

UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN – TACNA

Facultad de Ciencias Agropecuarias

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS

**EVALUACIÓN DE LA ACEPTABILIDAD SENSORIAL DE LA
ACEITUNA SEVILLANA (*Olea europea sativa* Hoffg, Link)
VERDE AL NATURAL ENNEGRECIDA POR
OXIDACIÓN Y ALIÑADA CON
AJO O ROCOTO**

TESIS

Presentada por:

Bach. JOSÉ MANUEL BARRERA CONDORI

Para optar el título profesional de:

INGENIERO EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS

Tacna – Perú

2012

UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN - TACNA

Facultad de Ciencias Agropecuarias

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS

**EVALUACIÓN DE LA ACEPTABILIDAD SENSORIAL DE LA ACEITUNA
SEVILLANA (*Olea europea sativa* Hoffg, Link) VERDE AL NATURAL
ENNEGRECIDA POR OXIDACIÓN Y ALIÑADA
CON AJO O ROCOTO**

Tesis sustentada y aprobada el 27 de septiembre del 2012 estando conformado el jurado calificador por:

Presidente: -----
Dra. Liliana Lanchipa Bergamini

Secretario: -----
Mg. Nicolás Sequeiros Flores

Vocal: -----
Msc. Samuel Cerro Ruiz

Asesor: -----
Ing. Luis Marín Aliaga

ÍNDICE GENERAL

	Página
Resumen	
I. INTRODUCCIÓN	1
II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	4
2.1 El olivo	4
2.1.1 Clasificación botánica	6
2.1.2 La variedades de olivo	7
2.1.3 Composición química de las aceitunas	9
2.2 Aceitunas ennegrecidas por oxidación	12
2.3 Proceso de ennegrecimiento	12
2.3.1 Etapa de oxidación	12
2.3.2 Inmersión en la solución de sales de hierro	14
2.3.3 Efecto del tipo de aireación, la concentración de las lejías y el estado de madurez de los frutos	17
2.3.4 Efecto del desalado de los frutos y de algunos aditivos	18
2.3.5 Etapas básicas de la elaboración de aceitunas ennegrecidas por oxidación	19
2.4 El color como índice de calidad	23
2.5 Aliños	25
2.5.1 Rocoto	27

2.5.2	Ajo	28
2.6	Atributos sensoriales de la aceituna	30
2.6.1	El color	30
2.6.2	La intensidad olfativa	31
2.6.3	Sabor	33
2.6.2	Textura	36
2.7	Análisis sensorial	38
2.8	La metodología de superficie de respuesta	39
III.	MATERIALES Y MÉTODOS	42
3.1	Lugar de ejecución	42
3.2	Materiales	42
3.2.1	Materia prima e insumos	42
3.2.2	Equipos y materiales	43
3.2.3	Reactivos	44
3.3	Método empleado	45
3.4	Métodos de análisis	49
3.5	Diseño de la investigación (Diseño experimental)	51
3.6	Instrumentos de investigación	53
3.7	Procesamiento estadístico	54
IV.	HIPÓTESIS E IDENTIFICACIÓN DE VARIABLES	56
4.1	Formulación de hipótesis	56

4.2	Identificación de variables e indicadores	56
4.3	Indicadores	57
V.	RESULTADOS Y DISCUSIONES	58
5.1	Análisis proximal de la aceituna verde al natural	58
5.2	Análisis sensorial de la aceituna ennegrecida por oxidación y aliñada con ajo o rocoto	59
5.3	Evaluación de la aceituna ennegrecida y aliñada con ajo	60
5.3.1	Evaluación del color	60
5.3.2	Evaluación de la textura	62
5.3.3	Evaluación del sabor	64
5.3.4	Optimización sensorial de la aceituna ennegrecida y aliñada con ajo.	65
5.4	Evaluación de la aceituna ennegrecida y aliñada con rocoto.	68
5.4.1	Evaluación del color	68
5.4.2	Evaluación de la textura	70
5.4.3	Evaluación del sabor	71
5.4.4	Optimización sensorial de la aceituna ennegrecida y aliñada con rocoto	72
5.5	Determinación y análisis del tratamiento óptimo	75
5.6	Análisis sensorial de discriminación (dúo – trío).	77

5.6.1	Análisis discriminatorio de la apariencia	78
5.6.2	Análisis discriminatorio para el olor	79
5.7	El producto final	80
5.7.1	Análisis proximal del producto final	84
5.7.2	Análisis microbiológico del producto final	85
5.7.3	Balance de materia del producto final	86
5.7.4	Costo tentativo de fabricación	87
VI.	CONCLUSIONES	89
VII.	RECOMENDACIONES	91
VIII.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	92
	ANEXOS	99

ÍNDICE DE CUADROS

	página
Cuadro 1. Características de la aceituna variedad sevillana.	7
Cuadro 2. Composición química de las aceitunas, variedad sevillana de Tacna, Perú.	11
Cuadro 3. Composición del rocoto por cada 100 g de peso neto	28
Cuadro 4. Composición química proximal del ajo por 100 g de porción comestible.	30
Cuadro 5. Niveles de las variables independientes para el estudio del proceso de ennegrecimiento.	53
Cuadro 6. Condiciones experimentales según diseño Box Benkhen con los niveles reales de las variables en estudio.	54
Cuadro 7. Características fisicoquímicas de la salmuera de acondicionamiento tras equilibrio osmótico.	57
Cuadro 8. Análisis proximal de la materia prima.	58
Cuadro 9. Resultados experimentales sensoriales obtenidos en la elaboración de la aceituna ennegrecida y aliñada con ajo (a) o rocoto (r).	60

Cuadro 10.	Optimización múltiple de las variables en estudio para la aceituna verde en sal aliñada con ajo	66
Cuadro 11.	Optimización múltiple de las variables en estudio para la aceituna verde en sal aliñada con rocoto.	73
Cuadro 12.	Análisis comparativo entre los tratamientos optimizados (aliñados con ajo o rocoto) y muestra comercial (aceituna negra al natural).	75
Cuadro 13.	Resultados de la prueba dúo – trío para la apariencia	78
Cuadro 14.	Resultados de la prueba dúo – trío para el olor	79
Cuadro 15.	Análisis proximal del producto óptimo	84
Cuadro 16.	Determinaciones microbiológicas del producto final optimizado	85
Cuadro 17.	Balance de materia del producto final optimizado.	87
Cuadro 18.	Costo de fabricación de aceituna ennegrecida y aliñada con rocoto	88

ÍNDICE DE FIGURAS

	página
Figura 1. Árbol de olivo	5
Figura 2. Cristales de sulfato de hierro	15
Figura 3. Flujo de elaboración de aceitunas ennegrecidas por oxidación.	20
Figura 4. Inyección de aire a las olivas a través de un compresor	22
Figura 5. Rocoto (<i>Capsicum pubescens</i>)	27
Figura 6. Bulbo de ajo (<i>Allium sativum</i>)	29
Figura 7. Aceitunas verdes con defectos y alteraciones	32
Figura 8. La lengua y sus papilas de percepción	33
Figura 9. Flujograma básico de elaboración de aceitunas ennegrecidas por oxidación y aliñadas	46
Figura 10. Muestras en proceso de sulfatado	48
Figura 11. Representación gráfica de las variables y sus niveles en estudio.	52
Figura 12. Análisis sensorial de las aceitunas ennegrecidas	59

- Figura 13. Curvas de nivel que relaciona las variables concentración de NaOH y FeSO₄ con respecto a la optimización sensorial de la aceituna ennegrecida y aliñada con ajo. 68
- Figura 14. Curvas de nivel que relaciona las variables concentración de NaOH y FeSO₄ con respecto a la optimización sensorial de la aceituna ennegrecida y aliñada con rocoto. 74
- Figura 15. Perfil sensorial entre los tratamientos de la aceituna aliñada (ajo o rocoto) y aceituna al natural. 76
- Figura 16. Flujo definitivo para la elaboración de aceitunas verde al natural ennegrecida y aliñada con rocoto. 83

RESUMEN

El presente trabajo propone como objetivo general evaluar la aceptabilidad sensorial de la aceituna sevillana (*Olea europea sativa hoffg, link*) verde al natural ennegrecida por oxidación y aliñada con ajo o rocoto como un aporte en la preparación comercial de aceitunas de mesa del tipo ennegrecida para el consumo nacional.

Se empleó la metodología de Superficie de Respuesta (MSR) con el modelo de Box-Benken para las 3 variables cuantitativas: desamarizado con NaOH (1,5; 2 y 2,50 °Be); sulfatado con FeSO₄ (1; 3 y 5 g/l); ensalmuerado con NaCl (3, 6 y 9 °Be); con 15 tratamientos para el estudio del ennegrecimiento y una variable cualitativa tipo de aliños (ajo o rocoto); a fin de determinar la aceptabilidad sensorial de la aceituna ennegrecida.

El desamarizado influyó directamente en el color e inversamente en la textura y no fue significativo en el sabor. El sulfatado influyó en el color y el sabor en relación directa a su aceptabilidad, mas no en la textura. El

ensalmuerado influyó en la textura y sabor pero no fue significativo para el color.

Para elegir el mejor tratamiento se aplicó el método de optimización numérica basado en la función deseada (d) para cada grupo y seguidamente se determinó a través del perfil sensorial y el análisis discriminativo de Dúo –Trío que el producto más aceptado es la aceituna sevillana verde al natural ennegrecida por oxidación y aliñada con rocoto.

El flujo de elaboración definitivo del tratamiento óptimo es el siguiente: *recepción de materia prima*: aceituna verde al natural en salmuera a 8 °Be; *acondicionamiento* en agua potable: 06 horas; *desamarizado*: 05 horas con NaOH; *lavado*: 24 horas; *aireado*: 1 hora; *sulfatado*: 12 horas; *lavado*: 06 horas. Los aliños fueron *escaldados* y adicionados 12 horas después del *ensalmuerado*; *envasado* y pasteurizado a 85°C por 30 minutos; el producto final resultó con una aceptabilidad sensorial de Color: 7,87 Textura 7,64 y Sabor 5,77, según la escala hedónica estructurada de 0 a 9 puntos.

I. INTRODUCCIÓN

La aceituna ennegrecida al estilo californiano (nombre del producto); es una técnica alternativa proveniente de la zona agraria de California en EE.UU. la cual se expandió a parte de Europa como España e Italia y que pronto llegó a Sudamérica para asentarse en países como Argentina y Chile.

En la región Tacna y otros lugares del Perú no es común aplicar técnicas de procesamiento de la aceituna ennegrecida al estilo californiano en volúmenes significativos que implique experiencias que ofrezcan datos exactos de este producto. Por lo tanto se hace necesario desarrollar experiencias e investigaciones en el área de la aceituna oxidada a fin de brindar alternativas de preparación y comercialización dirigidas al mercado interno, así también ser una innovación en la técnica de elaboración de la aceituna ennegrecida por oxidación al someterla a un aliñado con adición de hortalizas, como son el ajo o el rocoto, y así conocer su aceptabilidad en el consumidor final.

La propuesta de determinar parámetros en la elaboración de aceituna ennegrecida por oxidación y aliñada con ajo o rocoto aportará información sobre una alternativa de preparación comercial de la aceituna de mesa necesaria para la mejora e innovación de la producción de aceituna de mesa destinada al consumidor nacional.

Chile es el principal destino de la aceituna verde al natural, ya que es materia prima para la aceituna ennegrecida por oxidación; producto que tiene aceptabilidad para dichos consumidores. Sin embargo, adaptar este producto al gusto del mercado nacional con el sabor a rocoto o a ajo, sería de importancia económica dado que se posibilitaría nuevas alternativas al productor para su comercialización.

En consecuencia, para el presente trabajo de investigación se proponen los siguientes objetivos:

Objetivo general

Evaluar la aceptabilidad sensorial de la aceituna sevillana (*Olea europea sativa hoffg, link*) verde al natural ennegrecida por oxidación y aliñada con ajo o rocoto.

Objetivos específicos

- i.** Determinar el efecto del desamarizado y sulfatado en el proceso de ennegrecimiento por oxidación.
- ii.** Determinar el efecto del ensalmuerado en el proceso de ennegrecimiento por oxidación para evaluar la aceptabilidad sensorial del color, textura y sabor de la aceituna ennegrecida.
- iii.** Determinar el tratamiento de mayor aceptabilidad sensorial en la aceituna ennegrecida y aliñada con ajo o rocoto.

II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1 El olivo

El olivo cultivado es un árbol de tamaño mediano, de unos 4 a 8 metros de altura, según la variedad. Puede permanecer vivo y productivo durante cientos de años. El tronco es grueso y la corteza tienen un color grisáceo. La copa es redonda, aunque más o menos lobulada; la ramificación natural tiende a producir una copa bastante densa, pero las diversas prácticas de poda sirven para aclararla y permitir la penetración de la luz. Las características del árbol como la densidad de la copa, el porte, el color de la madera y la longitud de los entrenudos varían según el cultivar. También la forma del árbol es influida, en gran medida, por las condiciones agronómicas y ambientales de su crecimiento y en particular por el tipo de poda. En este sentido, el olivo demuestra una gran plasticidad morfo genética (Barranco, 1999).

El olivo es un árbol (Figura 1) de hojas verdes oscuras y blanquecinas por debajo, de forma alargada y opuestas. Consta de dos ramificaciones opuestas que se unen al tronco, una subterránea formada por las raíces y otras aéreas que son las ramas.

La principal característica del olivo en cuanto a producción es su longevidad, pues si bien es cierto que demora entre 7 y 9 años en dar frutos desde su siembra, puede continuar produciendo hasta trescientos años en condiciones adecuadas (García, 2000).



Figura 1. Árbol de olivo

Fuente:<http://aceitunatacna.blogspot.com/2008/05/aceituna-en-tacna.html>

La palabra "aceite" es de origen árabe, procedente de la palabra "az-zait", que quiere decir "jugo de aceituna". Fue traído a América por los españoles, durante los siglos XVI y XVII, por lo que se encuentra en California y zonas de Sudamérica (Civantos, *et al*, 1992).

2.1.1 Clasificación botánica

La clasificación botánica del olivo, según Garcia 2000) es:

- Reino : Vegetal
- División : Fanerógamas
- Subdivisión : Angiospermas
- Orden : Contortales
- Familia : Oleácea
- Tribu : Oleínas
- Genero : *Olea*
- Especie : *Olea europea*
- Subespecie : *Olea europea sativa* (olivos cultivados)

Olea europea sylvestris (olivos silvestres)

El olivo (*Olea europea sativa*) pertenece a la familia de las oleáceas; es una planta perenne que presenta diferentes variedades; y es apreciado por sus frutos (aceituna) y la calidad del aceite. Originario del Oriente, fue introducido en España por fenicios y griegos. Los romanos expandieron su cultivo por toda la península y los árabes perfeccionaron las técnicas de producción de aceite (Civantos, 1998).

2.1.2 Las variedades de olivo

- a) **Sevillana o criolla:** se trata de la variedad más antigua que existe en el Perú, conocida como “criolla”. Fue introducida por los conquistadores españoles y se trata de una variedad adaptada al medio ecológico de los valles de Huaraz, Pisco, Ica, Bella Unión, Yauca, La Ensenada, Mejía, Mollendo, Ilo y Tacna (Yarada y Sama). En la actualidad, su cultivo proporciona cosechas de alto valor. El árbol es de gran tamaño, buen productor, tardío, se adapta a las condiciones de la Costa, existiendo plantas que producen bien desde Ica hasta Tacna, siendo la zona sur donde prospera en mejores condiciones. El fruto (cuadro 1) es de tamaño grande, de color negro-morado intenso a la madurez, con base ancha y ápice curvado; carozo de regular tamaño que se desprende fácilmente de la pulpa y se obtienen los frutos más grandes (Marzano, 1992).

Cuadro 1. Características de la aceituna variedad sevillana.

Características	Aceituna Verde (g)	Aceituna Madura (g)
Densidad (kg/l)	1,14	1,07
pH	4,8	5,0
Relación pulpa/hueso	6,0	8,0

Fuente: Marzano (1988)

- b) Gordal:** en nuestro país no existen plantaciones industriales de esta variedad que tiene muy buen comportamiento en los valles aislados de Yauca, Ilo y Tacna. La variedad es española, propia de la provincia de Sevilla. El árbol es de altura media, produce frutos grandes de pulpa firme, de madurez precoz, situados generalmente en la mitad de las ramas, de color brillante cuando madura, con puntuaciones perceptibles de forma elipsoidal, acorazonada y terminada en punta roma. Tienen ombligo hundido, pedúnculo corto y epidermis muy fina. Es una excelente variedad para la obtención de conservas, especialmente aceitunas rellenas. Es una de las principales variedades producidas en España (Sotomayor-León, Caballero, 1994).
- c) Manzanilla:** variedad que fructifica muy bien, proporcionando excelentes rendimientos. En España es la variedad de mayor importancia en la industria de conservas de aceitunas verdes; el árbol es bastante grande, de buena producción pero con tendencia a la vecería; poco exigente en clima y de producción semi temprana. El fruto es de tamaño medio, de forma acorazonada o redonda, pulpa gustosa y fina calidad superior a la Gordal; carozo pequeño que se separa fácilmente de la pulpa. No se encuentra muy difundida en nuestros valles olivícolas, habiéndose observado su producción en el vivero La Ensenada de Arequipa. Por estar considerada como la variedad que

mejores aptitudes posee para elaborar aceitunas verdes, ya que una vez procesada llega a tener color amarillo oro que le da una gran presentación. Es recomendable para su propagación (Caballero, 1994).

2.1.3 Composición química de las aceitunas

La composición química de las aceitunas depende de un cierto número de factores, entre los que destacan la variedad y el estado de desarrollo y madurez del fruto en la época de recolección; como factores secundarios se encuentran la situación geográfica, calidad del suelo y tipo de cultivo, secano o regadío.

Se determinó para las aceitunas verdes un valor de 1,4% de proteínas en pulpa fresca y para negras 1,9%. Es de importancia los ácidos orgánicos y sus sales presentes en el jugo del fruto entre 0,5 y 1% (Fernández Diez, *et al*, 1985), identificando a los ácidos cítrico, málico y oxálico; asimismo en su estudio para aceitunas negras, indica que el pH del jugo celular varía dentro del intervalo 4,1 – 5,4 (Balatsouras, 1964).

Los principales constituyentes de la pulpa de aceituna son el agua y el aceite. Siguen en importancia cuantitativa los hidratos de carbono, en

especial monosacáridos como glucosa, fructuosa y oligosacáridos como manitol y sacarosa; sin embargo se debe considerar cualitativamente los de mayor relieve, porque constituyen la materia principal para el proceso fermentativo(Fernández Diez, *et al*, 1985).

Relacionada con la textura de los frutos, están las sustancias pécticas que presentan el 0,3 - 0,6% de la pulpa fresca, determinándose principalmente ácido poligalacturónico, grupos carboxilos esterificados y acetilos. Por otra parte se ha encontrado la presencia de enzimas pectinolíticas como pectinoesterasa y poligalacturonasa. La enzima responsable del pardeamiento por golpes es la catecol oxidasa.

La composición química de la pulpa de aceituna, variedad sevillana, según Marzano (1988), se muestra en el cuadro 2.

Cuadro 2. Composición química de las aceitunas, variedad sevillana de Tacna, Perú.

Composición	Aceituna verde (g)	Aceituna madura (g)
Humedad	71,83	67,54
Grasa	15,64	20,97
Proteínas (1)	1,5	1,57
Ceniza	2,28	2,26
Fibra	1,81	1,64
Carbohidratos (2)	8,6	7,36
Acidez (3)	0,74	1,08
Azúcares reductores	4,8	4,1
Taninos	2,11	1,64
Oleuropeína (4)	2,25	1,98

(1) factor de conversión de proteínas 6,25; (2) por diferencia, (3) expresado en porcentaje de ácido cítrico, (4) medición de absorbancia de 345 nm.

Fuente: Marzano (1988)

Durante el desarrollo y maduración de las aceitunas se produce una disminución progresiva de la humedad y paralelamente un incremento del contenido en aceite, además disminuye el peso y los hidratos de carbono solubles. A medida que la madurez del fruto avanza, el contenido de ácido poligalacturónico disminuye, produciendo porcentajes de esterificación y más la actividad de la pectinoesterasa, contribuyen a reducir la firmeza (textura) de la pulpa (Fernández Diez, *et al*, 1985).

2.2 Aceitunas ennegrecidas por oxidación

- Según la norma CODEX STAN 66-1981, son aceitunas verdes o de color cambiante ennegrecidas mediante oxidación que han perdido el amargor mediante tratamiento con lejía alcalina, acondicionada en salmuera y esterilizada con calor.
- Según la norma COI (2004). son aceitunas verdes o de color cambiante conservado en salmuera, fermentado o no, ennegrecidas por oxidación en un medio alcalino y conservada en recipientes herméticos mediante esterilización térmica. Su coloración negra es uniforme.

2.3 Proceso de ennegrecimiento

2.3.1 Etapa de oxidación

El procedimiento industrial para la producción de aceituna negra consiste en tratamientos consecutivos con soluciones diluidas de NaOH (lejía). Durante los intervalos entre ellos, los frutos se mantienen en agua por la que se burbujea aire (Manzano, 2011).

En el transcurso de estas operaciones las aceitunas se oscurecen progresivamente debido a la oxidación de los ortodifenoles: hidroxitirosol (3,4 dihidroxifenil etanol) y ácido cafeíco. El número de tratamientos con lejía es, generalmente, entre 2 y 5. La penetración en los frutos se controla para que el álcali en el primer tratamiento solo pase la piel. Los siguientes se realizan de forma que el NaOH penetre cada vez más profundamente en la pulpa. En el último, se debe alcanzar el hueso. Es posible realizar un único tratamiento con lejía. La concentración en NaOH de las soluciones alcalinas (entre 1-4 %, p/v) depende de la madurez del fruto, variedad, sistema de conservación, temperatura ambiente y la velocidad deseada de penetración. Después de cada tratamiento, se agrega agua en la que se mantienen las aceitunas con aireación hasta completar un ciclo de 24 horas. Para reducir el volumen de vertidos es posible reusar la solución empleada en la conservación (Manzano, 2011).

Las concentraciones del álcali son variables, según el tipo de aceituna y temperatura, en general oscila entre 1 y 2 % de NaOH, según Garrido (1981). En conjunto, el tratamiento de lejía y aireación es similar, suele durar 24 horas. Por lo que el proceso total de ennegrecimiento tarde de 5 a 9 días, ya que al final es necesario después lavar los frutos hasta que se

alcance un pH alrededor de 7 unidades. Para facilitar lo se añade a veces ácido clorhídrico diluido o láctico y últimamente CO₂.

Los depósitos de oxidación tienen forma cilíndrica paralelepédica con el fondo construido por dos planos inclinados en cuya intersección se encuentra un tubo perforado por el que se burbujea aire. En las fábricas estadounidenses el número de lejías oscila de 3 a 5, la primera penetra la piel; las siguientes van haciéndolo progresivamente, hasta que la última llega al hueso (Fernández Díez, *et al*, 1972).

2.3.2 Inmersión en la solución de sales de hierro

El color superficial negro obtenido no es estable, decolorándose los frutos progresivamente después de la oxidación y durante la vida de mercado del producto envasado. Para impedir este deterioro está autorizado en la elaboración de aceitunas negras el uso de gluconato y lactato ferroso, según Manzano (2011). Generalmente, la empresa añade las sales férricas en unas concentraciones de 100 partes por millón de hierro en el líquido. La difusión del hierro en la pulpa se completa en unas 10 horas; pero, normalmente esta fase se prolonga unas 24 horas.

El empleo de sales de este tipo es una práctica antigua, siendo el sulfato (Figura 02) el que más se utilizaba al principio. Después se ensayaron otros compuestos, como citratos y fumaratos, siendo por último el gluconato ferroso el que se aceptó en la reglamentación internacional y en la mayoría de los países productores de aceituna de mesa. La concentración del mismo suele ser de 0,1 % y el pH debe oscilar alrededor de 4,5 unidades, para evitar la precipitación del hidróxido (Garrido, 1981).



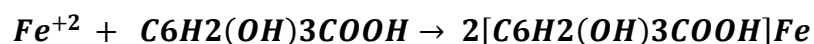
Figura 02. Cristales de sulfato de hierro

Fuente:[http://es.wikipedia.org/wiki/Sulfato_de_hierro_\(II\)](http://es.wikipedia.org/wiki/Sulfato_de_hierro_(II))

Sin embargo es posible el uso de otras sustancias; con esta finalidad es permitido en España a partir de 1985 el empleo de lactato ferroso. Y por tal no se adiciona ningún nuevo anión, ya que el ácido láctico se produce generalmente en el proceso fermentativo que tiene lugar

en la fermentación. De estudios efectuados se deduce que la proporción mínima del mismo no debe ser inferior al 0,047 %, ya que a partir de este límite se deteriora la tonalidad final conseguida. Además, el lactato, bien sólido o en disolución, tiene la misma eficacia que el gluconato de hierro que se añadía tradicionalmente. Los ensayos han abarcado desde la elaboración en fresco hasta la oxidación después de haberlos mantenido en los depósitos durante un año, obteniéndose resultados similares. La cantidad máxima de hierro aceptada por el Concejo Oleícola Internacional es de 150 ppm en pulpa, aunque en algunos países sus normas internas son considerablemente más rígidas y este límite es más bajo. Durante la aplicación del lactato o gluconato, las aceitunas no se airean hasta pasadas unas horas, aunque en algunas empresas esta interrupción no se considera necesaria. La duración total de esta fase suele ser de 24 horas, pues a partir de entonces no se observa ya ninguna mejoría en la fijación del color (Elaboración de aceitunas de mesa-FAO, 1991).

Las coloraciones férricas son soluciones acuosas formadas a partir de sales de hierro (Fe) y ácido gálico o tánico (que aportan taninos), formando un complejo orgánico metálico de color oscuro, aglutinado por lo general, con alguna goma natural. Los taninos son compuestos fenólicos de las plantas, con la capacidad de formar complejos de color negro o café oscuro con sales de hierro (Bottiet *al*, 2005).



(Sal de hierro) + (Fenoles; ácido gálico) = complejo metálico de color oscuro

2.3.3 Efecto del tipo de aireación, la concentración de las lejías y el estado de madurez de los frutos

El ennegrecimiento superficial requiere el contacto de los frutos con el aire después de cada lejía. Esto puede efectuarse por simple colocación en cajas o bateas, o por inyección del gas a través de la mezcla de líquido y aceitunas. Aunque la textura es mayor con aireación en líquido que en exposición al aire. También se obtienen consistencias más bajas cuando la materia prima se ha recogido en un estado de madurez más avanzado o se emplean altas concentraciones de NaOH. Por lo que respecta al número de tratamientos, o los porcentajes que se usan habitualmente, si son más intensos y frecuentes, el producto pierde textura. Respecto al color, hay que señalar que las soluciones alcalinas deben dejarse de aplicar tan pronto se haya obtenido una buena tonalidad, pues si se continúa tiende a producirse un retroceso. En España suele elaborarse con 2 o 3 lejías. También existe la posibilidad de dar una sola, aunque la duración total del proceso es similar; ya que en este caso se necesita

prolongar el tiempo de aireación para obtener un color aceptable (Garrido, 1981).

2.3.4 Efecto del desalado de los frutos y de algunos aditivos

La eliminación de la sal antes de proceder a la oxidación favorece la consecución de tonos más oscuros. La influencia del empleo del tanino soluble es también muy interesante. En efecto, el añadirlo antes de la adición de la solución de hierro tiende a favorecer el oscurecimiento superficial; en cambio, cuando el orden de aplicación se invierte se produce el fenómeno opuesto, es decir, se perjudica el color final, sobre todo después de la esterilización. La consistencia no se afecta por el empleo de dichos compuestos, independientemente del momento de su incorporación. Sin embargo, sí se mejora muy significativamente por el uso de CaCl_2 . El endurecimiento se aprecia tanto antes del tratamiento térmico como después de este (Garrido, 1981).

La escala de medida de las salmueras en grados Baumé equivale a una escala de densidades tomando como puntos fijos al agua pura y una disolución al 10% de cloruro sódico. Para líquidos más densos que el agua, ésta corresponde a 0°Be y la disolución al 10% de cloruro sódico a 10°Bé ,

mientras que para líquido menos denso que el agua, tal como disoluciones de amoníaco, se toman estos valores invertidos, es decir, el agua pura corresponde a 10°Bé, y la disolución de cloruro sódico a 0°Bé. La relación entre los grados °Be y la densidad depende algo de la temperatura (Ibarz, 1982). A temperatura ambiente, en realidad a 15,55 °C ó 60°F, se han establecido las siguientes relaciones:

- Líquidos más densos que el agua

$$n = 145 - \frac{145}{\rho} \quad \rho = \frac{145}{145 - n}$$

- Líquidos menos densos que el agua

$$n = \frac{140}{\rho} - 130 \quad \rho = \frac{140}{130 - n}$$

2.3.5 Etapas básicas de la elaboración de aceitunas ennegrecidas por oxidación

Las aceitunas negras oxidadas son aquellos frutos que no están del todo maduros y que se oscurecen mediante oxidación. Las diferentes etapas que comprende el proceso de elaboración se indican en la (figura 3) y se detallan a continuación.

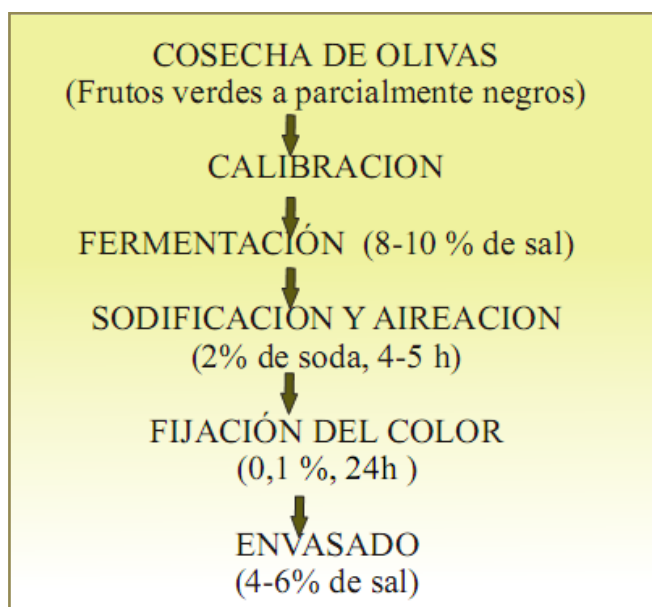


Figura 3. Flujo de elaboración de aceitunas ennegrecidas por oxidación.

Fuente: Arancibia (2008)

- a) **Cosecha:** básicamente corresponde a la cosecha de olivas que presentan la coloración característica con el debido índice de madurez. Este tipo de elaboración permite que las olivas presenten imperfecciones como rayado o grietas en la piel, siendo lo óptimo las olivas sin imperfecciones.
- b) **Calibración:** se procede de igual forma que para las verdes estilo sevillano, es decir, se hace pasar las olivas por la faja seleccionadora calibrada a diferentes tamaños, siendo el más comercial el calibre 160/200.
- c) **Fermentación:** para esta elaboración la fermentación es previa a la sodificación y se realiza bajo las mismas condiciones que para las

aceitunas verdes estilo sevillano. La diferencia en este proceso es su duración, la que se desarrolla en aproximadamente seis meses.

Conservación en salmuera: las aceitunas se depositan en los tanques con salmuera. Sin embargo en este sistema se produce, daños en los frutos, arrugándose superficialmente y apareciendo el “alambrado”. Las dos alteraciones se originan por la acumulación del CO₂ producido en la respiración de las aceitunas y en la actividad de las bacterias Gram-negativas y levaduras responsables de la fermentación que tiene lugar durante esta conservación, al igual que pasaba en el caso de las negras naturales. Para evitar el crecimiento de las bacterias Gram-negativas puede ser impedido corrigiendo el pH inicial de la salmuera a 3,8- 4,0 mediante adición de ácido acético y la acumulación de CO₂ se reduce pasando aire a los fermentadores de forma similar a como se realiza en las aceitunas negras naturales. El uso de una concentración inicial baja de NaCl (alrededor 4-6%) completa el efecto de la adición de aire para evitar el arrugado. Posteriormente, la concentración de sal se debe aumentar hasta el 6-7% para asegurar la conservación cuando aumentan las temperaturas (Manzano, 2011).

d) Sodificación y aireación: una vez que las olivas son sacadas del ambiente salino, se procede a una sodificación y aireación. No existe una medida objetiva para determinar la concentración de soda a usar; la

experiencia indica que es necesario una concentración entre 1,5% a 2%, incluso hasta 3%, mientras más alta la temperatura y más madura la oliva, la concentración de soda es menor. La sodificación se termina cuando la soda haya penetrado hasta el hueso de la oliva. Normalmente se alcanza este estado, aproximadamente en 4 a 5 h. Para favorecer la sodificación se puede inyectar aire de manera que se produzcan corrientes ascendentes y el fruto tenga movimiento, como se aprecia en la (Figura 4)(Arancibia, 2008).



Figura 4. Inyección de aire a las olivas a través de un compresor

Fuente: Arancibia (2008)

e) **Lavado y aireación:** terminado el proceso de sodificación es necesario eliminar la soda por la llave de evacuación localizada en el fondo del recipiente y eliminar los restos de la solución alcalina por medio

de lavados con agua potable. Al menos es necesario lavar cuatro veces al día, por 5 días. Durante todo el procedimiento de lavado es importante mantener la aireación con la intención de mantener las olivas en movimiento y favorecer su oxidación. Para determinar que el lavado ha sido bien hecho, se puede agregar unas gotas de fenolftaleína a la pulpa de una muestra de aceituna. Si esta se tiñe púrpura, implica que todavía queda resto de soda, de no ser así, el proceso de lavado ha terminado (Arancibia, 2008).

f) Fijación de color: las aceitunas se someten a una solución de gluconato ferroso al 0,1% por 24 h. Posteriormente es necesario eliminar con agua la solución de gluconato ferroso. Luego de esta operación, las aceitunas están en condiciones de ser comercializadas y consumidas. Finalmente las aceitunas deben trasvasijarse o trasladarse a los envases definitivos para la venta con una salmuera al 4-6% y los preservantes necesarios para su conservación como benzoato de sodio y sorbato de potasio (Arancibia, 2008).

2.4 El color como índice de calidad

El color de un alimento es fundamental en el momento de apreciar su calidad ya que es lo primero que percibe el consumidor, siendo esta

valoración en gran medida subjetiva. En las aceitunas de mesa de un mismo lote, el color presenta elevada variabilidad, debido a que está asociado al grado de maduración del fruto, al proceso de elaboración, al pH de la solución o a la presencia de alguna alteración. El industrial busca obtener un producto lo más homogéneo posible, de cualidades organolépticas óptimas (Lúquez y Aguilera, 2006).

Los parámetros óptimos del tratamiento de desamarizado y ennegrecimiento de la aceituna verde y envasado en vidrio. Las condiciones experimentales desarrolladas fueron basadas en la metodología de superficie de respuesta (RSM) usando el diseño factorial compuesto centrado en las caras (3 niveles para cada factor). Las variables independientes consideradas en la etapa de desamarizado y ennegrecimiento fueron: NaOH (3; 3,75 y 4,50 °Be) y FeSO₄ (0,1; 0,15 y 0,20 %). El óptimo resultante de la evaluación fue: 3,57 °Be de NaOH y 0,103 % de FeSO₄. Con el criterio de maximizar el color y la textura del producto final, la aceituna ennegrecida al estilo californiano mantiene aceptable calidad sensorial según la escala hedónica; color (7,26), textura (7,78), sabor (7,01) (Casas 2011).

En la investigación “Procedimiento de preparación de aceitunas tipo negras”. Demostró un tratamiento con sal de manganeso previamente al proceso de ennegrecimiento o durante el mismo. Este metal actúa como catalizador de la reacción de formación del color, obteniéndose un producto final con un color negro más intenso y homogéneo que cuando se aplica el proceso sin manganeso. El procedimiento permite la elaboración de aceitunas tipo negras aplicable a todas las variedades de aceitunas que se emplean para este tipo de elaboración con independencia del tiempo y tipo de conservación previa(Barranco, *et al*, 2000).

2.5 Aliños

Es el aderezo que se confiere a la aceituna añadiendo al líquido de gobierno productos aromáticos vegetales (que no se consideran ni total ni parcialmente materia extraña a la aceituna aliñada) y, eventualmente, vinagre(Juan, 2001).

Las aceitunas aliñadas constituyen una elaboración muy apreciada y bastante difundida. Sin embargo su preparación con fines comerciales es fundamentalmente artesanal y está muy restringida a zonas cercanas al

centro de distribución debido al rápido deterioro que experimentan (Elaboración de aceitunas de mesa-FAO, 1991).

Se recomienda para encurtidos en vinagre concentraciones del 5% para el ajo, adicionadas previo a la operación de envasado. Cuando las aceitunas van a ser envasadas se les añade los aliños típicos de la comarca, que le dan su característico aroma y sabor: Tomillo (*Coridothymuscapitatus*), Hinojo (*Crithmummaritimum*), Pimiento (*Capsicum annum*), Ajo (*Alliumsativum*). Estos aliños aparecen en una proporción que suele ir del 1-3%. También es posible la utilización de especias u oleorresinas basadas en esos mismos productos naturales, según lo reportado por (Machacuay, 2009). La concentración de la salmuera madre suele estar en torno al 5 o 6% en equilibrio. En España; se elabora la aceituna de mesa aliñada obtenida del fruto del olivo (*Olea europea, L.*) de la variedad aloreña, sano, cogido en el estado de madurez adecuado antes del envero, partidas, endulzadas en salmuera mediante fermentación natural y aliñadas con tomillo, hinojo, ajo y pimiento con especias u oleorresinas basadas en esos mismos productos naturales en una proporción que oscila entre el 1 - 3%. Este proceso se basa en costumbres ancestrales, transmitidas de padres a hijos a lo largo de los años. En el envasado se realiza según van llegando los pedidos, como mínimo las

aceitunas deben permanecer tres días en las bombonas antes del envasado (BOE, 2010).

2.5.1 Rocoto

El nombre científico es *Capsicum pubescens*, su nombre comercial es rocoto y pertenece a la familia Solanáceas. El fruto (figura 5) es una baya seca aunque son frecuentes las variedades provistas de pulpa algo jugosas; en cuanto a forma, tamaño y color de los frutos, es muy variable; el tamaño en cuanto a la variedad es inconstante, al iniciarse la cosecha pueden ser notablemente mayor que al término de ésta (Velasco, 1971).



Figura 5. Rocoto, *Capsicum pubescens*

Fuente: <http://taninos.tripod.com/rocotoperu.jpg>

La capsaisina actúa, principalmente, protegiendo nuestra mucosa gástrica (es decir todo lo contrario a lo que se creía), los estudios indican que este compuesto promueve la acumulación de lípidos y bicarbonato formando así una barrera protectora para la mucosa del estómago (Abu – Sabbah, 2010).

Análisis practicados por el departamento de Nutrición del Ministerio de Salud del Perú, le asignan los siguientes valores:

Cuadro 3. Composición del rocoto por cada 100 g de peso neto

Componentes	Mínimo	Máximo
Agua	20,7 g	93,1 g
Hidratos de carbono	5,3 g	63,8 g
Proteínas	0,8 g	6,7 g
Extracto etéreo	0,3 g	0,8 g
Fibra	1,4 g	23,2 g
Cenizas	0,6 g	7,1 g
Ac. Ascórbico	14,4 mg	157,5 mg
Capsaicina(mg) por 100 g/ peso	150 mg	335 mg

Fuente: Instituto de Nutrición (1975)

2.5.2 Ajo

El ajo (figura 6) es originario de la India en Asia Central y su introducción a América se remonta a la época de la conquista española.

Es el bulbo o cabeza conformado por dientes, pertenecientes al género y especie *Alliumsativum* L. (ITINTEC, 1992).

Las zonas de producción y rendimiento son: Arequipa (12,4 t/ha), Lima (6,7 t/ha), Cajamarca (5,2 t/ha), La Libertad (9,9 t/ha), Junín (7,5 t/ha), Tacna (8 t/ha) (DGIA, 2008).



Figura 6. Bulbo de ajo (*Alliumsativum*)

Fuente: <http://www.laraos.info/db/es/pdf/AJO.pdf>

El (cuadro 4) se muestra la composición química proximal del ajo.

Cuadro 4. Composición química proximal del ajo
por 100 g de porción comestible

Componentes	Contenido
Energía (Kcal)	129
Agua (g)	61,4
Proteína (g)	5,6
Grasa (g)	0,8
Carbohidratos (g)	30,4

Fuente: Collazos (1996).

2.6 Atributos sensoriales de la aceituna

2.6.1 El color

Es un descriptor que requiere la evaluación de la forma, el tamaño, el brillo, y sobre todo el color de las aceitunas. El color interfiere en el juicio sobre los demás atributos sensoriales e influye significativamente en la aceptabilidad del producto. Por lo tanto, el color es una de las características del aspecto externo de las aceitunas que llama de inmediato la atención del consumidor, que lo asocia a las demás propiedades organolépticas para emitir un juicio global sobre la apetecibilidad del producto (Marsilio, 2002).

En el caso de las aceitunas de mesa, del color se puede deducir el estado de maduración, la tipología comercial, la tecnología de transformación y el estado de conservación. Los colores que se alejan de los que son característicos del producto, o bien la presencia de manchas, picaduras de insectos, abrasiones epidérmicas y fenómenos de arrugamiento (cuando no son deseados) y la formación de bolsas gaseosas superficiales pueden esconder alteraciones o defectos (Miranda, 2010).

2.6.2 La intensidad olfativa

La intensidad olfativa actúa sobre la apetecibilidad del producto y requiere la medición de la cantidad de sensaciones percibidas ya sean negativos o positivos. La sensación olorosa se debe a la interacción química entre las moléculas gaseosas del alimento y los receptores del epitelio olfativo y puede ser generada por reacciones enzimáticas o por metabolitos cuya naturaleza y concentración dependen de la variedad de las aceitunas, las condiciones del proceso y la composición microbiológica de las salmueras de fermentación. Los olores percibidos deben ser los propios del tipo de producto analizado; aunque sean apenas perceptibles, las sensaciones poco agradables pueden ser síntomas de defectos o

alteraciones desagradables que son debidas a fermentaciones no deseables (Marsilio, 2002).



Figura 7. Aceitunas verdes con defectos y alteraciones

Fuente: Olive (2005)

La fermentación butírica causada por clostridios y bacterias proteolíticas confiere a las aceitunas olores desagradables a materia orgánica en descomposición. La fermentación butírica, provocada por clostridios butíricos, da lugar al defecto "rancio"; la fermentación debida a la acción conjunta de clostridios y bacterias propiónicas produce olores desagradables a "zapatería"; un excesivo desarrollo de colonias fúngicas provoca los característicos defectos de "rancio" y "moho" (Marsilio, 2002).

2.6.3 El sabor

Las características del sabor se perciben en la cavidad oral, sobre todo a través de las papilas gustativas presentes sobre la lengua (figura 8), y se corresponden con los cuatro gustos elementales: ácido, salado, dulce y amargo (Cabañas, 2008).

El sabor ácido se percibe predominantemente en la parte lateral de la lengua y es debido a la concentración de los iones hidrógeno (H^+) de los ácidos orgánicos de las aceitunas (láctico, málico, cítrico y succínico) (Miranda, 2010).

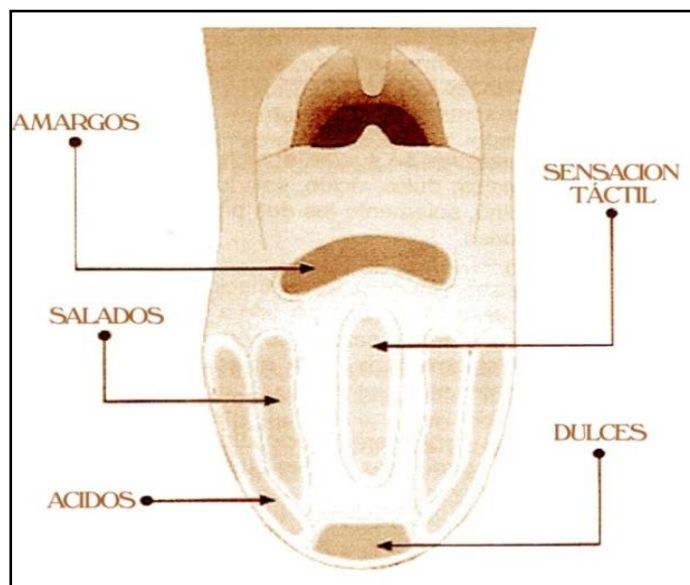


Figura 8. La lengua y sus papilas de percepción

Fuente: Cabañas (2008)

En la práctica, se produce una especie de neutralización química que no da lugar a ninguna reacción de salificación, debido a la interacción de los iones hidrógeno con los receptores proteicos del epitelio sensitivo que hacen las veces de "base". Por lo tanto, en teoría, el tipo de ácido no influye en la percepción del gusto, que depende únicamente de la concentración hidrogeniónica presente (acidez titulable) (Miranda, 2010).

El gusto ácido es percibido habitualmente en gran parte de las conservas de aceitunas de mesa y está producido por los ácidos presentes de forma natural o los de neo formación, por efecto de los procesos de fermentación, aunque la acidez percibida puede depender también de acciones correctoras, consistentes en añadir ácidos para alcanzar un determinado nivel de pH. Las bacterias lácticas homofermentativas de las aceitunas pueden producir concentraciones altas ($> 0,9\%$) o medias ($0,4 - 0,8 \%$) de ácido láctico, mientras que las heterofermentativas dan lugar a producciones de ácido láctico más bajas ($< 0,5\%$), conjuntamente con etanol y anhídrido carbónico. El ácido acético normalmente presente en las salmueras de fermentación de las aceitunas produce una sensación olorosa y gustativa (Miranda, 2010).

El sabor salado y típico del cloruro sódico añadido a las aceitunas y/o las salmueras de acondicionamiento, se percibe en los bordes laterales de la lengua y es debido a la interacción entre el catión y el anión de la sal con el receptor. La intensidad del sabor salado depende únicamente de la concentración iónica de la sal empleada. No obstante, dicha percepción se reduce en presencia de ácidos. Al aumentar el peso molecular de la sal, el gusto tiende a transformarse en amargo; esto es lo que sucede con el cloruro potásico, cuyo uso conlleva a la percepción de un gusto amargo junto con el salado, que no obstante es más débil que el del cloruro sódico. Tanto el cloruro sódico como el cloruro potásico en soluciones muy diluidas producen un gusto más bien dulce.

El sabor dulce es conferido principalmente por los azúcares, pero también por los alcoholes y la glicerina, es percibida sobre todo en la punta de la lengua. En el caso de las aceitunas de mesa por dulce debe entenderse una sensación completamente exenta de matices amargos (Marsilio, 2002).

El sabor amargo de las aceitunas es percibido en la parte posterior de la lengua y se atribuye a los componentes fenólicos, principalmente la oleuropeína y sus hidrolitos. La percepción deriva de la interacción entre

las moléculas polares de los polifenoles y la porción lipídica de la membrana de las papilas gustativas. Dicha percepción se reduce en presencia de cloruro sódico (Marsilio, 2002).

El sabor alcalino de las aceitunas verdes es otra sensación perceptible, propias de aquellas preparadas con sosa al estilo sevillano (Marsilio, 2002).

También hay sensaciones particulares que pueden derivarse de la combinación de estímulos olfativos o gustativos, cuyas interacciones modifican sustancialmente las informaciones obtenidas sumando simplemente los distintos atributos, lo que crea particulares sensaciones de agrado, o desagrado, que llevan a la aceptación o al rechazo del producto (Miranda, 2010).

2.6.2 Textura

El término "textura" de un producto alimentario se indica el conjunto de propiedades originadas por los elementos estructurales y el modo en que estos interactúan con los sentidos fisiológicos. Está originada por los

parámetros estructurales de los alimentos (moleculares, microscópicos y macroscópicos)(Marsilio, 2002).

Las propiedades texturales expresan características muy apreciadas por el consumidor, por lo que constituyen un índice de la calidad del producto. Las propiedades mecánicas de las aceitunas de mesa son quizá las de mayor importancia. La consistencia de las aceitunas de mesa está relacionada con distintos factores a saber: variedad y estado de maduración de las aceitunas, tecnologías de transformación, condiciones del proceso y de la conservación. El empleo de altas concentraciones de sosa en la fase de eliminación del amargor natural de las aceitunas provoca la desorganización de los tejidos de la aceituna y una disminución de la consistencia por efecto de una despectinización más o menos intensa de las paredes celulares a raíz de la solubilización de gran parte de las protopectinas también pueden producirse fenómenos de reblandecimiento debido a la avanzada maduración de los frutos, a tratamientos físicos (tratamientos térmicos excesivos) y al desarrollo de microorganismos pectinolíticos. En líneas generales, las aceitunas de mesa deberían tener una cutícula fina y suave y una pulpa compacta, consistente, crujiente, que no sea ni granulosa ni leñosa y que se desprenda fácilmente del hueso (Marsilio, 2002).

2.7 Análisis sensorial

La obtención de respuestas fiables del mercado mediante la realización de test por parte de los consumidores (*consumer test*), con una muestra de personas representativa (de 100 a 1000) es cara requiriendo un considerable esfuerzo organizativo y un tiempo largo de ejecución. Una alternativa es interpretar el juicio de los consumidores recurriendo a métodos más típicos de análisis sensorial y de análisis descriptivo realizado con el apoyo de un grupo (panel) de catadores para reconocer y medir los distintos atributos sensoriales evaluados (Ureña, 2008).

Los test sensoriales, se desglosan en:

(i) **Test de preferencia:** realizados por los consumidores para evaluar la aceptabilidad del producto en el mercado. Los métodos utilizados en los test discriminatorios tienen como finalidad clasificar las muestras por orden de intensidad de cada uno de los atributos; El test del perfil sensorial aporta el sello distintivo del producto y se utiliza para evaluar características sensoriales como la apariencia, el color, el olor, el sabor y las propiedades texturales. Pueden utilizarse escalas hedónicas, gráficas o numéricas. Por lo general, los intervalos de la escala son de 9 a 10 puntos;

intervalos demasiado cortos (inferiores a cinco puntos) podrían menoscabar la validez de los resultados (Cabañas, 2008).

(ii) **Test analíticos de discriminación y descripción:** efectuados por catadores entrenados para analizar y medir las diferencias de caracteres organolépticos o para describir el perfil sensorial de un producto. El reclutamiento, la selección y el entrenamiento de los catadores son etapas fundamentales. Los preseleccionados son entrenados para que se familiaricen con el producto y mejorar su capacidad de reconocer los atributos sensoriales, su sensibilidad y memoria (Cabañas, 2008).

2.8 La Metodología de superficie de respuesta

Los orígenes de la metodología de superficies de respuesta (en inglés, Response Surface Methodology - RSM) se remiten al trabajo de Box y Wilson (1951); pero ha sido durante los últimos 20 años en que dicha metodología ha tenido un desarrollo considerable tanto en aspectos teóricos como en aplicaciones en escenarios reales. Se inició en la industria química y últimamente ha ampliado su aplicación en procesos metal-mecánicos.

Este desarrollo se refleja en varias publicaciones sobre el tema tales como Box y Draper (1987), Montgomery Myers (1996). Como gran facilitador de este desarrollo se ha constituido el alto desarrollo de los sistemas computacionales, el cual ha permitido el desarrollo de gráficos que facilitan el análisis de los resultados.

Es una estrategia de experimentación secuencial y modelación que permite estimar las condiciones óptimas de operación de un proceso y mejorar significativamente su resultado en cuanto a costos, tiempos, eficiencia, productividad, cumplimiento de especificaciones y, en fin, mejorar su calidad. Un proyecto bien planeado y ejecutado adecuadamente debe reflejar sus resultados no sólo en los indicadores de productividad y de gestión del proceso, sino que en el mediano plazo dichos resultados deben reflejarse en los estados financieros de la compañía. La superficie de respuesta permite que el investigador inspeccione de manera visual, la respuesta promedio para cierta zona de los niveles de los factores de interés y evaluar su sensibilidad a dichos factores. La estrategia de análisis supone que el promedio (media) de la variable de respuesta está en función de los niveles cuantitativos representados por los factores x_1, x_2, \dots, x_k .

Los modelos polinomiales son los utilizados para efectuar una aproximación práctica a la función de respuesta verdadera o real. Los desarrollos incorporados hasta ahora en programas computacionales permiten analizar fácilmente y en forma gráfica modelos polinomiales de primer (efectos lineales y de interacción) y segundo orden (efectos lineales, cuadráticos y de interacción). Se requiere primero construir un modelo de superficie de respuesta apropiado para cada respuesta y después intentar encontrar un conjunto de condiciones de operación que optimice o brinde la mejor respuesta posible del conjunto de variables o características de calidad. Un enfoque relativamente directo para optimizar varias respuestas, que es utilizado y funciona bien en escenarios reales cuando se tienen pocas (hasta 3) variables de respuesta y pocos factores (hasta 2) es la superposición de las gráficas de contorno independientes de cada respuesta; mediante este método el investigador efectúa una inspección visual para determinar alguna zona de intersección que brinde el mejor valor posible para las múltiples respuestas; o al menos optimizar aquella variable que el investigador considera más importante y manteniendo las otras respuestas dentro de un rango de tolerancia (Cuesta, 2009).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Lugar de ejecución

El presente trabajo fue realizado en los laboratorios de la Escuela Académico Profesional de Ingeniería en Industrias Alimentarias de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann de Tacna.

3.2 Materiales

3.2.1 Materia prima e insumos

La materia prima que se procesa es:

- La aceituna variedad Sevillana (*Olea europea sativa Hoffg, Link*) verde al natural.
- Hidróxido de sodio comercial.
- Sulfato ferroso de uso comercial.
- Cloruro de sodio de uso industrial.
- Hortalizas: El rocoto o ajo como aliños

- Envases: se utilizó frascos de vidrio transparente con una capacidad de 200 g.

3.2.2 Equipos y materiales

a) En el procesamiento:

- Balanza de precisión.
- Mesa de acero inoxidable.
- Cuchillos.
- Medidores de líquido.
- Baldes y coladores.

b) En los análisis:

- Balanza analítica. Marca Metter, modelo AJ150. Switzerland.
- Estufa rango 0 – 245 °C, marca Memmert. Alemana.
- Mufla. Thermolyne Temperatura máxima 1000 °C. USA
- Digestor microkjeldall, LaboncoCorporation, modelo 60300-01 USA.
- Extractor soxhlet. Lab-Line Instruments Inc. modelo 5000–1 USA.

- pH-metro. Allied Fisher Scientific, modelo 800 USA.
- Thermometer with alarm type J/K, modelo 421502.
- Material de vidrio en general.
- Papel filtro Whatman.
- Hornilla eléctrica.

3.2.3 Reactivos

a) Para análisis fisicoquímico:

- Solución de NaOH 0,1N para titulación.
- Fenolftaleína 1%.
- Agua destilada.

b) Para análisis proximal:

- Éter de petróleo.
- Sulfato de potasio.
- Sulfato de cobre (II) pentahidratado.
- Ácido sulfúrico concentrado.
- Hidróxido sodio.
- Ácido bórico.

- Indicadores fenolftaleína, rojo de metilo y verde de bromocresol.
- Ácido acético glacial.
- Agua destilada.

c) Para análisis microbiológico:

- Medio de cultivo Agar Patata.
- Medio de cultivo PlateCount.
- Agua peptonada.

3.3 Método empleado

Se realizó el procedimiento a través de un flujograma básico (Figura 9) que describe las etapas del proceso seguido para la elaboración de las aceitunas ennegrecidas por oxidación y aliñadas con dos tipos de hortalizas pero de manera separada; una muestra fue aliñada con ajo y otra con rocoto.

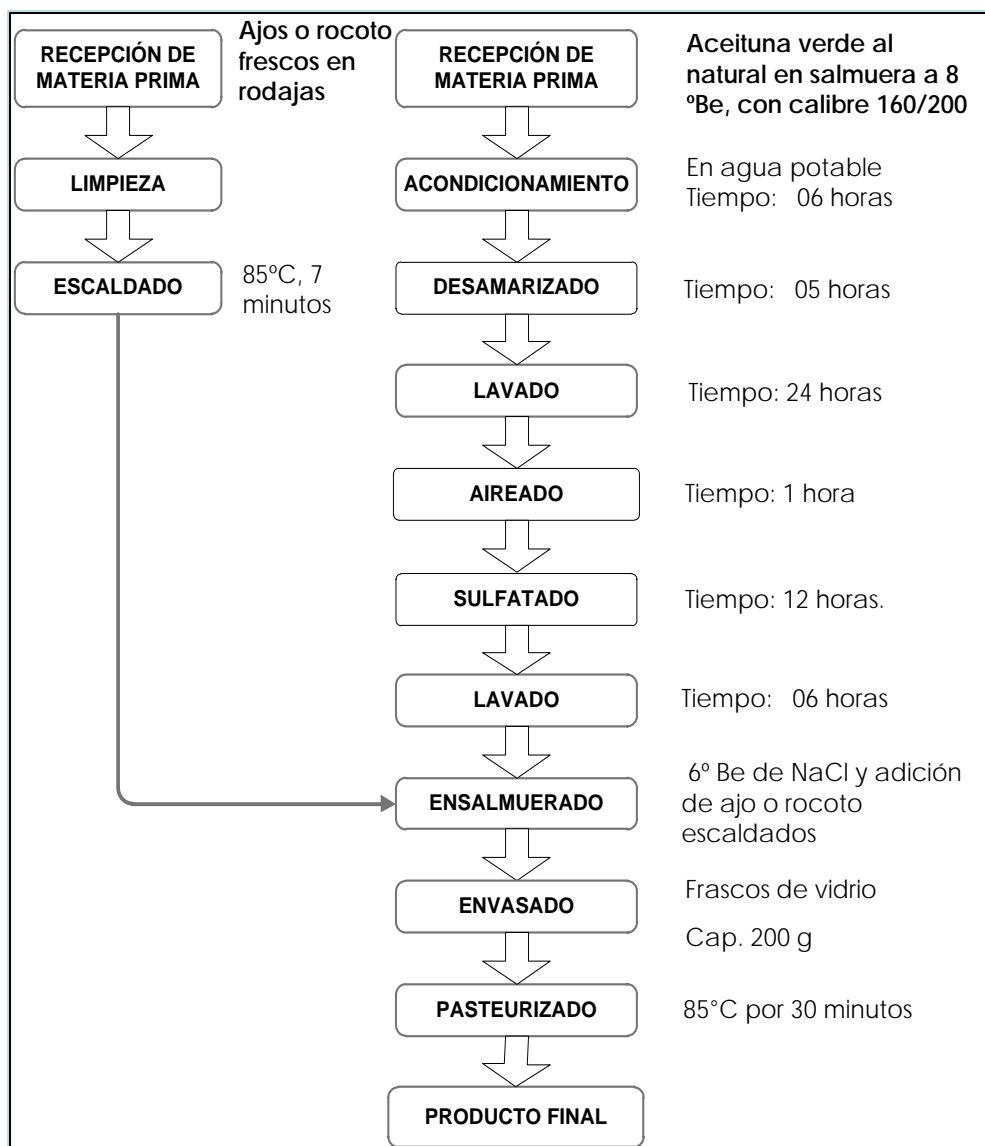


Figura 9. Flujograma básico de elaboración de aceitunas ennegrecidas por oxidación y aliñadas.

Fuente: Elaboración propia (2011).

- i. Recepción de la materia prima:** la aceituna utilizada fue de estado verde al natural de la variedad sevillana, conservada en salmuera equilibrada a 8°Be. En tanto que el rocoto y los ajos se recepcionarán en estado fresco y totalmente maduros.
- ii. Limpieza:** operación correspondiente a retirar pedúnculos de las aceitunas; y en el caso del rocoto o ajo se complementa esta operación con un enjuague con agua clorada 1 ppm de cloro activo.
- iii. Escaldado:** es el tratamiento térmico aplicado al ajo y al rocoto a fin de inactivar enzimas, aplicado con agua caliente a 85°C y por 7 minutos (Vázquez, 2010).
- iv. Acondicionamiento:** se realizó un pesado y posterior traslado de la aceituna a los recipientes de oxidación y se deja inmersa en agua potable para eliminar impurezas, sal y acidez durante 6 horas.
- v. Desamarizado:** se utilizó la soda cáustica en concentración establecidas según diseño estadístico para el desamarizado de la aceituna.
- vi. Lavado:** se realizó enjuagues enérgicos tanto al inicio como al final del proceso. Hasta alcanzar un pH neutro igual a 7.

vii. Aireado: se sometió a un aireado estático por una hora, a fin de favorecer la oxidación.

viii. Sulfatado: se utilizó sales de fierro en concentraciones establecidas en el diseño estadístico escogido, en este caso, sulfato ferroso el cual actúa sobre la aceituna confiriendo un color negro homogéneo (Figura 10).



Figura 10. Muestras en proceso de sulfatado

Fuente: Elaboración propia (2011).

ix. Ensalmuerao: se realizó una inmersión de la aceituna en salmuera equilibrada en concentraciones establecidas según diseño; conjuntamente se colocó la hortaliza en un 5 % del peso total de aceitunas (rocoto o ajo).

- x. **Selección y envasado:** es la última etapa de la oxidación, en la cual se agregó especias como ajos enteros y hortaliza como el rocoto a fin de evaluar su aceptación por los consumidores.
- xi. **Pasteurizado:** es el tratamiento térmico que buscó estabilizar el producto a fin de darle un tiempo de vida apropiado. Se sometió a 85°C por 30 minutos.
- xii. **Almacenamiento:** los envases se ubicaron en un ambiente fresco y seco.

3.4 Métodos de análisis

Se realizaron los siguientes análisis fisicoquímicos y microbiológicos, en diferentes etapas del proceso:

a) **Análisis fisicoquímicos en la materia prima: aceituna verde al natural:**

- Ceniza: (Método Soxhlet) A.O.A.C. 1981
- Humedad: (Método por pérdida de peso); A.O.A.C. 1981.
- Proteína: (Método Kjeldahl), A.O.A.C. 1981.

- Carbohidratos: (Por diferencia restando de 100 el contenido de humedad, proteína, grasas y cenizas). A.O.A.C. 1981.
- pH (Método Potenciométrico)
- Extracto etéreo, (Método Soxhlet) A.O.A.C.
- Acidez titulable, (Método por titulación con NaOH 0,1 N).

b) Análisis fisicoquímicos en el producto final:

- pH (Método potenciométrico).
- Acidez (titulación).

c) Análisis sensorial en el producto final:

- Color, textura y sabor: escala hedónica estructurada.

d) Análisis microbiológicos al producto final:

- Recuento de microorganismos aerobios mesófilos viables en placa (37°C) (según la ICMSF, 2000).
- Recuento de coliformes totales, en producto final (según la ICMSF, 2000).
- Recuento de levaduras y hongos, en producto final (según la ICMSF, 2000).

e) Balance de materia del tratamiento optimizado

3.5 Diseño de la investigación (Diseño experimental)

Para la determinación de las mejores condiciones del proceso de elaboración de aceitunas ennegrecidas por oxidación y aliñadas con ajo o rocoto, el diseño de investigación es de tipo experimental, en el cual se muestran las operaciones que se escogieron como variables independientes según se muestran en el flujograma básico de elaboración en estudio (Figura 11).

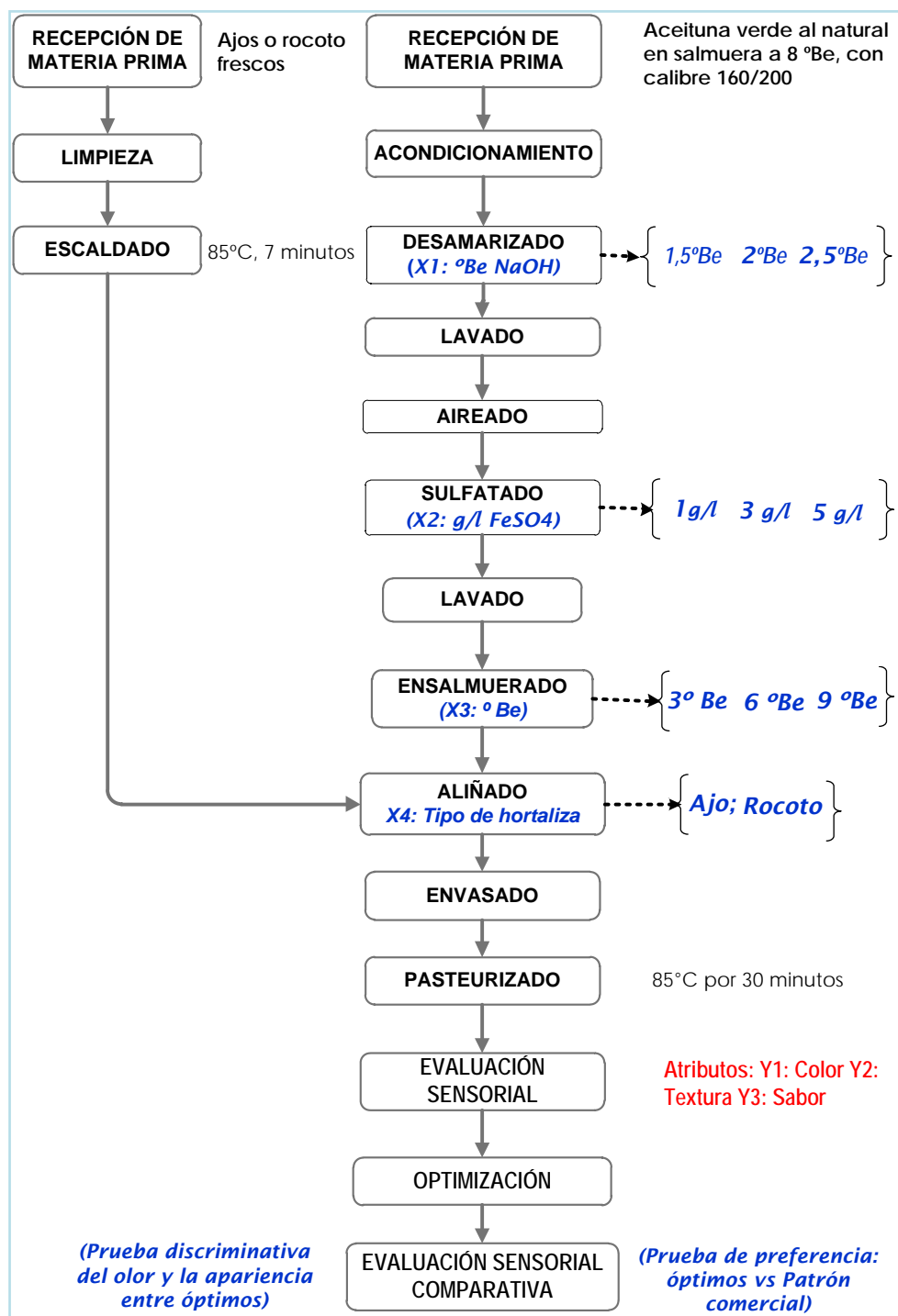


Figura 11. Representación gráfica de las variables y sus niveles en estudio.
Fuente: Elaboración propia (2011)

3.6 Instrumentos de investigación

Se empleó el diseño factorial de Box Benkhen para las tres variables independientes cuantitativas sobre las variables respuesta. Los niveles de las variables se muestran en el cuadro 5.

Cuadro 5. Niveles de las variables independientes para el estudio del proceso de ennegrecimiento

Variables	-1	0	1
X1 Concentración de la NaOH (°Be)	1,5	2	2,5
X2 Concentración del FeSO ₄ (%)	1	3	5
X3 Concentración de NaCl (° Be)	3	6	9

Fuente: Elaboración propia (2011)

La combinación de los niveles de las variables independientes cuantitativas (X1, X2 y X3), dará como resultado, según el diseño escogido de **Box Benkhen**, los tratamientos que se muestran en el (cuadro 6) para cada grupo de la variable Aliñado (X4); tal es así que un grupo será aliñada con ajo y otro grupo con rocoto y así completar el estudio de la evaluación del ennegrecimiento y aliñado en la aceptabilidad sensorial de las aceitunas.

Cuadro 6. Condiciones experimentales para cada tipo de Aliño, según diseño Box Benkhen

Tratamiento	NaOH (°Be)	FeSO₄ (g/l)	NaCl (°Be)
1	1,5	1	6
2	2,5	1	6
3	1,5	5	6
4	2,5	5	6
5	1,5	3	3
6	2,5	3	3
7	1,5	3	9
8	2,5	3	9
9	2	1	3
10	2	5	3
11	2	1	9
12	2	5	9
13	2	3	6
14	2	3	6
15	2	3	6

Fuente: Elaboración propia (2011)

3.7 Procesamiento estadístico

El promedio de los datos de cada uno de los 15 experimentos para la variable respuesta, fueron tratados por la metodología de superficie de respuesta, que consistió en desarrollar un modelo matemático de primer y segundo orden conteniendo términos lineales, cuadráticos y de interacción. El efecto significativo del modelo fue tratado por análisis de varianza. En ella se observó el grado de significación de la regresión y de la falta de

ajuste al 95 % de confianza, con la ayuda de la prueba de F, y el análisis del coeficiente de determinación (R^2). Debe indicarse, según (Montgomery 1991), el modelo es considerado útil con fines de interpretación entre la relación de las variables independientes y dependiente cuando presenta regresión significativa y falta de ajuste no significativo al nivel del 95% de confianza además de un alto valor R^2 (más próximo de 1 a 100). Para la determinación del tratamiento óptimo de mejores condiciones (Y_i), se aplicó el método de la optimización de Respuestas Múltiples o Función deseada (desirability), los cálculos se desarrollaron mediante el Software DesignExpert 8.0 para Windows. Para las pruebas comparativas finales se aplicó el análisis de varianza y la prueba de Tukey al 95 % de confianza.

IV. HIPÓTESIS E IDENTIFICACIÓN DE VARIABLES

4.1 Formulación de hipótesis

Es posible evaluar la aceptabilidad sensorial de la aceituna sevillana (*Olea europea sativa hoffg, link*) verde al natural, ennegrecida por oxidación y aliñada con ajo o rocoto.

4.2 Identificación de variables e indicadores

4.2.1 Variables independientes

a) En el proceso de ennegrecimiento (Cuantitativas)

- Concentración de soda cáustica (°Be).
- Concentración de sulfato ferroso (g/l).
- Concentración de sal (°Be).

b) En el proceso de Aliño (Cualitativa)

- Tipo de aliño

4.2.2 Variable dependiente (Cuantitativas)

- Aceptabilidad sensorial: color, textura y sabor.

4.3 Indicadores

Los indicadores de referencia son los consignados en la Norma COI aplicable a las aceitunas de mesa COI/OT/NC n° 1 Diciembre 2004.el(cuadro 7) se muestran dichos parámetros fisicoquímicos para la salmuera según el tipo de preparaciones.

Cuadro 7. Características fisicoquímicas de la salmuera de acondicionamiento tras equilibrio osmótico

Preparaciones	Concentración mínima de cloruro de calcio			Límite máximo de pH		
	PCQ ATM	C.R.	PE	PCQ ATM	C.R.	PE
Aceitunas aderezadas	5	4	BFP	4	4	4,3
Aceitunas al natural	6	6	BFP	4,3	4,3	4,3
Aceitunas deshidratadas o arrugadas	10	10	BFP	BFP	BFP	BFP
Aceitunas ennegrecidas por oxidación	BFP	BFP	BFP	BFP	BFP	BFP

Fuente: Norma COI (2004)

BPF: Buenas prácticas de fabricación; **PCQ:** Propias características químicas; **ATM:** Atmósfera modificada; **C:** Adición de conservantes; **R:** Refrigeración; **P:** Pasteurización; **E:** Esterilización.

V. RESULTADOS Y DISCUSIONES

5.1 Análisis proximal de la aceituna verde al natural

Los resultados del análisis proximal (cuadro 8) de la materia prima utilizada (aceituna verde al natural), destaca a la grasa (39,11 %) y el agua (39,00 %) como los componentes mayoritarios que en comparación con lo reportado por Marzano (1988) en la aceituna fresca es la humedad el componente mayoritario (71,83 %). Asimismo, Marzano reporta un valor de cenizas del 2,88%, valor mínimo en comparación con el 11,15 % de la aceituna verde al natural utilizada, esto se explica debido a la adición de cloruro de sodio NaCl, utilizada para su conservación.

Cuadro 8. Análisis proximal de la aceituna verde al natural

Composición	Porcentaje (%)
Proteínas (g)	1,19
Humedad	39,00
Grasa total(g)	39,11
Ceniza	11,15
Carbohidratos (disp.)(g)	9,55
Total	100,00

Fuente: Elaboración propia (2011)

5.2 Análisis sensorial de la aceituna ennegrecida por oxidación y aliñada con ajo o rocoto

En la determinación de los parámetros de concentración de solución alcalina (NaOH), sal ferrosa (FeSO_4) y NaCl para la aceituna ennegrecida y aliñada con ajo o rocoto los resultados promedio de la evaluación sensorial (Figura 12) se muestran en el (cuadro 9), donde se destaca que la apreciación de los panelistas con respecto al aliño del rocoto o ajo, fue ligeramente distinta en los mismos tratamientos favoreciendo en general al atributo sabor y no tanto al color y textura. El rango de calificación estuvo entre 3 y 7; es decir que la combinación de variables reportó productos con características distintas que los panelistas han diferenciado.



Figura 12. Análisis sensorial de las aceitunas ennegrecidas

Fuente: Elaboración propia (2011)

Cuadro 9. Resultados experimentales sensoriales obtenidos en la elaboración de la aceituna ennegrecida y aliñada con ajo (a) o rocoto (r)

Tratamiento	X1: NaOH	X2: FeSO ₄	X3: NaCl	Color (a)	Textura (a)	Sabor (a)	Color (r)	Textura (r)	Sabor (r)
1	1,5	1	6	6,03	6,63	4,1	6,08	6,69	5,08
2	2,5	1	6	4,62	6,36	3,21	5,0	6,38	4,31
3	1,5	5	6	5,03	6,61	4,51	5,08	6,69	5,15
4	2,5	5	6	7,52	6,72	4,32	7,25	6,85	5,23
5	1,5	3	3	6,38	7,11	3,69	6,83	7,08	4,69
6	2,5	3	3	6,53	4,66	2,64	6,58	4,62	3,46
7	1,5	3	9	6,06	6,33	3,51	6,17	6,38	4,15
8	2,5	3	9	7,03	7,55	4,54	7,08	7,38	5,54
9	2	1	3	4,53	5,79	2,13	4,58	6,0	3,31
10	2	5	3	5,03	4,37	3,08	5,08	4,31	4,08
11	2	1	9	4,16	6,07	3,45	4,42	6,0	4,54
12	2	5	9	6,06	6,27	4,64	6,0	6,62	5,46
13	2	3	6	6,38	7,05	4,13	6,83	7,0	4,85
14	2	3	6	7,07	7,41	4,45	7,33	7,46	5,54
15	2	3	6	7,07	7,45	4,77	7,58	7,46	5,77

Fuente: Elaboración propia (2011)

5.3 Evaluación de la aceituna ennegrecida y aliñada con ajo

5.3.1 Evaluación del color

La figura de efectos principales para la aceptabilidad del color de la aceituna verde en sal ennegrecida y aliñada con ajo (anexo 2.a) muestra que la variable menos influyente es el NaCl (X₃). Mientras que se evidencia el efecto directo del NaOH y el FeSO₄.

El análisis de color implicó una evaluación de la aceptabilidad por parte de los panelistas con respecto a su preferencia para este atributo; la relación hallada (anexo 2.b y 2.c) mediante el modelo matemático de regresión resultó significativa (0,0016) y con falta de ajuste no significativo (0,9363). Estos resultados indican que estadísticamente existen relaciones que explican la variación del color debido a los niveles de estudio planteados para el NaOH, FeSO₄ y NaCl, resultando el sulfato el factor de mayor influencia en la variabilidad del color.

En la figura de curvas de nivel (anexo 2.d), obtenida con la ecuación del modelo matemático de regresión se visualiza la tendencia que muestra el color en función de las variables independientes donde la regiones en tonalidad roja representan los máximos valores de aceptabilidad; siendo por el contrario las tonalidades en celeste o azul aquellos valores que tienen menor aceptabilidad del color. Cuando las concentraciones de solución cáustica son elevadas (2,5°Be) y niveles de sulfato por encima del 3 g/l la aceptabilidad del color es mayor; dicho comportamiento se puede visualizar mejor en la figura de superficie de respuesta (SR) donde la coloración rojiza se hace más intensa a medida que sube el nivel de NaOH.

El incremento de las concentraciones de sulfato ocasionan una mayor aceptabilidad de color pero dependiendo también de las condiciones de desamarizado y por ende del lavado; es así que si se trabaja con baja concentración de soda no se obtiene una buena aceptación del producto con respecto al color y esto debido a que favorecen la apertura de los poros de la fruta y una mayor absorción del sulfato, favoreciendo en la obtención de un color negro intenso aceptable.

Cuando las concentraciones de solución cáustica son elevadas (4,5°Be) requiere tiempos cortos de desamarizado y la aceptabilidad del color dependerá directamente de las concentraciones de sulfato adicionadas(Casas, 2011).

5.3.2 Evaluación de la textura

La figura de efectos principales (anexo 3.a), muestra que la variable menos importante en la variabilidad de la preferencia de la textura de la aceituna verde en sal ennegrecida y aliñada con ajo es el FeSO_4 (X_2). Considerando que el consumidor gusta de la aceituna con una textura turgente, este análisis muestra que el NaOH desfavorece la textura a medida que se incrementa su concentración; en contraposición un incremento en los

niveles de NaCl es favorable para la aceptabilidad de la textura del producto.

La preferencia por la textura evaluada por los panelistas en cuanto su máxima o mínima aceptabilidad de la sensación táctil es descrita por el análisis del modelo matemático (anexo 3.b y 3.c) el cual presentó una relación significativa entre las variables (0,007) con una falta de ajuste no significativa (0,2549); estos resultados indican que estadísticamente existen relaciones que explican la variación de textura debido a los niveles de estudio planteados para el NaOH y el NaCl, resultando estos factores ser más importantes que el FeSO_4 en la variabilidad de la textura. Según la figura de curvas de nivel y superficie de respuesta (anexo 3.d) que describe el comportamiento de la aceptación de la textura por los jueces, muestra el efecto combinado de las variables independientes, la región de coloración roja intensa es la zona de máxima aceptación y corresponde a la combinación de niveles extremos inferior y superior de ambas variables. Es decir que para conseguir un producto con buena aceptación de la textura, están las alternativas de procesar a concentraciones inferiores a 1,5 °Be de NaOH y 3 °Be de NaCl o 2,5 °Be de NaOH y 9 °Be de NaCl, pero haciendo la aclaración que los niveles bajos de sal requieren necesariamente un proceso de pasteurización para su conservación.

Los niveles inferiores de las variables NaOH y FeSO₄; es decir que para conseguir un producto de buena aceptación de su textura basta procesar con concentraciones inferiores a 3,75°Be y niveles de sulfato de 0,15% hasta 0,1%(Casas, 2011).

5.3.3 Evaluación del sabor

La figura de efectos principales (anexo 4.a) muestra que la variable menos importante en la variabilidad de la preferencia del sabor de la aceituna verde en sal ennegrecida y aliñada con ajo es el NaOH (X₁). Asimismo se evidencia el efecto positivo del FeSO₄ y NaCl en la aceptabilidad del sabor.

El análisis implicó una evaluación de la aceptabilidad por parte de los panelistas y su preferencia por el sabor, la relación del modelo matemático de regresión (anexo 4.b y 4.c) resultó significativa (0,0163), con falta de ajuste no significativo (0,4937); estos resultados indican que estadísticamente existe relación que explica la variación del sabor por efecto del FeSO₄, del NaCl y en menor grado el efecto del NaOH. La relación existente entre las variables concentradas de NaOH y

FeSO₄(anexo 4.d) con respecto al sabor muestra una región de máxima respuesta muy cercana a los niveles extremos superiores.

Se determinó que estadísticamente no existe relaciones que expliquen el efecto del NaOH y el FeSO₄ en el sabor, es decir, no se puede explicar ni controlar este atributo tomando en cuenta estos factores, siendo necesaria la incorporación de otros factores. Esto se puede explicar por la amplitud de los niveles de las variables en estudio o por la presencia del efecto del NaCl(Casas, 2011).

5.3.4 Optimización sensorial de la aceituna ennegrecida y aliñada con ajo

Para determinar el tratamiento de mejores condiciones en la elaboración de aceituna verde en sal ennegrecida, se aplicó el método de optimización múltiple según Duarte (2001) con el cual se buscará la combinación de las variables en estudio que cumplan los siguientes criterios:

- Factor concentración de NaOH: en rango
- Factor concentración de FeSO₄: en rango
- Factor concentración de NaCl: en rango

- Factor Color: maximizar la aceptabilidad
- Factor Textura: maximizar la aceptabilidad
- Factor Sabor: maximizar la aceptabilidad

Para la obtención de los cálculos de optimización se usó el software DesignExpert 8.0.1.

Los resultados obtenidos (cuadro 10) muestran que según la escala hedónica de 9 puntos se puede calificar al producto final optimizado entre “indiferente” y “me gusta mucho”.

Cuadro 10. Optimización múltiple de las variables en estudio para la aceituna verde en sal aliñada con ajo

Factor	Criterio	Nivel	Nivel	Valores
		mínimo	Máximo	Óptimos
X1:NaOH	en rango	1,5	2,5	2,49
X2:FeSO ₄	en rango	1	5	3,92
X3:NaCl	en rango	3	9	7,48
Color	maximizar	4,2	7,52	7,86
Textura	maximizar	4,4	7,55	7,57
Sabor	maximizar	2,1	4,77	4,82

Fuente: Elaboración propia (2011)

La (figura 13) de curvas de nivel para la optimización múltiple de las variables respuesta muestra una tendencia de ubicar la región donde se encuentra el tratamiento de mejores condiciones para la máxima aceptabilidad de los atributos color, textura y sabor que se determina cuando se trabajan a niveles de concentración NaOH desde 2,4 a 2,5 °Be y FeSO₄ en el rango de 3,3 a 4,5 g/l es decir niveles elevados dentro de los establecidos en el presente estudio.

Este comportamiento está condicionado a la concentración de NaCl de 7,48 °Be y donde los valores de aceptabilidad de color y textura están en la escala de “me gusta algo”, en contraposición con el valor del sabor que califica con “indiferente”, es decir que el consumidor no tiene mucha preferencia por el sabor aliñado del ajo en el producto final.

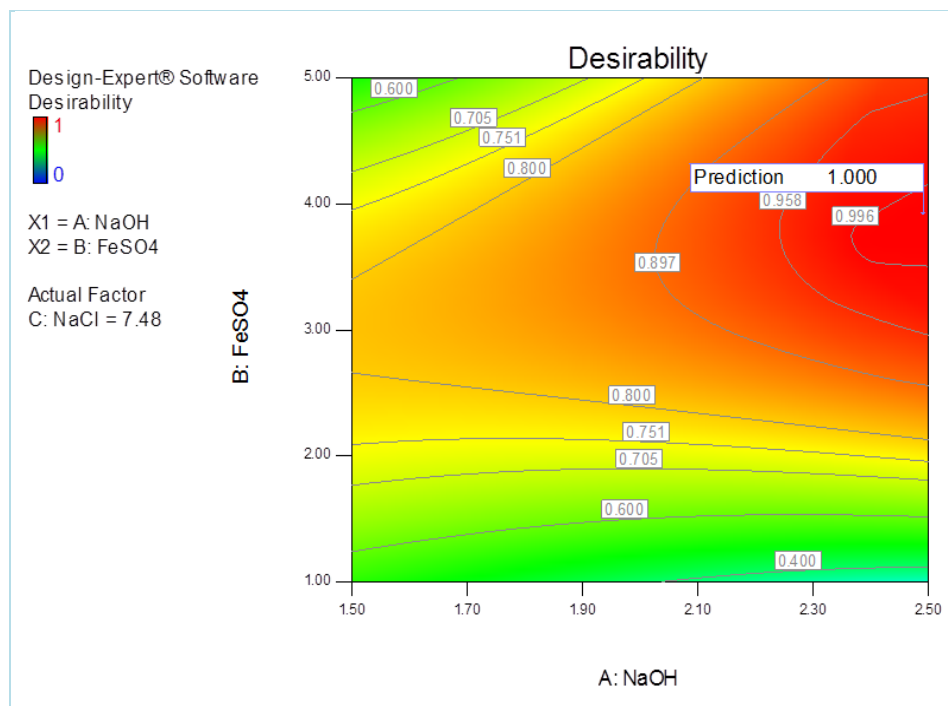


Figura 13. Curvas de nivel que relaciona las variables concentración de NaOH y FeSO₄ con respecto a la optimización sensorial de la aceituna ennegrecida y aliñada con ajo

Fuente: Elaboración propia (2011)

5.4 Evaluación de la aceituna ennegrecida y aliñada con rocoto

5.4.1 Evaluación del color

La figura (anexo 5.a) verifica que la variable menos importante en la variabilidad del color de la aceituna verde en sal ennegrecida y aliñada con rocoto es el NaCl (X₃), mostrando el efecto directo del NaOH y el FeSO₄ en la aceptabilidad del color.

El análisis de color implicó una evaluación de la aceptabilidad por parte de los panelistas con respecto a su preferencia para este atributo, la relación hallada (anexo 5.b y 5.c) mediante el modelo matemático de regresión resultó significativa (0,0032) y con falta de ajuste no significativo (0,7235); estos resultados indican que estadísticamente existe relaciones que explican la variación del color debido a los niveles de estudio planteados para el NaOH, FeSO₄ y NaCl, resultando por evidentes razones el sulfato ferroso como el factor de mayor influencia en la variabilidad del color.

En la figura de curvas de nivel y superficie de respuesta (anexo 5.d), obtenida del modelo matemático de regresión, se visualiza la tendencia del color en función de las variables independientes NaOH y FeSO₄ donde la región con tonalidad roja representa los máximos valores de aceptabilidad, siendo por el contrario las tonalidades en celeste o azul aquellos valores que tienen menor aceptabilidad del color. De ello se verifica mejor en la superficie de respuesta que la curva de nivel describe un plano en forma de “silla de montar” con tendencia a hacerse máxima al punto máximo de NaOH y FeSO₄, pero siempre destacándose que el factor más significativo es la sal ferrosa.

5.4.2 Evaluación de la textura

La figura de efectos principales (anexo 6.a) muestra que la variable menos importante en la variabilidad de la preferencia de la textura de la aceituna verde en sal ennegrecida y aliñada con rocoto es el FeSO_4 (X_2). De la misma manera que en el caso de la aceituna aliñada con ajo, este análisis también muestra que desfavorece la aceptabilidad de la textura a medida que se incrementa la concentración del NaOH y por el contrario si incrementamos los niveles de NaCl esto va a ser favorable para la aceptabilidad de la textura del producto.

La preferencia por la textura evaluada por los panelistas en cuanto a la aceptabilidad de la sensación táctil es descrita por el modelo matemático (anexo 6.b y 6.c); el cual presentó una relación significativa entre las variables (0,0109) con una falta de ajuste no significativa (0,3029); estos resultados indican que existe una relación estadísticamente significativa entre la variación de textura y las variables independiente planteados en estudio, como son principalmente el NaOH y el NaCl, resultando ser estos factores más importantes que el FeSO_4 .

Según la figura del (anexo 6.d) que describe mediante el plano de curvas de nivel y la superficie convexa, el comportamiento en la aceptación de la textura por los panelistas, donde el efecto combinado de las variables independientes recae en la región de coloración roja intensa que es la zona de máxima aceptación y corresponde a la combinación de niveles extremos inferior y superior de ambas variables. Es decir que para conseguir un producto con buena aceptación de la textura están las alternativas de procesar a concentraciones que combinen niveles de NaOH y NaCl que se encuentren dentro de la región de máxima aceptación.

5.4.3 Evaluación del sabor

La figura de efectos principales (anexo 7.a) muestra que la variable menos importante en la variabilidad de la preferencia del atributo sabor de la aceituna verde al natural ennegrecida y aliñada con rocoto es el NaOH (X_1).

El análisis de sabor implicó una evaluación de la aceptabilidad por parte de los panelistas semientrenados con respecto a su preferencia para este atributo, la relación hallada mediante el modelo matemático de regresión (anexo 7.b y 7.c) resultó significativa (0,0388), con falta de ajuste no significativo (0,7553); estos resultados indican que estadísticamente existe relación significativa que explica la variación del

sabor por efecto del FeSO_4 y el NaCl siendo menor el efecto del NaOH . Según la figura del anexo 7d, que describe el comportamiento en la aceptación de la textura por parte de los panelistas mediante el plano de curvas de nivel y de superficie de respuesta, esta toma una forma convexa, donde el efecto combinado de las variables independientes recae en la región de coloración roja intensa que es la zona de máxima aceptación y corresponde a la combinación de niveles extremos inferior y superior de ambas variables significativas.

La relación existente entre las variables concentradas de NaOH y FeSO_4 con respecto al sabor muestra un punto de máxima respuesta que se ubica al nivel de FeSO_4 de 4,2 g/l y NaCl de 7 °Be.

5.4.4 Optimización sensorial de la aceituna ennegrecida y aliñada con rocoto

Para determinar el tratamiento de mejores condiciones en la elaboración de aceituna verde en sal ennegrecida, se aplicó el método de optimización múltiple según Coello (2005), con el cual se buscó la combinación de las variables en estudio que cumplan los siguientes criterios:

- Factor concentración de NaOH: en rango.
- Factor concentración de FeSO₄: en rango.
- Factor concentración de NaCl: en rango.
- Factor Color: maximizar la aceptabilidad.
- Factor Textura: maximizar la aceptabilidad.
- Factor Sabor: maximizar la aceptabilidad.

Para la obtención de los cálculos de optimización se usó el software DesignExpert 8.0.1. Los resultados obtenidos (Cuadro 11) muestran que según la escala hedónica de 9 puntos se puede calificar al producto final optimizado como entre “me gusta poco” y “me gusta mucho”.

Cuadro 11. Optimización múltiple de las variables en estudio para la aceituna verde en sal aliñada con rocoto

Factor	Criterio	Nivel	Nivel	Valores Óptimos
		mínimo	máximo	
X1:NaOH	en rango	1,5	2,5	2,50
X2:FeSO ₄	en rango	1	5	3,86
X3:NaCl	en rango	3	9	7,74
Color	Maximizar	4,4	7,58	7,87
Textura	Maximizar	4,3	7,46	7,64
Sabor	Maximizar	3,3	5,77	5,77

Fuente: Elaboración propia (2011)

La (figura 14) de curvas de nivel para la optimización múltiple de las variables respuesta, muestra una tendencia de ubicar la región donde se encuentra el tratamiento de mejores condiciones de máxima aceptabilidad de los atributos color, textura y sabor cuando se trabajan a niveles de concentración NaOH desde 2,4 a 2,5 °Be y FeSO₄ en el rango de 3,3 a 4,5 g/l es decir niveles elevados dentro de los establecidos en el presente estudio.

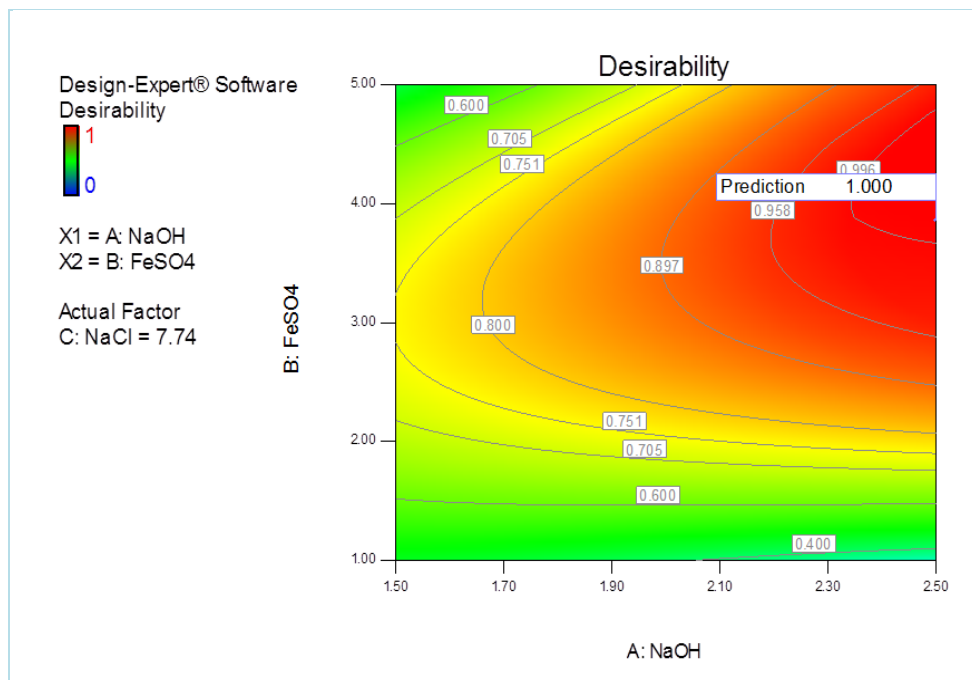


Figura 14. Curvas de nivel que relaciona las variables concentración de NaOH y FeSO₄ con respecto a la optimización sensorial de la aceituna ennegrecida y aliñada con rocoto

Fuente: Elaboración propia (2011)

5.5 Determinación y análisis del tratamiento óptimo

El (cuadro 12) muestra los valores promedio de la evaluación sensorial comparativa realizada a las muestras optimizadas y a un patrón comercial (aceitunas negra al natural). Esta prueba de preferencia (escala hedónica) se realizó con la finalidad de conocer cuál es el nivel de aceptación en comparación con el producto tradicional y así conocer que atributos son los más favorables para la aceptabilidad del producto propuesto como alternativa (aceitunas aliñada con ajo o con rocoto).

Cuadro 12. Análisis comparativo entre los tratamientos optimizados (aliñado con ajo o con rocoto) y muestra comercial (aceituna negra al natural)

Atributos	Ajo	Rocoto	Natural
Color	5,38	5,38	6
Textura	6,25	6,38	5
Sabor	5,63	5,88	5,5

Fuente: Elaboración propia (2011)

La (figura 15) muestra el perfil sensorial para los atributos color, textura y sabor del análisis comparativo realizado a las muestras optimizadas y el patrón comercial, en esta figura se visualiza claramente

que para el atributo color, tanto los óptimos aliñados con ajo o rocoto presentan la misma aceptabilidad pero en menor grado que el patrón comercial; sin embargo para el atributo textura estas mismas muestras superan en un punto de la escala hedónica al patrón comercial. Asimismo no evidencian las tres muestras una diferencia importante con respecto al sabor aunque resultó ligeramente con mayor aceptación la muestra óptima aliñada con rocoto.

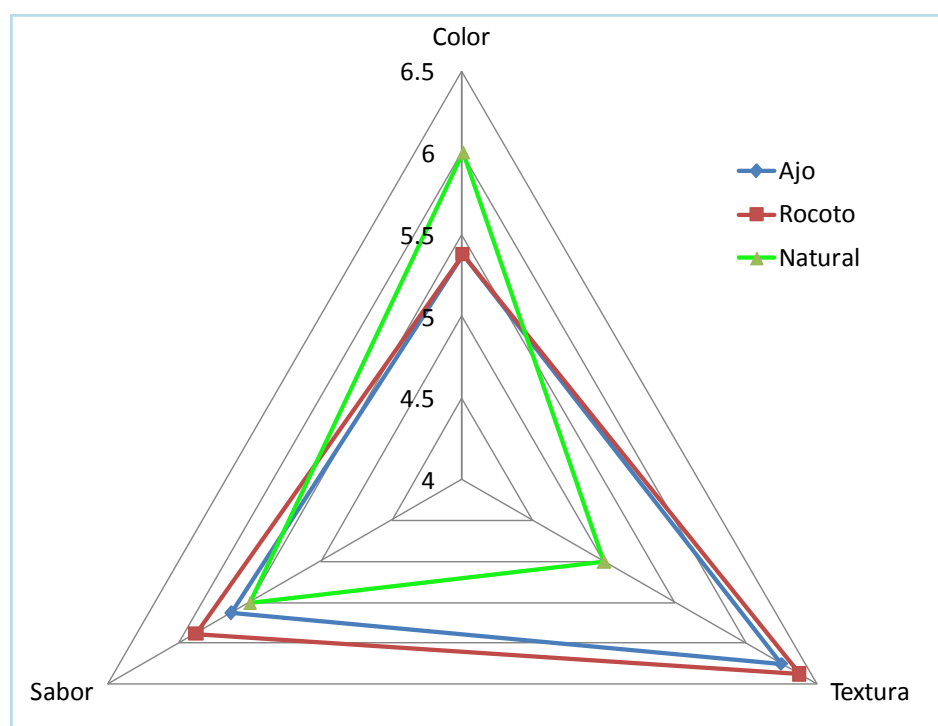


Figura 15. Perfil sensorial entre los tratamientos de la aceituna aliñada (ajo o rocoto) y aceituna negra al natural.

Fuente: Elaboración propia (2011)

Este comportamiento de la aceptabilidad por los consumidores se puede explicar en el sentido que ya existe un posicionamiento en el gusto del consumidor con respecto a la aceituna negra al natural, por esa razón, ha recibido una calificación más favorable que las muestras de aceituna ennegrecida, la aceptabilidad de la textura se explica básicamente porque la materia prima es aceituna verde que solo ha sido sometida a conservación en salmuera y que luego del desamarizado y sulfatado no han afectado mayormente sus características texturales. En el caso del sabor la propuesta de ofrecer aceituna ennegrecida aliñada con ajo en un caso y rocoto en otro caso; demuestra que el consumidor sí está habituado a estos sabores y es por ello que en general muestra una aceptabilidad muy similar a la muestra patrón a pesar de que son características distintas entre el ajo, rocoto y sin aliñar. En consecuencia se elige a la muestra de aceituna verde al natural ennegrecida y aliñada con rocoto como la muestra óptima para el presente estudio.

5.6 Análisis sensorial de discriminación (dúo – trío)

A fin de profundizar los resultados obtenidos para las muestras optimizadas correspondientes al óptimo aliñado con rocoto y al óptimo

aliñado con ajo, se realizó la prueba discriminativa de dúo – trío y verificar si existe o no diferencias entre los mismos.

5.6.1 Análisis discriminativo de la apariencia

El (cuadro 13) muestra los resultados de la prueba dúo – trío para los 15 panelistas que evaluaron en dos días la apariencia de las muestras optimizadas.

Cuadro 13. Resultados de la prueba dúo – trío para la apariencia.

Juez	1 Día	2 Día	Juez	1 Día	2 Día	
J1	C	X	J9	C	X	
J2	x	C	J10	X	C	
J3	C	C	J11	C	C	
J4	x	C	J12	X	C	
J5	C	X	J13	C	X	
J6	X	X	J14	X	C	
J7	C	X	J15	X	C	
J8	X	C	Total	<u>7</u>	<u>9</u>	16

Fuente: Elaboración propia (2011)

En la tabla de números de juicios correctos para la prueba dúo – trío, el mínimo de respuesta correctas para un total de 30 respuesta totales es de 20 para un nivel de significancia del 5%, lo que indica que no hay diferencia significativa entre las dos muestras. Es decir que entre la

aceituna aliñada con ajo y la aceituna aliñada con rocoto en general es poco probable que alguien note una diferencia importante en su apariencia debido a que el color negro se obtuvo con los mismos parámetros y únicamente al final fueron aliñadas tanto con rocoto como con ajo.

5.6.2 Análisis discriminativo para el olor

El (cuadro 14) muestra los resultados de la prueba dúo – trío para los 15 panelistas que evaluaron en dos días el olor de las muestras optimizadas.

Cuadro 14. Resultados de la prueba Dúo – trío para el olor

Juez	1 Día	2 Día	Juez	1 Día	2 Día	
J1	C	C	J9	C	C	
J2	C	C	J10	C	C	
J3	C	C	J11	C	C	
J4	C	C	J12	C	C	
J5	C	C	J13	C	C	
J6	C	C	J14	C	C	
J7	C	C	J15	C	C	
J8	X	C	Total	14	15	29

Fuente: Elaboración propia (2011)

En la tabla de números de juicios correctos para la prueba dúo – trío, el mínimo de respuesta correctas para un total de 30 respuesta totales

es de 20 para un nivel de significancia del 5%, lo que indica que sí hay diferencia significativa entre las dos muestras. Es decir que entre la aceituna aliñada con ajo y la aceituna aliñada con rocoto en general es muy probable que alguien note una diferencia importante en el olor, esto evidentemente era previsible ya que la intensidad del olor del rocoto es notoria frente a la difusa y diferente intensidad del olor del ajo.

5.7 El producto final

La (figura 16) muestra el flujo de operaciones en la elaboración de la aceituna verde al natural ennegrecida y aliñada con rocoto, que es el producto que resultó con mayor aceptabilidad en sus atributos textura y sabor.

El flujo de elaboración definitivo del tratamiento óptimo es el siguiente: recepción de materia prima: aceituna verde al natural en salmuera a 8 °Be, con calibre 160/200; acondicionamiento en agua potable: 06 horas; desamarizado: 05 horas NaOH: 2,5 °Be; lavado: 24 horas; aireado: 1 hora; sulfatado: 12 horas. FeSO₄: 3,86 g/l; lavado: 06 horas; El ajo y el rocoto, fueron cortados en rodajas, para proceder a su limpieza, escaldado a una temperatura de 85°C, 7 minutos y adicionadas 12 horas

después del ensalmuerado a 7,74 °Be de NaCl; fueron envasados en frascos de vidrio con una capacidad de 200 g y pasteurizado a 85°C por 30 minutos; el producto final resultó con una aceptabilidad sensorial de: Color: 7,87 Textura 7,64 y Sabor 5,77, según la escala hedónica estructurada de 0 a 9 puntos.

Asimismo se debe indicar que según Garrido (1981) y Arancibia (2008) el proceso de oxidación pasa por una etapa previa y sucesiva de desamarizado, para poder conseguir el ennegrecimiento posterior, sin embargo en el presente trabajo de investigación solo ha bastado una sola dilución en NaOH, para obtener los resultados finales del ennegrecimiento. Además ambos autores hacen referencia al uso de gluconato y lactato ferroso para el proceso de ennegrecimiento, caso contrario al aplicado en el presente trabajo de investigación donde se utilizó el sulfato ferroso, obteniéndose el mismo efecto de coloración (negro).

El efecto del NaOH en la textura del producto final, se comportó tal como afirma Marsilio (2002) que el empleo de altas concentraciones de álcali en la fase de desamarizado de las aceitunas provoca una disminución de la consistencia por efecto de una despectinización más o menos intensa

de las paredes celulares a raíz de la solubilización de gran parte de las protopectinas.

Se recomienda aliños en proporción de 1-3% con la concentración de la salmuera madre en torno al 5 o 6% en equilibrio; sin embargo en la presente investigación la hortaliza de aliño del producto final (rocoto) fue envasada con concentración inicial de 7,74 °Be(BOE, 2010).

En el caso del sabor el producto final es el resultado de la combinación del sabor propio de la aceituna y el picante del rocoto. Que guarda cierta similitud con la aceituna que en España se conoce como aceituna de mesa aliñada obtenida del fruto del olivo de la variedad aloreña.

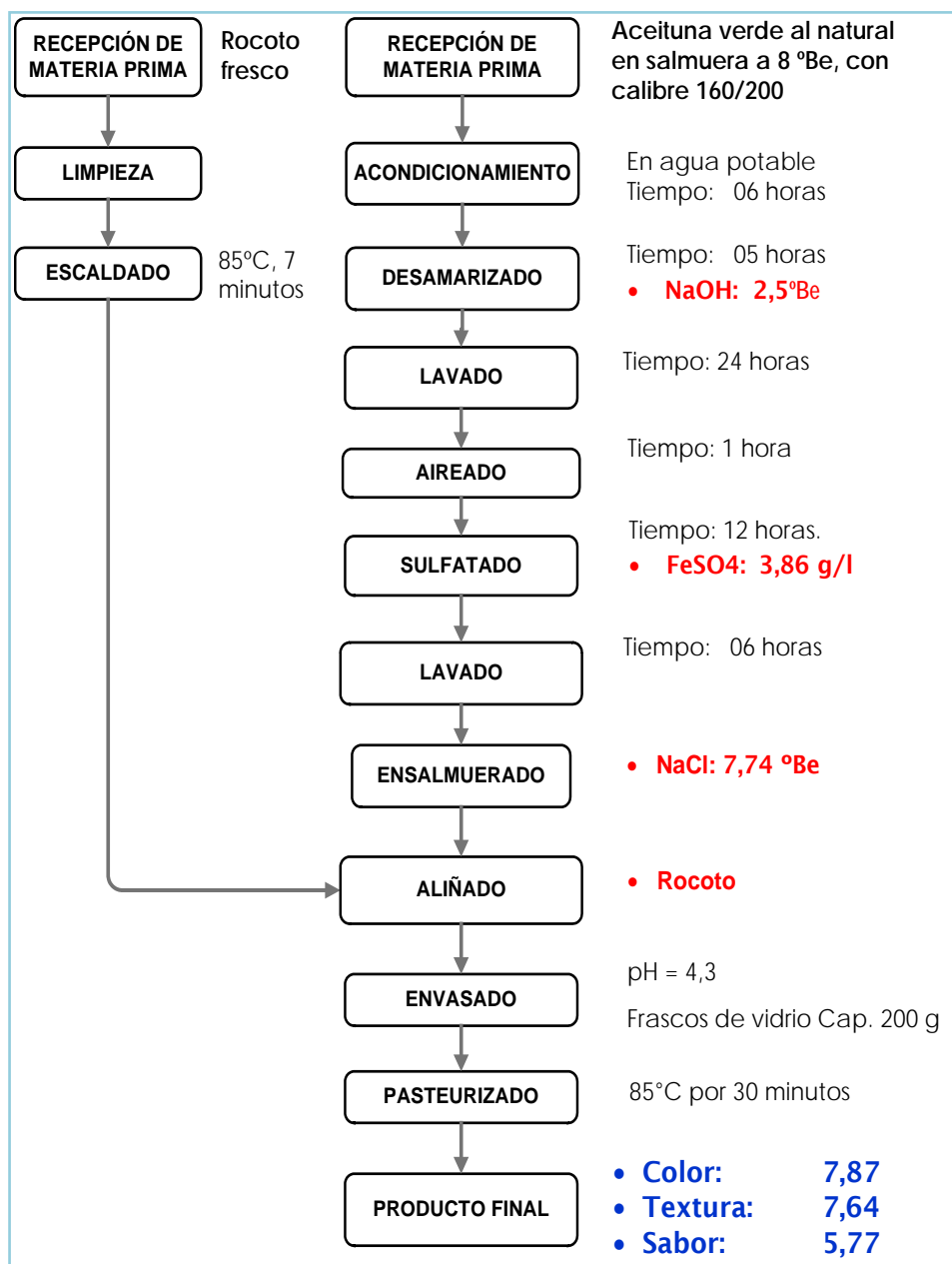


Figura 16. Flujo definitivo para la elaboración de aceitunas verde al natural ennegrecida y aliñada con rocoto.

Fuente: Elaboración propia (2011)

5.7.1 Análisis proximal del producto final

En el (cuadro 15) se reporta los valores finales de la composición proximal del producto optimizado aceituna verde al natural ennegrecida y aliñada con rocoto, donde se destaca un menor valor del contenido graso con respecto al valor de la materia prima y esto se debe posiblemente a los procesos que ha sido sometida la aceituna; asimismo reporta un ligero incremento en su nivel de cenizas que se explica muy probablemente por la presencia de la sal ferrosa adicionada durante el proceso de ennegrecimiento.

Cuadro 15. Análisis proximal del producto final óptimo

Composición	%
Proteínas (g)	1,33
Humedad	43,46
Grasa total(g)	31,20
Ceniza	13,37
Carbohidratos (disp.)(g)	10,64
Total	100,00

Fuente: Elaboración propia (2011)

5.7.2 Análisis microbiológico del producto final

Una vez obtenido el producto, se hizo la determinación de la presencia de agentes microbianos después de 7 días; como se observa en el (cuadro 16), se obtuvo un resultado negativo de la presencia de estos microorganismos en el producto final, garantizándose un alimento apto para el consumo humano.

Cuadro 16. Determinaciones microbiológicas del producto final optimizado

Determinación microbiológica	Resultados
Numeración de Mohos y levaduras	Ausencia
Numeración de Coliformes	Ausencia
Determinación de Escherichiacoli	Ausencia
Determinación de Salmonella	Ausencia

Fuente: Elaboración propia (2011)

Cabe destacar que es probable que el aliño de rocoto también haya influido favorablemente a través de sus compuestos etanolicos de probado efecto antimicrobiano sobre el crecimiento microbiano en el producto final. Corroborando lo hallado por Colivet, *et al*, (2006) que demostró el efecto inhibitor de extractos de ají sobre la Escherichiacoli y Bacillussp.

5.7.3 Balance de materia del producto final

El (cuadro 17) muestra el balance de materia del producto final optimizado (aceituna verde al natural ennegrecida y aliñada con rocoto; en el cual se destaca el rendimiento (98,20 %) en peso escurrido tomando en cuenta que este producto se presenta en frascos de vidrio transparente con líquido de gobierno (salmuera).

Cuadro 17. Balance de materia del producto final optimizado.

OPERACIONES	Materia ingresa (kg)	Materia sale (kg)	Materia que continua (kg)
Recepción de materias primas			
. Aceituna	100	0	100
. Rocoto	15	0	15
. Agua (acondicionamiento)	60	60	0
Desamarizado	100	0,5	99,5
Solución NaOH (2,5 °Be)	60	60	0
Lavado	99,5	0,5	99
Agua	60	60	0
Aireado	99	0	99
Sulfatado	99	0,4	98,6
Solución sulfato (3,86 g/l)	60,00	60	0
Ensalmuerao	98,6	0,4	98,2
Aliño	15	15	0
Solución NaCl (7,74 °Be)	60	0	60
Envasado (peso neto)	158,2	0	158,2
Pasteurización	158,2	0	158,2
* Rendimiento (peso escurrido)	98,2		98,20%

Fuente: Elaboración propia (2011)

* 0,2 kg / frasco

5.7.4 Costo tentativo de fabricación

Como resultado complementario se desarrolló el cálculo del costo de fabricación de la aceituna ennegrecida y aliñada con rocoto; esto se desarrolló según los costos actuales de las materias primas e insumos utilizados correspondientes al flujo definitivo. El (cuadro 18) muestra los resultados obtenidos en base a 100 kg de aceituna verde al natural, en el

cual se muestra que el costo de fabricación fue de 3,68 nuevos soles por frasco de 200 g de peso escurrido. Este costo muestra que es probable que adicionando los gastos administrativos, ventas y demás necesarios de comercialización, se alcance un precio asequible al consumidor.

Cuadro 18. Costo de fabricación de aceituna ennegrecida y aliñada con rocoto

Requerimientos de fabricación	Costo unitario	Cantidad requerida (kg)	Costo total
Aceituna (S/. - kg)	2,2	100	220
Rocoto (S/. - kg)	7	15	105
NaOH (S/. - kg)	5	1,5	7,5
Sulfatoferroso (S/. x kg)	6	0,2316	1,39
Sal (S/.- kg)	0,38	4,44	1,69
Frascos (S/.- Unidad)	3	491	1 473,00
Costo total de fabricación (S/.)			1 808,58
Costo unitario de fabricación (S/.)			3,68

Fuente: Elaboración propia (2011)

VI. CONCLUSIONES

1. El efecto del proceso de desamarizado con NaOH en la aceptabilidad sensorial resultó significativa para el color en relación directa y para la textura, en relación inversa; resultando no significativo para el atributo sabor.
2. El efecto del proceso de sulfatado con FeSO_4 , resultó significativa para el color y el sabor en relación directa a su aceptabilidad, resultando no significativo para el atributo textura.
3. El efecto del proceso de ensalmuerado con NaCl en la aceptabilidad sensorial resultó significativa tanto para la textura y sabor favoreciendo su aceptabilidad, mas no resultó significativo para el atributo color.
4. El tratamiento de mejores condiciones para la aceituna aliñada con ajo fue: concentración de NaOH 2,50 °Be, FeSO_4 3,92 g/l y NaCl 7,48 °Be; estos parámetros obtienen una aceituna verde en sal ennegrecida y aliñada en ajo con una aceptabilidad del color =7,86; textura =7,57 y sabor =4,82.

5. El tratamiento de mejores condiciones para la aceituna aliñada con rocoto fue: concentración de NaOH 2,50 °Be, FeSO₄ 3,86 g/l y NaCl 7,74 °Be; con estos parámetros se obtiene una aceituna verde en sal ennegrecida y aliñada con rocoto, con una aceptabilidad del color =7,87; textura = 7,64 y sabor = 5,77.
6. El análisis de materia prima (aceituna verde al natural) resaltan la grasa (39,11 %); humedad de (39,00 %) como componentes mayoritarios y proteína en menor proporción (1,19 %).
7. El análisis proximal del producto final (aceituna verde al natural ennegrecida por oxidación y aliñada con rocoto) muestra un porcentaje de humedad (43,46 %) y un incremento en el nivel de cenizas con respecto al de la materia prima.
8. Los resultados de los análisis microbiológicos del producto óptimo no reportó presencia de microorganismos contaminantes, confirmando con esto la inocuidad del alimento.

VII. RECOMENDACIONES

- 1.** Se recomienda a los interesados en el tema evaluar la vida útil del producto bajo los efectos del tratamiento térmico y otros tipos de envases.
- 2.** Se recomienda a los interesados en el tema evaluar el proceso de ennegrecimiento en función de las variedades más comerciales de la región Tacna.
- 3.** Se recomienda a los interesados en el tema evaluar el tiempo para los procesos de desamarizado, lavado del NaOH y sulfatado en función de su estabilidad sensorial en anaquel.
- 4.** Se recomienda a los interesados en el tema investigar el uso de materia prima con menos tiempo de almacenamiento en la aceptación de sabor así como el uso del gluconato ferroso.
- 5.** Se recomienda a los interesados en el tema investigar el efecto de concentraciones de diferentes aliños (rocoto, ajo, apio, brócoli, etc.) en la aceptabilidad sensorial de aceituna ennegrecida por oxidación.

VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 1) A.O.A.C. (1981). *Official methods of analysis of the association of official agricultural chemists*. Thirteenth edition. Washington.
- 2) Abu – Sabbah, S. (2010). *Los beneficios del rocoto*. Consultado el día 10 de enero del 2012. Disponible en <http://radio.rpp.com.pe/saludenrpp/los-beneficios-del-rocoto/>.
- 3) Arancibia Araya, V. (2008). *Tipos de elaboración de aceitunas*. informativo Ministerio de Agricultura, Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Centro de Investigación Intihuasi. Chile.
- 4) Balatsouras, G. D. (1964) *Composition chimique des olives noires de Grece*. Variation de quelques constituants en fonction de la région de production. *Inf. Oleic. Int.* 28:131-156.
- 5) Barranco, D. (1999). *Varietades y patrones. El cultivo del olivo*. Junta de Andalucía. Sevilla: Mundi-Prensa.
- 6) B.O.E. (2010). *Boletín oficial del estado D. L: M-1/1958 - ISSN: 0212-033X*. España.
- 7) Botti, L., Mantovani, O., Ruggiero, D. (2005). *Calcium phytate, a natural antioxidant to counter paper corrosion caused by iron-gall*. Salerno: University of Pisa.

- 8) Box, G.E.P. y Draper, N. (1987). *Empirical Model Building and Response Surfaces*. Wiley, Nueva York.
- 9) Caballero, J., Rallo, M. (1994). *Propagación del Olivo por Enraizamiento del Olivo (Olea europea). Por estaquillas similiares bajo Nebulización: 29:39.*
- 10) Cabañas Benítez, J. (2008) *Mecánica de la Cata*.
- 11) Casas Carbajal, H. (2011). *Evaluación del procesamiento de la aceituna sevillana (Olea europea sativa hoffg, link) verde ennegrecida por oxidación al estilo californiano*. Realizado en la empresa Juan Bas Alimentos en Santiago de Chile.
- 12) Civantos, L., Contreras, R., Grana, R. (1992), “*Obtención del aceite virgen*”. Madrid: Agrícola Española.
- 13) Coello, C. (2005). *Optimización evolutiva con objetivos múltiples estado del arte y tendencias futuras*.
- 14) Colivet, J., Genette, E. (2006). *Comparación del efecto inhibitor de extractos de ají dulce (Capsicum chinense) sobre el crecimiento de Escherichia coli y Bacillus sp.* Caracas: Universidad de Oriente Venezuela.
- 15) Collazos, C. (1993). *La Composición de los Alimentos de mayor consumo en el Perú*. 6ta edición. Lima: Ministerio de Salud.
- 16) Consejo Oleícola Internacional COI/OT/MO. (2008). 1º Edición. *Análisis sensorial de las aceitunas de mesa*.

- 17) Consejo Oleícola Internacional COI/OT/NC. (2008). 1º Edición. *Norma comercial aplicable a las aceitunas de mesa 2004*.
- 18) Cuesta, C. (2009). *Metodología de Superficies de Respuesta, gran alternativa para incrementar la productividad de sus procesos Centro de Ingeniería de la Calidad*. Cali.
- 19) Chambionat, A. (1961). *Cahiers de la Recherche Agronomique*.
- 20) De la Bordolla y Alcalá, J. (1975). “*Preparación de Aceituna Verde*”. Córdoba: II Seminario Oleica Mediterráneo.
- 21) D.G.I.A. (2008). *Situación actual de la producción de ajo*. Lima: Ministerio de Agricultura.
- 22) Duarte, S. (2001). *Optimización multi objetivo de Redes empleando algoritmos evolutivos paralelos ingeniería informática*. Asunción: Facultad de Ciencias y Tecnología Universidad Católica “Nuestra Señora de la Asunción”.
- 23) Fernández Diez, et al. (1985). *Bioteología de la Aceituna de Mesa*. Sevilla: Instituto de la Grasa y su Derivados, C.S.I.C.
- 24) García, Y. (2000). *Estudio de prefactibilidad para la instalación de una planta procesadora de aceite de oliva virgen*. Lima: Universidad Agraria la Molina.
- 25) Garrido, A. (1981). *Elaboración de aceitunas negras por oxidación en medio alcalino con un solo tratamiento de lejía*.

- 26) Hermoso, M., Uceda, M., Frías, I., y Beltrán, G. (1997). *El cultivo del olivo Junta de Andalucía*. Madrid: Mundi-Prensa.
- 27) Juan, M. (2001). *Diseño y construcción de un digestor anaeróbico para agua residual de la industria de procesado de aceituna de mesa*.
- 28) Loussert, R., Brousse, G. (1980). *El olivo*. Madrid: Mundi-Prensa.
- 29) Lúquez, C., Aguilera, J. (2006). *El Color en las Aceitunas Negras Naturales de Mesa Nueva Técnica de Mensura Digitalizada para Optimizar el Método de Oscurecimiento Natural*. Cuyo: Universidad Nacional de Cuyo.
- 30) Machacuay, Santiago. (2009). *Elaboración de Encurtidos*. Junín: Universidad Nacional del Centro del Perú.
- 31) Manzano, R. (2011). *Aceitunas negras oxidadas (negras californianas)*. Recuperado el 14 de junio del 2012, de <http://aceitunasargentinas.blogspot.com/2011/05/aceitunas-negras-oxidada.html>.
- 32) Marsilio, V. (2002). *Análisis sensorial de las aceitunas de mesa*. OLIVAE N° 20.
- 33) Marzano, D. (1988). *Determinación de los parámetros en el procesamiento de la aceituna de mesa*. Tacna: Tesis Industrias Alimentarias. Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann.

- 34) Miranda, Edwin. (2010). *Aplicación del proceso aeróbico de fermentación con cambio de salmuera a la aceituna negra natural de la variedad criolla*. Cordoba: Universidad de Córdoba.
- 35) Montgomery, C. (1991). *Diseño y Análisis de Experimentos*. Guadalajara: Editorial Iberoamérica.
- 36) Myers, R., y D. C. Montgomery. (1996). *Response Surface Methodology: Process and Product Optimization Using Designed Experiments*. Wiley.
- 37) Navas, J. (2007). *El mercado de la aceituna: producción y exportación (Perú)*. Recuperado el 25 de octubre del 2011, de <http://www.monografias.com/trabajos46/mercado-aceitunaPerú/mercado-aceituna-peru2.shtml>.
- 38) *Norma Técnica Nacional*.(1992). ITINTEC.011.101.
- 39) *Norma Técnica Nacional*.(1992). ITINTEC.011.101.
- 40) Norma Técnica Peruana NTP 209.098. (2006). *ACEITUNA DE MESA: Definiciones, requisitos y rotulado*.
- 41) Olive. (2005). *Alteraciones y pérdida de calidad en aceituna de mesa y aceite de oliva*. Comisión Europea, "Creación de una Red de Centros de Difusión Tecnológica para optimizar la Pyme del sector de la aceituna y del aceite de oliva".

- 42) Rodríguez, M. (1997). *Diferentes condiciones de fermentación de aceitunas negras en salmuera variedad Empeltre del Bajo Aragón*.
- 43) Sotomayor, E., Caballero, J. (1994). *Propagation of "GordalSevilla" olive by Grafting onto rooted. Cutting or Sudling under plastic-closed frames without mist. Acta Horticulture 356:39-42*.
- 44) Tapia, F., Arancibia, V. (2001). *Preparación de Aceitunas*. Copiapo: Centro Regional de Investigación Intihuasi Vallenar.
- 45) T.D.C. Olive. (2005). *Tecnología de la elaboración de aceite de oliva y aceitunas de mesa*. Sevilla.
- 46) Ticona, C. (2007). *Estudio de la fermentación en aceitunas negras, (Olea europea sativa, variedad sevillana), mediante técnicas de reducción del tiempo de fermentación*. Tacna : UNJBG.
- 47) Ureña, M. (2008). *Evaluación sensorial fundamentos básicos de la Molina*. Lima.
- 48) Vásquez, Grace. (2010). *Manual de calidad jugos y néctares*. Escuela Superior Politécnica Del Litoral. Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la Producción. Ingeniería en Alimentos. Análisis de Alimentos.

- 49) Velasco, F. (1971). "*Recolección y descripción de muestras del G. Capsicum*. Satipo (Junín) y San Miguel (Cajamarca).

Páginas web

1. <http://aceitunatacna.blogspot.com/2008/05/aceituna-en-tacna.html>(23/11/2011).
2. <http://taninos.tripod.com/rocotoperu.jpg>(23/11/2011).
3. <http://www.laraos.info/db/es/pdf/AJO.pdf>(23/11/2011).

ANEXOS

Anexo 1. Cartilla de evaluación, de preferencia según escala hedónica de 9 puntos

NOMBRE: _____

COLOR

VALOR		140	219	691	854	832	181	225	967	599	122	691	887	251	102	770
9	agrada muchísimo															
8	agrada mucho															
7	agrada moderadamente															
6	agrada un poco															
5	indiferente															
4	desagrada un poco															
3	desagrada moderadamente															
2	desagrada mucho															
1	desagrada muchísimo															

TEXTURA

VALOR		140	219	691	854	832	181	225	967	599	122	691	887	251	102	770
9	agrada muchísimo															
8	agrada mucho															
7	agrada moderadamente															
6	agrada un poco															
5	indiferente															
4	desagrada un poco															
3	desagrada moderadamente															
2	desagrada mucho															
1	desagrada muchísimo															

SABOR

VALOR		140	219	691	854	832	181	225	967	599	122	691	887	251	102	770
9	agrada muchísimo															
8	agrada mucho															
7	agrada moderadamente															
6	agrada un poco															
5	indiferente															
4	desagrada un poco															
3	desagrada moderadamente															
2	desagrada mucho															
1	desagrada muchísimo															

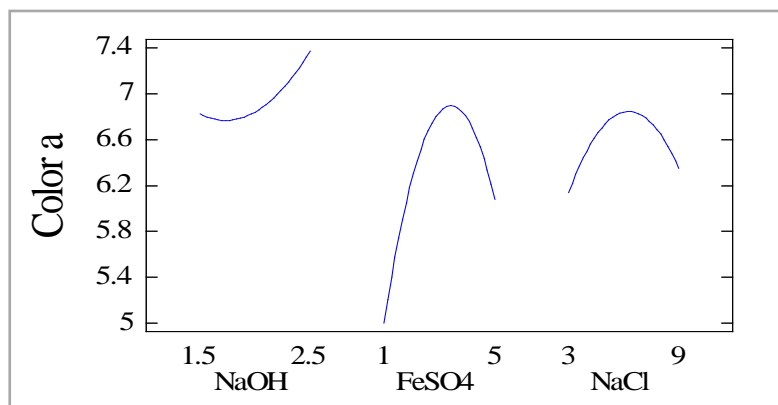
Fuente: Elaboración propia (2011)

Anexo 2. Análisis estadístico para la variable **color** de la aceituna ennegrecida y aliñada con **ajo**.

La ecuación de regresión predictiva útil para graficar las curvas de nivel y superficie de respuesta del color es:

$$Y = 6,84 + 0,275 X_1 + 0,5375 X_2 + 0,105 X_3 + 0,975 X_1X_2 + 0,205 X_1X_3 + 0,35 X_2X_3 + 0,2575 X_1^2 - 1,2975 X_2^2 - 0,5975 X_3^2$$

a) Efectos principales para la variable color de la aceituna verde en sal ennegrecida y aliñada con ajo



Fuente: Elaboración propia (2011)

b) Análisis de coeficientes según el factor de inflación de varianza (VIF)

Factor	Coefficiente estimado	Grados de libertad	Error estándar	VIF
Intercepto	6,84	1	0,158671569	
A-NaOH	0,275	1	0,097166095	1
B-FeSO4	0,5375	1	0,097166095	1
C-NaCl	0,105	1	0,097166095	1
AB	0,975	1	0,137413609	1
AC	0,205	1	0,137413609	1
BC	0,35	1	0,137413609	1
A ²	0,2575	1	0,143024619	1,01111111
B ²	-1,2975	1	0,143024619	1,01111111
C ²	-0,5975	1	0,143024619	1,01111111

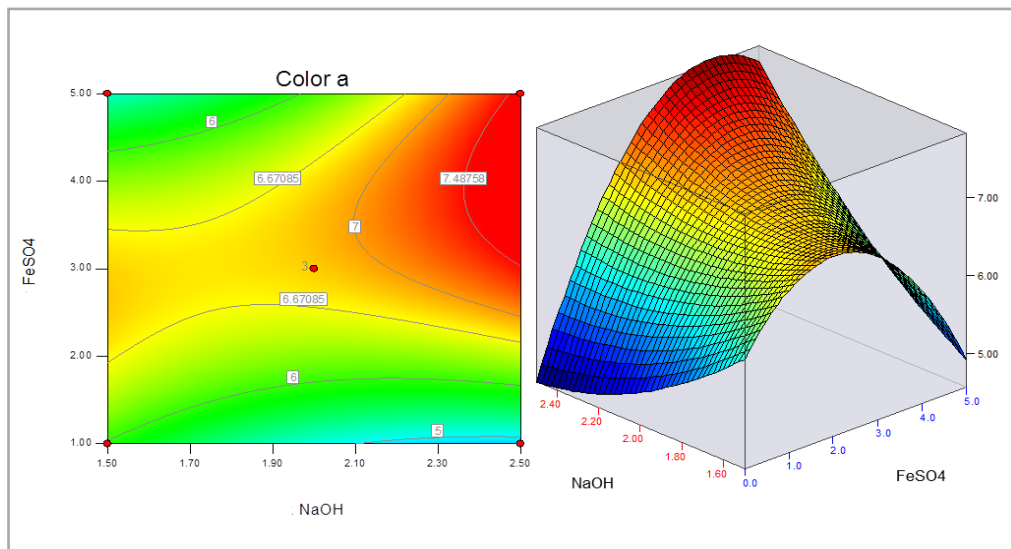
Fuente: Elaboración propia (2011)

c) Análisis de varianza para la variable respuesta Color

Fuente	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	Valor F	p-valor Prob > F	
Modelo	15,177283	9	1,686364815	22,327086	0,0016	Significativo
Error	0,37765	5	0,07553			
Falta de ajuste	0,06025	3	0,020083333	0,1265490	0,9363	No significativo
Error puro	0,3174	2	0,1587			
Total	15,5549333	14				
Dev. estd.	0,27482722		R ²	0,97572153		
Media	5,96666667		R ² Ajustado	0,93202028		
C.V. %	4,60604277					

Fuente: Elaboración propia (2011)

d) Curvas de nivel y superficie de respuesta que relaciona las variables concentración (°Be) de NaOH y (g/l) FeSO₄ con respecto a la aceptabilidad del color de la aceituna ennegrecida y aliñada con ajo



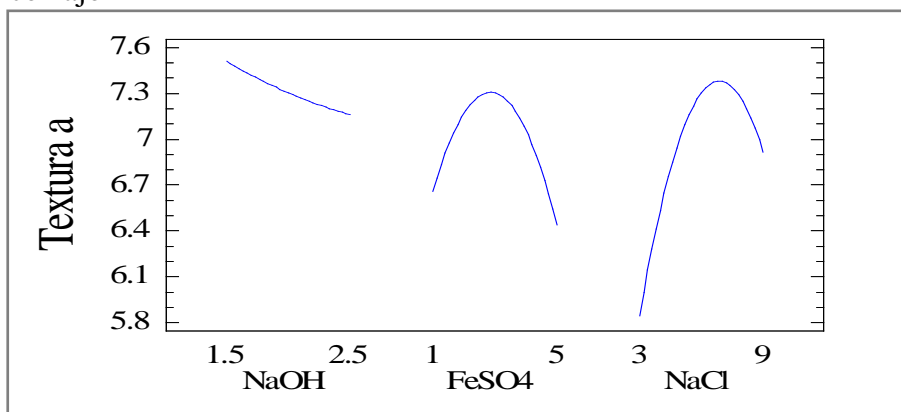
Fuente: Elaboración propia (2011)

Anexo 3. Análisis estadístico para la variable **textura** de la aceituna ennegrecida aliñada con **ajo**.

La ecuación de regresión predictiva útil para graficar las curvas de nivel y superficie de respuesta de la textura es:

$$Y = 7,30333 - 0,17375X_1 - 0,11 X_2 + 0,53625 X_3 + 0,095 X_1X_2 + 0,9175 X_1X_3 + 0,405 X_2X_3 + 0,0320833 X_1^2 - 0,7554167X_2^2 - 0,9229167 X_3^2$$

a) Efectos principales para la variable textura de la aceituna ennegrecida aliñada con ajo



Fuente: Elaboración propia (2011)

b) Análisis de coeficientes según el factor de inflación de varianza (VIF)

Factor	Coefficiente estimado	Grados de libertad	Error estándar	VIF
Intercepto	7,30333333	1	0,190611589	
A-NaOH	-0,17375	1	0,116725283	1
B-FeSO4	-0,11	1	0,116725283	1
C-NaCl	0,53625	1	0,116725283	1
AB	0,095	1	0,165074478	1
AC	0,9175	1	0,165074478	1
BC	0,405	1	0,165074478	1
A²	0,03208333	1	0,171814964	1,01111111
B²	-	1	0,171814964	1,01111111
C²	0,75541667	1	0,171814964	1,01111111
	-	1	0,171814964	1,01111111
	0,92291667			

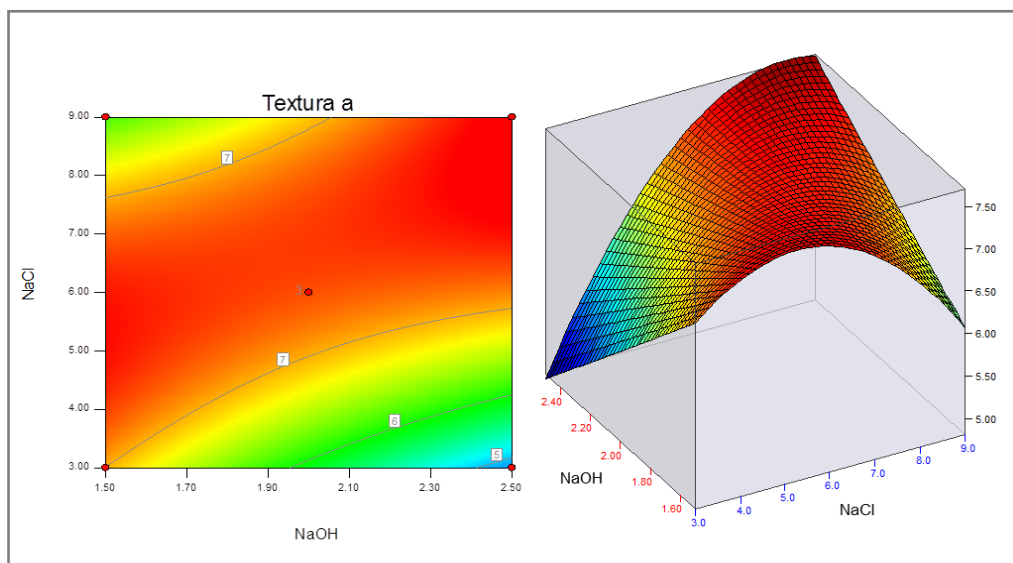
Fuente: Elaboración propia (2011)

c) Análisis de varianza para la variable respuesta Textura

Fuente	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	Valor F	p-valor Prob > F	
Modelo	11,6693817	9	1,296597963	11,895	0.0070	Significativo
Error	0,54499167	5	0,108998333			
Falta de ajuste	0,447925	3	0,149308333	3,0764	0.2549	No significativo
Error puro	0,09706667	2	0,048533333			
Total	12,2143733	14				
Dev. estd.		0,33014896	R²	0,95538		
Media		6,42533333	R² Ajustado	0,87506		
C.V. %		5,13823858				

Fuente: Elaboración propia (2011)

d) Curvas de nivel y superficie de respuesta que relaciona las variables concentración de NaOH y NaCl con respecto a la aceptabilidad de la textura de la aceituna ennegrecida y aliñada con ajo



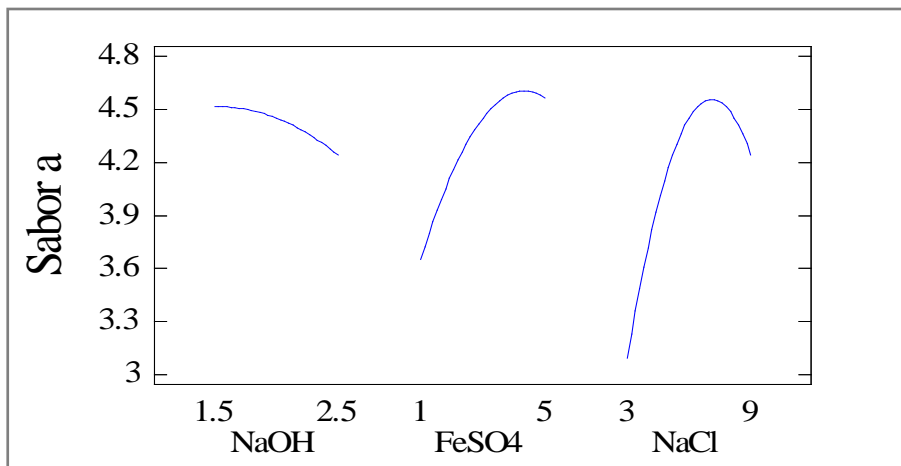
Fuente: Elaboración propia (2011)

Anexo 4. Análisis estadístico del diseño de Box Benkhen aplicando la metodología de superficie de respuesta para la variable **sabor** de la aceituna ennegrecida aliñada con **ajo**.

La ecuación de regresión predictiva útil para graficar las curvas de nivel y superficie de respuesta del sabor es:

$$Y=4,45-0,1375X_1+0,4575X_2+0,575X_3+0,175X_1X_2+0,52X_1X_3+0,06X_2X_3-0,0725X_1^2-0,3425X_2^2-0,7825X_3^2$$

a) Efectos principales para la variable sabor de la aceituna ennegrecida aliñada con ajo.



Fuente: Elaboración propia (2011)

b) Análisis de coeficientes según el factor de inflación de varianza (VIF)

Factor	Coefficiente estimado	Grados de libertad	Error estándar	VIF
Intercepto	4,45	1	0,193476958	
A-NaOH	-0,1375	1	0,118479956	1
B-FeSO4	0,4575	1	0,118479956	1
C-NaCl	0,575	1	0,118479956	1
AB	0,175	1	0,167555961	1
AC	0,52	1	0,167555961	1
BC	0,06	1	0,167555961	1
A²	-0,0725	1	0,174397773	1,01111111
B²	-0,3425	1	0,174397773	1,01111111
C²	-0,7825	1	0,174397773	1,01111111

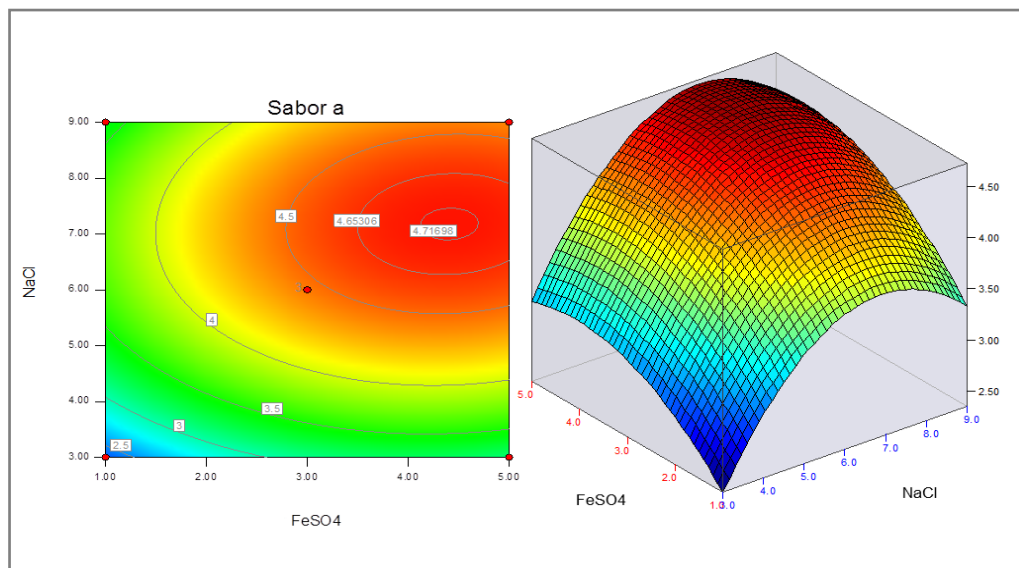
Fuente: Elaboración propia (2011)

c) Análisis de varianza para la variable respuesta Sabor

Fuente	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	Valor F	P-valor Prob > F	
Modelo	8,24627	9	0,9162	8,15897	0.0163	Significativo
Error	0,5615	5	0,1123			
Falta de ajuste	0,3567	3	0,1189	1,16113	0.4937	No significativo
Error puro	0,2048	2	0,1024			
Total	8,80777	14				
Dev. estd.		0,33511	R²	0,93624		
Media		3,81133	R² Ajustado	0,82149		
C.V. %		8,79251				

Fuente: Elaboración propia (2011)

- d) Curvas de nivel y superficie de respuesta que relaciona las variables concentración de FeSO4 y NaCl con respecto a la aceptabilidad del sabor de la aceituna ennegrecida y aliñada con ajo



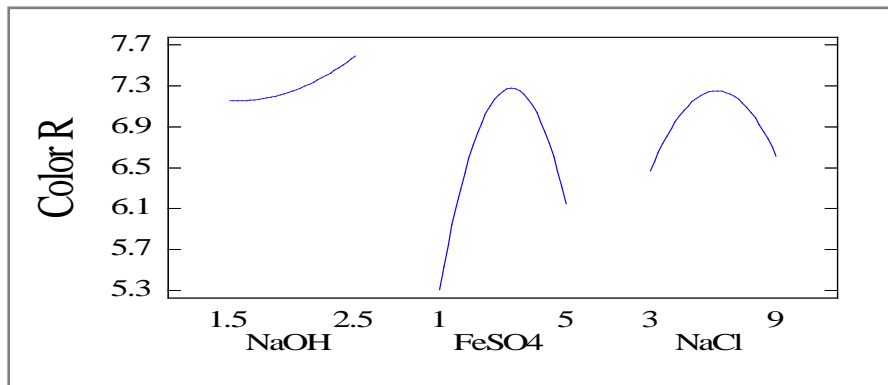
Fuente: Elaboración propia (2011)

Anexo 5. Análisis estadístico para la variable **color** de la aceituna ennegrecida aliñada con **rocoto**.

La ecuación de regresión predictiva útil para graficar las curvas de nivel y superficie de respuesta del color es:

$$Y = 7,24667 + 0,21875X_1 + 0,41625X_2 + 0,075X_3 + 0,8125X_1X_2 + 0,29X_1X_3 + 0,27X_2X_3 + 0,12541667X_1^2 - 1,51958333X_2^2 - 0,70708333X_3^2$$

- a) Efectos principales para la variable color de la aceituna ennegrecida aliñada con rocoto



Fuente: Elaboración propia (2011)

- b) Análisis de coeficientes según el factor de inflación de varianza (VIF)

Factor	Coefficiente estimado	Grados de libertad	Error estándar	VIF
Intercepto	7,24666667	1	0,183791851	
A-NaOH	0,21875	1	0,112549063	1
B-FeSO ₄	0,41625	1	0,112549063	1
C-NaCl	0,075	1	0,112549063	1
AB	0,8125	1	0,159168412	1
AC	0,29	1	0,159168412	1
BC	0,27	1	0,159168412	1
A ²	0,1254167	1	0,165667736	1,01111111
B ²	-1,519583	1	0,165667736	1,01111111
C ²	-0,707083	1	0,165667736	1,01111111

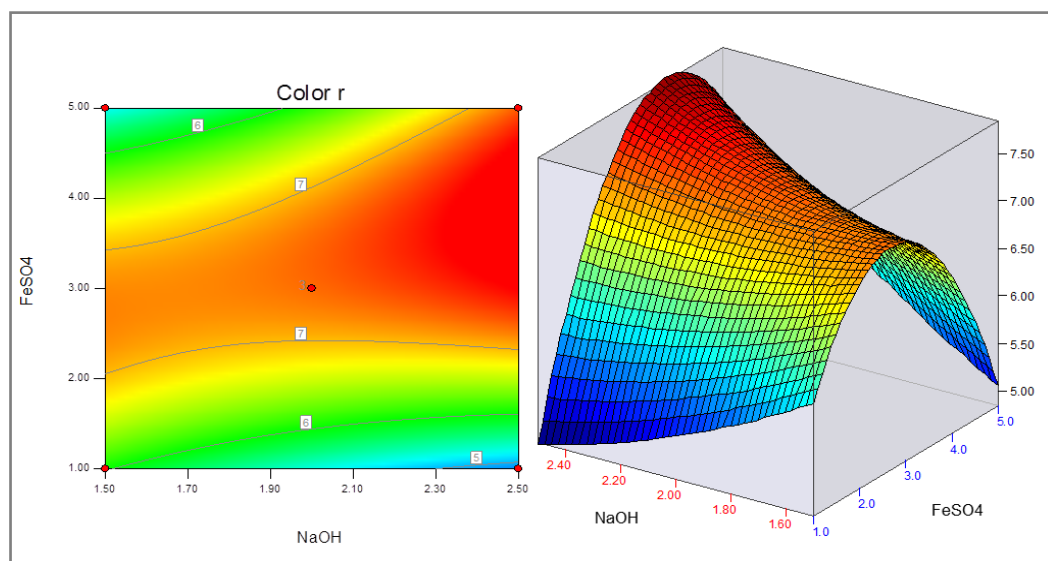
Fuente: Elaboración propia (2011)

c) Análisis de varianza para la variable respuesta Color

Fuente	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	Valor F	p-valor Prob > F	
Modelo	15,2044683	9	1,68938537	16,6707	0.0032	Significativo
Error	0,50669167	5	0,101338333			
Falta de ajuste	0,215025	3	0,071675	0,49148	0.7235	No significativo
Error puro	0,29166667	2	0,145833333			
Total	15,71116	14				
Dev. estd.		0,31833682	R²	0,96774957		
Media		6,126	R²Ajustado	0,9096988		
C.V. %		5,19648749				

Fuente: Elaboración propia (2011)

d) Curvas de nivel y superficie de respuesta que relaciona las variables concentración de NaOH y FeSO₄ con respecto a la aceptabilidad del color de la aceituna ennegrecida y aliñada con rocoto



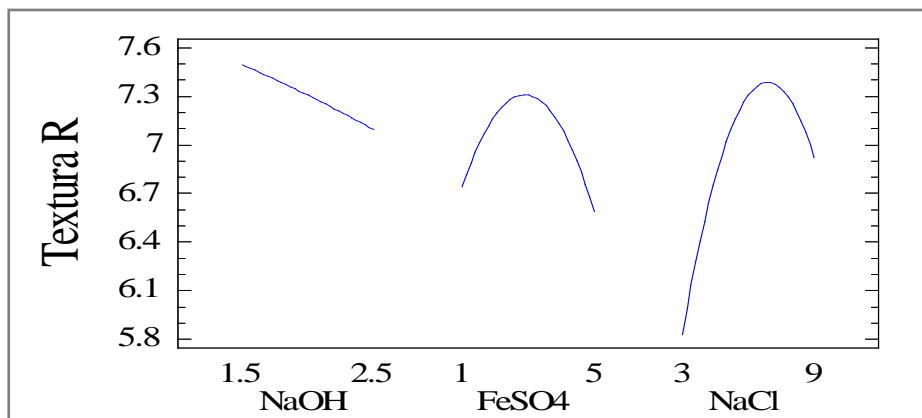
Fuente: Elaboración propia (2011)

Anexo 6. Análisis estadístico para la variable **textura** de la aceituna ennegrecida aliñada con **rocoto**.

La ecuación de regresión predictiva útil para graficar las curvas de nivel y superficie de respuesta de la textura es:

$$Y = 7,3066667 - 0,20125X_1 - 0,075X_2 + 0,54625X_3 + 0,1175X_1X_2 + 0,865X_1X_3 + 0,5775X_2X_3 - 0,01083333X_1^2 - 0,64333333X_2^2 - 0,93083333 X_3^2$$

- a) Efectos principales para la variable textura de la aceituna ennegrecida aliñada con rocoto



Fuente: Elaboración propia (2011)

b) Análisis de coeficientes según el factor de inflación de varianza (VIF)

Factor	Coefficiente estimado	Grados de libertad	Error estándar	VIF
Intercept	7,30666667	1	0,209736607	
A-NaOH	-0,20125	1	0,128436917	1
B-FeSO4	-0,075	1	0,128436917	1
C-NaCl	0,54625	1	0,128436917	1
AB	0,1175	1	0,18163723	1
AC	0,865	1	0,18163723	1
BC	0,5775	1	0,18163723	1
A²	-0,0108333	1	0,189054023	1,01111111
B²	-0,6433333	1	0,189054023	1,01111111
C²	-0,9308333	1	0,189054023	1,01111111

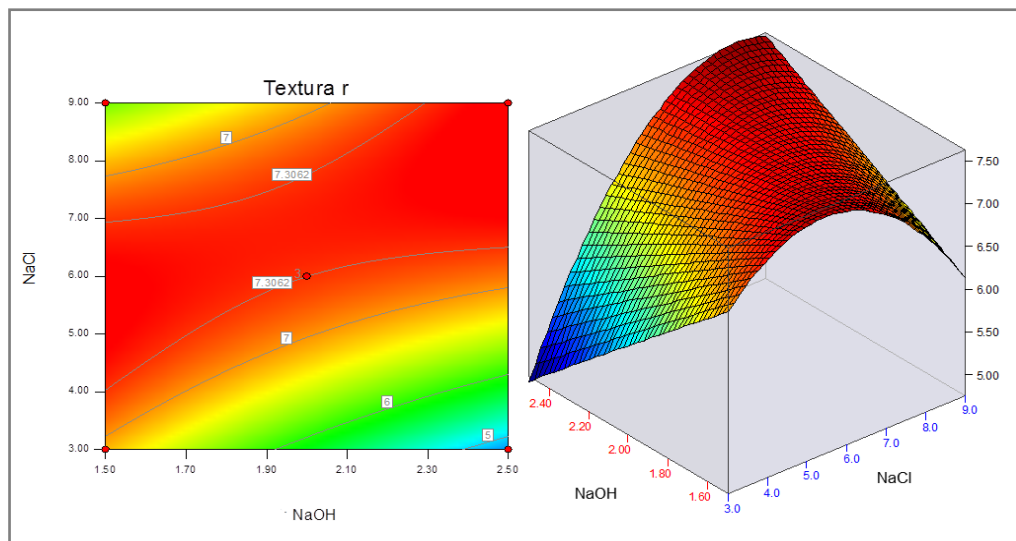
Fuente: Elaboración propia (2011)

c) Análisis de varianza para la variable respuesta Textura

Fuente	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	Valor F	p-valor Prob > F	
Modelo	11,5901317	9	1,287792407	9,75834	0.0109	Significativo
Error	0,65984167	5	0,131968333			
Falta de ajuste	0,518775	3	0,172925	2,45168	0.3029	No significativo
Error puro	0,14106667	2	0,070533333			
Total	12,2499733	14				
Dev. estd.		36327446	R²	94613526		
Media		6,46133333	R²Ajustado	0,84917872		
C.V. %		5,62228322				

Fuente: Elaboración propia (2011)

d) Curvas de nivel y superficie de respuesta que relaciona las variables concentración de NaOH y NaCl con respecto a la aceptabilidad de la textura de la aceituna ennegrecida y aliñada con rocoto.



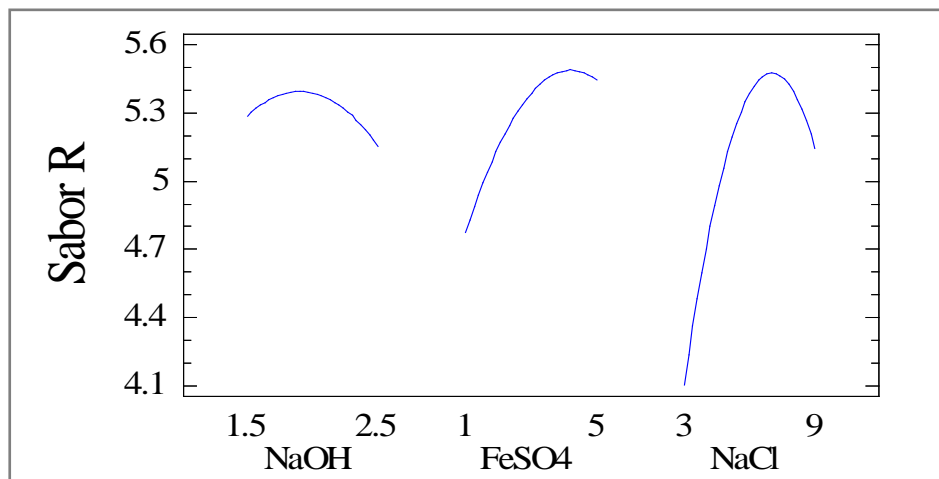
Fuente: Elaboración propia (2011)

Anexo 7. Análisis estadístico para la variable **sabor** de la aceituna ennegrecida aliñada con **rocoto**.

La ecuación de regresión predictiva útil para graficar las curvas de nivel y superficie de respuesta del sabor es:

$$Y = 5,3866667 - 0,06625X_1 + 0,335X_2 + 0,51875X_3 + 0,2125X_1X_2 + 0,655X_1X_3 + 0,0375X_2X_3 - 0,1658333X_1^2 - 0,2783333X_2^2 - 0,7608333X_3^2$$

- a) Efectos principales para la variable sabor de la aceituna ennegrecida aliñada con rocoto.



Fuente: Elaboración propia (2011)

- b) Análisis de coeficientes según el factor de inflación de varianza (VIF)

Factor	Coefficiente estimado	Grados de libertad	Error estándar	VIF
Intercept	5,38666667	1	0,22407464	
A-NaOH	-0,06625	1	0,137217133	1
B-FeSO4	0,335	1	0,137217133	1
C-NaCl	0,51875	1	0,137217133	1
AB	0,2125	1	0,194054331	1
AC	0,655	1	0,194054331	1
BC	0,0375	1	0,194054331	1
A ²	-0,1658333	1	0,201978151	1,01111111
B ²	-0,2783333	1	0,201978151	1,01111111
C ²	-0,7608333	1	0,201978151	1,01111111

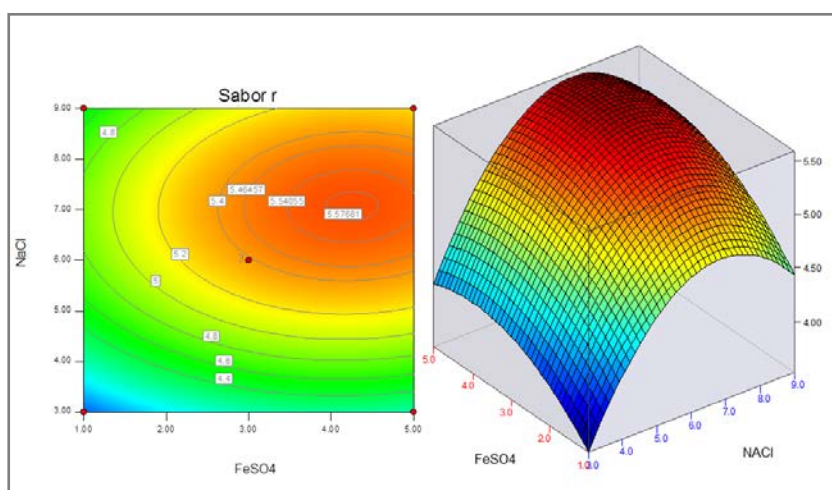
Fuente: Elaboración propia (2011)

c) Análisis de varianza para la variable respuesta Sabor

Fuente	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	Valor F	p-valor Prob > F	
Modelo	7,33621833	9	0,81513537	5,41156735	0.0388	Significativo
Error	0,75314167	5	0,150628333			
Falta de ajuste	0,294675	3	0,098225	0,42849353	0.7553	No significativo
Error puro	0,45846667	2	0,229233333			
Total	8,08936	14				
Dev. estd.		0,38810866	R²	0,90689725		
Media		4,744	R² Ajustado	0,7393123		
C.V. %		8,18104262				

Fuente: Elaboración propia (2011)

d) Curvas de nivel y superficie de respuesta que relaciona las variables concentración de FeSO₄ y NaCl con respecto a la aceptabilidad del sabor de la aceituna ennegrecida y aliñada con rocoto.



Fuente: Elaboración propia (2011)

Anexo 8. Norma Técnica Peruana (2006). Definiciones, requisitos y rotulado.