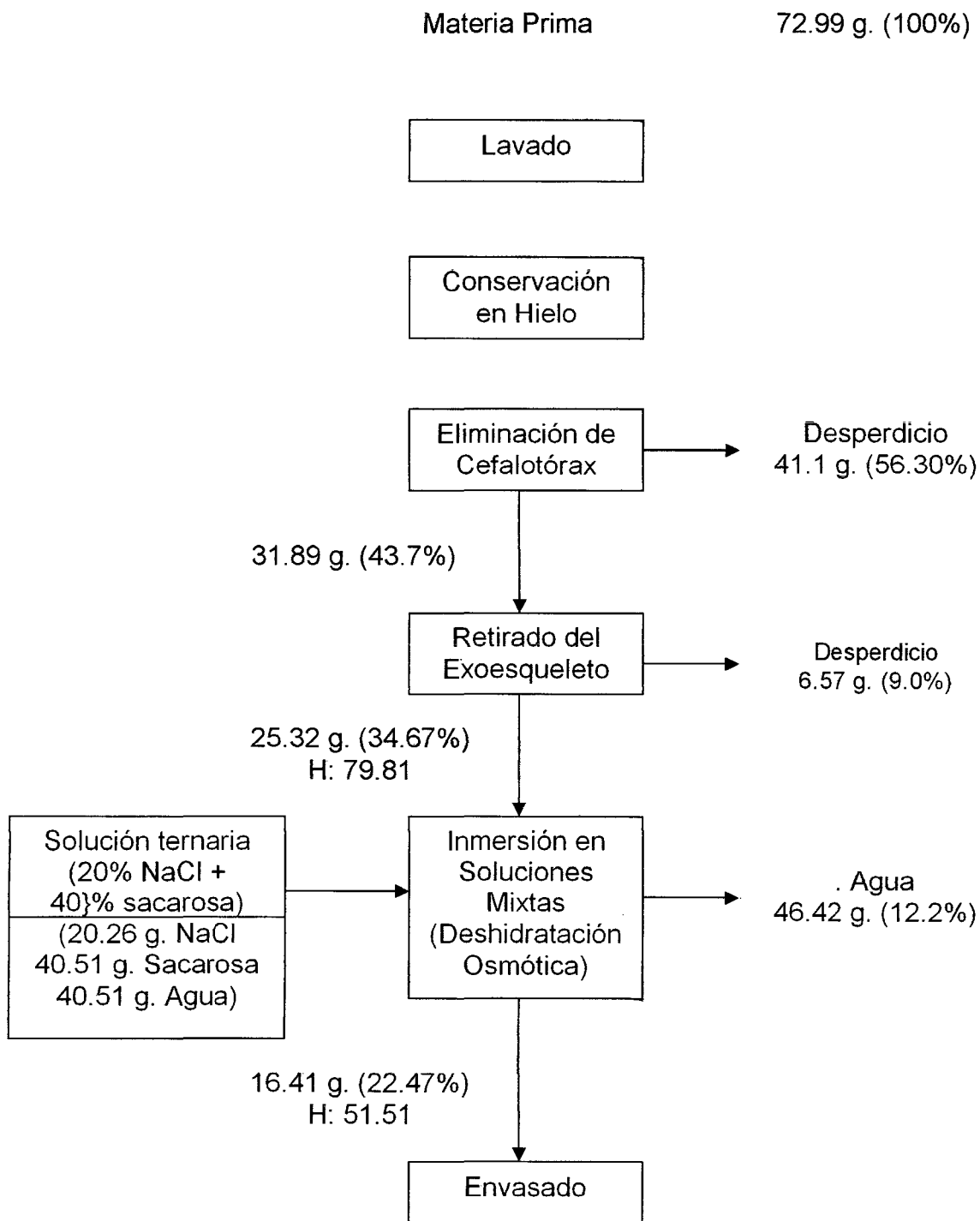


Figura 22 : DIAGRAMA DE FLUJO DE OPERACIONES Y BALANCE DE MATERIA

Para el proceso de deshidratado osmótico del músculo de camarón gigante de Malasia se obtuvo un rendimiento de 22.47%

4.8 ANÁLISIS SENSORIAL PARA MÚSCULO DE CAMARÓN DESHIDRATADO OSMÓTICAMENTE.

El análisis sensorial se realizó para los 9 tratamientos. Para determinar el mejor tratamiento se contó con la participación de 10 panelistas semientrenados, los mismos que evaluaron, a través de una ficha los atributos de color, olor, textura y apariencia general del músculo deshidratado osmóticamente.

4.8.1 Análisis de varianza

Para la elección del mejor tratamiento se realizó un análisis sensorial según el diseño de bloques completamente al azar (DBCA). Por encontrarse diferencia significativa entre los tratamientos, se realizó la prueba de promedios de Tuckey al 5% de probabilidad, encontrándose los resultados que se presentan en el **Cuadro 13**.

En el **Cuadro 13** se aprecia que existe diferencia significativa entre los tratamientos, por ello se sometió los resultados a la prueba de Tuckey al 5% de probabilidad. A excepción de los atributos apariencia general y color que presentaron resultado no significativo en todos los tratamientos; se observa que en los atributos textura y olor existe diferencia significativa para los bloques (jueces).

Cuadro 13: ANVA para las características de color, olor, textura y apariencia general de los 9 tratamientos del músculo de camarón deshidratado osmóticamente

Atributos	Fuente de Variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F calculada	F 0.05	Nivel de Significancia
APARIENCIA GENERAL	JUECES	11	23.44	2.13	1.41	4.69	N.S
	TRATAMIENTOS	8	16.8	2.1	1.39	4.4	
	Conc. NaCl	2	2.02	1.01	0.67	2.82	N.S
	Conc. Sacarosa	2	4.24	2.12	1.4	2.82	N.S
	Conc. NaCl x Conc, sacarosa	4	10.54	2.64	1.75	3.72	N.S
	ERROR EXPERIMENTAL	88	132.98	1.51			
	TOTAL	107	173.22				
COLOR	JUECES	11	19.56	1.78	1.42	4.69	N.S
	TRATAMIENTOS	8	15.17	1.9	1.52	4.4	
	Conc. NaCl	2	0.5	0.25	0.2	2.82	N.S
	Conc. Sacarosa	2	2	1	0.8	2.82	N.S
	Conc. NaCl x Conc, sacarosa	4	12.67	3.17	2.54	3.72	N.S
	ERROR EXPERIMENTAL	88	109.94	1.25			
	TOTAL	107	144.6				
OLOR	JUECES	11	20.25	1.84	2.75	4.69	N.S
	TRATAMIENTOS	8	23.17	2.9	4.33	4.4	
	Conc. NaCl	2	15.39	7.7	11.49	2.82	*
	Conc. Sacarosa	2	3.39	1.7	2.54	2.82	*
	Conc. NaCl x Conc, sacarosa	4	4.39	1.1	1.64	3.72	N.S
	ERROR EXPERIMENTAL	88	58.83	0.67			
	TOTAL	107	102.83				
TEXTURA	JUECES	11	60.19	5.47	5.22	4.69	*
	TRATAMIENTOS	8	25.02	3.13	2.98	4.4	
	Conc. NaCl	2	20.77	10.39	9.9	2.82	*
	Conc. Sacarosa	2	0.91	0.46	0.44	2.82	N.S
	Conc. NaCl x Conc, sacarosa	4	3.34	0.84	0.8	3.72	N.S
	ERROR EXPERIMENTAL	88	92.31	1.05			
	TOTAL	107	177.52				

Cuadro 14: ANVA para las características de color y apariencia general de los 9 tratamientos del músculo de camarón deshidratado osmóticamente, presentados en envases de vidrio

Atributos	Fuente de Variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado Medio	F calculada	F 0.05	Nivel de significancia
APARIENCIA GENERAL	JUECES	11	31.22	2.84	2.96	4.69	N.S
	TRATAMIENTOS	8	24.33	3.67	3.82	4.4	
	Conc. NaCl	2	13.17	6.59	6.86	2.82	*
	Conc. Sacarosa	2	10.17	5.09	5.3	2.82	*
	Conc. NaCl x Conc, sacarosa	4	2.99	0.75	0.78	3.72	N.S
	ERROR EXPERIMENTAL	88	84.44	0.96			
	TOTAL	107	139.99				
COLOR	JUECES	11	24.32	2.21	2.03	4.69	N.S
	TRATAMIENTOS	8	29.19	3.65	3.35	4.4	
	Conc. NaCl	2	18.97	9.49	8.71	2.82	*
	Conc. Sacarosa	2	8.13	4.07	3.73	2.82	*
	Conc. NaCl x Conc, sacarosa	4	2.09	0.52	0.48	3.72	N.S
	ERROR EXPERIMENTAL	88	95.93	1.09			
	TOTAL	107	146.44				

En el **Cuadro 14** se aprecia los resultados del ANVA para camarón gigante envasado en frascos de vidrio, el mismo que denota diferencia significativa entre los tratamientos, por ello se sometió los resultados a la prueba de Tuckey al 5% de probabilidad

Los resultados promedios obtenidos de la evaluación sensorial con jueces semientrenados se muestran donse el **Cuadro 15** hasta el **cuadro 18**.

Cuadro 15: Resultados ordenados en forma descendente de acuerdo a los promedios obtenidos en el análisis sensorial del atributo APARIENCIA GENERAL

Características	Concentración		Tratamiento	Promedio ordenado
	NaCl	Sacarosa		
Apariencia general	20	30	A	0.67
	23	30	D	0.67
	26	40	H	0.50
	26	50	I	0.50
	20	40	B	0.42
	26	30	G	0.17
	23	50	F	-0.08
	20	50	C	-0.33
	23	40	E	-0.42

En el **Cuadro 15** se observa que no hay diferencia significativa entre los promedios ordenados, considerándose como el tratamiento mejor aceptado por los panelistas el de 20g/100 ml. solución de NaCl con 30 g/100 ml. solución de sacarosa. obtuvo calificaciones más bajas fue el de 23 g/100 ml. solución de NaCl con 40 g/100 ml. solución de sacarosa para la apariencia general .

Cuadro 16: Resultados ordenados en forma descendente de acuerdo a los promedios obtenidos en el análisis sensorial del atributo COLOR.

características	Concentración		Tratamiento	Promedio ordenado
	NaCl	Sacarosa		
Color	26	50	I	0.75
	20	40	B	0.58
	23	30	D	0.58
	20	30	A	0.50
	26	30	G	0.08
	26	40	H	0.08
	23	50	E	0.00
	23	50	F	-0.17
	20	50	C	-0.42

En el **Cuadro 16** se reporta, con respecto al atributo color, que el tratamiento de 26 g/100 ml. solución NaCl con 50 g/100 ml. solución sacarosa fue el más aceptado por los panelistas y el de menor aceptación el de 20 g/100 ml. solución de NaCl con 50 g/100 ml. solución sacarosa por presentar promedios más bajos con respecto a los demás tratamientos.

Cuadro 17: Resultados ordenados en forma descendente de acuerdo a los promedios obtenidos en el análisis sensorial del atributo OLOR

Características	Concentración		Tratamiento	Promedio ordenado	Significancia
	NaCl	sacarosa			
Olor	20	30	A	0.5	A
	20	40	B	0.5	A
	26	50	I	0.5	A
	26	40	H	0.33	A
	20	50	C	0.25	A
	26	30	G	0.00	A
	23	50	F	-0.00	A
	23	40	E	-0.25	A
	23	30	D	-1.00	B

En el **Cuadro 17** se observa que existe diferencia significativa entre el tratamiento de 23 g/100 ml. solución NaCl con 30 g/100 ml. solución sacarosa con respecto a los ocho restantes, así mismo vemos que el tratamiento 20 g/100 ml. solución NaCl con 30 g/100 ml. solución sacarosa es el más aceptado y los tratamientos de 23 g/100 ml. solución NaCl con 30, 40 y 50 g/100 ml. solución sacarosa son menos aceptados presentando promedios negativos.

En el **Cuadro 18** el primer tratamiento de 20 g/100 ml. solución NaCl con 40 g/100 ml. solución sacarosa obtuvo mayor grado de aceptabilidad con respecto a la textura. Los tratamientos menos deseados son los de 23 g/100 ml. solución con 30, 40 y 50 g/100 ml. solución sacarosa, más aún el de 23 g/100 ml. solución NaCl con 50 g/100 ml. solución por presentar diferencia significativa con respecto a los demás.

Cuadro 18: Resultados ordenados en forma descendente de acuerdo a los promedios obtenidos en el análisis sensorial del atributo TEXTURA

características	Concentración		Tratamiento	Promedio ordenado	Significancia
	NaCl	sacarosa			
Textura	20	40	B	0.83	A
	26	50	I	0.67	A
	26	30	G	0.5	A
	26	40	H	0.5	A
	20	50	C	0.42	A
	20	30	A	0.17	A
	23	30	D	-0.25	A
	23	40	E	-0.33	A
	23	50	F	-0.67	B

En el **Cuadro 19** se tiene resultados promedios de apariencia general de los tratamientos evaluados para camarón envasado en el cual se aprecia que el tratamiento de 23 g/100 ml. solución NaCl con 30 g/100 ml. solución sacarosa obtuvo mayor grado de aceptabilidad con respecto a la apariencia general. Los tratamientos menos deseados son los de 20, 23 y 26 g/100 ml. solución NaCl con 50 g/100 ml. solución sacarosa ya que presentan valores negativos, más aún el de 23 g/100 ml. solución NaCl con 50 g/100 ml. solución por presentar diferencia significativa con respecto a los demás.

Cuadro 19: Resultados ordenados en forma descendente de acuerdo a los promedios obtenidos en el análisis sensorial del atributo APARIENCIA GENERAL en camarón envasado

Características	Concentración		Tratamiento	Promedio ordenado	Significancia
	NaCl	sacarosa			
Apariencia general	23	30	D	1.08	A
	20	40	B	.67	Ac
	20	30	A	0.25	Ac
	26	30	G	0.25	Ac
	26	40	H	0.17	Ac
	23	40	E	-0.17	Bc
	20	50	C	-0.33	Bc
	26	50	I	-0.58	Bd
	23	50	F	-0.67	Bd

En el **Cuadro 20** según las apreciaciones de los panelistas con respecto al color, el tratamiento de 20 g/100 ml. solución NaCl con 40 g/100 ml. solución sacarosa obtuvo mayor grado de aceptabilidad a diferencia del tratamiento 23 g/100 ml. solución NaCl con 30 g/100 ml. solución sacarosa que fue el menos aceptado.

Cuadro 20: Resultados ordenados en forma descendente de acuerdo a los promedios obtenidos en el análisis sensorial del atributo COLOR en camarón envasado

Características	Concentración		Tratamiento	Promedio ordenado	Significancia
	NaCl	sacarosa			
Color	20	40	B	0.83	A
	26	40	H	0.75	A
	23	30	A	0.42	A
	26	30	G	0.42	A
	26	50	I	0.08	A
	20	50	C	0.00	A
	23	40	E	-0.08	A
	23	50	F	-0.50	A
	23	30	D	-0.83	B

4.8.2 Superficie de respuesta para el análisis sensorial del músculo de camarón deshidratado osmóticamente

4.8.2.1 Apariencia general

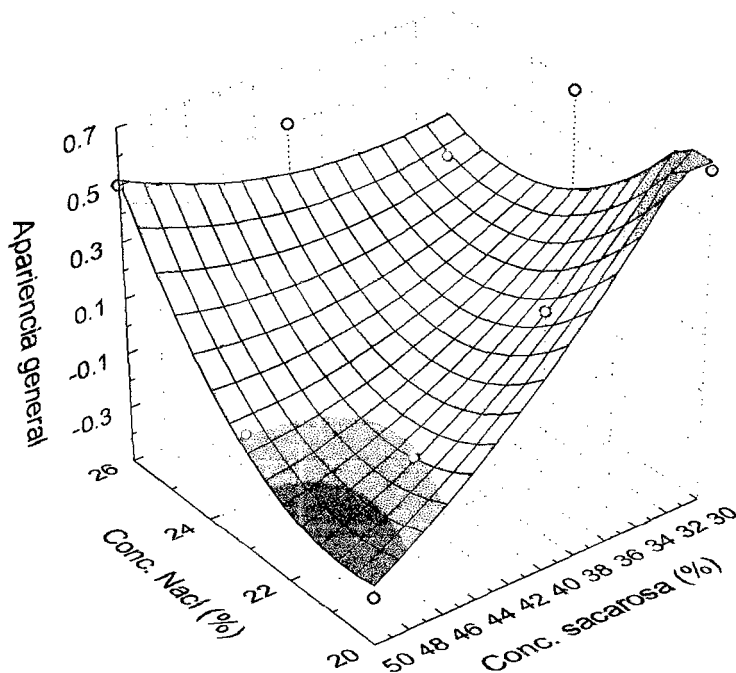


Figura 23. Superficie de respuesta para el atributo Apariencia general del músculo de camarón deshidratado osmóticamente a través del análisis sensorial realizado por panelistas semientrenados

Con respecto a la Apariencia general el mejor tratamiento para el camarón deshidratado osmóticamente fue el tratamiento con concentración de NaCl de 20 y 23 g/ 100 ml. solución y concentración de sacarosa de 30 g/ 100 ml. solución, el cual se aprecia en la **Figura 23**.

La ecuación que representa la superficie de respuesta del atributo apariencia general la siguiente:

$$Z = 27.79 - 1.78x + 0.03x^2 - 0.36y + 0.001y^2 + 0.01x*y$$

Donde:

X = Concentración de NaCl (g/100 ml. solución)

Y = Concentración de sacarosa (g/100 ml. solución)

4.8.2.2 Color

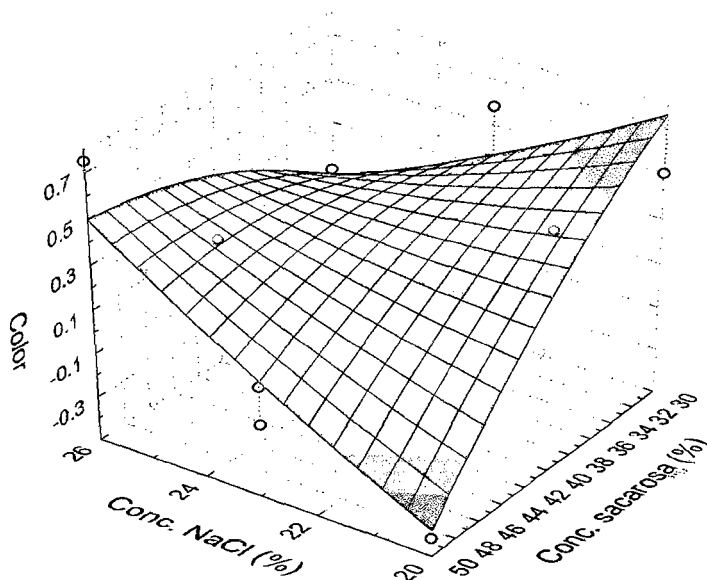


Figura 24. Superficie de respuesta para el atributo Color del músculo de camarón deshidratado osmoticamente a través del análisis sensorial realizado por panelistas semientrenados

En cuanto al Color se reportó como mejor tratamiento el de concentración de 20g NaCl /100 ml. solución y sacarosa de 40 g/100 ml. solución y NaCl de 26 g/100 ml solución y concentración sacarosa de 40 g/100 ml. solución, la misma que se muestra en la **Figura 24**.

La ecuación que representa la superficie de respuesta del atributo color es la siguiente:

$$Z = 13.21 - 0.69x + 0.004x^2 - 0.24y - 0.001y^2 + 0.01xy$$

Donde:

X = Concentración de NaCl (g/100 ml. solución)

Y = Concentración de sacarosa (g/100 ml. solución)

4.8.2.3 Olor

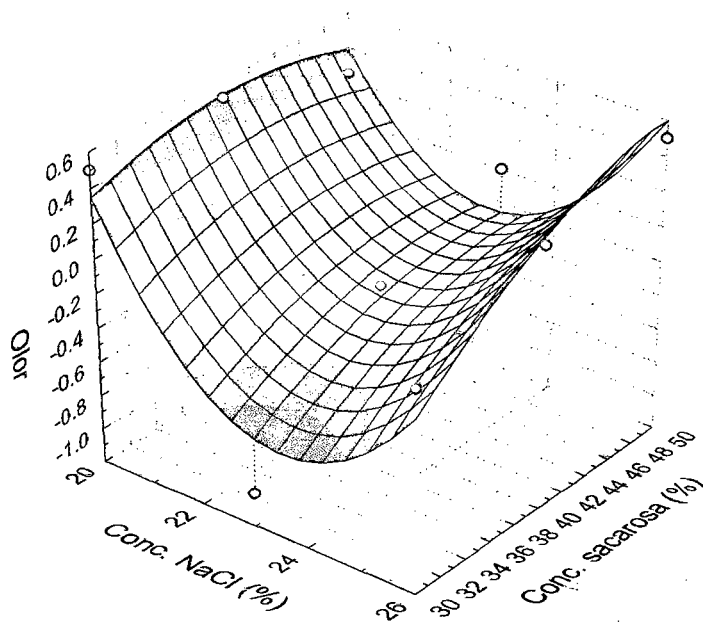


Figura 25. Superficie de respuesta para el atributo Olor del músculo de camarón deshidratado osmóticamente a través del análisis sensorial realizado por panelistas semientrenados

Para el atributo olor los mejores tratamientos fueron con concentración de NaCl de 20 g/100 ml. solución así como también concentración sacarosa al 30 y 40 g/100 ml. solución, y el tratamiento de NaCl al 26 g/100 ml. solución y concentración sacarosa al 50 g/100 ml. solución que presenta la superficie d respuesta de este atributo es:

$$z=13.21-0.69*x+0.004*x^2-0.24*y-0.001*y^2+0.01*x*y$$

Donde:

X = Concentración de NaCl (g/100 ml. solución)

Y = Concentración de sacarosa (g/100 ml. solución)

4.8.2.4 Textura

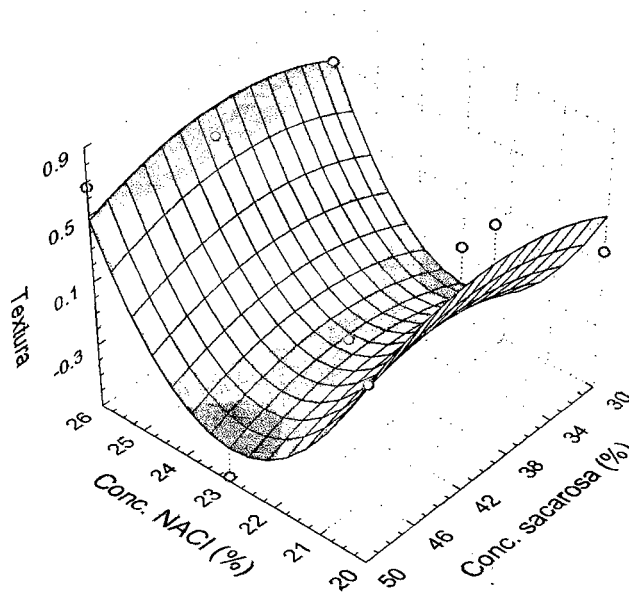


Figura 26. Superficie de respuesta para el atributo Textura del músculo de camarón deshidratado osmoticamente a través del análisis sensorial realizado por panelistas semientrenados

La concentración de 20 g NaCl /100 ml. solución y concentración sacarosa de 40 g/100 ml. solución fue el mejor tratamiento en cuanto a la textura, lo cual se aprecia en la **Figura 26**

La ecuación que representa la superficie de respuesta del atributo color es la siguiente:

$$z=50.45-4.72*x+0.10*x^2+.17*y-0.002*y^2-0.0007*x*y$$

Donde:

X = Concentración de NaCl (g/100 ml. solución)

Y = Concentración de sacarosa (g/100 ml. solución)

Para camarón envasado

4.8.2.5 Apariencia general

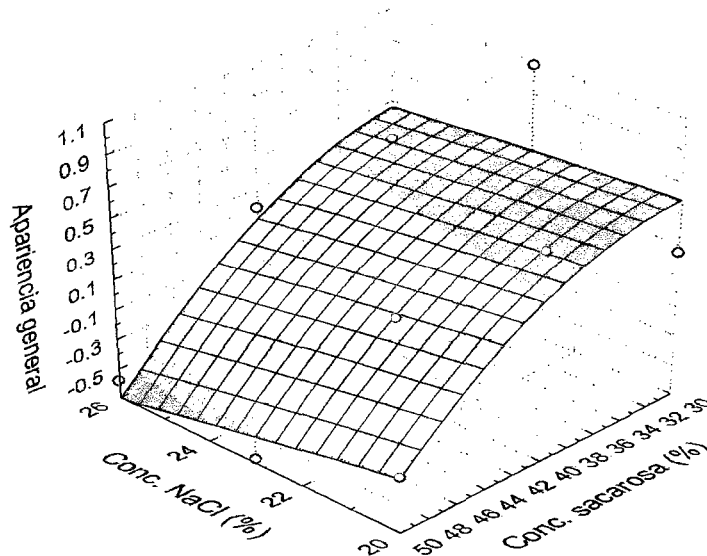


Figura 27. Superficie de respuesta para el atributo Apariencia general del músculo de camarón deshidratado osmóticamente envasado, a través del análisis sensorial realizado por panelistas semientrenados

La concentración de 23 g sal/ 100 ml. solución y concentración de sacarosa de 30. g/ 100 ml. solución, fue el mejor tratamiento en cuanto a la apariencia general según las apreciaciones de los panelistas.

La ecuación que representa la superficie de respuesta del atributo color es la siguiente:

$$z = -2.69 + 0.08 * x - 0.0009 * x^2 + 0.17 * y - 0.002 * y^2 - 0.002 * x * y$$

Donde:

X = Concentración de NaCl (g/100 ml. solución)

Y = Concentración de sacarosa (g/100 ml. solución)

4.8.2.6 Color

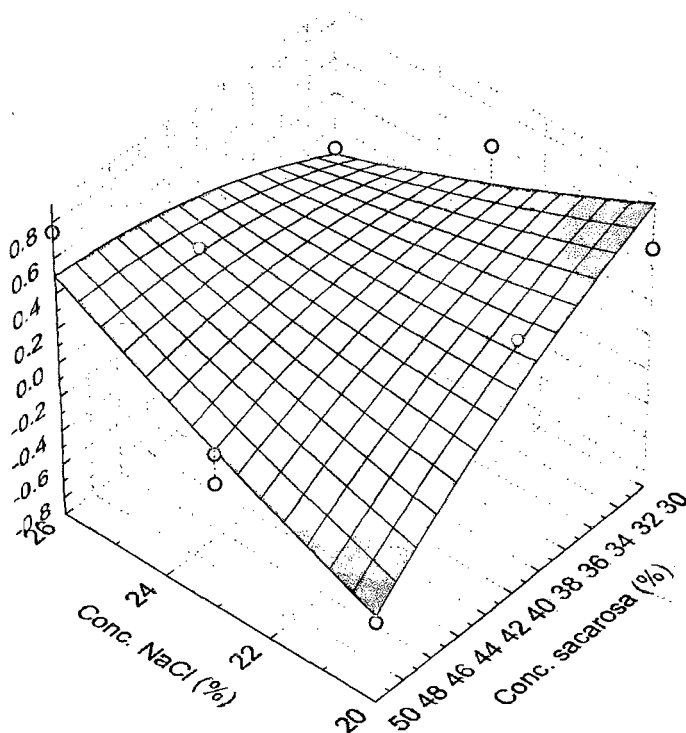


Figura 28. Superficie de respuesta para el atributo Color del músculo de camarón deshidratado osmóticamente y envasado, a través del análisis sensorial realizado por panelistas semientrenados

La concentración NaCl de 20 g/100 ml. solución y concentración sacarosa de 40 g/100 ml. solución, fue el mejor tratamiento en cuanto al color, según las apreciaciones de los panelistas.

La ecuación que representa la superficie de respuesta del atributo color es la siguiente:

$$z=13.21-0.69*x+0.004*x^2-0.24*y-0.001*y^2+.01*x*y$$

Donde:

X = Concentración de NaCl (g/100 ml. solución)

Y = Concentración de sacarosa (g/100 ml. solución)

A través de las graficas de superficie de respuesta y en las pruebas de promedios realizados se puede notar que el tratamiento de concentración de NaCl de 23 g/100 ml. sacarosa de 40 g/100 ml. en solución, fue elmas adecuado. Este tratamiento mantiene mejor los atributos evaluados del camarón deshidratado osmóticamente.



Figura 29. Camarón deshidratado osmóticamente con soluciones de NaCl 20g/100 ml. solución y sacarosa 40 g/100 ml. solución

4.9 Control Microbiológico

Los resultados del análisis microbiológico se muestran en el cuadro 21:

Cuadro 21: **Análisis Microbiológico de camarón deshidratado osmóticamente**

Determinaciones	Encontrado		Permisible	
	Ufc/g.	NMP/g.	Ufc/g.	NMP/g.
Coliformes Totales	-	40	-	$10^2 - 10^3$
<i>Salmonella sp.</i>	A/25g.		A/25g.	
Mohos	$2,4 \times 10^2$		$10^2 - 10^4$	
Levaduras	A		$10^3 - 10^4$	

Fuente: Dirección Regional de Salud – San Martín

Método:

Recuento de placa

Número más probable (NMP)

Nota:

A : Significa ausencia

El análisis microbiológico realizado por la Dirección Regional de Salud de San Martín, consistió básicamente en pruebas para determinar microorganismos indicadores como Coliformes totales, que son microorganismos indicadores de contaminación fecal; *Salmonella sp.*, mohos y levaduras, que son microorganismos indicadores de procesamiento y conservación inadecuados. Del **Cuadro 21**, podemos notar que las muestras analizadas cumplen con los requisitos de calidad sanitaria indicada por la Dirección General de Salud Ambiental (DIGESA) para este tipo de producto, con lo cual se demuestra que el grado de asepsia seguida durante el proceso fue adecuada .

V. CONCLUSIONES

En base a los resultados presentados en el presente trabajo se puede concluir que:

- En el músculo de camarón deshidratado osmóticamente en las condiciones fijadas, se alcanzaron valores de a_w de 0.86 a 0.83; humedad de 58 a 50 %; contenido de NaCl de 8.0 a 13 %; contenido de sacarosa de 11.5 a 20; pérdida de peso de 20 a 35; difusividad de sacarosa 1.99 a $0.89 \times 10^{-9} \text{ m}^2/\text{s}$; difusividad de NaCl de 2.55 a $2.15 \times 10^{-9} \text{ m}^2/\text{s}$.
- El uso de solutos de alto peso molecular, como la sacarosa, junto con NaCl permitió una buena deshidratación del músculo de camarón gigante.
- Existe una relación directamente proporcional de la concentración de sal y sacarosa en el tiempo de deshidratado osmótico, presentando mayor influencia la sacarosa, con respecto a la sal, que influye levemente en el tiempo de deshidratado.
- La cinética de disminución de a_w en el músculo presentó la existencia de dos zonas, una de alta velocidad de reducción y otra de baja velocidad, tendiendo a valores constantes. Los niveles de a_w alcanzados indican que para su conservación durante tiempos largos, es necesaria la utilización de un proceso adicional como secado, refrigeración o congelación.
- Las concentraciones iniciales de sal y sacarosa en el músculo de camarón influyen significativamente ($p > 0.05$) en los valores de a_w , humedad, contenido de sal, contenido de sacarosa y pérdida de agua.
- La pérdida de peso porcentual, del músculo para las condiciones de estudio referido al peso inicial, muestra valores máximos, que fluctuaron entre 12 a 30 %, siendo la concentración inicial de sacarosa fue la variable que presenta influencia que la sal.

- La ecuación de Fick para cilindro infinito permitió modelar adecuadamente la cinética de deshidratado osmótico del músculo de camarón gigante. Los valores de Difusividad aparente del agua, obtenidos mediante la segunda ley de Fick fueron coherentes con los indicados en estudios efectuados utilizando filete de tilapia y otras especies de peces, también mostraron buena concordancia con los datos experimentales.
- El rendimiento del camarón deshidratado osmóticamente con respecto a la materia prima fue de 22.47 %.
- El tratamiento de mejor aceptación, determinado a través del análisis sensorial, fue el de concentración de NaCl de 20 g/100 ml. solución y concentración de sacarosa de 40 g/100 ml, solución, a temperatura de 20°C, R/V : 4/1 v/v solución/músculo.

VI RECOMENDACIONES

- Se sugiere la instalación de un laboratorio de producción semilla de *Macrobachium rosenbergii* para evitar la carencia del mismo en el mercado, ya que muchas veces se trae de la costa.
- Realizar estudios para el aprovechamiento integral del camarón gigante de Malasia, ya que aparte de su alto valor alimenticio, también se puede extraer productos como saborizantes y aditivos para cosméticos esencialmente por la presencia de quitosana.
- Se sugiere el estudio de tratamientos posteriores al deshidratado osmótico como liofilizado, conservas, deshidratado al vacío o por aire caliente y al mismo tiempo investigar sobre empaques adecuados para prolongar la vida útil del producto

VII REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

1. A. O. A. C. (1990). " Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists". Arlington. VA.
2. Arce Saavedra, T .(1992). "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" U.N.S.M, Tarapoto-Perú.
3. Barbosa-Cánovas, G. y Vega-Mercado, H. (2000). Deshidratación de Alimentos, Edit. Acribia S.A., Zaragoza - España.
4. Beraquet, N.; Jadarosa, M.; Jardim, D. E Lindo, M. (1983). Salga da cavalinha *Scomber japonicus*. Comparacao à Adsorcao desde Alteracoes de qualidade coletanea do instituto de Tecnologia de alimentos. Campinas – Brasil, pp. 175 – 198.
5. Beristain, C; Azuara J; Cortes, R. and Garcia, H. S. (1990) Mass transfer during osmotic dehydration of pineapple rings, International Journal of Food Science and Technology; vol 5; pp. 576-582.
6. Bohuon, P. ; Collignan; A; Rios, G. M and Raoult-Wack, A.L. (1998). Soaking process in ternary liquids: Experimental study of mass trasport under natural and forced convection; Journal of Food Engineering; vol. 37, pp 451 – 469.
7. Box, G. E. P.; Hunter, W. G.; Hunter, J. S. (1976). Statistics for experimenters: an introduction to design, data analysis and model building, New York, Wiley y Sons.
8. Casp, A. y Abril, J. (1999). Conservación de alimentos. Edit. Artes Gráficas Cuesta S.A., España.

9. Collignan, A. and Raoult-Wack; A.L. (1994). Dewatering and salting of cod by immersion in concentrated sugar /salt solutions; *Lebensm. Wiss. U. - Technol*, vol. 27, pp 259 - 264.
10. Collignan, A.; Bohuon, P.; Deumier, F. and Poligne I. (2000). Osmotic treatment of fish and meat products. *Journal of Food Engineering*. Vol. 49, pp 153-162.
11. Coronado, F. (1992). "Determinación de los parámetros termodinámicos para la congelación de camarón gigante (*Macrobrachium rosenbergii*)". UNSM. Tarapoto - Perú.
12. Cortéz, J. (2000). Manual técnico para la elaboración de productos curados a partir de recursos hidrobiológicos amazónicos. I Festival del Pescado "Ahuashiyacu 2000". Tarapoto – Perú.
13. Crank, J. (1975). *The mathematics of diffusion*, 2a ed, Clarendón Press - Oxford. England.
14. Dalla Rosa, M., Pinnaivaia, G. y Lerici, C. R. (1987). La desidratazione della fruta mediante osmosi diretta. *Nottall Esperienze de laboratorio; Industria Conserve*; vol 57, pp 3-7.
15. Del Valle, F. and Nickerson, J. (1967). Studies on salting and drying fish, I. Equilibrium considerations in salting, *Journal of Food Science*, vol. 32, pp 173 -179.
16. Del Valle, F. and Nickerson, J. (1967). Studies on salting and drying fish II Dynamic Aspects of the salting of fish, *Journal of Food Science*, vol. 32, pp 218-224.
17. Desrosier, N. (1998). *Conservación de los Alimentos*. Edit. Acribia-Zaragoza. España.

18. Dirección Regional de Pésquería (2000). Plan estratégico de desarrollo del sector pesquero Región San Martín. 2000-2005. Tarapoto.
19. Donsi, G. Ferrari, P. Di Matteo. (2000). Atmospheric and vacuum freeze drying kinetics of shrimps. Proceedings of the 12th International Drying Simposyum IDS , Holanda.
20. FAO (1997). [http:// www.FAO.org/inpho/vlibrary/x00295/X0029503.htm](http://www.FAO.org/inpho/vlibrary/x00295/X0029503.htm).
21. Fito, P. and Chiralt, A. (1996). Osmotic dehydration approach to the modeling of solid food-liquid operations; Foods Engineering 2000. Edit by Ortega-Rodriguez, E. and Barbosa-Canovas, G.V.; International Thompson Publishing.
22. Frazier W. And Westhoff, D. (1978). Food Microbiology, 3a ed., Mc Graw Hill Book Company, New York y USA, PP. 540.
23. Hillock. J. (1997). [http:// www.thumagricole.com/severin/es/thum.htm/](http://www.thumagricole.com/severin/es/thum.htm/).
24. Igarashi L. y Kieckbusch T. G. (2000). Cinética da deshidratacao osmótica de tomate. XIII Congreso Brasileira de Engenharia Química. Universidade Estadual de Campinas, Campinas. Brasil.
25. Jay, J. (1970). "Modern Food Microbiology; Van Nostrand Reinhold Company, New York, USA, pp. 338.
26. Jayaraman, K.; Das-Gupta, D. and Baburao, N. (1990). Effect of pretreatment with salt and sucrose on the quality of dehydrated couliflower. International Journal of Food Science and Technology; vol 25; pp. 47 – 60.
27. Lazarides, H. N.; Gekas, V. and Mavroudis, N. (1997). Apparents mass diffusivities in fruits and vegetables tissues undergoing osmotic processing, Journal of Food Engineering, 31, pp. 315-324.

53. Voskerensky, N. (1965). Salting of herring, Fish as Food, Vol. III, Ed. G. Borgstrom, Academic Press, New York pp 107 – 131.
54. Wick , L.(1996). http://aquatic.unizar.es/N1/art_302/macrobra.htm.
55. Yang, D. and Le Maguer, M. (1992). Mass transfer of mushrooms. Department of Food Science. University of Guelph, Canada.
56. Zaitzev, V.; Kizevetter, L.; Logunov, L.; Makarova, L.; Mender, L. and Podivalov, V.; (1969). Fish Curing and Processing, Ed. Mir Publisher, Moscow, pp. 722.
57. Zugarramurdi, A. y Lupin, H. (1976). Estudio sobre el salado de Anchoita, I. Equilibrio y perfiles de concentración. Revista Latinoamericana de Ingeniería Química Aplicada, pp 79-90.

VIII ANEXOS

8.1 evaluación sensorial del camarón deshidratado osmóticamente

8.1.1 Ficha de evaluación de características organolépticas de camarón gigante de malasia para definir el mejor tratamiento

Panelista:

Fecha:

Muestra : Músculo de camarón deshidratado osmóticamente

Hora:

Frente a Ud. tiene muestras de camarón gigante deshidratado osmóticamente. Se pide evaluar la apariencia general, color, olor y textura; de acuerdo a las siguientes escala, marcando con una X el calificativo que crea conveniente :

ESCALA	ATRIBUTOS															
	APARIENCIA GENERAL				COLOR				OLOR				TEXTURA			
ME GUSTA MUCHO																
ME GUSTA POCO																
NI ME GUSTA NI ME DISGUSTA																
ME DISGUSTA POCO																
ME DISGUSTA MUCHO																

COMENTARIO:.....

.....

8.2 Resultados del análisis sensorial, desarrollo del ANVA , prueba de Tuckey al 5% de nivel de significancia del atributo **APARIENCIA GENERAL, COLOR, OLOR Y TEXTURA** de camarón deshidratado osmoticamente a diferentes condiciones.

Apariencia general

Panelistas	Concentración NaCl (%)									Total
	20			23			26			
	Concentración sacarosa (%)									
	30	40	50	30	40	50	30	40	50	
1	0	2	-1	-2	-2	-2	1	1	2	-1
2	2	1	1	2	0	2	0	2	-1	9
3	2	1	-2	2	0	-1	1	-1	0	2
4	-2	1	0	-1	-2	-2	0	1	0	-5
5	1	0	-2	2	1	1	0	-1	1	3
6	0	0	0	-1	-1	-1	1	1	1	0
7	1	-1	0	2	1	1	1	2	0	7
8	2	1	-2	1	-2	0	1	0	1	2
9	-1	2	1	-2	-2	-2	0	0	1	-3
10	1	0	1	2	0	1	0	1	2	8
11	2	-1	-1	1	0	0	-1	0	-1	-1
12	0	-1	1	2	2	2	-2	0	0	4
Tótal	8	5	-4	8	-5	-1	2	6	6	25
Promedio	0.67	0.42	-0.33	0.67	-0.42	-0.1	-0.08	0.5	0.5	
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	

CALCULOS

Suma Y² = 0² + 2² + 2² +6² = 179.01

FACTOR DE CORRECCIÓN = (25)² / 12*9 = 5.79
 = 5.79

SUMA BLOQUES = (-1² + 9² + +4²)/9 – 5.79
 = 23.4

$$\begin{aligned} \text{SUMA TRATAMIENTOS} &= (8^2 + 5^2 + \dots + 6^2)/12 - 5.79 \\ &= 16.80 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{SUMA yy} &= 179.01 - 5.79 - 23.44 - 16.80 \\ &= 132.98 \end{aligned}$$

	a0	a1	a2	
b0	8	8	2	18
b1	5	-5	6	6
b2	-4	-1	6	1
	9	2	14	25

$$\begin{aligned} \text{Ayy} &= (9^2 + 2^2 + 14^2)/36 - 5.79 \\ &= 2.02 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Byy} &= (18^2 + 6^2 + 1^2)/36 - 5.79 \\ &= 4.24 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{AByy} &= 16.80 - 2.02 - 4.29 \\ &= 10.54 \end{aligned}$$

Cuadro 22. ANVA para el atributo Apariencia general

Fuente de Variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Suma de cuadrado medio	F Calculada	F 0.05	Nivel de significancia
JUECES	11	23.44	2.13	1.41	4.69	N.S
TRATAMIENTOS	8	16.8	2.1	1.39	4.4	
Conc. NaCl	2	2.02	1.01	0.67	2.82	N.S
Conc. Sacarosa	2	4.24	2.12	1.4	2.82	N.S
Conc. NaCl x Conc, sacarosa	4	10.54	2.64	1.75	3.72	N.S
ERROR EXPERIMENTAL	88	132.98	1.51			
TOTAL	107	173.22				

Color

Panelistas	Concentración NaCl (%)									Total
	20			23			26			
	Concentración sacarosa (%)									
	30	40	50	30	40	50	30	40	50	
1	0	2	1	0	-1	-2	0	0	1	1
2	1	0	0	2	1	2	0	1	2	9
3	2	1	-2	2	0	-1	1	-1	1	3
4	-1	2	0	0	-1	-2	0	1	1	0
5	1	2	-2	0	1	1	0	1	1	5
6	-1	-1	-1	-1	-1	-1	1	0	1	-4
7	1	0	-1	2	1	1	0	1	-1	4
8	2	1	-2	2	-1	0	0	-1	0	1
9	-2	2	0	-2	-2	-2	1	0	1	-4
10	1	0	1	0	1	1	1	0	2	7
11	1	-1	0	1	1	0	-1	-1	-1	-1
12	1	-1	1	1	1	1	-2	0	1	3
Total	6	7	-5	7	0	-2	1	1	9	24
Promedio	0.5	0.58	-0.42	0.58	0	-0.17	0.08	0.08	0.75	
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	

CALCULOS

Suma Y² = 0² + 1² + 2² + 1² = 150

FACTOR DE CORRECCIÓN = (24)² / 12*9

= 5.33

SUMA BLOQUES = (1² + 9² + + 3²)/9 – 5.33

= 19.56

SUMA TRATAMIENTOS = (6² + 7² + + 6²)/12 – 5.33

= 15.17

SUMA yy

$$= 150 - 5.33 - 19.56 - 15.17$$

$$= 109.94$$

	a0	a1	a2	
B0	6	7	1	14
B1	7	0	1	8
B2	-5	-2	9	2
	8	5	11	24

$$\begin{aligned} A_{yy} &= (8^2 + 5^2 + 11^2)/36 - 5.33 \\ &= 0.50 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} B_{yy} &= (14^2 + 8^2 + 2^2)/36 - 5.33 \\ &= 2.00 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} AB_{yy} &= 15.17 - 0.50 - 2.00 \\ &= 12.67 \end{aligned}$$

Cuadro 23. ANVA para el atributo Color

Fuente de Variación	Grados de Libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F calculada	F 0.05	Nivel de significancia
JUECES	11	19.56	1.78	1.42	4.69	N.S
TRATAMIENTOS	8	15.17	1.9	1.52	4.4	
Conc. NaCl	2	0.5	0.25	0.2	2.82	N.S
Conc. Sacarosa	2	2	1	0.8	2.82	N.S
Conc. NaCl x Conc, sacarosa	4	12.67	3.17	2.54	3.72	N.S
ERROR EXPERIMENTAL	88	109.94	1.25			
TOTAL	107	144.6				

Olor

Panelistas	Concentración NaCl (%)									Total
	20			23			26			
	Concentración sacarosa (%)									
	30	40	50	30	40	50	30	40	50	
1	0	-1	0	0	1	0	1	0	2	3
2	2	0	0	-2	0	1	-1	1	1	2
3	2	0	1	-1	1	0	0	0	1	4
4	1	2	1	-2	-1	-1	0	0	0	0
5	0	1	-1	-2	0	0	2	1	0	1
6	0	0	0	-1	-1	0	0	0	0	-2
7	0	1	1	-1	-1	0	0	1	1	2
8	0	0	0	-1	0	0	0	0	0	-1
9	-2	1	0	-2	-2	-2	-1	-1	0	-9
10	0	1	0	2	2	1	0	1	0	7
11	1	0	0	-1	-1	0	-1	0	0	-2
12	2	1	1	-1	-1	0	0	1	1	4
Total	6	6	3	-12	-3	-1	0	4	6	9
Promedio	0.5	0.5	0.25	-1	-0.25	-0.08	0	0.33	0.5	
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	

CALCULOS

Suma Y² = 0² + 2² + 2² + 1² = 103

FACTOR DE CORRECCIÓN = (9)² / 12*9

= 0.75

SUMA BLOQUES = (3² + 2² + + 4²)/9 – 0.75

= 20.25

SUMA TRATAMIENTOS = (6² + 6² + + 6²)/12 – 0.75

= 23.17

SUMA yy

$$= 103 - 0.75 - 20.25 - 23.17$$

$$= 58.83$$

	a0	a1	a2	
B0	6	-12	0	-6
B1	6	-3	4	7
B2	3	-1	6	8
	15	-16	10	9

$$\begin{aligned} \text{Ayy} &= (15^2 + 16^2 + 10^2)/36 - 0.75 \\ &= 15.39 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Byy} &= (6^2 + 7^2 + 8^2)/36 - 0.75 \\ &= 3.39 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{AByy} &= 23.17 - 15.39 - 3.39 \\ &= 4.39 \end{aligned}$$

Cuadro 24. ANVA para el atributo Olor

Fuente de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrado medio	F calculada	F 0.05	Nivel de significancia
JUECES	11	20.25	1.84	2.75	4.69	N.S
TRATAMIENTOS	8	23.17	2.9	4.33	4.4	
Conc. NaCl	2	15.39	7.7	11.49	2.82	*
Conc. Sacarosa	2	3.39	1.7	2.54	2.82	*
Conc. NaCl x Conc, sacarosa	4	4.39	1.1	1.64	3.72	N.S
ERROR EXPERIMENTAL	88	58.83	0.67			
TOTAL	107	102.83				

PRUEBA DE TUCKEY

Calculo del error Estándar

$$S_x = \sqrt{(CME / n)}$$

$$S_x = \sqrt{(0.67/12)} = 0.24$$

$$Q_{0.05}(2, 88) = 4.4$$

$$W = S_x \times Q$$

$$W = 0.24 \times 4.4 = 1.06$$

Encontramos la diferencia significativa de la tabla de Tuckey al 5% con 88 G.L del error

Promedios de Tratamientos

A = 0.5	B = 0.5	I = 0.5	H = 0.33	c = 0.253	G = 0.0
F = 0.08	E = 0.25	D = -1.0			

Componentes	Diferencias Absolutas	AWS	Significancia
A & B	0	1.06	n.s
A & I	0	1.06	n.s
A & H	0.17	1.06	n.s
A & C	0.25	1.06	n.s
A & G	0.5	1.06	n.s
A & F	0.58	1.06	n.s
A & E	0.75	1.06	n.s
A & D	1.5	1.06	Significativo
B & I	0	1.06	n.s
B & H	0.17	1.06	n.s
B & C	0.25	1.06	n.s
B & G	0.5	1.06	n.s
B & F	0.58	1.06	n.s
B & E	0.75	1.06	n.s
B & D	1.5	1.06	Significativo
I & H	0.17	1.06	n.s
I & C	0.25	1.06	n.s
I & G	0.5	1.06	n.s
I & F	0.58	1.06	n.s
I & E	0.75	1.06	n.s
I & D	1.5	1.06	Significativo
H & C	0.08	1.06	n.s
H & G	0.33	1.06	n.s
H & F	0.41	1.06	n.s
H & E	0.58	1.06	n.s
H & D	1.33	1.06	Significativo
C & G	0.25	1.06	n.s
C & F	0.33	1.06	n.s
C & E	0.5	1.06	n.s
C & D	1.25	1.06	n.s
G & F	0.08	1.06	n.s
G & E	0.25	1.06	n.s
G & D	1	1.06	n.s
F & E	0.17	1.06	n.s
F & D	0.92	1.06	n.s
E & D	0.75	1.06	n.s

Textura

Panelistas	Concentración NaCl (%)									Total
	20			23			26			
	Concentración sacarosa (%)									
	30	40	50	30	40	50	30	40	50	
1	-1	1	0	-2	-2	-2	-1	0	1	-6
2	2	2	2	-1	1	-1	1	2	2	10
3	2	1	-1	2	1	-1	0	0	-1	3
4	-1	2	1	-1	0	0	0	0	1	2
5	-1	1	0	-1	0	0	2	1	1	3
6	-1	-1	-1	-2	-1	-1	1	0	1	-5
7	1	2	2	2	-1	0	2	2	1	11
8	-1	-1	-2	1	-2	-2	-1	-1	-2	-11
9	-2	2	1	-2	-2	-2	1	0	0	-4
10	2	1	2	2	1	0	1	-1	2	10
11	1	0	0	-1	0	0	1	2	1	4
12	1	0	1	0	1	1	-1	1	1	5
Total	2	10	5	-3	-4	-8	6	6	8	22
Promedio	0.17	0.83	0.42	-0.25	-0.33	-0.67	0.5	0.5	0.67	
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	

CALCULOS

Suma Y² = $-1^2 + 2^2 + 2^2 + \dots + 1^2 = 182$

FACTOR DE CORRECCIÓN = $(22)^2 / 12 \cdot 9$
 = 4.48

SUMA BLOQUES = $(6^2 + 10^2 + \dots + 5^2) / 9 - 4.48$
 = 60.19

SUMA TRATAMIENTOS = $(2^2 + 10^2 + \dots + 8^2) / 12 - 4.48$
 = 25.02

SUMA yy

$$= 182 - 4.48 - 60.19 - 25.02$$

$$= 92.31\text{ç}$$

	a0	a1	a2	
B0	2	-3	6	5
B1	10	-4	6	12
B2	5	-8	8	5
	17	-15	20	22

$$\begin{aligned} A_{yy} &= (17^2 + 15^2 + 20^2)/36 - 4.48 \\ &= 20.77 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} B_{yy} &= (5^2 + 12^2 + 5^2)/36 - 4.48 \\ &= 0.91 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_{Byy} &= 25.02 - 20.77 - 0.91 \\ &= 3.34 \end{aligned}$$

Cuadro 25. ANVA para el atributo Textura

fuelle de Variación	grados de Libertad	Suma de cuadrados	cuadrado medio	F calculada	F 0.05	nivel de significancia
JUECES	11	60.19	5.47	5.22	4.69	*
TRATAMIENTOS	8	25.02	3.13	2.98	4.4	
Conc. NaCl	2	20.77	10.39	9.9	2.82	*
conc. Sacarosa	2	0.91	0.46	0.44	2.82	N.S
Conc. NaCl x Conc, sacarosa	4	3.34	0.84	0.8	3.72	N.S
ERROR EXPERIMENTAL	88	92.31	1.05			
TOTAL	107	177.52				

PRUEBA DE TUCKEY

Calculo del error Estándar

$$S_x = \sqrt{(CME / n)}$$

$$S_x = \sqrt{(1.05/12)} = 0.30$$

$$Q_{0.05}(2, 88) = 4.4$$

$$W = S_x \times Q$$

$$W = 0.304 \times 4.4 = 1.32$$

Encontramos la diferencia significativa de la tabla de Tuckey al 5% con 88 G.L del error

Promedios de Tratamientos

B = 0.83	I = 0.67	G = 0.5	H = 0.5	C = 0.423	A = 0.17
D = -0.25	E = -0.33	D = -0.67			

Componentes	Diferencias Absolutas	AWS	Significancia
B & I	0.16	1.32	n.s
B & G	0.33	1.32	n.s
B & H	0.33	1.32	n.s
B & C	0.41	1.32	n.s
B & A	0.66	1.32	n.s
B & D	1.08	1.32	n.s
B & E	1.16	1.32	n.s
B & F	1.5	1.32	significativo
I & G	0.17	1.32	n.s
I & H	0.17	1.32	n.s
I & C	0.25	1.32	n.s
I & A	0.5	1.32	n.s
I & D	0.92	1.32	n.s
I & G	1	1.32	n.s
I & F	1.34	1.32	significativo
G & H	0	1.32	n.s
G & C	0.08	1.32	n.s
G & A	0.33	1.32	n.s
G & D	0.75	1.32	n.s
G & E	0.83	1.32	n.s
G & F	1.17	1.32	n.s
H & C	0.08	1.32	n.s
H & A	0.33	1.32	n.s
H & D	0.75	1.32	n.s
H & E	0.83	1.32	n.s
H & F	1.17	1.32	n.s
C & A	0.25	1.32	n.s
C & D	0.67	1.32	n.s
C & E	0.75	1.32	n.s
C & F	1.09	1.32	n.s
A & D	0.42	1.32	n.s
A & E	0.5	1.32	n.s
A & F	0.84	1.32	n.s
D & E	0.88	1.32	n.s
D & F	0.42	1.32	n.s
E & F	0.34	1.32	n.s

CAMARÓN ENVASADO

Apariencia general

Panelistas	Concentración NaCl (%)									Total
	20			23			26			
	Concentración sacarosa (%)									
	30	40	50	30	40	50	30	40	50	
1	1	0	-1	1	1	1	0	-1	0	2
2	1	2	0	1	2	0	1	2	1	10
3	2	0	-1	-2	-2	-2	-1	1	-1	-6
4	-1	0	0	-2	-1	-2	0	1	-1	-6
5	1	2	1	-2	2	0	-1	0	-1	2
6	-1	0	-1	-1	-1	-1	1	0	-1	-5
7	-1	1	0	-1	1	0	0	1	0	1
8	1	0	-2	-2	0	1	1	-2	-1	-4
9	-1	1	-1	-2	-2	-2	0	-1	-1	-9
10	-1	0	0	-1	0	-1	1	1	1	0
11	1	0	0	0	0	0	0	-1	-1	-1
12	1	2	1	-2	-2	-2	1	1	-2	-2
Total	3	8	-4	-13	-2	-8	3	2	-7	18
Promedio	0.5	0.5	0.25	-1	-0.25	-0.08	0	0.33	0.5	
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	

CALCULOS

Suma Y² = $-1^2 + 1^2 + 2^2 + \dots -2^2 = 147.99$

FACTOR DE CORRECCIÓN = $(18)^2 / 12 \cdot 9$
= 3.00

SUMA BLOQUES = $(2^2 + 10^2 + \dots -2^2) / 9 - 3$
= 31.22

SUMA TRATAMIENTOS = $(3^2 + 8^2 + \dots -7) / 12 - 3$
= 29.33

SUMA yy

$$= 147.99 - 3 - 31.22 - 29.33$$

$$= 84.44$$

	a0	a1	a2	
b0	3	-13	3	-7
b1	8	-2	2	8
b2	-4	-8	-7	-19
	7	-23	-2	18

$$A_{yy} = (7^2 + 23^2 + 2^2)/36 - 3$$

$$= 13.17$$

$$B_{yy} = (7^2 + 8^2 + 19^2)/36 - 3$$

$$= 10.17$$

$$AB_{yy} = 29.33 - 13.17 - 10.17$$

$$= 2.99$$

Cuadro 26. ANVA para el atributo Apariencia general

Fuente de Variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado Medio	F calculada	F 0.05	Nivel de significancia
JUECES	11	31.22	2.84	2.96	4.69	N.S
TRATAMIENTOS	8	24.33	3.67	3.82	4.4	
Conc. NaCl	2	13.17	6.59	6.86	2.82	*
Conc. Sacarosa	2	10.17	5.09	5.3	2.82	*
Conc. NaCl x Conc, sacarosa	4	2.99	0.75	0.78	3.72	N.S
ERROR EXPERIMENTAL	88	84.44	0.96			
TOTAL	107	139.99				

PRUEBA DE TUCKEY

Calculo del error Estándar

$$S_x = \sqrt{(CME / n)}$$

$$S_x = \sqrt{(0.96/12)} = 0.28$$

$$Q_{0.05}(2, 88) = 4.4$$

$$W = S_x \times Q$$

$$W = 0.28 \times 4.4 = 1.23$$

Encontramos la diferencia significativa de la tabla de Tuckey al 5% con 88 G.L del error

Promedios de Tratamientos

D = 1.08	B = 0.67	A = 0.25	G = 0.25	H = 0.173	E = -0.17
C = -0.33	I = -0.58	F = -0.67			

Componentes	Diferencias Absolutas	AWS	Significancia
D & B	0.41	1.23	n.s
D & A	0.83	1.23	n.s
D & G	0.83	1.23	n.s
D & H	0.91	1.23	n.s
D & E	1.25	1.23	significativo
D & C	1.41	1.23	significativo
D & I	1.66	1.23	significativo
D & F	1.75	1.23	Significativo
B & A	0.42	1.23	n.s
B & G	0.42	1.23	n.s
B & H	0.5	1.23	n.s
B & E	0.84	1.23	n.s
B & C	1	1.23	n.s
B & I	1.25	1.23	Significativo
B & F	1.34	1.23	Significativo
A & G	0	1.23	n.s
A & H	0.08	1.23	n.s
A & E	0.42	1.23	n.s
A & C	0.58	1.23	n.s
A & I	0.83	1.23	n.s
A & F	0.92	1.23	n.s
G & H	0.08	1.23	n.s
G & E	0.42	1.23	n.s
G & C	0.58	1.23	n.s
G & I	0.83	1.23	n.s
G & F	0.92	1.23	n.s
H & E	0.34	1.23	n.s
H & C	0.5	1.23	n.s
H & I	0.75	1.23	n.s
H & F	0.84	1.23	n.s
E & C	0.16	1.23	n.s
E & I	0.41	1.23	n.s
E & F	0.5	1.23	n.s
C & I	0.25	1.23	n.s
C & F	0.34	1.23	n.s
I & F	0.09	1.23	n.s

Color

Panelistas	Concentración NaCl (%)									Total
	20			23			26			
	Concentración sacarosa (%)									
	30	40	50	30	40	50	30	40	50	
1	1	0	0	2	1	0	1	-1	0	4
2	0	2	0	0	1	1	2	2	1	9
3	2	2	2	-2	-2	-2	-1	0	-1	-2
4	2	0	1	-2	-1	-2	0	1	-1	-2
5	0	1	-1	-2	2	1	1	1	2	5
6	0	2	0	0	0	0	0	1	0	3
7	-1	1	-1	-1	0	-1	1	1	1	0
8	0	-1	-2	-2	0	0	1	0	0	-4
9	-1	0	-1	-1	-1	-1	-1	1	0	-5
10	0	1	1	-1	-1	-1	0	1	0	0
11	1	0	0	1	2	1	0	1	1	7
12	1	2	1	-2	-2	-2	1	1	-2	-2
Total	5	10	0	-10	-1	-6	5	9	1	13
Promedio	0.42	0.83	0.00	-0.83	-0.08	-0.50	0.42	0.75	0.08	
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	

CALCULOS

Suma Y² = $1^2 + 0^2 + 2^2 + \dots - 2^2 = 151$

FACTOR DE CORRECCIÓN = $(13)^2 / 12 \cdot 9$
= 1.56

SUMA BLOQUES = $(4^2 + 9^2 + \dots - 2^2) / 9 - 1.56$

= 24.32

SUMA TRATAMIENTOS = $(5^2 + 10^2 + \dots - 1^2) / 12 - 1.56$
= 29.19

SUMA yy

$$= 151 - 1.56 - 24.32 - 29.19$$

$$= 95.93$$

	a0	a1	a2	
b0	5	-10	5	0
b1	10	-1	9	18
b2	0	-6	1	-5
	15	-17	15	13

$$\begin{aligned} A_{yy} &= (15^2 + 17^2 + 15^2)/36 - 1.56 \\ &= 18.97 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} B_{yy} &= (0^2 + 18^2 + 15^2)/36 - 1.56 \\ &= 8.13 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} AB_{yy} &= 29.19 - 18.17 - 8.13 \\ &= 2.09 \end{aligned}$$

Cuadro 27. ANVA para el atributo Color

Fuente de Variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado Medio	F calculada	F 0.05	Nivel de significancia
JUECES	11	24.32	2.21	2.03	4.69	N.S
TRATAMIENTOS	8	29.19	3.65	3.35	4.4	
Conc. NaCl	2	18.97	9.49	8.71	2.82	*
conc. Sacarosa	2	8.13	4.07	3.73	2.82	*
Conc. NaCl x Conc, sacarosa	4	2.09	0.52	0.48	3.72	N.S
ERROR EXPERIMENTAL	88	95.93	1.09			
TOTAL	107	146.44				

PRUEBA DE TUCKEY

Calculo del error Estándar

$$S_x = \sqrt{(CME / n)}$$

$$S_x = \sqrt{(1.09/12)} = 0.30$$

$$Q_{0.05}(2, 88) = 4.4$$

$$W = S_x \times Q$$

$$W = 0.30 \times 4.4 = 1.32$$

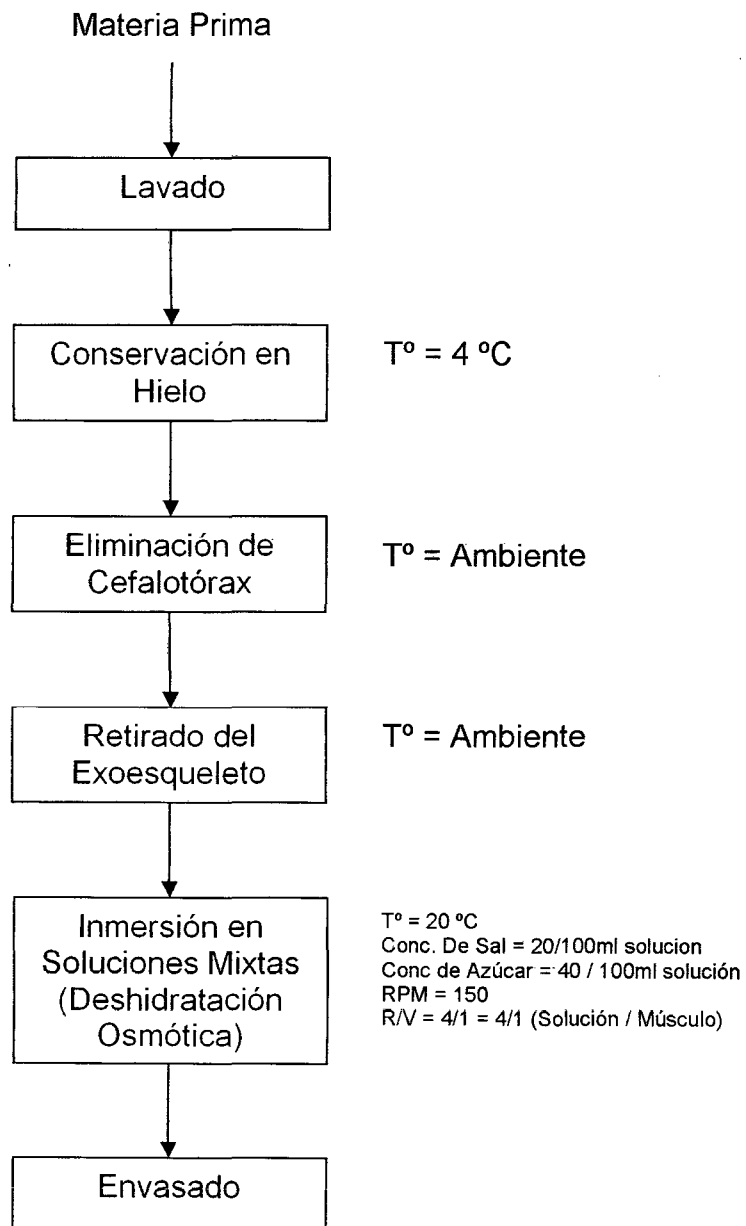
Encontramos la diferencia significativa de la tabla de Tuckey al 5% con 88 G.L del error

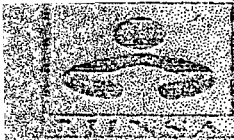
Promedios de Tratamientos

B = 0.83	H = 0.75	A = 0.42	G = 0.42	I = 0.08	C = -0.00
E = -0.08	F = -0.50	D = -0.83			

Componentes	Diferencias Absolutas	AWS	Significancia
B & H	0.08	1.32	n.s
B & A	0.41	1.32	n.s
B & G	0.41	1.32	n.s
B & I	0.75	1.32	n.s
B & C	0.83	1.32	n.s
B & E	0.91	1.32	n.s
B & F	1.33	1.32	n.s
B & D	1.66	1.32	Significativo
H & A	0.33	1.32	n.s
H & G	0.33	1.32	n.s
H & I	0.67	1.32	n.s
H & C	0.75	1.32	n.s
H & E	0.83	1.32	n.s
H & F	1.25	1.32	n.s
H & D	1.58	1.32	Significativo
A & G	0	1.32	n.s
A & I	0.34	1.32	n.s
A & C	0.42	1.32	n.s
A & E	0.5	1.32	n.s
A & F	0.92	1.32	n.s
A & D	1.25	1.32	n.s
G & I	0.34	1.32	n.s
G & C	0.42	1.32	n.s
G & E	0.5	1.32	n.s
G & F	0.92	1.32	n.s
G & D	1.25	1.32	n.s
I & C	0.08	1.32	n.s
I & E	0.16	1.32	n.s
I & F	0.58	1.32	n.s
I & D	0.91	1.32	n.s
C & E	0.08	1.32	n.s
C & F	0.5	1.32	n.s
C & D	0.83	1.32	n.s
E & F	0.42	1.32	n.s
E & D	0.75	1.32	n.s
F & D	0.33	1.32	n.s

8.3 Resultados del análisis microbiológico del músculo de camarón deshidratado osmóticamente.





DIRECCION REGIONAL DE SALUD - SAN MARTIN

LABORATORIO DE REFERENCIA REGIONAL DE SALUD PUBLICA

DR. J. P. GAGLIARDI SAN. Sra. CIADRA

TEL. (051) 82-6451 MORALES - SAN MARTIN

INFORME DE ENSAYO N° 482

Solicitante: Proyecto deshid. Osmótica- Concytec

Muestreador: Interesado

Asimilación: Tarapoto

Fecha producción: 08/10/2002

Distrito: Tarapoto

Fecha vencimiento: 08/11/2002

Provincia: San Martín

Fecha de muestreo: 09/10/2002

Lugar de muestreo: Lab. Universidad San Martín

Fecha de recepción: 09/10/2002

Código y Producto: 1164 - Camarón deshidratado osmóticamente

Muestra procesada: 400 gr.

RESULTADOS

ANALISIS ORGANOLEPTICO:

- > ASPECTO : Característico a su clase
- > COLOR : Característico a su clase
- > OLOR : Característico a su clase
- > SABOR : Característico
- > IMPUREZAS : Ausencia

ANALISIS FISICOQUIMICO:

- > Negativo al Reactivo Eber

ANALISIS MICROBIOLOGICO

DETERMINACIONES	ENCONTRADO		PERMISIBLE	
	Ufc/ml.	N° IP/ml.	Ufc/ml.	NMP/ml.
Bacterias aerobias viables	7.9×10^2		10^2	
<i>Staphylococcus aureus</i> (Coagulasa +)	A		A	
Coliformes Totales		3		< 3
Escherichia coli		3		< 3
Mohos	1×10^2		10^2	
Levaduras	A		A	

Método: Recuento en placa, Número más probable (NMP)

Nota: A. significa ausencia

CONCLUSIONES:

La muestra analizada REUNE los requisitos microbiológicos para este tipo de producto. Criterios de Calidad Sanitaria de Alimentos - Lab. Ref. Regional de San Martín.

Morales, 21 de Octubre del 2002

DIRECCION REGIONAL DE SALUD

Bigo. Dña E. Portella Melgarejo

Resp. Microbiología de Alimentos
CCET. DIRES/SM.

CTAR SAN MARTIN
DIRECCION REGIONAL DE SALUD



Dr. M.Sc. Mercedes Arévalo Ramírez
DIRECTOR DEL LABORATORIO REFERENCIAL
REGIONAL - DIRES / SM.