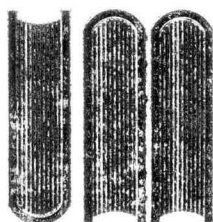


OICN E
\$500.00

27 ENE. 1986

100 100 100
100 100 100

UNIVERSIDAD DE MONTERREY
DIVISION DE CIENCIAS NATURALES
Y EXACTAS



UNIVERSIDAD
DE MONTERREY

Clasif.

040.664

R78826

1985

C. 1

Título
ESTUDIO DE ALGUNAS PROPIEDADES
DEL ALGA Spirulina maxima
EN LA INDUSTRIA ALIMENTICIA

REPORTE DEL PROGRAMA DE
EVALUACION FINAL:
PRESENTADO POR

Autor
DIANA ENRIQUETA ROSALES SANCHEZ

EN OPCION AL TITULO DE
INGENIERO EN ALIMENTOS

Folio
990590

Marina Delgado L.
Vo. 3o. Nov. 26, 1985

BIBLIOTECA
UNIVERSIDAD DE MONTERREY
MONTERREY, N. L.

DICIEMBRE DE 1985

A MIS PADRES
ARNULFO ROSALES FREYRE
ENRIQUETA S. DE ROSALES
Y HERMANOS
JORGE, ARNULFO, LAURA Y MONICA
CON TODO MI AMOR.

A MARINA Y MARICELA
CON CARIÑO Y AGRADECIMIENTO
POR SU VALIOSA AYUDA.

I N D I C E

INTRODUCCION	1
MATERIALES Y METODOS	13
RESULTADOS	27
CONCLUSIONES Y DISCUSIONES	44
RESUMEN	50
BIBLIOGRAFIA	52

I N T R O D U C C I O N

EL ABASTECIMIENTO DE PROTEÍNAS EN LA DIETA HUMANA SE HA-
CE CADA DÍA MÁS CRÍTICO, COMO CONSECUENCIA DE LA CRECIENTE
DEMANDA RELACIONADA CON EL INCREMENTO CONSTANTE DE LA
POBLACIÓN MUNDIAL. POR ESTA RAZÓN, Y PESE A LOS ESFUER-
ZOS REALIZADOS POR LAS AGENCIAS INTERNACIONALES, PARA
INTRODUCIR EN EL MERCADO PRODUCTOS RICOS EN PROTEÍNAS DE
BAJO PRECIO, LAS DEFICIENCIAS PROTEICAS SIGUEN SIENDO
ACUSADAS EN LOS PAISES QUE SE ENCUENTRAN EN VÍAS DE DESA-
RROLLO, LO QUE HA OCASIONADO QUE LA DEMANDA DE LA CARNE,
DEL PESCADO Y DE LOS PRODUCTOS LÁCTEOS CONTINÚE A PESAR
DE QUE SON MUY COSTOSOS DE PRODUCIR Y POR ELLO MÁS DIFÍ-
CILES DE ADQUIRIR (7, 14).

EN RESPUESTA A ESTO, SE HA INCREMENTADO LA BÚSQUEDA DE NUEVAS FUENTES DE PROTEÍNAS QUE PUEDAN UTILIZARSE COMO SUSTITUTOS O PARA REFORZAR ALIMENTOS (14).

LAS PROTEÍNAS SON CONSTITUYENTES ESTRUCTURALES Y METABÓLICOS DEL ORGANISMO DE LOS ANIMALES Y DEL HOMBRE. SON EL MATERIAL PRINCIPAL QUE FORMAN LA HEMOGLOBINA DE LA SANGRE, FORMAN PARTE DEL TEJIDO CONECTIVO, DEL PELO Y DE OTROS TEJIDOS RÍGIDOS COMO LA PIEL, LOS MÚSCULOS, LOS TENDONES Y LOS NERVIOS. ADEMÁS, PRESENTAN MUY VARIADAS FUNCIONES BIOLÓGICAS ENTRE LAS QUE SE CONOCEN LAS DE LAS ENZIMAS, LOS ANTICUERPOS Y LAS HORMONAS (2).

DEBIDO A LOS ESTUDIOS REALIZADOS HASTA LA FECHA SE CALCULA QUE EXISTEN EN EL CUERPO HUMANO CERCA DE 5 MILLONES DE PROTEÍNAS DIFERENTES, ES POR ELLO, QUE DESDE UN PUNTO DE VISTA NUTRICIONAL, LAS PROTEÍNAS DEBEN CONSIDERARSE COMO LOS COMPONENTES DE MÁX IMPORTANCIA EN LA DIETA DE LOS SERES VIVOS, POR LO CUAL SE LES CONOCE COMO LAS SUSTANCIAS DE LA VIDA (13).

POR TODO LO ANTERIOR, LA INDUSTRIA ALIMENTARIA CONSIDERA A ESTAS BIOMOLÉCULAS EN PRIMER LUGAR, COMO LOS NUTRIENTES DE MAYOR IMPORTANCIA EN LA MANUFACTURA DE LOS PRODUCTOS ALIMENTICIOS Y EN SEGUNDO LUGAR, COMO INGREDIENTES NECESARIOS QUE SE UTILIZAN EN LA ELABORACIÓN DE MUCHOS ALIMENTOS DEBIDO A QUE ALGUNAS DE SUS PROPIEDADES CONTRIBUYEN A DEFINIR LAS CARACTERÍSTICAS DEL PRODUCTO FINAL. EN RELACIÓN A ESTO ÚLTIMO ES IMPORTANTE CONSIDERAR QUE PARA QUE LAS PROTEÍNAS MANTENGAN O AUMENTEN LA CALIDAD Y LA ACEPTABILIDAD EN EL MERCADO DE UN ALIMENTO, ES PRECI-

SO QUE PRESENTEN CIERTAS PROPIEDADES FUNCIONALES QUE SEAN COMPATIBLES CON LOS OTROS INGREDIENTES Y CON LAS CONDICIONES AMBIENTALES DEL SISTEMA ALIMENTICIO, LO QUE TRAE COMO CONSECUENCIA QUE LA ESTABILIDAD DE ESTAS PROPIEDADES EN CADA PROTEÍNA ESPECÍFICA, SE TOME COMO UN ASPECTO IMPORTANTE PARA EL DESARROLLO DE NUEVOS ADITIVOS PROTÉICOS. LAS PROPIEDADES FUNCIONALES DE LAS PROTEÍNAS SE DEFINEN COMO "PROPIEDADES FISICOQUÍMICAS A TRAVÉS DE LAS CUALES LAS PROTEÍNAS CONTRIBUYEN A LAS CARACTERÍSTICAS DE LOS ALIMENTOS" (2, 6).

POR OTRA PARTE, ES MUY IMPORTANTE CONOCER CÓMO O DE QUÉ MANERA EL TIPO DE PROPIEDADES PRESENTES EN LA PROTEÍNA DETERMINAN LA CANTIDAD Y LA FORMA QUE DEBEN CONSIDERARSE PARA LLEVAR A CABO LA ADICIÓN DE ESTOS POLÍMEROS AL SISTEMA ALIMENTICIO. ESTO OBEDECE INDISCUTIBLEMENTE A LA NATURALEZA QUÍMICA DEL POLÍMERO Y A VARIOS FACTORES COMO SON, ENTRE OTROS, LA TEMPERATURA, EL PH Y LA CONCENTRACIÓN (2, 6).

DE TODAS LAS PROPIEDADES FUNCIONALES INVOLUCRADAS EN LA INDUSTRIA ALIMENTACIA, PUEDEN SEÑALARSE LAS SIGUIENTES:

EMULSIFICACION

CORRESPONDE A LA CAPACIDAD QUE POSEEN ALGUNAS PROTEÍNAS DE REDUCIR LA TENSIÓN SUPERFICIAL QUE SE GENERA ENTRE LAS MOLÉCULAS DE GRASA Y AGUA, EN UNA SUSPENSIÓN, DE TAL FORMA QUE EVITAN LA TENDENCIA DE LA GRASA A FORMAR GRANDES AGREGADOS. ESTA PROPIEDAD SE ATRIBUYE AL BALAN-

CE DE AMINOÁCIDOS HIDROFÓBICOS E HIDROFÍLICOS QUE PRESENTA CADA UNA DE LAS PROTEÍNAS (2).

ESPUMACION

SE PRESENTA DEBIDO A LA CAPACIDAD DE ADSORCIÓN QUE PRESENTAN LAS PROTEÍNAS POR EL LADO INTERIOR DE LA INTERFASE DE UN SISTEMA, EL CUAL ESTÁ CONSTITUÍDO POR UNA FASE GASEOSA DISPERSA EN UN LÍQUIDO VISCOSO O SEMISÓLIDO, LO QUE PERMITE QUE SEA ATRAPADO AIRE QUE FORMA LAS BURBUJAS (4, 6).

ABSORCION DE AGUA

LAS INTERACCIONES PROTEÍNA-AGUA OCURREN DEBIDO A LA ABSORCIÓN DEL AGUA QUE PRESENTAN LAS MACROMOLÉCULAS DE PROTEÍNA, Y ESTÁN RELACIONADAS CON CIERTOS GRUPOS POLARES COMO SON CARBONILOS, HIDROXILOS, AMINOS, CARBOXILOS Y GRUPOS SULFHIDRILOS. DEPENDEN DEL TIPO Y DEL NÚMERO DE GRUPOS POLARES, ASÍ COMO TAMBIÉN DE LA CONFORMACIÓN QUÍMICA DE LA PROTEÍNA EN CUESTIÓN. DEBIDO A ESTA PROPIEDAD, LAS PROTEÍNAS AUMENTAN LA VISCOSIDAD DE LOS SISTEMAS EN QUE SE EMPLEAN, POR LO CUAL SE VUELVE IMPORTANTE EN LA INDUSTRIA DE LOS ALIMENTOS QUE REQUIEREN DE UNA CONSISTENCIA Y VISCOSIDAD DETERMINADAS; COMO ES EL CASO DE LAS SOPAS (2).

ABSORCION DE GRASA

LA ABSORCIÓN DE GRASA DE LOS ADITIVOS PROTÉICOS NO SE HA ESTUDIADO EN FORMA EXTENSA Y EN CONSECUENCIA LA INFORMACIÓN DISPONIBLE A ESTE RESPECTO ES POBRE. ÉSTA SE ATRIBUYE PRINCIPALMENTE AL ENTRAMPAMIENTO FÍSICO DEL ACEITE, PERO EL MECANISMO DE ESTE FENÓMENO SE DESCONOCE. ENTRE LOS FACTORES QUE AFECTAN ESTA PROPIEDAD SE INCLUYEN LA CONFORMACIÓN QUÍMICA DE LA PROTEÍNA Y LAS INTERACCIONES QUÍMICAS LÍPIDO-LÍPIDO Y PROTEÍNA-PROTEÍNA (6).

GELIFICACION

ES UN FENÓMENO FISICOQUÍMICO QUE IMPLICA LA DESNATURALIZACIÓN DE LAS PROTEÍNAS, LO QUE TRAE COMO CONSECUENCIA QUE EN UNA SEGUNDA REACCIÓN SE ASOCIEN GRADUALMENTE PARA PRODUCIR UNA RED TRIDIMENSIONAL DE MOLÉCULAS QUE RETIENEN GRAN CANTIDAD DE AGUA. POSEE UNA ESTRUCTURA SEMIRÍGIDA Y ELÁSTICA (2).

VISCOSIDAD

LA VISCOSIDAD SE DEFINE COMO "LA RESISTENCIA INTERNA QUE TIENE UNA SUSTANCIA PARA FLUIR LIBREMENTE". LA VISCOSIDAD DE LAS SUSPENSIONES DE PROTEÍNAS VARÍA CONSIDERABLEMENTE DE ACUERDO CON EL TAMAÑO Y LA FORMA DE LA MOLÉCULA Y ADEMÁS ES AFECTADA POR FACTORES TALES COMO EL PH Y LA TEMPERATURA. A BAJAS TEMPERATURAS SE FAVORE-

CE LA FORMACIÓN DE PUENTES DE HIDRÓGENO, LO QUE TRAE CONSIGO UN AUMENTO EN LA HIDRATACIÓN DE LA PROTEÍNA Y POR TANTO UNA MAYOR VISCOSIDAD DE SUS SUSPENSIONES. EL EFECTO CONTRARIO SUCEDE AL INCREMENTAR LA TEMPERATURA (2).

EN LA TABLA No.1 SE PRESENTAN LAS PROPIEDADES FUNCIONALES DE LAS PROTEÍNAS REQUERIDAS PARA LA ELABORACIÓN DE ALGUNOS ALIMENTOS (2).

POR TODO LO EXPUESTO, SE VE CLARA LA RELEVANCIA QUE REPRESENTA EL USO DE LAS PROTEÍNAS EN LA ELABORACIÓN DE UNA GRAN VARIEDAD DE ALIMENTOS PREPARADOS BAJO LAS DEBIDAS CONDICIONES NUTRICIONALES Y CARACTERÍSTICAS ACEPTABLES PARA EL CONSUMIDOR, LO QUE POR OTRO LADO, DESTACA LA NECESIDAD DE ENCONTRAR NUEVAS Y ADECUADAS FUENTES DE PROTEÍNA QUE COADYUVEN AL PROCESAMIENTO DE LOS ALIMENTOS.

UNA FUENTE CONOCIDA E IMPORTANTE DE PROTEÍNAS LA CONSTITUYEN LOS LLAMADOS CONCENTRADOS PROTÉICOS QUE SE ENCUENTRAN DISPONIBLES EN EL COMERCIO Y QUE SE PREPARAN PARA INCREMENTAR EN EL ALIMENTO LA CONCENTRACIÓN DE PROTEÍNA POR VOLUMEN O POR PESO. EN LA ACTUALIDAD, LOS CONCENTRADOS DE MAYOR USO EN LA INDUSTRIA DE LOS ALIMENTOS SE ELABORAN A PARTIR DE LA SOYA, UNA LEGUMINOSA QUE PRESENTA PROPIEDADES NUTRICIONALES RECONOCIDAS (2, 8).

ENTRE LOS CONCENTRADOS PROTÉICOS QUE HAN SIDO OBJETO

TABLA No.1

PROPIEDADES FUNCIONALES DE LAS PROTEINAS
REQUERIDAS EN LA ELABORACION DE ALGUNOS ALIMENTOS

ALIMENTO	PROPIEDADES FUNCIONALES					
	ABSORCION DE AGUA	ABSORCION DE GRASA	EMULSIFICACION	ESPUMACION	GELIFICACION	VISCOSIDAD
EMBUTIDOS	*	*	*			*
POSTRES	*			*	*	*
PASTAS	*					
BOTANAS			*			
ALIMENTOS CONGELADOS			*	*	*	
PASTELES/PAN	*	*	*	*		
SOPAS/SALSAS			*			*
ADEREZOS			*			*
DULCES	*		*			

DE ESTUDIO SE ENCUENTRA EL DEL FRIJOL, CUYAS PROPIEDADES FUNCIONALES SE PRESENTAN EN LA TABLA No.2 (11).

EN RELACIÓN A ESTO, EL ALGA ESPIRULINA HA DESPERTADO UN GRAN INTERÉS Y UNA AMPLIA ATENCIÓN MUNDIAL, DEBIDO A QUE SE HA LLEGADO A CONSIDERAR COMO UN CONCENTRADO PROTÉICO NATURAL (5).

LA ESPIRULINA, LLAMADA EN NUESTRO PAÍS "TECUÍTLATL", ES UNA ALGA MICROSCÓPICA AZUL-VERDE, DE LA CLASE DE LAS CIANOFÍCEAS QUE CRECE EN LA ACTUALIDAD SOBRE EL LAGO DE TEXCOCO EN EL VALLE DE MÉXICO, LOCALIZADO EN UNA DE LAS ZONAS DE MAYOR IRRADIACIÓN SOLAR DEL MUNDO. ÉSTA MISMA ALGA, LA ESPIRULINA, CON PEQUEÑAS VARIACIONES DE ESPECIE, ES CONOCIDA EN OTROS PAÍSES, PRINCIPALMENTE EN EL CONTINENTE AFRICANO, DONDE CRECE ABUNDANTEMENTE EN EL KANEN Y EN LA REPÚBLICA DEL CHAD, AHÍ ES RECOGIDA EN CESTAS POR LOS NATIVOS Y SECADA AL SOL SOBRE LAS ARENAS PARA DESPUÉS CONSUMIRLA EN FORMA DE SALSA COCIDA. TAMBIÉN LA HAY EN KENIA, ETIOPÍA, EGIPTO, PAKISTÁN, SAMBIA PERÚ Y OTROS PAISES (9).

POR SER UN ORGANISMO SIMPLE Y FRÁGIL, CARENTE DE CELULOSA, ES DE ALTA DIGESTIBILIDAD Y FÁCIL DE ASIMILAR. SU ESTRUCTURA TIENE FORMA DE UN ESPIRAL QUE MIDE APROXIMADAMENTE DE 0.25 A 0.5 MILÍMETROS DE DIÁMETRO. CRECE DE MANERA NATURAL Y EN FORMA ANÁLOGA A LOS VEGETALES VERDES, EN AGUAS FUERTEMENTE ALCALINAS ENTRE RANGOS DE PH DE 8-11, POR LO QUE NO SE CONTAMINA CON ORGANISMOS PATÓGENOS O PRODUCTOS DE DESECHO DE OTROS ORGANISMOS VIVOS QUE ORDINARIAMENTE NO SE DESARROLLAN EN ESTAS AGUAS,

TABLA No.2

PROPIEDADES FUNCIONALES DE UN
CONCENTRADO PROTÉICO DE FRIJOL

PROPIEDAD FUNCIONAL	VALOR OBTENIDO
ABSORCION DE AGUA	5.93 G AGUA/G MUESTRA SECA
ABSORCION DE GRASA	4.12 G ACEITE/G MUESTRA SECA
EMULSIFICACION	81.77 ML ACEITE/1.5 G MUESTRA SECA
ESPUMACION	64 % DE INCREMENTO
ESTABILIDAD DE LA ESPUMA	6.2 % DE ESTABILIDAD

OBTENIÉNDOSE ASÍ UN PRODUCTO NATURAL MUY POCO CONTAMINADO (5).

CONTIENE DEL 60 AL 70% DE PROTEÍNAS CONSTITUIDAS POR AMINOÁCIDOS ESENCIALES (TABLA No.3), EN UNA PROPORCIÓN MUY APROXIMADA A LA COMPOSICIÓN TIPO ESTABLECIDA POR LA FAO, LO CUAL ES SUMAMENTE IMPORTANTE SI SE TIENE EN CUENTA QUE DE LOS VEINTE AMINOÁCIDOS QUE COMPONEN LAS PROTEÍNAS, OCHO SON ESENCIALES PARA LOS ADULTOS Y NUEVE PARA LOS NIÑOS; LOS CUALES DEBEN ESTAR PRESENTES EN LOS ALIMENTOS QUE SE INGEREN EN LA DIETA, YA QUE EL ORGANISMO HUMANO ES INCAPAZ DE SINTETIZARLOS (12, 13, 15).

ADEMÁS DE PROTEÍNAS LA ESPIRULINA CONTIENE CIERTA CANTIDAD DE LÍPIDOS Y UN ALTO PORCENTAJE DE VITAMINAS, GLÚCIDOS, TRAZAS DE MINERALES Y UNA GRAN VARIEDAD DE PIGMENTOS NATURALES. EL ESTUDIO DE LOS PIGMENTOS REVELA LA PRESENCIA DE NUMEROSOS CAROTENOIDES ENTRE ELLOS LAS XANTÓFILAS QUE SON MUY IMPORTANTES EN LA COLORACIÓN DE LA YEMA DEL HUEVO Y DE LA CARNE DE LAS AVES. EL EMPLEO DE LA ESPIRULINA COMO COLORANTE DE ESTOS PRODUCTOS SE HA REALIZADO CON BASTANTE ÉXITO EN LA REPÚBLICA DEL CHAD Y EN LAS INSTALACIONES DE LA UNIÓN DE FABRICANTES DE ALIMENTOS COMPUESTOS EN FRANCIA (9).

LA ESPIRULINA ES TAMBIÉN CONSIDERADA COMO FUENTE DE VITAMINA B12, NUTRIENTE CONTENIDO EN LOS TEJIDOS ANIMALES DE MANERA ABUNDANTE; ES IMPORTANTE SEÑALAR QUE LA CANTIDAD DE ESTA VITAMINA ES DOS Y MEDIA VECES SUPERIOR A LA DEL EXTRACTO DE HÍGADO (12).

TABLA No.3

COMPOSICION DE AMINOACIDOS EN LA ESPIRULINA

AMINOACIDOS ESENCIALES (%)		AMINOACIDOS NO ESENCIALES (%)	
VALINA	6.0	ALANINA	5.8
LEUCINA	5.8	ARGININA	6.0
ISOLEUCINA	4.1	ACIDO ASPARTICO	6.4
LISINA	4.0	CISTINA	0.7
METIONINA	2.2	ACIDO GLUTAMICO	8.9
FENILALANINA	4.0	GLICINA	3.5
TREONINA	4.2	HISTIDINA	1.1
TRIPTOFANO	1.1	PROLINA	3.0
		SERINA	4.0
		TIROSINA	4.6

POR TODO LO ANTERIORMENTE EXPUESTO, SE CONTEMPLA UNA IMPERIOSA URGENCIA DE PRODUCIR LO ANTES POSIBLE, A BAJO PRECIO Y CON ALTOS RENDIMIENTOS, LAS PROTEÍNAS NECESARIAS PARA MEJORAR EL ESTADO NUTRICIONAL DE LA POBLACIÓN MUNDIAL, CON EL INTERÉS PARTICULAR DE LLEVAR A CABO LA OBTENCIÓN DE MATERIALES PROTÉICOS CON CALIDAD NUTRICIONAL Y PROPIEDADES FISICOQUÍMICAS ESPECÍFICAS PARA LA ELABORACIÓN DE PRODUCTOS PROCESADOS.

EN BASE A ÉSTO, ES EVIDENTE QUE LA ESPIRULINA PUEDE SER UNA ALTERNATIVA PARA LA SOLUCIÓN A ESTE PROBLEMA, POR SU ELEVADO PORCENTAJE DE PROTEÍNAS Y SUS CUALIDADES NUTRICIONALES, QUE RESULTAN CIERTAMENTE EXCEPCIONALES SOBRE TODO POR TRATARSE DE UN PRODUCTO VEGETAL. POR LO QUE, EN ESTE TRABAJO SE ESTUDIARÁN ALGUNAS PROPIEDADES FUNCIONALES DE LAS PROTEÍNAS DEL ALGA Y EN BASE A LOS RESULTADOS QUE SE OBTENGAN, SE SELECCIONARÁN Y ELABORARÁN ALIMENTOS QUE SERÁN SOMETIDOS A UNA EVALUACIÓN SENSORIAL PARA DETERMINAR LA UTILIDAD DE LA ESPIRULINA EN LA INDUSTRIA ALIMENTICIA, Y ASÍ CONTRIBUIR A MEJORAR EL VALOR NUTRITIVO Y LAS CARACTERÍSTICAS ORGANOLÉPTICAS, FÍSICAS Y QUÍMICAS DEL ALIMENTO PROCESADO.

M A T E R I A L E S Y M E T O D O S

PARA LLEVAR A CABO ESTE TRABAJO, SE REALIZÓ EL ESTUDIO DE LA ESPIRULINA, QUE COMPRENDE EL ANÁLISIS BROMATOLÓGICO, EL ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES FUNCIONALES DE SUS PROTEÍNAS DESDE UN PUNTO DE VISTA FISICOQUÍMICO, EL EMPLEO DEL ALGA COMO INGREDIENTE EN LA ELABORACIÓN DE ALGUNOS ALIMENTOS, LA EVALUACIÓN DE LA CALIDAD ORGANOLÉPTICA Y EL CONTENIDO PROTÉICO DE LOS MISMOS.

DE MANERA ADICIONAL, Y DEBIDO A QUE EL ALGA SE INCORPORARÁ A LOS ALIMENTOS PREPARADOS, SE REALIZÓ UN ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO DE LA MATERIA PRIMA.

ESTE TRABAJO SE LLEVÓ A CABO EN EL LABORATORIO DE ANÁLISIS BROMATOLÓGICOS DE LA DIVISIÓN DE CIENCIAS NATURALES Y EXACTAS DE LA UNIVERSIDAD DE MONTERREY, DURANTE LOS MESES DE AGOSTO A NOVIEMBRE DE 1985.

PARA LA REALIZACIÓN DEL PRESENTE ESTUDIO SE UTILIZÓ COMO MATERIA PRIMA ESPIRULINA EN POLVO, PROVENIENTE DEL LAGO DE TEXCOCO LOCALIZADO EN EL VALLE DE MÉXICO. ES AHÍ DONDE EL COMPLEJO SOSA TEXCOCO EXPLOTA LOS ÁLCALIS SÓDICOS DEL AGUA Y EN FORMA ADICIONAL INDUSTRIALIZA EL CULTIVO DE LA ESPIRULINA CON MÉTODOS MODERNOS QUE COMPRENDEN LA RECOLECTA Y EL LAVADO DEL ALGA, LA DESINTEGRACIÓN CELULAR, LA PASTEURIZACIÓN Y EL SECADO POR ASPERCIÓN PARA OBTENER COMO PRODUCTO FINAL UN POLVO FINO Y ESTABLE (9).

MÉTODOS:

I. ANÁLISIS BROMATOLÓGICO.- DETERMINACIÓN DE HUMEDAD Y CENIZAS, GRASAS, FIBRA CRUDA, PROTEÍNAS Y CARBOHIDRATOS.

A. HUMEDAD Y CENIZAS

1. PESAR 2 G DE MUESTRA EN UN CRISOL PREVIAMENTE TARRADO.
2. COLOCAR EN LA ESTUFA EL CRISOL CONTENIENDO LA MUESTRA A 100-110°C, POR 2 HORAS.

3. DEJAR ENFRIAR EL CRISOL DENTRO DE UN DESECADOR Y UNA VEZ FRÍO PESARLO.
4. DETERMINAR EL PORCENTAJE DE HUMEDAD.
5. COLOCAR EL CRISOL QUE CONTIENE LA MUESTRA DESHIDRATADA EN LA MUFLA A 900°C, POR 1 HORA.
6. DEJAR ENFRIAR EN UN DESECADOR Y PESAR.
7. DETERMINAR EL PORCENTAJE DE CENIZAS.

B. GRASAS

1. PESAR 2 G DE MUESTRA EN UN CARTUCHO DE PAPEL FILTRO.
2. COLOCAR EL CARTUCHO CON MUESTRA EN EL APARATO GOLDFISH PARA LA DETERMINACIÓN DE GRASAS, EMPLEANDO ÉTER ANHÍDRO COMO AGENTE EXTRACTOR.
3. ENCENDER EL APARATO Y DEJAR QUE SE LLEVE A CABO LA EXTRACCIÓN POR ESPACIO DE 2 HORAS.
4. RECUPERAR EL ÉTER Y PESAR LA CANTIDAD DE GRASA EXTRAÍDA.
5. DETERMINAR EL PORCENTAJE DE GRASAS.

C. FIBRA CRUDA

1. TOMAR LA MUESTRA DESGRASADA PROVENIENTE DE LA DETERMINACIÓN DE GRASA TOTAL Y TRANSFERIRLA A UN VASO DE DIGESTIÓN.
2. AGREGAR 200 ML. DE SOLUCIÓN DE ÁCIDO SULFÚRICO AL 1.25% (R-1) Y APROXIMADAMENTE 3 G DE ASBESTO.
3. COLOCAR EL VASO EN EL APARATO PARA LA DETERMINACIÓN DE FIBRA CRUDA Y DEJAR HERVIR POR MEDIA HORA.
4. FILTRAR EL CONTENIDO DEL VASO A TRAVÉS DE UN EMBUDO CARTER PROVISTO DE UNA MALLA #100 Y LAVAR EL RESIDUO EN DOS OCASIONES, CON AGUA FRÍA.
5. TRANSFERIR AL VASO DE DIGESTIÓN EL RESIDUO Y AÑADIR 100 ML DE SOLUCIÓN DE HIDRÓXIDO DE SODIO AL 1.25% (R-2).
6. COLOCAR EL VASO NUEVAMENTE EN EL APARATO Y DEJAR HERVIR POR MEDIA HORA.
7. FILTRAR EL CONTENIDO DEL VASO CON EL EMBUDO CARTER Y LAVAR EL RESIDUO DOS VECES, CON AGUA FRÍA.
8. COLOCAR EL RESIDUO EN UN CRISOL GOOCH TARADO Y LAVARLO UNA VEZ, CON ALCOHOL.
9. LLEVAR EL CRISOL A LA ESTUFA POR DOS HORAS A 100-110°C.

10. DEJAR ENFRIAR EN UN DESECADOR Y PESAR.
11. COLOCAR EL CRISOL EN LA MUFLA A 900°C POR UNA HORA.
12. DEJAR ENFRIAR EN DESECADOR Y PESAR.
13. DETERMINAR EL PORCENTAJE DE FIBRA CRUDA.

D. PROTEINAS

1. PESAR 2 G DE MUESTRA EN UN CARTUCHO DE PAPEL FILTRO E INTRODUCIRLO EN UN MATRAZ KJELDAHL.
2. AÑADIR AL MATRAZ 3,5 G DE MEZCLA REACTIVA DE SELENIO Y 20 ML DE ÁCIDO SULFÚRICO CONCENTRADO.
3. COLOCAR EL MATRAZ EN EL APARATO PARA LA DETERMINACIÓN DE PROTEÍNAS Y PERMITIR LA DIGESTIÓN HASTA QUE SE ACLARE EL CONTENIDO DEL MATRAZ.
4. DEJAR ENFRIAR Y AGREGAR 100 ML DE SOLUCIÓN DE HIDRÓXIDO DE SODIO AL 40% (R-3) Y 100 ML DE AGUA DESTILADA.
5. COLOCAR 50 ML DE AGUA DESTILADA EN UN MATRAZ ERLLENMEYER DE 250 ML, E IGUAL CANTIDAD DE ÁCIDO SULFÚRICO 0.5N (R-4).
6. AGREGAR NÚCLEOS DE EBULLICIÓN AL MATRAZ KJELDAHL

Y PETROLATO SUFICIENTE PARA QUE FORME UNA DELGADA CAPA EN LA SUPERFICIE, Y COLOCAR ENTONCES EN LA PARTE SUPERIOR DEL APARATO PARA DESTILAR SOBRE EL CONTENIDO DEL ERLLENMEYER 100 ML DE SOLUCIÓN.

7. TITULAR EL CONTENIDO DEL ERLLENMEYER CON UNA SOLUCIÓN DE HIDRÓXIDO DE SODIO 0.5N (R-5), USANDO FENOLFTALEÍNA 0.1% (R-6) COMO INDICADOR.
8. CALCULAR EL PORCENTAJE DE PROTEÍNAS.

E. CARBOHIDRATOS

1. SE CALCULAN POR DIFERENCIA DE PROTEÍNAS, CENIZAS, HUMEDAD, GRASAS Y FIBRA CRUDA DEL 100%.

II. DETERMINACIÓN DE PROPIEDADES FUNCIONALES.- PROPIEDADES FISICOQUÍMICAS DE LAS PROTEÍNAS DEL ALGA.

A. CAPACIDAD DE ABSORCIÓN DE AGUA

1. MEZCLAR 1.5 G DE MUESTRA CON 30 ML DE AGUA DESTILADA, EN UN TUBO TARADO PARA CENTRIFUGACIÓN DE 50 ML.
2. AJUSTAR EL PH A 7.

3. CENTRIFUGAR POR 15 MINUTOS A 3,000 RPM.
4. MEDIR EL VOLÚMEN DEL LÍQUIDO DECANTADO.
5. LA CAPACIDAD DE ABSORCIÓN DE AGUA SE EXPRESA COMO GRAMOS DE AGUA RETENIDOS POR GRAMO DE MUESTRA SECA.

B. CAPACIDAD DE ABSORCION DE GRASA

1. MEZCLAR 1 G DE MUESTRA CON 10 ML DE ACEITE, POR 30 SEGUNDOS EN UN MEZCLADOR.
2. DEJAR REPOSAR LA MEZCLA POR 30 MINUTOS A TEMPERATURA AMBIENTE.
3. CENTRIFUGAR A 4,000 RPM POR 30 MINUTOS.
4. MEDIR EL SOBRENADANTE EN UNA PROBETA GRADUADA DE 10 ML.
5. EXPRESAR LA CAPACIDAD DE ABSORCIÓN DE GRASA COMO GRAMOS DE ACEITE ABSORBIDOS POR GRAMO DE MUESTRA SECA.

C. GELIFICACION

1. PREPARAR SUSPENSIONES DE 2,4,6,...,20 G DE MUESTRA EN 5 ML DE AGUA DESTILADA.

2. CALENTAR LAS SUSPENSIONES EN BAÑO DE AGUA POR ESPACIO DE UNA HORA.
3. ENFRIAR LAS SUSPENSIONES CON AGUA CORRIENTE FRÍA.
4. MANTENER LA TEMPERATURA DE LAS SUSPENSIONES A 4°C, POR DOS HORAS.
5. LA ÚLTIMA CONCENTRACIÓN (EN FORMA ASCENDENTE), A LA CUAL LA MUESTRA NO SE CAE AL INVERTIR EL TUBO, SE REPORTA COMO CONCENTRACIÓN DE GELIFICACIÓN.

D. CAPACIDAD DE EMULSIFICACION

1. SUSPENDER LA CANTIDAD DE MUESTRA EQUIVALENTE A 1.5 G DE MUESTRA SECA EN 23 ML DE AGUA DESTILADA.
2. AJUSTAR EL PH PARA DIFERENTES MEDICIONES (2,4,6, 8,10).
3. AGITAR LA SUSPENSIÓN Y AÑADIR ACEITE, MIDIENDO EL VOLÚMEN, HASTA QUE UNA GOTA DE ACEITE ROMPA LA EMULSIÓN.
4. REPORTAR LA CAPACIDAD DE EMULSIFICACIÓN COMO MILILITROS DE ACEITE EMULSIFICADO POR 1.5 GRAMOS DE MUESTRA SECA
5. REPETIR LA PRUEBA A DIFERENTES CONCENTRACIONES DE CLORURO DE SODIO (0.2,0.4,0.6,0.8,1.0 N).

E. CAPACIDAD DE ESPUMACION

1. SUSPENDER 5 G DE MUESTRA EN 100 ML DE AGUA DESTILADA.
2. MEZCLAR EN LICUADORA POR 5 MINUTOS A VELOCIDAD DE BATIDO.
3. COLOCAR LA MEZCLA EN UNA PROBETA GRADUADA DE 250 ML Y MEDIR EL VOLÚMEN DESPUÉS DE TRANSCURRIDOS 30 SEGUNDOS.
4. LA CAPACIDAD DE ESPUMACIÓN SE REPORTA COMO INCREMENTO DE VOLÚMEN EN PORCIENTO.
5. EFECTUAR LA PRUEBA A DIFERENTES VALORES DE PH Y CONCENTRACIONES DE CLORURO DE SODIO

F. ESTABILIDAD DE LA ESPUMA

1. MEDIR EL VOLÚMEN DE LA ESPUMA DESPUÉS DE 2 HORAS
2. REPORTAR LA ESTABILIDAD DE LA ESPUMA COMO PORCIENTO DEL VOLÚMEN INICIAL.

G. VISCOSIDAD

1. PREPARAR SUSPENSIONES EN CONCENTRACIONES DE 2,4, 6,8 Y 10% EN PESO.

2. AGITAR LAS SUSPENSIONES POR ESPACIO DE 2 HORAS Y MEDIR LA VISCOSIDAD EN UN VISCOSÍMETRO. REPORTAR LA TEMPERATURA A LA CUAL SE EFECTUÓ LA PRUEBA.

III. FORMULACIONES PARA PRODUCTOS ALIMENTICIOS ELABORADOS CON ESPIRULINA.- APLICACIÓN DE LA ESPIRULINA Y SUS PROPIEDADES FUNCIONALES EN VARIOS ALIMENTOS.

A. PASTA DE TALLARINES

INGREDIENTES: 1 TAZA DE HARINA DE TRIGO
1 HUEVO ENTERO
1 CUCHARADA DE ESPIRULINA
75 ML DE AGUA

PREPARACIÓN: MEZCLAR EN SECO LA HARINA DE TRIGO Y LA ESPIRULINA EN UN TAZÓN. AGREGAR EL HUEVO Y EL AGUA. INCORPORAR LOS INGREDIENTES HASTA OBTENER UNA MASA DE CONSISTENCIA FIRME, ADICIONANDO MÁS AGUA EN CASO DE SER NECESARIO. CORTAR LA MASA EN SECCIONES LARGAS Y DELGADAS CON AYUDA DE UNA MÁQUINA PARA ELABORAR PASTAS TIPO ITALIANO. SECAR LA PASTA EN UN SECADOR DE CHAROLAS POR 30 MINUTOS A 55°C. COCER LA PASTA EN AGUA HIRVIENDO POR 5 MINUTOS Y COCINAR AL GUSTO.

B. TORTILLAS DE MAIZ

INGREDIENTES: 1 TAZA DE HARINA DE MAÍZ
1 CUCHARADA DE ESPIRULINA
AGUA

PREPARACIÓN: MEZCLAR LA HARINA DE MAÍZ Y LA ESPIRULINA ADICIONANDO AGUA; AMASAR HASTA OBTENER UNA CONSISTENCIA FIRME Y HOMOGÉNEA, HACER Y COCER LAS TORTILLAS.

C. ADEREZO PARA BOTANAS CON SABOR A CHILE JALAPEÑO

INGREDIENTES: 190 G DE QUESO CREMA
 $\frac{1}{2}$ LATA DE MEDIA CREMA
1 CUCHARADITA DE ESPIRULINA
CHILES JALAPEÑOS

PREPARACIÓN: MEZCLAR EN LA LICUADORA LOS INGREDIENTES HASTA OBTENER UNA MEZCLA HOMOGÉNEA Y CONDIMENTAR AL GUSTO.

D. GALLETAS DE CHOCOLATE

INGREDIENTES: $\frac{3}{4}$ DE TAZA DE MANTEQUILLA
 $\frac{3}{4}$ DE TAZA DE AZÚCAR
2 HUEVOS ENTEROS
2 TAZAS DE HARINA DE TRIGO
 $\frac{1}{2}$ TAZA DE COCOA

- ½ CUCHARADITA DE SAL
- 1 CUCHARADITA DE CANELA
- 1½ CUCHARADITA DE POLVO DE HORNEAR
- 2 CUCHARADAS DE ESPIRULINA
- 1 CUCHARADITA DE VAINILLA

PREPARACIÓN: BATIR EN UN TAZÓN LA MANTEQUILLA, EL AZÚCAR, LOS HUEVOS Y LA ESPIRULINA HASTA OBTENER UNA CONSISTENCIA CREMOSA. MEZCLAR LA HARINA Y LOS INGREDIENTES SECOS YA CERNIDOS POR SEPARADO Y DESPUÉS INCORPORARLOS A LA PRIMER MEZCLA. AGREGAR POR ÚLTIMO LA VAINILLA. HORNEAR LAS GALLETAS A 165°C POR 15 MINUTOS.

IV. DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD ORGANOLÉPTICA DE PRODUCTOS ELABORADOS CON ESPIRULINA.- EVALUACIÓN SENSORIAL.

1. COLOCAR EL PRODUCTO DE UNA MANERA AGRADABLE A LA VISTA, UTILIZANDO RECIPIENTES INODOROS E INCOLOROS.
2. APLICAR LAS ENCUESTAS A UN GRUPO ESTADÍSTICAMENTE REPRESENTATIVO DE PERSONAS, INVITARLAS A PROBAR UNA PIEZA O RACIÓN E INMEDIATAMENTE DESPUÉS A CONTESTAR LAS PREGUNTAS QUE SE INCLUYEN EN LA ENCUESTA (FIG. 1).

FIG. 1

ELEMENTO DEL ANÁLISIS SENSORIAL
DE LOS PRODUCTOS FORTIFICADOS

UNIVERSIDAD DE MONTERREY

DIVISIÓN DE CIENCIAS NATURALES Y EXACTAS

PROGRAMA DE EVALUACIÓN FINAL

MARQUE CON UNA CRUZ EL PRODUCTO DE SU ELECCIÓN DE
ACUERDO A LA CARACTERÍSTICA INDICADA.

	PRODUCTO	
MEJOR COLOR	A	B
MEJOR TEXTURA	A	B
MEJOR APARIENCIA	A	B
MEJOR OLOR	A	B
MEJOR SABOR	A	B

¿QUÉ PRODUCTO LE AGRADÓ MÁS Y POR QUÉ?

¿QUÉ LE AGRADÓ Y DESAGRADÓ DEL OTRO PRODUCTO?

REACTIVOS:

(R-1) ACIDO SULFÚRICO 1.25 %:

ACIDO SULFÚRICO CONCENTRADO 12.50 G
AGUA DESTILADA 1000.00 ML

(R-2) HIDRÓXIDO DE SODIO 1.25 %:

HIDRÓXIDO DE SODIO 12.50 G
AGUA DESTILADA 1000.00 ML

(R-3) HIDRÓXIDO DE SODIO AL 40 %:

HIDRÓXIDO DE SODIO 400.00 G
AGUA DESTILADA 1000.00 ML

(R-4) ACIDO SULFÚRICO 0.5 N:

ACIDO SULFÚRICO CONCENTRADO 25.00 G
AGUA DESTILADA 1000.00 ML

(R-5) HIDRÓXIDO DE SODIO 0.5 N:

HIDRÓXIDO DE SODIO 20.00 G
AGUA DESTILADA 1000.00 ML

(R-6) FENOLFTALEÍNA 0.1 %:

FENOLFTALEÍNA 0.10 G
ALCOHOL ETÍLICO 100.00 ML

R E S U L T A D O S

EL ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO DE LA MATERIA PRIMA, REVELA QUE ÉSTA PUEDE UTILIZARSE DIRECTAMENTE EN LA ELABORACIÓN DE ALIMENTOS SIN NINGÚN RIESGO PARA LA SALUD, YA QUE LA CUENTA TOTAL DE BACTERIAS PRESENTES FUÉ DE 8,500 BACTERIAS POR GRAMO DE ESPIRULINA, CON AUSENCIA TOTAL DE BACTERIAS COLIFORMES, RESULTADOS BASTANTE ACEPTABLES PARA SU EMPLEO EN LA ELABORACIÓN DE ALIMENTOS.

TODAS LAS PRUEBAS SE REALIZARON POR TRIPLICADO Y LOS RESULTADOS QUE SE REPORTAN CORRESPONDEN AL PROMEDIO DE LOS VALORES OBTENIDOS EN CADA DETERMINACIÓN.

EL ELEMENTO MÁS ABUNDANTE EN LA COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LA ESPIRULINA LO REPRESENTAN LAS PROTEÍNAS, COMO PUEDE OBSERVARSE EN LOS RESULTADOS DEL ANÁLISIS BROMATOLÓGICO (TABLA No.4).

LA TABLA No.5 RESUME LOS RESULTADOS OBTENIDOS DE LAS PROPIEDADES FUNCIONALES QUE TIENEN LAS PROTEÍNAS, DEL ALGA ESPIRULINA, QUE FUERON ESTUDIADAS EN ESTE TRABAJO.

LAS SUSPENSIONES DE ESPIRULINA NO FORMARON GELES FIRMES A LAS CONCENTRACIONES UTILIZADAS, POR LO QUE ESTA PROPIEDAD ES CONSIDERADA COMO NEGATIVA.

EL EFECTO DEL PH Y DE LA CONCENTRACIÓN DE CLORURO DE SODIO SOBRE LAS PROPIEDADES DE EMULSIFICACIÓN, ESPUMACIÓN Y ESTABILIDAD DE LA ESPUMA, DE LA ESPIRULINA, SE PRESENTA EN LAS TABLAS No. 6 Y 7, RESPECTIVAMENTE. ESTE MISMO EFECTO PUEDE APRECIARSE EN FORMA INDIVIDUAL PARA CADA UNA DE ESTAS PROPIEDADES EN LAS GRÁFICAS No.1 Y 2 QUE MUESTRAN EL EFECTO DEL PH Y DE LA CONCENTRACION DE CLORURO DE SODIO SOBRE LA CAPACIDAD DE EMULSIFICACIÓN; EN LAS GRÁFICAS No.3 Y 4 QUE INDICAN SUS EFECTOS SOBRE LA CAPACIDAD DE ESPUMACIÓN; Y EN LAS GRÁFICAS No.5 Y 6 EN RELACIÓN A LA ESTABILIDAD DE LA ESPUMA.

LA VISCOSIDAD DE LAS SUSPENSIONES PROTÉICAS SE DETERMINÓ A 29°C Y EL MAYOR VALOR SE OBTUVO A LA CONCENTRACIÓN MÁXIMA DE ESPIRULINA UTILIZADA (GRÁFICA No.7). LOS RESULTADOS OBTENIDOS SE REPORTAN EN LA TABLA No.8.

EN LA TABLA No.9 SE PRESENTAN LOS RESULTADOS OBTENIDOS DE LA EVALUACIÓN SENSORIAL REALIZADA A LOS PRODUCTOS ELABORADOS CON ESPIRULINA, ESTOS RESULTADOS SE REPORTAN COMO PORCIENTO DE ACEPTACIÓN CON RESPECTO A LOS MISMOS ALIMENTOS PREPARADOS SIN ESPIRULINA. EN ÉSTA TABLA SE PUEDE OBSERVAR QUE EN LOS PRODUCTOS FORTIFICADOS LA TEXTURA SE VIÓ FAVORECIDA.

POR ÚLTIMO, EL INCREMENTO PROTÉICO EN PORCIENTO OBTENIDO EN LOS ALIMENTOS ELABORADOS CON EL ALGA, SE REPORTA EN LA TABLA No.10. LAS TORTILLAS DE MAÍZ SE PREPARARON COMO CHILAQUILES PARA REALIZAR SU EVALUACIÓN SENSORIAL.

TABLA NO.4

ANALISIS BROMATOLOGICO
DEL ALGA ESPIRULINA

ELEMENTO	CANTIDAD (%)
PROTEINAS*	57.10
CARBOHIDRATOS	13.75
HUMEDAD	10.80
GRASAS	4.56
FIBRA CRUDA	6.90
CENIZAS	6.89

* REPORTADO EN BASE SECA.

TABLA No.5

PROPIEDADES FUNCIONALES DEL
ALGA ESPIRULINA

PROPIEDAD FUNCIONAL	VALOR OBTENIDO
ABSORCION DE AGUA	3 G DE AGUA/G DE MUESTRA SECA,
ABSORCION DE GRASA	2,44 G DE ACEITE/G DE MUESTRA SECA,
EMULSIFICACION	155.9 ML DE ACEITE/1,5 G DE MUESTRA SECA,
ESPUMACION	100 % DE INCREMENTO.
ESTABILIDAD DE LA ESPUMA	77,77 % DE ESTABILIDAD.
GELIFICACION	NEGATIVA
VISCOSIDAD	1,41 CENTIPOISES A 29°C,

TABLA No. 6
 EFECTO DEL PH SOBRE ALGUNAS PROPIEDADES FUNCIONALES
 DE LA ESPIRULINA⁺

PH	PROPIEDADES FUNCIONALES		
	EMULSIFICACION **	ESPUMACION ***	ESTABILIDAD DE LA ESPUMA ****
2	85.59	90	77.77
3*	65.94	50	---
4	72.49	70	74.28
6	129.40	72	38.88
8	152.45	88	45.45
10	155.90	100	25.00

+ DATOS CORRESPONDIENTES A LAS GRAFICAS No. 1, 3 Y 5.

* PUNTO ISOELÉCTRICO.

** ML DE ACEITE EMULSIFICADO/1.5G DE MUESTRA SECA A 33°C.

*** INCREMENTO DE VOLUMEN EN PORCIENTO A 29°C.

**** PORCIENTO DE ESTABILIDAD. 29°C.

TABLA No.7
 EFECTO DE LA CONCENTRACION DE SALES SOBRE ALGUNAS
 PROPIEDADES FUNCIONALES DE LA ESPIRULINA⁺

[NaCl]N	PROPIEDADES FUNCIONALES		
	EMULSIFICACION *	ESPUMACION **	ESTABILIDAD DE LA ESPUMA ***
0.2	138.72	74	43.24
0.4	139.01	75	54.66
0.6	141.19	75	58.66
0.8	135.37	74	73.33
1.0	135.08	74	91.89

+ DATOS CORRESPONDIENTES A LAS GRAFICAS No. 2, 4 Y 6.

* ML DE ACEITE EMULSIFICADO/1.5G DE MUESTRA SECA A 32°C.

** INCREMENTO DE VOLÚMEN EN PORCIENTO A 29°C.

*** PORCIENTO DE ESTABILIDAD A 29°C.

TABLA No.8

VISCOSIDAD DE LAS SUSPENSIONES
DE ESPIRULINA⁺

CONCENTRACION (PORCIENTO EN PESO)	LECTURA*
10	1.416
8	1.250
6	1.166
4	1.083
2	1.020

+ DATOS CORRESPONDIENTES A LA GRAFICA No.7.

* VISCOSIDAD EN CENTIPOISES A 29°C.

TABLA No.9

EVALUACION SENSORIAL DE PRODUCTOS
ELABORADOS CON ESPIRULINA

PRODUCTO	CARACTERISTICAS ORGANOLEPTICAS*					
	COLOR	TEXTURA	APARIENCIA	SABOR	OLOR	MAS AGRADABLE
GALLETAS DE CHOCOLATE	54.21	68.93	70.15	77.65	61.32	82.25
PASTA DE TALLARINES	40.00	52.72	36.36	63.63	43.63	60.00
ADEREZO PARA BOTANAS	12.50	50.00	16.66	52.08	58.3	47.92
TORTILLAS DE MAIZ	14.28	47.14	14.28	40.00	42.85	22.85

* REPORTADAS COMO PORCIENTO DE ACEPTACION.

TABLA No.10

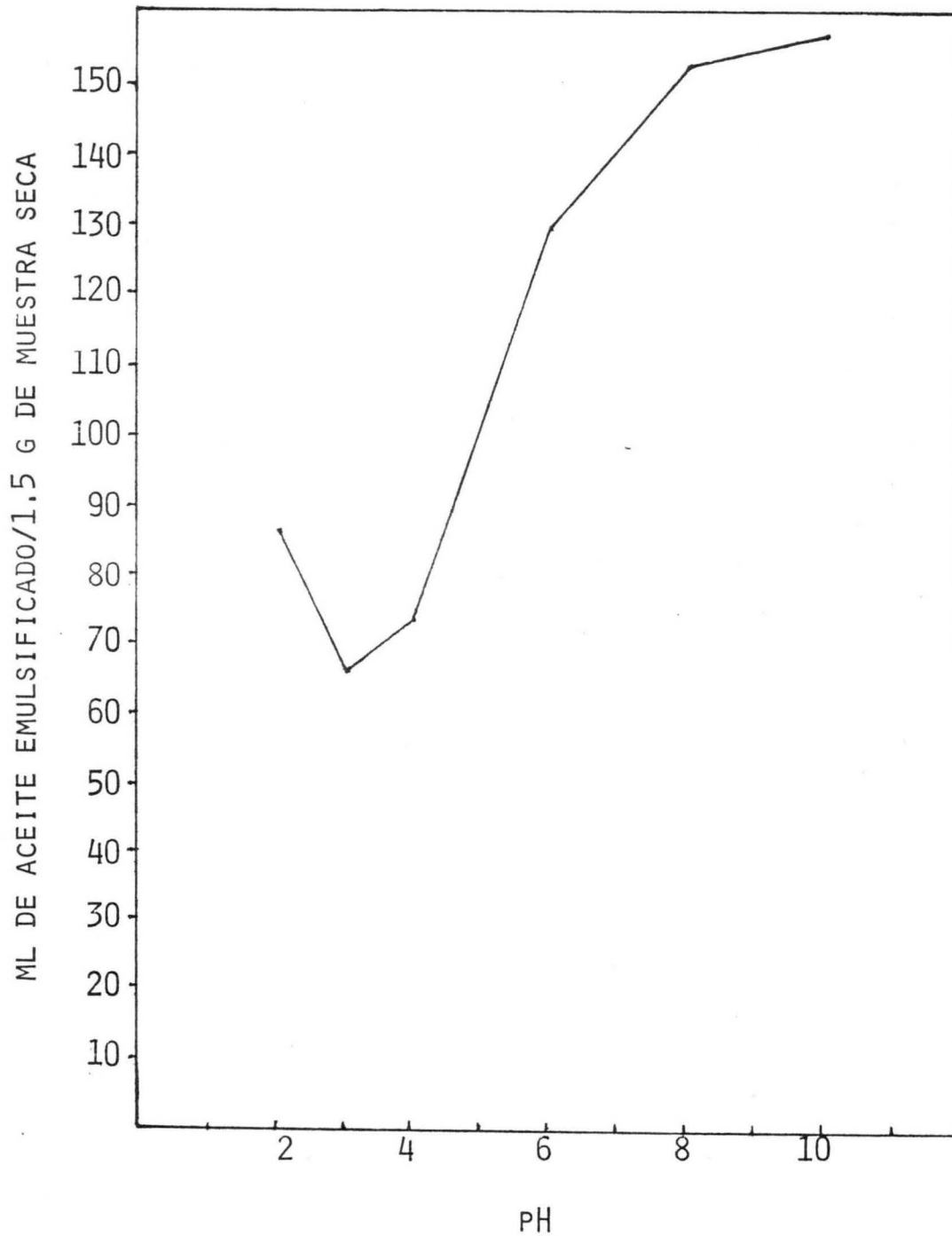
INCREMENTO PORCENTUAL DE PROTEINA EN
LOS PRODUCTOS ELABORADOS CON ESPIRULINA

PRODUCTO	INCREMENTO PROTEICO* (%)
PASTA DE TALLARINES	4.42
TORTILLAS DE MAIZ	2.13
ADEREZO PARA BOTANAS	1.50
GALLETAS DE CHOCOLATE	1.09

* REPORTADO EN BASE SECA.

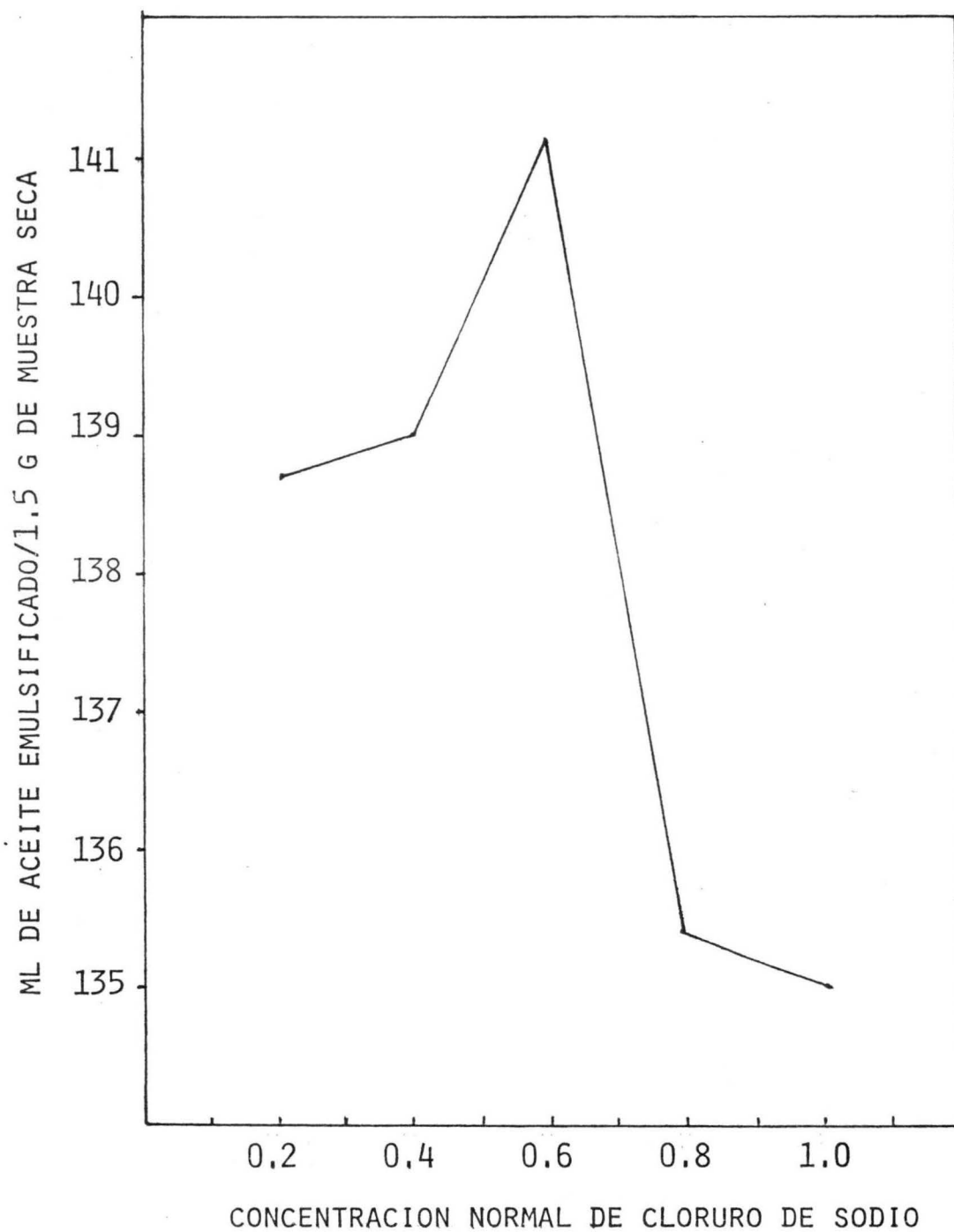
GRAFICA No.1

EFFECTO DEL PH SOBRE
LA CAPACIDAD DE EMULSIFICACION



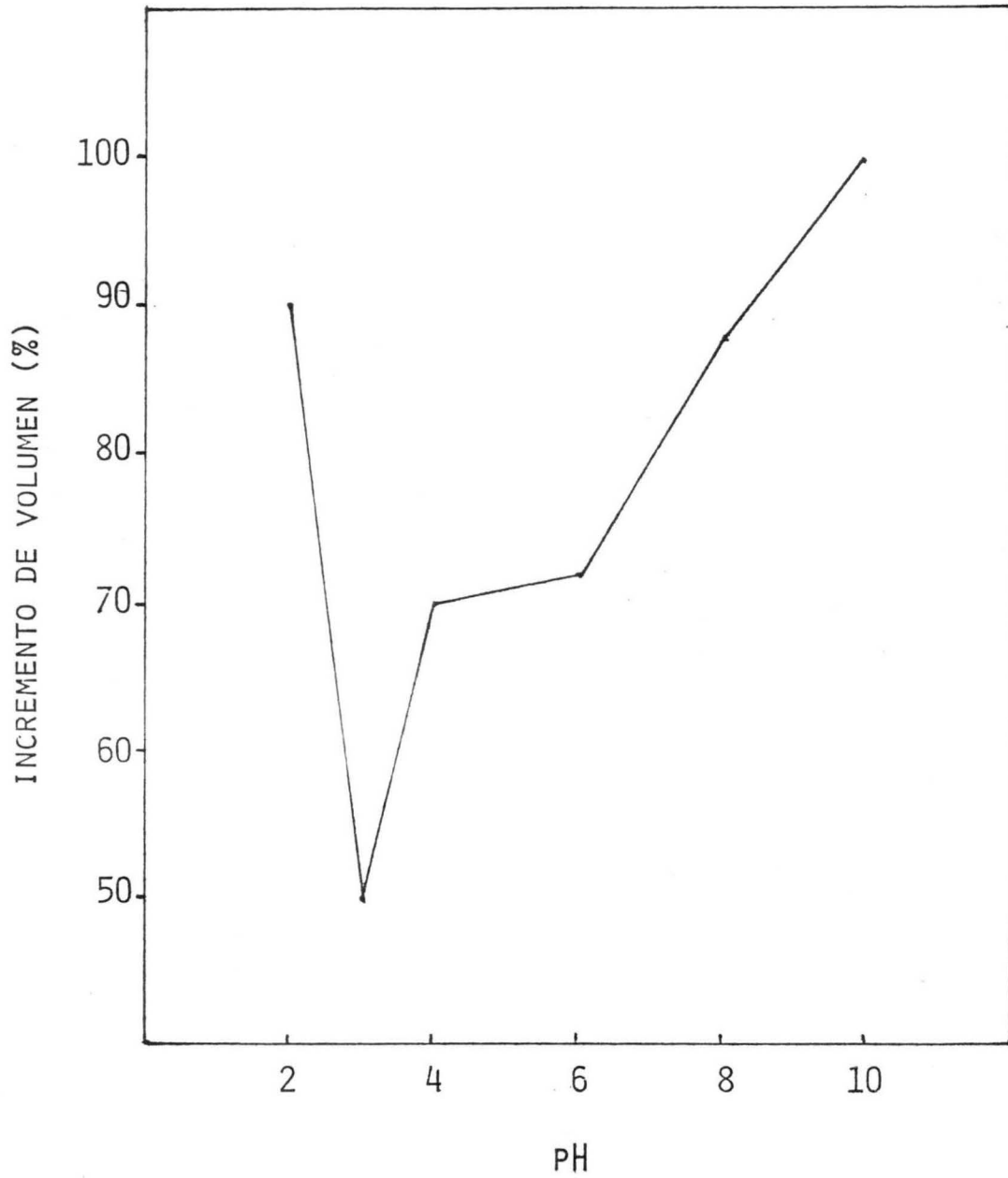
GRAFICA No.2

EFFECTO DE LA CONCENTRACION DE CLORURO DE SODIO
SOBRE LA CAPACIDAD DE EMULSIFICACION



GRAFICA No.3

EFFECTO DEL PH SOBRE
LA CAPACIDAD DE ESPUMACION

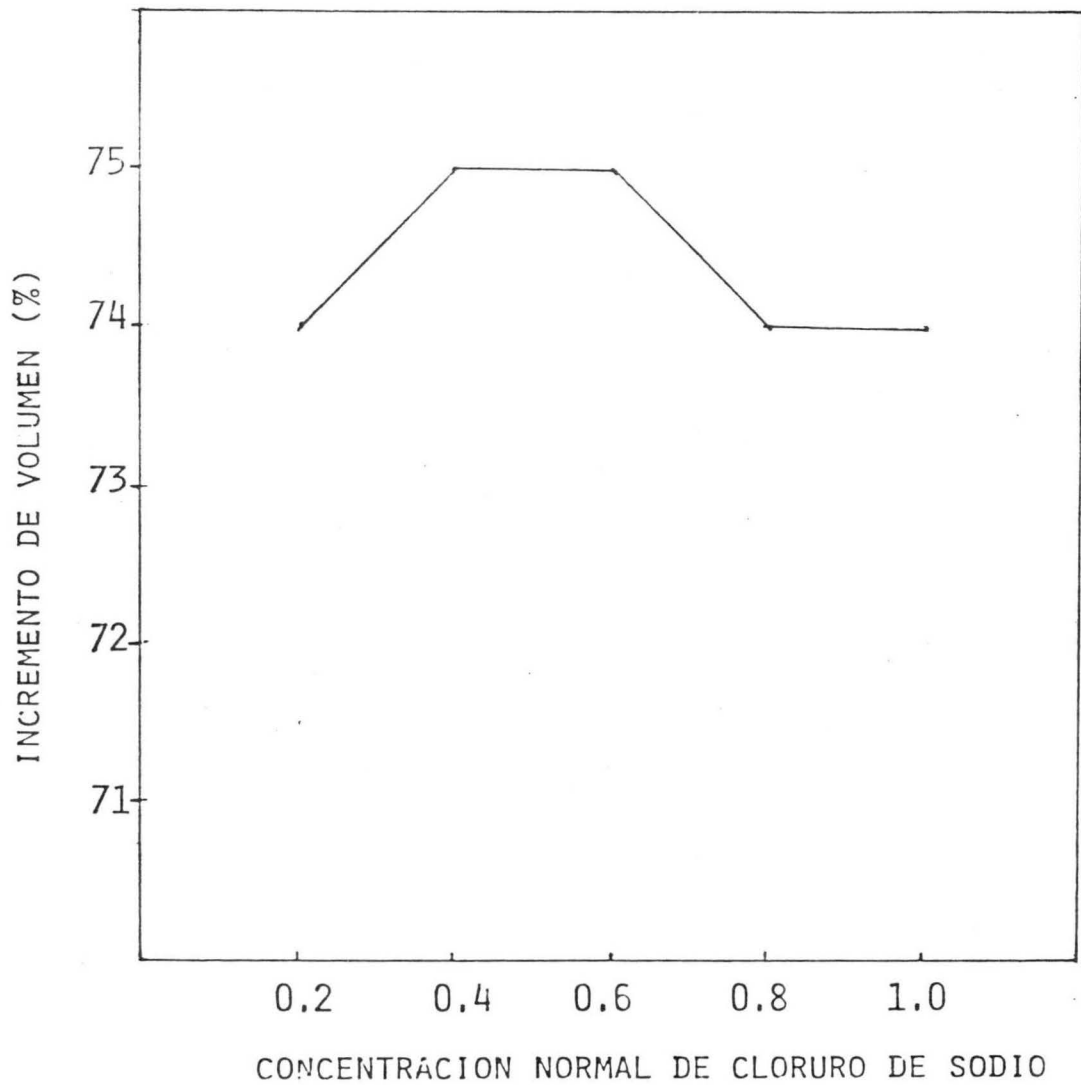


GRAFICA NO. 4

EFFECTO DE LA CONCENTRACION

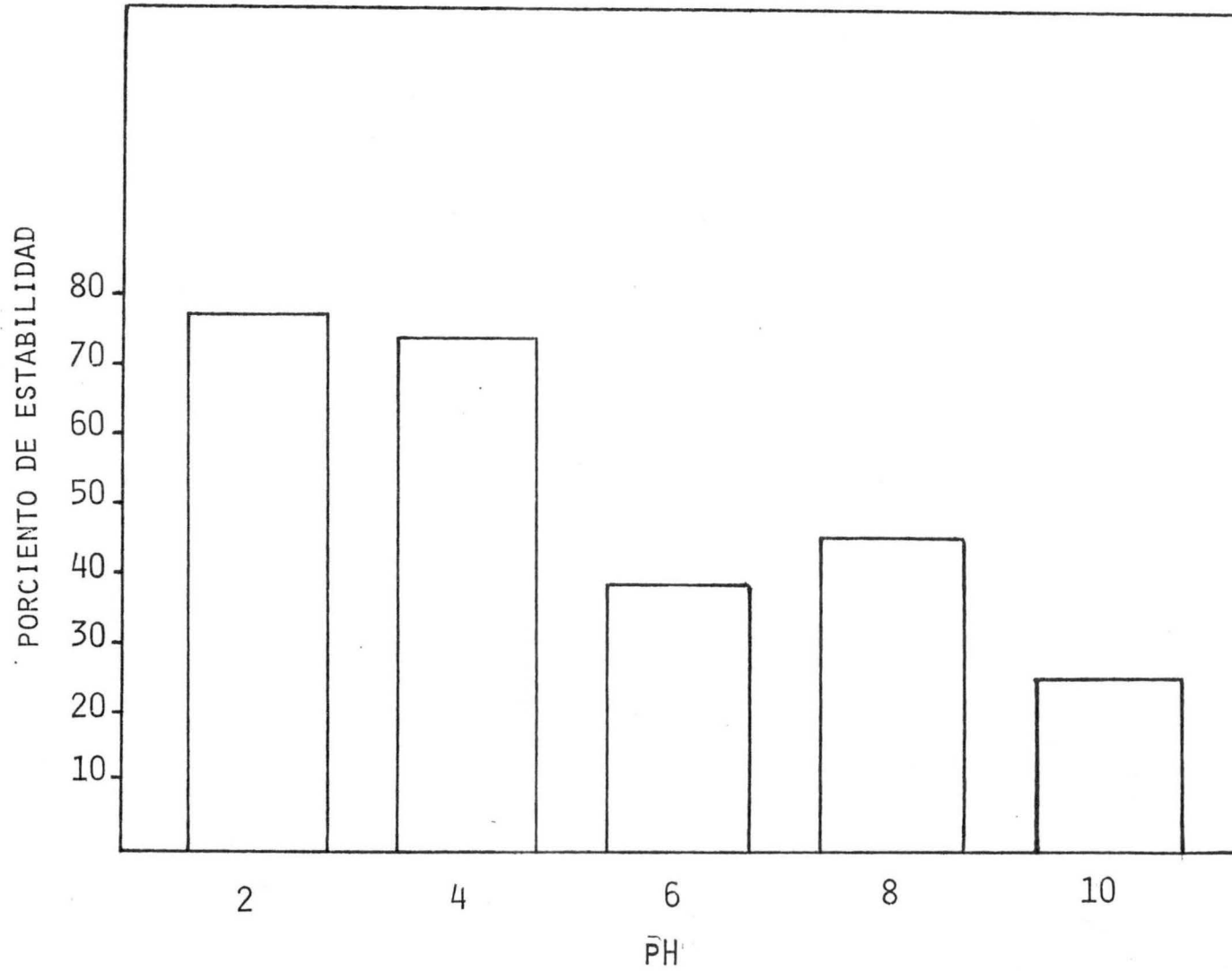
DE CLORURO DE SODIO SOBRE

LA CAPACIDAD DE ESPUMACION



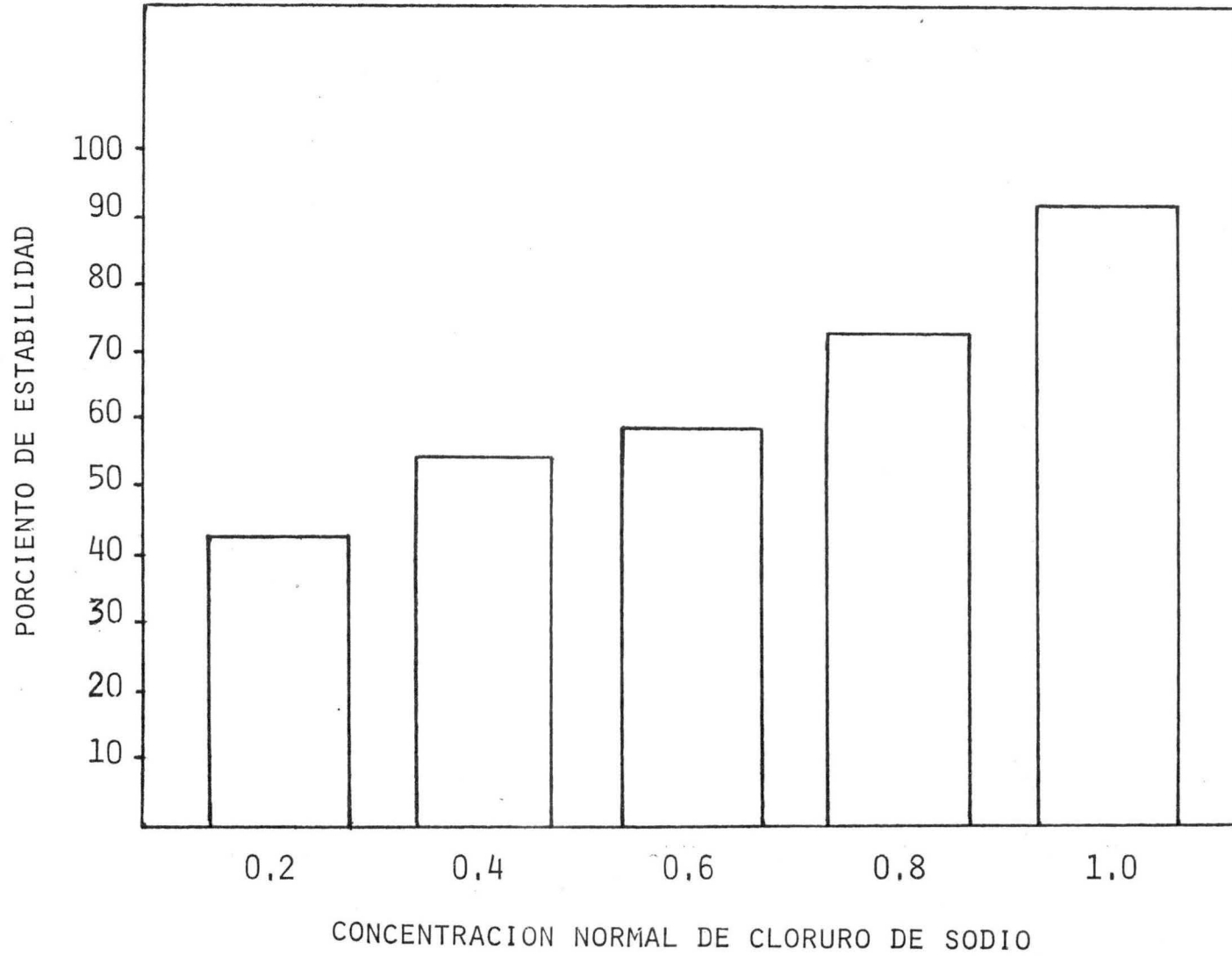
GRAFICA No.5

EFFECTO DEL PH SOBRE LA ESTABILIDAD DE LA ESPUMA



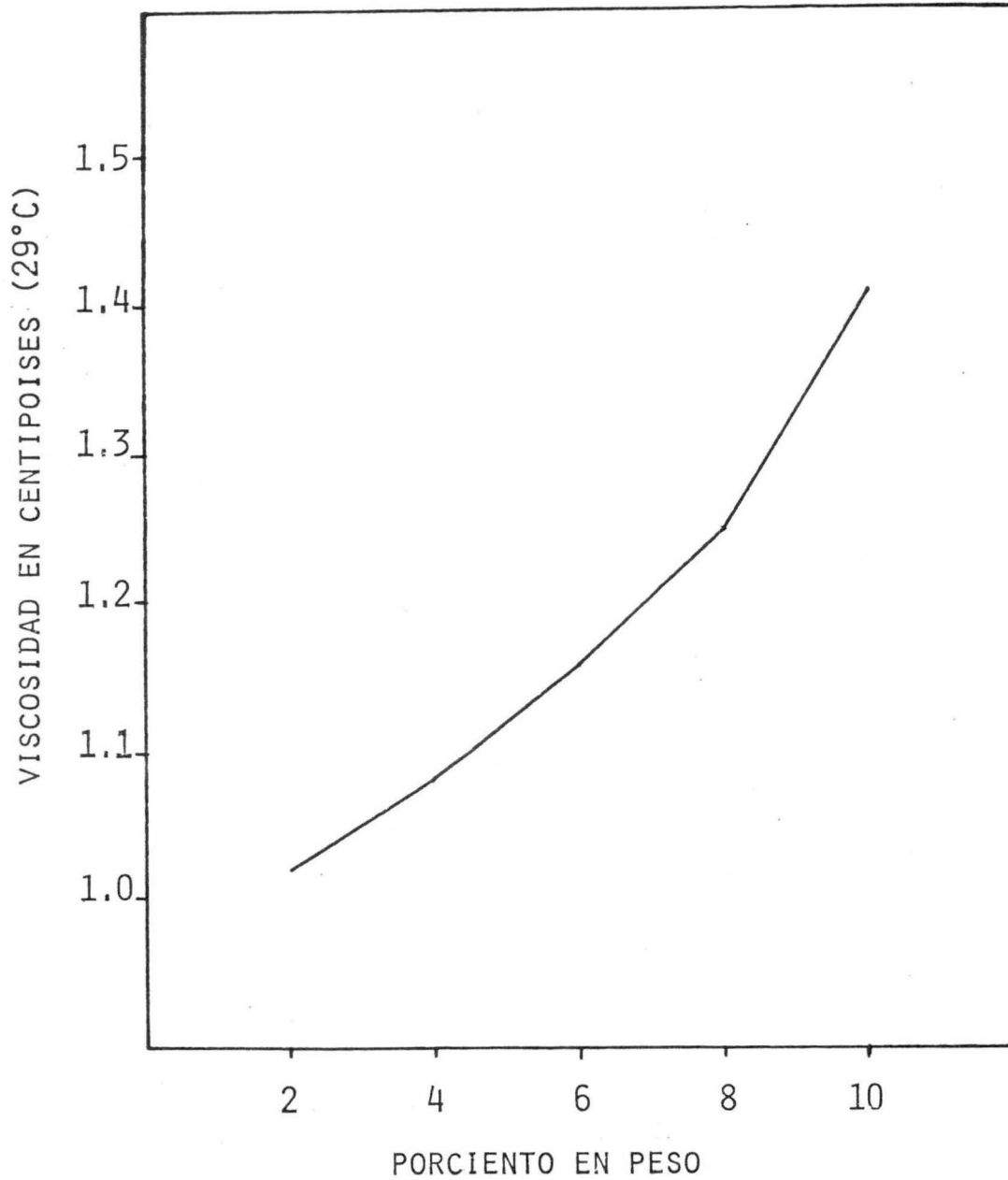
GRAFICA NO.6

EFFECTO DE LA CONCENTRACION DE CLORURO DE SODIO SOBRE
LA ESTABILIDAD DE LA ESPUMA



GRAFICA No.7

VISCOSIDAD DE LAS SUSPENSIONES DE ESPIRULINA



DISCUSIONES Y CONCLUSIONES

CONSIDERANDO QUE LAS PROTEÍNAS ADEMÁS DE SU IMPORTANCIA NUTRICIONAL DESEMPEÑAN UN PAPEL RELEVANTE EN LA INDUSTRIA ALIMENTARIA, YA QUE A TRAVÉS DE SUS PROPIEDADES FUNCIONALES CONTRIBUYEN GRANDEMENTE A MEJORAR LAS CARACTERÍSTICAS FINALES DE LOS ALIMENTOS PROCESADOS Y POR LO TANTO LA ACEPTACIÓN O RECHAZO DE ÉSTOS POR EL CONSUMIDOR, SE HAN ESTUDIADO AQUÍ ALGUNAS DE LAS PROPIEDADES FUNCIONALES PRINCIPALES DEL ALGA ESPIRULINA.

LAS PROPIEDADES DE ABSORCIÓN DE AGUA Y GRASA EN LAS SUSPENSIONES DEL ALGA EN CUESTIÓN, MOSTRARON VALORES INFERIORES EN RELACIÓN A LOS DEL CONCENTRADO PROTÉICO DE FRIJOL; A PESAR DE ELLO, LAS CANTIDADES DE AGUA Y GRASA

QUE SE ABSORBEN POR GRAMO DE MUESTRA SECA NO DEJAN DE SER SIGNIFICATIVAS. ES IMPORTANTE SEÑALAR EL HECHO DE QUE LA CAPACIDAD DE ABSORCIÓN DE AGUA PUEDE SER ATRIBUIDA TANTO A INTERACCIONES PROTEÍNA-AGUA A TRAVÉS DE PUENTE DE HIDRÓGENO, COMO TAMBIÉN A INTERACCIONES CARBOHIDRATO-AGUA, YA QUE LOS CARBOHIDRATOS SE ENCUENTRAN PRESENTES EN LA ESPIRULINA EN UN PORCENTAJE CONSIDERABLE.

POR LO QUE RESPECTA A LAS CAPACIDADES DE EMULSIFICACIÓN Y ESPUMACIÓN, LOS RESULTADOS OBTENIDOS EN ESTE ESTUDIO INDICAN QUE ESTAS PROPIEDADES ESTÁN EN FUNCIÓN DE LA SOLUBILIDAD DE LOS POLÍMEROS, LO CUAL PUEDE APRECIARSE CLARAMENTE EN LAS GRÁFICAS CORRESPONDIENTES INDICADAS EN EL CAPÍTULO DE RESULTADOS.

UNO DE LOS FACTORES QUE ESTÁN INVOLUCRADOS EN LA VARIACIÓN DE LOS VALORES DE LAS PROPIEDADES FISICOQUÍMICAS DE ESTE TIPO DE PROTEÍNAS, ES LA CONCENTRACIÓN DE LOS IONES HIDRÓNEO (PH); POR LO CUAL, SE REALIZARON LAS DETERMINACIONES EN BASE A DIFERENTES CONCENTRACIONES DE PH CON EL OBJETO DE DETERMINAR LA VARIACIÓN DE LOS PARÁMETROS. EN RELACIÓN A ÉSTO, LOS RESUSLTADOS MUESTRAN QUE SE OBTIENEN VALORES MÁXIMOS PARA ESTAS PROPIEDADES A MEDIDA QUE EL PH DEL SISTEMA SE ALEJA DEL PUNTO ISOELÉCTRICO, MIENTRAS QUE EN ESTE ÚLTIMO LOS VALORES RESULTAN MÍNIMOS.

DE IGUAL MANERA, SE TOMÓ EN CUENTA OTRO FACTOR INVOLUCRADO, LA CONCENTRACIÓN DE SALES, EL CUAL SEÑALA VARIACIÓN DE LOS VALORES A DIFERENTES CONCENTRACIONES DE

CLORURO DE SODIO.

EL EFECTO EJERCIDO POR LA CONCENTRACIÓN DE SALES SOBRE DICHAS PROPIEDADES RESULTÓ SER EL ESPERADO; ES DECIR, SE INCREMENTA LA SOLUBILIDAD DE LAS PROTEÍNAS A BAJAS CONCENTRACIONES DE CLORURO DE SODIO, LO QUE TRAE COMO CONSECUENCIA QUE LAS CANTIDADES DE ESPUMA PRODUCIDA Y DE ACEITE EMULSIFICADO SEAN MAYORES. DE OTRA MANERA A ELEVADAS CONCENTRACIONES DE SAL, SE OBSERVA EL EFECTO CONTRARIO, LO CUAL PUEDE INDICAR UNA DISMINUCIÓN DE LA SOLUBILIDAD DE LOS POLÍMEROS.

LOS VALORES OBTENIDOS PARA LAS PROPIEDADES DE EMULSIFICACIÓN, ESPUMACIÓN Y ESTABILIDAD DE LA ESPUMA, FUERON SIGNIFICATIVAMENTE SUPERIORES A LOS REPORTADOS PARA EL CONCENTRADO PROTÉICO DE FRIJOL.

LAS SUSPENSIONES DE ESPIRULINA EN LAS CONCENTRACIONES PROBADAS NO FORMARON GELES FIRMES, LO CUAL PUEDE SER ATRIBUIDO A LA PRESENCIA DE LOS CARBOHIDRATOS QUE COMPIEN CON LAS PROTEÍNAS INTERACTUANDO CON EL AGUA; ASÍ QUE AÚN CUANDO SE HAYA DESNATURALIZADO LA PROTEÍNA, ES PROBABLE QUE EL AGUA DISPONIBLE NO FUERA SUFICIENTE PARA PRODUCIR UN GEL RÍGIDO Y ESTABLE.

EN LO CONSERNIENTE A LA VISCOSIDAD, LOS VALORES OBTENIDOS NO SON COMPARABLES CON LOS REPORTADOS PARA OTRAS PROTEÍNAS, DEBIDO A QUE LA TEMPERATURA A LA CUAL SE EFECTUÓ LA DETERMINACIÓN, NO CORRESPONDE A LAS CONDICIONES NORMALMENTE USADAS PARA LLEVAR A CABO ÉSTA MEDICIÓN. EN LA GRÁFICA CORRESPONDIENTE (GRAFICA NO.7), PUEDE

OBSERVARSE QUE LA VISCOSIDAD DE LAS SUSPENSIONES PROTÉICAS ES DIRECTAMENTE PROPORCIONAL A LA CONCENTRACIÓN,

PARA LLEVAR A CABO LA SELECCIÓN DE LOS ALIMENTOS A ELABORAR EN ESTE TRABAJO, ADICIONANDO LA ESPIRULINA COMO INGREDIENTE PROTÉICO, SE VIÓ LA NECESIDAD DE CONSIDERAR LOS RESULTADOS OBTENIDOS Y DE TOMAR EN CUENTA EL TIPO Y EL NÚMERO DE LAS PROPIEDADES FUNCIONALES REQUERIDAS PARA CADA PRODUCTO EN PARTICULAR; TODO ÉSTO SIN OMITIR, LA IMPORTANCIA DEL EFECTO PRODUCIDO POR EL COLOR DEL ALGA SOBRE LA APARIENCIA DEL ALIMENTO.

EN RELACIÓN A ÉSTO ÚLTIMO, SE CONSIDERARON AQUELLOS PRODUCTOS CUYO COLOR ORIGINAL PODÍA ENMASCARAR EL COLOR DEL ALGA, ASÍ COMO TAMBIÉN, AQUELLOS EN LOS QUE EL COLOR NO REPRESENTABA, EN SÍ MISMO, UN INCONVENIENTE PARA SU ACEPTACIÓN EN EL MERCADO.

LOS RESULTADOS DEL ANÁLISIS ORGANOLÉPTICO INDICAN QUE DE LOS PRODUCTOS EVALUADOS LA PASTA DE TALLARINES Y LAS Galletas DE CHOCOLATE FUERON LAS QUE GOZARON DE MAYOR ACEPTACIÓN.

COMO ES SABIDO EN NUESTRO PAÍS, LAS PASTA PARA SOPA FORMAN PARTE DE LA DIETA DE LA POBLACIÓN CARACTERIZADA COMO DE ESCASOS RECURSOS ECONÓMICOS. SON CONSUMIDAS POR TODA LA FAMILIA Y SON ACEPTADAS DE MANERA REGIONAL Y NACIONAL. ADEMÁS, PRESENTAN UNA LARGA VIDA DE ANAQUEL Y SON SUSCEPTIBLES DE MEJORARSE SUSTANCIALMENTE EN CUANTO A SU VALOR NUTRITIVO. POR LO CUAL, SE PUDO OBTENER EN ÉSTE TRABAJO, UNA PASTA A BASE DE HARINA DE TRIGO Y ESPIRULI-

NA DE BUEN VALOR NUTRITIVO, LA CUAL REPRESENTA UNA OPCIÓN PARA DIVERSIFICAR LA UTILIZACIÓN DE UNA FUENTE POTENCIAL DE PROTEÍNA COMO LO ES LA ESPIRULINA.

POR OTRA PARTE, SE ELABORARON GALLETAS DE CHOCOLATE ENRIQUECIDAS CON LA ESPIRULINA Y SE OBSERVÓ QUE EL COLOR VERDE DEL ALGA FAVORECIÓ EL COLOR FINAL DE LAS GALLETAS DE CHOCOLATE YA QUE LO INTENSIFICÓ Y FAVORECIÓ ASÍ UNA MAYOR ACEPTACIÓN.

EN EL ADEREZO PARA BOTANAS SE OBSERVÓ EL EFECTO CONTRARIO, ASÍ COMO TAMBIÉN EN LAS TORTILLAS DE MAÍZ, EN LAS CUALES EL COLOR VERDE RESULTÓ POCO ATRACTIVO, AÚN CUANDO EL SABOR DE ESTOS PRODUCTOS RESULTÓ EN GENERAL AGRA-DABLE.

TODOS LOS PRODUCTOS PRESENTARON MAYOR INTENSIDAD EN EL SABOR, LO CUAL PUEDE DEBERSE POSIBLEMENTE A LA CANTIDAD DE ÁCIDO GLUTÁMICO PRESENTE EN LA ESPIRULINA.

EN GENERAL, SE PUDO OBSERVAR QUE EL EMPLEO DE LA ESPIRULINA COMO INGREDIENTE, MANTIENE O MEJORA, SEGÚN SEA EL CASO LA TEXTURA DE ESTOS ALIMENTOS.

EN CONCLUSIÓN, LAS PROPIEDADES FUNCIONALES DE ABSORCIÓN DE AGUA, ABSORCIÓN DE GRASA, ESPUMACIÓN Y EMULSIFICACIÓN DE LAS PROTEÍNAS DEL ALGA ESPIRULINA RESULTAN CONVENIENTES PARA LA ELABORACIÓN DE LAS PASTAS PARA SOPAS, LOS PRODUCTOS DE PANIFICACIÓN CON SABOR A CHOCOLATE, LOS ADEREZOS PARA BOTANAS Y LAS TORTILLAS DE MAÍZ; SIN EMBARGO, EN ESTOS DOS ÚLTIMOS EL COLOR VERDE DEL ALGA

RESULTA UN INCONVENIENTE SERIO PARA SU ACEPTACIÓN ORGANOLÉPTICA.

EL INCREMENTO EN EL CONTENIDO PROTÉICO DE LOS ALIMENTOS DEBIDO AL EMPLEO DE LA ESPIRULINA COMO INGREDIENTE, SUGIERE QUE ÉSTA PUEDA UTILIZARSE AL MENOS, EN LA FORTIFICACIÓN DE PRODUCTOS ALIMENTICIOS CON CARACTERÍSTICAS SIMILARES A LOS ALIMENTOS AQUÍ EVALUADOS, LO CUAL PUEDE CONTRIBUIR EN UN FUTURO A DIVERSIFICAR Y MEJORAR EN TODOS LOS SENTIDOS LA DIETA DE LA POBLACIÓN.

R E S U M E N

EN ESTE TRABAJO SE ESTUDIARON ALGUNAS PROPIEDADES FUNCIONALES DE LAS PROTEÍNAS DEL ALGA SPIRULINA MAXIMA PARA DETERMINAR SU POSIBLE EMPLEO EN LA INDUSTRIA ALIMENTARIA COMO INGREDIENTE PROTÉICO.

SE REALIZARON ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO Y BROMATOLÓGICO DEL ALGA; LAS PROPIEDADES FUNCIONALES ESTUDIADAS MEDIANTE TÉCNICAS SENCILLAS DE LABORATORIO FUERON: ABSORCIÓN DE AGUA, ABSORCIÓN DE GRASA, EMULSIFICACIÓN, ESPUMACIÓN, ESTABILIDAD DE LA ESPUMA, GELIFICACIÓN Y VISCOSIDAD.

LOS RESULTADOS OBTENIDOS INDICAN QUE LA ESPIRULINA POSEE BUENAS CAPACIDADES DE ABSORCIÓN DE AGUA Y GRASA, Y EXCE-

LENTES PROPIEDADES DE EMULSIFICACIÓN, ESPUMACIÓN Y DE ESTABILIDAD DE LA ESPUMA. ESTAS PROPIEDADES FUNCIONALES SE PROBARON EN DIFERENTES ALIMENTOS, SOMETIENDO ÉSTOS A EVALUACIÓN ORGANOLÉPTICA Y DETERMINANDO EL INCREMENTO EN SU CONTENIDO PROTÉICO.

TODOS LOS ALIMENTOS PREPARADOS CON ESPIRULINA MOSTRARON UN AUMENTO SUPERIOR AL 1 % EN LA CONCENTRACIÓN DE PROTEÍNAS Y SE MEJORARON APRECIABLEMENTE SUS CARACTERÍSTICAS DE TEXTURA. LOS MÁS ACEPTADOS POR SUS PROPIEDADES ORGANOLÉPTICAS FUERON LAS GALLETAS DE CHOCOLATE Y LA PASTA DE TALLARINES.

B I B L I O G R A F I A

1. ANUSUYA M. AND L.V. VENKATARAMAN. "FUNCTIONAL PROPERTIES OF PROTEIN PRODUCTS OF MASS CULTIVATED BLUE-GREEN ALGA SPIRULINA PLATENSIS" EN: JOURNAL OF FOOD SCIENCE (U.S.A.) VOL. 49 1984. PP. 24-27.
2. BADUÍ DERGAL, SALVADOR QUÍMICA DE LOS ALIMENTOS. ED. ALHAMBRA MEXICANA. (MÉXICO). 1982.

3. BETSCHART, FONG AND HANAMOTO. "SAFFLOWER PROTEIN ISOLATES: FUNCTIONAL PROPERTIES IN SIMPLE SYSTEMS AND BREADS".
EN: JOURNAL OF FOOD SCIENCE (U.S.A.) VOL.44
1979, PP. 1022-1026.
4. BRAVERMAN, J.B.S INTRODUCCIÓN A LA BIOQUÍMICA DE LOS ALIMENTOS. 3° EDICIÓN.
ED. OMEGA, (ESPAÑA), 1980.
5. CHALEM, JACK JOSEPH SPIRULINA: GREEN GOLD OF THE FUTURE.
ED. KEATS PUBLISHING INC. (U.S.A.), 1981.
6. CHERRY, JHON P. PROTEIN FUNCTIONALITY IN FOODS.
ED. ACS SYMPOSIUM SERIES. (U.S.A.), 1981.
7. DONDERO MARTA Y E. MENESES R. "OBTENCIÓN DE UN CONCENTRADO PROTEICO A PARTIR DE GERMEN DE MAÍZ (ZEA MAYS)".
EN: REVISTA INDUSTRIA ALIMENTARIA (MÉXICO)
VOL.6 1981. PP. 19-24.

8. DOUGLAS M. AND GLENN D. FOODS AND FOOD PRODUCTION ENCYCLOPEDIA. "PROTEINS",
ED. VAN NOSTRAND REINHOLD COMPANY INC. (U.S.A.)
1982. PP.1876.

9. DURAND CHESTEL, HUBERT. "LA ESPIRULINA UNA FUENTE DE PROTEÍNAS",
PUBLICACIÓN SOSA TEXCOCO (MÉXICO).

10. KITABATAKE N. AND ETSUSHIRO D. "SURFACE TENSION AND FOAMING OF PROTEIN SOLUTIONS",
EN: JOURNAL OF FOOD SCIENCE. (U.S.A.) VOL. 47
1982. PP. 1218-1221.

11. SATHE S. K. AND SALUNKHE. "FUNCTIONAL PROPERTIES OF THE GREAT NORTHERN BEAN (PHASEOLUS VULGARIS) PROTEINS: EMULSION, FOAMING, VISCOSITY AND GELATION PROPERTIES",
EN: JOURNAL OF FOOD SCIENCE (U.S.A.) VOL.46
1981. PP. 71-74.

12. SWITZER LARRY SPIRULINA THE WHOLE FOOD REVOLUTION,
ED. BANTAM BOOKS, INC. (U.S.A.) 1982.

13. WILSON EVA D, Y OTROS FISIOLOGÍA DE LA ALIMENTACIÓN. 2° EDICIÓN.
ED. INTERAMERICANA S.A. DE C.V. (MÉXICO). 1978.

14. 1973. "PROBLEMAS ECONÓMICOS EN LA DISTRIBUCIÓN DE PROTEÍNAS".
EN: REVISTA DE AGRONOMÍA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS (ESPAÑA) VOL.13 PP.212.

15. 1982. "LA ESPIRULINA PRODUCTO NATURAL".
EN: INSTITUTO NACIONAL DE NUTRICIÓN Y SOSA
TEXCOCO (MÉXICO).

900590