

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN
FACULTAD DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL
DEPARTAMENTO ACADÉMICO DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL



**CARACTERIZACIÓN REOLÓGICA Y
DETERMINACIÓN DEL PERFIL DE
TEXTURA DEL TOFU**

TESIS

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO AGROINDUSTRIAL**

**PRESENTADO POR EL BACHILLER:
SERGIO ANDRÉ ESPINOZA SÁNCHEZ**

TARAPOTO- PERÚ

2013

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN

FACULTAD DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL

DEPARTAMENTO ACADÉMICO DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL



**CARACTERIZACIÓN REOLÓGICA Y
DETERMINACIÓN DEL PERFIL DE TEXTURA
DEL TOFU**

TESIS

Para Optar el Título Profesional de:

INGENIERO AGROINDUSTRIAL

Presentado por el Bachiller:

Sergio André Espinoza Sánchez

Tarapoto – Perú

2013

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN

FACULTAD DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL

DEPARTAMENTO ACADÉMICO DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL



CARACTERIZACIÓN REOLÓGICA Y DETERMINACIÓN DEL PERFIL DE TEXTURA DEL TOFU TESIS

Para Optar el Título Profesional de:
INGENIERO AGROINDUSTRIAL

Presentado por el Bachiller:
Sergio André Espinoza Sánchez

SUSTENTADA Y APROBADA ANTE EL SIGUIENTE JURADO

Ing. Dr. Oscar W. Mendieta Taboada
PRESIDENTE

Ing. M. Sc. Enrique Navarro Ramírez
SECRETARIO

Ing. Dr. Abner F. Obregón Lujerio
MIEMBRO

Ing. Dra. Mari Luz Medina Vivanco
ASESORA

TARAPOTO – PERU

2013

DEDICATORIA

Para el
todopoderoso, que
día a día me brinda
fortaleza y
seguridad para
seguir adelante y
cumplir mis metas.

Para mis padres:
Rolando y Luisa,
que gracias a su
esfuerzo y sabios
consejos hoy en día
soy un profesional
logrando todo lo
que se propone.

Para mis hermanos:
Joao y Milagros,
que son ellos los
que día a día me
brindan alegrías y
más ganas de
seguir adelante.

AGRADECIMIENTOS

A mi asesora de tesis la Dra. Mari Luz Medina Vivanco, docente de la Facultad de Ingeniería Agroindustrial en la Universidad Nacional de San Martín, por su asesoría, su apoyo, sus consejos y la presión que ejerció en mí para la culminación de este trabajo de investigación.

A mi co-asesor de tesis el Dr. Manuel Fernando Coronado Jorge, docente de la Facultad de Ingeniería Agroindustrial en la Universidad Nacional de San Martín, por su asesoría, su apoyo y correcciones del presente trabajo.

Al Dr. Abner Félix Obregón Lujerio, docente de la Facultad de Ingeniería Agroindustrial en la Universidad Nacional de San Martín, por brindarme la oportunidad de ser tesista en su proyecto de investigación y de esta manera poder ejecutar la tesis utilizando los equipos y las instalaciones del laboratorio de Investigación de la Facultad de Ingeniería Agroindustrial en la Universidad Nacional de San Martín.

A la Dra. Carmen Velezmoro docente de la Facultad de Industrial Alimentarias en la Universidad Nacional Agraria de la Molina, por el apoyo que me brindó con artículos científicos relacionados con mi proyecto de investigación y sus sabios consejos.

A mis amigos y compañeros de la Facultad de Ingeniería Agroindustrial por su apoyo directo o indirecto en la idealización, ejecución y concretización de este proyecto de investigación el cual es el último paso para mi realización como Ingeniero Agroindustrial.

INDICE GENERAL

I.- INTRODUCCIÓN	1
II.-REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	3
2.1.- Soya.	3
2.1.1.- Origen	3
2.1.2.- Morfología.	4
2.1.3.- Usos	4
2.1.4.- Composición química	5
2.2.- Tofu	6
2.2.1.- Elaboración de Tofu	6
2.3.- Textura en alimentos .	10
2.3.1.- Parámetros de Textura	10
2.3.2.- Métodos de Análisis de Textura.	11
2.3.3.- Equipos para medir las Propiedades de Textura.	12
2.3.4.- Perfil de textura	16
2.3.5.- Determinación de la Textura	17
2.4.- Propiedades Reológicas de Alimentos	21
2.4.1.- Reología	21
2.4.2.- Viscoelasticidad	21
2.4.3.- Modelo de Maxwell	23
2.4.4.- Prueba de relajación	24
III.- MATERIALES Y MÉTODOS	26
3.1.- Lugar de ejecución del trabajo	26
3.2.- Materia prima	26
3.3.- Materiales y equipos	26
3.2.1.- Materias primas	26
3.2.2.- Equipos	26
3.2.3.- Materiales de laboratorio	26
3.2.4.- Materiales otros	27
3.4.- Diseño Experimental	27

3.5.- Métodos	27
3.5.1- Proceso de elaboración de Tofu	27
3.5.2.- Variables analizadas	32
3.6- Análisis de textura	32
3.6. A.- Análisis del perfil de textura	33
3.6.B.- La prueba de relajación	34
3.6. C.- Alta deformación	34
IV.- RESULTADOS Y DISCUSIONES	35
4.1.- Elaboración de Tofu.	35
4.2.- Perfil de Textura.	37
4.2.1.- Adhesividad	40
4.2.2.- Cohesividad	42
4.2.3.- Dureza	44
4.2.4.- Elasticidad	46
4.2.5.- Gomosidad	48
4.2.6.- Masticabilidad	50
4.3.- Tiempo de Relajación.	53
4.3.1.- Influencia de las variables en el valor de τ_1	55
4.3.2.- Influencia de las variables en el valor de τ_2	57
4.4.- Punto de Ruptura	59
V.- CONCLUSIONES	63
VI.- RECOMENDACIONES	64
VII.- BIBLIOGRAFIA	65
VIII. ANEXOS	70

INDICE DE FIGURAS

Figura N° 01 – Planta de soya	3
Figura N° 02 – Grano de soya	5
Figura N° 03 – Texturómetro universal Instron	18
Figura N° 04 – Perfil de textura organizada obtenida del Texturómetro Universal Instron	18
Figura N° 05 - Representación de la relajación del esfuerzo aplicado a un fluido viscoelástico	22
Figura N° 06 - Modelo de Maxwell generalizado	24
Figura N° 07 - diagrama de proceso de elaboración de tofu	31
Figura N° 08 – Stentor II ST	33
Figura N° 09 – Superficie de respuesta de la influencia del tipo y cantidad de coagulante añadido, en el rendimiento del Tofu	36
Figura N° 10 – Perfil de textura del Tofu de la muestra N° 16	37
Figura N° 11 - Superficie de respuesta de la influencia del tipo y cantidad de coagulante añadido, en la adhesividad del Tofu	41
Figura N° 12 – Superficie de respuesta de la influencia de la cantidad de coagulante y el prensado, en la adhesividad del Tofu	41
Figura N° 13 – Superficie de respuesta de la influencia del tipo de coagulante y el prensado, en la adhesividad del Tofu	41
Figura N° 14 – Superficie de respuesta de la influencia del tipo y cantidad de coagulante, en la cohesividad del Tofu	43
Figura N° 15 – Superficie de respuesta de la influencia del tipo de coagulante y el prensado, en la cohesividad del Tofu	43
Figura N° 16 – Superficie de respuesta de la influencia de la cantidad de coagulante y el prensado, en la cohesividad del Tofu	43
Figura N° 17 – Superficie de respuesta de la influencia de la cantidad de coagulante y el tiempo de prensado, en la cohesividad del Tofu	43
Figura N° 18 – Superficie de respuesta de la influencia del tiempo de prensado y el prensado, en la cohesividad del Tofu	44
Figura N° 19 – Superficie de respuesta de la influencia del tipo y cantidad de coagulante, en la dureza del Tofu	45
Figura N° 20 – Superficie de respuesta de la influencia de la cantidad de coagulante y el prensado, en la dureza del Tofu	45
Figura N° 21 – Superficie de respuesta de la influencia de la cantidad de coagulante y el tiempo de prensado, en la dureza del Tofu	46
Figura N° 22 – Superficie de respuesta de la influencia de la presión de prensado y el tiempo de prensado, en la elasticidad del Tofu	48
Figura N° 23 – Superficie de respuesta de la influencia de la presión de	

	prensado y el tipo de coagulante, en la elasticidad del Tofu	48
Figura N° 24	– Superficie de respuesta de la influencia del prensado y la cantidad de coagulante, en la elasticidad del Tofu	48
Figura N° 25	– Superficie de respuesta de la influencia del tipo y cantidad de coagulante añadido, en la gomosidad del Tofu	50
Figura N° 26	– Superficie de respuesta de la influencia de la cantidad de coagulante y el prensado, en la gomosidad del Tofu	50
Figura N° 27	– Superficie de respuesta de la influencia de la cantidad de coagulante y el tiempo de prensado, en la gomosidad del Tofu	50
Figura N° 28	– Superficie de respuesta de la influencia del tipo y cantidad de coagulante añadido, en la masticabilidad del Tofu	52
Figura N° 29	– Superficie de respuesta de la influencia de la cantidad de coagulante y el prensado, en la masticabilidad del Tofu	52
Figura N° 30	– Superficie de respuesta de la influencia de la cantidad de coagulante y el tiempo de prensado, en la masticabilidad del Tofu	52
Figura N° 31	– Datos de la Prueba de Relajación de la muestra N° 16	53
Figura N° 32	– Superficie de respuesta de la influencia del tipo y cantidad de coagulante añadido, en el valor de τ_1 del Tofu	56
Figura N° 33	– Superficie de respuesta de la influencia de la cantidad de coagulante y el prensado, en el valor de τ_1 del Tofu	56
Figura N° 34	– Superficie de respuesta de la influencia de la cantidad de coagulante y el tiempo de prensado, en el valor de τ_1 del Tofu	56
Figura N° 35	– Superficie de respuesta de la influencia de la cantidad de coagulante y el tiempo de prensado, en el valor de τ_2 del Tofu	58
Figura N° 36	– Superficie de respuesta de la influencia del tipo de coagulante y el tiempo de prensado, en el valor de τ_2 del Tofu	58
Figura N° 37	– Superficie de respuesta de la influencia del prensado y el tiempo de prensado, en el valor de τ_2 del Tofu	58
Figura N° 38	– Resultados de los valores de punto de ruptura de la muestra	59
Figura N° 39	– Superficie de respuesta de la influencia del tipo y cantidad de coagulante añadido, en el punto de ruptura del Tofu	61
Figura N° 40	– Superficie de respuesta de la influencia de la cantidad de coagulante añadido y el prensado, en el punto de ruptura del Tofu	61
Figura N° 41	– Superficie de respuesta de la influencia de la cantidad de coagulante y el tiempo de prensado, en el punto de ruptura del Tofu	62

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro N° 01 – Composición del grano de soya (base a 100 gr de soya)	6
Cuadro N° 02 – Composición del Tofu	9
Cuadro N° 03 – Propiedades de Textura	19
Cuadro N° 04 - Propiedades mecánicas relacionadas con el análisis del perfil de textura	19
Cuadro N° 05 - Propiedades geométricas	20
Cuadro N° 06 - Propiedades de superficie	20
Cuadro N° 07 – Diseño experimental	28
Cuadro N° 08 - Rendimiento del Tofu	35
Cuadro N° 09 - Valores del Perfil de Textura	38
Cuadro N° 10 - Características del Perfil de Textura	39
Cuadro N° 11 – Resumen de la influencia de variables en las propiedades del perfil de textura del Tofu	53
Cuadro N° 12 - Valores de la Ec. de Maxwell generalizado	54
Cuadro N° 13 - Datos de Punto de Ruptura	60

ÍNDICE DE ANEXO

ANEXO 1.-	Análisis de varianza en Rendimiento de Coagulante	70
ANEXO 2.-	Coefficiente de regresión para el Rendimiento del coagulante	70
ANEXO 3.-	Análisis de varianza en la propiedad de Adhesividad del Perfil de Textura	71
ANEXO 4.-	Coefficiente de regresión para la propiedad de Adhesividad en el Perfil de Textura	71
ANEXO 5.-	Análisis de varianza en la propiedad de Cohesividad del Perfil de Textura	72
ANEXO 6.-	Coefficiente de regresión para la propiedad de Cohesividad en el Perfil de Textura	72
ANEXO 7.-	Análisis de varianza en la propiedad de Dureza del perfil de Textura	73
ANEXO 8.-	Coefficiente de regresión para la propiedad de Dureza en el Perfil de Textura	73
ANEXO 9.-	Análisis de varianza en la propiedad de Elasticidad del Perfil de Textura	74
ANEXO 10.-	Coefficiente de regresión para la propiedad de Elasticidad en el Perfil de Textura	74
ANEXO 11.-	Análisis de varianza en la propiedad de Gomosidad del Perfil de Textura	75
ANEXO 12.-	Coefficiente de regresión para la propiedad de Gomosidad en el Perfil de Textura	75
ANEXO 13.-	Análisis de varianza en la propiedad de Masticabilidad del Perfil de Textura	76
ANEXO 14.-	Coefficiente de regresión para la propiedad de Masticabilidad en el Perfil de Textura	76
ANEXO 15.-	Análisis de varianza para los valores de τ_1	77
ANEXO 16.-	Coefficiente de regresión para los valores de τ_1	77
ANEXO 17.-	Análisis de varianza para los valores de τ_2	78
ANEXO 18.-	Coefficiente de regresión para los valores de τ_2	78
ANEXO 19.-	Análisis de varianza en la propiedad del Punto de Ruptura	79
ANEXO 20.-	Coefficiente de regresión para la propiedad de Punto de Ruptura	79

RESUMEN

En el presente trabajo se realizó el estudio y caracterización de las propiedades de textura de un Tofu elaborado en la región San Martín, el objetivo general fue la caracterización y determinación del perfil de textura del tofu, el equipo utilizado para los experimentos fue el texturómetro STENTOR II y el software RSIC para la obtención de los datos. Finalmente para el análisis de los datos y el análisis estadístico se usaron los programas Origin 5.0 y Statistica 7.0 respectivamente.

Las variables a analizar fueron: el tipo de coagulante, coagulante (%), prensado y tiempo de prensado, y las variables respuesta fueron Perfil de Textura (Adhesividad, Cohesividad, Elasticidad, Gomosidad, Dureza y Masticabilidad), Prueba de Relajación (τ_1 y τ_2) y Punto de Ruptura. La materia prima fue el grano de soya originario de la región de Aserradero, Bagua, Amazonas y los coagulantes utilizados fueron Cloruro de Magnesio y Sulfato de Calcio.

Los métodos utilizados en los análisis del Tofu de soya fueron: para determinar el perfil de textura se usó el modelo de STEFFE (para las propiedades de textura) y para la prueba de relajación se usó el modelo de MAXWELL generalizado para sólidos viscoelásticos (para calcular la influencia de las variables en la propiedad viscoelástica del Tofu).

Los resultados obtenidos demostraron en el perfil de textura del Tofu que en la adhesividad no influyó ninguna variable, en la cohesividad influyó la concentración del coagulante (%) y la presión, en la dureza influyó el tipo y concentración (%) del coagulante, en la elasticidad influyó la concentración del coagulante (%) y la presión, en la gomosidad influyó el tipo y la concentración (%) del coagulante, finalmente en la masticabilidad influyó el tipo y la concentración (%) del coagulante. En la prueba de Relajación para el valor de τ_1 fue la concentración del coagulante (%) la que influyó y para τ_2 fue el tiempo de prensado el que tuvo mayor influencia. En el punto de ruptura las variables que influyeron fueron el tipo y la concentración (%) del coagulante.

ABSTRACT

In this work the study and characterization of the textural properties of tofu prepared in the region San Martin , the general objective was the characterization and profiling of tofu texture was performed , the equipment used for the experiments was the texturometer STENTOR RSIC II software and to obtain data . Finally for data analysis and statistical analysis the Origin 5.0 and Statistica 7.0 software were used respectively. The variables analyzed were: the type of coagulant, coagulant (%), pressing and pressing time, and the response variables were profile texture (adhesiveness, cohesiveness, elasticity, gumminess, hardness and chewiness), Test Relaxation (τ_1 and τ_2) and Breakpoint. The feedstock was soybean originating in the region of Aserradero, Bagua, Amazonas and coagulants used were magnesium chloride and calcium sulfate. The methods used in the analysis of Tofu soy were: to determine the texture profile STEFFE model was used (for the textural properties) and to test the model of relaxation for generalized Maxwell viscoelastic solid used (to calculate the influence of the variables in the viscoelastic property of Tofu). The results showed in the tofu texture profile in adhesiveness not influence any variable influence on the cohesiveness coagulant concentration (%) and the pressure in the hardness influence the type and concentration (%) of the coagulant, in influenced elasticity coagulant concentration (%) and the pressure in gumminess influence the type and the concentration (%) of the coagulant, eventually influenced chewiness in the type and concentration (%) of the coagulant. Relaxation In testing for the value of τ_1 goal coagulant concentration (%) which influenced and τ_2 was the pressing time which had the greatest influence. In the breaking point were the variables that influenced the type and concentration (%) of the coagulant.

I.- INTRODUCCIÓN

La soya es una leguminosa que posee los nueve aminoácidos esenciales que se requieren en la dieta para un buen desarrollo y crecimiento de las personas, el consumo interno en Perú es muy pobre debido a falta de apoyo de las entidades públicas y privadas para la siembra y cosecha mecanizada de este cultivo también debido a la poca información que tienen las personas sobre este alimento y sus beneficios. Por ello es muy importante el comunicar y promocionar las bondades alimenticias de la soya y buscar nuevas formas de poder brindar este alimento a las personas (grano de soya, leche de soya, tofu, etc.) y así intensificar el consumo de este alimento que genera muchos beneficios a niños y adultos (INIA, 2009).

El objetivo de la tesis fue caracterizar reológicamente el Tofu para poder determinar cuáles y cómo influyen las variables (tipo de coagulante, concentración del coagulante (g de coagulante/100 g de soya hidratada), prensado y tiempo de prensado) en las propiedades de textura del Tofu. Al mismo tiempo poder calcular los valores τ_1 y τ_2 los cuales indican el comportamiento viscoelástico del Tofu.

Para ello se usó dos tipos de coagulantes (sales) como indica GOMES et al., (2001) y cinco variables en concentración del coagulante, prensado y tiempo de prensado durante la elaboración del Tofu, posteriormente se realizó el análisis de perfil de textura, la prueba de relajación y se determinó el punto de ruptura del Tofu.

Finalmente con las evaluaciones realizadas en las diferentes muestras de Tofu y comparadas con la de un queso fresco comercial de la marca "DANE", se pudo determinar que tratamiento N° 16 asemeja más al Tofu con las características de textura del queso fresco.

Los objetivos del presente trabajo son los siguientes:

Objetivo General:

- Caracterizar reológicamente y determinar el perfil de textura del Tofu.

Objetivos Específicos:

- Evaluar la influencia del tipo de coagulante en las propiedades reológicas y en el perfil de textura de Tofu.
- Evaluar la influencia de la concentración del coagulante en las propiedades reológicas y en el perfil de textura de Tofu.
- Evaluar la presión y el tiempo de prensado en las propiedades reológicas y en el perfil de textura.

II.-REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1.- Soya.

2.1.1.- Origen

BAKER (1968) menciona la historia del cultivo de Soya, indicando su origen en Asia Oriental y proveniente de la especie silvestre *Glycinius suriensis*.

CAMACHO (1968) sostiene que la soya es originaria de la parte Oriental de Asia, siendo probablemente su origen las grandes regiones del centro y norte de China. Data el autor, que la primera descripción morfológica de la soya fue publicada en un libro escrito por el emperador Chino Shen Nunge, en el año 2836 A.C. sin embargo, nunca llegó a tener importancia comercial, probablemente debido a la condición climática. La soya se mencionó por primera vez en EE.UU. el año de 1804, pero fue en 1829; en el jardín botánico de Cambridge-Massachussets. A partir de la primera década del siglo XX que hubo gran interés en los Estados Unidos de Norte America por el aceite y la torta de soya y es ahí donde se inició su producción comercial.

MONTALVO (1978) indica que la experimentación de la soya en el Perú se inició en 1929, con ensayos realizados por la UNALM y manifiesta que, a partir de 1942 se continuaron introduciendo nuevas variedades, desde los Estados Unidos de Norte América, en la figura N° 01 se presenta la planta de la soya.

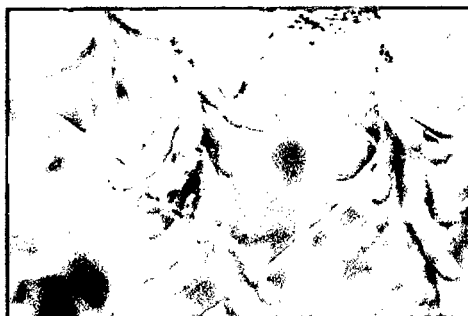


Figura N° 01 – Planta de soya

2.1.2.- Morfología.

LEXUS (1997) y MATEO (1961) manifiestan que La soya es una planta herbácea anual, de 40 a 100 cm de porte. Perteneciente a la familia de las leguminosas. Hojas trifoliadas, flores violáceas, amariposadas, sus frutos en legumbre contienen de 3 a 4 semillas (como se muestra en la figura N° 02). La semilla es generalmente esférica del tamaño de un guisante y de color amarillo. Las distintas partes de la planta, hojas, tallos y vainas presentan un aspecto vellosa (pubescente). Es una planta sensible a la duración del día, de las llamadas día corto. La floración depende del fotoperiodo crítico de duración del día, pero cuando la temperatura se mantiene por debajo de los 25°C, la floración se retrasa. La maduración requiere temperaturas que no sean ni demasiado elevadas ni demasiado bajas OCEANO (1997).

Casi todas las variedades presentan características tales como:

- Las raíces bien desarrolladas con bastante nodulación como todas las leguminosas.
- Tallo recto, con nudos y entrenudos que varía con la reacción de la variedad al fotoperiodo y al hábito de crecimiento.
- Hojas compuestas, situadas por encima del segundo nudo son trifoliadas, las flores, forman racimos en las axilas de las hojas y su color es normalmente blanco o púrpura según variedad.
- El fruto es una vaina dehiscente que contiene de una a cuatro semillas la cual es generalmente esférica de fecundación autógama.

2.1.3.- Usos

GUERRERO (1999) menciona que los beneficios más importantes de la soya son la obtención de aceite, pasta proteica, lecitina y forrajes que contienen entre un 17-19% de aceite que se utiliza para la alimentación humana y usos industriales. La torta resultante de la extracción de la soya contiene entre 44-50% de proteína digestible. Otro aprovechamiento de la molturación de la semilla de soya es la obtención de lecitina que se emplea en la fabricación de margarinas, chocolates, confitería, etc.



Figura N° 02 – Grano de soya

2.1.4.- Composición química

El alto potencial nutricional y agronómico favorable a la composición química de la soya ha dado su importancia económica. La variedad y cultivo de soja y el clima determinan su contenido nutricional. En promedio, las semillas de soya enteras contienen 35-40% de proteína, 15 a 20% de aceite, hidratos de carbono 30%, 10 a 13% de humedad y 5% aproximadamente de cenizas y minerales (GOMES, 1976; GOLBITZ y JORDAN, 2006).

Como la mayoría de las proteínas de legumbres, la proteína de soya es limitante de aminoácidos que contienen azufre tales como residuos de metionina, cisteína y treonina, pero contiene lisina suficiente para suplir la deficiencia de este aminoácido en piensos a base de cereales. La soya es particularmente valiosa cuando se combina con las proteínas de cereales, tales como arroz, por ejemplo, por complementación de lisina y metionina (SNYDER y KWON, 1987; LIU 1999).

La soya tiene un gran potencial como alimento no sólo por el alto contenido de proteína, sino también por el alto contenido de lípidos, caracterizándose como una fuente de energía, y todavía por la presencia de ciertas vitaminas y minerales (GOLBITZ y JORDAN, 2006).

Básicamente, la soya se consume directamente en forma de dos productos: semillas y aceite. Además, estos se pueden utilizar como materia prima para obtener una gran variedad de subproductos.

La composición del grano de soya se describe a continuación en el cuadro N° 01:

Cuadro N° 01 – Composición del grano de soya (base a 100 gr de soya)

DESCRIPCION	CANTIDAD
ENERGIA	422 Kcal
PROTEINAS	35 gr
CARBOHIDRATOS	30 gr
FIBRA ALIMENTARIA	5 gr
LIPIDOS TOTALES	18 gr
COLESTEROL	0 mg
SODIO	5 mg
POTASIO	1700 mg
CALCIO	280 mg
MAGNESIO	240 mg
HIERRO	8 mg
ZINC	3 mg
FOSFORO	580 mg
YODO	6 µg
FLUOR	130 µg
COBRE	406 µg
TIAMINA	0.85 mg
RIBOFLAVINA	0.4 mg
ACIDO NICOTINICO	5 mg

Fuente: CALVO, 2003

2.2.- Tofu

2.2.1.- Elaboración de Tofu

El "queso" obtenido a partir de la adición de coagulante al extracto hidrosoluble de soya (leche de soya) tiene varios nombres según cada país, Tofu (Japón), Tou-Fu (China), BuDoo (Corea), Tahu o Tau Foo (Indonesia y Malasia) y Tokua (Filipinas) (SNYDER y KWON, 1987). En el presente trabajo, por nombrar la coagulada proteína de soya, conocido popularmente como "queso de soya", se utilizará la terminología "Tofu".

Muchos tipos diferentes de queso de soya se pueden encontrar en el mercado, basado en el contenido de agua y características de textura, el tofu se clasifica generalmente en suave, firme y extra firme (LIU, 1997).

El tofu es uno de los productos de soya más populares, particularmente en Japón es de color blanca que tiene una buena retención agua. Se ve favorecida por su versatilidad, suave sabor y valor nutricional. Se procesa naturalmente y como resultado conserva gran parte de los nutrientes de la soya y fitoquímicos, como isoflavonas (GOLBITZ y JORDAN, 2006; KWON y SNYDER, 1987).

El tofu es generalmente reconocido como un gel de proteína de soya o sal-ácido-coagulada contiene agua, lípidos de soya y otros componentes atrapados en el interior su red. Glicinina (globulina 11S) y b-conglicinina (globulina 7S) son las dos proteínas principales de la soya, que representan alrededor del 65 y 80% (en peso) de las proteínas totales de semillas presentes (LIU, 1999).

GOMES et al., (2001) dicen que los coagulantes convencionales usados para la elaboración de Tofu son: el Sulfato de calcio y el Cloruro de Magnesio, y las dosis a usar para la obtención del Tofu son: 0,4 % p/p y 0,25 % p/p de la muestra.

Tradicionalmente el queso de soya con una textura firme se obtuvo mediante el uso de minerales (sulfato de calcio o cloruro de magnesio) para cuajar la proteína (TSENG y XIONG, 2008)

El sulfato de calcio es comúnmente utilizado en la preparación de Tofu tradicional con textura firme, mientras que el GDL (Glucono delta-lactona) es utilizado para la preparación de queso de soya empaquetada con textura similar a gel. (HUA, CUI, y WANG, 2003)

El sulfato de calcio y el avetoro (nigari, en Japón) fueron coagulantes adecuados para la elaboración de tofu (queso de soya regular), pero glucono-delta-lactona (GDL) no lo era. El queso de soya hecha con CaCl_2 y MgCl_2 era grueso, granular, y dura, mientras que el sulfato de calcio y GDL dieron un Tofu liso, suave y uniforme (DEMAN et al., 1986)

La formación de gel de tofu consta de dos pasos básicos: Desnaturalización de proteínas hidrófobas y coagulación. En primer lugar, las regiones hidrófobas de las moléculas de proteína en forma nativa localizada en la parte interior están

expuestas al exterior por desnaturalización térmica. Una vez que la proteína de soya desnaturalizada está cargada negativamente cuando el sulfato de calcio coagulante ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), se añade, los iones Ca^{2+} inducirán la formación de protones, neutralizando la carga eléctrica de la proteína y reduciendo la repulsión electrostática en la segunda etapa. Como resultado, la interacción hidrófoba de moléculas de proteína neutralizadas se hace más intensa, induciendo la agregación. Se considera que los geles se forman por agregación aleatoria llegando al punto isoeléctrico y se vuelve turbio (KOHYAMA, SANO Y DOI, 1995; KAO, SU & LEE, 2003).

SHURTLEFF y AOYAGI (1979) indicaron que la buena coagulación de la leche de soya se produce cuando la cuajada se ha separado y se ha alejado de los bordes de la vasija de coagulación. La calidad de los productos de tofu fue influenciada significativamente por el tipo de coagulante (TSAI et al., 1981)

La coagulación de la leche de soya es el paso más importante en la elaboración y la más difícil de controlar porque depende de interrelaciones complejas de muchas variables. El aumento de la temperatura de coagulación aumenta la dureza, y el aumento de la tasa de agitación inmediatamente después de la adición de coagulante también aumenta dureza (SAIO, 1979).

Algunas variables de fabricación importantes son el remojo y la molienda, la relación de agua a la soya de la leche de soja (WATANABE et al, 1964; BEDDOWS y WONG, 1987a); sólidos en la leche de soya (JOHNSON y WILSON, 1984), y el tiempo y la temperatura de calentamiento de la leche de soya (SAIO et al., 1979), tipo y concentración de coagulante (APPU RAO y NARASINGA RAO, 1975; SHURTLEFF y AOYAGI, 1979; SKURRAY et al, 1980; WANG, 1984; JOHNSON, 1984; DE MAN et al, 1986; BEDDOWS y WONG, 1987c), la cantidad de coagulante añadido en la fabricación de queso de soya es uno de los puntos críticos de control, lo que ayuda a determinar la textura del producto, gusto, sabor y rendimiento (WILSON, 1995).

El Tofu suave es un tipo de queso de soya fresco, que contiene aproximadamente 89% la humedad, 6% de proteína, y 2-3% de lípidos (SAIO, 1979)

En general, los procedimientos de elaboración de tofu incluyen remojo, trituración de frijoles en agua, el filtrado, la ebullición, la coagulación, y prensado. Investigadores han investigado los efectos de las condiciones de procesamiento, incluyendo relación de agua a frijol (BEDDOWS y WONG, 1987a), el calor de procesamiento (BEDDOWS y WONG, 1987b), el tipo y la concentración de coagulantes (TSAI et al, 1981; DEMAN et al, 1986; LIM et al, 1990; DOM y BREENE, 1991; SHEN et al, 1991), la velocidad de agitación y el tiempo de coagulación (BEDDOWS y WONG, 1987a; WANG y HESSELTINE, 1982), y el tiempo de prensado y la presión (GANDHI y BOURNE, 1988).

Por otro lado, sólo el 53% de los materiales de la soya (en base seca) se convierten en el producto final Tofu y el resto permanecen en okara. En promedio, okara contiene 28,52% de proteína, 9,84% de aceite, 55,48% de la fibra dietética, 2,56% de hidratos de carbono y 3,61% de cenizas (LIU, 1997; REDONDO-CUENCA, VILLANUEVA-SUÁREZ, y MATEOS-APARICIO, 2008).

Hoy en día, el tofu está ganando cada vez más popularidad en todo el mundo como un valioso reemplazo dietético para la carne, el pescado y queso, ya que tiene un alto contenido de proteínas y es libre de colesterol y baja en grasas saturadas (LIU, 1997).

A continuación se muestra en el cuadro N° 02 la composición química del Tofu:

Cuadro N° 02 – Composición del Tofu

COMPONENTE	%
HUMEDAD	84.4
PROTEINA	7.8
GRASA	4.3
CARBOHIDRATOS SOLUBLES	2.9
CENIZA	0.6
FIBRA	0

Fuente: SHURTLEFF Y AOYAGI 1998.

Los estudios clínicos han demostrado que el consumo de proteínas de soya puede reducir el riesgo de enfermedades cardiovasculares, ciertos tipos de cáncer, y la osteoporosis (MESSINA, 1999).

2.3.- Textura en alimentos.

2.3.1.- Parámetros de Textura

La textura de los alimentos es esencialmente una experiencia que surge de la interacción con un alimento y su estructura y comportamiento cuando éste es manipulado. La comprensión de nuestra respuesta a la estructura del alimento y su rotura implica una matriz de disciplinas, desde aspectos de fisiología y psicología de la percepción, a estudios físicos y químicos de la composición y estructura de los materiales alimenticios y su comportamiento cuando son deformados o cizallados (ALGECIRA, 2010).

KRAMER (1973) define a la textura como una de las propiedades sensoriales primarias de los alimentos que está relacionada íntegramente con el sentido del tacto y es potencialmente medible objetivamente por métodos mecánicos y expresados en unidades de masa y fuerza. De acuerdo con el autor la percepción de la textura depende de la deformación resultante de la aplicación de presión y/o de sus propiedades de superficie como aspereza, blandura o adherencia, estimadas por el sentido del tacto. El consumidor puede tener una idea de textura de un alimento por el toque de sus dedos o sus manos, pero ella es mejor percibida por las sensaciones causadas por el contacto con las partes duras y dientes de la boca.

SZCZESNIAK (1963) dice que la textura se define también como la manifestación sensorial y funcional de las propiedades estructurales y mecánicas de los alimentos, detectados a través de la vista, audición, tacto y cinestésico. Las características fueron divididas en: mecánicas, geométricas y otras. Las mecánicas eran relacionadas a la reacción de los alimentos a la aplicación de una fuerza (dureza, cohesión, viscosidad, elasticidad y adhesividad); las geométricas relacionadas con el tamaño, forma y orientación de las partículas en los alimentos

(fibroso, cristalino, granuloso, etc.); y otras características relacionadas con la percepción de la humedad, contenidos de aceite y grasas de los alimentos (oleosidad, jugosidad, etc.). Las características mecánicas eran más divididas en primarias y secundarias.

A pesar de que la textura es una propiedad sensorial, esta puede ser estudiada también por métodos instrumentales objetivos. Por causa de la naturaleza física de textura un gran número de instrumentos mecánicos fueron desarrollados y se tornaron disponibles para el análisis cuantitativo de la textura. El primer instrumento fue desarrollado en 1861 (BOURNE 1982). En los años de 1970 cerca de 60 instrumentos estaban disponibles comercialmente y más de 70 fueron descritos en la literatura (SZCZESNIAK, 1973)

2.3.2.- Métodos de Análisis de Textura.

La forma más común de analizar la textura de los alimentos por métodos instrumentales, es someter la muestra a una fuerza y analizar la extensión de deformación o la resistencia de la muestra a la fuerza. Aunque existen varios métodos de análisis instrumental de textura, la fuerza ejercida sobre la muestra puede ser aplicada básicamente de cinco formas diferentes: través de compresión, de cizallamiento, de corte, de tensión y de compresión y cizallamiento. (BOURNE, 1982).

Los métodos de medida objetiva de textura fueron divididos por SCOTT BLAIR (1985) en tres categorías: metodologías empíricas (penetrómetros, compresómetros, consistómetro, cizalladores y otros), imitativos (análisis de perfil de textura en "alimentos en general") y fundamentales (miden propiedades mecánicas bien definidas, tales como módulo de elasticidad y otros)

Métodos empíricos.- miden propiedades mecánicas de la muestra en unidades empíricas del instrumento, donde generalmente la muestra es sometida a un complejo de fuerzas, en la cual un tipo de acción predomina (BRENNMAN 1984). El problema con este tipo de pruebas es la definición insuficiente de lo que es medido, y la arbitrariedad de la prueba solo es eficaz en un número limitado de alimentos, sin embargo son bastante

utilizados en la industria de los alimentos (BOURNE et al, 1978; SZCZESNIAK, 1963).

Métodos imitativos.- son los que imitan las condiciones a que el alimento es sometido en la práctica, los instrumentos imitativos suelen simular el complejo de masticación en un grado muy limitado. Generalmente presentan dispositivos en forma de dientes y/o una acción que copia los movimientos de las mandíbulas pero someten en un plano vertical. El primer instrumento de este tipo fue el texturómetro de "alimentos en general" (BRENNMAN 1984). Otros ejemplos de esos tipos de pruebas son los accesorios que imitan el manejo de la masa de panificación como Farinógrafo, y los que miden el flujo de los alimentos como el consistómetro BOSTWIK y el consistómetro ADAMS (BOURNE, 1982; SZCZESNIAK, 1963).

Métodos fundamentales.- miden propiedades mecánicas bien definidas tales como módulo de elasticidad y otros. Tienen la gran ventaja de expresar los resultados en unidades definidas y cuantificar los efectos de variaciones de las muestras, forma geométrica del dispositivo usado y otras condiciones de la prueba. Las dificultades encontradas son muchas y derivan principalmente de la naturaleza heterogénea de la mayoría de los alimentos y el hecho de que algunos de ellos presentan un comportamiento exclusivamente elástico, viscoso o plástico (BOURNE et al, 1978; SZCZESNIAK, 1963). Generalmente las pruebas fundamentales son largas no se correlacionan tan bien como lo empírica con el análisis sensorial y usan equipamiento caros (BOURNE, 1982; SZCZESNIAK, 1963).

2.3.3.- Equipos para medir las Propiedades de Textura.

Otras clasificaciones para análisis de textura instrumental consideran accesorios de medida individual y accesorios de medidas múltiples (SZCZESNIAK, 1963; BRENNAN, 1984).

Instrumentos con medidas individuales.- entre los más importantes se encuentran:

a).- Penetrómetros.- basados en los principios de penetración en la muestra, donde es medida la fuerza requerida para una cierta penetración, y la medida obtenida asociada con la "dureza" o "firmeza" del alimento a menudo se utiliza para evaluar la maduración de frutas y dureza de geles de gelatina (Gelómetro O.T. Bloom) (SZCZESNIAK, 1963).

La medida del comportamiento mecánico de geles realizado a través de pruebas de penetración representa uno de los métodos más utilizados para mediciones objetivas de textura. Como su nombre lo dice son basados en principios de penetración de materiales-pruebas con dispositivos que pueden tener diferentes formas y tamaños. Los penetrómetros pueden ser divididos en dos tipos: peso constante (para mediciones de consistencias grasosas) y velocidad constante. (KAMEL, 1975)

b).- Instrumento de cizallamiento.- utilizados para cizallamiento de sólidos impregnado en una o varias laminas siendo WARNER-BRATZLER la más popular en la medición cuantitativa de la ternura de la carne (SZCZESNIAK, 1963).

Instrumentos múltiples.- estos instrumentos son utilizados para realizar una gran variedad de pruebas de textura debido a su versatilidad, flexibilidad y precisión, además de proporcionar como resultado un registro de curvas fuerza-distancia que permite obtener varios parámetros de textura en una sola medida, siendo el más popular el "Instrom Máquina Universal de Ensayos" (IUTM). Curvas de fuerza-tiempo son registradas con exactitud. Gran variedad de sondas y células de prueba de textura pueden ser adaptadas a esta máquina, facilitando la realización de casi todos los métodos que han sido registrados en la literatura. (BRENNAN, 1984).

SZCZESNIAK et al. (1963) desarrollan escalas para los parámetros instrumentales de dureza, masticabilidad, fracturabilidad, gomosidad, adhesividad y viscosidad como es percibido por procedimientos sensoriales definidos el significado físico de cada uno de los parámetros. En este estudio fueron empleados diferentes tipos de alimentos y observados en una buena correlación entre análisis sensoriales e instrumentales utilizando el texturómetro GF y la técnica TPA.

BOURNE (1982) fue el primero en adecuar el Instron para análisis de perfil de textura de alimentos. La medición de TPA en el seguimiento de la maduración de peras ha sido citada en más de dos trabajos posteriores utilizando el Instron y la TPA para la medida de textura.

BOURNE (1982) adaptó el Instron para hacer el análisis de perfil de textura siguiendo la interpretación de FRIEDMAN et al, (1963), sin embargo en lugar de medir el área total por debajo de las curvas para calcular la cohesividad, midió la única área referente a la compresión excluyendo de esta manera la parte de descompresión. Los parámetros determinados por BOURNE (1968) fueron dureza, fracturabilidad, cohesividad, elasticidad, masticabilidad y gomosidad.

Las primeras aplicaciones publicadas del TPA de la "General Foods" fueron con carnes (SZCZESNIAK et al., 1963). Posteriormente, SZCZESNIAK (1971) aplicó TPA instrumental para bifés refrigerados y pre-cocidos. Según BREENE (1975) el texturómetro ha sido extensamente utilizado para geles, pastas de proteína de plantas y geles de derivados de soya.

La aplicación del análisis del perfil de textura instrumental (TPA) con dos ciclos de compresión han sido bastante utilizados para análisis de alimentos, entre tanto las informaciones obtenidas han sido más frecuente un reflejo de geometría y la dinámica del aparato de prueba que de las propiedades físicas de la muestra.

FRIEDMAN et al. (1963) observaron que las muestras deberían ser deformadas hasta en un 25% de su altura original en cada uno de los picos de TPA, muchas más tasas de diferente compresión han sido utilizadas. (BREENE, 1975).

Actualmente dos instrumentos son ampliamente utilizados para la determinación de TPA instrumental: el Instron y el analizador de textura TA-XT2. Correlación entre el análisis sensorial y el instrumental a través de TPA han sido mejor desarrolladas (MEULLENET, et al. 1997).

Muchos investigadores observaron que la calidad de las correlaciones (instrumental y sensorial) varía significativamente dependiendo de los parámetros considerados. La dureza mostró una buena correlación en cuanto a elasticidad y cohesividad, mostró un nivel bajo de correlación (MEULLENET, 1998). Esto puede haber sido debido a las dificultades de cuantificar estos parámetros a través del perfil sensorial o la necesidad de mejorar los métodos de cuantificación en el análisis de perfil instrumental (SZCZESNIAK, 1998).

Un estudio de textura instrumental utilizándose texturómetro y el perfil de textura (TPA), la muestra debe ser sometida a dos ciclos de compresión, a través de la respuesta grafica son determinados los siguientes parámetros establecidos por FRIEDMAN, et al. (1963), modificados por BOURNE (1968), y presentados por VAN VLEIT (1991) como se describe a continuación:

- Dureza TPA, fuerza necesaria para alcanzar una determinada deformación.
- Fracturabilidad TPA, es la fuerza con la que el material se fractura.
- Cohesividad TPA, fuerza necesaria para pelar el dispositivo de la muestra.
- Elasticidad TPA, es la velocidad con la que el material deformado vuelva a su condición original apenas sea retirada la fuerza deformante.
- Adhesividad TPA, es la cantidad de fuerza para simular el trabajo necesario para superponer las fuerzas de atracción entre la superficie y la superficie del alimento en contacto con esta.
- Gomosidad TPA, es la energía requerida para desintegrar un alimento semisólido hasta el punto de ser tragado.
- Masticabilidad TPA, es la energía requerida para masticar un alimento sólido hasta el punto de ser tragado.

Otro instrumento de medida de textura considerado como múltiple es el analizador de textura Stevens LFRA. Proporciona los valores de resistencia de gel O.T. Bloom rectas y curvas de carga / penetración de los cuales se pueden obtener numerosos parámetros. Según BOURNE (1982), el penetrómetro útil para propósitos generales de alimentos suaves. Ha sido utilizado para pastas de carne, espumas, geles y algunas grasas. El tipo de prueba a realizar y el tipo de registro obtenido con este instrumento no difieren esencialmente de Instron.

2.3.4.- Perfil de textura

El método de perfil puede ser definido como la descripción de las características de alimentos, de acuerdo a un conjunto de referencias predeterminado. Por muchos años no se reconocía la textura similar al sabor constaba de diversos parámetros (SZCZESNIAK, 1963).

El método de perfil de sabor consideraba la textura como parte del sabor que no se consideraba actualmente. La textura es primordialmente de naturaleza física y el sabor de naturaleza química, y el punto de vista práctico la textura es demasiado importante para no ser tratado independientemente (SZCZESNIAK, 1975). Pero de todos modos el método descrito en el perfil de sabor por CAIRNCROSS & SJOSTROM (1950), fue usado como modelo por BRANDT, et al (1963), en el desarrollo de técnicas de perfil de textura.

Para el desarrollo de esta técnica, la clasificación de las características sensoriales de textura (SZCZESNIAK, 1963) y sus escalas patrones contribuyeron con una base lógica y bien definida.

El método de perfil de textura es ofrecido como un medio para ayudar a los investigadores en alimentos a obtener datos sensoriales descritos y cuantitativos con relación a las características de textura, presentando las siguientes ventajas: flexibilidad de aplicación de cualquier producto o característica del producto, objetividad a través de los puntos de referencia y nomenclatura rígidamente definida (DAMASIO, 1990).

2.3.5.- Determinación de la Textura.

Hay dos métodos para evaluar la textura de los alimentos: sensorial e instrumental. La idea del perfil de textura fue propuesta por Friedman et al. (1963), tal como lo menciona STEEFE (1992), el que fue realizado con un General Food Texturometer. Bourne (1968 y 1974) adoptó, y amplió, la técnica a una Máquina Instron Universal (Figura N° 03.), en donde la muestra del alimento es comprimida dos veces, usualmente al 80% de su altura original. La compresión es obtenida usando platos paralelos donde un plato es fijado y el otro plato se mueve con un movimiento cíclico lineal alternativo. Desde que esta prueba es para reflejar la percepción humana de la textura, el primer y segundo ciclo de compresión son referidos a la primera y segunda masticada (STEFFE, 1992).

- Fracturabilidad: fuerza de la primera mayor caída en la curva de fuerza.
- Dureza 1: fuerza a la máxima compresión a la primera masticada
- Área 1: Trabajo hecho sobre la muestra durante la primera mordida.
- Adhesividad: Área 3, representación del trabajo, causada de una fuerza de tracción necesaria para sacar el alimento aparte y separarlo de un plato que presiona. Una adhesividad similar es presentada en el segundo ciclo de compresión.
- Fuerza adhesiva: fuerza negativa máxima
- Fibrosidad: distancia o longitud del ciclo de compresión durante la segunda mordida.
- Cohesión: El razón del área 2 dividida por el área 1.
- Gomosidad: El producto de la dureza por la cohesividad,
- Masticabilidad: El producto de la gomosidad por la cohesividad por la fibrosidad.



Figura N° 03 – Texturómetro universal Instron

Un perfil de textura generalizado, a partir del Texturómetro Instron, es mostrado en la Figura N° 04, varios parámetros pueden ser determinados a partir de estas curvas:

En los cuadros N° 03, 04, 05 y 06 se describen las propiedades de textura, mecánicas, geométricas y superficiales de los alimentos, según STEFFE (1992). Los datos de propiedad de textura se calculan con los valores de la Figura N° 04.

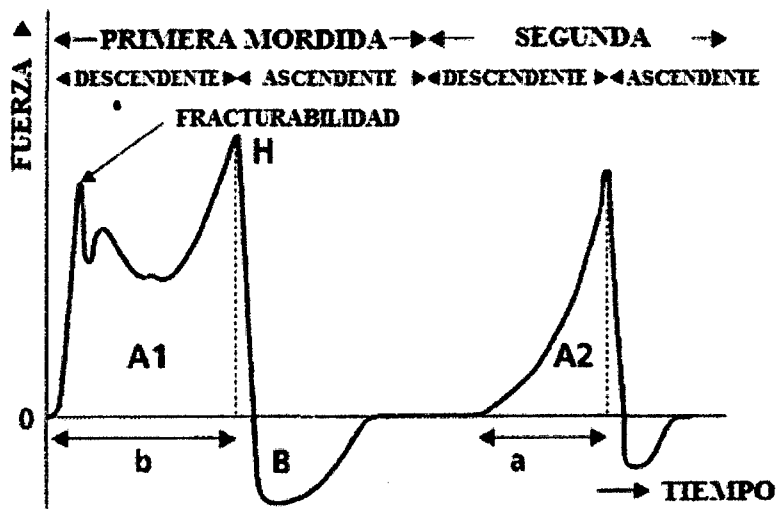


Figura N° 04 – Perfil de textura organizada obtenida del Texturómetro Universal Instron

Cuadro N° 03 – Propiedades de Textura

PARÁMETRO	DEFINICIÓN	UNIDAD
DUREZA	Fuerza necesaria para alcanzar una deformación preseleccionada =H	gramo
ELASTICIDAD	Relación entre la segunda altura de compresión y la altura inicial	i<1
COHESIVIDAD	Relación entre las áreas =A2/A1	i<1
FRACTURABILIDAD	Altura de primera rotura significativa en primera compresión	gramo
ADHESIVIDAD	Área negativa debajo de la línea de base =B	gr x mm
GOMOSIDAD	dureza x cohesividad	gramo
MASTICABILIDAD	dureza x cohesividad x elasticidad	gramo

(i es el valor de la propiedad de textura del alimento)

Fuente: STEFFE, 1992

Cuadro N° 04 - Propiedades mecánicas relacionadas con el análisis del perfil de textura

NOMBRE	DEFINICIÓN	ADJETIVOS RELATIVOS
DUREZA	Relativa a la fuerza necesaria para deformar el alimento o hacer penetrar un objeto en el	Blando, Firme o Duro
COHESION	Relativo al grado de deformación de un producto antes de romperse	
FRAGILIDAD	Relacionado con la cohesión y con la fuerza necesaria para romper un producto en trozos	Desmenuzable, Crocante, Quebradizo y Crujiente.
MASTICABILIDAD	Relacionado con la cohesión y el tiempo necesario o el número de masticaciones requeridas para dejar un producto solido en las condiciones necesarias para su deglución.	Tierno, Masticable y Correoso
GOMOSIDAD	Relativa a la cohesión de un producto blando.	Arenoso, Harinoso, Pastoso y Gomoso.
VISCOSIDAD	Relativa a la resistencia al flujo.	Fluido, Espeso y Viscoso.
ELASTICIDAD	Relativa a la rapidez de recuperación de la deformación después de la aplicación de una fuerza y el grado de dicha recuperación.	Plástico y Elástico.
ADHERENCIA	Relativa al esfuerzo requerido para separar la superficie del alimento de otra superficie.	Pegajoso y Adherente.

Fuente: STEFFE, 1992

Cuadro N° 05 - Propiedades geométricas de los alimentos

NOMBRE	DEFINICIÓN	ADJETIVOS RELATIVOS
GRANULOSIDAD	Relativa a la percepción de las dimensiones y de la forma de las partículas de un producto.	Harinoso, Arenoso y Granuloso.
ESTRUCTURA	Relativa a la percepción de la forma y orientación de las partículas de un producto.	Fibroso, Celular, Cristalino y Esponjoso.

Fuente: STEFFE, 1992

Cuadro N° 06 - Propiedades de superficie de los alimentos

NOMBRE	DEFINICIÓN	ADJETIVOS RELATIVOS
HUMEDAD	Relativa a la percepción de la cantidad de agua absorbida o liberada por el producto.	Seco, Húmedo, Jugoso, Suculento y Acuoso.
CARÁCTER GRASO	Relativa a la percepción de la cantidad o el tipo de la grasa contenida en un producto.	Aceitoso, Grasiento y Seboso.

Fuente: STEFFE, 1992

Elasticidad significa que un producto físicamente salta hacia atrás después de deformarse durante la primera compresión. Productos de alta elasticidad poseen una mayor elasticidad y una mayor masticabilidad, requiriendo que los consumidores gasten más energía para comerlos. La cohesión mide qué tan bien un producto soporta una segunda deformación relativa a la primera deformación. Se puede interpretar como el grado de tensión de la unión en el interior del gel para resistir la deformación. La adhesividad es la energía necesaria para romper el atractivo fuerzas entre la superficie de la comida y la superficie de otro materiales Masticabilidad representa cómo es fácil el tofu es tragar (OBATOLU, 2008)

Fracturabilidad se define como la fuerza para fracturar el material dado. La dureza es la fuerza requerida para alcanzar una deformación dada del material. La cohesión se relaciona con el trabajo necesario para superar la unión interna del material. Elasticidad se describe como la velocidad a la que un material deformado se recupera a su condición original después de la retirada de la fuerza de deformación. Gomosidad se define como la energía necesaria para desintegrar los alimentos semisólidos a un estado listo para tragar y se calcula como el producto de dureza × cohesión (BOURNE, 1982).

2.4.- Propiedades Reológicas de Alimentos.

2.4.1.- Reología

La reología es definida como la ciencia de la deformación y del flujo, que estudia la forma como los materiales responden a una tensión o deformación aplicada, la reología es bastante usada en la industria de los alimentos y los ejemplos de su aplicación son: proyectos de ductos y equipamientos, determinación de la funcionalidad de los ingredientes en el desarrollo de productos, control de calidad, estudios de vida útil y determinación de textura de los alimentos correlacionando ensayos de análisis sensorial con medidas reológicas (STEFFE, 1996).

La reología para PRENTICE (1992) y RAO (1999) es la rama de la física encargada de estudiar el flujo y la deformación de la materia, y su campo comprende las propiedades mecánicas de sólidos, semisólidos y líquidos, bajo varios objetivos, que comprenden según MOUQUET (1995): Conocimiento de las materias primas, productos semi-terminados y principalmente, el estudio de las relaciones entre composición, estructura química y propiedades reológicas; Análisis de mecanismos fisicoquímicos conducentes a modificaciones de las propiedades reológicas y evaluación instrumental de la textura de los alimentos: dureza, friabilidad, consistencia, adhesión, etc.

En 1835, WEBER llevó a cabo una serie de experimentos con gusanos de seda y vio que no eran perfectamente elásticos. Lo que observó fue que una carga longitudinal producía una extensión inmediata, seguida de un posterior alargamiento conforme transcurría el tiempo. Al eliminar la carga se producía una contracción inmediata, seguida de una contracción gradual de la longitud hasta llegar a la inicial. Estas características se asocian a la respuesta de un líquido.

2.4.2.- Viscoelasticidad

Los alimentos presentan un comportamiento viscoelástico (Figura N° 05), es decir que bajo condiciones de carga durante un tiempo de aplicación, el alimento se puede comportar como un sólido, un líquido y/o más frecuentemente como una combinación de los dos (OLIVEROS, 1995). RHA (1979) y WANG y CHANG (1970)

comentan que si a un alimento se le deforma bajo una fuerza, su recuperación será siempre menor que la inicial, y su grado de recuperación dependerá del intervalo de tiempo bajo el cual el material estuvo deformado, la tasa a la cual se aplica el esfuerzo, el historial de cargas que tenga el alimento, el contenido de humedad y su composición (OSORIO, 2005).

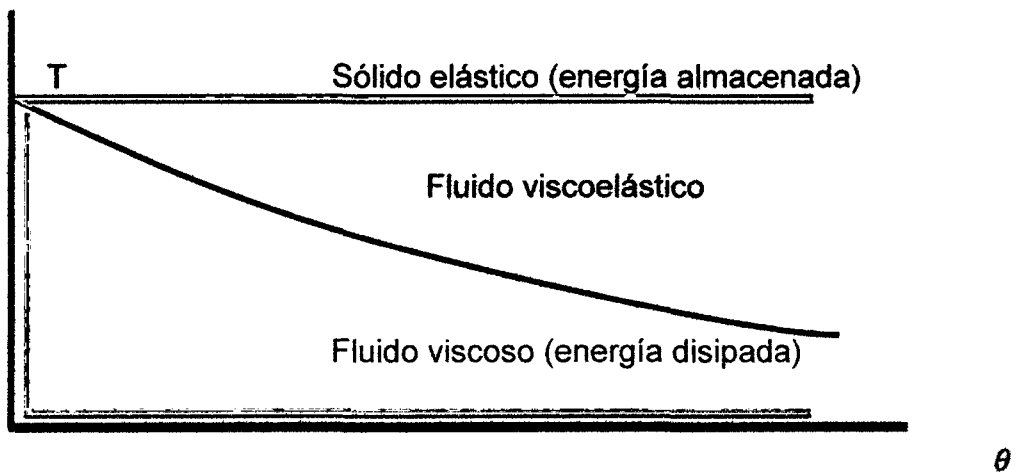


Figura N° 05 - Representación de la relajación del esfuerzo aplicado a un fluido viscoelástico.

El comportamiento viscoelástico se estudia normalmente mediante la evolución de las deformaciones realizadas a la carga constante del tipo representado en la Figura N° 05, aunque algunos autores han experimentado dicha evolución a carga variable en función del tiempo (HERMIDA, 2000).

Los fluidos de esta naturaleza exhiben una recuperación elástica de las deformaciones que se presentan durante el flujo, es decir, muestran propiedades tanto viscosas como elásticas. Parte de la deformación se recupera al eliminar el esfuerzo. Entre los principales ejemplos están las masas de harina, el napalm (gelatina de petróleo), ciertos polímeros fundidos y los betunes (GEANKOPLIS, 1998).

El análisis de un material viscoelástico es bastante sencillo cuando la relación tensiones y deformaciones, en cualquier momento o frecuencia, es independiente de la magnitud de estrés o la tensión aplicada, la única función del tiempo. En consecuencia, el material está dentro del rango de viscoelasticidad lineal, ya que

funciona con deformaciones muy pequeñas y la estructura molecular apenas se ve afectado (BARNES et al., 1989).

El comportamiento mecánico de los productos biológicos se puede modelar mediante analogías mecánicas compuestas por resortes y amortiguadores (STEFFE, 1996), donde el resorte es considerado como un sólido ideal elástico que obedece a la ley de Hooke:

$$\sigma = E * \varepsilon \quad (1)$$

donde:

σ = Esfuerzo normal (Pa)

E = Modulo de Elasticidad (Pa)

ε = Deformación unitaria (mm/mm)

El amortiguador es representado por un sistema cilindro – pistón en el cual se manifiesta la parte viscosa del alimento y con ello la dependencia del factor tiempo. El fluido es modelado como un líquido ideal o Newtoniano:

$$\sigma = \eta * \dot{\gamma} \quad (2)$$

donde:

σ = Esfuerzo normal (Pa).

η = Coeficiente de viscosidad (Pa.s)

$\dot{\gamma}$ = Razón de deformación (s^{-1})

Dependiendo de cómo sean conectados el resorte ideal y el amortiguador ideal, existirán varias configuraciones o arreglos combinados llamados modelos viscoelásticos ideales:

2.4.3.- Modelo de Maxwell

El resorte y el amortiguador están conectados en serie, en el cual el esfuerzo impuesto es soportado por cada elemento y la deformación es la suma de las deformaciones producidas en cada elemento individual. Al igual que el modelo de Kelvin, no describen completamente el comportamiento de los alimentos es por ello

que se utiliza un modelo de Maxwell generalizado, el cual está compuesto por una serie de modelos de Maxwell conectados en paralelo, como se observa en la ecuación (6) (OSORIO, 2005).

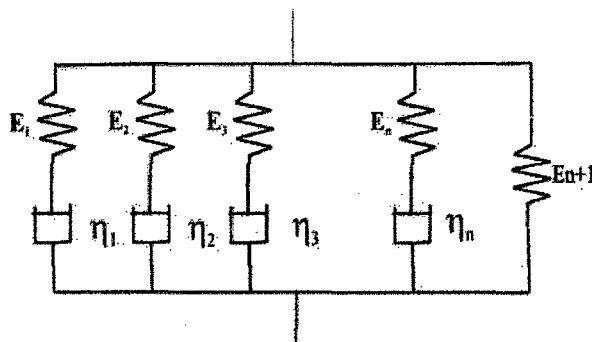


Figura N° 06: Modelo de Maxwell generalizado.

2.4.4.- Prueba de relajación

El comportamiento visco-elástico se puede describir mediante la prueba de fluencia-relajación.

A la muestra se le aplica una deformación inicial, la cual se mantiene constante y se monitorea el esfuerzo necesario para mantener constante esta deformación. Un cuerpo de Maxwell bajo condiciones de deformación constante, el esfuerzo en el resorte (σ_s) es igual el esfuerzo en el amortiguador (σ_d), a diferencia de la deformación la cual es diferente para el resorte (ϵ_s) y para el amortiguador (ϵ_d). El esfuerzo en el cuerpo de Maxwell es igual a Ec. 03 (OSORIO, 2005).

$$\sigma(t) = \sigma_0 \cdot e^{-t/(\eta/E)} \quad (3)$$

Donde:

$\sigma(t)$ = Esfuerzo aplicado en un tiempo dado (Pa)

σ_0 = Esfuerzo en $t = 0$ (Pa)

t = tiempo (s)

η = Coeficiente de viscosidad (Pa.s)

E = Módulo de elasticidad (Pa)

Si en la expresión (3) reemplazamos el término η/E por el término τ , llamado "tiempo de relajación" y se divide por la deformación constante (ϵ) se obtiene el

módulo de elasticidad en función del tiempo, donde E_0 es el módulo de elasticidad inicial producto de dividir el esfuerzo inicial por la deformación unitaria aplicada durante la prueba.

$$E(t) = E_0 \cdot e^{-t/\tau} \quad (4)$$

El tiempo de relajación es definido como el tiempo requerido para que el esfuerzo impuesto al modelo disminuya de un valor inicial de σ_0 a un valor de σ_0 / e donde "e" es el número neperiano. Para el modelo de Maxwell generalizado, la expresión anterior sería la sumatoria de todos los esfuerzos de los elementos, incluyendo el resorte residual:

$$\sigma(t) = \sigma_1 \cdot e^{-t/(\eta_1/E_1)} + \sigma_1 \cdot e^{-t/(\eta_2/E_2)} + \dots + \sigma_n \cdot e^{-t/(\eta_n/E_n)} + \sigma_{n+1} \quad (5)$$

O en forma alterna:

$$E(t) = E_1 \cdot e^{-t/\tau_1} + E_2 \cdot e^{-t/\tau_2} + \dots + E_n \cdot e^{-t/\tau_n} + E_{n+1} \quad (6)$$

La expresión (6) indica el efecto del espectro de los tiempos de relajación (OSORIO, 2005).

III.- MATERIALES Y MÉTODOS

3.1.- Lugar de ejecución del trabajo

El presente trabajo se llevó a cabo en las instalaciones de la Universidad Nacional de San Martín (UNSM), distrito de Morales, provincia de San Martín, departamento de San Martín. Las pruebas y mediciones (etapa experimental) se realizaron en el Laboratorio de Desarrollo e Investigación de la Facultad de Ingeniería Agroindustrial (F.I.A.I.).

3.2.- Materia prima

El grano de soya fue adquirido en el mercado de Tarapoto (mercado N°02), proveniente de un mismo lote de cosecha, de la zona Aserradero, Bagua, Amazonas. Los insumos químicos utilizados en los análisis fueron obtenidos del laboratorio de Investigación de la F.I.A.I. (sulfato de calcio) y del laboratorio de Química (cloruro de magnesio).

3.3.- Materiales y equipos

3.2.1.- Materias primas

- Grano de soya.
- Agua potable.
- Cloruro de Magnesio (Coagulante).
- Sulfato de Calcio (coagulante).

3.2.2.- Equipos

- Texturómetro "STENTOR II"
- Licuadora.
- Cocina o intercambiador de calor.

3.2.3.- Materiales de laboratorio

- Vasos de precipitación
- Pipetas
- Probetas
- Termómetro

3.2.4.- Materiales otros

- Colador.
- Envase para el cuajado.
- Pesa para prensado.
- Envase para cocer la leche, cuajar el tofu y moldear el tofu.
- Tela para colado.

3.4.- Diseño Experimental

Se realizó un diseño completo al azar de composición central de 2^4 (2 niveles (sulfato de calcio y cloruro de magnesio) y 4 factores (tipo de coagulante, concentración del coagulante, prensado y tiempo de prensado)) con 8 puntos axiales y 4 puntos centrales, totalizando 28 experimentos, el cual se detalla en el cuadro N° 07 Siendo las variables: tipo de coagulante, concentración, prensado y tiempo de prensado y las variables respuesta fueron el perfil de textura, el tiempo de relajación y el punto de ruptura. Se usó el diseño completo al azar para reducir la cantidad de pruebas y abarcar aleatoriamente las variables.

3.5.- Métodos

3.5.1- Proceso de elaboración de Tofu.

El Tofu se elaboró siguiendo las indicaciones encontradas en la bibliografía (KOHYAMA, SANO Y DOI, 1995; KAO, SU & LEE, 2003), con las etapas y parámetros que nos indican las fuentes para garantizar la calidad del Tofu y posteriormente realizar el análisis del perfil de textura, la prueba de relajación y punto de ruptura. El proceso de elaboración de Tofu fue el siguiente:

a.- Limpieza y remojo del grano

Antes de iniciar el proceso los granos de soya fueron seleccionados y lavados para elegir granos homogéneos y eliminar la suciedad y los cuerpos extraños. Luego se dejó remojando en agua fría en relación grano:agua, 1:3 durante 24 horas.

Cuadro N° 07 – Diseño experimental

Muestra	Coagulante	Concentración (g de coagulante/100g de soya hidratada) (%)		Presión (Kpa)	Tiempo de prensado (minutos)
		B			
	A	Sulfato de Ca	Cloruro de Mg	C	D
1	sulfato de calcio	0.2		48.35	90
2	sulfato de calcio	0.2		48.35	150
3	sulfato de calcio	0.2		96.69	90
4	sulfato de calcio	0.2		96.69	150
5	sulfato de calcio	0.4		48.35	90
6	sulfato de calcio	0.4		48.35	150
7	sulfato de calcio	0.4		96.69	90
8	sulfato de calcio	0.4		96.69	150
9	cloruro de magnesio		0.15	48.35	90
10	cloruro de magnesio		0.15	48.35	150
11	cloruro de magnesio		0.15	96.69	90
12	cloruro de magnesio		0.15	96.69	150
13	cloruro de magnesio		0.35	48.35	90
14	cloruro de magnesio		0.35	48.35	150
15	cloruro de magnesio		0.35	96.69	90
16	cloruro de magnesio		0.35	96.69	150
17	sulfato de calcio	0.3		72.52	120
18	Cloruro de magnesio		0.25	72.52	120
19	mezcla	0.05	0.025	72.52	120
20	mezcla	0.25	0.225	72.52	120
21	mezcla	0.15	0.125	24.17	120
22	mezcla	0.15	0.125	120.87	120
23	mezcla	0.15	0.125	72.52	60
24	mezcla	0.15	0.125	72.52	180
25	mezcla	0.15	0.125	72.52	120
26	mezcla	0.15	0.125	72.52	120
27	mezcla	0.15	0.125	72.52	120
28	mezcla	0.15	0.125	72.52	120

Fuente - Elaboración propia

b.- Licuado de la soya

Una vez que la soya estuvo remojada e hidratada se procedió a licuar los granos con el doble de agua en relación al peso de los granos hidratados, al producto de este licuado se le denomina "lechada" pues ya posee el color blanco característico de la leche de soya.

c.- Cocinado de la lechada.

Luego de la obtención de la lechada de soya se procedió a calentó a 90°C durante 15 minutos para de esta manera reducir el sabor astringente de la soya en el Tofu y así brindarle un sabor más agradable y neutral al Tofu.

d.- Eliminación la cascara (okara) y la espuma.

Posteriormente al cocinado de la lechada, se procedió a eliminar la cáscara (okara), colando la lechada, también se eliminó la espuma que se forma en la lechada luego del cocinado ya que con esta eliminación se reduce algún residuo de sabor astringente de la soya que pueda pasar al Tofu.

e.- Adición del coagulante.

Se enfrió la lechada hasta los 70°C para poder agregar el coagulante ya que esta es la temperatura adecuada para la coagulación, los coagulantes usados fueron:

- Sulfato de calcio, en concentraciones de 0,2; 0,3 y 0,4 % del peso del grano hidratado.
- Cloruro de magnesio (conocido como nigarí en Japón): en concentraciones de: 0.15; 0.25 y 0.35 % del peso del grano hidratado.
- Mezcla, Sulfato de Calcio/Cloruro de Magnesio: 0.05/0.025; 0.15/0.125; 0.25/0.225.

Se usaron estas concentraciones de manera aleatoria de acuerdo al diseño experimental, luego de la adición del coagulante, la lechada se dejó reposar durante 30 minutos para que el coagulante haga efecto y se formó un precipitado.

f.- Vaciado en el molde.

Una vez que se precipitaron todas las partículas de la lechada, se pasó a colar y vaciar la lechada en la tela para su prensado y colocación en los moldes de Tofu, para que el exceso de agua sea eliminado y la muestra adquirió la firmeza característica del Tofu,

g.- Prensado y eliminación del líquido sobrante.

La muestra fue prensada en un tubo de PVC de 2 pulgadas de diámetro con una altura de 10 cm. A las muestras se le ejerció presiones de: 24,17 Kpa/ 48,35 Kpa/ 72,52 Kpa/ 96,69 Kpa y 120,87 Kpa, con estas presiones se logró obtener muestras de tofu aceptables para poder realizar los análisis de Perfil de Textura, Tiempo de Relajación y Punto de Ruptura.

Los tiempos de prensado fueron: 60, 90, 120, 150 y 180 minutos. Y con estos tiempos se lograron obtener muestras con la firmeza necesaria para realizar los análisis de Perfil de Textura, Tiempo de Relajación y Punto de Ruptura. Durante el prensado la muestra estuvo totalmente sumergida en agua helada (0°C) para evitar contaminación y preservar la textura. (GANDHI y BOURNE, 1988).

h.- Retiro del Tofu, conservación y cortado.

Luego de realizado el prensado se retiró el peso y se sacó el Tofu del molde y se le retiró la tela para luego pasar a conservar el Tofu en una refrigeradora (4°C), luego se procedió a cortar el Tofu con las dimensiones de 2x2x3 cm³ para los análisis.

Todo el procedimiento de elaboración de Tofu anteriormente explicado se muestra graficado en la Figura N° 07 para su mejor comprensión:

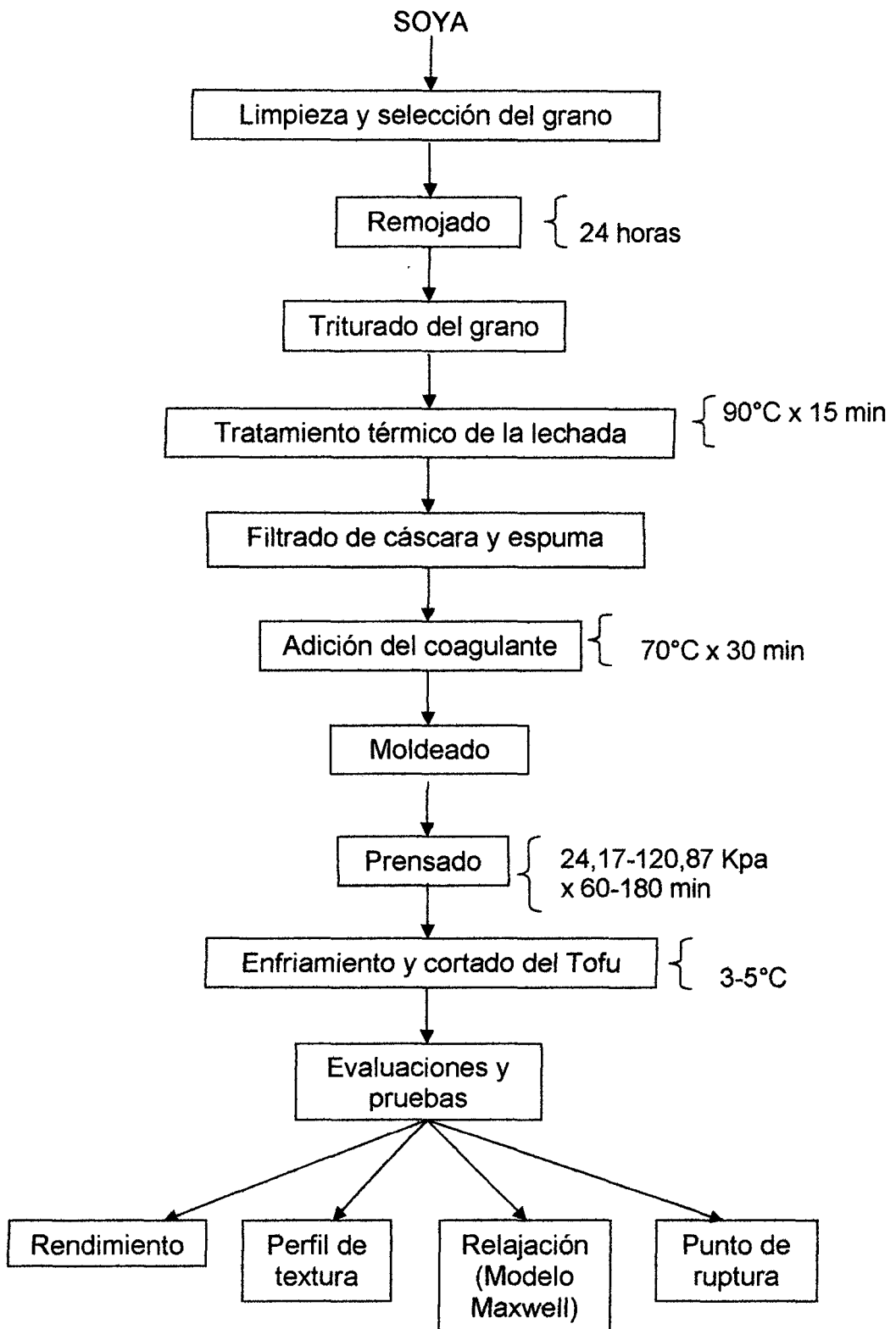


Figura N° 07 - Diagrama de proceso de elaboración de tofu.

Fuente: KOHYAMA, SANO Y DOI, 1995; KAO, SU & LEE, 2003

3.5.2.- Variables analizadas.

Las variables analizadas para determinación de las características reológicas y del perfil de textura del Tofu fueron las siguientes:

1. Coagulantes.

Se usó 2 tipos de coagulantes por separado y una mezcla de éstos, de esta manera se obtuvo 03 muestras de coagulantes:

- Cloruro de magnesio (nigari)
- Sulfato de calcio.
- Mezcla de 50% de cloruro de magnesio y 50% de sulfato de calcio.

2. Concentración del coagulante.

- Sulfato de calcio: 0.2; 0.3 y 0.4 % p/p
- Cloruro de magnesio: 0.15; 0.25 y 0.35 % p/p
- Mezcla, Sulfato de Calcio/Cloruro de Magnesio: 0.05/0.025; 0.15/0.125; 0.25/0.225.

3. Presión de prensado.

Las presiones fueron obtenidas utilizando pesas de 5, 10, 15, 20 y 25 Kg colocadas sobre un área de 20.26 cm², las cuales generaron presiones de: 24.17 Kpa; 48.35 Kpa; 72.52 Kpa; 96.69 Kpa y 120.87 Kpa, respectivamente.

4. Tiempo de prensado.

Los tiempos de prensado utilizados fueron: 60, 90, 120, 150 y 180 minutos.

3.6- Análisis de textura.

El equipo usado para los análisis experimentales del presente trabajo fue el STENTOR II ST 1000 N de la empresa "Andilog Technologies". Como se muestra en la figura N° 08.

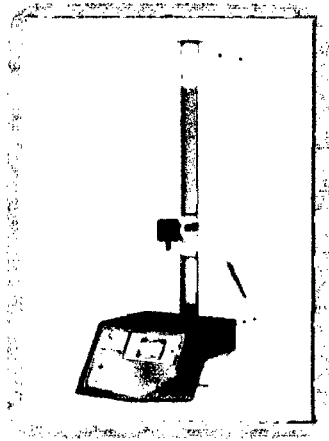


Figura N° 08 – (a) Stentor II ST, (b) sensor digital

Este equipo es un penetrómetro motorizado el cual posee un sensor que mide la resistencia que ejerce la muestra sobre las deformaciones a las cuales es sometida, los parámetros que se controlan con este equipo son: deformación (mm) y velocidad de deformación (mm/min). Los resultados permitieron elaborar los cuadros del Perfil de Textura, Tiempo de Relajación y Punto de Ruptura.

El análisis del perfil de textura, tiempo de relajación y el punto de ruptura se midieron con el equipo Stentor II ST el cual es un texturómetro (penetrómetro) motorizado que posee un brazo hidráulico que tienen un sensor que mide la resistencia de la muestra a las deformación que es sometida en unidades de fuerza (N).

Además, se determinó el perfil de textura, tiempo de relajación y punto de Ruptura a una muestra de queso fresco comercial (Dane).

Fueron utilizadas muestras de Tofu con dimensiones $2 \times 2 \times 3 \text{cm}^3$ (OSORIO, 2005).

Las pruebas a las que fueron sometidas las muestras fueron:

A.- Análisis del perfil de textura.- siguiendo lo indicado por OSORIO (2005) en una prueba de perfil de textura en un queso EDAM se realizó una deformación uniaxial del 20%, en el Tofu se realizó una deformación del 20% (6 mm) de la altura inicial (30 mm) a una velocidad de descenso de 20mm/min y luego el brazo regresó a su posición inicial a una velocidad de 20mm/min y así se repitió el ciclo 2 veces para determinar las propiedades del perfil de textura del Tofu, durante los 02 ciclos

el sensor del texturómetro estuvo midiendo la resistencia a la deformación del Tofu, el sensor que entraba en contacto con la muestra tenía un diámetro de 8 mm. Para el perfil de textura del Tofu se usó el cuadro N° 03 de STEFFE (1992) Propiedades de Textura de Alimentos.

B.- La prueba de relajación.- siguiendo lo indicado por OSORIO (2005) en una prueba de relajación en un queso EDAM se realizó una deformación uniaxial del 15%, el Tofu fue sometido a una deformación uniaxial del 15% (4.5 mm) de su altura inicial (30 mm) a una velocidad de 10mm/min, luego se mantuvo constante la deformación durante 40 segundos para que el sensor mida la resistencia que ejerce el Tofu sobre la deformación, durante este análisis el sensor que estuvo en contacto con la muestra tenía un diámetro de 8 mm. El modelo reológico utilizado será el modelo de Maxwell generalizado para sólidos viscoelásticos.

$$E(t) = E_1e^{-t/\tau_1} + E_2e^{-t/\tau_2} + E_3$$

C.- Alta deformación.- siguiendo lo indicado por STEFFE (1996) en una prueba de alta deformación se realizó una deformación uniaxial del 80%, el Tofu fue sometido a una deformación uniaxial del 80% (24 mm) de su altura inicial (30 mm) a una velocidad de descenso de 30mm/min, con cual se destruyó la muestra y el sensor midió el punto de ruptura de ésta, durante este análisis el sensor que entró en contacto con la muestra tuvo un diámetro de 2 cm. Para el análisis de alta deformaciones solo se calculó la muestra que posee el punto de Ruptura mayor.

IV.- RESULTADOS Y DISCUSION

4.1.- Elaboración de Tofu

En el cuadro N° 08 se muestra el rendimiento del tofu en relación a los coagulantes utilizados. El rendimiento del Tofu se midió por la relación entre el peso final de tofu prensado y el peso (g) de soya hidratada multiplicado por cien, y los resultados se muestra en el cuadro N° 08 a continuación:

Cuadro N° 08 - Rendimiento del Tofu

MUESTRA	TIPO COAGULANTE	COAGULANTE (g/100g de soya hidratada)	PRENSADO (Kpa)	TIEMPO DE PRENSADO (min)	RENDIMIENTO (g de tofu/100g de SH) x 100
1	CaSO ₄	0.2	48.35	90	10.07
2	CaSO ₄	0.2	48.35	150	10.98
3	CaSO ₄	0.2	96.69	90	9.91
4	CaSO ₄	0.2	96.69	150	11.11
5	CaSO ₄	0.4	48.35	90	11.01
6	CaSO ₄	0.4	48.35	150	27.42
7	CaSO ₄	0.4	96.69	90	16.49
8	CaSO ₄	0.4	96.69	150	36.72
9	MgCl ₂	0.15	48.35	90	13.69
10	MgCl ₂	0.15	48.35	150	14.67
11	MgCl ₂	0.15	96.69	90	16.77
12	MgCl ₂	0.15	96.69	150	20.22
13	MgCl ₂	0.35	48.35	90	34.10
14	MgCl ₂	0.35	48.35	150	30.24
15	MgCl ₂	0.35	96.69	90	33.08
16	MgCl ₂	0.35	96.69	150	40.34
17	CaSO ₄	0.3	72.52	120	21.10
18	MgCl ₂	0.25	72.52	120	32.70
19	Mezcla	0.075	72.52	120	14.13
20	Mezcla	0.475	72.52	120	37.98
21	Mezcla	0.275	24.17	120	32.11
22	Mezcla	0.275	120.87	120	23.05
23	Mezcla	0.275	72.52	60	33.17
24	Mezcla	0.275	72.52	180	20.58
25	Mezcla	0.275	72.52	120	27.67
26	Mezcla	0.275	72.52	120	28.89
27	Mezcla	0.275	72.52	120	31.81
28	Mezcla	0.275	72.52	120	31.42

Los valores de las concentraciones de los coagulantes: 0.2/ 0.4/ 0.15/ 0.35/ 0.3/ 0.25/ 0.075/ 0.475 y 0.275%, se calcularon de manera aleatoria utilizando el programa Statistica.

Los rendimientos obtenidos, indicados en el Cuadro N° 08 señalan que el segundo coagulante (cloruro de magnesio) es el de mayor rendimiento con respecto al primero, al mismo tiempo durante la elaboración de las muestras se pudo determinar qué; el Cloruro de Magnesio requirió menor tiempo de reposo luego de haber sido añadido a la lechada de soya, generando menor tiempo para la fabricación del Tofu.

Cabe señalar también que la mezcla de los coagulantes generó un buen rendimiento, pudiéndose en un futuro sustituir uno de ellos en caso de no contar con un stock suficiente para una producción en escala.

Para poder apreciar mejor la influencia de los parámetros en el rendimiento de la elaboración del tofu se presenta en la Figura N° 09.

Del análisis de varianza (ANEXO 1) y en la Figura N° 09 se aprecia que el tipo de coagulante y la concentración del coagulante (g de coagulante/100 g de soya hidratada) ejercen influencia significativa ($p > 0.05$) en el rendimiento del Tofu, de la Figura N° 09 se observa que la variable que ejerce mayor influencia significativa es la concentración del coagulante, alcanzando su máxima influencia cuando esta es de 0.5% en la elaboración del Tofu. La figura N° 09 ratifica lo dicho por TSENG y XIONG (2008) cuando indican que tradicionalmente se utilizó sulfato de calcio y cloruro de magnesio como coagulantes para la elaboración del Tofu.

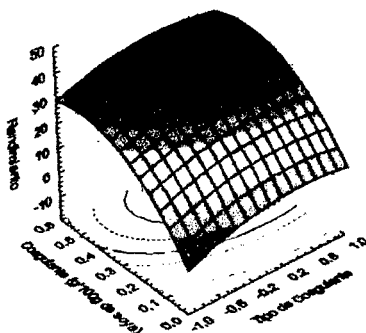


Figura N° 09 – Superficie de respuesta de la influencia del tipo y cantidad de coagulante añadido, en el rendimiento del Tofu.

El modelo de la superficie de respuesta para el rendimiento del Tofu fue el siguiente:

$$\text{Rendimiento} = -36.87 + 2.68x - 6.276x^2 + 162.307y - 166.558y^2 + 0.307z - 0.002z^2 + 0.308w - 0.001w^2.$$

Dónde: x=Tipo de coagulante, y=Concentración de coagulante, z=Prensado y w=Tiempo de prensado.

4.2.- Perfil de Textura del Tofu

Durante las pruebas de perfil de texturas generadas por doble ciclo de deformación que simulaba una doble masticación se utilizó el programa RSIC para obtener los valores de resistencia a la deformación de la muestra de Tofu.

Los datos de resistencia a la deformación del Tofu de la muestra N° 16 obtenidos por el programa RSIC se graficaron en función de la fuerza (N) y el tiempo (s) y se obtuvo la Figura N°10, la muestra N° 16 fue elegida por haber sido la de mayor rendimiento del coagulante.

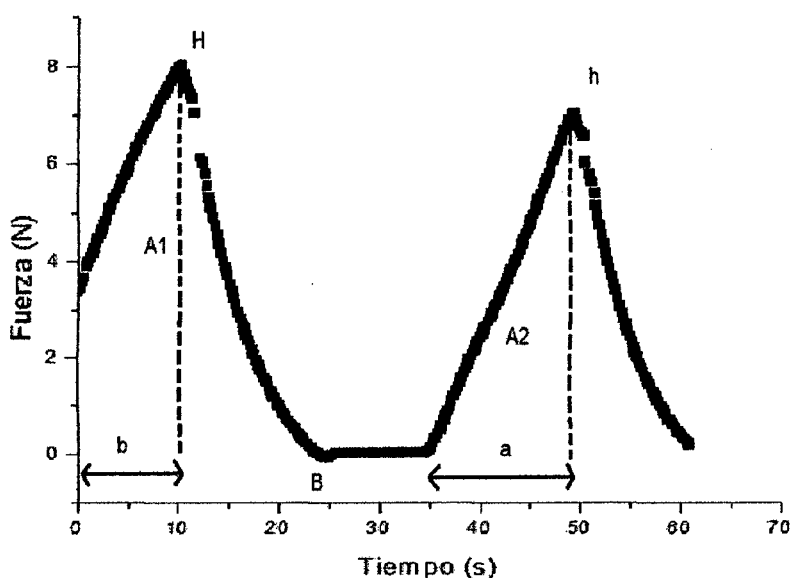


Figura N° 10 – Perfil de textura del Tofu de la muestra N° 16; con cloruro de magnesio (0.35) como coagulante, con un prensado de 72.53 Kpa y con un tiempo de prensado de 120 minutos.

La Figura N° 10 perteneciente a la muestra N°25 y las otras 27 muestras de Tofu obtuvieron figuras similares a la presentada por STEFFE (1992) por lo tanto se usó la metodología indicada por el autor para determinar los valores de **H**, **h**, **A₁**, **A₂**, **B**, **a** y **b**. (Figura N° 04), para el cálculo de estos valores se usó el programa ORIGIN 5.0 y los resultados se muestran en el cuadro N° 09:

Cuadro N° 09 - Valores del Perfil de Textura

MUESTRAS	H	h	A ₁	A ₂	B	a	b
1	1.3	1.2	13.59663	9.82612	0.13046	17.0471	18.1531
2	0.7	0.64	8.36605	6.04162	0.04034	18.7387	19.064
3	1.37	1.15	13.40338	8.1032	0.00781	13.4034	15.03
4	1.52	1.45	14.0537	10.4244	0.0462	16.3313	16.2662
5	2.98	2.64	33.49253	25.23288	0.03611	21.4714	22.7727
6	4.81	4.33	57.28517	45.46745	0.02603	24.0741	22.4474
7	3.73	3.39	45.52108	35.67907	0.23814	24.1391	21.4714
8	4.32	3.98	52.84448	44.31907	0.02017	24.4645	22.5125
9	2.11	1.93	25.7628	20.85303	0.054	23.8789	21.992
10	3.17	2.87	39.15187	29.92701	0.06702	24.0741	21.7968
11	2.29	2.13	29.03849	23.03173	0.07938	22.6427	23.8788
12	2.17	1.97	26.296	19.08424	0.14249	20.6906	19.5845
13	4.92	4.55	59.95999	51.04874	0.01041	25.961	23.4324
14	7.96	7.19	101.7831	89.3724	0.01432	27.9779	23.9439
15	3.96	3.53	49.24083	33.21832	0.25733	22.5125	19.5845
16	8.03	7.09	100.02374	82.45339	0.07483	27.2326	23.6186
17	1.88	1.71	23.21063	17.90233	0.38844	22.5776	20.9509
18	4.2	3.76	54.54463	47.1751	0.05791	27.7828	24.3994
19	0.6	0.6	7.42196	4.65866	0.15486	16.4614	17.9579
20	3.93	3.63	50.03107	43.2904	0.04327	26.0911	23.4885
21	1.7	1.55	21.56057	14.63801	0.08458	21.2763	19.3243
22	5.67	4.06	71.63359	41.67449	0.09239	21.5365	20.6907
23	4.83	4.37	60.76272	50.17492	0.11744	26.4815	23.0981
24	1.58	1.41	18.22149	14.67933	0.03058	24.6597	22.0571
25	6.74	5.59	86.73517	63.45764	1.01111	25.8959	23.033
26	6.5	5.77	83.62997	68.54701	0.04294	27.3273	23.7487
27	5.07	4.71	63.1267	53.38491	0.01757	25.2452	22.9029
28	4.8	4.38	61.22223	51.15317	0.33964	25.7657	22.7727
DANE	2.54	2.16	32.80447	25.83539	0.04847	25.7007	23.0981

Leyenda: H= altura primera deformación, h= altura segunda deformación, A1= área de la primera curva, A2= área de la segunda curva, B= área negativa, a= distancia de la segunda curva, b= distancia de la primera curva.

La muestra Dane corresponde al queso fresco comercial de la empresa Dane.

Con los datos presentados en el cuadro N° 09 y siguiendo la definición de STEFFE (1992) se elaboró el cuadro N° 10 en el cual se muestran los valores cuantitativos de las propiedades de textura del Tofu definidos por el autor que son: **adhesividad, cohesividad, dureza, elasticidad, gomosidad y masticabilidad.**

Cuadro N° 10 - Características del Perfil de Textura

MUESTRA	DUREZA	ELASTICIDAD	COHESIVIDAD	ADHESIVIDAD	GOMOSIDAD	MASTICABILIDAD
1	1.3	0.923076923	0.722687901	0.13046	0.939494272	0.867225482
2	0.7	0.914285714	0.722159203	0.04034	0.505511442	0.46218189
3	1.37	0.839416058	0.604563923	0.00781	0.828252575	0.695248512
4	1.52	0.953947368	0.74175484	0.0462	1.127467357	1.075544519
5	2.98	0.88590604	0.753388293	0.03611	2.245097113	1.988945093
6	4.81	0.9002079	0.793703676	0.02603	3.817714681	3.436736916
7	3.73	0.908847185	0.783792256	0.23814	2.923545116	2.657055749
8	4.32	0.921296296	0.83866981	0.02017	3.623053579	3.337905844
9	2.11	0.914691943	0.809424053	0.054	1.707884752	1.562188423
10	3.17	0.905362776	0.764382646	0.06702	2.423092989	2.193778195
11	2.29	0.930131004	0.793144891	0.07938	1.816301802	1.689398619
12	2.17	0.907834101	0.725746882	0.14249	1.574870733	1.429721357
13	4.92	0.924796748	0.851380062	0.01041	4.188789905	3.873779282
14	7.96	0.903266332	0.878067184	0.01432	6.989414785	6.313303053
15	3.96	0.891414141	0.674609262	0.25733	2.671452679	2.381370696
16	8.03	0.882938979	0.824338202	0.07483	6.619435763	5.844557853
17	1.88	0.909574468	0.771298754	0.38844	1.450041658	1.318920869
18	4.2	0.895238095	0.864889908	0.05791	3.632537612	3.251986053
19	0.6	1	0.627685948	0.15486	0.376611569	0.376611569
20	3.93	0.923664122	0.865270321	0.04327	3.400512362	3.140931265
21	1.7	0.911764706	0.678925001	0.08458	1.154172501	1.052333751
22	5.67	0.716049383	0.58177302	0.09239	3.298653024	2.361998462
23	4.83	0.904761905	0.825751711	0.11744	3.988380764	3.608534977
24	1.58	0.892405063	0.805605359	0.03058	1.272856468	1.135903557
25	6.74	0.829376855	0.731625245	1.01111	4.931154151	4.089785119
26	6.5	0.887692308	0.819646474	0.04294	5.327702079	4.729360153
27	5.07	0.928994083	0.84567877	0.01757	4.287591363	3.983147006
28	4.8	0.9125	0.835532616	0.33964	4.010556558	3.659632859
DANE	2.54	0.850393701	0.787557001	0.04847	2.000394782	1.701123121

Con los datos mostrados en el cuadro N° 10 y utilizando el programa Statistica 7.0 se realizó el análisis de varianza para determinar si las variables independientes ejercen influencia significativa sobre las propiedades de textura y obteniéndose los parámetros de la superficie de respuesta para cada propiedad del perfil de textura.

4.2.1.- Adhesividad

En el análisis de varianza (ANEXO 3), las variables; tipo de coagulante, coagulante (g de coagulante/100 g de soya hidratada), prensado y tiempo de prensado no ejercieron influencia significativa en la propiedad de Adhesividad. Sin embargo en las Figuras N° 11, 12 y 13 se aprecia la tendencia de las variables sobre esta propiedad:

Como se muestra en la Figura N° 11 para la propiedad de Adhesividad el tipo de coagulante (sulfato de calcio y cloruro de magnesio) no tiene influencia, por otro lado la concentración del coagulante (g de coagulante/100 g de soya hidratada) entre los valores 0.2 y 0.4% presentan tendencia a una mayor adhesividad. GOMES et al., (2001) indican que los coagulantes convencionales usados para la elaboración de Tofu son: el Sulfato de calcio y el Cloruro de Magnesio, y las dosis a usar para la obtención del Tofu son: 0,4 % p/p y 0,25 % p/p de la muestra, lo cual concuerda con los resultados de la Figura N° 11.

La Figura N° 12 se observa que a una concentración media 0.3 (g de coagulante/100 g de soya hidratada) de coagulante y una presión aproximada de 70 Kpa es cuando se obtiene una mayor adhesividad en el Tofu. Sin embargo ni la presión de prensado ni la concentración del coagulante ejercen influencia significativa sobre la adhesividad.

Como se muestra en la Figura N° 13 a una presión de prensado de 70 Kpa y un tiempo de prensado de 120 minutos se obtiene un Tofu con mayor adhesividad, estos resultados servirán para a reducir la fuerza de prensado y el tiempo de prensado para reducir costos durante la elaboración del Tofu.

Según OBATOLU (2008) la adhesividad es la energía necesaria para romper la atracción entre las fuerzas de la superficie de la comida y la superficie de otro

material. Según los resultados del ANEXO N°03 y las Figuras N° 11, 12 y 13 las variables tipo de coagulante, concentración del coagulante (%), presión de prensado y tiempo de prensado no ejercieron influencia significativa con relación a la propiedad de adhesividad.

El modelo de la superficie de respuesta para la adhesividad del Tofu fue el siguiente:

$$\text{Adhesividad} = -1.52812 - 0.01096x - 0.0813x^2 + 2.64163y - 4.88898y^2 + 0.01549z + 0.0001z^2 + 0.01591w - 0.00007w^2.$$

Dónde: x=Tipo de coagulante, y=Concentración de coagulante, z=Prensado y w=Tiempo de prensado.

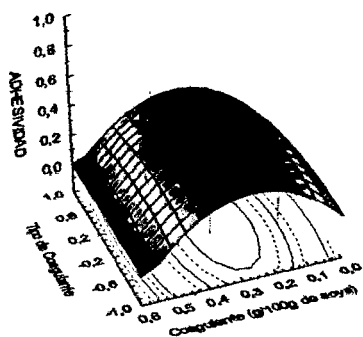


Figura N° 11 – Superficie de respuesta de la influencia del tipo y cantidad de coagulante añadido, en la adhesividad del Tofu.

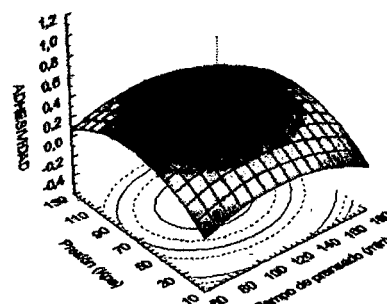


Figura N° 12 – Superficie de respuesta de la influencia de la cantidad de coagulante añadido y el prensado, en la adhesividad del Tofu.

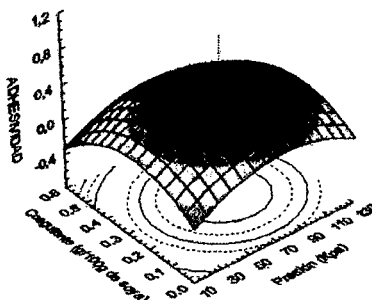


Figura N° 13 – Superficie de respuesta de la influencia del tipo de coagulante añadido y el prensado, en la adhesividad del Tofu.

4.2.2.- Cohesividad

En el ANEXO 5 se observa que en el análisis de varianza para la propiedad de Cohesividad el tipo de coagulante, la concentración del coagulante (g de coagulante/100 g de soya hidratada) y el prensado ejercen influencia significativa ($p > 0.05$) sobre esta propiedad, siguiendo estos resultados se trazaron las Figuras N° 14, 15, 16, 17 y 18 de superficie de respuesta para poder apreciar mejor cuál de estas variables ejercen mayor influencia sobre la propiedad de Cohesividad.

En la Figura N° 14 se puede apreciar que la propiedad de cohesividad es influenciada más por la concentración del coagulante (g de coagulante/100 g de soya hidratada) utilizado en la elaboración del Tofu que por el tipo de coagulante utilizado, y esta influencia alcanza su máximo valor cuando es de 0.5% y es ahí cuando el tofu adquiere una mayor cohesividad.

En la Figura N° 15 se aprecia que el tipo de coagulante en relación a la presión de prensado no ejercen influencia sobre la propiedad de cohesividad, sin embargo existe una presión media máxima para que el Tofu adquiriera una mayor cohesividad y esta es de 70 Kpa.

En la Figura N° 16 se aprecia la interacción entre la presión de prensado y la concentración del coagulante (g de coagulante/100 g de soya hidratada) con la propiedad de cohesividad, se observa que a una presión media de 70 Kpa y con una mayor cantidad de coagulante (0.5 %) el Tofu adquiere una mayor cohesividad.

En la Figura N° 17 se aprecia la interacción entre el tiempo de prensado y la concentración del coagulante (g de coagulante/100 g de soya hidratada) con respecto a la cohesividad, se observa que el tiempo de prensado no influye en esta propiedad mientras que la concentración del coagulante sí ejerce mayor influencia alcanzando su máximo valor cuando esta es de 0.5% y es ahí cuando el Tofu adquiere una mayor cohesividad.

En la Figura N° 18 se aprecia la interacción entre el tiempo de prensado con la presión de prensado y la cohesividad, se observa que el tiempo de prensado no

ejerce influencia en la cohesividad sin embargo la presión de prensado si lo hace siendo la presión de 70Kpa la que ejerce mayor influencia.

Según BOURNE (1982) la cohesividad se relaciona con el trabajo necesario para superar la unión interna del material, lo cual podría estar relacionado con la concentración del coagulante (%) según las Figuras N° 14, 16 y 17.

Según OBATOLU (2008) la cohesividad mide que tan bien un producto soporta una segunda deformación relativa a la primera deformación. Se puede interpretar como el grado de tensión de la unión en el interior del gel para resistir la deformación. Siguiendo esta afirmación y las Figuras N° 15 y 18 la presión de prensado sería la variable de mayor influencia para que el Tofu adquiriera una mejor cohesividad y una mejor resistencia a las deformaciones.

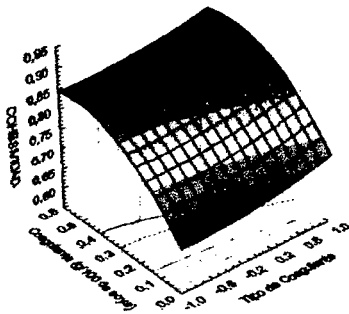


Figura N° 14 – Superficie de respuesta de la influencia del tipo y cantidad de coagulante añadido, en la cohesividad del Tofu.

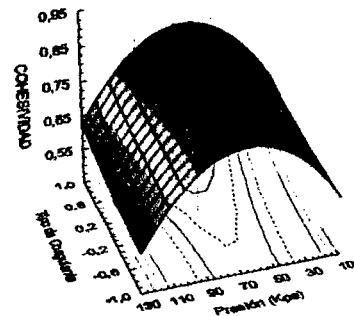


Figura N° 15 – Superficie de respuesta de la influencia del tipo de coagulante añadido y el prensado, en la cohesividad del Tofu.

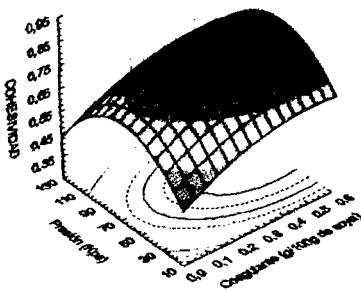


Figura N° 16 – Superficie de respuesta de la influencia de la cantidad de coagulante añadido y el prensado, en la cohesividad del Tofu.

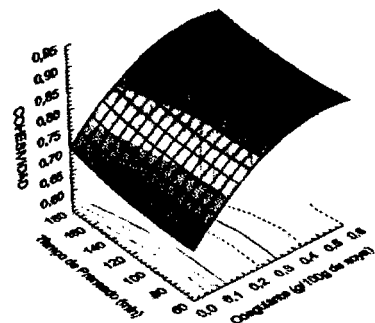


Figura N° 17 – Superficie de respuesta de la influencia de la cantidad de coagulante añadido y el tiempo de prensado, en la cohesividad del Tofu.

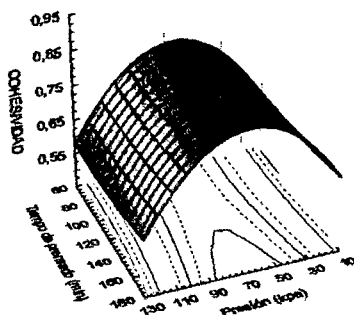


Figura N° 18 – Superficie de respuesta de la influencia del tiempo de prensado y el prensado, en la cohesividad del Tofu.

El modelo de la superficie de respuesta para la cohesividad del Tofu fue el siguiente:

$$\text{Cohesividad} = 0.321164 + 0.035525x + 0.016187x^2 + 0.883812y - 0.857496y^2 + 0.009673z - 0.000073z^2 - 0.000675w + 0.000004w^2.$$

Dónde: x=Tipo de coagulante, y=Concentración de coagulante, z=Presado y w=Tiempo de prensado.

4.2.3.- Dureza

En el ANEXO 7 se observa un análisis de varianza sobre las variables: tipo de coagulante, concentración del coagulante (g de coagulante/100 g de soya hidratada), presión de prensado y tiempo de prensado, con la propiedad de Dureza del Tofu. Puede verse que las variables tipo de coagulante y la concentración de coagulante (%) son las variables que ejercen influencia significativa ($p > 0.05$) sobre la propiedad de dureza del Tofu, para un mejor análisis de las influencias de las variables sobre la propiedad de dureza del Tofu se realizaron las Figuras N° 19, 20 y 21.

En la Figura N° 19 se aprecia la interacción entre el tipo de coagulante, la concentración del coagulante y la propiedad de Dureza, y se aprecia que el tipo de coagulante no ejerce influencia para esta propiedad, por otro lado la concentración del coagulante (g de coagulante/100 g de soya hidratada) sí ejerce influencia y esta influencia alcanza su mayor valor cuando la concentración es de 0.4 %.

En la Figura N° 20 se observa la interacción entre la concentración del coagulante, la presión de prensado y la propiedad de dureza, en esta figura se aprecia que la presión de prensado no ejerce influencia sobre la dureza pero la concentración del coagulante (g de coagulante/100 g de soya hidratada) si ejerce influencia sobre la dureza y alcanza su mayor influencia cuando la concentración es de 0.4%.

En la Figura N° 21 se observa la interacción entre el tiempo de prensado, la concentración del coagulante (g de coagulante/100 g de soya hidratada) y la propiedad de dureza, en la figura se puede apreciar que el tiempo de prensado no ejerce influencia sobre esta propiedad sin embargo la concentración del coagulante (%) si ejerce influencia sobre la dureza y nuevamente alcanza su mayor influencia cuando la concentración del coagulante es de 0.4%.

Según BOURNE (1982) la dureza es la fuerza requerida para alcanzar una deformación dada al material, siguiendo los resultados de los análisis la propiedad de dureza se ve influenciada por la concentración del coagulante (%) más que por el tipo de coagulante usado para la elaboración del Tofu y la concentración mas adecuada es de 0.4% (g de coagulante/100g de soya hidratada).

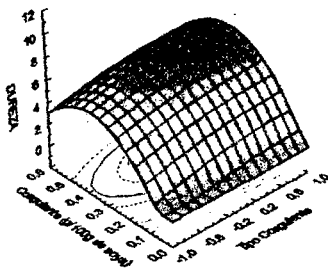


Figura N° 19 – Superficie de respuesta de la influencia del tipo y cantidad de coagulante, en la dureza del Tofu.

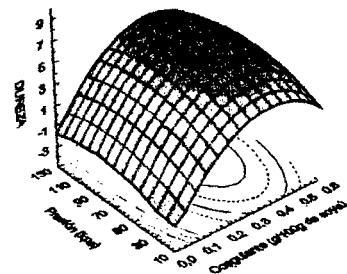


Figura N° 20 – Superficie de respuesta de la influencia de la cantidad de coagulante y el prensado, en la dureza del Tofu.

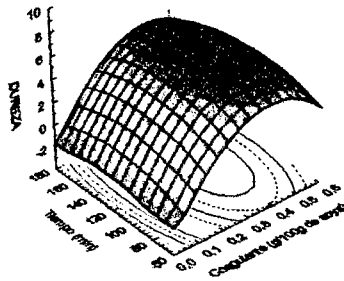


Figura N° 21 – Superficie de respuesta de la influencia de la cantidad de coagulante y el tiempo de prensado, en la dureza del Tofu.

El modelo de la superficie de respuesta para la dureza del Tofu fue el siguiente:

$$\text{Dureza} = -13.6609 + 1.241x - 0.5757x^2 + 47.8068y - 62.1184y^2 + 0.0819z - 0.0005z^2 + 0.1112w - 0.0004w^2.$$

Dónde: x=Tipo de coagulante, y=Concentración de coagulante, z=Prensado y w=Tiempo de prensado.

4.2.4.- Elasticidad

En el ANEXO 9 se presenta el análisis de varianza para las variables: tipo de coagulante, concentración del coagulante (g de coagulante/100 g de soya hidratada), presión de prensado y tiempo de prensado con respecto a los datos obtenidos de la propiedad de elasticidad del Tofu y se aprecia que las variables que ejercen influencia significativa ($p > 0.05$) sobre esta propiedad son la concentración del coagulante (%) y la presión de prensado. Con estos resultados se realizaron las Figuras N° 22, 23 y 24 de superficie de respuesta para poder apreciar cuál de estas variables ejerce mayor influencia sobre la propiedad de elasticidad.

En la figura N° 22 se observa la interacción entre el tiempo de prensado, la presión de prensado y la propiedad de Elasticidad, se puede apreciar que el tiempo de prensado no ejerce influencia significativa sobre la elasticidad, sin embargo la presión de prensado si ejerce influencia significativa y alcanza su mayor influencia en 75Kpa.

En la Figura N° 23 se observa la interacción entre el tipo de coagulante, la presión de prensado y la propiedad de elasticidad, se puede apreciar que el tipo de coagulante no ejerce ninguna influencia sobre esta propiedad, por otro lado la presión de prensado sí ejerce influencia sobre esta propiedad y alcanza su mayor influencia cuando la presión es de 75 Kpa.

En la Figura N° 24 se observa la interacción entre la presión de prensado, la concentración del coagulante (g de coagulante/100 g de soya hidratada) y la propiedad de elasticidad, se puede apreciar que tanto la presión de prensado y la concentración del coagulante (%) ejercen influencia sobre la elasticidad, la presión de prensado alcanza su mayor influencia en 70 Kpa y la concentración del coagulante (%) alcanza su mayor influencia sobre la elasticidad cuando está en 0.1% o 0.4% (g de coagulante/100g de soya hidratada).

En las Figuras N° 22 y 23 apreciamos que la presión de prensado ejerce mayor influencia sobre la elasticidad y está alcanza su mayor influencia cuando es 75 Kpa, según OBATOLU (2008) la elasticidad significa que un producto físicamente salta hacia atrás después de deformarse durante la primera compresión, y los productos de alta elasticidad requieren más energía para ser consumidos, esta propiedad está influenciada principalmente por la presión del prensado que se le ejerce al Tofu, ya que este parámetro es el que le brinda al Tofu su rigidez y por ende la capacidad a soportar deformaciones sin desmoronarse.

BOURNE (1982) describe la elasticidad como la velocidad a la que un material deformado recupera su condición original después de la retirada de la fuerza de deformación, esta habilidad de recuperar su condición original sería influenciada por la concentración del coagulante (%) ya que es el coagulante el que le brinda una mayor o menor cantidad de sólidos totales al Tofu y estos posteriormente durante el prensado se van compactando y determinan la firmeza del Tofu.

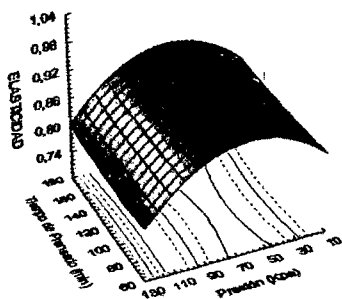


Figura N° 22 – Superficie de respuesta de la influencia de la presión de prensado y el tiempo de prensado, en la elasticidad del Tofu.

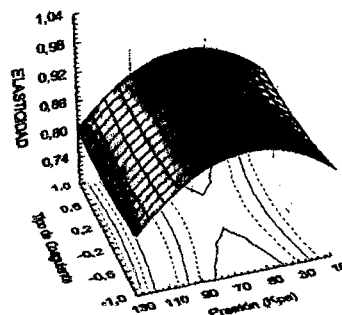


Figura N° 23 – Superficie de respuesta de la influencia de la presión de prensado y el tipo de coagulante, en la elasticidad del Tofu.

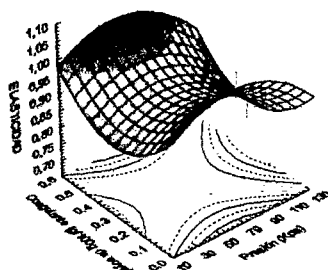


Figura N° 24 – Superficie de respuesta de la influencia de la presión de prensado y la cantidad de coagulante, en la elasticidad del Tofu.

El modelo de la superficie de respuesta para la elasticidad del Tofu fue el siguiente:
 Elasticidad = $0.95088 - 0.00237x + 0.0145x^2 - 1.00294y + 1.65478y^2 + 0.00398z - 0.00003z^2 - 0.00051w$.

Dónde: x=Tipo de coagulante, y=Concentración de coagulante, z=Prensado y w=Tiempo de prensado.

4.2.5.- Gomosidad

En el ANEXO 11 se muestra un análisis de varianzá para las variables: tipo de coagulante, concentración del coagulante (g de coagulante/100 g de soya hidratada), presión de prensado y tiempo de prensado, con respecto a los resultados obtenidos para la propiedad de gomosidad del Tofu y los resultados

muestran que las variables que ejercieron influencia significativa ($p > 0.05$) sobre esta propiedad son el tipo de coagulante y la concentración del coagulante (%), para un mejor análisis se realizó las Figuras N° 25, 26 y 27 para poder apreciar cuál de estas variables ejerce mayor influencia sobre esta propiedad.

En la Figura N° 25 se observa la interacción entre el tipo de coagulante, la concentración del coagulante (g de coagulante/100 g de soya hidratada) y propiedad de gomosidad, se aprecia en la figura que el tipo de coagulante no ejerce influencia sobre esta propiedad, sin embargo la concentración del coagulante (%) si ejerce influencia sobre la gomosidad y esta influencia alcanza su mayor valor cuando la concentración del coagulante es de 0.5%.

En la Figura N° 26 se observa la interacción entre la presión de prensado, la concentración del coagulante y la propiedad de gomosidad, se puede apreciar que el prensado no ejerce influencia sobre la gomosidad, por otro lado la concentración del coagulante sí ejerce influencia sobre esta propiedad y que alcanza su máximo valor cuando la concentración del coagulante es de 0.5%.

En la Figura N° 27 se aprecia la interacción entre el tiempo de prensado, la concentración del coagulante y la propiedad de gomosidad, se observa en la figura que el tiempo de prensado no ejerce influencia sobre la gomosidad, por otro lado la concentración del coagulante si ejerce influencia sobre esta propiedad y está influencia alcanza su mayor valor cuando la concentración del coagulante es de 0.5%.

Según BOURNE (1982) la gomosidad se define como la energía necesaria para desintegrar los alimentos semisólidos a un estado listo para tragar, según las figuras N° 25, 26 y 27 la variable de mayor influencia sobre la propiedad de gomosidad es la concentración del coagulante (%) y su mayor influencia se da cuando la concentración es de 0.5%.

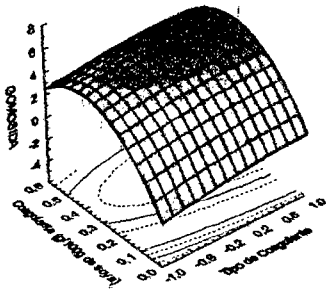


Figura N° 25 – Superficie de respuesta de la influencia del tipo y cantidad de coagulante añadido, en la gomosidad del Tofu.

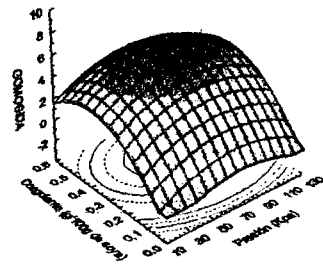


Figura N° 26 – Superficie de respuesta de la influencia de la cantidad de coagulante añadido y el prensado, en la gomosidad del Tofu.

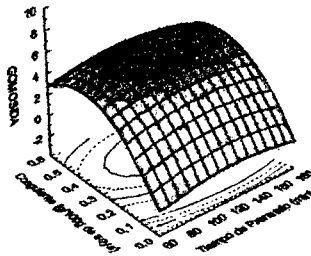


Figura N° 27 – Superficie de respuesta de la influencia de la cantidad de coagulante y el tiempo de prensado, en la gomosidad del Tofu.

El modelo de la superficie de respuesta para la gomosidad del Tofu fue el siguiente:
 $Gomosidad = -12.2864 + 1.0807x - 0.3409x^2 + 38.6004y - 48.8163y^2 + 0.1054z - 0.0007z^2 + 0.0869w - 0.0003w^2$.

Dónde: x=Tipo de coagulante, y=Concentración de coagulante, z=Prensado y w=Tiempo de prensado.

4.2.6.- Masticabilidad

En el ANEXO 13 se realizó un análisis de varianuujnentre las variables: tipo de coagulante, concentración del coagulante (g de coagulante/100 g de soya hidratada), presión de prensado y tiempo de prensado con respecto a la propiedad de masticabilidad, y los resultados arrojaron que las variables que ejercieron influencia significativa ($p > 0.05$) sobre esta propiedad son el tipo de coagulante y la

concentración del coagulante (%), para determinar cuál de estas variables ejerce mayor influencia sobre la masticabilidad se realizaron las Figuras N° 28, 29 y 30.

En la Figura N° 28 se observa la interacción entre el tipo de coagulante, la concentración del coagulante (g de coagulante/100 g de soya hidratada) y la propiedad de masticabilidad, se aprecia que el tipo de coagulante no ejerce influencia sobre esta propiedad por otro lado la concentración del coagulante sí ejerce influencia sobre la masticabilidad la cual alcanza su mayor influencia cuando la concentración del coagulante es de 0.4%.

En la Figura N° 29 se aprecia la interacción entre la presión de prensado, la concentración del coagulante (g de coagulante/100 g de soya hidratada) y la propiedad de masticabilidad, se observa que la presión de prensado alcanza su mayor influencia sobre la masticabilidad cuando su valor es de 70 Kpa, y la concentración del coagulante también ejerce influencia sobre esta propiedad, alcanzando la masticabilidad su mayor valor cuando la concentración del coagulante es de 0.4%.

En la Figura N° 30 se aprecia la interacción entre el tiempo de prensado, la concentración del coagulante (g de coagulante/100 g de soya hidratada) y la propiedad de masticabilidad, se observa que el tiempo de prensado no ejerce influencia sobre la masticabilidad, sin embargo la concentración del coagulante sí ejerce influencia sobre esta propiedad, alcanzando la masticabilidad su mayor valor cuando la concentración del coagulante es de 0.4%.

Según OBATOLU (2008) la masticabilidad se representa por cuán fácil de tragar es un alimento, según las Figuras N° 28, 29 y 30 el Tofu adquiere una mayor masticabilidad cuando la concentración del coagulante es de 0.4% (g de coagulante/100g de soya hidratada) y por ende es más fácil de tragar.

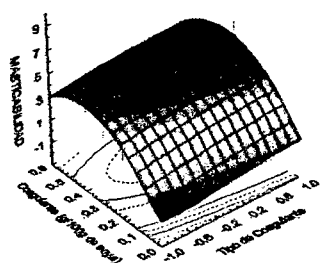


Figura N° 28 – Superficie de respuesta de la influencia del tipo y cantidad de coagulante añadido, en la masticabilidad del Tofu.

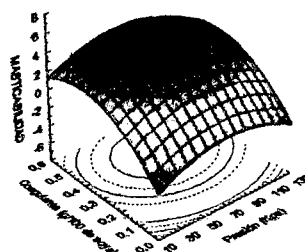


Figura N° 29 – Superficie de respuesta de la influencia de la cantidad de coagulante añadido y el prensado, en la masticabilidad del Tofu.

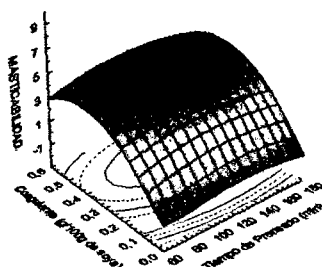


Figura N° 30 – Superficie de respuesta de la influencia de la cantidad de coagulante añadido y el tiempo de prensado, en la masticabilidad del Tofu.

El modelo de la superficie de respuesta para la masticabilidad del Tofu fue el siguiente:

$$\text{Masticabilidad} = -10.9201 + 0.97x - 0.2262x^2 + 33.0612y - 40.8787y^2 + 0.1066z - 0.0007z^2 + 0.0731w - 0.0003w^2.$$

Dónde: x=Tipo de coagulante, y=Concentración de coagulante, z=Prensado y w=Tiempo de prensado.

A continuación se muestra el Cuadro N° 11 donde se resume la influencia significativa ($p > 0.05$) de las variables: tipo de coagulante, concentración del coagulante (g de coagulante/100 g de soja hidratada), prensado y tiempo de prensado. Con respecto a las propiedades del perfil de textura (adhesividad, cohesividad, dureza, elasticidad, gomosidad y masticabilidad) del Tofu.

Cuadro N° 11 – Resumen de la influencia de variables en las propiedades del perfil de textura del Tofu

PROPIEDAD	ADHES.	COHES.	DUREZA	ELASTI.	GOMOSI.	MASTICA.
VARIABLES						
TIPO DE COAGULANTE	no	si	si	No	si	si
CONCENTRACION COAGULANTE	no	si	si	Si	si	si
PRENSADO	no	si	no	Si	no	no
TIEMPO DE PRENSADO	no	no	no	No	no	no

4.3.- Tiempo de Relajación.

Utilizando los valores obtenidos en la prueba de relajación (fuerza (N) vs. tiempo (s)), se ajustó los datos experimentales a la ecuación de Maxwell generalizada y utilizando el programa Origin 5.0 se obtuvieron los tiempos de relajación (cuadro N° 12), en la cual se muestran los valores de E_1 , E_2 , E_3 , τ_1 y τ_2 que sirvieron para determinar los parámetros que influyen en la viscoelasticidad del Tofu.

Con los valores obtenidos del cuadro N° 12 (τ_1 y τ_2) y usando el programa Statistica 7.0 se realizó un análisis de varianza para todas las variables del diseño experimental y poder determinar cuál de estas tiene influencia significativa en los valores de τ_1 y τ_2 siendo $\tau = \eta/E$ (coeficiente viscoso/constante de rigidez), el valor que determina si un alimento es más viscoso o elástico.

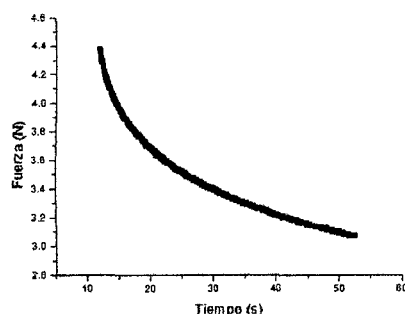


Figura N° 31 - Datos de la Prueba de Relajación de la muestra N° 16; con cloruro de magnesio (0.35) como coagulante, con un prensado de 72.53 Kpa y con un tiempo de prensado de 120 minutos.

La muestra N° 16 fue elegida para hacer la representación gráfica de la prueba de relajación ya que fue esta muestra la que alcanzó un mayor rendimiento del coagulante.

Cuadro N° 12 – Valores de la Ec. de Maxwell generalizado

N°	E ₁	E ₂	E ₃	τ ₁	τ ₂	R ²
1	0.12267	0.27711	0.78835	1.9272	20.69452	0.99819
2	0.10241	0.07071	0.38871	16.69399	1.39584	0.99196
3	0.21609	0.15202	0.83215	17.31502	1.54794	0.99707
4	0.12075	0.21478	0.67024	1.64526	18.15889	0.99756
5	0.27573	0.54273	1.57897	1.98263	20.13951	0.99926
6	0.74188	0.29536	2.00816	22.69884	2.35433	0.99956
7	0.76793	0.30122	1.82163	23.21361	2.31529	0.99954
8	0.81714	0.32814	2.05923	23.47834	2.29423	0.99957
9	0.17829	0.39017	0.95942	2.16991	22.27079	0.99902
10	0.2229	0.4812	1.4282	2.04473	21.456	0.9992
11	0.23174	0.43873	1.2264	1.92321	21.04084	0.99907
12	0.17384	0.36937	1.0094	2.14241	22.39251	0.99893
13	0.32845	0.89596	2.36224	2.53765	24.53831	0.99959
14	0.4908	1.3849	3.74858	2.05899	23.33276	0.99922
15	0.65432	0.35311	1.54388	20.68146	2.04554	0.99941
16	0.38519	1.13362	2.83927	2.53007	25.54483	0.99971
17	0.16871	0.33578	0.77392	2.25283	22.86399	0.99884
18	0.73701	0.24177	2.00481	25.8512	2.58117	0.99957
19	0.11814	0.13362	0.37157	0.63118	15.87875	0.99004
20	0.89031	0.31851	2.28591	24.62144	2.49803	0.99964
21	0.24557	0.42031	1.08475	1.9447	19.9775	0.99911
22	1.3185	0.75631	3.21688	19.87763	1.99339	0.99954
23	1.28255	0.47289	3.12805	24.51296	2.46972	0.99972
24	0.20861	0.08239	0.49573	21.30671	2.13332	0.99737
25	0.55901	1.32797	3.57998	2.26788	23.118	0.99965
26	0.43384	1.10198	2.6416	2.31325	23.41258	0.99972
27	0.31853	0.89249	2.4058	2.40016	23.54109	0.99963
28	0.42794	1.12961	2.72903	2.32093	24.03487	0.99965
QUESO DANE	0.73411	0.19564	1.10502	28.93826	2.89751	0.9996

Leyenda:

E₁, E₂ y E₃ = coeficientes de la ecuación de Maxwell generalizada
 τ₁ y τ₂ son los tiempos de relajación de la muestra.

La muestra Dane corresponde al queso fresco comercial de la empresa Dane.

4.3.1.- Influencia de las variables en el valor de τ_1

En el ANEXO 15 se aprecia el análisis de varianza realizado para las variables tipo de coagulante, concentración del coagulante (g de coagulante/100 g de soya hidratada), presión de prensado y tiempo de prensado con respecto al valor de τ_1 , y se observa que la variable que ejerció influencia significativa ($p > 0.05$) sobre τ_1 fue la concentración del coagulante, para poder determinar cuál de las demás variables también ejerce influencia sobre τ_1 se trazaron las Figuras N°32, 33 y 34.

En la Figura N° 32 se aprecia la interacción entre el tipo de coagulante, la concentración del coagulante (g de coagulante/100 g de soya hidratada) y el valor de τ_1 , en la figura se observa que el tipo de coagulante no ejerce influencia sobre el valor de τ_1 , sin embargo la concentración del coagulante sí ejerce influencia sobre τ_1 de manera que a mayor concentración del coagulante mayor es el valor de τ_1 y esto indica que el alimento es más viscoso que elástico.

En la Figura N° 33 se aprecia la interacción entre la presión de prensado, la concentración del coagulante (g de coagulante/100 g de soya hidratada) y el valor de τ_1 , se observa en la figura que la presión de prensado ejerce cierta influencia sobre el valor de τ_1 a medida que se aumenta la presión de prensado el valor de τ_1 también será mayor, y la concentración del coagulante ejerce influencia más directa sobre el valor de τ_1 de manera que a mayor cantidad de coagulante añadido el valor de τ_1 también será mayor.

En la Figura N° 34 se aprecia la interacción entre el tiempo de prensado, la concentración del coagulante (g de coagulante/100 g de soya hidratada) y el valor de τ_1 , se observa que el valor de τ_1 alcanza un mayor valor cuando el tiempo de prensado es de 180 minutos, por lo cual el tofu adquiere mayor viscosidad que elasticidad y a un tiempo de 120 minutos el Tofu se vuelve más elástico que

viscoso, al mismo tiempo a mayor concentración del coagulante aumenta al valor de τ_1 :

El modelo de la superficie de respuesta para el valor de τ_1 del Tofu fue el siguiente:

$$\tau_1 = 60.188 - 1.6819x - 1.1758x^2 - 24.2865y + 120.8999y^2 - 0.0437z + 0.0012z^2 - 0.9956w + 0.0041w^2.$$

Dónde: x=Tipo de coagulante, y=Concentración de coagulante, z=Prensado y w=Tiempo de prensado.

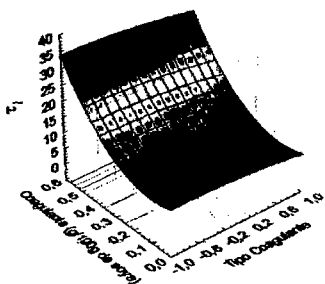


Figura N° 32 – Superficie de respuesta de la influencia del tipo y cantidad de coagulante añadido, en el valor de τ_1 del Tofu.

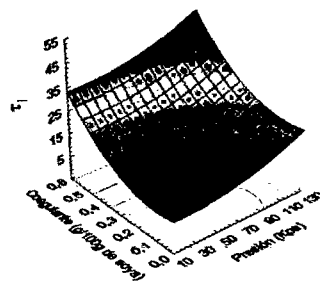


Figura N° 33 – Superficie de respuesta de la influencia de la cantidad de coagulante añadido y el prensado, en el valor de τ_1 del Tofu.

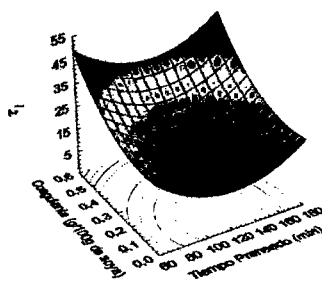


Figura N° 34 – Superficie de respuesta de la influencia de la cantidad de coagulante añadido y el tiempo de prensado, en el valor de τ_1 del Tofu.

4.3.2.- Influencia de las variables en el valor de τ_2

En el ANEXO 17 se observa el análisis de varianza realizado para las variables: tipo de coagulante, concentración del coagulante (g de coagulante/100 g de soya hidratada), presión de prensado y tiempo de prensado con respecto a los valores de τ_2 , y se observa que la variable que ejerció influencia significativa sobre τ_2 fue el tiempo de prensado, para poder apreciar mejor la influencia de esta variable se realizaron las siguientes figuras:

En la Figura N° 35 se aprecia la interacción entre el tiempo de prensado, concentración del coagulante (g de coagulante/100 g de soya hidratada) y los valores de τ_2 , se observa que el tiempo de prensado y la concentración del coagulante (%) ejercen influencia sobre el valor de τ_2 , alcanzando τ_2 su máximo valor cuando el tiempo de prensado es de 120 min y la concentración del coagulante es de 0.25% (g de coagulante/100 gr de soya hidratada), estos valores de tiempo de prensado y concentración del coagulante por tanto le brindan al Tofu una característica más viscosa que elástica.

En la Figura N° 36 se aprecia la interacción entre el tiempo de prensado, el tipo de coagulante y los valores de τ_2 , se observa que nuevamente el tiempo de prensado que ejerce mayor influencia sobre el valor de τ_2 es de 120 min y que el tipo de coagulante también ejerció influencia sobre el valor de τ_2 , alcanzando τ_2 su mayor valor cuando el coagulante es Cloruro de Magnesio.

En la Figura N° 37 se aprecia la interacción entre el tiempo de prensado, la presión de prensado y los valores de τ_2 , se observa que tanto la presión de prensado como el tiempo de prensado ejercen influencia sobre el valor de τ_2 , de manera que cuando la presión de prensado es de 120 Kpa y el tiempo de prensado es de 180 minutos el valor de τ_2 alcanza su máximo valor, al mismo tiempo cuando la presión de prensado es de 20 Kpa y el tiempo de prensado es de 60 minutos el valor de τ_2

también alcanza su máximo valor. Estos resultados se entienden ya que τ es la relación entre η/E (coeficiente viscoso/ constante de elasticidad), por ello cuando los valores de tiempo de prensado y presión de prensado son mayores la constante de elasticidad se vuelve menor y el valor de τ_2 aumenta, por otro lado cuando los valores de tiempo de prensado y presión de prensado tienen valores menores el coeficiente viscoso adquiere un mayor valor y τ_2 aumenta.

El modelo de la superficie de respuesta para el valor de τ_2 del Tofu fue el siguiente:

$$\tau_2 = -13.878 - 3.441x + 0.986x^2 + 150.694y - 223.433y^2 - 0.27z - 0.003z^2 + 0.516w - 0.004w^2$$

Dónde: x =Tipo de coagulante, y =Concentración de coagulante, z =Prensado y w =Tiempo de prensado.

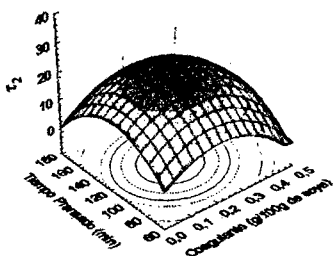


Figura N° 35 – Superficie de respuesta de la influencia de la cantidad de coagulante añadido y el tiempo de prensado, en el valor de τ_2 del Tofu.

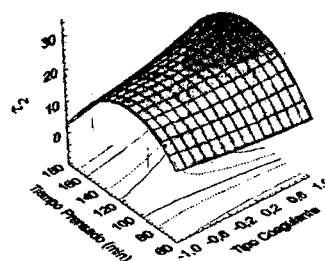


Figura N° 36 – Superficie de respuesta de la influencia del tipo de coagulante añadido y el tiempo de prensado, en el valor de τ_2 del Tofu.

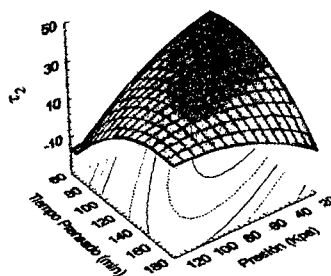


Figura N° 37 – Superficie de respuesta de la influencia del prensado y el tiempo de prensado, en el valor de τ_2 del Tofu.

4.4.- Punto de Ruptura.

Durante los análisis de punto de Ruptura se realizó una deformación del 80% hasta generar la destrucción de la muestra, los resultados se graficaron en el programa Excel como se muestra en la Figura N°36:

Se tomó los valores de la muestra N° 16 porque fue la que alcanzó un mayor rendimiento con el coagulante.

Con los resultados de la prueba de punto de ruptura se obtuvieron gráficas similares en las 28 muestras y con estos datos (de fuerza en N) se elaboró el cuadro N° 13.

Usando los datos del cuadro N° 13, el diseño experimental y el programa Statistica 7.0 se realizó un análisis de varianza de la influencia de cada variable: tipo de coagulante, concentración del coagulante (g de coagulante/100 g de soya hidratada), presión de prensado y tiempo de prensado con los valores de punto de ruptura, con estos resultados se obtuvieron los siguientes gráficos que muestran la influencia de las variables sobre esta propiedad:

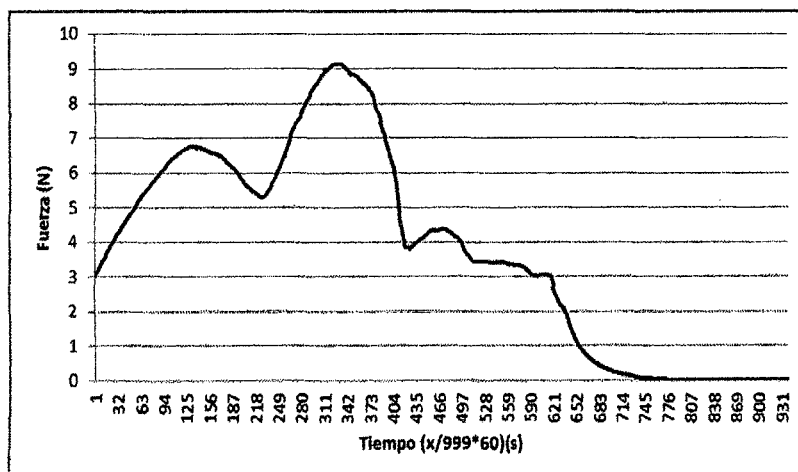


Figura N° 38 – Resultados de los valores de punto de ruptura de la muestra N° 16; con cloruro de magnesio (0.35) como coagulante, con un prensado de 72.53 Kpa y con un tiempo de prensado de 120 minutos.

Cuadro N° 13 - Datos de Punto de Ruptura

MUESTRAS	FUERZA DE RUPTURA (N)
1	4.21
2	2
3	2.38
4	2.08
5	4.67
6	8.32
7	9.23
8	11.66
9	4.69
10	4.88
11	5.65
12	3.49
13	13.08
14	13.33
15	7.48
16	24.49
17	3.54
18	11.23
19	1.84
20	17.22
21	3.87
22	7.72
23	13.63
24	3.59
25	9.14
26	13.4
27	12.6
28	19.56
DANE	17.45

En el ANEXO 19 se aprecia el análisis de varianza realizado a las variables tipo de coagulante, concentración del coagulante (g de coagulante/100 g de soya hidratada), presión de prensado y tiempo de prensado, con respecto a los valores del punto de ruptura y se observa que el tipo de coagulante y la concentración del coagulante son las variables que ejercieron influencia significativa ($p > 0.05$) sobre esta propiedad. Para poder apreciar mejor la influencia de las variables se realizaron las siguientes figuras:

En la figura N° 36 se aprecia la interacción entre el tipo de coagulante, la concentración del coagulante (g de coagulante/100 g de soya hidratada) y el punto de ruptura del Tofu, se observa que el tipo de coagulante no ejerce influencia sobre esta propiedad, sin embargo la concentración del coagulante si ejerce influencia sobre el punto de ruptura del Tofu lo cual indica que el Tofu adquiere un mayor punto de ruptura cuando la concentración del coagulante (g de coagulante/100 g de grano de soya hidratada) es (0.5%).

En la Figura N° 37 se aprecia la interacción de la concentración del coagulante (g de coagulante/100 g de soya hidratada), el prensado y el punto de ruptura del Tofu, se observa en la figura que el prensado ejerce cierta influencia sobre el valor del punto de ruptura y alcanza un máximo cuando la presión de prensado es de 70 Pka, por otro lado la concentración del coagulante nuevamente es quien ejerce mayor influencia sobre el valor del punto de ruptura del Tofu y este alcanza su máximo valor cuando la concentración del coagulante es de 0.5%.

En la Figura N° 38 se aprecia la interacción entre el tiempo de prensado, la concentración del coagulante (g de coagulante/100 g de soya hidratada) y el valor del punto de ruptura, se observa que el tiempo de prensado no ejerce influencia sobre el punto de ruptura, sin embargo la concentración del coagulante si ejerce influencia sobre esta propiedad, alcanzando el punto de ruptura su máximo valor cuando la concentración del coagulante es de 0.5%.

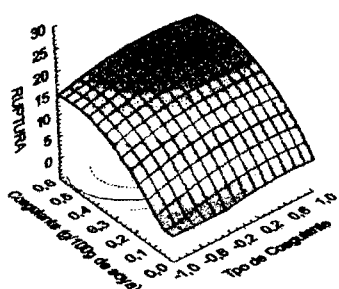


Figura N° 39 – Superficie de respuesta de la influencia del tipo y cantidad de coagulante añadido, en el punto de ruptura del Tofu.

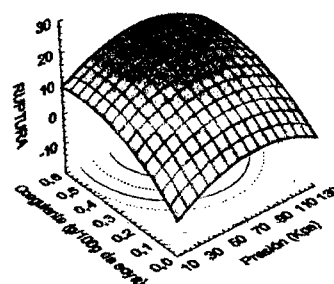


Figura N° 40 – Superficie de respuesta de la influencia de la cantidad de coagulante añadido y el prensado, en el punto de ruptura del Tofu.

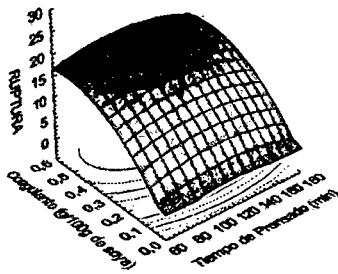


Figura N° 41 – Superficie de respuesta de la influencia de la cantidad de coagulante añadido y el tiempo de prensado, en el punto de ruptura del Tofu

El modelo de la superficie de respuesta para el punto de ruptura del Tofu fue el siguiente:

$$\text{Punto de ruptura} = -34.0562 + 3.2104x - 2.3424x^2 + 82.7025y - 79.4289y^2 + 0.4224z - 0.0027z^2 + 0.2293w - 0.001w^2.$$

Dónde: x=Tipo de coagulante, y=Concentración de coagulante, z=Prensado y w=Tiempo de prensado.

V.- CONCLUSIONES

Según el objetivo general y los objetivos específicos planteados en el presente trabajo las conclusiones son las siguientes:

- Usando el equipo texturómetro Stentor II, el software RISC, el programa Origin 5.0, el programa Statistica 7.0 y el modelo de STEFFE, (1992) se pudo caracterizar reológicamente el Tofu (como alimento viscoelástico) y al mismo tiempo determinar el Perfil de Textura para cada una de las 28 muestras de Tofu.
- Usando el equipo texturómetro Stentor II, el software RISC, el programa Origin 5.0, el programa Statistica 7.0 y el modelo generalizado de Maxwell para sólidos viscoelásticos se pudo calcular los valores de τ_1 y τ_2 (de las 28 muestras) los cuales sirven para determinar la elasticidad o viscosidad de cada muestra de Tofu y conocer la influencia de cada variable.
- El tipo de coagulante (cloruro de magnesio o sulfato de calcio) ejerce influencia significativa sobre las propiedades de Cohesividad, Dureza, Gomosidad y Masticabilidad del Perfil de Textura, al mismo tiempo ejerce influencia significativa sobre el Punto de Ruptura.
- El coagulante, concentración del coagulante (g de coagulante/100 g de grano de soya hidratada) ejerce influencia significativa sobre las propiedades de Cohesividad, Dureza, Elasticidad, Gomosidad y Masticabilidad del Perfil de Textura y alcanza su mayor influencia cuando la concentración es de 0.4 %, al mismo tiempo ejerce influencia significativa sobre los valores de τ_1 y el Punto de Ruptura.
- El prensado ejerce influencia significativa sobre las propiedades de Cohesividad y Elasticidad del Perfil de Textura, y alcanza su mayor influencia cuando el prensado fue de 75 Kpa.
- El tiempo de prensado ejerce influencia significativa sobre el valor de τ_2 y alcanza su mayor influencia cuando el tiempo de prensado es de 120 min.

VI.- RECOMENDACIONES

- Con los datos y conclusiones obtenidas en el presente trabajo se recomienda realizar un futuro trabajo de investigación sobre la influencia de las variables: concentración de coagulante (g de coagulante/100 g de soya hidratada), agitación durante la coagulación y temperatura de coagulación, en las características organolépticas del Tofu, con el objetivo de obtener un Tofu aceptable en el mercado local.
- Se recomienda en futuros trabajos con Tofu, un control en la etapa de cuajado: control de diferentes temperaturas y de la agitación, ya que estas variables pueden influir en el rendimiento del Tofu y en las propiedades de textura.
- Se recomienda el mayor uso por parte de los alumnos de la F.I.A.I. del equipo texturómetro "STENTOR II" para diferentes análisis de textura en los alimentos.
- Se recomienda el mayor interés de los futuros ingenieros para los trabajos de investigación en laboratorios ya que esta labor amplía los conocimientos y educa en la búsqueda de nuevos conocimientos.
- De las 28 muestras de Tofu, elaboradas con las variables: tipo de coagulante, concentración del coagulante (g de coagulante/100 g de soya hidratada), prensado y tiempo de prensado, la muestra que obtuvo resultados similares a los del queso fresco comercial Dane fue la muestra N° 16, la cual se elaboró con los siguientes parámetros: Cloruro de magnesio 0.35 % a una presión de prensado de 96.69 Kpa y un tiempo de prensado de 150 minutos.

VII.- BIBLIOGRAFIA

1. **ALGECIRA NÉSTOR, (2010)**. Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ingeniería, Taller de Proyectos Interdisciplinarios, Bogotá.
2. **APPU RAO, A.G. and NARASINGA RAO, M.S. (1975)**. Binding of Ca by the 11S fraction of soybean protein. *Cereal Chem.* 52: 21-33.
3. **BAKER, H.G. (1968)**. "Las plantas y la civilización" Traducidos por Carlos Villegas García, Primera Edición. México - Herrero. 193 p.
4. **BEDDOWS, C.G. AND WONG, J. (1987a)**. Optimization of yield and properties of silken tofu from soybeans. I. The water: bean ratio. *Int. J. Food Sci. Technol.* 22: 15-21.
5. **BEDDOWS, C.G. and WONG, J. (1987b)**. Optimization of yield and properties of silken tofu from soybeans. 2. Heat processing. *Intern. J. Food Sci. Tech.* 22: 23–27.
6. **BOURNE, (1968)**. M.C.Texture profile of ripening pears. *Journal of Food Science*, Chicago, vol. 33, p. 233-226.
7. **BOURNE, M. C.; KENNY, J. F.; BARNARD, J. (1978)**. Computer-assited readout of data from texture profile analysis curves. *Journal of Texture Studies*, Connecticut, v. 9, p. 481-494.
8. **BOURNE MC. (1982)**. Food textures and viscosity: concept and measurement. New York: Academic Press.
9. **BRANDT, M. T., SKINNER,E. Z.; COLEMAN, J. A., (1963)**. Texture profile method. *Journal of Food Science*, Chicago, v. 28, p. 404-409.
10. **BREENE, W. M. (1975)**. Aplication of texture profile analysis to instrumental food texture evaluation. *Journal of Texture Studies*, Connecticut, v. 6.
11. **BRENNMAN, J. G. (1984)**. Texture perception and measurement. In: PIGGOTT, J. R. (Ed.). *Sensory analysis of Foods*. London: Elsevier Applied Sci. Pubi., p. 59-91.
12. **CALVO ALDEA DIODORA, (2003)**. "Equilibrio Alimentario en los Escolares", La soya: Valor Dietético y Nutricional.
13. **CAIRNCROSS, S. E.; SJOSTROM, L. B. (1950)**. Flavor profile: a new approach to flavor problems. *FoodTechnology*, Chicago, v. 4, p. 308-311.

14. **CAMACHO, L. H. (1978).** Mejoramiento de la soya y variedades. La semilla como la base para la obtención de una buena producción. Curso sobre el cultivo de soya, para los técnicos agropecuarios. Ministerio de Agricultura y Alimentación. Chiclayo, Jaén y Bagua. Perú 185 p.
15. **DAMASIO, M. H. (1990).** Medidas das propriedades mecânicas e da textura de géis mistos de K-carragenato-goma garrofin-goma guar. Influência da composição e relação entre os dados instrumentais e sensoriais. Campinas. p. 263. Tese (Doutorado)-FEA-UNICAMP.
16. **DEMAN, J. M., DEMAN, L., AND GUPTA, S. (1986).** Texture and microstructure of soybean curd (tofu) as affected by different coagulants. Food Microstructure. 5: 83-86.
17. **GANDHI, A.P. and BOURNE, M.C. (1988).** Effect of pressure and storage time on texture profile parameters of soybean curd (tofu). J. Texture Stud. 19: 137-142.
18. **GEANKOPLIS CHRISTIE J. (1998).** Procesos de Transporte y Operaciones Unitarias.
19. **GOLBITZ, P., JORDAN, J. (2006).** Los alimentos de soya: Mercado y Productos. En: Aplicaciones en Soja Alimentos. RIAZ, M. N., Nueva York: CRC Press, Cap. 1, p. 2-21.
20. **GOMES, R. P. (1976).** Soja. (2ed). Sao Paulo: Nobel, 151P.
21. **GUERRERO A. (1999).** Cultivos herbáceos extensivos. Edit. Mundi-Prensa Barcelona.
22. **HSIAO-HUI LIU, JOHN-TUNG CHIEN, MENG-I KUO. (2012).** Harina de ultra alta presión homogeneizada de soja para la fabricación de queso de soja, Department of Food Science, Fu-Jen Catholic University, 510 Jhong-Jheng Road, New Taipei City 24205, Taiwan
23. **HUA, Y., CUI, S.W., & WANG, Q. (2003).** Gelling property of soy protein-gum mixtures. Food Hydrocolloids, 17, 889e894.
24. **INIA, (2009)** Instituto Nacional de Investigación Amazónica.
25. **JOHNSON, L.D. and WILSON, L.A. (1984).** Influence of soybean variety and method of processing in tofu manufacturing: Comparison of methods for measuring soluble solids in soymilk. J. Food Sci. 49: 202-204.

26. **KAMEL, B. S. (1975).** Evaluation of gelatin gel texture by penetration tests. *Lebensm. Wiss. U Technol.*, London, v. 8, p. 123-127.
27. **KAO, FJ; SU, NW; LEE, MH. (2003).** Efecto de la concentración de sulfato de calcio en la leche de soja en la microestructura de tofu firme y las constituciones de proteínas en suero de tofu. *Manual de Química Agrícola y Alimentaria*, v 51, n. 21, p. 6211-6216.
28. **KOHYAMA, K.; SANO, Y.; DOI, E. (1995).** Características reológicas y el mecanismo de gelificación de tofu (cuajada de soja). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, v 43, n. 7, p. 1808-181200.
29. **KRAMER, A. (1973).** Food texture-definition, measurement and relation to other food Quality attributes. In: KRAMER, A.; SZCZESNIAK, A. S. (Ed) *Texture measurements of foods*. Amsterdam: D. Reidel. Chap. 1. p. 1-9.
30. **LEXUS. (1997).** "Biblioteca de la Agricultura" Madrid. 768 p.
31. **LIM, B.T., DEMAN, J.M., DEMAN, L., AND BUZZELL, R.I. (1990).** Yield and quality of tofu as affected by soybean and soymilk characteristics. Calcium sulfate coagulant. *J. Food Sci.* 55: 1088–1092, 1111.
32. **LIU K. (1999).** Soja: la química, la tecnología y la utilización. New York: Chapman & Hall. 532p.
33. **LIU, K. S. (1999).** Soybeans chemistry, technology and utilization. Gaithersburg, Maryland: Aspen Publishers.
34. **LIU, K.S. (1997).** Nonfermented oriental soyfoods. In: Liu, K.S. (Ed.), *Soybeans: Chemistry, Technology, and Utilization*. International Thomson Publishing, New York, pp. 165–197.
35. **MATEO, B. J. M. (1961).** "Leguminosa de grano". Edición Barcelona (Madrid). Salvat. 293 p.
36. **MESSINA, M.J. (1999).** Légumes and soybeans: overview of their nutritional profiles and health effects. *American Journal of Clinical Nutrition* 70 (3), 439S–450S.
37. **MEULLENET, J. F. C.; CARPENTER, J. A.; LYON, B. G.; LYON C. E. (1997).** Bi-cyclical instrument for assessing texture profile parameters and its relationship to sensory evaluation of texture. *Journal of texture studies, Connecticut*, v. 28, p. 101-118.

38. **MEULLENET, J. F. C. CARPENTER, J. A.; LYON, B. G.; LYON C. E., 1998.** Relationship between sensory and instrumental texture profile attributes. *Journal Sensory Studies*. Trumbull, v. 13, p. 77-93.
39. **MONTALVO, S. R. (1978).** "Producción de la soya en el Perú", Ministerio de Agricultura y Alimentación. Curso sobre cultivo de Soya para técnicos agropecuarios. 212 p.
40. **OBATOLU, V. A. (2008).** Effect of different coagulants on yield and quality of tofu from soymilk. *European Food Research & Technology*, 226, 467e472.
41. **OCÉANO, 1997.** "Biblioteca práctica agrícola y ganadera, prácticas de los cultivos" Editorial Océano. Vol. II. Barcelona-España. 95-97 p.
42. **OSORIO TOBON J. F. (2005).** Caracterización reológica y textural del queso Edam. Medellín.
43. **REDONDO-CUENCA, A., VILLANUEVA-SUÁREZ, M. J., & MATEOS-APARICIO, I. (2008).** Soybean seeds and its byproduct okara as sources of dietary fibre measurement by AOAC and Englyst methods. *Food Chemistry*, 108, 1099e1105.
44. **SAIO, K., YATABE-MACHI, TSKUBA-GUN, AND IBARAGI-KEN. 1979.** Tofu - relationships between texture and fine structure. *Cereal Foods World* 24: 342-354.
45. **SAIO, K. (1979).** Tofu & relationships between texture and fine structure. *Cereal Foods World*. 24: 342-354.
46. **SCOTT BLAIR, G. W. (1958).** Rheology in food research. *Advance in food Research*, New York, v. 8, p. 1-56.
47. **SHEN, C.F., DEMAN, L., BUZZELL, R.I., AND DEMAN, J.M. (1991).** Yield and quality of tofu as affected by soybean and soymilk characteristics: Glucono-]- Lactone coagulant. *J. Food Sci.* 56: 109-112.
48. **SHURTLEFF, W.; AOYAGI, A. (1998).** El libro de tofu. Canadá: Ten Speed Press. 336p.
49. **SHURTLEFF, W. AND AOYAGI, A. (1979).** Tofu and Soymilk Production. Vol. 2. New-Age Foods Study Center, Lafayette, CA.

50. **SKURRAY, G., CUNICH, J., AND CARTER, O. (1980).** The effect of different cultivars of soybean and calcium ion concentration on the quality of tofu. *Food Chem.* 6: 89-95.
51. **SNYDER, H. E.; KWON, T. (1987).** utilización W. Soja. Nueva York: AVI Libro. 346p.
52. **STEFFE, JAMES F. (1996).** Rheological Methods in Food Process Engineering. Michigan State University.
53. **SZCZESNIAK, A. S. (1963).** Classification of texture characteristics. *Journal of Food Science*, Chicago, v. 28, p. 385-389.
54. **SZCZESNIAK, A. S. (1973).** Instrumental methods of texture measurements. In: *KRAMER, A. S. Texture measurements of foods.* Dordrecht: D. Reidel Publishing Company. Cap. 6, p. 71-108.
55. **SZCZESNIAK, A. S. (1998).** Sensory texture profile-historical and scientific perspectives. *Food Technology*, Chicago, v. 52, p. 54-57.
56. **TSAI, S.J., LAN, C.Y., KAO, C.S., AND CHEN, S.C. (1981).** Studies on the yield and quality characteristics of tofu. *J. Food Sci.* 46: 1734–1737, 1740.
57. **WANG, H.L. and HESSELTINE, C.W. (1982).** Coagulation conditions in tofu processing. *Process Biochem.* 17: 7–12.
58. **WANG, H.L. (1984).** Tofu and tempeh as potential protein sources in the Western diet. *J. Am. Oil Chem. Soc.* 61: 528-534.
59. **WATANABE, T., FUKAMACHI, E., NAKAYAMA, O., TEREMACHI, Y., ABE, K., SERUGA, S., AND MIYANAGA, S. (1964).** Research into the standardization of the tofu making process. National Food Institute Report (Japan), Parts 1-3.
60. **WILSON, L.A. 1995.** Soy Foods. Ch. 22 in *Practical Handbook of Soybean Processing and Utilization*, D. R. Erickson (Ed.), p. 428-459. AOCS Press, Champaign, IL, and USB St. Louis, MO.
61. **YEN-CHANG TSENG, YOULING L. XIONG (2008).** Efecto de la inulina en las propiedades reológicas de tofu se coaguló con glucono-d-lactona. Departamento de Sanidad Animal y Ciencia de los Alimentos de la Universidad de Kentucky, Lexington 40546-0215, KY, EE.UU.

VIII.- ANEXOS

ANEXO 1.- Análisis de varianza en Rendimiento de Coagulante

CUADRO ANOVA

FACTOR	SS	df	MS	F	P
(1) Tipo de Coagulante (L)	675.408	1	675.408	21.196386	0.000172
Tipo de Coagulante (Q)	260.528	1	260.528	8.176172	0.009692
(2) Coagulante (L)	1199.638	1	1199.638	37.648340	0.000005
Coagulante (Q)	84.873	1	84.873	2.663576	0.118316
(3) Prensado (L)	8.562	1	8.562	0.268702	0.609881
Prensado (Q)	34.423	1	34.423	1.080300	0.311036
(4) Tiempo de Prensado (L)	19.082	1	19.082	0.598852	0.448072
Tiempo de Prensado (Q)	45.942	1	45.942	1.441802	0.243875
ERROR	637.286	20	31.8643		
SS	2695.722	28			

4 factores, 1 bloque, 28 corridas, MS Residual= 31,86428

ANEXO 2.- Coeficiente de regresión para el Rendimiento del coagulante.

FACTOR	Coeficiente Regresion	Std. Error	t(20)	p	(-95%) Cnf. Limt	(95%) Cnf. Limt
Mean/Interc.	-36.87	23.6971	-1.55588	0.13542	-86.301	12.5615
(1) Tipo de Coagulante (L)	6.268	1.3613	4.60396	0.000172	3.428	9.1072
Tipo de Coagulante (Q)	-6.276	2.1948	-2.8594	0.009692	-10.854	-1.6976
(2) Coagulante (L)	162.307	57.3004	2.83256	0.010288	42.78	281.8334
Coagulante (Q)	-166.558	102.0545	-1.63205	0.118316	-379.44	46.3242
(3) Prensado (L)	0.307	0.2753	1.22343	0.278729	-0.268	0.8808
Prensado (Q)	-0.002	0.0019	-1.03937	0.311036	-0.006	0.002
(4) Tiempo de Prensado (L)	0.308	0.2939	1.29159	0.211225	-0.233	0.9926
Tiempo de Prensado (Q)	-0.001	0.0012	-1.20075	0.243875	-0.004	0.0011

ANEXO 3.- Análisis de varianza en la propiedad de Adhesividad del Perfil de Textura
CUADRO ANOVA

FACTOR	SS	df	MS	F	p
(1) Tipo de Coagulante (L)	0.002066	1	0.002066	0.049721	0.825939
Tipo de Coagulante (Q)	0.041978	1	0.041978	1.010256	0.327471
(2) Coagulante (L)	0.000357	1	0.000357	0.008592	0.910671
Coagulante (Q)	0.07051	1	0.07051	1.696916	0.20826
(3) Prensado (L)	0.010552	1	0.010552	0.253948	0.620095
Prensado (Q)	0.089023	1	0.089023	2.142456	0.159622
(4) Tiempo de Prensado (L)	0.012879	1	0.012879	0.309950	0.584212
Tiempo de Prensado (Q)	0.100298	1	0.100298	2.413804	0.13677
ERROR	0.789485	19	0.041552		
SS	1.066939	27			

4 factores, 1 bloque, 28 corridas, MS Residual= 0,0415519

ANEXO 4.- Coeficiente de regresión para la propiedad de Adhesividad en el Perfil de Textura.

FACTOR	Coefficiente Regresion	Std. Error	t(19)	p	(-95%) Cnf. Limt	(95%) Cnf. Limt
Mean/Interc.	-1.52812	0.88264	-1.73131	0.099604	-3.3755	0.319266
(1) Tipo de Coagulante (L)	-0.01096	0.049159	-0.22297	0.825939	-0.1139	0.091931
Tipo de Coagulante (Q)	-0.0813	0.080882	-1.00512	0.327471	-0.2506	0.087992
(2) Coagulante (L)	2.64163	2.105711	1.25451	0.224872	-1.7657	7.048933
Coagulante (Q)	-4.88898	3.753076	-1.30266	0.20826	-12.7443	2.966302
(3) Prensado (L)	0.01549	0.010138	1.52802	0.142984	-0.0057	0.036708
Prensado (Q)	-0.0001	0.000069	-1.46371	0.159622	-0.0052	0.000043
(4) Tiempo de Prensado (L)	0.01591	0.010824	1.46949	0.158065	-0.0067	0.038559
Tiempo de Prensado (Q)	-0.00007	0.000045	-1.55364	0.13677	-0.0002	0.000024

ANEXO 5.- Análisis de varianza en la propiedad de Cohesividad del Perfil de Textura
CUADRO ANOVA

FACTOR	SS	df	MS	F	p
(1) Tipo de Coagulante (L)	0.021699	1	0.021699	7.314745	0.014049
Tipo de Coagulante (Q)	0.001664	1	0.001664	0.560935	0.46301
(2) Coagulante (L)	0.040776	1	0.040776	13.745613	0.001494
Coagulante (Q)	0.002169	1	0.002169	0.731171	0.403148
(3) Prensado (L)	0.010537	1	0.010537	3.552029	0.074863
Prensado (Q)	0.046252	1	0.046252	15.591576	0.000862
(4) Tiempo de Prensado (L)	0.002721	1	0.002721	0.917251	0.350242
Tiempo de Prensado (Q)	0.000382	1	0.000382	0.128772	0.723558
ERROR	0.056363	19	0.002966		
SS	0.173244	27			

4 factores, 1 bloque, 28 corridas, MS Residual= 0,0029665

ANEXO 6.- Coeficiente de regresión para la propiedad de Cohesividad en el Perfil de Textura.

FACTOR	Coefficiente Regresion	Std. Error	t(19)	p	(-95%) Cnf. Limt	(95%) Cnf. Limt
Mean/Interc.	0.321164	0.235836	1.36181	0.189187	-0.17245	0.814774
(1) Tipo de Coagulante (L)	0.035525	0.013135	2.70459	0.014049	0.00803	0.063017
Tipo de Coagulante (Q)	0.016187	0.021611	0.74903	0.46301	-0.02905	0.06142
(2) Coagulante (L)	0.883812	0.562632	1.57085	0.132722	-0.29379	2.061415
Coagulante (Q)	-0.857496	1.002798	-0.8551	0.403148	-2.95638	1.241383
(3) Prensado (L)	0.009673	0.002709	3.57123	0.002037	0.004	0.015343
Prensado (Q)	-0.000073	0.000018	-3.9486	0.000862	-0.00011	-0.000034
(4) Tiempo de Prensado (L)	-0.000675	0.002892	-0.23331	0.818015	-0.00673	0.005378
Tiempo de Prensado (Q)	0.000004	0.000012	0.35899	0.723558	-0.00002	0.000029

ANEXO 7.- Análisis de varianza en la propiedad de Dureza del Perfil de Textura
CUADRO ANOVA

FACTOR	SS	df	MS	F	p
(1) Tipo de Coagulante (L)	26.482	1	26.482	12.400721	0.002281
Tipo de Coagulante (Q)	2.1048	1	2.1048	0.985614	0.33329
(2) Coagulante (L)	44.6628	1	44.6628	20.914240	0.000208
Coagulante (Q)	11.383	1	11.383	5.330315	0.032367
(3) Prensado (L)	2.27	1	2.27	1.062972	0.31548
Prensado (Q)	1.9896	1	1.9896	0.931670	0.34655
(4) Tiempo de Prensado (L)	0.5163	1	0.5163	0.241768	0.628576
Tiempo de Prensado (Q)	4.0726	1	4.0726	1.907076	0.183318
ERROR	40.5749	19	2.135521		
SS	119.693	27			

4 factores, 1 bloque, 28 corridas, MS Residual= 2.135519

ANEXO 8.- Coeficiente de regresión para la propiedad de Dureza en el Perfil de Textura.

FACTOR	Coeficiente		t(19)	p	(-95%) Cnf. Limt	(95%) Cnf. Limt
	Regresion	Std. Error				
Mean/Interc.	-13.6609	6.32762	-2.25893	0.043854	-26.905	-0.41705
(1) Tipo de Coagulante (L)	1.241	0.35242	3.52147	0.002281	0.503	1.97867
Tipo de Coagulante (Q)	-0.5757	0.57984	-0.99279	0.33329	-1.789	0.63796
(2) Coagulante (L)	47.8068	15.09577	3.1669	0.005077	16.211	79.40258
Coagulante (Q)	-62.1184	26.90567	-2.30875	0.032367	-118.433	-5.80416
(3) Prensado (L)	0.0819	0.07268	1.1263	0.274065	-0.07	0.23397
Prensado (Q)	-0.0005	0.00049	-0.96524	0.34655	-0.002	0.00056
(4) Tiempo de Prensado (L)	0.1112	0.07759	1.43258	0.168225	-0.051	0.27357
Tiempo de Prensado (Q)	-0.0004	0.00032	-1.38096	0.183318	-0.001	0.00023

ANEXO 9.- Análisis de varianza en la propiedad de Elasticidad del Perfil de Textura
CUADRO ANOVA

FACTOR	SS	df	MS	F	p
(1) Tipo de Coagulante (L)	0.00097	1	0.00097	0.652898	0.801545
Tipo de Coagulante (Q)	0.001335	1	0.001335	0.898576	0.354998
(2) Coagulante (L)	0.002067	1	0.002067	1.391278	0.252714
Coagulante (Q)	0.008078	1	0.008078	5.437225	0.03087
(3) Prensado (L)	0.007606	1	0.007606	5.119527	0.035566
Prensado (Q)	0.009264	1	0.009264	6.235511	0.021872
(4) Tiempo de Prensado (L)	0.000089	1	0.000089	0.059905	0.809556
Tiempo de Prensado (Q)	0.00012	1	0.00012	0.080771	0.779513
ERROR	0.028228	19	0.001486		
SS	0.061106	27			

4 factores, 1 bloque, 28 corridas, MS Residual= 0.0014857

ANEXO 10.- Coeficiente de regresión para la propiedad de Elasticidad en el Perfil de Textura.

FACTOR	Coeficiente Regresion	Std. Error	t(19)	p	(-95%) Cnf. Limit	(95%) Cnf. Limit
Mean/Interc.	0.95088	0.166897	5.69739	0.000017	0.60156	1.3002
(1) Tipo de Coagulante (L)	-0.00237	0.009295	-0.25489	0.801545	-0.02183	0.017086
Tipo de Coagulante (Q)	0.0145	0.015294	0.94807	0.354998	-0.01751	0.04651
(2) Coagulante (L)	-1.00294	0.398166	-2.51889	0.020891	-1.83631	-0.169567
Coagulante (Q)	1.65478	0.709664	2.33178	0.03087	0.16943	3.140124
(3) Prensado (L)	0.00398	0.001917	2.07667	0.051642	-0.00003	0.007993
Prensado (Q)	-0.00003	0.000013	-2.49714	0.021872	-0.00006	-0.000005
(4) Tiempo de Prensado (L)	-0.00051	0.002047	-0.2503	0.805039	-0.0048	0.003771
Tiempo de Prensado (Q)	0	0.000008	0.28396	0.779513	-0.00002	0.00002

ANEXO 11.- Análisis de varianza en la propiedad de Gomosidad del Perfil de Textura

CUADRO ANOVA

FACTOR	SS	df	MS	F	p
(1) Tipo de Coagulante (L)	20.07936	1	20.07936	13.506964	0.001608
Tipo de Coagulante (Q)	0.73826	1	0.73826	0.496612	0.489541
(2) Coagulante (L)	33.14306	1	33.14306	22.294640	0.000148
Coagulante (Q)	7.02984	1	7.02984	4.728826	0.042499
(3) Prensado (L)	0.29416	1	0.29416	0.197875	0.661466
Prensado (Q)	4.23377	1	4.23377	2.847968	0.107837
(4) Tiempo de Prensado (L)	0.64311	1	0.64311	0.432607	0.518603
Tiempo de Prensado (Q)	2.3895	1	2.3895	1.607366	0.22018
ERROR	28.24527	19	1.486593		
SS	85.129210	27			

4 factores, 1 bloque, 28 corridas, MS Residual= 1.486593

ANEXO 12.- Coeficiente de regresión para la propiedad de Gomosidad en el Perfil de Textura.

FACTOR	Coefficiente Regresion	Std. Error	t(19)	p	(-95%) Cnf. Limt	(95%) Cnf. Limt
Mean/Interc.	-12.2864	5.2794	-2.32724	0.03116	-23.3363	-1.23649
(1) Tipo de Coagulante (L)	1.0807	0.29404	3.67518	0.001608	0.4652	1.69609
Tipo de Coagulante (Q)	-0.3409	0.48378	-0.70471	0.489541	-1.3535	0.67164
(2) Coagulante (L)	38.6004	12.59504	3.06473	0.006377	12.2387	64.96213
Coagulante (Q)	-48.8163	22.44854	-2.17459	0.042499	-95.8016	-1.83097
(3) Prensado (L)	0.1054	0.06064	1.73862	0.09828	-0.0215	0.23234
Prensado (Q)	-0.0007	0.00041	-1.68759	0.107837	-0.0016	0.00017
(4) Tiempo de Prensado (L)	0.0869	0.06474	1.34165	0.195526	-0.0486	0.22236
Tiempo de Prensado (Q)	-0.0003	0.00027	-1.26782	0.22018	-0.0009	0.00022

ANEXO 13.- Análisis de varianza en la propiedad de Masticabilidad del Perfil de Textura

CUADRO ANOVA

FACTOR	SS	df	MS	F	p
(1) Tipo de Coagulante (L)	16.17857	1	16.17857	14.112429	0.001336
Tipo de Coagulante (Q)	0.32502	1	0.32502	0.283512	0.60058
(2) Coagulante (L)	26.85417	1	26.85417	23.424664	0.000114
Coagulante (Q)	4.92957	1	4.92957	4.300022	0.05195
(3) Prensado (L)	0.04442	1	0.04442	0.038747	0.846048
Prensado (Q)	4.57808	1	4.57808	3.993420	0.060194
(4) Tiempo de Prensado (L)	0.49113	1	0.49113	0.428409	0.520614
Tiempo de Prensado (Q)	1.68382	1	1.68382	1.468782	0.240394
ERROR	21.78171	19	1.146406		
SS	67.274660	27			

4 factores, 1 bloque, 28 corridas, MS Residual= 1.146406

ANEXO 14.- Coeficiente de regresión para la propiedad de Masticabilidad en el Perfil de Textura.

FACTOR	Coefficiente Regresion	Std. Error	t(19)	p	(-95%) Cnf. Limt	(95%) Cnf. Limt
Mean/Interc.	-10.9201	4.63615	-2.35543	0.0294	-20.6237	-1.21654
(1) Tipo de Coagulante (L)	0.97	0.25821	3.75665	0.001336	0.4296	1.51047
Tipo de Coagulante (Q)	-0.2262	0.42484	-0.53246	0.60058	-1.1154	0.66299
(2) Coagulante (L)	33.0612	11.06045	2.98914	0.007541	9.9114	56.21096
Coagulante (Q)	-40.8787	19.71339	-2.07365	0.05195	-82.1392	0.38194
(3) Prensado (L)	0.1066	0.05325	2.00276	0.059681	-0.0048	0.21809
Prensado (Q)	-0.0007	0.00036	-1.99836	0.060194	-0.0015	0.00003
(4) Tiempo de Prensado (L)	0.0731	0.05685	1.28582	0.213958	-0.0459	0.19209
Tiempo de Prensado (Q)	-0.0003	0.00023	-1.21193	0.240394	-0.0008	0.00021

ANEXO 15.- Análisis de varianza para los valores de τ_1 .

GUADRO ANOVA

FACTOR	SS	df	MS	F	p
(1) Tipo de Coagulante (L)	48.638	1	48.638	0.603707	0.446731
Tipo de Coagulante (Q)	8.781	1	8.781	0.108992	0.744911
(2) Coagulante (L)	427.574	1	427.574	5.307151	0.032702
Coagulante (Q)	43.119	1	43.119	0.535203	0.473355
(3) Prensado (L)	245.015	1	245.015	3.041185	0.097335
Prensado (Q)	12.879	1	12.879	0.159857	0.69375
(4) Tiempo de Prensado (L)	0.988	1	0.988	0.012263	0.912965
Tiempo de Prensado (Q)	352.598	1	352.598	4.376531	0.0501
ERROR	1530.747	19	80.565632		
SS	2703.894	27			

4 factores, 1 bloque, 28 corridas, MS Residual= 80.56563

ANEXO 16.- Coeficiente de regresión para los valores de τ_1 .

FACTOR	Coefficiente Regresion	Std. Error	t(19)	p	(-95%) Cnf. Limt	(95%) Cnf. Limt
Mean/Interc.	60.188	38.8654	1.54862	0.137968	-21.158	141.5342
(1) Tipo de Coagulante (L)	-1.6819	2.1646	-0.77699	0.446731	-6.213	2.8487
Tipo de Coagulante (Q)	-1.1758	3.5615	-0.33013	0.744911	-8.63	6.2785
(2) Coagulante (L)	-24.2865	92.7211	-0.26193	0.796194	-218.354	169.781
Coagulante (Q)	120.8999	165.2597	0.73158	0.473355	-224.993	466.7925
(3) Prensado (L)	-0.0437	0.4464	-0.09789	0.923046	-0.978	0.8906
Prensado (Q)	0.0012	0.003	0.39982	0.69375	-0.005	0.0076
(4) Tiempo de Prensado (L)	-0.9956	0.4766	-2.08896	0.050403	-1.993	0.0019
Tiempo de Prensado (Q)	0.0041	0.002	2.09202	0.0501	0.00	0.0082

ANEXO 17.- Análisis de varianza para los valores de τ_2

CUADRO ANOVA

FACTOR	SS	df	MS	F	p
(1) Tipo de Coagulante (L)	213.794	1	213.794	4.209054	0.113489
Tipo de Coagulante (Q)	6.061	1	6.061	0.119325	0.77959
(2) Coagulante (L)	117.723	1	117.723	2.317663	0.230074
Coagulante (Q)	127.3	1	127.3	2.506209	0.213039
(3) Prensado (L)	245.839	1	245.839	4.839937	0.091891
Prensado (Q)	81.268	1	81.268	1.599958	0.314494
(4) Tiempo de Prensado (L)	0.115	1	0.115	0.002264	0.969156
Tiempo de Prensado (Q)	399.076	1	399.076	7.856779	0.037349
1L por 2L	11.961	1	11.961	0.235481	0.694647
1L por 3L	4.955	1	4.955	0.097551	0.800173
1L por 4L	119.034	1	119.034	2.343473	0.227638
2L por 3L	78.713	1	78.713	1.549656	0.321928
2L por 4L	2.754	1	2.754	0.054219	0.850237
3L por 4L	405.469	1	405.469	7.982641	0.036086
ERROR	965.083	19	50.793842		
SS	2702.585	27			

4 factores, 1 bloque, 28 corridas, MS Residual= 74.23717

ANEXO 18.- Coeficiente de regresión para los valores de τ_2 .

FACTOR	Coefficiente Regresion	Std. Error	t(19)	p	(-95%) Cnf. Limt	(95%) Cnf. Limt
Mean/Interc.	-13.878	54.6795	-0.2538	0.803621	-132.005	104.2502
(1) Tipo de Coagulante (L)	-3.441	12.968	-0.26537	0.794889	-31.457	24.5743
Tipo de Coagulante (Q)	0.986	3.4497	0.28573	0.77959	-6.467	8.4384
(2) Coagulante (L)	150.694	143.9331	1.04697	0.314189	-160.255	461.6426
Coagulante (Q)	-223.433	170.6256	-1.30949	0.213039	-592.047	145.1813
(3) Prensado (L)	-0.27	0.6097	-0.44299	0.665055	-1.587	1.0471
Prensado (Q)	-0.003	0.0029	-1.04629	0.314494	-0.009	0.0033
(4) Tiempo de Prensado (L)	0.516	0.5439	0.94819	0.360329	-0.659	1.6908
Tiempo de Prensado (Q)	-0.004	0.0019	-2.31855	0.037349	-0.008	-0.0003
1L por 2L	-9.3	23.1682	-0.4014	0.694647	-59.352	40.7521

1L por 3L	-0.024	0.0919	-0.25836	0.800173	-0.222	0.1747
1L por 4L	0.094	0.074	1.26627	0.227638	-0.066	0.2536
2L por 3L	-0.918	0.8912	-1.0297	0.321928	-2.843	1.0076
2L por 4L	0.138	0.718	0.19261	0.850237	-1.413	1.6895
3L por 4L	0.007	0.003	2.33705	0.036086	0.001	0.0134

ANEXO 19.- Análisis de varianza en la propiedad del Punto de Ruptura.
CUADRO ANOVA

FACTOR	SS	df	MS	F	p
(1) Tipo de Coagulante (L)	177.215	1	177.215	10.488953	0.004322
Tipo de Coagulante (Q)	34.8511	1	34.8511	2.062757	0.167199
(2) Coagulante (L)	365.3521	1	365.3521	21.624360	0.000174
Coagulante (Q)	18.6111	1	18.6111	1.101549	0.307094
(3) Prensado (L)	15.0105	1	15.0105	0.888437	0.357733
Prensado (Q)	63.221	1	63.221	3.741907	0.068097
(4) Tiempo de Prensado (L)	0.062	1	0.062	0.003670	0.952322
Tiempo de Prensado (Q)	19.2484	1	19.2484	1.139269	0.299182
ERROR	321.0125	19	16.895395		
SS	914.8513	27			

4 factores, 1 bloque, 28 corridas, MS Residual= 16.8954

ANEXO 20.- Coeficiente de regresión para la propiedad de Punto de Ruptura.

FACTOR	Coeficiente Regresion	Std. Error	t(19)	p	(-95%) Cnf. Limt	(95%) Cnf. Limt
Mean/Interc.	-34.0562	17.79806	-1.91348	0.70875	-71.308	3.1955
(1) Tipo de Coagulante (L)	3.2104	0.99128	3.23867	0.004322	1.136	5.2852
Tipo de Coagulante (Q)	-2.3424	1.63094	-1.43623	0.167199	-5.756	1.0712
(2) Coagulante (L)	82.7025	42.46076	1.94774	0.066376	-6.169	171.5739
Coagulante (Q)	-79.4289	75.67916	-1.04955	0.307094	-237.827	78.9694
(3) Prensado (L)	0.4224	0.20442	2.06636	0.052701	-0.005	0.8503
Prensado (Q)	-0.0027	0.00139	-1.9344	0.068097	-0.006	0.0002
(4) Tiempo de Prensado (L)	0.2293	0.21825	1.0508	0.306532	-0.227	0.6862
Tiempo de Prensado (Q)	-0.001	0.0009	-1.06736	0.299182	-0.003	0.0009