



UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA

SEGUIMIENTO DE LA PRODUCCION DEL AROMA DEL YOGURT DURANTE
LA FERMENTACION ACIDO LACTICA MEDIANTE NARIZ ELECTRÓNICA Y
EVALUACIÓN SENSORIAL

MONITORING AROMA PRODUCTION OF YOGURT DURING LACTIC
FERMENTATION BY ELECTRONIC NOSE AND SENSORY EVALUATION

BERTHA VIVIANA RUALES GUZMAN

UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA
FACULTAD DE CIENCIAS
MAESTRIA EN CIENCIA Y TECNOLOGIA DE ALIMENTOS
BOGOTA, COLOMBIA
2012

SEGUIMIENTO DE LA PRODUCCION DEL AROMA DEL YOGURT DURANTE
LA FERMENTACION ACIDO LACTICA MEDIANTE NARIZ ELECTRÓNICA Y
EVALUACIÓN SENSORIAL

MONITORING AROMA PRODUCTION OF YOGURT DURING LACTIC
FERMENTATION BY ELECTRONIC NOSE AND SENSORY EVALUATION

BERTHA VIVIANA RUALES GUZMAN

Trabajo de investigación presentado como requisito para optar al título de
Magister en Ciencia y Tecnología de Alimentos.

DIRECTOR
CARLOS FERNANDO NOVOA CASTRO
Zootecnista, Msc. en Ciencias Química.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA
FACULTAD DE CIENCIAS
MAESTRIA EN CIENCIA Y TECNOLOGIA DE ALIMENTOS
BOGOTA, COLOMBIA
2012

Nota de aceptación.

CARLOS FERNANDO NOVOA CASTRO
Director

Jurado

Jurado

Bogotá, Junio de 2012

Dedicatoria

A Dios por darme su infinito amor que se refleja en toda la fortaleza, perseverancia y dones que me ha dado para sacar adelante cada una de mis metas.

A mi madre por su amor, apoyo y ser el ejemplo de perseverancia y fortaleza.

A mis hermanas por ser mi apoyo constante y brindarme su amor incondicional

A mis amigos que son un regalo de Dios

Agradecimientos

La autora expresa su agradecimiento a:

Dirección de Investigación Bogotá DIB.

Instituto de Ciencia y Tecnología de Alimentos (ICTA).

Facultad de Ciencias y Programa de Postgrado de Ciencia y Tecnología de Alimentos Universidad Nacional de Colombia Bogotá

Profesor Carlos Fernando Novoa

Profesora Patricia Restrepo

Ingeniero Carlos Zuluaga

Panel sensorial de química

Personal del ICTA especialmente Jairo Moreno, Clara Nidia Jiménez, Álvaro Jiménez y Marcia Guzmán

Jerson José Hernández de la Cruz.

A todos los que de una u otra forma ayudaron al desarrollo de esta investigación.

Tabla de contenido

Resumen.....	Pág. XIII
Lista de figuras.....	IX
Lista de tablas.....	XI
Lista de símbolos y abreviaturas.....	XII
Introducción.....	1
1. Objetivos.....	3
1.1 Objetivo general.....	3
1.2 Objetivos específicos.....	3
2. Marco referencial.....	5
2.1 Leches fermentadas.....	5
2.1.1 De acuerdo con el tipo de fermentación.....	5
2.1.2 De acuerdo con el contenido graso.....	6
2.1.3 De acuerdo con la concentración de la leche.....	7
2.1.4 De acuerdo con la separación del suero.....	7
2.1.5 De acuerdo con el origen de la leche.....	7
2.2 Fermentación.....	8
2.2.1 Fundamentos de la fermentación láctica.....	9
2.2.2 Metabolitos.....	10
2.2.3 Producción de los compuestos responsables del flavor.....	11
2.3 Bacterias ácido lácticas.....	12
2.3.1 Homofermentación.....	12
2.3.2 Heterofermentación.....	13
2.3.3 Clasificación de las bacterias ácido lácticas.....	13
2.4 Yogurt.....	13
2.3.3 Diagrama de flujo.....	15
2.5 Aroma.....	15
2.5.1 Tipos de Aromas y características.....	15
2.6 Aroma del yogurt.....	16
2.6.1 Acetaldehído.....	17
2.6.2 Diacetilo.....	17
2.7 Calidad sensorial.....	18
2.8 Panel sensorial.....	18
2.8.1 Juez entrenado.....	18
2.8.2 Vinculación, selección preliminar e Iniciación.....	19
2.8.2.1 Tipos de vinculación.....	19
2.8.2.2 Ventajas y desventajas de la vinculación interna y externa.....	20
2.8.2.2.1 Ventajas vinculación Interna.....	20
2.8.2.2.2 Desventajas vinculación interna.....	20
2.8.2.2.3 Ventajas vinculación externa.....	20
2.8.2.2.4 Desventajas vinculación externa.....	20
2.8.3 Selección.....	20
2.8.4 Entrenamiento.....	21

2.8.4.1 Entrenamiento para la detección y reconocimiento de olores.....	21
2.8.5 Método Descriptivo.....	21
2.8.6 Escalas de Intensidad.....	21
2.8.6.1 Escalas de respuesta.....	21
2.8.6.1.1 Escalas de respuesta numérica y verbal.....	21
2.8.6.1.2 Escalas de respuesta dinámicas.....	21
2.8.6.1.3 Escala de respuesta grafica.....	22
2.8.6.2 Selección de la escala de respuesta	22
2.8.6.2.1 Generalidades.....	22
2.8.6.2.2 Selección de la escala de respuesta unipolar y bipolar.....	22
2.8.6.2.3 Selección de una escala de respuesta continua o Discreta.....	22
2.8.6.2.4 Igualdad de los intervalos de escalas de respuesta.....	23
2.8.6.2.5 Calidad de las mediciones obtenidas usando escalas de respuesta.....	23
2.9 Nariz electrónica.....	24
2.9.1 Aplicaciones de las narices electrónicas en el análisis de alimentos.....	27
2.9.2 Aplicaciones de nariz electrónica en lácteos.....	32
2.10 Análisis multivariado.....	32
3. Metodología.....	35
3.1 Obtención del producto.....	35
3.1.1 Materias primas.....	35
3.1.2 Diseño experimental.....	36
3.2 Análisis del producto.....	36
3.2.1 Entrenamiento de panelistas.....	36
3.2.2 Análisis sensorial.....	36
3.2.3 Análisis instrumental.....	36
3.2.4 Métodos de evaluación fisicoquímico.....	37
3.2.4.1 Aplicados a la materia prima.....	37
3.2.4.2 Aplicados al yogurt.....	37
3.3 Análisis de resultados.....	37
3.3.1 Análisis de resultados de los datos de panel sensorial.....	37
3.3.2 Análisis de resultados de los datos de nariz electrónica.....	38
3.3.3 Análisis de variables fisicoquímicas.....	38
4. Resultados y discusión.....	39
4.1 Análisis de resultados de los datos de panel sensorial	39
4.1.1 Análisis de diferencias para tiempos y cultivos.....	39
4.1.2 Análisis de diferencias para temperaturas	40
4.2 Análisis de resultados de los datos de nariz electrónica.....	41
4.2.1 Análisis de componentes principales para nariz electrónica.....	41
4.2.1.1 Diferencias entre cultivos.....	41
4.2.1.2 Diferencias entre temperaturas.....	43

4.2.1.3 Diferencias entre tiempos.....	45
4.2.2 Análisis de componentes principales para las últimas horas de fermentación.....	48
4.2.2.1 Diferencia entre cultivos con nariz electrónica.....	48
4.2.2.2 Diferencia entre temperaturas con nariz electrónica.....	50
4.2.2.3 Diferencia entre cultivos con análisis fisicoquímico.....	52
4.2.2.4 Diferencia entre temperaturas con análisis fisicoquímico.....	55
4.3. Análisis de variables fisicoquímicas.....	56
4.3.1 Análisis de varianza.....	56
5. Conclusiones.....	65
6. Recomendaciones.....	67
A. Anexo A. Diagrama de flujo para la elaboración del yogurt.....	83
B. Anexo B. Fichas técnicas de cepas lácticas utilizadas.....	84
C. Anexo C Pruebas de ordenamiento	91
D. Anexo D. Evaluación por escalas.....	92
E. Anexo E. Matriz de datos.....	93
F. Anexo F. Prueba de Kruskal Wallis para diferenciar tiempos.....	96
G. Anexo G. Prueba de Kruskal Wallis para diferenciar cultivos.....	97
H. Anexo H. Prueba de Wilcoxon para diferenciar temperaturas.....	98
I. Anexo I. Figuras 8 y 9.....	99
J. Anexo J. Figuras 14 y 15.....	100
K. Anexo K. Figuras 16 y 17.....	101
L. Anexo L. Figuras 20 a 23.....	102
M. Anexo M. Figuras 24 y 25.....	104
N. Anexo N. Figuras 26 y 27.....	105
O. Anexo O. Figuras 29 y 29.....	106
P. Anexo P. Figuras 30 a 33.....	107
Q. Anexo Q. Figuras 36 y 37.....	109
R. Anexo R. Figuras 40 y 41.....	110
S. Anexo S. Figuras 42 a 43.....	111
T. Anexo T. Figuras 50 y 53.....	112
U. Anexo U Análisis de varianza para acidez.....	114
V. Anexo V. Análisis de varianza para pH.....	116
W. Anexo W. Análisis de varianza para viscosidad.....	118
X. Anexo X. Certificados congresos.....	120
Bibliografía.....	69

Lista de figuras

	Pág.
Figura 1. Vías metabólicas generalizadas de la producción de algunos productos de fermentación a partir de glucosa por bacterias lácticas.....	9
Figura 2. Vía metabólica general para la producción de acetoína y diacetilo a partir de citrato.....	10
Figura 3. Respuesta típica de la nariz electrónica.....	25
Figura 4. Elaboración de yogurt.....	35
Figura 5. Medianas de los puntajes asignados por los catadores para la diferencia entre tiempos.....	39
Figura 6. Medianas de los puntajes asignados por los catadores para la diferencia entre cultivos.....	40
Figura 7. Medianas de los puntajes asignados por los catadores para la diferencia entre temperaturas.....	41
Figura 8. <i>Score Plot</i> diferencias entre cultivos a 35°C.....	99
Figura 9. <i>Loading Plot</i> diferencias entre cultivos a 35°C.....	99
Figura 10. <i>Score Plot</i> diferencias entre cultivos a 45°C.....	42
Figura 11. <i>Loading Plot</i> diferencias entre cultivos a 45°C.....	43
Figura 12. <i>Score Plot</i> diferencias entre temperaturas cultivo 1.....	44
Figura 13. <i>Loading Plot</i> diferencias entre temperaturas cultivo 1.....	44
Figura 14. <i>Score Plot</i> diferencias entre temperaturas cultivo 2.....	100
Figura 15. <i>Loading Plot</i> diferencias entre temperaturas cultivo 2.....	100
Figura 16. <i>Score Plot</i> diferencias entre temperaturas cultivo 3.....	101
Figura 17. <i>Loading Plot</i> diferencias entre temperaturas cultivo 3.....	101
Figura 18. <i>Score Plot</i> diferencias entre tiempos cultivo 1 temperatura 35°C	46
Figura 19. <i>Loading Plot</i> diferencias entre tiempos cultivo 1 temperatura 35°C.....	46
Figura 20. <i>Score Plot</i> diferencias entre tiempos cultivo 1 temperatura 45°C con los PC 1 y 2.....	102
Figura 21. <i>Loading Plot</i> diferencias entre tiempos cultivo 1 temperatura 45°C con los PC 1 y 2.....	102
Figura 22. <i>Score Plot</i> diferencias entre tiempos cultivo 1 temperatura 45°C con los PC 1 y 3.....	103
Figura 23. <i>Loading Plot</i> diferencias entre tiempos cultivo 1 temperatura 45°C con los PC 1 y 3.....	103
Figura 24. <i>Score Plot</i> diferencias entre tiempos cultivo 2 temperatura 35°C.	104
Figura 25. <i>Loading Plot</i> diferencias entre tiempos cultivo 2 temperatura 35°C.....	104
Figura 26. <i>Score Plot</i> diferencias entre tiempos cultivo 2 temperatura 45°C	105
Figura 27. <i>Loading Plot</i> diferencias entre tiempos cultivo 2 temperatura 45°C.....	105
Figura 28. <i>Score Plot</i> diferencias entre tiempos cultivo 3 temperatura 35°C..	106
Figura 29. <i>Loading Plot</i> diferencias entre tiempos cultivo 3 temperatura 35°C.....	106
Figura 30. <i>Score Plot</i> diferencias entre tiempos cultivo 3 temperatura 45°C	

con PC 1 y 2.....	107
Figura 31. <i>Loading Plot</i> diferencias entre tiempos cultivo 3 temperatura 45°C con PC 1 y 2.....	107
Figura 32. <i>Score Plot</i> diferencias entre tiempos cultivo 3 temperatura 45°C con PC 1 y 3.....	108
Figura 33. <i>Loading Plot</i> diferencias entre tiempos cultivo 3 temperatura 45°C con PC 1 y 3.....	108
Figura 34. <i>Score Plot</i> diferencias entre cultivos a 35°C.....	49
Figura 35. <i>Loading Plot</i> diferencias entre cultivos a 35°C.....	49
Figura 36. <i>Score Plot</i> diferencias entre cultivos a 45°C.....	109
Figura 37. <i>Loading Plot</i> diferencias entre cultivos a 45°C	109
Figura 38. <i>Score Plot</i> diferencias entre temperaturas cultivo 1.....	51
Figura 39. <i>Loading Plot</i> diferencias entre temperaturas cultivo 1.....	51
Figura 40. <i>Score Plot</i> diferencias entre temperaturas cultivo 2.....	110
Figura 41. <i>Loading Plot</i> diferencias entre temperaturas cultivo 2.....	110
Figura 42. <i>Score Plot</i> diferencias entre temperaturas cultivo 3.....	111
Figura 43. <i>Loading Plot</i> diferencias entre temperaturas cultivo 3.....	111
Figura 44. <i>Score Plot</i> diferencias entre cultivos a 35°C	53
Figura 45. <i>Loading Plot</i> diferencias entre cultivos a 35°C.....	53
Figura 46. <i>Score Plot</i> diferencias entre cultivos a 45°C.....	54
Figura 47. <i>Loading Plot</i> diferencias entre cultivos a 45°C	54
Figura 48. <i>Score Plot</i> diferencias entre temperaturas cultivo 1.....	55
Figura 49. <i>Loading Plot</i> diferencias entre temperaturas cultivo 1.....	55
Figura 50. <i>Score Plot</i> diferencias entre temperaturas cultivo 2.....	112
Figura 51. <i>Loading Plot</i> diferencias entre temperaturas cultivo 2.....	112
Figura 52. <i>Score Plot</i> diferencias entre temperaturas cultivo 3.....	113
Figura 53. <i>Loading Plot</i> diferencias entre temperaturas cultivo 3.....	113
Figura 54. Desarrollo de acidez a través del tiempo	56
Figura 55. Desarrollo de acidez por tipo de cultivo	57
Figura 56. Desarrollo de acidez por temperatura de incubación.....	57
Figura 57. Descenso del pH por tiempo de incubación.....	58
Figura 58. Descenso del pH por tipo de cultivo.....	59
Figura 59. Descenso del pH por temperatura de incubación.....	59
Figura 60. Incremento de la viscosidad en función del tiempo.....	60
Figura 61. Incremento de la viscosidad en función del tipo de cultivo.....	61
Figura 62. Incremento de la viscosidad en función de la temperatura.....	61
Figura 63. Evolución de la acidez a través del tiempo.....	62
Figura 63. Evolución de la acidez a través del tiempo.....	62
Figura 65. Evolución de la viscosidad a través del tiempo.....	63

Lista de tablas

	Pág.
Tabla 1. Sensores de la nariz electrónica y compuestos detectados por cada uno.....	27
Tabla 2. Principales aplicaciones de las narices electrónicas en la investigación de la vida útil de alimentos.....	28
Tabla 3. Principales aplicaciones de nariz electrónica en la evaluación de la frescura de alimentos.....	29
Tabla 4. Principales aplicaciones de las narices electrónicas en la evaluación de la autenticidad de los alimentos.....	30
Tabla 5. Otras aplicaciones de las narices en estudios de control de calidad de alimentos.....	31
Tabla 6. Parámetros fisicoquímicos de leche entera.....	37
Tabla 7. Parámetros fisicoquímicos del Yogurt.....	37

Lista de símbolos y abreviaturas

Abreviatura	Término
°C	Grados Celsius
DMS	Diferencia mínima significativa
GC / MS	Cromatografía de gases/ espectrometría de masas
h	Hora
ICTA	Instituto de Ciencia y Tecnología de Alimentos
Kg	Kilogramo
L	Litro
min	Minutos
mg	Miligramo
mL	Mililitro
$p \leq 0.05$	Nivel de significancia al 5%
Pa-s	Pascal*segundo
PCA	Análisis de componentes principales
ppb	Partes por billón
ppm	Partes por millón
SNG	Sólidos no Grasos

Resumen

El yogurt es una de las bebidas fermentadas más consumidas en el mundo por sus propiedades nutricionales, funcionales y sensoriales, por lo tanto la calidad final del producto será de gran importancia para satisfacer las necesidades del consumidor y obtener un posicionamiento en el mercado. El seguimiento de la fermentación es la clave para obtener todas estas propiedades, por tal razón, en la presente investigación se propuso el seguimiento de la producción de aroma como un método alternativo para la evaluación de la fermentación del yogurt, utilizando para esto la nariz electrónica. Las narices electrónicas son una alternativa barata y rápida para analizar la calidad de los alimentos a través de su olor, en comparación con otros métodos costosos como GC / MS o la espectroscopia de infrarrojos o incluso un panel de expertos. Esta investigación se llevó a cabo en el Instituto de Ciencia y Tecnología de Alimentos (ICTA) de la Universidad Nacional de Colombia Sede Bogotá, tomando como materia prima leche en polvo entera reconstituida en agua potable y utilizando como tratamientos de proceso 3 cultivos lácticos y temperaturas de incubación de 35°C y 45°C. Las variables de respuesta controladas fueron el análisis sensorial por medio de nariz electrónica y una prueba de escalas para panel sensorial, además de los análisis fisicoquímicos de viscosidad, pH y acidez. En el análisis de los datos se utilizó un análisis estadístico para panel sensorial, un análisis multivariado para los datos de nariz electrónica y un análisis de varianza para los resultados fisicoquímicos. Al final de la investigación se obtuvo una curva de fermentación para las tres cepas, en dos condiciones de temperatura de incubación, obteniendo así un modelo de control de calidad que apoye a la industria láctea. Los resultados obtenidos permitieron observar la influencia que tiene el tiempo de incubación, la temperatura y el cultivo utilizado, en la producción de compuestos volátiles, encontrando que, a la temperatura de 45°C y con el cultivo 3, se obtuvo una mejor percepción del aroma y unas propiedades fisicoquímicas más adecuadas. Por otra parte se observó que el seguimiento de la producción de aroma con nariz electrónica es una alternativa de gran ayuda para apoyar el control de la fermentación de yogurt, logrando diferenciar tiempos de fermentación, cambios en las temperaturas de incubación y en los cultivos lácticos utilizados.

Palabras Clave: Aroma, Acetaldehído, Nariz Electrónica, Análisis multivariado.

Abstract

Yogurt is one of the most consumed fermented beverages in the world for its nutritional, functional and sensory properties; therefore, final product quality will be important in meeting the consumer needs and obtaining a position in the market. The monitoring of fermentation is the key to all these properties, for this reason, the present research looked at monitoring the production of aroma as an alternative method for evaluating the fermentation of yogurt, using the electronic nose. Electronic noses are an inexpensive and rapid alternative for analyzing the quality of food by its smell, compared to several other expensive methods such as GC / MS, infrared spectroscopy, or even a panel of experts. This research was conducted at the Institute of Food Science and Technology (ICTA) at the National University of Colombia at Bogota, on the raw material milk powder reconstituted in water and used as treatments of process 3 lactic strains and temperatures incubation at 35 ° C and 45 ° C. The response variables were controlled sensory analysis by electronic nose and a test of scales for sensory panel, in addition, to the physicochemical analysis of viscosity, pH and acidity. In the analysis of data was used statistical analysis for sensory panel, a multivariate analysis of electronic nose data and analysis of variance for the physicochemical results. At the end of the investigation, an aroma production curve was obtained for three different strains, at two incubation temperature conditions, and thus, a quality control model was obtained to support the dairy industry. The results obtained enabled to observe the influence of the incubation time, temperature and the culture used in the production of volatile compounds, finding that, at a temperature of 45 ° C and cultivation 3, there was obtained a better insight into the flavor and a more suitable physicochemical properties. Moreover it was observed that following the production of aroma electronic nose is an alternative of great help to support the monitoring of yogurt fermentation, making fermentation times differentiate, changes in incubation temperatures and in dairy cultures used.

Key words: Aroma, Acetaldehyde, Electronic Nose, Multivariate Analysis

Introducción

Actualmente en Colombia, la técnica utilizada para el seguimiento de la fermentación láctica de yogurt, es la determinación de acidez titulable, la cual debe estar entre 0,7 a 1,5 % expresada como ácido láctico, esto, de acuerdo a la resolución 2310 de 1986 del ministerio de agricultura de Colombia. Durante el proceso de fermentación además es necesario controlar otras variables que son importantes para la aceptación de un producto, entre las cuales se encuentra la calidad sensorial, siendo esta relevante para que el producto tenga una acogida en el mercado e influya en la preferencia del cliente entre una marca y otra. Por tal motivo, es necesario que en las empresas del sector lácteo se realice un control de la calidad sensorial durante la fermentación, utilizando para esto medios efectivos y rápidos que les permitan evaluar estas características. La técnica utilizada comúnmente para el análisis sensorial de yogurt es el panel sensorial, evaluación que se realiza al finalizar el proceso, debido a que un monitoreo durante toda la fermentación sería un trabajo dispendioso, pero con métodos instrumentales el control se podría realizar de manera continua, como es el caso de la nariz electrónica, la cual permitiría conocer las variables adecuadas a controlar para obtener un yogurt con el aroma deseado.

En esta investigación se propuso el uso de nariz electrónica para monitorear la producción de aroma durante la fermentación de yogurt, por ser este un instrumento de olfato artificial que permite distinguir y reconocer esta propiedad utilizando sensores de gas y además, por ser un equipo moderno que disminuye costos, es fácil de utilizar y se puede manejar en espacios relativamente pequeños, herramienta con la cual se han llevado a cabo diferentes investigaciones con productos lácteos y obtenido muy buenos resultados. Cabe señalar que también tiene ciertas limitaciones, como que es necesaria la estabilización térmica de la muestra y de la cámara en todas las etapas del análisis, debido a que la humedad afecta tanto la medición como la muestra misma, y por otra parte, el equipo no se utiliza para analizar compuestos individuales, sino para analizar la suma de los compuestos volátiles.

La capacidad para producir compuestos aromáticos es uno de los parámetros básicos que caracterizan a las cepas de arranque de las leches fermentadas, por este motivo se sugiere como un método alternativo del control de la fermentación, puesto que a medida que evoluciona el tiempo, los compuestos aromáticos también irán cambiando. Es necesario anotar que esta es una investigación innovadora y no existen en Colombia trabajos relacionados al respecto con la utilización de este instrumento, investigación que puede ser de gran ayuda para la industria láctea, la cual es una de las cadenas productivas más importantes del país, además ayudara también a conseguir una calidad sensorial adecuada que se complementaria con la calidad fisicoquímica controlada habitualmente en el yogurt y posteriormente este trabajo podría ser aplicado a otros productos fermentados utilizando la misma metodología.

1. Objetivos

1.1 Objetivo general

Realizar un seguimiento a la producción de aroma durante la fermentación láctica de yogurt elaborado con cultivos utilizando una nariz electrónica comercial.

1.2 Objetivos específicos

- Evaluar la producción de aroma durante la fermentación del yogurt con tres tipos de cultivos.
- Evaluar la producción de aroma durante la fermentación del yogurt, en dos condiciones de temperatura de incubación.
- Relacionar los resultados emitidos por el panel sensorial entrenado para aroma con los resultados obtenidos mediante nariz electrónica.
- Evaluar la cinética de fermentación a través de parámetros fisicoquímicos y un sistema de olfato artificial comercial.

2. Marco referencial

2.1 Leches fermentadas

Es el producto higienizado, obtenido a partir de la leche coagulada por la acción de cultivos lácticos específicos [1]. La leche es fermentada por el desarrollo de bacterias lácticas o diferentes microorganismos que transforman la lactosa en ácido láctico y otros metabolitos. El cambio principal que se genera en la leche es el descenso del pH (hasta 4,6-4), como consecuencia de este descenso, se produce la coagulación de la caseína que forma un gel y la inhibición del desarrollo de gran número de microorganismos, entre ellos la mayoría patógenos, debido a la producción de ácido láctico y metabolitos que se producen en cantidades menores como el ácido acético, agua oxigenada o bacteriocinas lácticas que son vitales para otros microorganismos.

Además, durante la fermentación se producen metabolitos como el acetaldehído y el diacetilo, que aportan aroma al producto. Algunas bacterias lácticas también producen polisacáridos que confieren a la leche fermentada una textura suave y cremosa.

Las leches fermentadas pueden clasificarse en función de muchos criterios diferentes, entre los que se pueden citar el tipo de proceso fermentativo, su contenido graso, la concentración de la leche, la separación del suero, y la utilización de leche procedente de distintas especies.

2.1.1 De acuerdo con el tipo de fermentación: en esta clasificación se pueden distinguir los siguientes productos:

1. Productos con una fermentación láctica pura. En los que la fermentación puede ser llevada a cabo, por:

a. Cultivos iniciadores mesófilos: *Lactococcus lactis* ssp. *cremoris* o ssp. *lactis*, *Leuconostoc cremoris/lactis* y/o *Lactococcus lactis* ssp. *lactis* biovar. *diacetylactis*. Productos de este tipo son, por ejemplo, la leche acidificada, la mazada fermentada y productos relacionados, la nata acidificada, el ymer, el langfil y el viili.

El langfil (leche larga, leche filamentosa), es el típico ejemplo de los productos fermentados viscosos y filamentosos. Se fabrica en el norte de Europa con un estárter DL- o D-, que contiene cepas de *Lactococcus lactis* ssp. *cremoris* productoras de polisacáridos, que imparten al producto una gran viscosidad. La incubación a una temperatura relativamente baja (unos 18°C), favorece la síntesis de polisacáridos. La elevada viscosidad del producto dificulta el llenado de las botellas, por lo que la fermentación tiene lugar en el interior del envase.

El viili, es un producto finlandés elaborado a partir de leche pasteurizada sin homogeneizar. Se siembra un cultivo iniciador productor de polisacáridos,

parecido al del langfil; la leche se incuba a 18-19°C durante 18-20 h. Además se añade a la leche el moho *Geotrichum candidum*. Se separa por gravedad una capa de nata sobre la que el moho crea un tapiz aterciopelado, hidrolizando parte de la grasa. Este último efecto, aumenta la contribución de las bacterias lácticas a la lipólisis. El producto se envasa herméticamente. El crecimiento del moho se detiene cuando el O₂ se consume por completo. La mayor parte del CO₂ formado se disuelve en el producto, creando un ligero vacío en el interior del envase.

b. Cultivos iniciadores termófilos, constituidos por:

- Una flora protocooperativa de *Streptococcus thermophilus* y *Lactobacillus delbrueckii ssp. bulgaricus*, que es la utilizada en el yogurt.
- Un cultivo puro de *Lactobacillus acidophilus*, que se utiliza para la elaboración de la leche acidófila; o bien una flora compuesta por este microorganismo y/o *Bifidobacterium bifidum* en combinación con los microorganismos del yogurt, que se utiliza para la elaboración de productos tipo yogurt.

La leche acidófila, debe su existencia a sus supuestas propiedades terapéuticas. *L. acidophilus* no forma parte de la flora natural de la leche y crece en ella muy lentamente; por esta razón es fundamental evitar la contaminación durante la fabricación de la leche acidófila. La leche esterilizada se inocula con un elevado porcentaje de estérter (2-5%) y se incuba a unos 38°C durante 18-24 h. El producto se refrigera a 4°C y se comercializa rápidamente. La razón es que *L. acidophilus* es bastante ácidotolerante y el contenido en ácido láctico de la leche puede elevarse un 1-2% si no se conserva a una temperatura suficientemente baja: la leche adquiere un sabor muy fuerte y el número de bacterias viables se reduce muy rápidamente. Este último problema puede resolverse mezclando leche normal con un cultivo iniciador concentrado ultracongelado y manteniendo la mezcla a baja temperatura (unos 4°C), lo que evita la acidificación de la leche. Los productos tipo yogurt, pueden contener *L. acidophilus* y/o *B. bifidum*, además de *S. thermophilus* y *L. delbrueckii ssp. bulgaricus*. Alternativamente, *S. thermophilus* puede combinarse con *L. acidophilus*, con *B. bifidum*, o con ambos tipos de bacterias. Los productos que se obtienen se denominan Bioghurt, Bifighurt, y Biogarde, respectivamente. El Bioghurt se elabora también con *Lactococcus lactis ssp. taette* (aislado del «taette» noruego) y *L. acidophilus*. Esta última bacteria puede ejercer un efecto estimulante sobre el crecimiento de las demás, fenómeno que se denomina protocooperación.

2. Leches fermentadas en las que se combina una fermentación láctica con la producción de alcohol, por ejemplo, el kéfir y el kumis.

2.1.2 De acuerdo con el contenido graso. Las distintas variedades de leches fermentadas presentan considerables diferencias en su contenido graso, y también existen variaciones entre productos del mismo tipo. Como ejemplos, se pueden citar la leche acidificada, la mazada fermentada y productos similares, y la nata acida.

La leche acidificada, se obtiene por producción de ácido en leche entera o desnatada sembrada con un estárter de tipo D e incubada a 20°C. Su contenido graso varía ampliamente, y también el porcentaje de ácido láctico (0,5-1,5%).

La mazada fermentada, se obtiene en el batido de la nata fermentada para la fabricación de mantequilla. Los productos similares (mazada acidificada o leche desnatada acidificada) se obtienen por acidificación a 20°C con un estárter aromatizante L o DL. Algunas veces, se exige que la leche utilizada en la elaboración de la mazada acidificada tenga un contenido graso mínimo, por ejemplo, del 0,4%. La razón es que cuando el porcentaje graso es inferior, el flavor es demasiado ácido. La leche se precalienta (20 s a 80-85°C) para aumentar la viscosidad de la mazada fermentada. Una vez alcanzada la acidez necesaria para conseguir la viscosidad y el flavor, la leche se agita hasta que se obtiene una textura uniforme, se desgasifica, se refrigera y se conserva a 4°C.

La mazada, batida o no, tiene un flavor mucho más característico que la leche desnatada fermentada, probablemente porque contiene mayor cantidad de componentes de la membrana de los glóbulos grasos, en especial, fosfolípidos. Cuanto mayor es el contenido graso de la nata, más fosfolípidos contiene la mazada obtenida. La diferencia en la composición hace que la leche desnatada fermentada sea mucho menos susceptible al desarrollo de sabores de oxidación. El suero de mantequería batido, especialmente cuando procede de nata con un alto porcentaje graso, desarrolla fácilmente defectos del flavor y resulta inaceptable. Para retrasar la oxidación de los lípidos, puede añadirse vitamina C. Actualmente, la mazada fermentada se obtiene algunas veces batiendo leche acidificada; en este producto el contenido en fosfolípidos es un poco superior que en la leche desnatada fermentada, por lo que su vida útil es mas larga que la del suero de mantequería.

2.1.3 De acuerdo con la concentración de la leche: Para la elaboración de yogurt concentrado se parte de leche evaporada. De esta forma, la excesiva producción de ácido altera menos el aroma porque la capacidad tamponante del producto concentrado es mayor.

2.1.4 De acuerdo con la separación del suero: es otro método para la obtención de leches concentradas, por este sistema se fabrican, por ejemplo, el ymer.

El ymer es una bebida láctea acidificada de Dinamarca. La leche se somete a una pasterización alta y se acidifica a pH 4,6 sembrando un estárter aromatizante; la leche fermentada se calienta gradualmente hasta 35°C, y parte del suero se separa. El CO₂ que se forma hace flotar la cuajada. El lactosuero se retira, a la cuajada se le añade nata homogenizada, y la mezcla se agita, se refrigera y se envasa.

2.1.5 De acuerdo con el origen de la leche: la mayor parte de las leches fermentadas se elabora a partir de leche de vaca aunque algunos productos pueden obtenerse a partir de leche de oveja, cabra y yegua, como los conocidos

productos kéfir y kumis. También existe el yogurt llamado de estilo griego, que es un tipo de yogurt concentrado de leche de oveja, con un elevado contenido graso. El kumis es una bebida láctea muy consumida en Rusia y el oeste asiático. Antiguamente se le atribuían a esta leche fermentada efectos terapéuticos frente a la tuberculosis y el tifus. El producto tradicional se elaboraba con leche de yegua. La flora fermentadora, al igual que en el kéfir, es muy variable [2].

2.2 Fermentación

La palabra fermentación proviene de una adaptación del término en latín *fermentare*, que significa ebullición; se utilizó porque describía la ebullición aparente que se observaba durante la fabricación de vinos, a causa de la producción del dióxido de carbono, gas que se libera en forma de burbujas y provoca movimiento en el líquido.

Para definir el concepto de fermentación prevalecen dos criterios, uno bioquímico y otro microbiológico. Desde el punto de vista bioquímico, una fermentación se define como un proceso mediante el cual las sustancias orgánicas (sustrato) sufren una serie de cambios químicos (reducciones y oxidaciones) que producen energía; al finalizar la fermentación, se presenta una acumulación de varios productos, unos más oxidados (aceptaron electrones) y otros más reducidos (donaron electrones) que el sustrato, con un balance total de energía positivo. Esta energía es utilizada en el metabolismo de los microorganismos. Es importante mencionar que, en el concepto bioquímico, no se consideran como fermentaciones los procesos en los que participa el oxígeno. Cuando el aceptor final de electrones es el oxígeno molecular y no una sustancia orgánica, el proceso se conoce como respiración, como ejemplo de fermentación desde el punto bioquímico se tiene la producción de etanol y dióxido de carbono a partir de glucosa, y la producción de lactato a partir de glucosa.

En el concepto microbiológico, en la actualidad, se entiende por fermentación aquel proceso en el que los microorganismos producen metabolitos o biomasa, a partir de la utilización de sustancias orgánicas, en ausencia o presencia de oxígeno. La descomposición de los sustratos es llevada a cabo por enzimas producidas por los microorganismos para tal finalidad. En microbiología industrial no hay diferencia entre fermentación y respiración, pues en ambos procesos los microorganismos hidrolizan un sustrato orgánico, ya sea en presencia o ausencia de oxígeno, por lo tanto la conversión de glucosa en presencia de oxígeno en dióxido de carbono y agua también será considerada como fermentación [3].

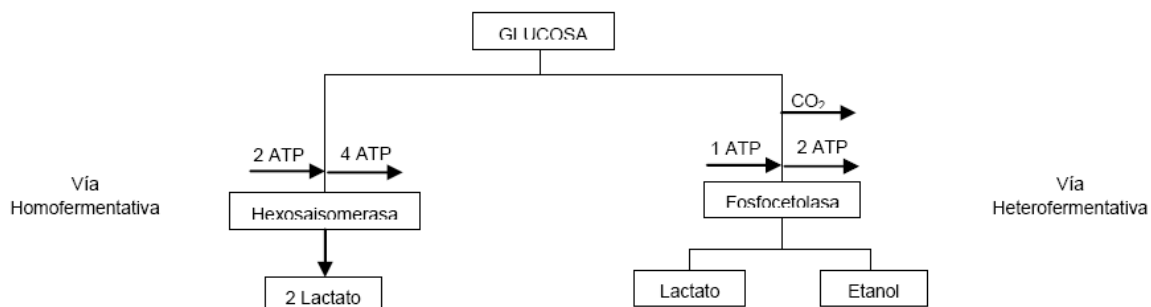
Campbell-Platt definió los alimentos fermentados como “aquellos alimentos que han sido sometidos a la acción de microorganismos o de enzimas para conseguir que cambios bioquímicos deseados causen modificaciones significantes en esos alimentos”. Estos procesos pueden convertir los alimentos en más nutritivos, digestibles, más seguros, más agradables sensorialmente, o en una combinación de estas características.

Varios de los productos fermentados son originarios de Oriente Medio (actualmente conocido como Irak) de hace unos 10.000-15.000 años. La fermentación fue desarrollada como un método de conservación de alimentos de bajo coste energético, un método anterior a la llegada de la refrigeración, la congelación y el enlatado. Quizás los métodos más extendidos han sido el uso de bacterias del ácido láctico para disminuir el pH y la utilización de levaduras para causar fermentaciones alcohólicas. La preservación se da por la conversión de carbohidratos y componentes relacionados a productos finales como ácidos, alcoholes y dióxido de carbono. Además de la eliminación de fuentes de nutrientes fundamentales para organismos dañinos, también se crean condiciones que dificultan el crecimiento de esos organismos, como por ejemplo, pH bajo, alcohol elevado y anaerobiosis. El alimento mantiene su valor nutricional ya que la degradación es incompleta. De hecho los cambios ocurridos durante los procesos puede que incluso aumenten el valor nutritivo de los alimentos iniciales, por ejemplo, con la acumulación de vitaminas y antioxidantes, o la conversión de polímeros relativamente poco digeribles a productos de degradación más asimilables [4].

2.2.1 Fundamentos de la fermentación láctica. La fermentación es un proceso de conservación que además de otorgarle un mayor tiempo de vida útil a los alimentos les brinda unas características sensoriales específicas y en algunos casos mayor digestibilidad y contenido nutricional, debido a la acción de los microorganismos. Los principales productos finales en una fermentación son los responsables de la preservación de los alimentos, aunque también contribuyen al aroma, sabor y textura que en su mayoría son atribuidos a metabolitos secundarios. El balance entre estos metabolitos es determinado por la precisión con que lleva a cabo la ruta metabólica de los carbohidratos presentes en el medio [5,6]

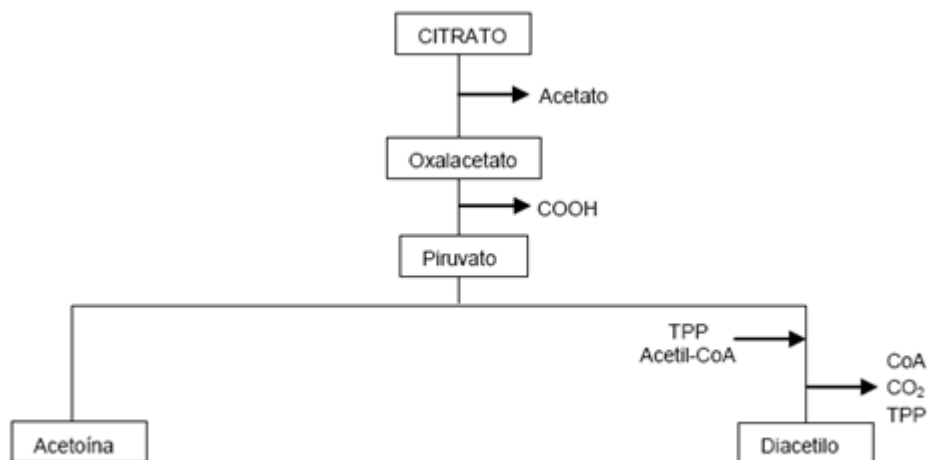
En las figuras 1 y 2 se ilustran las vías metabólicas por las cuales las bacterias ácido lácticas y otros microorganismos reducen la glucosa disponible y la producción de acetoína y diacetilo a partir de citrato.

Figura 1. Vías metabólicas generalizadas de la producción de algunos productos de fermentación a partir de glucosa por bacterias lácticas.



(Jay 1994)

Figura 2. Vía metabólica general para la producción de acetoina y diacetilo a partir de citrato.



El yogurt se elabora con un cultivo mixto de *Streptococcus thermophilus* y *Lactobacillus delbrueckii ssp. bulgaricus* en proporción 1:1. El coco crece con mayor rapidez que el bacilo y es responsable de la producción de ácido, mientras que el bacilo aumenta el sabor y el aroma característicos. Durante la incubación ambas especies crecen en asociación: ha sido establecido que numerosos aminoácidos liberados de la caseína por proteasas del *Lactobacillus* estimulan el crecimiento del *Streptococcus*, que a su vez, produce dióxido de carbono y ácido fórmico que estimulan al *Lactobacillus*. Durante la primera parte del proceso el *Streptococcus* crece más rápido y remueve el exceso de oxígeno, luego su crecimiento se reduce por la producción de ácido láctico. Por lo tanto, el crecimiento de ambos microorganismos en asociación da como resultado la producción de ácido láctico y acetaldehído a una velocidad mayor y en mayor cantidad que la correspondiente a cada uno de ellos cuando crecen por separado [5, 7, 8].

2.2.2 Metabolitos. *S. thermophilus* y *L. delbrueckii ssp. bulgaricus*, producen sustancias que, además de contribuir a la estructura y consistencia del yogurt, determinan su flavor. Los principales compuestos, son los siguientes:

- a. Ácido Láctico. Los dos microorganismos forman ácido láctico a partir de la glucosa. La galactosa resultante de la hidrólisis de la lactosa no se metaboliza y, por tanto, la concentración molar de la galactosa aumenta paralelamente a la reducción del contenido de la lactosa. Casi toda la glucosa se descompone vía homofermentativa. *S. thermophilus* forma ácido L (+) láctico, mientras que *L. delbrueckii ssp. bulgaricus*, lo produce en forma de D(-). Ambos isómeros se encuentran aproximadamente en la misma cantidad. También generan CO₂, ácido acético y etanol, pero en cantidades muy pequeñas. El yogurt contiene 0,03-0,35Kg.m⁻³ (0,5-0,8mM) de ácido acético y 0,01-0,04Kg.m⁻³ (0,2-

0,7mM) de etanol. El umbral de percepción de este alcohol es relativamente alto y no parece contribuir al flavor del producto. El yogurt contiene un 0,7-0,9% p/p (80-100mM) de ácido láctico.

- b. Acetaldehído (etanal). Este compuesto es fundamental en el aroma característico del yogurt. La mayor parte de este aldehído esta sintetizado por los lactobacilos, principalmente a partir de la treonina, que es un componente que se encuentra en baja concentración de forma natural en la leche. Además, en la proteólisis que llevan a cabo los lactobacilos también se produce treonina. El contenido en acetaldehído del yogurt es de aproximadamente $10\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ (0,2nM).
- c. Diacetilo. ($\text{CH}_3\cdot\text{CO}\cdot\text{CO}\cdot\text{CH}_3$). *S. thermophilus* y, en menor grado, *L. delbrueckii ssp. bulgaricus*, producen diacetilo por una vía que probablemente sea la misma que siguen los *leuconostoc* y *Lactococcus lactis ssp. Lactis biovar. diacetylactis*. Las bacterias del yogurt no metabolizan el ácido cítrico y, por lo tanto, el ácido pirúvico formado en la fermentación de la lactosa es el único precursor del diacetilo. El yogurt contiene entre 0,8 y 1,5 mg. Kg^{-1} (0,01-0,02mM) de diacetilo.
- d. Polisacáridos. Las bacterias del yogurt pueden formar una capa pilosa o glicocalix, que fundamentalmente son cadenas de polisacáridos constituidos por galactosa y otros glúcidos. Pueden secretarse parcialmente a la leche, en cuyo caso se denominan exopolisacáridos. Los polisacáridos desempeñan un importante papel en la consistencia del yogurt, sobre todo en yogurt batido. Aunque entre las distintas cepas existen grandes diferencias en cuanto a la cantidad de polisacáridos sintetizados, estas variaciones no se correlacionan bien con la consistencia obtenida. Probablemente, el principal determinante es el tipo polisacárido sintetizado [2, 9, 10].

2.2.3 Producción de los compuestos responsables del flavor.

“Los cultivos iniciadores son los principales responsables de la producción de los compuestos que contribuyen al aroma del yogurt, los cuales pueden ser agrupados en cuatro categorías:

- ácidos no volátiles, como el láctico, pirúvico, oxálico o succínico;
- ácidos volátiles, como el fórmico, acético, propiónico o butírico;
- compuestos con grupos carbonilo, como acetaldehído, acetona, acetoína o diacetilo;
- un grupo heterogéneo de sustancias, entre las que se incluyen algunos aminoácidos y/u otros compuestos formados por degradación de las proteínas, la grasa o la lactosa por acción de la temperatura.

Existe un acuerdo general en la literatura sobre el hecho de que el aroma y el flavor del yogurt se deben básicamente a la producción de ácido láctico y de compuestos carbonilo.

Se podría pensar que la presencia de compuestos carbonilo no es esencial, por ejemplo, en los yogures de frutas o aromatizados, pero una elevada concentración de acetaldehído es deseable para el flavor típico del yogurt natural.

2.3 Bacterias ácido lácticas

Constituyen un amplio conjunto de microorganismos benignos, dotados de propiedades similares, que fabrican principalmente ácido láctico como producto final de la fermentación. Se encuentran en grandes cantidades en la naturaleza, flora normal de la superficie de material vegetal (frutas y verduras, alimentos), alimentos ricos en azúcares, leche y derivados, así como en el tracto nasofaríngeo y gastrointestinal de animales y humanos. Aunque se conoce su importante papel en la fermentación de productos lácteos, se emplean además para encurtir vegetales, curar pescado, carne y embutidos. Obtienen energía exclusivamente por fermentación de azúcares, carecen de ciclo de Krebs, en algunos casos pueden usar azúcares para formar polímeros extracelulares de dextrano, requieren una gran cantidad de factores nutritivos (aminoácidos, bases nitrogenadas y algunas vitaminas), tienen unas posibilidades anabólicas muy limitadas lo que reduce el rendimiento de su crecimiento, toleran bien concentraciones relativamente altas de ácidos y valores de pH mas bajos que el resto de las bacterias, por lo que pueden desplazarlas de los hábitats que colonizan [11].

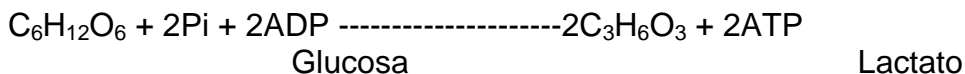
Varios estudios realizados en animales y humanos sugieren que las bacterias del ácido láctico o las leches fermentadas producen un efecto benéfico sobre las defensas naturales del organismo, por medio de tres líneas de defensa: La microbiota intestinal y su efecto barrera, el epitelio y la mucosidad, la inmunidad específica y no específica [12].

Las bacterias lácticas, atendiendo a sus características bioquímicas se clasifican en dos grupos: homofermentativas y heterofermentativas [13].

2.3.1 Homofermentación. Tiene prácticamente un solo producto de fermentación, el ácido láctico. La realiza todos los miembros del genero *Streptococcus*, *Pediococcus* y muchas especies de *Lactobacillus*. Es la principal ruta del catabolismo de la glucosa, conocido como glucólisis, o vía de Embden-Meyerhof-Parnas donde una mol de glucosa, o cualquier otro sustrato glucosídico es convertido a dos moles de ácido láctico, sin oxígeno molecular [14].

Consta de dos fases: en la primera la glucosa es fosforilada por ATP y activada para formar gliceraldehído fosfato en la segunda, el gliceraldehído fosfato es convertido en ácido láctico en una serie de reacciones de oxidación-reducción que están acopladas por medio de moléculas de NADH y NAD a la fosforilación del ATP para permitir el desarrollo de los ciclos de fermentación subsiguientes. En esta vía se produce doble masa celular y muy poco o ausencia de CO₂.

El piruvato es reducido a ácido láctico por la enzima deshidrogenada láctica. En esta vía se forman en total cuatro moléculas de ATP por molécula de glucosa fermentada, pero como se consumen dos moléculas la producción neta son dos moléculas de ATP por molécula de glucosa fermentada, como lo muestra en la reacción.



2.3.2 Heterofermentación. La realizan algunos tipos de bacterias ácido lácticas como *Leuconostoc* y algunas especies de *Lactobacillus*. Este tipo de fermentación se lleva a cabo por las vías de las pentosas-fosfato o vía de Dickens; se caracteriza porque la glucosa vía pentosa-fosfato es fermentada a ácido láctico en un 50% y el resto a CO₂, alcohol, ácido acético o ácido fórmico, paralelamente con una molécula de ATP y de NADH₂ – NAD para permitir que el proceso de fermentación continúe, como lo indica la reacción [15]



2.3.3 Clasificación de las bacterias ácido lácticas. La clasificación de las bacterias lácticas basada en sus relaciones filogenéticas se sustenta en el análisis comparativo de secuencias de RNAr de las subunidades 16S o 23S ribosomales [16].

Teniendo en cuenta los datos de secuencias RNAr de 16S y 23S, las bacterias Gram positivas forman dos líneas descendientes una llamada phylum *Clostridium* y otra llamada phylum *Actinomycetal*. Las típicas bacterias lácticas como *Lactobacillus*, *Lactococcus*, *Pediococcus*, *Leuconostoc*, *Camobacterium* y *Streptococcus* pertenecen al phylum *Clostridium*, mientras que *Bifidobacterium* y otras bacterias Gram positivas importantes en la producción de alimentos como *Brevibacterium*, *Corynebacterium*, *Microbacterium*, *Propionibacterium* son miembros del phylum *Actinomycetal*. De los anteriores los más importantes géneros de bacterias ácido lácticas son *Lactobacillus*, *Lactococcus*, *Pediococcus*, *Leuconostoc*, *Camobacterium*, *Streptococcus* y *Bifidobacterium*.

2.4 Yogurt

Químicamente, es un sistema de gel complejo incorporando proteínas, polisacáridos, y los lípidos en su estructura. Se produce a partir de leche por fermentación, uno de los métodos más antiguos practicados por los seres humanos para la transformación de la leche en productos con una vida útil más larga.

Es rico en vitaminas y minerales y proporciona una excelente fuente de calcio y proteína. Además de los obvios beneficios nutricionales, el consumo de yogur también muestra beneficios prometedores para la salud para ciertas afecciones gastrointestinales, tales como intolerancia a la lactosa, el estreñimiento, y las enfermedades diarreicas [17].

El yogur es el producto de leche fermentada con bacterias lácticas homofermentativas como *Lactobacillus delbrueckii subsp. bulgaricus* y *Streptococcus thermophilus* [18,19]. El papel de estos dos géneros en la fabricación de este producto se puede resumir como la acidificación de la leche y la síntesis de compuestos aromáticos. En los estreptococos y lactobacilos, la lactosa se utiliza a través de la ruta de Embden-Meyerhof-Parnas, en la que el piruvato es reducido a ácido láctico [20]. El yogur debe su aroma a un equilibrio delicado entre volátiles ya presentes en la leche y los metabolitos secundarios sintetizados por las bacterias. En la fermentación estas bacterias convierten la lactosa en ácido láctico y pequeñas cantidades de acetaldehído, 2,3-butanodiona, y el 2,3 pentanodiona-, que conforman los compuestos impacto del aroma del producto [18].

El *S. thermophilus* y *L. bulgaricus* presentan una relación simbiótica durante el procesamiento de esta bebida fermentada [21,22], lo que significa que *L. delbrueckii subsp. bulgaricus* estimula el crecimiento del estreptococo por la liberación de aminoácidos como productos de su actividad proteolítica y los lactobacilos son estimulados por la producción de dióxido de carbono, ácido láctico y el ácido fórmico producido por *S. thermophilus* [19,23]. Los estreptococos se inhiben a valores de pH de 4.2 a 4.4, mientras que los lactobacilos toleran valores de pH en el rango de 3,5 a 3,8. Después de aproximadamente 3 horas de fermentación, el número de los dos organismos debe ser igual, con más tiempo de fermentación, la tasa de crecimiento de *S. thermophilus* disminuye, mientras que *L. bulgaricus* continúa reduciendo el pH mediante la producción de cantidades excesivas de ácido láctico [24]. Sin embargo, este crecimiento asociativo puede ser inhibido por factores diferentes, tales como el alto conteo de células somáticas en la leche, la presencia de peróxido de hidrógeno, antibióticos, detergente, desinfectante o presencia de bacteriófagos [22]. Por otra parte, los cultivos iniciadores pueden ser estimulados por algunos de los pasos de proceso durante la fabricación de yogur, tales como el tratamiento térmico o fortificación de la leche con proteínas [19].

La temperatura de incubación de 42°C es óptima para el crecimiento asociado de las bacterias; la temperatura óptima de crecimiento del *Streptococcus thermophilus* es 37°C y para *Lactobacillus delbrueckii subsp. bulgaricus* es de 45°C. Una incubación a temperaturas superiores a 42°C promoverá el crecimiento del *Lactobacillus*, mientras que una temperatura de incubación de menos de 42°C favorece el crecimiento del *Streptococcus*, y la falta de sabor será el resultado del escaso crecimiento de *Lactobacillus* [25].

2.4.1 Diagrama de flujo

Anexo A

2.5 Aroma

El sentido del olfato ha jugado un papel fundamental en el desarrollo humano y las interacciones sociales. En consecuencia, el sentido del olfato se ha convertido en un elemento clave en el desarrollo de muchas industrias comerciales que manipulan las propiedades de aroma de sus productos manufacturados con el fin de mejorar el atractivo y calidad del producto. Por lo tanto, las características de aroma han contribuido inmensamente al valor y al atractivo de muchos productos comerciales, y han determinado en gran medida lo que los consumidores están dispuestos a pagar por muchos productos manufacturados. Como resultado, el control de calidad de las características del aroma durante la fabricación de productos ha sido de suma importancia en la industria debido a que la estandarización del producto es esencial para mantener la marca, el reconocimiento y la satisfacción.

A pesar de la importancia del sentido del olfato para la humanidad, el sentido del olfato en el hombre es a menudo considerado como el menos refinado de los sentidos humanos, mucho menos sensible que el de otros animales [26].

2.5.1 Tipos de Aromas y características. Los aromas son mezclas complejas de compuestos volátiles presentes en el aire en una concentración que pueden ser detectados por los animales a través del sentido del olfato. En algunos casos, el aroma se compone de un compuesto químico único, sin embargo, en derivados de fuentes orgánicas en la mayoría de los casos pueden estar formados por cientos de compuestos diferentes los cuales contribuyen a las cualidades únicas y características del aroma típico.

Los aromas en general se caracterizan por cuatro dimensiones cualitativas cuantificables: el umbral, la intensidad, la calidad y la evaluación hedónica. El valor umbral de detección se define como la concentración más baja de compuestos aromáticos en la que los seres humanos pueden detectar la existencia del aroma [27]. El umbral de detección se determina mediante la dilución de los aromas hasta el punto donde el 50% de la población de ensayo o en el panel sensorial ya no pueden detectar el aroma [28]. La intensidad se refiere a la fuerza percibida de la sensación del aroma y aumenta en función de la concentración. La calidad es la tercera dimensión y se expresa generalmente por el uso de descriptores, o palabras de uso común que describen el aroma asociándolo a las cualidades de aroma de sustancias conocidas y por lo general se refiere a los aromas liberados a partir de plantas o partes de plantas. McGinley

y McGinley [29] propusieron ocho grupos de aroma con ejemplos de los tipos de descriptores, de la siguiente manera: (1) aromas terrosos (humedad, moho, almizcle, rancio, hierba, madera), (2) aromas florales (fragante, floral, perfume, eucalipto, lavanda), (3) aromas frutales (cítricos, naranja, limón, manzana, pera, piña, fresa), (4) aromas especiados (canela, menta, hierbabuena, cebolla, eneldo, ajo, pimienta, clavo de olor, vainilla, almendra, pino), (5) aromas a pescado (pescado, langostinos, amina), (6) aromas de aguas residuales (sépticas, pútrido, rancio, azufre, podrido, cadavérico, agrio, picante, quemados, pantanoso), (7) aromas medicinales (alcanfor, desinfectante, fenol, jabón, amoníaco, alcohol, éter, anestesia, mentol), y (8) aromas químicos (solventes, aromáticos, barnices, trementina, petróleo, la creosota, alquitrán, aceite de plástico). La volatilidad de las moléculas está determinada por la fuerza de los vínculos entre ellas, con moléculas no polares son más volátiles que con las polares. De hecho, la mayoría de las moléculas aromáticas no tienen más de uno o dos grupos funcionales polares porque las moléculas con grupos funcionales más polares por lo general no son volátiles [30].

La Sociedad Americana para Pruebas y Materiales (ASTM) ha clasificado 830 descriptores aromáticos [31], sin embargo, las pruebas de panel han indicado que los sujetos humanos pueden identificar correctamente un promedio de menos de 100 aromas después de una buena formación cuando discriminan olores familiares [32]. Los aromas pueden ser divididos en categorías simples y complejas. Un aroma simple es un compuesto único y bien definido, en la mayoría de los casos previamente sintetizado, que se considera el componente principal o principales (o con mayor impacto) en el aroma de muchos materiales naturales. Los materiales naturales, en particular de la planta origen, pueden emitir un aroma compuesto de decenas, cientos o incluso miles de especies químicas diferentes, por otra parte, el mismo aroma puede cambiar con el tiempo si cambian las condiciones del medio ambiente, debido a efectos en la volatilidad [26].

2.6 Aroma del yogurt

La capacidad para producir compuestos aromáticos es uno de los parámetros básicos que caracterizan a las cepas de arranque de las leches fermentadas [33, 34]. Los compuestos que contribuyen al aroma y sabor del yogurt pueden ser agrupados en cuatro categorías: los ácidos no volátiles (láctico, pirúvico, oxálico o succínico), ácidos volátiles (fórmico, propiónico, butírico o acético), compuestos con grupos carbonilo (acetaldehído, acetona, acetoína o diacetilo) y diversos compuestos (aminoácidos o productos que se forman por la degradación térmica de las proteínas, la grasa o la lactosa [19].

El ácido láctico, así como las concentraciones de acetaldehído y diacetilo, y sus proporciones relativas, parecen ser esenciales para el aroma final del producto [20, 35,] y según otros investigadores, el aroma de yogurt se debe

fundamentalmente a la producción de compuestos de carbonilo [36, 37, 38, 39]. Cabe señalar que en leches fermentadas las dicetonas vecinales 2,3-butanodiona (diacetilo) y 2,3-pentanodiona pertenecen a los compuestos aromáticos clave [40, 41, 42, 43]

2.6.1 Acetaldehído. El acetaldehído es considerado como el compuesto más prominente para impartir un aroma típico en el yogurt [33, 40, 41, 43, 44, 45, 46, 47], y además cuantitativamente también es el principal compuesto volátil. [33]. Se forma durante la fermentación de la leche por microorganismos y en el yogurt es el principal sintetizado de los compuestos volátiles [48]. Los descriptores más comunes para este compuesto son, manzana madura, etéreo, pungente y fresco [17].

Actualmente, se conocen diversas vías para la producción de acetaldehído por bacterias ácido lácticas, es decir, varias vías metabólicas se han demostrado que conducen a su formación [49, 50] y es posible que más de una vía metabólica funcione a la vez. Durante la fermentación del yogurt, el acetaldehído puede ser producido (I) directamente a través de la decarboxilasa piruvato o piruvato oxidasa [51] o, (II) indirectamente a través de la formación de la acetil coenzima A por la piruvato deshidrogenasa o piruvato formato liasa. Por otra parte, el acetaldehído puede ser formado por la actividad de la deoxyriboaldolasa, que degrada la timidina en acetaldehído y gliceraldehído-3-fosfato. Por último, aminoácidos como la trionina pueden dividirse a acetaldehído y glicina por treonina aldolasa [20, 52, 53]. Esta enzima se ha detectado tanto en *S. thermophilus* y *L. delbrueckii subsp. bulgaricus*, sin embargo, en estreptococo la actividad aldolasa treonina disminuye significativamente cuando aumenta la temperatura de 37 a 42 °C [54]. Teniendo en cuenta que el yogurt se elabora generalmente a altas temperaturas (43 °C), el acetaldehído en el yogurt será producido principalmente por *L. delbrueckii subsp. bulgaricus* [2, 19 25], aunque otros autores informan lo contrario [40, 55, 56, 57].

La concentración relativamente alta de acetaldehído (en el rango de 5 a 21 mg / litro) [33, 46], que se encuentra en el yogurt se debe probablemente, a una baja tasa de utilización de este metabolito, ya que las bacterias carecen de la enzima principal para la conversión de acetaldehído en etanol y la alcohol deshidrogenasa [53], además, el enriquecimiento con sólidos y el tratamiento térmico de la leche aumentan la producción de acetaldehído [58], probablemente debido al consiguiente aumento de aminoácidos libres y factores de crecimiento del lactobacilo [19].

En otros productos lácteos fermentados, como queso, mantequilla o suero de leche, sólo pequeñas cantidades de acetaldehído son necesarios para la formación de sus sabores típicos [47].

2.6.2 Diacetilo. El diacetilo es también un aroma clave en el yogurt [40, 43], pero en este caso, se produce principalmente por *Streptococcus thermophilus*, que es una bacteria ácido láctica que no es capaz de utilizar citrato [59].

Según Rasic y Kurmann [60], *Streptococcus thermophilus* es el único responsable de la disponibilidad de diacetilo en el yogurt mientras que otros autores informaron que el diacetilo también en gran medida es producido por *Lactobacillus delbrueckii bulgaricus* [61].

Hay diferentes puntos de vista sobre el papel del diacetilo en la formación del sabor del yogurt, algunos autores lo consideran como un componente dominante del aroma sólo cuando los contenidos de acetaldehído son bajos [62,63], mientras que otros autores le atribuyen una gran participación en la formación del aroma [33, 42].

2.7 Calidad sensorial

La calidad sensorial de un alimento no es una característica propia, sino el resultado de la interacción entre el alimento y el hombre, por lo que puede ser definida como la sensación humana provocada por determinados estímulos precedentes del alimento, mediatizada por las condiciones fisiológicas, psicológicas y sociológicas de la persona o grupo de personas que la evalúa [64].

El consumo de alimentos y bebidas está estrechamente relacionado con la estimulación de los sentidos humanos, olor y sabor. El sabor de los alimentos, junto con su aspecto y textura, son considerados decisivos para el consumidor en la selección y la ingestión de un alimento en particular [65]. Con respecto al aroma de alimentos, la sensación de olor se dispara por mezclas muy complejas de moléculas volátiles, sobre todo de tipo hidrofóbico, que se presentan usualmente en pequeñas concentraciones a nivel del (ppm o ppb). Estos volátiles interactúan con una proteína G acoplada al receptor (OR) del epitelio olfativo ubicado en la cavidad nasal. Una vez que el receptor es activado, una cascada de eventos se activa para transformar la información química-estructural contenida en el estímulo oloroso en un potencial de membrana. Esta última se proyecta hacia el bulbo olfatorio, y luego se transportarán a las regiones superiores del cerebro, en donde la traducción se produce.

2.8 Panel sensorial

La selección y el entrenamiento de las personas que tomaran parte en pruebas de evaluación sensorial son factores de los que depende en gran parte el éxito y la validez de las pruebas.

Es necesario determinar, en primer lugar, el número de jueces que deben participar, y después hay que seleccionarlos, explicarles en forma adecuada como han de realizar sus evaluaciones, y darles el entrenamiento adecuado.

El número de jueces necesarios para que una prueba sensorial sea válida depende del tipo de juez que vaya a ser empleado.

2.8.1 Juez entrenado. Un juez entrenado es la persona que posee bastante habilidad para la detección de alguna propiedad sensorial o algún sabor o textura en particular, que ha recibido cierta enseñanza teórica y practica acerca de la evaluación sensorial, y que sabe que es exactamente lo que se desea medir en una prueba. Además, suele realizar pruebas sensoriales con cierta periodicidad.

Cuando se lleva a cabo pruebas sensoriales con este tipo de jueces, el número requerido de participantes debe ser al menos de siete y como máximo 15 [66].

2.8.2 Vinculación, selección preliminar e Iniciación. La vinculación es un punto inicial importante para la formación de un panel de evaluadores seleccionados. Hay a disposición diferentes métodos y criterios, al igual que varios test que se pueden aplicar para determinar la conveniencia de los candidatos para un entrenamiento adicional.

2.8.2.1 Tipos de vinculación. Para las organizaciones hay disponibles dos tipos de vinculación:

- a. Vinculación a través del departamento de personal de la organización (vinculación interna). Los candidatos se escogen de entre el personal de oficina, planta, o laboratorio. Se recomienda evitar la selección de candidatos demasiado involucrados personalmente con los productos que se examinen, ya que pueden parcializar los resultados.

En este tipo de vinculación es vital que la gerencia general de la organización y la jerarquía brinden su apoyo y hagan saber que el análisis sensorial es considerado como parte constitutiva del trabajo de cada uno. Esta divulgación se puede hacer en la etapa de vinculación de personal

- b. Vinculación de personal fuera de la organización (vinculación externa). Se lleva a cabo fuera de la organización. Los medios usados mas comúnmente para este propósito son:
 - Vinculación a través de anuncios clasificados en la prensa local, en publicaciones especializadas o en periódicos distribuidos gratuitamente, entre otros. (En este caso, responderá todo tipo de personas y será necesario llevar a cabo una selección)
 - Institutos de encuestas de opinión; algunos de ellos pueden suministrar los nombres direcciones de las personas que podrían estar interesadas.
 - Archivos internos del “consumidor”, compilados como resultado de campañas de publicidad o quejas.
 - Personas que visitan la organización.
 - Conocidos personales.
- c. Panel Mixto: Se puede conformar con personas vinculadas interna y externamente, en proporciones variables.

2.8.2.2 Ventajas y desventajas de la vinculación interna y externa.

2.8.2.2.1 Ventajas vinculación Interna:

- Las personas se encuentran en el sitio
- No es necesario proveer ningún pago (sin embargo, con el fin de mantener el interés, se recomienda ofrecer pequeños presentes o bonificaciones)
- Se asegura una mayor confidencialidad frente a los resultados, lo cual es particularmente importante si se trata de un trabajo de investigación
- Hay más estabilidad del panel en el tiempo

2.8.2.2.2 Desventajas vinculación interna:

- Los candidatos están influenciados en sus juicios (por su conocimiento de los productos)
- Es difícil tener en cuenta la evolución de los productos de la organización (las personas están influenciadas por su familiaridad con los productos de la organización)
- El reemplazo de los candidatos es más difícil (número limitado de personas en las organizaciones pequeñas)
- Falta de responsabilidad

2.8.2.2.3 Ventajas vinculación externa:

- Hay un margen de selección más amplio
- Hay un suministro consecutivo de nuevas personas, mediante comunicación entre las personas.
- No hay problemas con la jerarquía
- La selección es mucho más fácil; no existe el riesgo de ofender a las personas no aptas.
- Fácil disponibilidad

2.8.2.2.4 Desventajas vinculación externa:

- Es un método costoso (remuneración, papeleo).
- Es más adecuado para comunidades urbanas en donde hay un número suficiente de habitantes; sin embargo, en las áreas rurales se puede sacar ventaja de las cooperativas (por ejemplo leche, vino).
- . Puesto que es necesario que los individuos estén disponibles, algunas veces se encuentra un número excesivo de pensionados (tercera edad) o mujeres desempleadas e incluso estudiantes, es más difícil vincular trabajadores.
- Después de haber pagado por la selección y el entrenamiento, se corre el riesgo de que las personas se vayan sin previo aviso.

2.8.3 Selección. Se pueden usar varios test para propósitos de selección como:

- Los orientados a determinar deterioro en las capacidades sensoriales.
- Los orientados a determinar agudeza sensorial.
- Los orientados a evaluar el potencial de un candidato para describir y comunicar percepciones sensoriales

2.8.4 Entrenamiento. Se debe indicar a los evaluadores que no se deben usar cosméticos perfumados antes o durante las sesiones. También se les debe solicitar que eviten el contacto con el tabaco o con olores o sabores fuertes, mínimo durante 60 minutos antes de comenzar las sesiones, El jabón usado para lavarse las manos no debe dejar olor en ellas.

2.8.4.1 Entrenamiento para la detección y reconocimiento de olores. La correspondencia, reconocimiento, comparación por pares, tests triangular y duo trio), se deben usar para desarrollar la agudeza de los evaluadores frente a estímulos odoríferos. Los estímulos se deben presentar inicialmente por separado como una solución acuosa, pero a medida que se adquiere experiencia esta se puede reemplazar por alimentos o bebidas reales. La alteración de la apariencia de una muestra (por ejemplo, mediante el uso de un a luz de color) es particularmente útil para demostrar la necesidad de ser objetivo cuando se intenta detectar diferencias en otras características sensoriales.

Las muestras se deben presentar en la cantidad y a las temperaturas a las que se encuentran generalmente en el comercio o para su uso [67, 68].

2.8.5 Método Descriptivo. El método de análisis cuantitativo descriptivo da una descripción de las propiedades sensoriales de una muestra, compuesta por los atributos sensoriales en el orden de la percepción, y con la asignación de un valor de intensidad de cada atributo. Se utiliza una línea de escala con las palabras adecuadas de intensidad (baja o alta) en los extremos.

2.8.6 Escalas de Intensidad.

2.8.6.1 Escalas de respuesta: Se puede hacer una diferencia entre las escalas numéricas, verbales, dinámicas y gráficas. Sin embargo, todos los tipos de escalas de respuesta usualmente se traducen en números para propósitos de análisis e interpretación.

2.8.6.1.1 Escalas de respuesta numérica y verbal. Las escalas de respuesta numérica y verbal son los tipos usados más comúnmente en análisis sensorial. Cada evaluador da una respuesta, ya sea seleccionándola en un cuestionario (por ejemplo, encerrando en un círculo la respuesta apropiada o marcando la casilla apropiada),o elaborándola (por ejemplo, escribiendo un número que representa la intensidad percibida, o marcando una posición sobre una línea). Las escalas lineales permiten un detalle ilimitado en la diferenciación de las respuestas, y son ejemplos de escalas continuas, mientras que las escalas de categorías permiten solamente algunas respuestas predefinidas y son ejemplos de escalas discretas

2.8.6.1.2 Escalas de respuesta dinámicas. Las escalas de respuesta dinámicas son escalas continuas usadas, por ejemplo, para registrar la intensidad de una percepción a medida que cambia con el tiempo. El evaluador puede mover un

cursor a lo largo de una escala de intensidad usando el mouse o palanca de mando (Joystick) del computador, o puede ajustar un potenciómetro o la separación de sus dedos.

2.8.6.1.3 Escala de respuesta grafica. Las escalas de respuesta gráficas son escalas discretas. A menudo se presentan en forma de una serie de caras estilizadas que ilustran diferentes expresiones, desde agrado extremo hasta disgusto extremo. Se usan con frecuencia para ensayos hedonistas realizados con niños con capacidad ilimitada de lectura y/o comprensión. El evaluador indica la cara a la persona que realiza el experimento, o la selecciona él mismo. Para ser procesadas, las diferentes expresiones se convierten en números

2.8.6.2 Selección de la escala de respuesta

2.8.6.2.1 Generalidades. La selección de la escala de respuesta depende de los objetivos del estudio y de los productos que se estudian. Cualquiera que sea la escala de respuesta, es necesario que:

Sea fácilmente comprendida por los evaluadores

Sea fácil de usar.

Sea diferenciadora.

No esté sesgada.

2.8.6.2.2 Selección de la escala de respuesta unipolar y bipolar. La polaridad de la escala se define por la ubicación del punto neutro o cero.

En una escala unipolar, el punto neutro o cero está ubicado en un extremo de la escala.

En una escala bipolar, el punto neutro o cero está ubicado en el centro de la escala.

Una escala bipolar se usa cuando la intensidad de un atributo se puede diferenciar en cualquier dirección desde un valor neutro o ideal. Por ejemplo, una escala bipolar puede ir desde "no suficientemente dulce" a "demasiado dulce", mientras que una escala unipolar puede ir desde "no dulce en absoluto" a "extremadamente dulce".

Cuando se construyen escalas bipolares, la selección inapropiada de los extremos de la escala puede producir una escala que no tenga verdadera continuidad y no tenga un punto central lógico.

Evite el uso de límites que no estén basados en un solo atributo (por ejemplo, "café oscuro", o "rojo brillante"), a menos que estén en una secuencia reconocida de etapas o grados de producto.

2.8.6.2.3 Selección de una escala de respuesta continua o discreta

a. Escala continua Se puede pedir a los evaluadores que den respuestas numéricas en una escala continua, dando a entender que se pueden usar números con partes fraccionarias. Las escalas de respuesta numérica continua se usan raramente en análisis sensorial, excepto para el procedimiento de estimación de la magnitud. Las escalas lineales son típicamente de 15 cm o de 6

pulgadas de longitud, marcadas en cada extremo con los valores extremos del atributo que se evalúa. El evaluador responde marcando sobre la línea en la posición correspondiente a la intensidad percibida. El analista convierte en un número la posición marcada.

Una escala continua da a los evaluadores una oportunidad de expresar las diferencias más pequeñas a su criterio. De otra parte, la tarea puede parecer más difícil que usando una escala de categoría y la transcripción de datos toma más tiempo, a menos que haya a disposición un sistema automático de adquisición de datos.

b. Escala discreta. En el caso de escalas discretas, se ha observado que:

A menor número de categorías, mayor el efecto final, lo que por lo tanto disminuye la capacidad discriminatoria de la escala.

Los evaluadores con poco entrenamiento consideran que es más fácil usar una escala discreta (9 puntos) que una escala continua.

Las escalas hedónicas de 9 puntos pueden ser más discriminatorias que las de 7 y 5 puntos.

Los tiempos de respuesta de los evaluadores y la repetibilidad de las respuestas son independientes del número de divisiones.

2.8.6.2.4 Igualdad de los intervalos de escalas de respuesta

a. No hay relación directa entre la escala de respuesta usada y la escala de medición que corresponde a los valores registrados. Así, la misma escala de respuesta puede conducir a valores que son solamente ordinales (intervalos desiguales) o que están en una escala de intervalos (intervalos iguales).

b. En análisis sensorial se evalúa la percepción de un atributo, no la propiedad como tal, y es imposible asegurarse de que se ha logrado la igualdad de los intervalos. Aunque no es inusual interpretar los resultados como si correspondieran a una escala de medición de intervalo o razón, esta interpretación se debe expresar en cada caso específico como una hipótesis de trabajo.

c. Con escalas hedonistas, la igualdad de los intervalos se conserva mejor con una escala lineal continua que con una discreta de 9 puntos

2.8.6.2.5 Calidad de las mediciones obtenidas usando escalas de respuesta.

Independientemente de la escala de respuesta, la calidad de las mediciones depende de la manera en la que se obtuvieron. El aspecto por considerar es el siguiente:

Nivel de entrenamiento de los evaluadores

Los evaluadores deberían recibir entrenamiento para representar diferencias iguales en la percepción mediante diferencias iguales en la escala de respuesta y usar toda la escala de respuesta de una manera homogénea, para minimizar los efectos finales.

Los evaluadores también pueden recibir entrenamiento para asociar niveles particulares de percepción con los valores escala correspondientes, particularmente al establecer el perfil sensorial [69].

2.9 Nariz electrónica

La “nariz electrónica” (NE) es un instrumento que puede oler, es decir, es capaz de realizar análisis cualitativos y/o cuantitativos de una mezcla de gases, vapores y olores. La NE es un instrumento de olfato artificial que permite distinguir y reconocer aromas utilizando sensores de gas. Un dispositivo de este tipo tiene al menos 4 partes con diferentes funciones: la primera realiza la adecuación de la mezcla gaseosa y el muestreo, el conjunto de sensores de gas hace la detección, la electrónica de control se dedica a la gestión del conjunto de sensores y adecuación de la señal, y finalmente, la computadora, con adecuados algoritmos de clasificación de patrones, extrae los rasgos característicos o "huellas" de cada aroma y presenta los resultados en la interfaz con el usuario [70, 71].

En la práctica, el proceso de identificación de olores comprende tres estados durante el muestreo del olor: el primero es de limpieza de la cámara de medición y sensores mediante enjuagues realizados con “aire limpio” para barrer las moléculas de mediciones anteriores, el segundo es la toma de la muestra, en la que se reciben en la cámara cantidades controladas de “aire con olor” exponiendo a los sensores al mismo, y finalmente, un segundo enjuague de la cámara y sensores con “aire limpio” previo a la próxima toma de muestras. Es necesaria la estabilización térmica de la muestra y de la cámara en todas estas etapas. Del mismo modo, debido a que la humedad afecta tanto la medición como la muestra misma, sólo se deben comparar resultados tomados en condiciones de humedad y temperatura normalizadas.

Las narices electrónicas no se utilizan para analizar compuestos individuales después de la separación cromatográfica, sino para analizar la suma de los compuestos volátiles. El instrumento imita las funcionalidades de los componentes biológicos de la nariz, que integra la suma del total de compuestos volátiles a una percepción del aroma. La principal ventaja de esta técnica es su velocidad. Las señales producidas a partir de cada muestra son estadísticamente interpretadas por análisis multivariado.

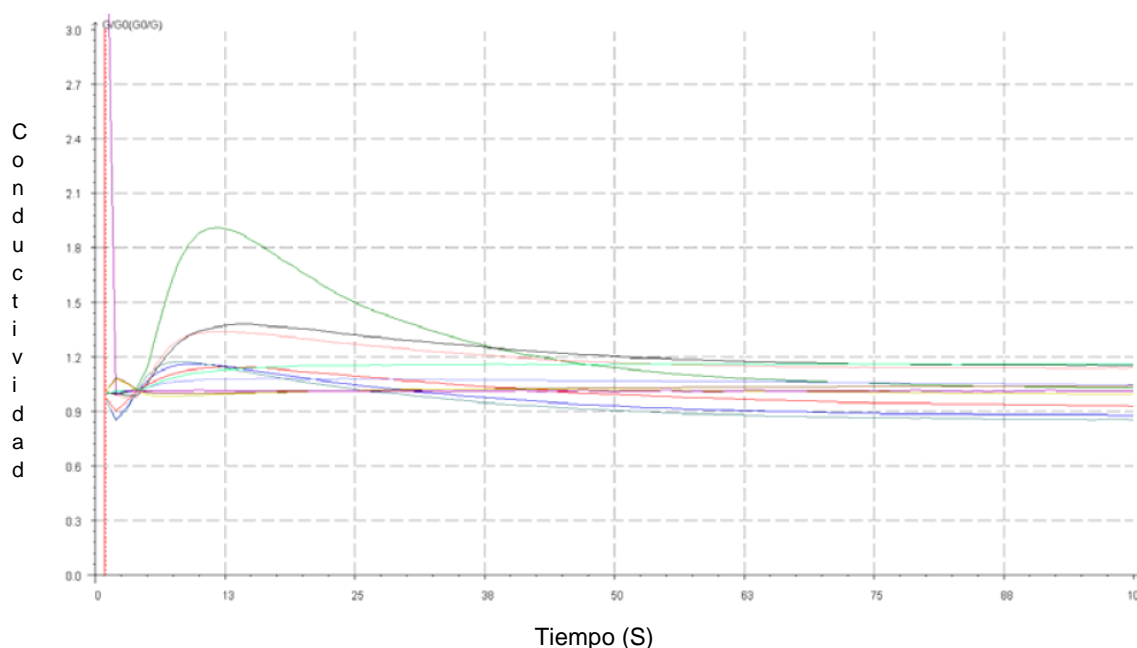
Las narices electrónicas (ES) han emergido como una alternativa potencial a analizadores convencionales de volátiles y muchos estudios han puesto de manifiesto los beneficios y el impacto en el control de procesos industriales, diagnóstico médico, control ambiental y la evaluación de la calidad de los alimentos [72,73].

Así, el recurso nariz electrónica tiene la ventaja de tener una alta portabilidad para mediciones in situ y en línea con bajos costos y confiabilidad. Es particularmente

útil para el análisis de muestras de alimentos líquidos o sólidos y la detección de defectos [74, 75].

La respuesta obtenida del equipo es visible a través del software del equipo (Figura 3), que es expresada cuantitativamente como un valor de conductividad, obteniéndose al final una matriz de datos de m columnas por n filas, donde las m columnas serán el numero de sensores que posea la nariz y n el numero de muestras. Los resultados, por ende, deberán ser analizados con técnicas de análisis estadístico multivariado

Figura 3. Respuesta típica de la nariz electrónica.



Tomado de [76]

El análisis sensorial por un panel de expertos es un proceso costoso ya que requiere de personas capacitadas que pueden trabajar por períodos de tiempo relativamente cortos y son difíciles de transportar, problemas adicionales, tales como la subjetividad de la respuesta humana a los olores y la variabilidad entre individuos también debe considerarse debido a que sus valoraciones se pueden ver afectadas por el cansancio, estado anímico, el clima y otros factores externos [71, 77, 78, 79]. Por lo tanto, se hace necesario un instrumento como la nariz electrónica, cuyos puntos fuertes son la alta sensibilidad y la correlación con los datos de los paneles sensoriales humanos para varias aplicaciones específicas en el control de los alimentos [71, 80, 81, 82, 83, 84, 85]. Las narices electrónicas son una alternativa barata y rápida para analizar la calidad de los alimentos a través de su olor, en relación con varios de los demás métodos costosos como GC / MS o la espectroscopia de infrarrojos o incluso un panel de expertos [86]. Sin embargo, hay mucha investigación por hacer sobre todo con respecto a la tecnología de sensores, procesamiento de datos, interpretación de resultados y estudios de validación [71].

La nariz electrónica fue desarrollada para imitar el poder discriminatorio del sistema olfatorio de mamíferos [71, 87, 88, 89]. Estos dispositivos son típicamente una serie de sensores que se usan para detectar y distinguir los olores, precisamente, en muestras complejas y a bajo costo [88, 90, 91, 92, 93].

Estas características hacen que las narices electrónicas sean de gran utilidad para diversas aplicaciones en la industria alimentaria, cosmética y farmacéutica así como en el control ambiental o de diagnóstico clínico. De hecho, en la última década, numerosos trabajos han aparecido en la literatura que describen el uso de las narices electrónicas, sobre todo en el ámbito del control de los alimentos [94, 95, 96, 97, 98, 99].

Varias investigaciones han demostrado que las narices electrónicas abarcan un amplio campo de acción debido a las características que poseen:

- En la clasificación y detección de olores con seguridad, ya que se pueden exponer a sustancias tóxicas.
- Confiabilidad y precisión, porque los resultados que se han obtenido en diferentes investigaciones han sido eficientes.
- Rapidez, ya que pueden ser usadas en análisis en tiempo real [100].
- A su fácil transporte, porque la mayoría son de tamaño pequeño o mediano.
- Su bajo costo, debido a que ha aumentado su uso notablemente.
- Requieren solamente un manipulador, inclusive algunas pueden ser manipuladas con una sola mano.
- Y no se ven afectadas por la variabilidad que hay presente en un grupo de panelistas humanos (expertos) usados en la olfometría, la cual se define como la utilización del olfato humano para la detección y cuantificación de olores, expresadas en unidades por metro cúbico [79].

En el sistema de la nariz electrónica existen tres módulos, a saber: químico, electrónico y el software [101]. La parte química es la que se refiere a acondicionar la muestra que se tenga y a la medición que realizan los sensores; la parte electrónica es la que se refiere al acondicionamiento de la señal eléctrica que se obtiene a la salida de los sensores, y a la extracción de rasgos o características eléctricas que nos brindan cada uno de los sensores de la matriz; y la parte del software es la que se refiere al reconocimiento de la señal y a su respectiva visualización en el sistema [102].

Los sensores no son específicos, es decir, no están diseñados para identificar compuestos determinados, sino que reaccionan ante un amplio espectro de ellos, de tal manera que cuando se tienen varios sensores en conjunto, se obtiene un patrón de señales o perfil que permite tener una gran reproducibilidad en la correspondencia única con un olor. Los sensores que se empleen en nariz electrónica, deben ser de respuesta rápida, reversible y reproducible, así como también, estables en el tiempo [103]. Un ejemplo de los sensores de la nariz electrónica es el siguiente:

Tabla 1. Sensores de la nariz electrónica y compuestos detectados por cada uno

N° Sensor	Símbolo	Grupo de Compuestos
1	W1C	Compuestos aromáticos
2	W5S	Amplio rango de compuestos, especialmente nitrogenados
3	W3C	Compuestos aromáticos
4	W6S	Principalmente hidrogeno
5	W5C	Compuestos aromáticos y alifáticos
6	W1S	Hidrocarburos de cadena corta
7	W1W	Compuestos azufrados
8	W2S	Alcoholes
9	W2W	Compuestos azufrados y clorados
10	W3S	Compuestos alifáticos de cadena corta

Tomado de [76]

2.9.1 Aplicaciones de las narices electrónicas en el análisis de alimentos.

Una búsqueda en la literatura reciente, muestra que existen las siguientes categorías principales del uso de narices electrónicas en el control de los alimentos: evaluación de la vida útil (tabla 2.), evaluación de frescura (tabla 3.), evaluación de autenticidad (tabla 4.) y otros estudios de control de calidad (tabla 5).

Tabla 2. Principales aplicaciones de las narices electrónicas en la investigación de la vida útil de alimentos

Muestra	Tipo de estudio	Ejemplo de sistema de manejo	Sistema de detección	Algoritmo de procesamiento de datos	Ref.
Manzanas Pinklady	Discriminación entre los estados de madurez. Estimación de los parámetros de calidad de la fruta.	SHS	21 MOS	PCA, ANN, PLS	104
Manzanas	Maduración Post-cosecha. Identificación cualitativa (tipos de manzana) y cuantitativa	SHS	12 QMB	Radial plots	105
Tomates (<i>Lycopersicon esculentum Mill</i>)	Discriminación entre los estados de maduración	SHS (for libra nose)	LibraNose: 5 QMBs	PCA	106
Manzanas Jonagold	Discriminación entre cultivares	SPME (for MS)	MS		
	Discriminación entre la duración de la vida útil.	SPME (for both e-noses)	LibraNose: 7QMBs	PCA, PLS	107
	Discriminación entre las condiciones de almacenamiento. Predicción de la firmeza y los días de vida útil.		MS		
Tomates Heatwave (<i>Lycopersicon esculentum</i>)	Discriminación entre los estados de madurez	SHS	PEN2: 10 MOS	PCA, LDA, PLS	108
Mandarinas Zaojin Jiogan	Discriminación entre la vida útil de almacenamiento. Discriminación entre los tratamientos de almacenamiento. Predicción de las características de la calidad de la fruta	SHS	PEN 2: 10 MOS	PCA, LDA, PLS	109
Tomates Heatwave (<i>Lycopersicon esculentum</i>)	Discriminación entre los tiempos de la vida útil de almacenamiento durante dos tratamientos de almacenamiento	SHS	PEN 2: 10 MOS	PCA, LDA, PLS	110
Melocotones (Prunus persica l.)	Predicción de las características de calidad de la fruta. Discriminación entre cultivos y entre estados de maduración durante la vida útil.	SHS	PEN 2: 10 MOS	PCA, LDA, CART	111
Queso Crescenza	Definición del umbral de la vida útil a diferentes temperaturas de almacenamiento.	SHS	Model 3320: 10 MOFSET + 12 MOS	PCA, CA, LDA	112
Leche	Determinación de vida útil. Correlación con el crecimiento de bacterias.	SHS	POX 4000: 18 MOS	PCA, vectors norm analysis	113
Aceites de oliva extra virgen	Evaluación del estado oxidativo en diferentes condiciones de almacenamiento.	SHS	Model 3320: 10 MOFSET + 12 MOS	PCA, LDA	114
Aceite Refinado	Evaluación de la auto-oxidación de lípidos en diferentes condiciones de almacenamiento.	SHS	FOX 4000: 18 MOS	PCA, PLS	115

Adaptado de [71]

Tabla 3. Principales aplicaciones de nariz electrónica en la evaluación de la frescura de alimentos.

Muestra	Tipo de estudio	Ejemplo de sistema de manejo	Sistema de detección	Algoritmo de procesamiento de datos	Ref.
Filete de bacalao	La discriminación entre los periodos de almacenamiento	SHS	LibraNose: 8 TSM FreshSense: 5EC	PLS-DA	116
Salmon fresco del Atlántico (Salmo solar)	Clasificación del deterioro de los filetes de salmón durante el almacenamiento a diferentes temperaturas.	SHS	AromaScan ¹ M: 32 CPs	MDA	117
Salmon del Atlántico ahumado en frío (Salmo solar)	Clasificación deterioro/frescura durante el almacenamiento a diferentes temperaturas.	SHS	FishNose (GEMINI): 6 MOS	PLS, PCA	118
Salmon de Alaska Rosado (Oncorhynchus gorbuscha)	Clasificación del deterioro en diferentes condiciones de almacenamiento.	SHS	Cyranose 320 TM : 32 thin-film carbón-black polymer sensors	PCA, FSGDA	119
Filetes frescos de Tilapia (Oreochromis niloticus)	Discriminación entre los tiempos de almacenamiento de los filetes en diferentes tratamientos.	SHS	e-Nose 4000: 12 CPs	DFA	120
Ostras (Cassostrea virginica)	Modelos de predicción de los cambios de olor de ostras sin concha.	SHS	EEV model 4000: 12 CPs	DFA	121
Huevos	Establecimiento de categorías de frescura. Predicción del estado de frescura.	SHS	4 Tin-oxide sensors	PCA, FCM, SOM, ANN	122
Carne molida de res	Detección de enranciamiento	SHS	FOX 3000: 12 MOS	QLSR	123
Carnes de vacuno y ovino	Clasificación del deterioro y predicción de los parámetros bacteriológicos.	SHS	6 Tin-oxide sensors	PCA, SVM, PLS	124

Adaptado de [71]

Tabla 4. Principales aplicaciones de las narices electrónicas en la evaluación de la autenticidad de los alimentos.

Muestra	Tipo de estudio	Ejemplo de sistema de manejo	Sistema de detección	Algoritmo de procesamiento de datos	Referencia
Tequila, Whisky, Vodka y Vino tinto	Discriminación entre los cuatro tipos de bebidas. Discriminación de los vinos de diferentes regiones.	DHS	FOX 4000: 18 MOS	PCA	125
Vinos Italianos	Reconocimiento y cuantificación de adulteraciones	SHS	4 Thin-film MOS	PCA, BP-ANN	126
Vinos españoles	Clasificación de las variedades de vinos	SHS, P&T, SPME	16 Tin-oxide sensors	PCA, PNN	127
Vinos españoles	Clasificación de las variedades de vinos	SHS	8 Tin-oxide sensors	PCA, PNN	128
Vinos españoles	Clasificación de las variedades de vinos	SHS	ZnO SAW	PCA, PNN	129
Vinos españoles	Clasificación de las variedades de vinos, los orígenes y el envejecimiento.	SHS	MS	PCA, SIMCA	130
Aceites de oliva vírgenes	Detección de adulteraciones	SHS	FOX 3000: 12 MOS	LDA, QDA, ANN	131
Aceites de oliva extra Virgen.	Discriminación entre orígenes geográficos.	SHS	MS	PCA, SLDA, LDA	132
Aceites de oliva extra Virgen.	Discriminación entre orígenes geográficos.		Model 3320: 10 MOFSET + 12 MOS	PCA, CP, ANN	133
Jugos de naranja	Discriminación entre orígenes geográficos	SHS	FOX 3000: 12 MOS	PCA, FDA	134
Queso Emmental	Discriminación entre orígenes geográficos	SHS	Smart Nose: MS	PCA	135
Mieles monoflorales Suizas	Discriminación entre el origen botánico de la miel.	SHS, SPME, INDEX	Smart Nose: MS	PCA, DFA	136
Acetato balsámico Tradizionale di Modena	Clasificación de diferentes edades de productos.	SHS	MS	PARAFAC, PCA, SIMCA, WPTER	137

Adaptado de [71]

Tabla 5. Otras aplicaciones de las narices en estudios de control de calidad de alimentos

Muestra	Tipo de estudio	Ejemplo de sistema de manejo	Sistema de detección	Algoritmo de procesamiento de datos	Referencia
Aceites de oliva					
Aceites de oliva Vírgenes	Discriminación entre los grados de calidad	SHS	FOX 3000: 12 MOS	PCA	138
Aceites de oliva Vírgenes	Discriminación entre los grados de calidad	SHS	8 CPs	KSOM	139
Aceite de oliva Vírgenes	Información cualitativa y cuantitativa de los atributos sensoriales positivos y negativos	SHS	MS	SIMCA, PLS	140
Vinos					
Vino Italiano seco rojo	Predicción de los descriptores sensoriales	DHS	PEN 2: MOS	CA	141
Vinos	Correlación con la descripción sensorial y perfiles de GC/MS	SHS y P&T	16 Thin film tin –oxide sensors	PLS	142
Frutas y vegetales					
Naranjas y manzanas	Evaluación de la calidad post-cosecha.	SHS	LibraNose: 7 TSMs	PCA, PLS, PLS-DA	143
Melocotones y nectarinas de varios cultivares	Evaluación de las características sensoriales de cada clase		LibraNose: 7 TSMs	PCA, LVQ-NN	144
Peras Xueqing	Predicción de los índices de calidad (firmeza, contenido de sólidos solubles y pH)	SHS	8 MOS	MLR, ANN	145
Peras Xueqing	Predicción de los índices de calidad (firmeza, contenido de sólidos solubles y pH)	SHS	8 MOS	MLR, PCR, PLS	146
Albaricoques (<i>Prunus armeniaca</i>)	Discriminación entre variedades	SHS-GC	FOX 4000: 18 MOS	PCA	147
Manzanas	Discriminación entre cultivares	SHS	14 Tin-oxide gas sensors	PCA, PLS, BP, ANN	148
Tes verdes Longjing	Discriminación entre diferentes grados de calidad	SHS	PEN 2: 10 MOS	LDA, PCA	149
Cebollas (<i>Allium cepa</i>)	Influencia de los factores edáficos en la calidad de bulbos.	Sample pretreatment - SHS	A32S AromaScan: 32 CPs	PCA	150
Otros estudios de calidad de los alimentos. Jamones	Discriminación de diferentes tipos de jamones	SHS	16 Tin-oxide thin film sensors	PCA, PNN	151
Vinagres chinos	Identificación de varios vinagres comerciales	SHS	9 Doped nano-ZnO thick film sensors	BP-ANN with K-NN	152
Varios tipos de alimentos	Discriminación entre alimentos, selección de sensores de nariz electrónica	SHS	Moses II: 7 QMB, 8 MOS, 4EC	PCA	153
Manzanas	Diferencias entre tipos de manzanas	SPME	8 Micro-SAW oscilators	Radial plots and visual inspection of signals	154

Adaptado de [71]

2.9.2 Aplicaciones de nariz electrónica en lácteos. El número de estudios acerca del empleo de nariz electrónica en la leche y productos lácteos, es aún limitado probablemente por la complejidad de sus matrices. La matriz de la leche es muy heterogénea, dado sus diferentes niveles en el contenido de lípidos, proteínas y carbohidrato [155, 156], de igual manera, debido a un contenido complejo de compuestos volátiles orgánicos.

Las narices electrónicas han sido utilizadas en diferentes aplicaciones de la industria láctea como la determinación de la calidad microbiológica de la leche [157, 158], la diferenciación de las muestras de helado [159, 160], el monitoreo en línea de la fermentación del yogurt [161], la caracterización de sabor del queso Cheddar [162], el control de procesos de maduración de queso azul danés [163, 164, 165], la determinación de la vida útil del queso Crescenza [112], reconocimiento de los compuestos de aroma de quesos suizos [166], control de calidad de los quesos [167], la detección de gusto en la corteza de queso Emmental suizo [168], y la determinación del origen geográfico de queso Emmental [135].

Ampuero y Bosset [94] reportaron diversas aplicaciones de narices electrónicas en la investigación de diversos aspectos de la lechería, productos tales como la evaluación de queso Suizo y el aroma de queso Cheddar, la evaluación de la maduración de queso Pecorino Toscano (de oveja), la detección de moho en el queso parmesano, la clasificación de la leche por la marca registrada, por el nivel de grasa y por el proceso de conservación, la clasificación y la cuantificación de los sabores en la leche, la evaluación de las reacciones de Maillard en los procesos de calentamiento en el bloque de la Leche, así como la identificación de cepas individuales resistentes a desinfectante en cultivos mixtos en la leche.

La evaluación del perfil de aromas por intermedio de la nariz electrónica ha sido de gran utilidad en la determinación de la vida útil de derivados lácteos, dado que este instrumento permite medir fácilmente y en tiempo real, parámetros que pueden ser correlacionados con aquellos que tradicionalmente determinan la vida útil de los alimentos [112]

2.10 Análisis multivariado

El uso de la quimiometría implica el uso de análisis de datos multivariados, en el cual varias muestras son estudiadas simultáneamente. En un análisis estándar multivariado, los datos son arreglados en una tabla o matriz, en donde cada fila corresponde a una muestra y cada columna a una variable que describe el sistema objeto de estudio.

Cuando estas matrices son consideradas por medio de la quimiometría, todas las variables son contempladas al mismo tiempo y consecuentemente la información extraída representa una visión global del sistema, esto es particularmente útil cuando se desea conocer las características de una matriz alimenticia y de ser

posible, clasificar y diferenciar de acuerdo a algún parámetro establecido (por ejemplo origen geográfico, tiempo de vida útil, etc.).

La quimiometría ha probado ser una herramienta útil para manejar grandes cantidades de datos, su uso se ha venido incrementando en los últimos años, especialmente en el área de la ciencia y tecnología de alimentos, en la cual las técnicas de control de calidad y las pruebas de autenticidad pueden ser descritos como sistemas en los que varios factores pueden interactuar y jugar un papel fundamental.

Las técnicas supervisadas están dirigidas a la clasificación y diferenciación de datos de acuerdo a un parámetro preestablecido, entre las cuales las más difundidas en el ámbito científico son el Análisis de Componentes Principales (PCA) y el Análisis de Función Discriminante (DFA). El PCA es probablemente la técnica estadística multivariada más difundida, la cual permite explorar patrones en los datos que se comportan similarmente y predecir el comportamiento de acuerdo a la información disponible.

El PCA busca reducir la dimensionalidad de los datos, manteniendo mediante esta técnica la mayor cantidad de información posible, la cual es determinada por la varianza obtenida. Esta técnica realiza una transformación lineal de las n variables estudiadas en la matriz convirtiéndolas en una gráfica bi- o tri-dimensional, cuyos ejes son llamados componentes principales. La condición de estos componentes principales es que su dirección está definida de acuerdo a la máxima varianza posible, es decir el componente principal 1 tendrá la dirección que mayor varianza le permita, el segundo componente principal será el ortogonal al primero y tendrá la segunda mayor varianza y así sucesivamente.

Uno de los gráficos de más importancia del PCA, es el llamado *loading plot*, este gráfico permite establecer cuales variables son las más importantes para clasificar y diferenciar un conjunto de muestras. Su utilidad está basada en el posicionamiento de las variables dentro del gráfico, clasificándolas de acuerdo a su importancia proporcionalmente a la distancia entre esta y el origen [76].

3. Metodología

La investigación se llevó a cabo en el Instituto de Ciencia y Tecnología de Alimentos (ICTA) de la Universidad Nacional de Colombia Sede Bogotá. Se utilizó un biorreactor en un proceso discontinuo por lotes, proporcionando condiciones controladas que aseguraron el crecimiento eficaz de las bacterias y de esta manera lograr una mayor confiabilidad en los parámetros de fermentación.

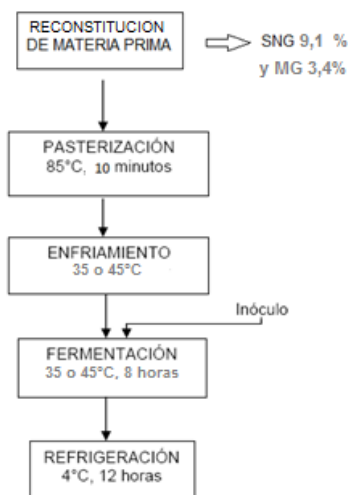
3.1 Obtención del producto.

3.1.1 Materias primas. Leche en polvo comercial entera, agua potable, cultivos lácticos de *Lactobacillus delbrueckii subsp. bulgaricus* y *Streptococcus thermophilus*, de tres referencias diferentes.

Se reconstituyó leche en polvo entera con agua potable para obtener una materia prima homogénea con 9,1 %m/m de sólidos no grasos (SNG) y 3,4%m/m de grasa. El proceso de elaboración se describe en la figura 4.

La cantidad de inóculo que se usó para cada ensayo fue de una relación de 1 unidad por 5 litros de leche.

Figura 4. Elaboración de yogurt



A partir del momento de la inoculación hasta las ocho horas de fermentación se tomaron muestras por triplicado cada hora para evaluar acidez, pH, viscosidad y producción de aroma por nariz electrónica y panel sensorial.

3.1.2 Diseño experimental

La unidad experimental estuvo conformada por 3 litros de leche reconstituida.

Los tratamientos aplicados a las unidades experimentales fueron:

Temperatura de incubación: 35°C (temperatura 2), 45°C (temperatura 1)

Cultivo láctico: uno, dos y tres (Ver anexo B). La composición de los tres cultivos fue *Streptococcus thermophilus* y *Lactobacillus delbrueckii subsp. Bulgaricus*.

Las variables de respuesta fueron: análisis sensorial con una prueba de escalas para panel sensorial y nariz electrónica con la conductividad de cada uno de los diez sensores y análisis fisicoquímicos en los cuales están viscosidad, pH y acidez.

3.2 Análisis del producto.

3.2.1 Entrenamiento de panelistas. Se entrenaron a 8 panelistas en reconocimiento, discriminación e intensidad de aroma de acetaldehído, ya que es, según la bibliografía es el compuesto mayoritario en el aroma del yogurt. Para evaluar a los panelistas se empleó pruebas de ordenamiento (ver anexo C). El entrenamiento de los panelistas se realizó durante un mes de acuerdo a la norma NTC 4129 de 2008 [67] y la evaluación de la intensidad por pruebas de ordenamiento se realizó de acuerdo a la norma NTC 3930 de 2008 [169].

Las cantidades de acetaldehído que se utilizaron para el entrenamiento en reconocimiento, intensidad y discriminación fueron: 0mg/L, 4mg/L, 8mg/L, 12mg/L, 16mg/L y 20mg/L.

3.2.2 Análisis sensorial. La intensidad del acetaldehído en el yogurt fue evaluada con escalas estructurada de 0-5 (anexo D), con 8 panelistas entrenados, de acuerdo con la norma NTC 5328 de 2008.

3.2.3 Análisis instrumental. Se llevó a cabo por medio de la nariz electrónica marca Airsense analytics PEN3 con un arreglo de 10 sensores de óxido metálico (Tabla 1), utilizando un vial cromatográfico de 20 mL con 1 g de la muestra a una temperatura de 10°C, dejándola 20 minutos hasta lograr el equilibrio de la concentración de los compuestos volátiles. Las condiciones de trabajo del equipo fueron 450 segundos de limpieza, análisis de la muestra por 150 segundos, flujo de gas de 200ml/min y el factor de dilución automática.

3.2.4 Métodos de evaluación fisicoquímico

3.2.4.1 Aplicados a la materia prima:

Para evaluar las características fisicoquímicas de la leche reconstituida, antes del procesamiento, se aplicaron los siguientes métodos:

Tabla 6. Parámetros fisicoquímicos de leche entera.

PARÁMETRO	VALOR REFERENCIA	DE	NORMA O MÉTODO
Contenido de grasa	Mínimo 3,0 % m/m		FIL-IDF Standard 105:1981 (Gerber)
Extracto seco total	Mínimo 11,3 % m/m		AOAC 925.251998
Extracto seco desengrasado	Mínimo 8,3 % m/m		AOAC 925.251998
Acidez titulable	0,13 – 0,17 % m/v		AOAC 947.05/1998
pH	6,6 – 6,8		AOAC 973.41/1998
Prueba de Inhibidores	Negativa		Delvotest
Prueba de estabilidad	Negativa		Alcohol 68% p/p

3.2.4.2 Aplicados al yogurt

Tabla 7. Parámetros fisicoquímicos del Yogurt

PARÁMETRO	VALOR DE REFERENCIA	NORMA O MÉTODO
Viscosidad		Haake Rotovisco RV 20
Acidez titulable	0,7 – 1,5 % m/v	AOAC 947.05/1998
pH	4,5-4,8	AOAC 973.41/1998
Perfil de aroma		Nariz electrónica Panel sensorial

Para viscosidad se utilizó un viscosímetro Haake Rotovisco RV 20, con sistema NV con control de temperatura a $10^{\circ}\text{C}\pm 0,1^{\circ}\text{C}$, utilizando 10 ml de muestra, para pH se utilizó un pH-metro Orion 420 A, y para acidez se tomó como base la AOAC 947.05.

3.3.1 Análisis de resultados de los datos de panel sensorial. Para evaluar la diferencia entre cultivos y la diferencia que existió entre los tiempos de fermentación se analizaron los resultados de panel sensorial mediante la prueba de Kruskal Wallis con un nivel de significancia del 5%, en donde se encontraron diferencias se aplicó una prueba DMS (diferencia mínima significativa). Se aplicó una prueba de Wilcoxon para evaluar la diferencia entre temperaturas siendo esta, una prueba que se usa para determinar si hay diferencia entre dos

poblaciones. Para realizar estas pruebas se utilizó el software Statgraphics plus 5.1.

3.3.2 Análisis de resultados de los datos de nariz electrónica. Se realizó un análisis de componentes principales de cada uno de los análisis de cultivos y temperaturas, obteniéndose en total 27 muestras para cada ensayo.

Para realizar el análisis se elaboraron matrices de los datos con promedios para las variables 10 variables de la nariz electrónica (sensores) (Anexo E), utilizando para el pretratamiento de los datos, un autoescalado que lo realiza automáticamente el software, el escalamiento fue aplicado para remover la dependencia de los valores de las variables de su unidad o escala, logrando así que todas las variables sean comparables. Para este análisis se utilizó el software Matlab versión 7.11.0.

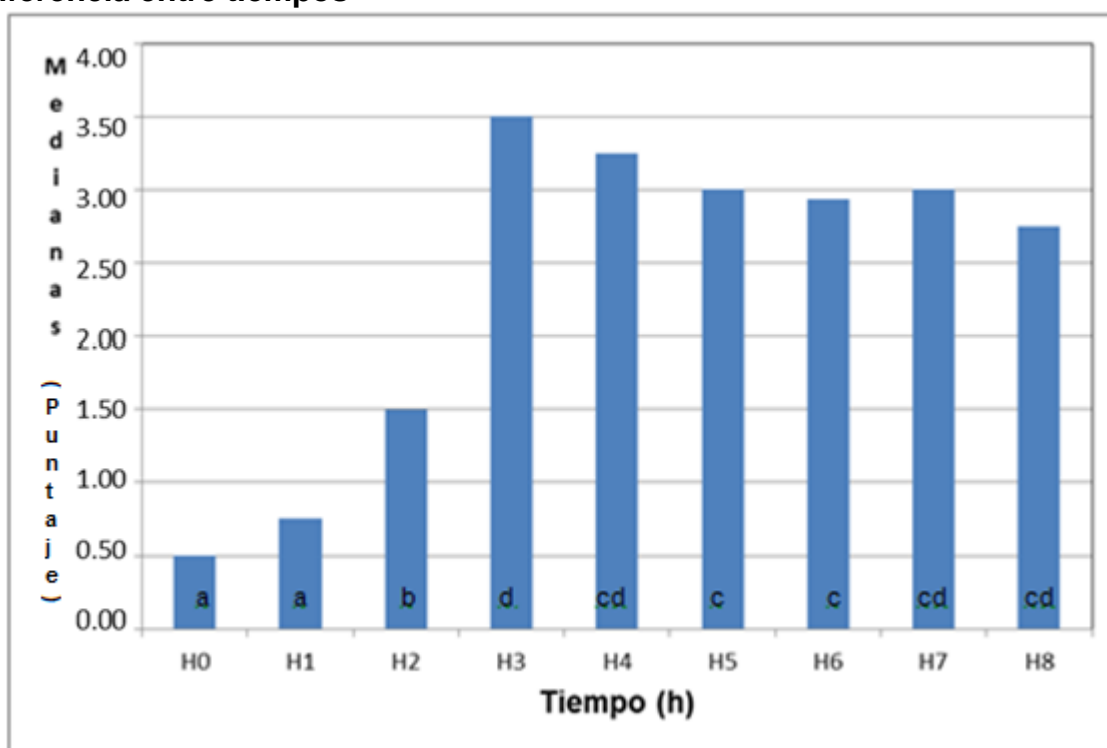
3.3.3 Análisis de variables fisicoquímicas. Se realizó un análisis de varianza de doble vía con un nivel de significancia del 5%, para analizar los resultados de las variables fisicoquímicas y así observar si se encuentran diferencias entre cada uno de los tiempos, entre las temperaturas y los cultivos utilizados. En donde se encontraron diferencias se aplicó una prueba DMS (diferencia mínima significativa).

4. Resultados y discusión

4.1 Análisis de resultados de los datos de panel sensorial

4.1.1 Análisis de diferencias para tiempos y cultivos. En la figura 5 se puede observar que los panelistas pudieron diferenciar la intensidad del aroma a partir de la tercera hora de fermentación (ver anexo F), percibiéndola levemente a partir de la hora 2.

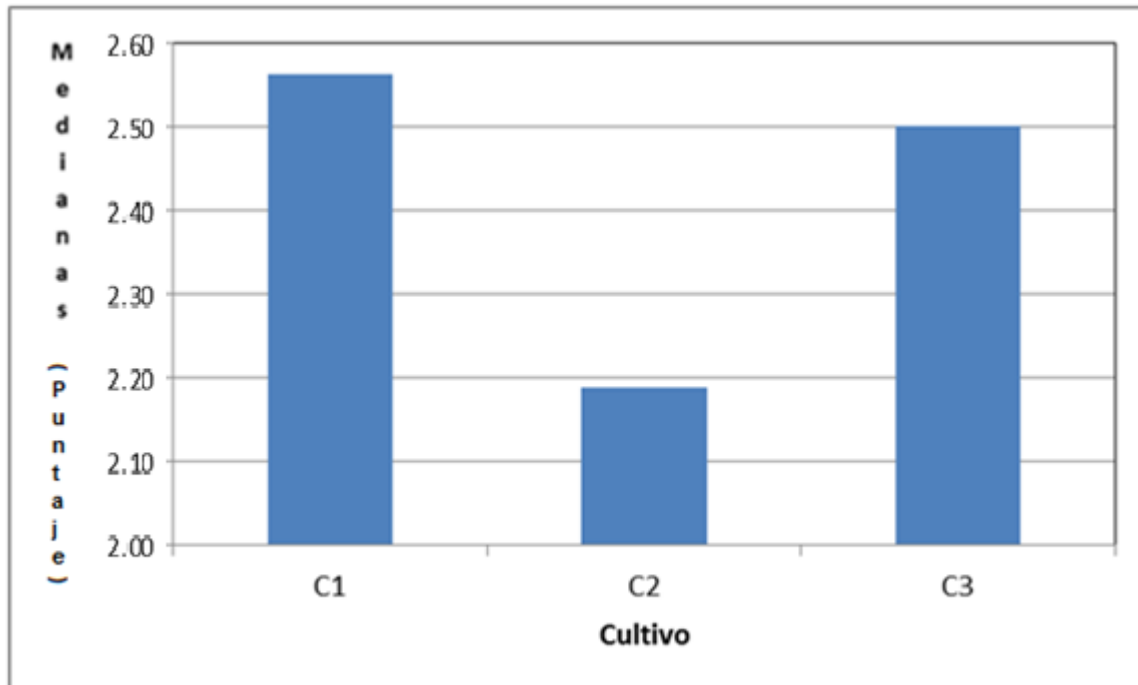
Figura 5. Medianas de los puntajes asignados por los catadores para la diferencia entre tiempos



Letras iguales denotan que no hay diferencias significativas a $p \leq 0.05$.

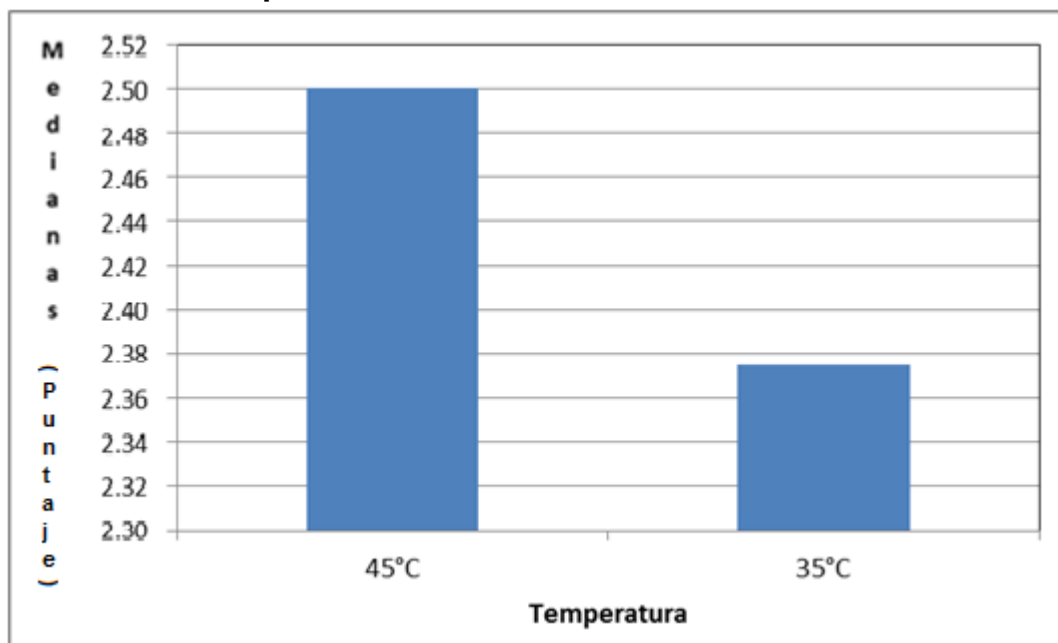
En la figura 6 se puede observar la percepción del aroma por los panelistas para cada cultivo, en donde aparentemente se diría que lograron detectar una mayor concentración de acetaldehído en el cultivo 1 en comparación con el cultivo 2 y 3, pero estadísticamente no se encontraron diferencias significativas encontrándose un p valor de 0.44 (ver anexo G).

Figura 6. Medianas de los puntajes asignados por los catadores para la diferencia entre cultivos



4.1.2 Análisis de diferencias para temperaturas. En la figura 7 se puede observar la percepción del aroma por parte de los panelistas a dos temperaturas, en donde visualmente se podría asumir que fue en la temperatura 1 donde mayor aroma a acetaldehído se detectó, pero estadísticamente no se encontraron diferencias significativas encontrándose un p valor de 0, 21 (ver anexo H).

Figura 7. Medianas de los puntajes asignados por los catadores para la diferencia entre temperaturas



4.2 Análisis de resultados de los datos de nariz electrónica

4.2.1 Análisis de componentes principales para nariz electrónica

4.2.1.1 Diferencias entre cultivos. En la figura 8 (anexo I) se puede observar claramente que existen diferencias al realizar la fermentación con tres cultivos (1 verde, 2 azul y 3 amarillo) a 35°C, siendo el sensor menos importante para esta diferenciación el sensor W2W el cual es sensible a compuestos azufrados y clorados. Esto se puede explicar en la figura 9 (anexo I) en donde los cultivos se van diferenciando en forma diagonal por lo tanto los sensores de las diagonales serán los que me ayuden a diferenciar claramente los cultivos. El sensor W2W se encuentra en el medio de las diagonales por lo tanto es una variable que no tiene importancia relevante para la diferenciación.

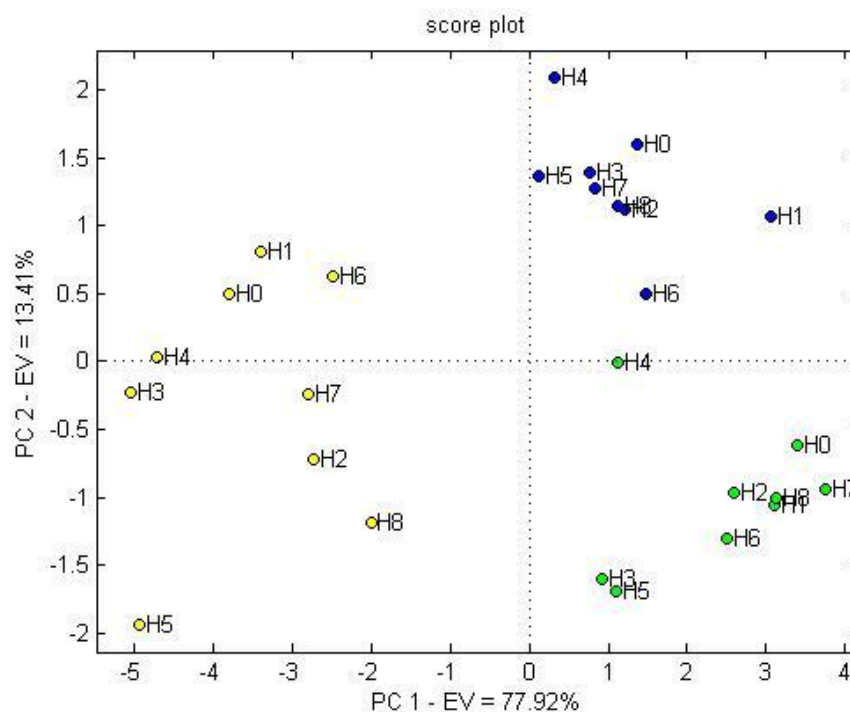
Estos dos componentes principales representan un 79.51% de la varianza acumulada del total de los datos.

De igual manera en la figura 10 se puede observar que existen diferencias al realizar la fermentación con tres cultivos (1 verde, 2 azul y 3 amarillo) a 45°C, pero la diferencia se observó con mucha más claridad que para la temperatura a 35°C lo que mostraría que esta temperatura tiene un mayor efecto para la producción de aroma en los diferentes cultivos. En el eje X de la figura 11, para el componente principal 1 los sensores más alejados del origen son los que mayor

importancia tienen para explicar la diferencia del cultivo 3 y los cultivos 1 y 2 y en este caso son los diez sensores de la nariz electrónica, pero para explicar la diferencia entre el cultivo 1 y 2 se deben tener en cuenta los sensores mas alejados del origen del PC2, por lo tanto se puede afirmar que los sensores que se encuentren en la parte superior derecha tuvieron mayor respuesta para el cultivo 2 y los del lado inferior derecho para el cultivo 1. Los sensores que mayor respuesta tuvieron para el cultivo 1 fueron los de terminación C que son sensibles a compuestos aromáticos con estructura de anillo, los sensores W3S y W6S sensibles a compuestos alifáticos de cadena corta e hidrogeno respectivamente, tuvieron mayor respuesta para el cultivo 2 y los restantes tuvieron mayor respuesta para el cultivo 3 que fueron, el sensor W5S sensible a amplio rango de compuestos, especialmente hidrogenados, el W1S sensible a hidrocarburos de cadena corta, el W1W sensible a compuestos azufrados, el W2S sensible a alcoholes y el W2W sensible a compuestos azufrados y clorados.

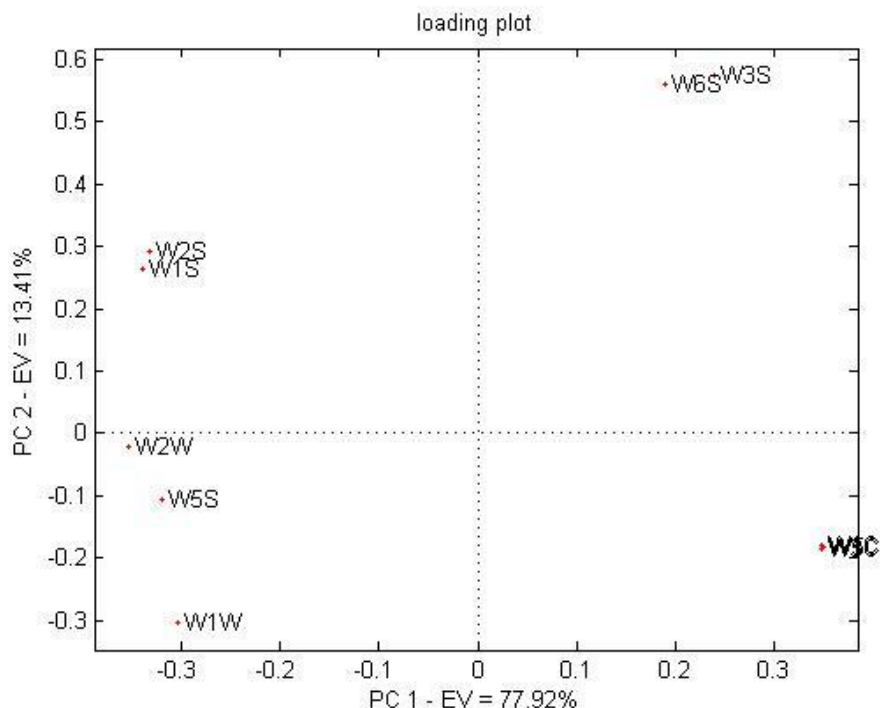
Estos dos componentes principales representan un 91.3% de la varianza acumulada del total de los datos.

Figura 10. Score Plot diferencias entre cultivos a 45°C



(PC1: Componente principal 1, PC2: componente principal 2)

Figura 11. Loading Plot diferencias entre cultivos a 45°C



4.2.1.2 Diferencias entre temperaturas. En la figura 12 se observa la diferencia en la producción de aroma a diferentes temperaturas (45°C verde, 35°C azul) para el cultivo 1, en el eje X de la figura 13, para el componente principal 1 los sensores más alejados del origen son los que mayor importancia tienen para explicar la diferencia entre las temperaturas y en este caso son los diez sensores de la nariz electrónica; las respuestas de los sensores son inversamente proporcionales al encontrarse en extremos opuestos del grafico, pero también se puede afirmar que los sensores ubicados a la derecha del grafico fueron los que tuvieron mayor respuesta para la temperatura de 45°C y menor respuesta con los de la izquierda, de igual manera para la temperatura a 35°C mayor respuesta en los sensores de la izquierda y menor en los de la derecha. Los sensores mas sensibles a la temperatura de 45°C fueron los de terminación C sensibles a compuestos aromáticos y alifáticos, el sensor W6S sensible principalmente a hidrogeno y el W3S sensible a compuestos alifáticos de cadena corta.

Estos dos componentes principales representan un 94.63% de la varianza acumulada del total de los datos.

Figura 12. Score Plot diferencias entre temperaturas cultivo 1

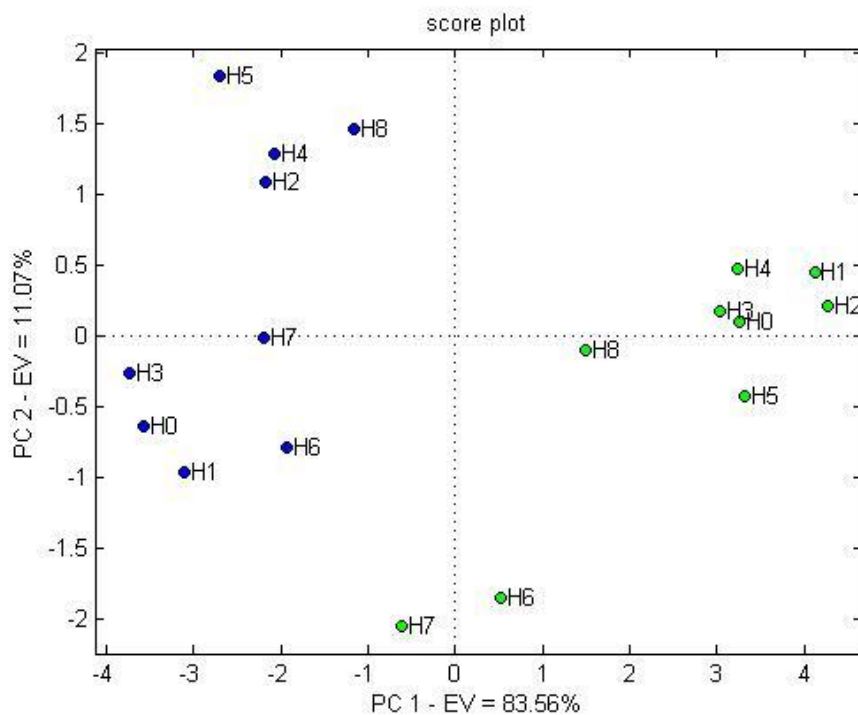
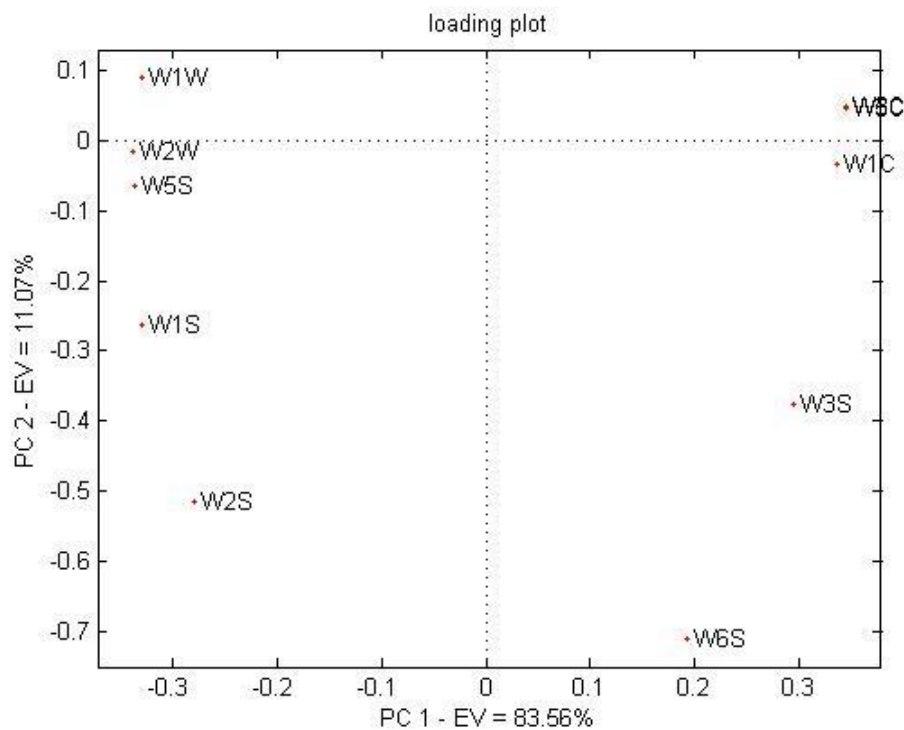


Figura 13. Loading Plot diferencias entre temperaturas cultivo 1



En la figura 14 (anexo J) se observa la diferencia en la producción de aroma a las diferentes temperaturas (45°C verde, 35°C azul) para el cultivo 2. En el eje Y de

la figura 15 (anexo J), para el componente principal 2 se observa que los sensores mas cercanos al origen serán los que menos importancia tengan para explicar la diferencia entre los cultivos y los mas alejados serán los de mayor importancia. Los sensores ubicados en la parte superior del grafico fueron los que tuvieron mayor respuesta para la temperatura de 45°C y menor respuesta con los de la parte inferior, de igual manera para la temperatura a 35°C mayor respuesta en los sensores de la parte inferior y menor en los de la parte superior. Los sensores mas sensibles a la temperatura de 45° fueron, el W5S sensible a amplio rango de compuestos, especialmente nitrogenados, el W1W sensible a compuestos azufrados y el W2W sensible a compuestos azufrados y clorados.

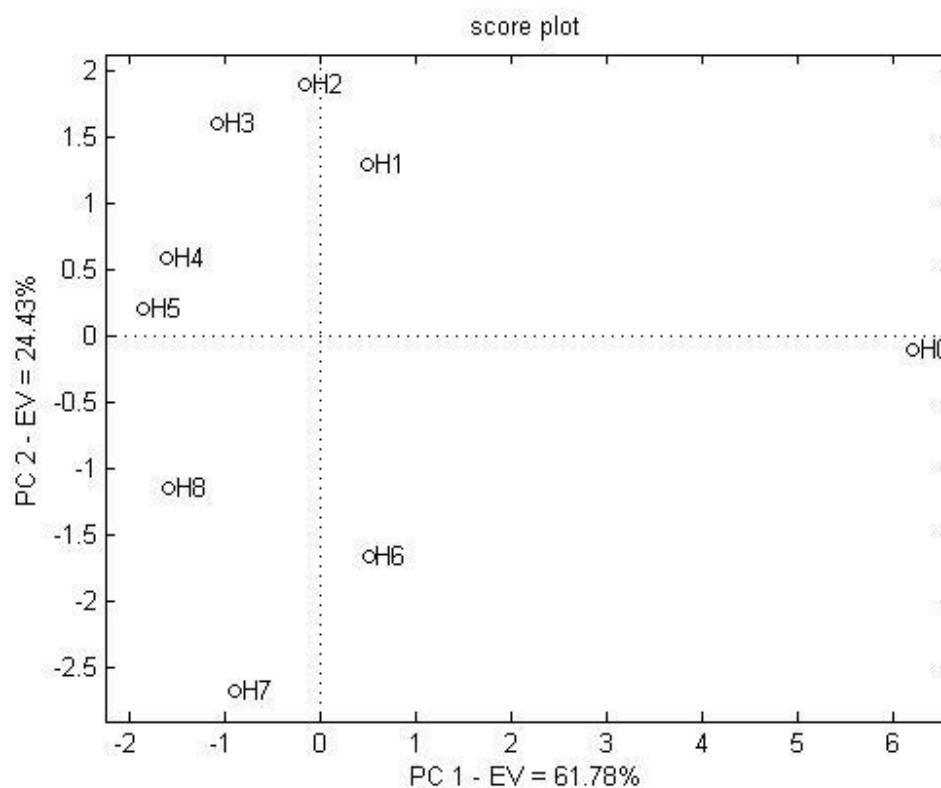
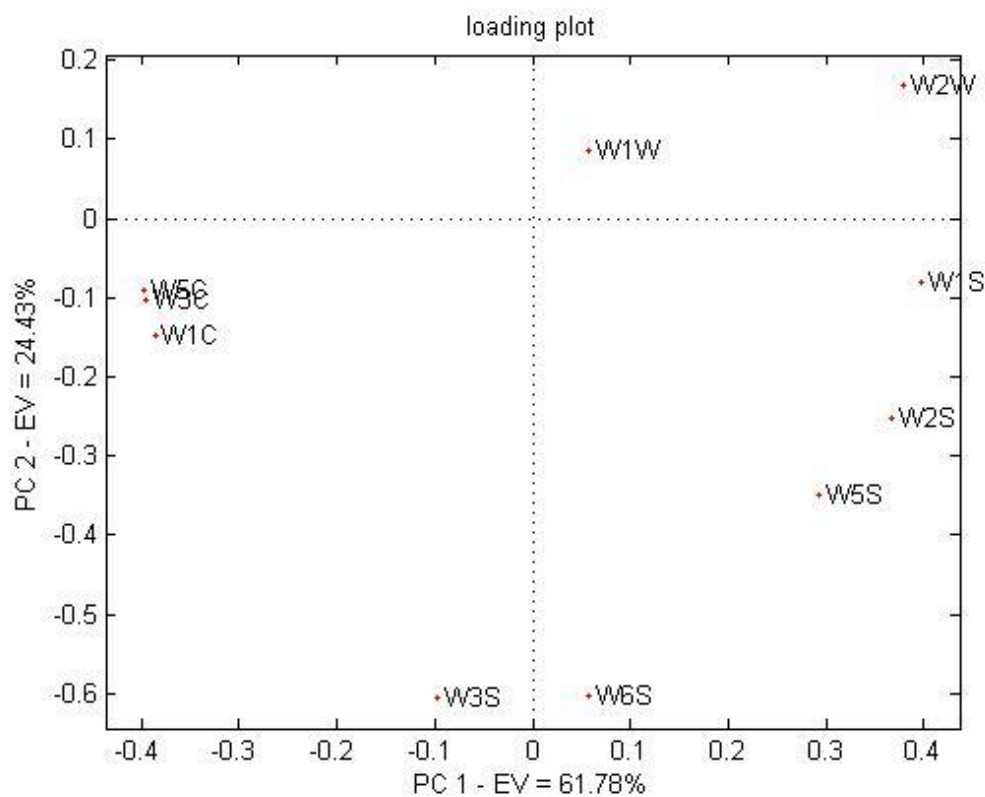
Estos dos componentes principales representan un 82.22% de la varianza acumulada del total de los datos.

En la figura 16 (anexo K) se observa la diferencia en la producción de aroma a las diferentes temperaturas (45°C verde, 35°C azul) para el cultivo 3, en el eje X de la figura 17 (anexo K), para el componente principal 1 el sensor más cercano al origen es el sensor W5S y por ende el que menor importancia tiene para explicar la diferencia entre las temperaturas, este sensor es sensible a amplio rango de compuestos, especialmente nitrogenados. Los sensores ubicados a la derecha del grafico fueron los que tuvieron mayor respuesta para la temperatura de 35°C y menor respuesta con los de la izquierda, de igual manera para la temperatura a 45°C mayor respuesta en los sensores de la izquierda y menor en los de la derecha. Los sensores que tuvieron mayor respuesta a la temperatura de 35°C fueron, los sensores con terminación C sensibles a compuestos aromáticos y alifáticos, el sensor W6S sensible principalmente a hidrogeno, el sensor W2S sensible a alcoholes y el sensor W3S sensible a compuestos alifáticos de cadena corta.

Estos dos componentes principales representan un 86.3% de la varianza acumulada del total de los datos

4.2.1.3 Diferencias entre tiempos. En la figura 18 se observa la diferencia en la producción de aroma a los diferentes tiempos de fermentación (H=hora) para el cultivo 1 a 35°C. Los sensores ubicados en la parte superior de la figura 19 fueron los que tuvieron mayor respuesta para las primeras horas de fermentación y menor respuesta con los de la parte inferior, de igual manera para las últimas horas de fermentación hubo una mayor respuesta en los sensores de la parte inferior y menor en los de la parte superior. Los señores que mayor respuesta tuvieron para las primeras horas de fermentación fueron, el sensor W1W sensible a compuestos azufrados y el W2W sensible a compuestos azufrados y clorados.

Estos dos componentes principales representan un 86.21% de la varianza acumulada del total de los datos.

Figura 18. Score Plot diferencias entre tiempos cultivo 1 temperatura 35°C**Figura 19. Loading Plot** diferencias entre tiempos cultivo 1 temperatura 35°C

En las figuras 20 a 23 (anexo L) se observa la diferencia en la producción de aroma a los diferentes tiempos de fermentación (H=hora) para el cultivo 1 a 45°C con los componentes principales (PC) PC1, PC2 y PC3. En la figura 20 no se puede observar ninguna diferencia clara entre las horas de fermentación, pero en la figura 22 para el PC3 y PC1 si se tienen dos grupos diferenciados, en la parte superior se encuentran las últimas horas y por ende los sensores que presentaron mayor respuesta serán los que estén en la parte superior de la figura 23; por el contrario en la parte inferior se encuentran los sensores que presenta mayor respuesta para las primeras horas. Los sensores que presentaron mayor respuesta a las últimas horas de fermentación fueron, el W1C sensible a compuestos aromáticos, el W6S sensible principalmente a hidrogeno el W1S sensible a hidrocarburos de cadena corta y el W3S sensible a compuestos alifáticos de cadena corta.

Los dos componentes principales PC1 y PC2 representan un 75.72% y el PC1 y PC3 un 68.65% de la varianza acumulada del total de los datos.

En la figura 24 (anexo M) se observa la diferencia en la producción de aroma a los diferentes tiempos de fermentación (H=hora) para el cultivo 2 a 35°C. Los sensores ubicados a la izquierda de la figura 25 (anexo M) fueron los que tuvieron mayor respuesta para las primeras horas de fermentación y menor respuesta con los de la derecha, de igual manera para las últimas horas de fermentación hubo una mayor respuesta en los sensores de la derecha y menor en los de la izquierda. Los sensores con mayor respuesta para las primeras horas de fermentación fueron los de terminación C sensibles a compuestos aromáticos y alifáticos.

Estos dos componentes principales representan un 83.09% de la varianza acumulada del total de los datos.

En la figura 26 (anexo N) se observa la diferencia en la producción de aroma a los diferentes tiempos de fermentación (H=hora) para el cultivo 2 a 45°C. Los sensores ubicados en la parte superior de la figura 27 (anexo N) fueron los que tuvieron mayor respuesta para las primeras horas de fermentación y menor respuesta con los de la parte inferior, de igual manera para las últimas horas de fermentación hubo una mayor respuesta en los sensores de la parte inferior y menor en los de la parte superior.

Estos dos componentes principales representan un 85.41% de la varianza acumulada del total de los datos. Los sensores que tuvieron mayor respuesta para las primeras horas de fermentación fueron, el W5S sensible a amplio rango de compuestos especialmente nitrogenados, W6S sensible principalmente a hidrogeno, el W3S sensible a compuestos alifáticos de cadena corta y los sensores W3C y W5C sensibles a compuestos aromáticos y alifáticos.

En la figura 28 (anexo O) se observa la diferencia en la producción de aroma a los diferentes tiempos de fermentación (H=hora) para el cultivo 3 a 35°C. Los

sensores ubicados a la izquierda de la figura 29 (anexo O) fueron los que tuvieron mayor respuesta para las primeras horas de fermentación y menor respuesta con los de la derecha, de igual manera para las últimas horas de fermentación hubo una mayor respuesta en los sensores de la derecha y menor en los de la izquierda. Los sensores que tuvieron mayor respuesta para las primeras horas de fermentación fueron los de terminación C sensibles a compuestos aromáticos y alifáticos.

Estos dos componentes principales representan un 92.54% de la varianza acumulada del total de los datos.

En las figuras 30 a 33 (anexo P) se observa la diferencia en la producción de aroma a los diferentes tiempos de fermentación (H=hora) para el cultivo 3 a 45°C con los componentes principales (PC) PC1, PC2 y PC3. En la figura 30 y 32 no se puede observar ninguna diferencia clara entre las horas de fermentación.

Los dos componentes principales PC1 y PC2 representan un 84.26% y el PC1 y PC3 un 81.31% de la varianza acumulada del total de los datos.

4.2.2 Análisis de componentes principales para las últimas horas de fermentación

4.2.2.1 Diferencia entre cultivos con nariz electrónica. En la figura 34 se observan las diferencias entre los cultivos a 35°C en las últimas horas de fermentación, encontrándose que en los cultivos 2 (azul) y 3 (amarillo) después de la hora 7 la producción de aroma comienza a disminuir, pero en el cultivo 1 (verde) esto sucede después de la hora 6. Además se puede concluir que de acuerdo a la distancia que existe entre las horas de fermentación, el cultivo 3 fue el que tuvo mayor producción de aroma a esta temperatura. Los sensores que están en la parte superior de la figura 35 son los que mayor respuesta tuvieron a las horas que se encuentran en la parte superior de la figura 34 y los sensores que se encuentran en la parte inferior a las horas ubicadas en la parte inferior de la figura del *score plot*. Los sensores que tuvieron mayor respuesta a las horas ubicadas en la parte superior del gráfico fueron, el W5S sensible a amplio rango de compuestos, especialmente nitrogenados, el W6S sensible principalmente a hidrogeno, el W1S sensible a hidrocarburos de cadena corta, el W1W sensible a compuestos azufrados, el W2S sensible a alcoholes y el W3S sensible a compuestos alifáticos de cadena corta.

Figura 34. Score Plot diferencias entre cultivos a 35°C

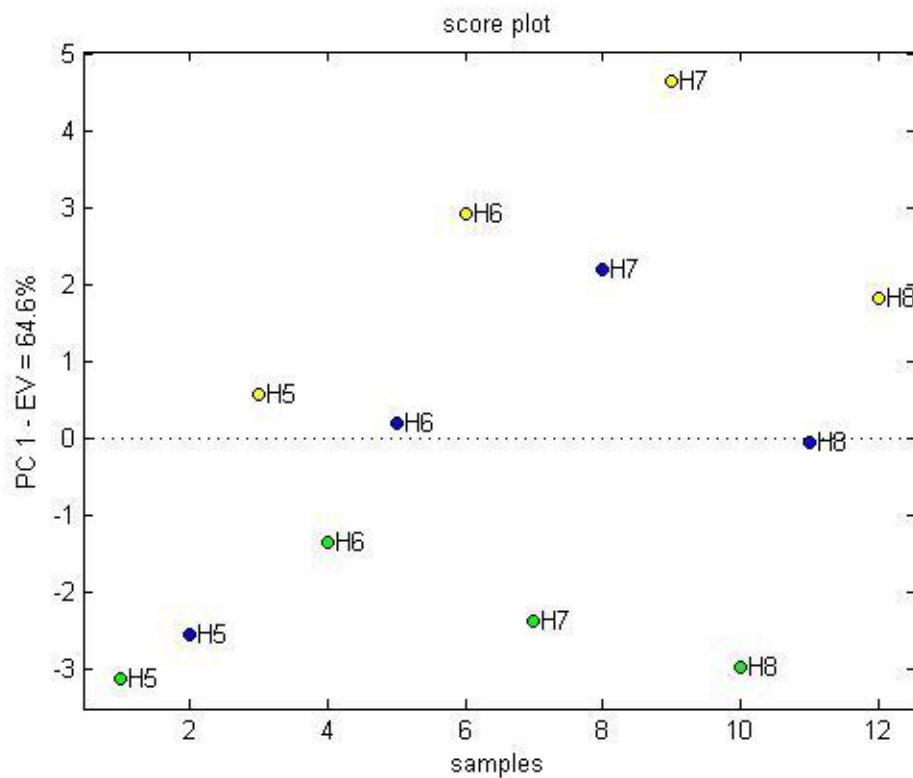
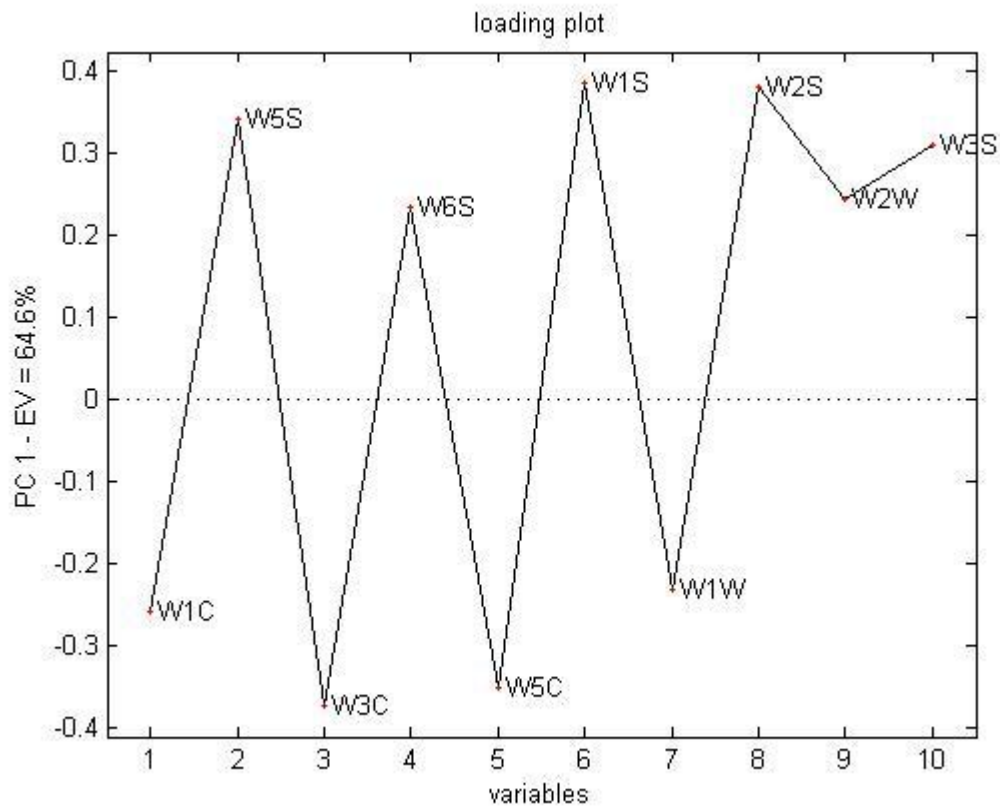


Figura 35. Loading Plot diferencias entre cultivos a 35°C



De igual manera en la figura 36 (anexo Q) se observan las diferencias entre los cultivos a 45°C en las últimas horas de fermentación, encontrándose que en promedio en los tres cultivos la producción de aroma comienza a estabilizarse después de la hora 6. Además se puede concluir que de acuerdo a la distancia que existe entre las horas de fermentación, el cultivo 3 fue el que tuvo mayor producción de aroma a esta temperatura al igual que para la temperatura de 35°C. Los sensores que están en la parte superior de la figura 37 (anexo Q) son los que mayor respuesta tuvieron a las horas que se encuentran en la parte superior de la figura 36 y los sensores que se encuentran en la parte inferior a las horas ubicadas en la parte inferior de la figura del *score plot*. Los sensores que tuvieron mayor respuesta a las horas ubicadas en la parte superior del gráfico fueron, el W5S sensible a amplio rango de compuestos, especialmente nitrogenados, el W1S sensible a hidrocarburos de cadena corta, el W1W sensible a compuestos azufrados, el W2S sensible a alcoholes y el W2W sensible a compuestos azufrados y clorados.

4.2.2.2 Diferencia entre temperaturas con nariz electrónica. En la figura 38 se observan las diferencias entre temperaturas para el cultivo 1 en las últimas horas de fermentación, encontrándose que en promedio en las dos temperaturas la producción de aroma comienza a disminuir después de la hora 7. Además se puede concluir que de acuerdo a la distancia que existe entre las horas de fermentación, la temperatura de 45°C (verde) fue la que tuvo mayor producción de aroma para este cultivo. Los sensores que están en la parte superior de la figura 39 son los que mayor respuesta tuvieron a las horas que se encuentran en la parte superior de la figura 38 y los sensores que se encuentran en la parte inferior a las horas ubicadas en la parte inferior de la figura del *score plot*. Los sensores que tuvieron mayor respuesta a las horas ubicadas en la parte superior del gráfico fueron, el W5S sensible a amplio rango de compuestos, especialmente nitrogenados, el W1S sensible a hidrocarburos de cadena corta, el W1W sensible a compuestos azufrados, el W2S sensible a alcoholes y el W2W sensible a compuestos azufrados de cadena corta.

Figura 38. Score Plot diferencias entre temperaturas cultivo 1

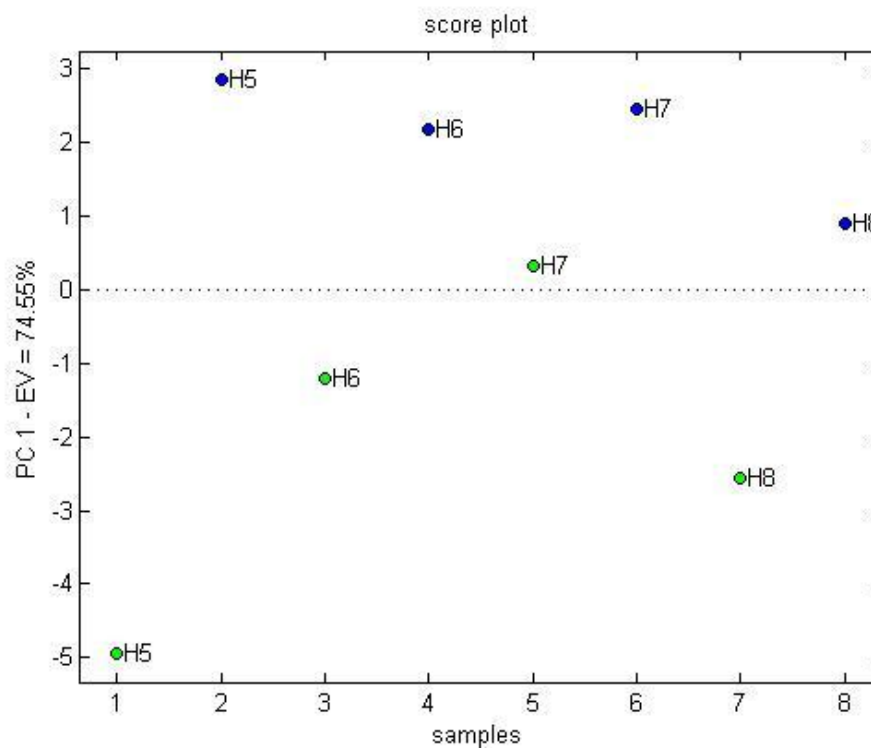
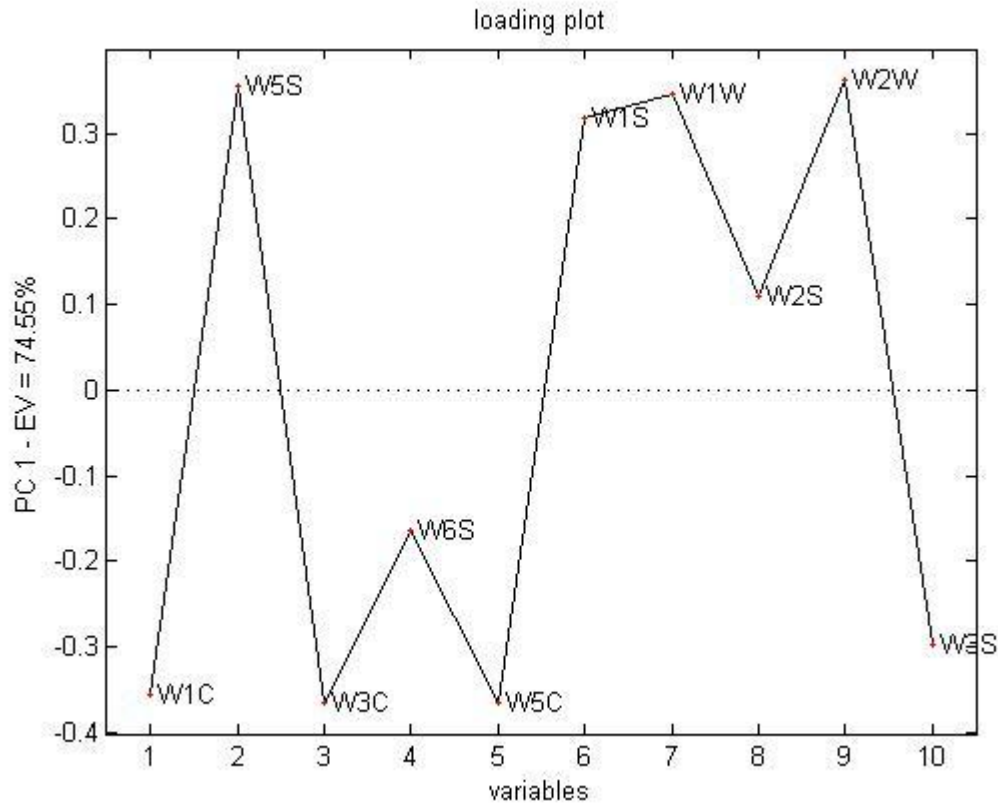


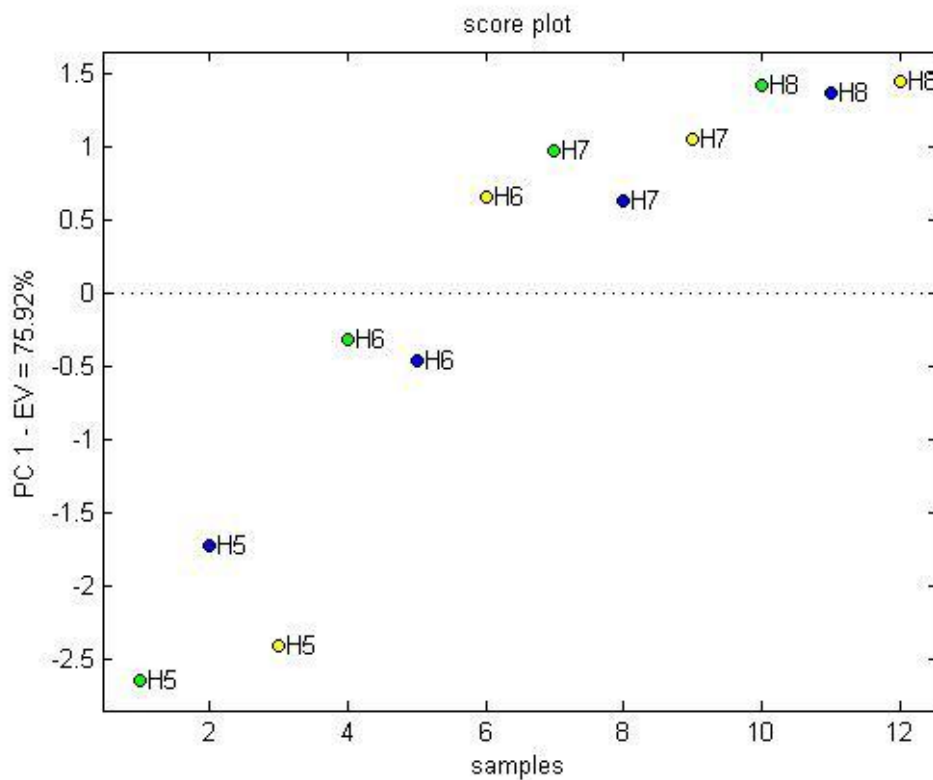
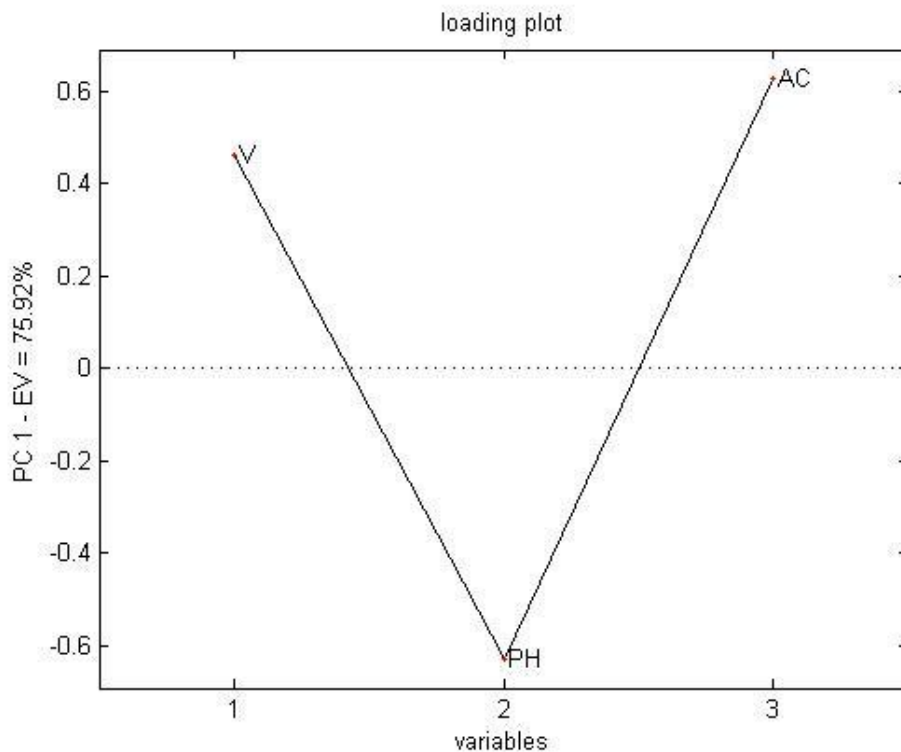
Figura 39. Loading Plot diferencias entre temperaturas cultivo 1



En la figura 40 (anexo R) se observan las diferencias entre temperaturas para el cultivo 2 en las últimas horas de fermentación, encontrándose que para la temperatura de 45°C la producción de aroma comienza a disminuir después de la hora 7 y en la temperatura 35°C después de la hora 6. Además se puede concluir que de acuerdo a la distancia que existe entre las horas de fermentación, la temperatura de 45°C (verde) fue la que tuvo mayor producción de aroma para este cultivo al igual que para el cultivo 1. Los sensores que están en la parte superior de la figura 41 (anexo R) son los que mayor respuesta tuvieron a las horas que se encuentran en la parte superior de la figura 40 y los sensores que se encuentran en la parte inferior a las horas ubicadas en la parte inferior de la figura del *score plot*. Los sensores que tuvieron mayor respuesta a las horas ubicadas en la parte superior del gráfico fueron los de terminación C sensibles a compuestos aromáticos y alifáticos y el W1W sensible a compuestos azufrados.

En la figura 42 (anexo S) se observan las diferencias entre temperaturas para el cultivo 3 en las últimas horas de fermentación, encontrándose que en promedio en las dos temperaturas la producción de aroma comienza a disminuir después de la hora 6. Además se puede concluir que de acuerdo a la distancia que existe entre las horas de fermentación, la temperatura de 45°C (verde) fue la que tuvo mayor producción de aroma para este cultivo aunque no se observa una diferencia tan marcada como para el cultivo 1 y 2. Los sensores que están en la parte superior de la figura 43 (anexo S) son los que mayor respuesta tuvieron a las horas que se encuentran en la parte superior de la figura 42 y los sensores que se encuentran en la parte inferior a las horas ubicadas en la parte inferior de la figura del *score plot*. Los sensores que tuvieron mayor respuesta a las horas ubicadas en la parte superior del gráfico fueron, el W5S sensible a amplio rango de compuestos, especialmente nitrogenados, el W1S sensible a hidrocarburos de cadena corta, el W1W sensible a compuestos azufrados, el W2W sensible a compuestos azufrados y clorados

4.2.2.3 Diferencia entre cultivos con análisis fisicoquímico. En la figura 44 se observan las diferencias entre cultivos a 35°C en las últimas horas de fermentación, encontrándose que con los análisis fisicoquímicos no se pueden encontrar diferencias notorias a la temperatura de 35°C. Si se relacionan las figuras 44 y 45 se tiene que en las últimas horas de fermentación la acidez y viscosidad fueron mayores y tuvieron un bajo pH.

Figura 44. Score Plot diferencias entre cultivos a 35°C**Figura 45. Loading Plot** diferencias entre cultivos a 35°C

En la figura 46 se observan las diferencias entre cultivos a 45°C en las últimas horas de fermentación, encontrándose que de acuerdo a la distancia que existe entre las horas de fermentación, el cultivo 3 (amarillo) fue el que obtuvo mayor producción de acidez, con un porcentaje de ácido láctico a la hora 8 de 0,76% . Si se relacionan las figuras 46 y 47 se tiene que en las últimas horas de fermentación la acidez y viscosidad fueron mayores y tuvieron un bajo pH.

Figura 46. Score Plot diferencias entre cultivos a 45°C

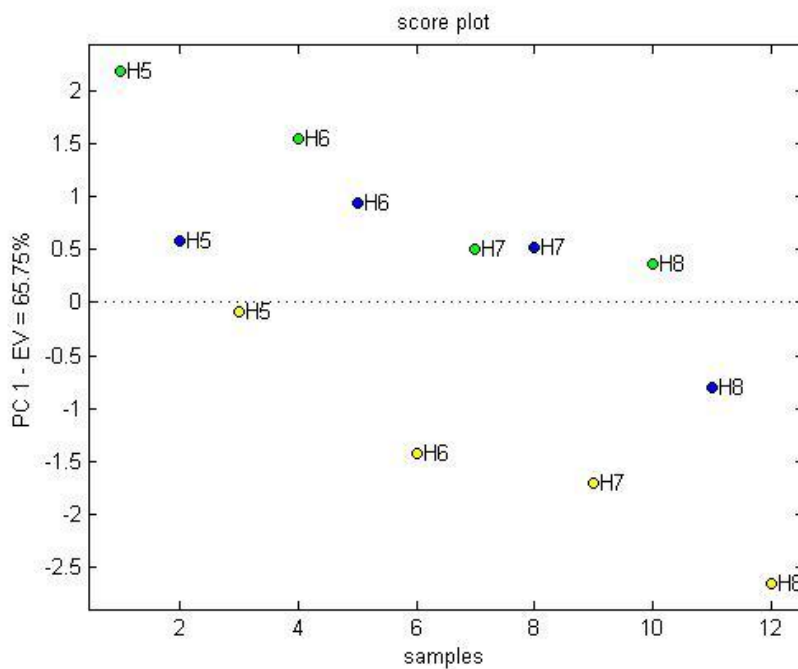
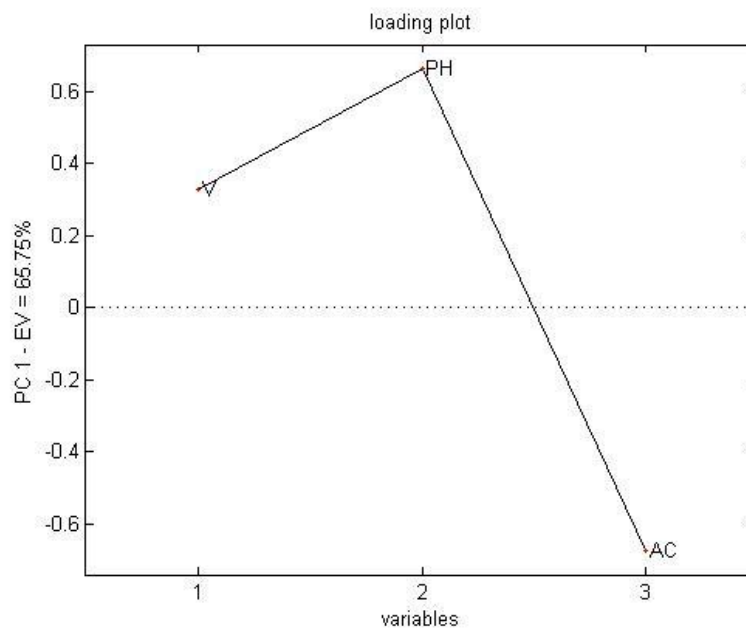


Figura 47. Loading Plot diferencias entre cultivos a 45°C



4.2.2.4 Diferencia entre temperaturas con análisis fisicoquímico. En las figuras 48 a 53 (ver las figuras 50 a 53 en anexo T) se observan las diferencias entre temperaturas en las últimas horas de fermentación para los diferentes cultivos, encontrándose que para el cultivo 1 no tienen diferencias claras al final del producto en cuanto a sus cualidades fisicoquímicas, pero en el cultivo 2 y 3, la temperatura de 45°C (verde) fue la que tuvo mayor producción de acidez y viscosidad, con valores de 0,97 Pa-s para viscosidad y 0,70% de ácido láctico para acidez en el cultivo 2 y 1.05 Pa-s para viscosidad y 0,76% de ácido láctico para acidez en el cultivo 3. Si se relacionan las figuras de los *score plot* con los *loading plot* se tiene que en las últimas horas de fermentación la acidez y viscosidad fueron mayores y tuvieron un bajo pH.

Figura 48. Score Plot diferencias entre temperaturas cultivo 1

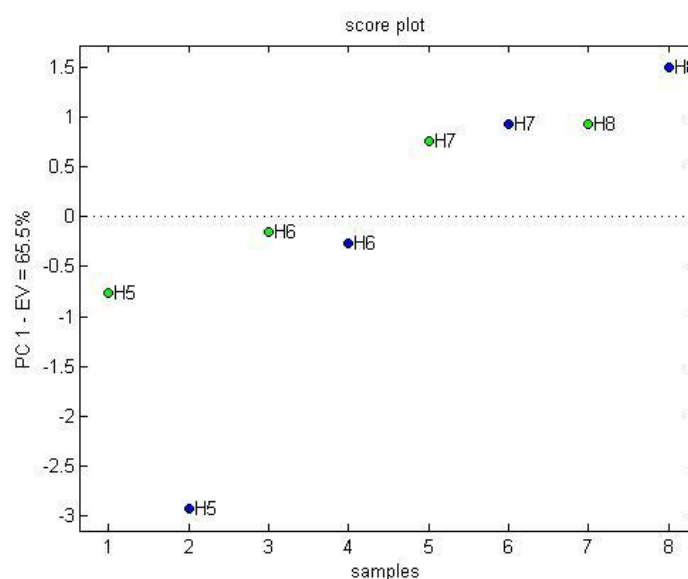
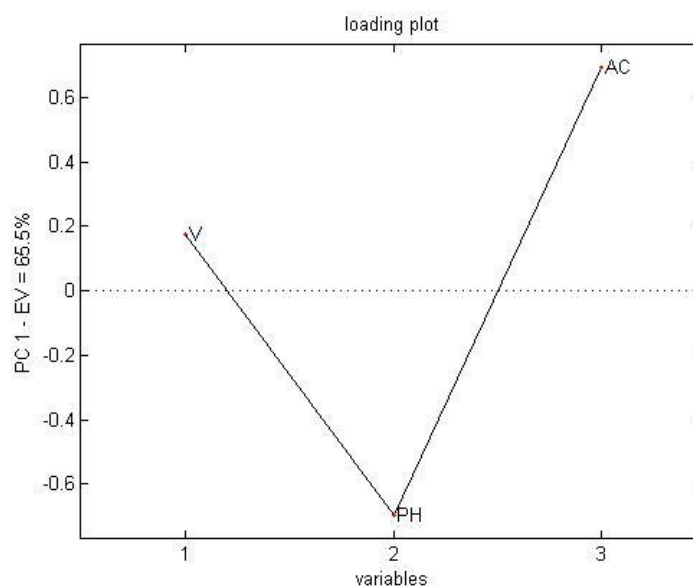


Figura 49. Loading Plot diferencias entre temperaturas cultivo 1



4.3. Análisis de variables fisicoquímicas.

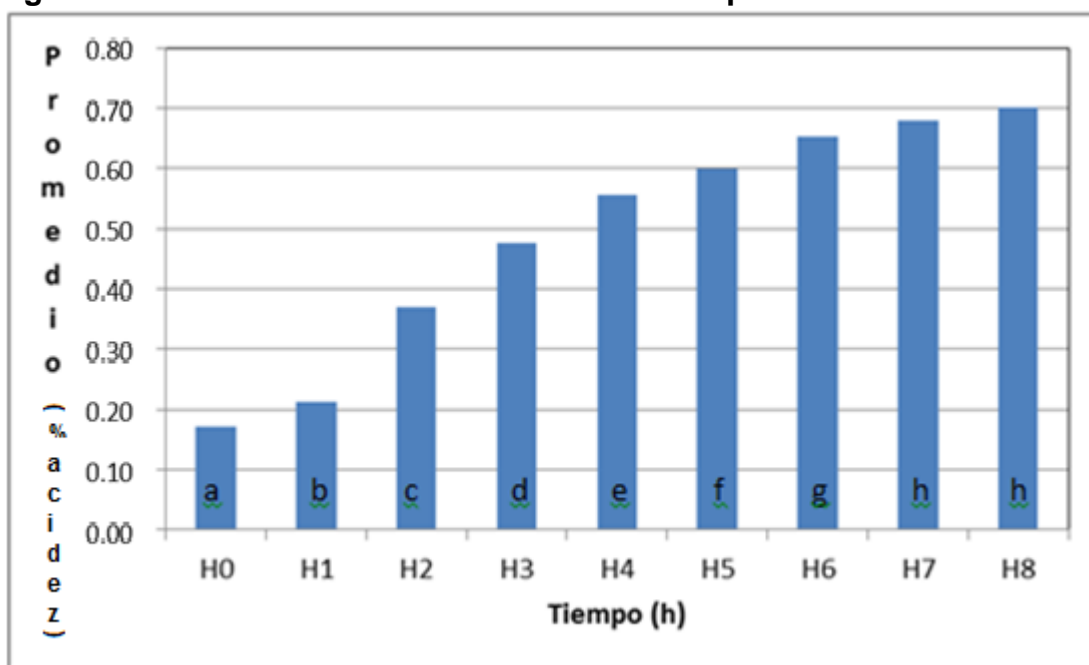
4.3.1 Análisis de varianza

En las figuras 54 a 56 se puede observar el comportamiento de la acidez durante la fermentación de yogurt para los diferentes tiempos, cultivos y temperaturas. En la figura 54 se aprecia que existen diferencias entre los tiempos de fermentación con respecto a la producción de acidez (anexo U), mostrando así que el contenido de acidez en el yogurt va aumentando a través del tiempo.

En la figura 55 se encuentra el comportamiento de la acidez para los diferentes cultivos, encontrándose que estadísticamente no existen diferencias significativas (anexo U) lo que indicaría que el contenido de acidez durante la fermentación de yogurt para los diferentes cultivos es muy similar.

En la figura 56 se observa la producción de acidez a las diferentes temperaturas de incubación, encontrándose diferencias significativas, donde la temperatura de 45°C fue la obtuvo mayor producción de acidez en promedio (anexo U).

Figura 54. Desarrollo de acidez a través del tiempo



Letras iguales denotan que no hay diferencias significativas a $p \leq 0.05$.

Figura 55. Desarrollo de acidez por tipo de cultivo

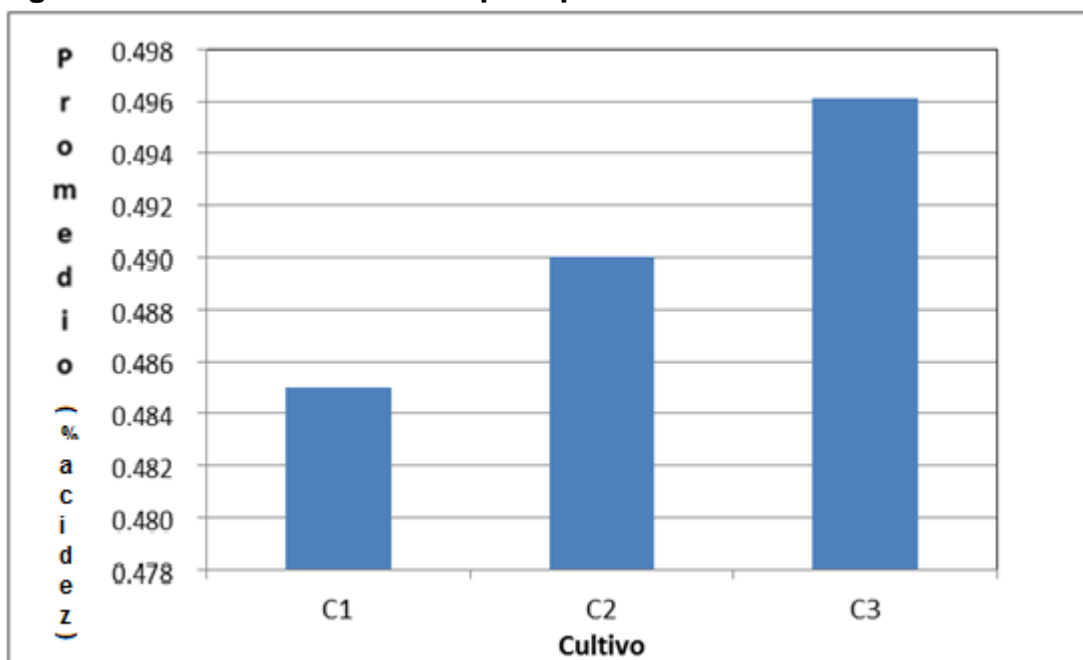
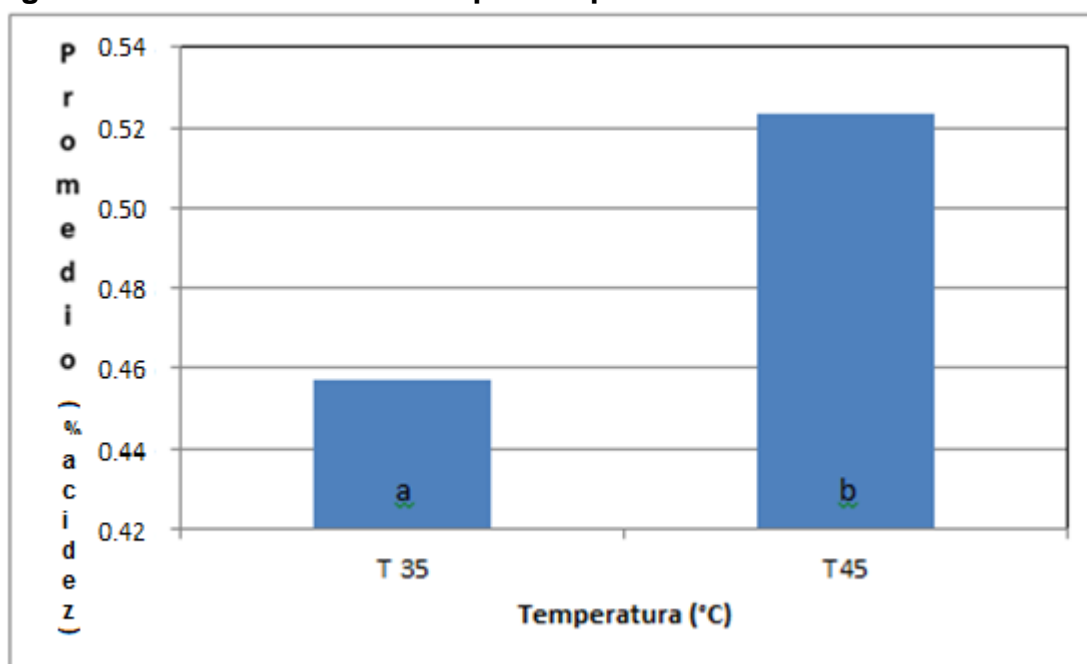


Figura 56. Desarrollo de acidez por temperatura de incubación



Letras iguales denotan que no hay diferencias significativas a $p \leq 0.05$.

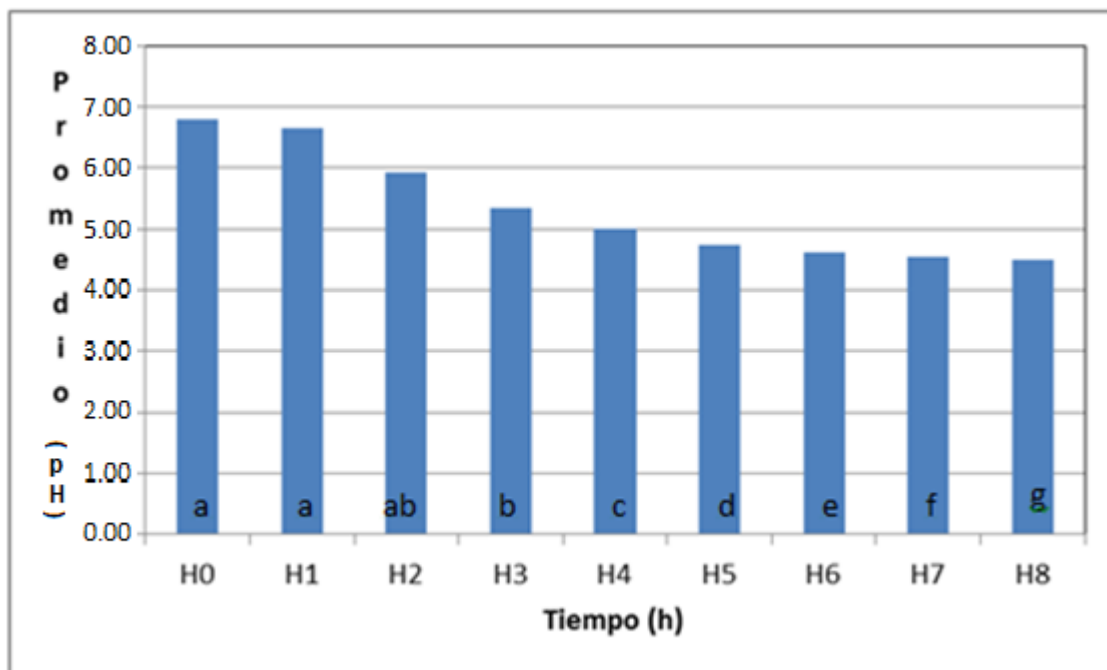
En las figuras 57 a 59 se puede observar el comportamiento del pH durante la fermentación de yogurt para los diferentes tiempos, cultivos y temperaturas. En la

figura 57 se aprecia que existen diferencias entre los tiempos de fermentación (anexo V), encontrándose que el pH mas alto esta en las primeras horas de fermentación va disminuyendo con las horas.

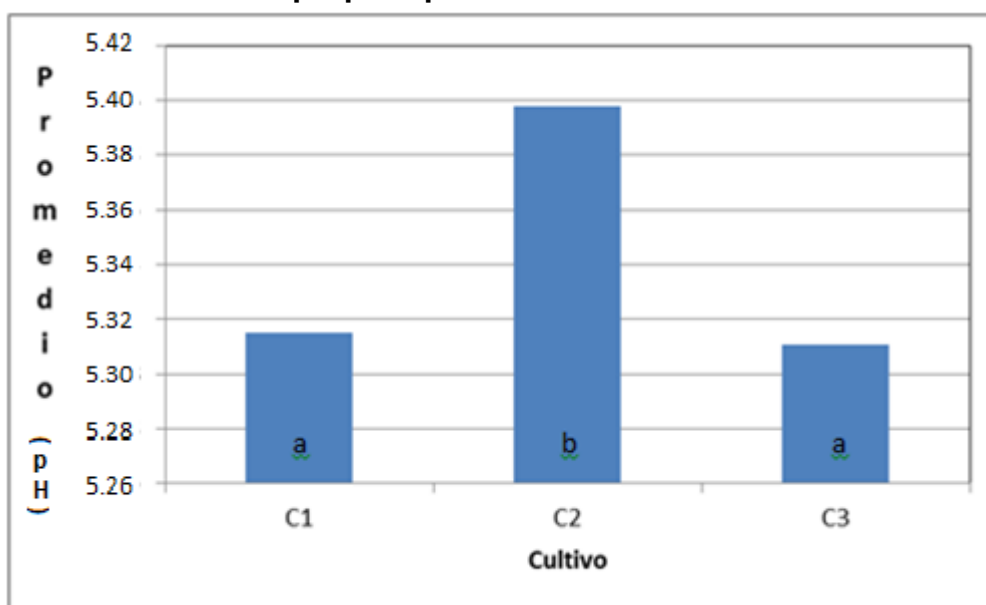
En la figura 58 se encuentra el comportamiento del pH para los diferentes cultivos, encontrándose estadísticamente diferencias significativas (anexo V), en donde el cultivo fue el que menos pH tuvo durante la fermentación del producto .

En la figura 56 se observa la evolución del pH a las diferentes temperaturas de incubación, encontrándose diferencias significativas, donde la temperatura de 45°C fue la obtuvo menor pH en promedio durante la fermentación (anexo V).

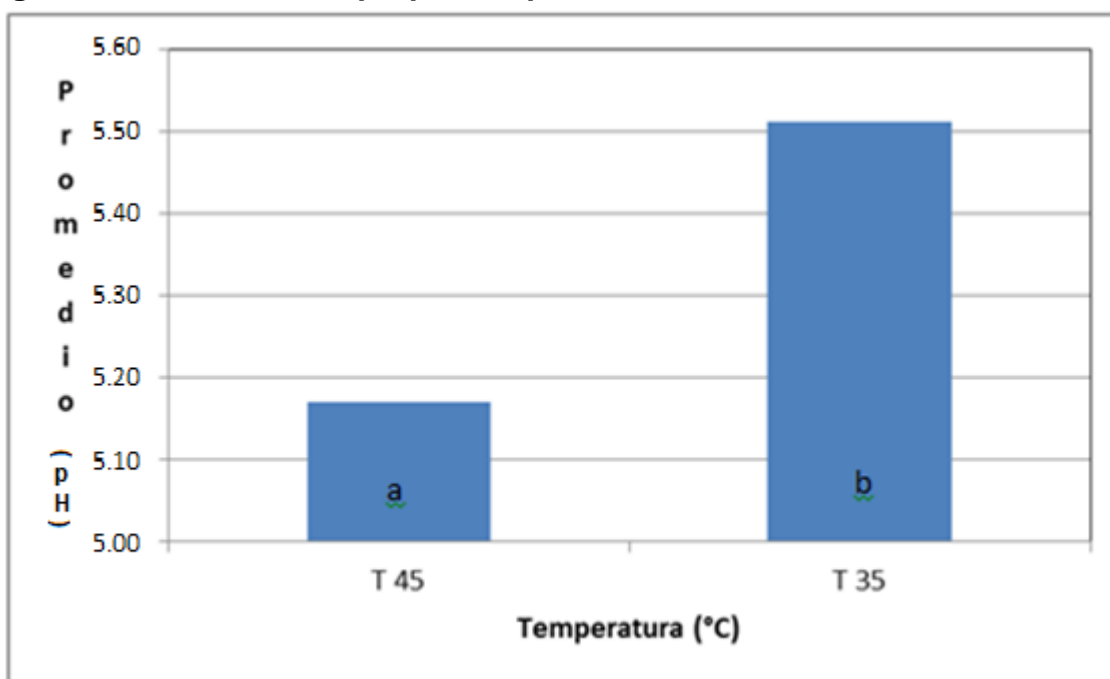
Figura 57. Descenso del pH por tiempo de incubación



Letras iguales denotan que no hay diferencias significativas a $p \leq 0.05$.

Figura 58. Descenso del pH por tipo de cultivo

Letras iguales denotan que no hay diferencias significativas a $p \leq 0.05$.

Figura 59. Descenso del pH por temperatura de incubación

Letras iguales denotan que no hay diferencias significativas a $p \leq 0.05$.

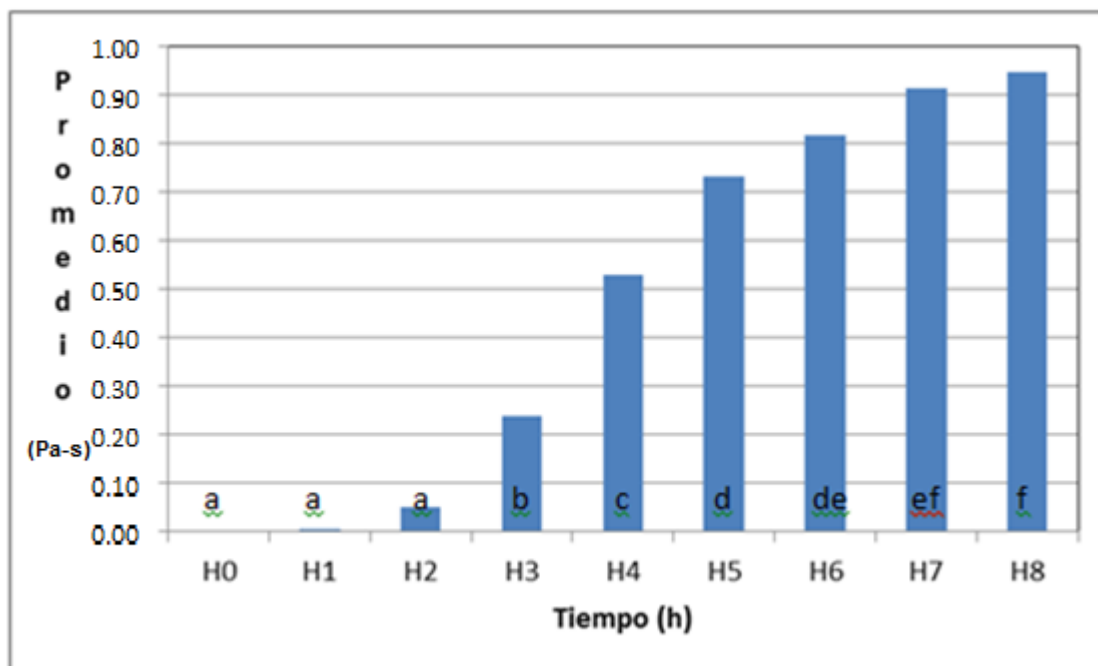
En las figuras 60 a 62 se puede observar el comportamiento de la viscosidad durante la fermentación de yogurt para los diferentes tiempos, cultivos y temperaturas. En la figura 60 se aprecia que existen diferencias entre los tiempos

de fermentación (anexo W), encontrándose que en las primeras 2 horas la viscosidad es muy baja y comienza a aumentar a partir de la hora 3.

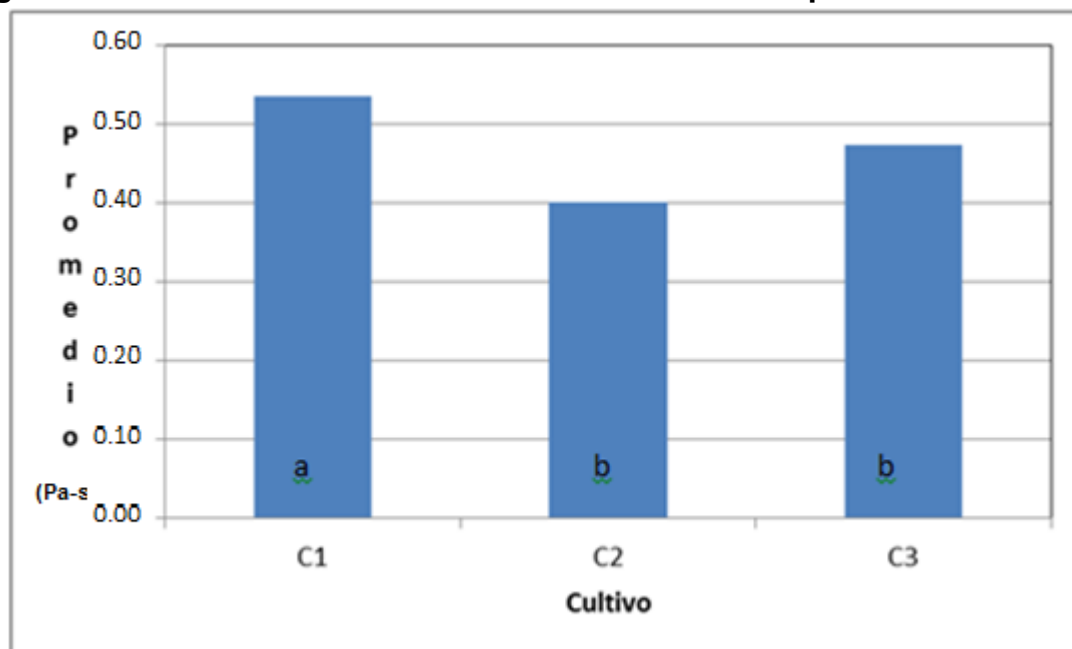
En la figura 61 se encuentra el comportamiento de la viscosidad para los diferentes cultivos, encontrándose estadísticamente diferencias significativas (anexo W), en donde el cultivo 1 fue el que mayor viscosidad obtuvo durante la fermentación del producto .

En la figura 62 se observa la evolución de la viscosidad a las diferentes temperaturas de incubación, encontrándose diferencias significativas, donde la temperatura de 45°C fue la obtuvo mayor viscosidad en promedio durante la fermentación (anexo W).

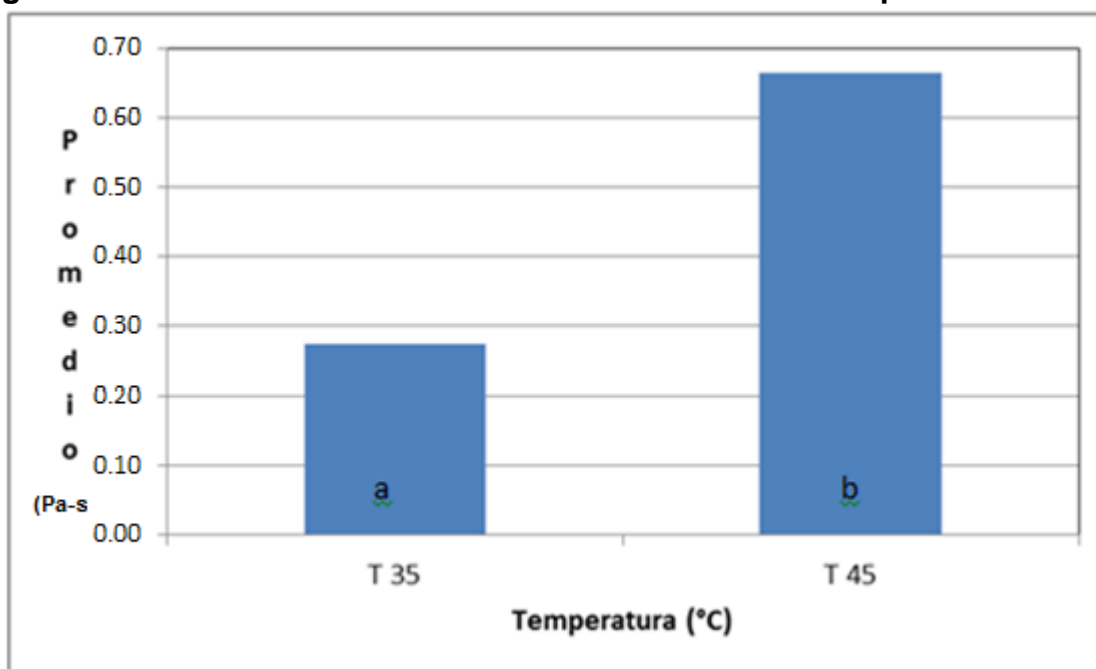
Figura 60. Incremento de la viscosidad en función del tiempo



Letras iguales denotan que no hay diferencias significativas a $p \leq 0.05$.

Figura 61. Incremento de la viscosidad en función del tipo de cultivo

Letras iguales denotan que no hay diferencias significativas a $p \leq 0.05$.

Figura 62. Incremento de la viscosidad en función de la temperatura

Letras iguales denotan que no hay diferencias significativas a $p \leq 0.05$.

En las figuras 63 a 65 se observa el comportamiento de los diferentes cultivos y temperaturas en cuando a acidez, pH y viscosidad durante los diferentes tiempos de fermentación, encontrándose claramente en la figura 63 que el cultivo 3 a la temperatura de 45 °C fue el que mayor acidez obtuvo a la hora 8 de incubación. En la figura 64 se aprecia que en la hora 8 los pH están muy cercanos, mostrando así, que aunque hallan diferencias estadísticas significativas con los promedios durante el proceso, los valores de pH en la última hora de incubación de los diferentes cultivos y con las diferentes temperaturas alcanzaron valores muy cercanos.

En la figura 65 se aprecia con bastante claridad que el cultivo 1 a la temperatura de 45°C fue el que mayor producción de viscosidad obtuvo al final del proceso y a la temperatura de 35°C se obtuvo menos viscosidad para los tres cultivos.

Figura 63. Evolución de la acidez a través del tiempo

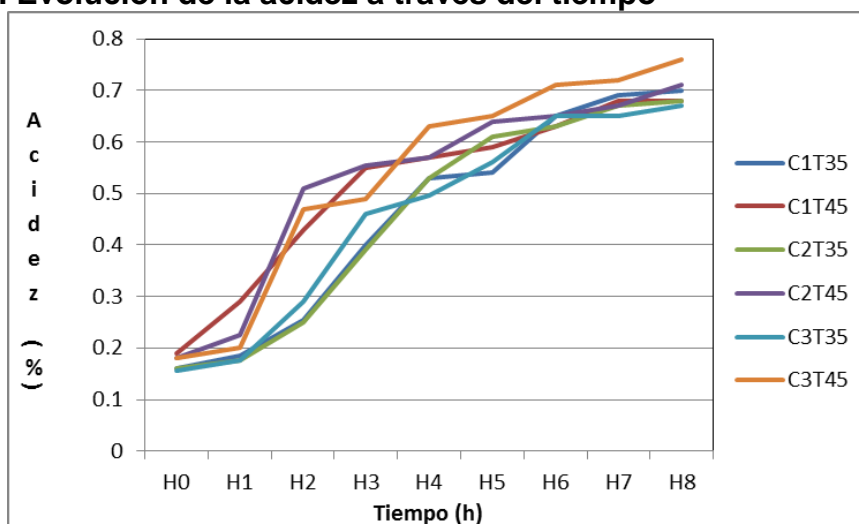


Figura 64. Evolución del pH a través del tiempo

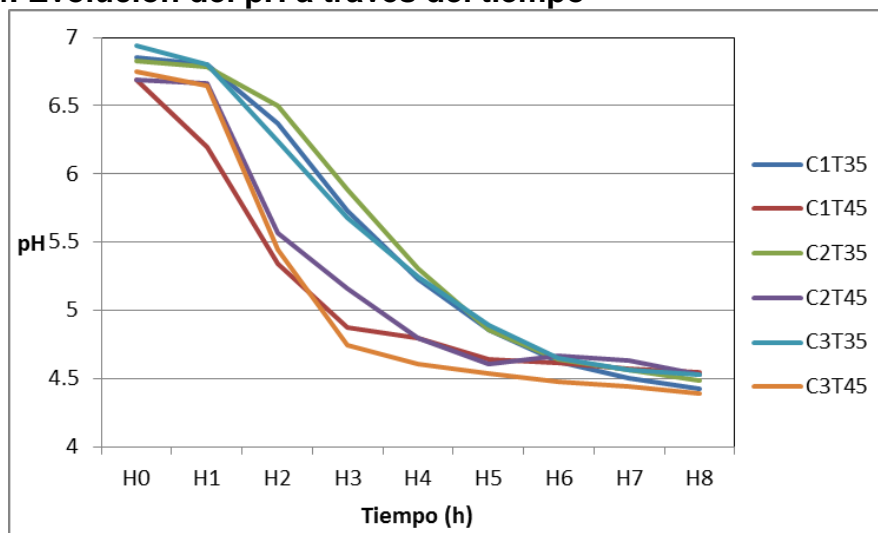
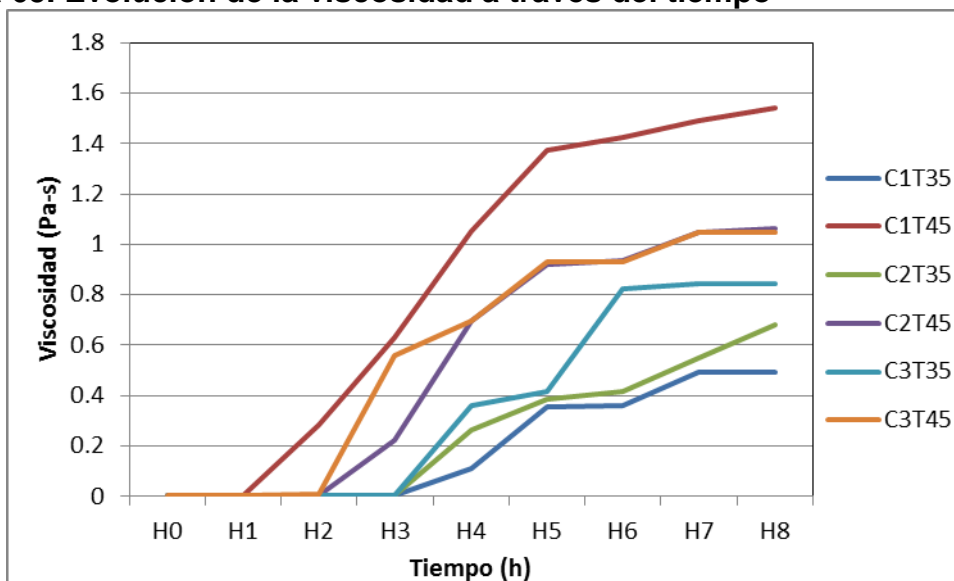


Figura 65. Evolución de la viscosidad a través del tiempo



Con los resultados de esta investigación se participo en dos congresos a nivel internacional denominados “Food Studies: An Interdisciplinary Conference” y “Congreso Centroamericano del Sector Lácteo 2011”, con la ponencia en ingles “The Application of an Electronic Nose to Monitor the Aroma Production during Fermentation of Yogurt” y el poster “Aplicación de análisis de componentes principales en la evaluación de la producción de aroma durante la fermentación de yogurt a dos temperaturas de incubación” respectivamente. También se participara en el congreso nacional “Congreso en Investigación e Innovación Ciencia y Tecnología de Alimentos” con la ponencia oral “Método alternativo para el seguimiento de la producción de compuestos volátiles durante la fermentación de yogurt” lo que muestra que este tipo de investigación esta al nivel de aquellas realizadas en la actualidad en el resto del mundo (ver anexo X).

5. Conclusiones

- Con el análisis de percepción de aroma a acetaldehído por medio del panel sensorial durante la fermentación de yogurt, no se logró obtener una diferencia significativa entre los cultivos y temperaturas, pero si entre los tiempos de incubación, mostrando así, que los panelistas no percibieron diferencias en la producción de aroma de este compuesto cuando se realizaron cambios en las variables temperatura y cultivo.
- Los panelistas diferenciaron los tiempos de fermentación de yogurt con la percepción del aroma a acetaldehído, percibiéndola levemente a partir de la hora 2 y con mayor claridad a partir de la hora 3 en adelante, mostrando así, que el aroma a acetaldehído varía con el tiempo de incubación. La mediana más alta fue 3,5 a la hora 3.
- En el análisis de seguimiento de aroma con nariz electrónica, se logro diferenciar los cultivos, las temperaturas de incubación, así como también, las primeras y ultimas horas de fermentación, mostrando ser una alternativa viable para el control de la fermentación de yogurt en la industria láctea.
- Las diferencias encontradas entre los análisis de aroma realizados con panel sensorial y nariz electrónica se pueden atribuir al entrenamiento de los panelistas, que fue específicamente en reconocimiento de acetaldehído, según bibliografía, el compuesto mayoritario en el aroma del yogurt. Por el contrario la nariz electrónica evaluó todos los compuestos volátiles que tenía el producto.
- Comparando los resultados de los análisis fisicoquímicos, el panel sensorial y la nariz electrónica, se encontró que esta última fue la única que detectó las diferencias entre los tres cultivos.
- De acuerdo con el análisis con nariz electrónica, la mayor producción de aroma se obtuvo con el cultivo 3 y la temperatura de 45°C. De igual manera en los análisis fisicoquímicos se encontró que el cultivo 3 tuvo la mayor acidez con un valor de 0,76% y con la temperatura de 45°C se encontró mayor acidez y viscosidad para los tres cultivos durante todos los tiempos de fermentación.
- De acuerdo con las curvas de las últimas horas de fermentación, la hora 6 y 7, fue el tiempo en que la producción de aroma comenzó a estabilizarse para los diferentes cultivos con cada una de las temperaturas de incubación, de igual manera para las variables fisicoquímicas de acidez, pH y viscosidad.

- De acuerdo a los resultados encontrados en esta investigación, se puede concluir que el *Lactobacillus delbrueckii subsp. bulgaricus* es el principal responsable de la producción de aroma, debido a que la temperatura óptima de crecimiento de esta bacteria es 45°C como lo afirma N Shah, y la temperatura en la que se percibió más el aroma fue la misma.

6. Recomendaciones

- Utilizar la nariz electrónica como instrumento de control de la fermentación de yogurt en la industria láctea y evaluar su uso para otros productos lácteos fermentados.
- Utilizar las gráficas del análisis de componentes principales como cartas de control de proceso, debido a que con estas se podría hacer un control de calidad del yogurt u otros productos fermentados y así, evaluar si se mantiene la temperatura y el cultivo con el que se trabaja habitualmente, además, con ayuda de otros tipos de análisis se podría evaluar si los cambios que existan se deben a alguna contaminación del producto, garantizando menos pérdidas a nivel industrial y una calidad de producto más constante para el consumidor.
- Utilizar como tiempo de parada de la fermentación de yogurt la hora 6 y utilizar el cultivo 3 para obtener mejores características fisicoquímicas y sensoriales en cuanto a aroma.

Bibliografía

- [1] MINISTERIO DE SALUD. Resolución 2310, Colombia. 1986
- [2] WALSTRA, P. et al. Ciencia de la leche y tecnología de los productos lácteos. Editorial Acribia S.A. Zaragoza, España, 2001.
- [3] HERNANDEZ, Alicia. Microbiología Industrial. EUNED. Costa Rica. 2003, 37 p.
- [4] ROMERO R, et al. Productos Lácteos Tecnología. Edición UPC. Barcelona. 2004, p.115
- [5] HUI, Y. et al. Handbook of food and beverage fermentation technology. Marcel Dekker Inc. New York. USA.2004
- [6] FRAZIER, W.C. Microbiología de los alimentos. Acribia. Zaragoza. 1988
- [7] JAY, J., et al. Microbiología Moderna de los alimentos. Zaragoza (España): Acribia, 2009, 147 p.
- [8] ALAIS, Charles. Ciencia de la Leche, Principios de Técnica Lechera. Editorial Continental S.A. 2001
- [9] GUERRA E., et al.. Analysis of diacetyl in yogurt by two new spectrophotometric and fluorimetric methods. 1994
- [10] OTT A., et al.. Sensory Investigation of Yogurt Flavor Perception: Mutual Influence of Volatiles and Acidity. 2000
- [11] STANIER, R. et al. The acid lactic bacteria. In: The microbial World. Prentice Hall. 1986. New Jersey. p. 496 – 500
- [12] KATO, Y. et al. Activación de macrófagos por *Lactobacillus casei* en ratas. En: Microbiología inmunológica. Vol. 27 (1983); p. 611-613
- [13] MATEUS, G. Pedro. F. Producción intestinal de productos lácteos. s.l.
- [14] MADIGAN, M. et al. Biología de los microorganismos. Madrid, España, Prentice Hall Iberia. Bed., 1999. p. 718 – 722
- [15] WILLETT. H.P. Microbiología: Metabolismo energético. 18ed. Buenos Aires, Argentina: Joklik, W.K. Willett, H.P. Amos, D.O, 1989. p. 54-84
- [16] SCHLEIFER, K. H. et al. Phylogenetic relation chips of lactic Acid Bacteria. Research and industrial application in the Agrofood Industries.1991; p. 23 – 32

[17] HEFA Cheng. Volatile Flavor Compounds in Yogurt: A Review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. 2010, 50:10, p 938-950.

[18] GÜLER, Z., et al. The determination of volatile compounds in set-type yogurts using static headspace gas chromatographic method. *Journal Gida*, 2009, p. 137-142.

[19] SERRA, M, et al. Flavour profiles and survival of starter cultures of yoghurt produced from high-pressure homogenized milk. *International Dairy Journal* 19, 2009, p100–106.

[20] ZOURARI, A., ACCOLAS, J.P. and DESMAZEAUD, M.J. Metabolism and biochemical characteristics of yoghurt bacteria. A review. *Lait* 72, 1992, p. 1-34.

[21] RADKE-MITCHELL, L. and SANDINE, W. Associative growth and differential enumeration of *Streptococcus thermophilus* and *Lactobacillus bulgaricus*: A review. *Journal of Food Protection*, 47, 1984, p. 245–248.

[22] TAMIME, A. Y., MARSHALL, V. M. E. and ROBINSON, R. Microbiological and technological aspects of milks fermented by bifidobacteria. *Journal of Dairy Research*, 62, 1995, p. 151–187.

[23] LOURENS, A., et al. Review, Yogurt as probiotic carrier food. *International Dairy Journal* 11, 2001, p. 1–17

[24] DAVIS, J., ASHTON, T. and MCCASKILL, M. Enumeration and viability of *Lactobacillus bulgaricus* and *Streptococcus thermophilus* in yogurt. *Dairy Industries*, 36, 1971, p-569–573.

[25] N Shah. *The Product and its Manufacture*. Victoria University of Technology, Victoria, Australia. Elsevier Science, 2003, p 6252.

[26] ALPHUS D. and BAIETTO M. Applications and Advances in Electronic-Nose Technologies. *Journal Sensors*, 2009.

[27] YOSHII, F., et al. The creation of a database of odorous compounds focused on molecular rigidity and analysis of the molecular features of the compounds in the database. *Chem. Senses* 27, 2002, p. 399-405.

[28] YUWONO, A.S. and LAMMERS, P.S. Performance test of a sensor array-based odor detection instrument. *CIGR J. Sci. Res. Dev.* 6, 2004, p. 1-16.

[29] MCGINLEY, C.M. and MCGINLEY, M.A. Odor quantification methods and practices at MSW landfills. In *Proceedings of the Air and Waste Management Association 91st Annual Meeting and Exhibition*, Stillwater, MN, USA, 1998; p. 1-12.

- [30] STRIKE, D., MEIJERINK, M. and KOUDELKA-HEP, M. Electronic noses – A mini-review. *Fres. J. Anal. Chem.* 364, 1999, p. 499-505.
- [31] OHLOFF, G. *Smelling Materials and Sense of Smell*; Springer-Verlag. Berlin, Germany, 1990; p. 1-37.
- [32] DESOR, J.A. and BEAUCHAMP, G.K. The human capacity to transmit olfactory information. *Percept. Psychophys.* 16, 1974, p. 551-556.
- [33] KNEIFEL, W., et al. Aroma profiles and sensory properties of yogurt and yogurt-related products I. Screening of commercially available starter cultures. *Milchwissenschaft*, 47, 1992, p. 362–365.
- [34] YUGUCHI, H., HIRIMATSU, A., and DOI, K. Studies on the flavor of yogurt fermented with Bifidobacteria-significance of volatile compounds and organic acids in the sensory acceptance of yogurt. *Japanese Journal of Zootechnology and Science*, 60, 1973, p. 734–741
- [35] BESHKOVA, D., et al. Production of flavor compounds by yogurt starter cultures. *Journal of Industrial Microbiology and Biotechnology*, 20, 1998, p. 180–186.
- [36] TAMIME, A. Y., and ROBINSON, R. *Biochemistry of fermentation. Yoghurt science and technology* 2nd ed. Cambridge, UK, 1999, p. 432–475.
- [37] MARSHALL, V. *Flavour development in fermented milks. Advances in the microbiology and biochemistry of cheese and fermented milk.* London, UK: Elsevier Applied Science. 1984, p. 153–186.
- [38] MARSHALL, V. Lactic acid bacteria: Starters for flavour. *FEMS Microbiology Reviews*, 46, 1987, p. 327.
- [39] FERNANDEZ, E. and MCGREGOR, J. Determination of organic acids during the fermentation and cold storage of yogurt. *Journal of Dairy Science*, 77, 1994, p. 2934–2939.
- [40] OTT, A., FAY, L. and CHAINTREAU, A. Determination and origin of the aroma impact compounds of yogurt flavor. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 45, 1997, p. 850–858.
- [41] OTT, A., GERMOND, J.-E., and CHAINTREAU, A. Vicinal diketone formation in yogurt: ¹³C precursors and effect of branched-chain amino acids. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 48, 2000 p. 724–731

[42] IMHOF, R., GLATTLI, H., and BOSSET, J. Volatile organic compounds produced by thermophilic and mesophilic mixed strain dairy starter cultures. *Lebensmittel-Wissenschaft und-Technologie*, 27, 1994, p. 442–449.

[43] IMHOF, R., GLATTLI, H., and BOSSET, J. Volatile organic compounds produced by thermophilic and mesophilic single strain dairy starter cultures. *Lebensmittel-Wissenschaft und-Technologie*, 28, 1995, p. 78–86.

[44] BOTTAZZI, V., BATTISTOTTI, B., and MONTESEANI, G. Influence of single and associated strains of *L. bulgaricus* and *S. thermophilus* as well as milktreatments on the production of acetaldehyde in yogurt. *Lait*, 53, 1973, p. 295–308.

[45] MARSHALL, V., and COLE, W. Threonine aldolase and alcohol dehydrogenase activities in *Lactobacillus bulgaricus* and *Lactobacillus acidophilus* and their contribution to flavours production in fermented milk. *Journal of Dairy Research*, 50, 1983, p. 375–379.

[46] OTT, A., et al. Aroma comparisons of traditional and mild yogurts: Headspace gas chromatography quantification of volatiles and origin of adiketons. *Journal of Agricultural Food Chemistry*, 47, 1999, p. 2379–2385.

[47] OTT, A., GERMOND, J., and CHAINTREAU, A. Origin of Acetaldehyde during Milk Fermentation Using ¹³C-Labeled Precursors. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 48 (5), 2000, p. 1512–1517.

[48] GÖRNER, F., PALO, V. and BERTAN, M. Veränderung des Gehalts der flüchtigen Stoffe während der Joghurtreifung. *Milchwissenschaft*, 23, 1968, p. 94–100.

[49] GONZALEZ, S., et al. Acetaldehyde production by strains used as probiotics in fermented milk. *J. Food Prot.* 57, 1994, p. 436–440.

[50] RAYA, R., et al. Acetaldehyde metabolism in lactic acid bacteria. *Milchwissenschaft* 41, 1986, p. 397–399.

[51] PRONK, J., STEENSMA, H., and VANDIJKEN, J. Pyruvate metabolism in *Saccharomyces cerevisiae* (review). *Yeast*, 12, 1996, p. 1607–1633.

[42] MONSCHAU, N., et al. Identification of *Saccharomyces cerevisiae* gly1 as a threonine aldolase key enzyme in glycine biosynthesis. *FEMS Microbiol. Lett.* 150, 1997, p. 55–60.

[53] TAMIME, A., and H. C. Deeth. Yoghurt: technology and biochemistry. *J. Food Prot.* 43, 1980, p. 939–977.

[54] LEES, G.J. and JAGO, G.R. Formation of acetaldehyde from threonine by lactic acid bacteria. *Journal of Dairy Science* 43, 1976, p. 75–83.

[55] SCHIRCH, V., et al. Serine hydroxymethyltransferase from *Escherichia coli*: purification and properties. *J. Bacteriol*, 163, 1985, p.1–7.

[56] PETTE, J. and LOLKEMA, H. Acid production and aroma formation in yoghurt. *Neth. Milk Dairy J.* 4, 1950, p. 261–273.

[57] SHANKAR, P. Interrelationship of *Streptococcus thermophilus* and *Lactobacillus bulgaricus* in yoghurt culture. Ph.D. Dissertation, University of Reading, U.K., 1977.

[58] TAMIME, A., ROBINSON, R. *Yoghurt science and technology*. Woodhead Publishing Ltd., Cambridge, UK. 2007

[59] MONNET, C., CORRIEU, G. Selection and properties of α -acetolactate decarboxylase-deficient spontaneous mutants of *Streptococcus thermophilus*. *Food Microbiology* 24, 2007, p. 601–606.

[60] RASIC J and KURMANN J. Flavour and aroma in yoghurt. In: *Yoghurt. Scientific Grounds, Technology, Manufacture and Preparations*. Tech Dairy Publ House distributors, Copenhagen, Denmark, 1978, p. 90–98.

[61] DUTTA S., et al. Effect of different heat treatments of milk on acid and flavour production by five single strain cultures. *Milchwissenschaft* 28, 1973, p. 321–233.

[62] GROUX M. Etude des composants de la flaveur du yoghourt. *Lait* 53, 1973, p. 146–153.

[63] RYSSTAD G., et al. Formation of volatile aroma compounds and carbon dioxide in yogurt starter grown in cows' and goats' milk. *J Dairy Res* 54, 1987, p. 257–266.

[64] SANCHO, J, et al. *Introducción al análisis sensorial de los alimentos*, Edición Universital de Barcelona, 1999

[65] FISHER, C., et al. *Food Flavours*, Royal Society of Chemistry, Cambridge, 1997

[66] ANZALDUA, Antonio. *La evaluación sensorial de los alimentos teoría y practica*. Editorial Acribia. Zaragoza, España. 1994

[67] ICONTEC, NTC 4129. *Análisis Sensorial: Guía General para la selección entrenamiento y seguimiento de evaluadores*. 2008

- [68] ICONTEC, NTC 4503, Análisis Sensorial. Metodología, iniciación y entrenamiento de evaluadores en la detección y reconocimiento de olores. 2008.
- [69] ICONTEC, NTC 5328. Análisis sensorial. Directrices para el uso de escalas de respuesta cuantitativas. 2008.
- [70] ZUPPA M, et al., Drift counteraction with multiple self-organising maps for an electronic nose. 2003.
- [71] PERIS, M. ESCUDER, L. Review A 21st century technique for food control: Electronic noses. *Analytica Chimica Acta* 638, 2009, p. 1–15.
- [72] LOZANO, J., SANTOS, J. and HORILLO, M. Classification of white wine with an electronic nose. *Talanta*, 67, 2005, p. 610–616.
- [73] AMPUERO S., et al.. The electronic nose applied to dairy products: a review. 2002
- [74] SCHALLER, et al. Electronic nose and their applications to food: a review, *Lebensm Wiss. U Technol.* 31. 1998
- [75] FRIAS, et al. Metallic content of wines from the Canary Islands (Spain). Application of artificial neuronal networks to the data analysis, *Nahrung/Food* 46. 2002.
- [76] ZULUAGA C. Análisis Quimiométrico para diferenciar la Huella digital de los productos de las Abejas de Colombia. Tesis de Maestría, Universidad Nacional de Colombia. Medellin Antioquia, 2010.
- [77] PEARCE, T., and GARDNER, J. Predicting organoleptic scores of sub ppm flavour notes. Part 1. Theoretical and experimental details. *Analyst*, 123, 1998, p. 2047–2055.
- [78] SINIJA, V., and MISHRA, H. Fuzzy analysis of sensory data for quality evaluation and ranking of instant green tea powder and granules. *Food and Bioprocess Technology*, 2009.
- [79] MORENO I., et al. La Nariz Electrónica: Estado del Arte. *Revista Iberoamericana de automática e informática industrial*, vol. 6, Núm. 3, 2009, p. 76-91.
- [80] CAPONE, S., et al. Monitoring of rancidity of milk by means of an electronic nose and a dynamic PCA analysis. *Sensors and Actuators, B Chemical*, 78, 2001, p. 174–179.

- [81] GURSOY, O., SOMERVUO, P., and ALATOSSAVA, T. Preliminary study of ion mobility based electronic nose MGD-1 for discrimination of hard cheeses. *Journal of Food Engineering*, 92, 2009, p. 202–207.
- [82] LOZANO, J., SANTOS, J. and HORILLO, M. Classification of white wine with an electronic nose. *Talanta*, 67, 2005, p. 610–616.
- [83] DRAKE, M., et al. Application of an electronic nose to correlate with descriptive sensory analysis of aged Cheddar cheese. *LWT Food Science and Technology*, 36, 2003, p. 13–20.
- [84] JONSDOTTIR, R., et al. Flavor characterization of ripened cod roe by gas chromatography, sensory analysis, and electronic nose. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 52, 2004, p. 6250-6256.
- [85] O'RIORDAN, P. and DELAHUNTY, C. Characterisation of commercial Cheddar cheese flavour. 2: Study of Cheddar cheese discrimination by composition, volatile compounds and descriptive flavour assessment. *International Dairy Journal*, 13, 2003, p. 371–389.
- [86] BARGON J., et al. Determination of the ripening state of Emmental cheese via quartz microbalances. *Sensors and Actuators B* 95 2003, p. 6–19
- [87] PERSAUD K. and DODD G. Analysis of discrimination mechanisms in the mammalian olfactory system using a model nose. *Nature* 299, 1982, p. 352–55.
- [88] DAVIDE, F., et al. Self-organizing sensory maps in odour classification mimicking. *Biosens. Bioelectron*, 10, 1995, p. 203-218.
- [89] PERSAUD, K.C., BARTLETT, J. and PELOSI, P. Design strategies for gas and odour sensors which mimic the olfactory system. In *Robots and Biological Systems*, Berlin, Germany, 1993; p. 579-602.
- [90] STETTER, W. Penrose, *Sens. Update* 10 2002 189.
- [91] PEARCE T., S. *Olfaction: Electronic Nose Technology*, Wiley-VCH Verlag GmbH and Co. KGaA, Weinheim, 2003.
- [92] GARDNER, J. Detection of vapours and odours from a multisensor array using pattern recognition: principal component and cluster analysis. *Sens. Actuat*, 4, 1991, p. 109-115.
- [93] LONERGAN, M., et al. Arraybased vapor sensing using chemically sensitive, carbon black-polymer resistors. *Chem. Mater*, 8, 1996, p. 2298-2312.
- [94] AMPUERO S. and BOSSET J., *Sens Actuators B: Chem.* 94, 2003.

- [95] KOREL F. and BALABAN M. Electronic nose technology in food analysis, in: S. Otlés (Ed.), Handbook of Food Analysis Instruments, CRC Press, Taylor & Francis Group, Boca Raton, FL, USA, 2008.
- [96] OUELLETTE, J. Electronic noses sniff our new markets. *Indust. Physic.* 5, 1999, p. 26-29.
- [97] YEA, B., et al. The discrimination of many kinds of odor species using fuzzy reasoning and neural networks. *Sens. Actuat.* 45, 1994, p. 159-165.
- [98] BRUNINK, J., et al. Recognition of fish storage time by a metalloporphorins-coated QMB sensor array. *Meas. Sci. Technol.* 7, 1996, p. 1103-1114.
- [99] WINQUIST, F., et al. Performance of an electronic nose for quality estimation of ground meat. *Meas. Sci. Technol.* 1993, 4, p. 1493-1500.
- [100] KELLER P., et al. Electronic Noses and their Applications. Neural Network Applications Studies Workshop. IEEE Northcon/Technical Applications Conference (TAC'95), USA. 1995
- [101] BREZMES, J. Diseño y optimización de los subsistema de un sistema de olfato electrónico para aplicaciones agroalimentarias e industriales. [PhD Tesis] Universitat Rovira I Virgili. España. e-Biometria. 2007.
- [102] MELO, H, et al. Gestión de Olor: Fundamentos de la nariz electrónica. *Ingeniería Sanitaria y Ambiental*, vol.14 n° 1 de Río de Janeiro, 2009
- [103] RODRÍGUEZ, M. Análisis sensorial de alimentos-Nariz electrónica. En: *Anales de la real sociedad española de química. Segunda época.* Julio-Septiembre. 2001. 10p.
- [104] BREZMES, J., et al. Correlation between electronic nose signals and fruit quality indicators on shelf-life measurements with pinklady apples. *Sensors and Actuators B*, 80, 2001, p.41.
- [105] HERRMANN, U., et al. Monitoring apple flavor by use of quartz microbalances. *Analytical and Bioanalytical Chemistry*, 372, 2002, p. 611-614.
- [106] BERNA, A., et al. Electronic nose systems to study shelf life and cultivar effect on tomato aroma profile. *Sensors Actuators B*, 97, 2004, p. 324 -333.
- [107] SAEVELS S., et al. An electronic nose and a mass spectrometry-based electronic nose for assessing apple quality during shelf life. *Postharvest Biology and Technology*, 31, 2004, p. 9-19.

- [108] HERNÁNDEZ A., et al. Evaluation of tomato maturity by electronic nose. *Computers and Electronics in Agriculture*, 54, 2006, p. 44-52.
- [109] HERNÁNDEZ A., et al. Discrimination of storage shelf-life for mandarin by electronic nose technique. *LWT-Food Science and Technology*, 40, 2007, p. 681-689.
- [110] HERNÁNDEZ A., et al. Monitoring storage shelf life of tomato using electronic nose technique. *Journal of Food Engineering*, 85, 2008, p. 625-631.
- [111] BENEDETTI S., et al. Electronic nose as a non-destructive tool to characterise peach cultivars and to monitor their ripening stage during shelf-life. *Postharvest Biology and Technology*, 47, 2008, p.181-188.
- [112] BENEDETTI, S., et al. Shelf life of Crescenza cheese as measured by electronic nose. *J. Dairy Sci.*, 88, 2005, p. 3044–3051.
- [113] LABRECHE S., et al. Shelf life determination by electronic nose: application to milk. *Sensors Actuators B*, 106, 2005, p. 199-206.
- [114] COSIO, M., et al. Evaluation of different storage conditions of extra virgin olive oils with an innovative recognition tool built by means of electronic nose and electronic tongue. *Food Chemistry*, 101, 2007, p. 485-491.
- [115] MILDNER, S., et al. The use of electronic and human nose for monitoring rapeseed oil autoxidation. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 110, 2008, p. 61-72.
- [116] CORRADO, D., et al. Comparison and integration of different electronic noses for freshness evaluation of cod-fish fillets. *Sensors Actuators B*, 77, 2001, p.572-578.
- [117] DU, W., et al. Potential Application of the Electronic Nose for Quality Assessment of Salmon Fillets Under Various Storage Conditions. *Journal Food Science*, 67, 2002, p. 307-313.
- [118] OLAFSDOTTIR, G., et al. Prediction of Microbial and Sensory Quality of Cold Smoked Atlantic Salmon (*Salmo salar*) by Electronic Nose. *Journal of Food Science*, 70, 2005, p. 563-574.
- [119] CHANTARACHOTI, J., et al. Portable Electronic Nose for Detection of Spoiling Alaska Pink Salmon (*Oncorhynchus gorbuscha*). *Journal of Food Science*, 71, 2006, p. 414-421.

- [120] KOREL, F., LUZURIAGA, D. and BALABAN, M. Objective Quality Assessment of Raw Tilapia (*Oreochromis niloticus*) Fillets Using Electronic Nose and Machine Vision. *Journal of Food Science*, 66, 2001, p. 1018.
- [121] TOKUSOGLU, O. and BALABAN M. Correlation of odor and color profiles of oysters (*Crassostrea virginica*) with electronic nose and color machine vision. *J. Shellfish*, 23, 2004, p. 143.
- [122] DUTTA R., et al. Non-destructive egg freshness determination: an electronic nose based approach. *Measurement Science and Technology*, 14, 2003, p. 190.
- [123] MCELYEA K., et al. Evaluation of the Electronic Nose for Rapid Determination of Meat Freshness. *Arkansas Animal Science*, 509, 2003, p. 32–35.
- [124] EL BARBRI, N., et al. Electronic Nose Based on Metal Oxide Semiconductor Sensors as an Alternative Technique for the Spoilage Classification of Red Meat. *Sensors*, 8, 2008, p. 142-156.
- [125] RAGAZZO, J., et al. Identification of alcoholic beverages by coupling gas chromatography and electronic nose, in: A.M. Spanier, F. Shahidi, T.H. Parliament, C. Mussinan, C.T. Ho, E. Tratras Contis (Eds.), *Food Flavors and Chemistry*, Royal Society of Chemistry, Cambridge, 2001, p. 404–411.
- [126] PENZA, M. and CASSANO G. Recognition of adulteration of Italian wines by thin-film multisensor array and artificial neural networks. *Analytica Chimica Acta*, 509, 2004, p. 159-177.
- [127] LOZANO, J., et al. Comparative study of sampling systems combined with gas sensors for wine discrimination. *Sensors Actuators B*, 126, 2007, p. 616-623.
- [128] ALEIXANDRE, M., et al. Portable e-nose to classify different kinds of wine. *Sensors Actuators B*, 131, 2008, p. 71-76.
- [129] LOZANO J., et al. Wine classification with a zinc oxide SAW sensor array. *Sensors Actuators B*, 120, 2006, p. 166-171.
- [130] MARTÍ, M., BUSTO, O. and GUASCH, J. Application of a headspace mass spectrometry system to the differentiation and classification of wines according to their origin, variety and ageing. *Journal Chromatography A*, 1057, 2004, p. 211-217.
- [131] CERRATO, M., et al. Electronic nose based on metal oxide semiconductor sensors as a fast alternative for the detection of adulteration of virgin olive oils. *Analytica. Chimica Acta* 459, 2002, p. 219-228.

[132] CERRATO, C., et al. Optimisation of a new headspace mass spectrometry instrument. Discrimination of different geographical origin olive oils. *Journal. Chromatography A*, 1076, 2005, p. 7-15.

[133] COSIO, M., et al. Geographical origin and authentication of extra virgin olive oils by an electronic nose in combination with artificial neural networks. *Analytica Chimica Acta* 567, 2006, p. 202-210.

[134] STEINE, C., et al. Potential of Semiconductor Sensor Arrays for the Origin Authentication of Pure Valencia Orange Juices. *J. Agric. Food Chem.*, 49, 2001, p. 3151-3160.

[135] PILLONEL, L., et al. Analytical methods for the determination of the geographic origin of Emmental cheese: volatile compounds by GC/MS-FID and electronic nose. *Eur. Food Res. Technol.* 216, 2003, p. 179–183.

[136] AMPUERO S., et al. *Food Res. Technol.* 218, 2004, p. 198.

[137] COCCHI M., et al. Characterization and discrimination of different aged 'Aceto Balsamico Tradizionale di Modena' products by head space mass spectrometry and chemometrics. *Analytica Chimica Acta* 589, 2007, p. 96-104.

[138] LACOSTE F., et al. ¿Is it possible to use an electronic nose for the detection of sensorial defects in virgin olive oil? : Lipids, fats, and oils: opportunities and responsibilities in the new century. *OCL-Oléagineux, Corps Gras, Lipides* 8, 2001, p. 78-81.

[139] PIOGGIA, G., et al. Towards a Real-Time Transduction and Classification of Chemoresistive Sensor Array Signals. *Sensors Journal IEEE*, 7, 2007, p. 237-244.

[140] LÓPEZ, S., et al. Simple and rapid instrumental characterization of sensory attributes of virgin olive oil based on the direct coupling headspace-mass spectrometry. *Journal of Chromatography A.*, 1188, 2008, p. 308-313.

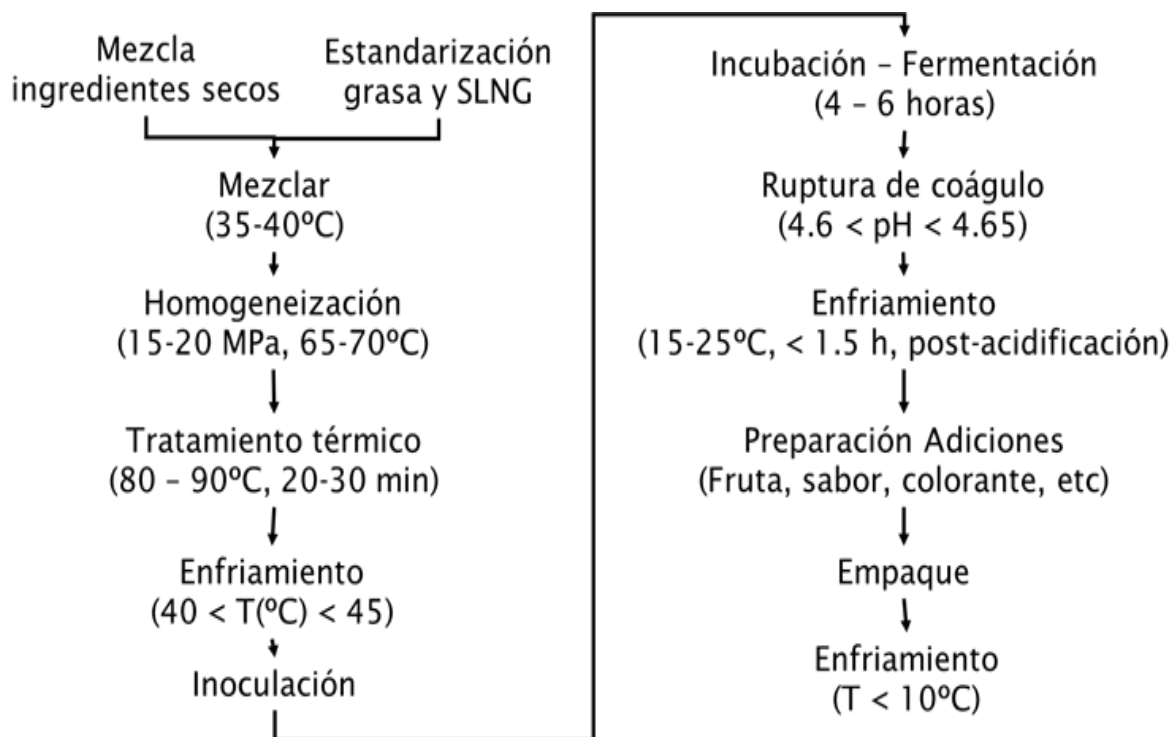
[141] BURATTI, S., et al. Prediction of Italian red wine sensorial descriptors from electronic nose, electronic tongue and spectrophotometric measurements by means of Genetic Algorithm regression models. *Food Chemistry*, 100, 2007, p. 211-218.

[142] LOZANO J., et al. Correlating e-nose responses to wine sensorial descriptors and gas chromatography–mass spectrometry profiles using partial least squares regression analysis. *Sensors Actuators B*, 127, 2007, p. 267-276.

- [143] CORRADO, D., et al. The evaluation of quality of post-harvest oranges and apples by means of an electronic nose. *Sensors and Actuators B*, 78, 2001, p. 26-31.
- [144] CORRADO, D., et al. Electronic nose based investigation of the sensorial properties of peaches and nectarines. *Sensors and Actuators B*, 77, 2001, p. 561.
- [145] ZHANG, H., WANG, J. and YE, S.. Prediction of soluble solids content, firmness and pH of pear by signals of electronic nose sensors. *Analytica Chimica Acta* 606, 2008, p. 112-118.
- [146] ZHANG, H., WANG, J. and YE, S., J. Predictions of acidity, soluble solids and firmness of pear using electronic nose technique. *Food Engineering*, 86, 2008, p. 370-378.
- [147] SOLIS, H., et al. Discrimination of eight varieties of apricot (*Prunus armeniaca*) by electronic nose, LLE and SPME using GC-MS and multivariate analysis. *Sensors and Actuators B*, 125, 2007, p. 415-421.
- [148] XIAOBO, Z. and JIEWEN, Z. Comparative analyses of apple aroma by a tin-oxide gas sensor array device and GC/MS. *Food Chemistry*, 107, 2008, p. 120.
- [149] YU H., et al. Identification of green tea grade using different feature of response signal from E-nose sensors. *Sensors Actuators B*, 128, 2008, p. 455-461.
- [150] ABBEY L., et al. Electronic nose evaluation of onion headspace volatiles and bulb quality as affected by nitrogen, sulphur and soil type. *Annals Applied Biology*, 145, 2004, p. 41-50.
- [151] GARCÍA, M., et al. Electronic nose for ham discrimination. *Sensors and Actuators B*, 114, 2006, p. 418-422.
- [152] ZHANG, Q., et al. 'Sensory analysis' of Chinese vinegars using an electronic nose *Sensors and Actuators B, Chem.*, 128, 2008, p. 586-593.
- [153] PARDO M., et al. Data analysis for a hybrid sensor array. *Sensors and Actuators B*, 106, 2005, p. 136-143.
- [154] BARIÉ, N., BÜCKING, M. and RAPP, M. A novel electronic nose based on miniaturized SAW sensor arrays coupled with SPME enhanced headspace-analysis and its use for rapid determination of volatile organic compounds in food quality monitoring. *Sensors and Actuators B*, 114, 2006, p. 482-488.
- [155] GRIGIONI, G., et al. Warmed-over avour analysis in low temperature long time processed meat by an "electronic nose". *Meat Science* 56, 2000, p. 221-228.

- [156] GRIGIONI, G., et al. *J. Sci. Agric Alimentación.*, 84, 2004, p. 427
- [157] MARSILI, R. SPME-MS-MVA as an electronic nose for the study of off-flavors in milk. *J. Agric. Food Chem.*, 47, 1999, p. 648–654.
- [158] HAUGEN, J., et al. Application of gas-sensor array technology for detection and monitoring of growth of spoilage bacteria in milk: a model study. *Anal. Chim. Acta* 565, 2006, p. 10–16.
- [159] MIETTINEN, S., et al. Electronic and human nose in the detection of aroma differences between strawberry ice cream of varying fat content. *J. Food Sci.* 67, 2002, p. 425–430.
- [160] JIAMYANGYUEN, S. and HARPER, W. Differentiation of volatile flavor compounds in wooden ice cream sticks originated from different geographical locations. *Milchwissenschaft* 59, 2004, p. 401–403.
- [161] NAVRATIL, M., CIMANDER, C. and MANDENIUS, C. On-line multisensor monitoring of yoghurt and Filmjök fermentations on production scale. *J. Agric. Food Chem.* 52, 2004, p. 415–420.
- [162] O'RIORDAN, P. and DELAHUNTY, C.M. Characterisation of commercial Cheddar cheese flavour 1: traditional and electronic nose approach to quality assessment and market classification. *Int. Dairy J.* 13, 2003, p. 355–370.
- [163] TRIHAAS, J. E-nose in Danish blue cheese production. *Eur. Dairy Mag.*, August, 2004, p. 13–14.
- [164] TRIHAAS, J. and NIELSEN, P. Electronic nose technology in quality assessment: monitoring the ripening process of Danish blue cheese. *J. Food Sci.* 70, 2005, p. 44–49.
- [165] TRIHAAS, J., VOGNSEN, L. and NIELSEN, P. Electronic nose: new tool in modeling the ripening of Danish blue cheese. *Int. Dairy Sci.* 15, 2005, p. 679–691.
- [166] JOU, K. and HARPER, W. Pattern recognition of Swiss cheese aroma compounds by SPME/GC and an electronic nose. *Milchwissenschaft* 53, 1998, p. 259–263.
- [167] SCHALLER, E. Applications and limits of electronic noses in the evaluation of dairy products. [PhD Thesis], Diss. ETH No. 13676, Swiss Federal Institute of Technology (ETH), Zurich, Switzerland, p. 153.
- [168] SCHALLER, E., BOSSET, J. and ESCHER, F. Feasibility study: detection of rind taste offflavour in Swiss Emmental cheese using an electronic nose and GC–MS. *Mitt Lebensm Hyg* 91, 2000, p. 610–615.

[169] ICONTEC, NTC 3930. Análisis sensorial : metodología. Ordenación de acuerdo con un criterio específico (Ranking). 2008

Anexo A. Diagrama de flujo para la elaboración del yogurt

Anexo B. Fichas técnicas de cepas lácticas utilizadas

Cultivo 1

cimpa[®] s.a.s.



Insumos y tecnología para la industria alimentaria

PRODUCT DESCRIPTION - PD 205694-13.2EN

Material no. 11381062

YO-MIX™ 401 LYO 50 DCU

YO-MIX™ Yoghurt Cultures

Description

Freeze-dried culture for direct inoculation of process milk

Defined, thermophilic multiple-species culture

Usage levels

Product	Dose
set yoghurt	10 - 20 DCU / 100 l
stirred yoghurt	10 - 20 DCU / 100 l
drinking yoghurt	10 - 20 DCU / 100 l

The quantities of inoculation indicated should be considered as guidelines. Supplement cultures may be required depending on technology, fat content and product properties desired.

We do not accept any liability in case of under application.

Directions for use

Disinfect opening area with ethanol (approx. 70 %) before opening package. Cut open and add culture to process milk under aseptic conditions. It has to be considered that the whole content of the pouch has to be applied per propagation in order to assure constant product quality.

Composition

Streptococcus thermophilus
Lactobacillus delbrueckii subsp. bulgaricus

Properties

Mildly acidifying yoghurt culture forming polysaccharides and L(+) and D(-) type lactic acid. The strong viscosity formation results in very creamy products. This property can even be intensified by long time acidification.

YO-MIX™ 401 LYO 50 DCU is particularly suitable for application in set yoghurt and stirred yoghurt production.

Physical/chemical specifications

Direct inoculation:

Test medium:
reconstituted skim milk with 9 % of dry matter
heated at 95 ± 3 °C for 30 min

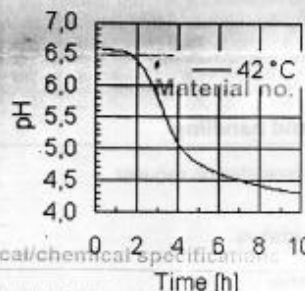
Fermentation:

Inoculation amount: 10 DCU / 100 l (1 pouch / 500 l)
inoculation and incubation temperature: 42 °C

pH after 7 h

≤ 4.65

Standard acidification curve



Physical/chemical specifications

Direct inoculation:

Test medium:

Microbiological specifications

Microbiological quality control - standard values and methods [UM-]

Examination of culture:

non-lactic acid bacteria	< 100 / g [UM-030]
enterobacteriaceae	< 1 / g [UM-031]
yeasts and moulds	< 10 / g [UM-017]
enterococci	< 10 / g [UM-033]
Staphylococcus aureus	< 1 / g [UM-034]
Bacillus cereus*	< 10 / g [UM-041]
salmonellae*	neg. / 25 g [UM-038]
listeria*	neg. / 25 g [UM-039]

* not necessarily examined for each lot, but ensured by HACCP system as well as by plant and personnel hygiene.

The information contained in this publication is based on our own research and development work and is to the best of our knowledge reliable. Users should, however, conduct their own tests to determine the suitability of our products for their own specific purposes and the legal status for their intended use of the product. Statements contained herein should not be considered as a warranty of any kind, expressed or implied, and no liability is accepted for the infringement of any patents.



Insumos y tecnología para la industria alimentaria

PRODUCT DESCRIPTION - PD 205694-13.2EN

Material no. 11381062

YO-MIX™ 401 LYO 50 DCU

YO-MIX™ Yogurt Cultures

Storage

12 months from date of production at $\leq -18\text{ }^{\circ}\text{C}$

Packaging

PE, PET, Al laminated foil

Purity and legal status

YO-MIX™ 401 LYO 50 DCU meets the specification laid down by the EU legislation.

Label food regulations should always be consulted concerning the status of this product, as legislation regarding its use in food may vary from country to country.

Safety and handling

MSDS is available on request.

Kosher status

Dairy Kosher

Halal status

certified by Islamic Food Council of Europe

Allergens

Below table indicates the presence of the following allergens and products thereof:

Yes	No	Allergens	Description of components
	X	wheat	
	X	other cereals containing gluten	
	X	crustacean shellfish	
	X	eggs	
	X	fish	
	X	peanuts	
	X	soybeans	
X		milk (including lactose)	
	X	nuts	
	X	celery	
	X	mustard	
	X	sesame seeds	
	X	sulphur dioxide and sulphites (> 10 mg/kg)	
	X	lupin	
	X	molluscs	

Local regulation has always to be consulted as allergen labeling requirements may vary from country to country.

Additional information

The values indicated in this document correspond to results from standardized laboratory tests. They should be considered as guidelines. In practice, other values are expected depending on the type of product and technology. Due to advances in technology and continuous product improvement it may be necessary to change standard values in the future.

GMO status

YO-MIX™ 401 LYO 50 DCU does not consist of, nor contains, nor is produced from genetically modified organisms according to the definitions of Regulation (EC) 1829/2003 and Regulation (EC) 1830/2003 of the European Parliament and of the Council of 22 September 2003.

The information contained in this publication is based on our own research and development work and is to the best of our knowledge reliable. Users should, however, conduct their own tests to determine the suitability of our products for their own specific purposes and the legal status for their intended use of the product. Statements contained herein should not be considered as a warranty of any kind, expressed or implied, and no liability is accepted for the infringement of any patents.

Cultivo 2

CHR HANSEN

*Improving food & health***F-DVS YoFlex®Mild 1.0**

Información de Producto

Versión: 1 PI-EU-ES 28-09-2010

Descripción Cultivo termófilo Yo-Flexe para la fabricación de yogur.

Taxonomía Streptococcus thermophilus
Lactobacillus delbrueckii subsp. bulgaricus

Envase No Material: 702897 Tamaño: 12X500 U Tipo: Bolsa (s) en caja

Propiedades Físicas Color: Blanco a ligeramente rojizo o marrón
Aspecto Físico: Gránulos congelados

Aplicación **Uso**
El cultivo producirá un yogur con aroma muy suave, viscosidad extra alta y muy baja post-acidificación. Adecuado para yogur líquido.

Dosis de inoculación recomendada

Cantidad de leche a inocular	250 l / 70 gal	1.000 l / 250 gal	2.500 l / 660 gal	5.000 l / 1.300 gal	10.000 l / 2.600 gal
Cantidad de cultivo DVS	50 U	200 U	500 U	1.000 U	2.000 U

Directivas para su uso

Sacar los cultivos del congelador justo antes de utilizar. No descongelar. Limpia la parte superior de la bolsa con cloro. Abrir la bolsa y añadir los gránulos congelados directamente al producto pasteurizado mientras se agita suavemente. Agitar la mezcla durante 10 - 15 minutos para distribuir el cultivo homogéneamente. Para más información sobre aplicaciones específicas consulte nuestros catálogos técnicos y recetas recomendadas.

Gama La gama de cultivos Yo-Flexe de inoculación directa a cuba, Direct Vat Set (DVS) varían desde cultivos muy suaves que aportan características distintivas de aroma de yogur con perfiles distintos de viscosidad.

Almacenaje y manipulación < -45 °C / < -49 °F

S YoFlex®Mild 1.0

Identificación de Producto

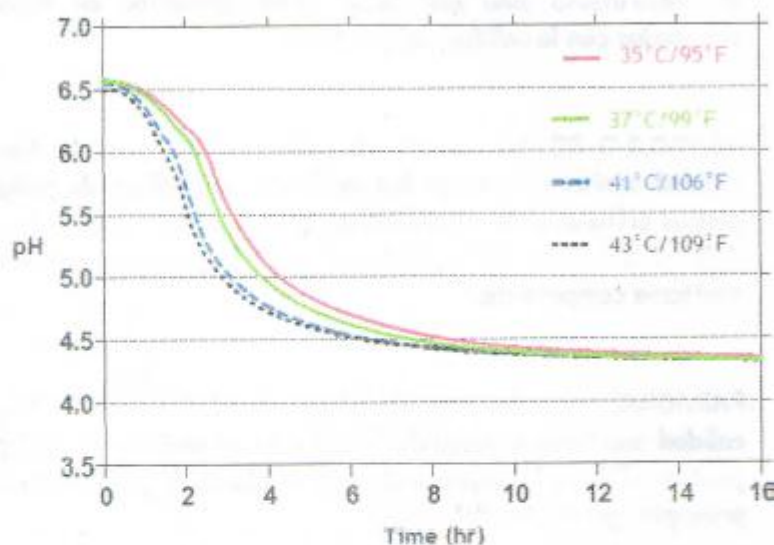
1: 1 PI-EU-ES 28-09-2010

Útil

Como mínimo 12 meses desde la fecha de fabricación cuando se almacena siguiendo las recomendaciones.

Información técnica

Curva de acidificación



Condiciones de fermentación:

Leche semi-desnatada (1.5 %) (92°C/197°F, 40 minutos)

Inoculación: 0.02%

Métodos analíticos

Los métodos de referencia y analíticos están disponibles bajo petición.

Declaración

Chr. Hansen cumple con los requerimientos generales de seguridad alimentaria establecidos por el Reglamento 178/2002/EC. Las bacterias ácido lácticas son reconocidas de forma general como seguras y pueden ser utilizadas en alimentos sin embargo, para aplicaciones específicas recomendamos que consulte la legislación nacional.

El producto está destinado a ser utilizado en alimentos.



Departamento de I+D+i

F-DVS YoFlex® Mild 1.0

Información de Producto

Versión: 1 PI-EU-ES 28-09-2010

Seguridad alimentaria

Las Buenas Prácticas de Fabricación (GMP) están implantadas en todas las plantas de fabricación de los cultivos Chr. Hansen. Chr. Hansen ha realizado una evaluación de riesgos en nuestras plantas de fabricación y distribución para cultivos lácteos, cárnicos y de vino. Los Puntos de Control (CP's) y Puntos Críticos de Control (CCP's) están basados en la evaluación de riesgos. Un equipo APPCC planes APPCC han sido establecidos para cada planta.

Ingredientes

Disponible bajo requerimiento.

Etiquetado

Etiquetado recomendado "cultivo ácido láctico" o "cultivo iniciador", sin embargo la legislación puede variar. Por favor, consulte la legislación local.

Certificados alimentarios

Kosher: Kosher Lácteo exclu. Pascua

Servicio técnico

Personal de los Laboratorios de Aplicación y Desarrollo de Productos de Chr Hansen están a su disposición si necesita más información.

Información adicional

Pendiente de patente

Cultivo 3



Insumos y tecnología para la industria alimentaria

YO-MIX™ 495 LYO 100 DCU

YO-MIX™ Yogurt Cultures

Description

Freeze-dried concentrated lactic starter for the direct vat inoculation of milk and milk bases.

Usage levels

Product	Dose
yogurt	10 - 20 DCU / 100 l of vat milk
Fermented milk	10 - 20 DCU / 100 l of vat milk

The quantities of inoculation indicated should be considered as guidelines. Supplement cultures may be required depending on technology, fat content and product properties desired. We do not accept any liability in case of undue application.

Directions for use

Store at temperature < 4 °C in dry atmosphere. When stored at negative temperature, keep the sachet at room temperature for 30 to 60 minutes before opening. If not, the performance of the culture is affected. Prolonged exposure at room temperature will reduce performances. Check before use that the culture is in powder form. Add directly to the manufacturing milk as soon as the agitation blades of the vat are covered with milk. Avoid foam and air introduction in the milk.

Important recommendations:

If the product has formed a solid mass, it should be discarded. To keep bacteriophage contamination under control, ensure plant and equipments are cleaned and disinfected with appropriate products at regular intervals to limit bacteriophage concentration level. Avoid any system that brings back part of end products to the beginning of the processing line in order to limit phage propagation.

We do not accept any liability in case of undue application.

Composition

Streptococcus thermophilus

Lactobacillus delbrueckii subsp. *bulgaricus*

The information contained in this publication is based on our own research and development work and is to the best of our knowledge reliable. Users should, however, conduct their own tests to determine the suitability of our products for their own specific purposes and the legal status for their intended use of the product. Statements contained herein should not be considered as a warranty of any kind, expressed or implied, and no liability is accepted for the infringement of any patents.

Properties

- Processing benefits: freeze dried form facilitates the storage and handling of cultures. YO-MIX™ 495 LYO 100 DCU is a blend of selected strains for direct vat inoculation of manufacturing milk, these strains have been carefully chosen and combined to answer your specific needs in term of acidification, texture and taste.

- YO-MIX™ 495 LYO 100 DCU gives quick acidification to pH 4.70 - 4.60 and then, a slower acidification to reach lower pH. This characteristic allows an exceptional pH stabilisation during the end of fermentation processing time and the shelf life. This enables a handling of large tank fermentations, a flexibility in the management of the cooling step, a lower post-acidification.

- YO-MIX™ 495 LYO 100 DCU contains exopolysaccharide producing strains that enable a smooth and thick texture: possibility to perform at 43°C as well as 37°C, formulation cost-saving, reduction of milk protein content, reduction/no need of E-labeling thickening agents, excellent resistance to shear stress at the cooling step and during storage before conditioning, good syneresis control, good performance on recipe with sugar.

- End user benefits: safer end-products, controlled taste and texture consistency, mild flavour and low post-acidification during shelf life, no water release when consumed.

A phage alternative is available on request.

Physical/chemical specifications

Quantitative/Activity standard

Test medium:

Sterilised reconstituted milk (10% solids)

Heated 20 min at 110 °C. Standardised to pH 6.60

Temperature: 42 °C

Inoculation rate: 20 DCU / 100 l

Delta pH: 1.35

Time to reach the delta pH: <= 3.5 hours

YO-MIX™ 495 LYO 100 DCU contains exopolysaccharide producing strains that enable a smooth and thick texture: possibility to perform at



Insumos y tecnología para la industria alimentaria

YO-MIX™ 495 LYO 100 DCU

YO-MIX™ Yogurt Cultures

Microbiological specifications

Microbiological quality control - standard values and methods

Coliforms	< 10 / g [1]
Enterococci	< 20 / g [2]
Yeasts	< 10 / g [3]
Moulds	< 10 / g [3]
Staphylococci coagulase positive	< 10 / g [4]
Listeria monocytogenes	neg. / 25 g [5]
Salmonella	neg. / 25 g [6]

[1] NF V08-015, IDF 73A-1965

[2] Gelose bile esculine sodium azide / 48 h at 37 °C

[3] NF V08-022, IDF 94B-1991

[4] NF V08-057, IDF 145A-1997

[5] NF V08-055, IDF 143A-1990

[6] NF V08-052, IDF 93B-1995

Storage

18 months from date of production at ≤ 4 °C

Packaging

Sachets made with three layers of material (polyethylene, aluminium, polyester). The following information is printed on each sachet: product name, pack size, batch n° and shelf life.

Quantity

Shipment cartons each containing 50 sachets

Purity and legal status

YO-MIX™ 495 LYO 100 DCU meets the specification laid down by the EU legislation.

Label food regulations should always be consulted concerning the status of this product, as legislation regarding its use in food may vary from country to country.

The information contained in this publication is based on our own research and development work and is to the best of our knowledge reliable. Users should, however, conduct their own tests to determine the suitability of our products for their own specific purposes and the legal status for their intended use of the product. Statements contained herein should not be considered as a warranty of any kind, expressed or implied, and no liability is accepted for the infringement of any patents.

Safety and handling

MSDS is available on request.

Kosher status

KOSHER O-U-D

Allergens

Below table indicates the presence (as added component) of the following allergens and products thereof (according to Directive 2000/13/EC as amended):

Yes	No	Allergens	Description of components
	X	cereals containing gluten	
	X	crustacean shellfish	
	X	eggs	
	X	fish	
	X	peanuts	
	X	soybeans	
	X	milk (including lactose)	
	X	nuts	
	X	celery	
	X	mustard	
	X	sesame seeds	
	X	sulphur dioxide and sulphites (> 10 mg/kg)	

Additional information

ISO 9001 certified

Below table indicates the presence (as added component) of the following allergens and products thereof (according to Directive 2000/13/EC as amended):

Anexo C. Pruebas de ordenamiento**EVALUACION PANEL SENSORIAL**
Universidad Nacional de Colombia
Maestría en Ciencia y Tecnología de Alimentos
Formato de Respuesta

Nombre _____

Fecha _____ Alimento _____

Por favor huela cada muestra en el orden dado y posteriormente ordénelas en forma creciente de acuerdo a la intensidad de aroma a acetaldehído.

Por favor escriba los códigos en orden creciente de intensidad de aroma a acetaldehído en las casillas

	Menor				Mayor	
Código						

GRACIAS POR SU COLABORACIÓN

Comentarios

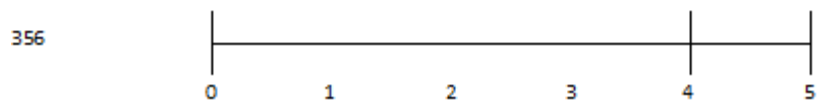
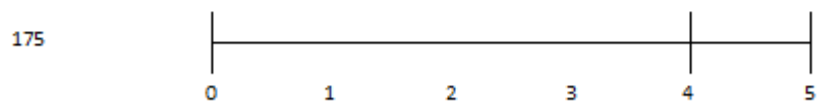
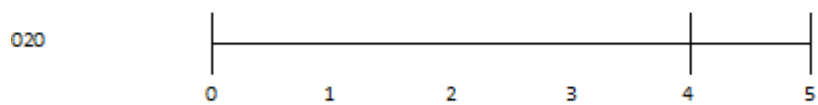
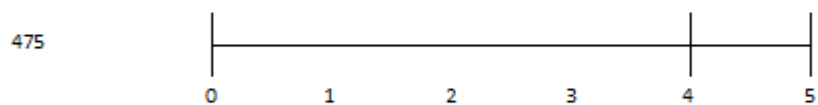
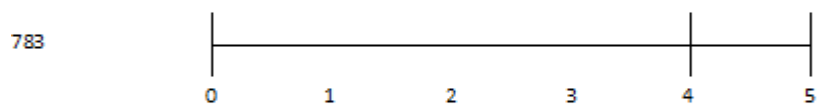
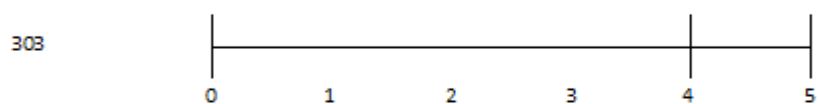
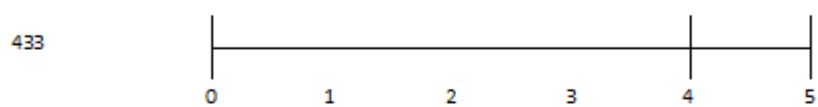
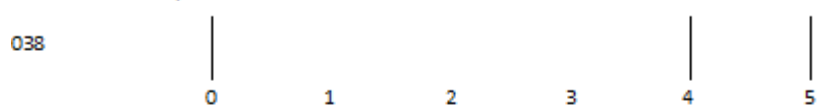
Anexo D. Evaluación por escalas

ANALISIS SENSORIAL DEL AROMA

Universidad Nacional de Colombia
Maestría en Ciencia y Tecnología de Alimentos
Formato de Respuesta

Nombre _____
Fecha _____ Alimento _____

Por favor huela cada muestra y califique la intensidad del aroma de acetaldehído de cada una marcando en la escala correspondiente.



GRACIAS POR SU COLABORACIÓN

Comentarios _____

Anexo E. Matriz de datos

DIFERENCIA ENTRE CULTIVOS A 35°C

Muestra	label cultivo	label temp	label hora	clases cultiv	Clase Temp	clase tiempoV	PH	AC	W1C	W5S	W3C	W6S	W5C	W1S	W1W	W2S	W2W	W3S	PS	
				'clases cultiv'	'Clase Temp'	'clase tiempoV'													Panel	
C1-T45-R3h0 'C1'	'T1'	'H0'		1	2	1	0.00322495	6.68666667	0.19	0.0005443	0.00053378	0.00072215	9.0604E-05	0.00096264	-0.00165727	-0.00010783	-0.00106711	-0.00035884	7.5839E-05	2
C2-T45-R3h0 'C2'	'T1'	'H0'		2	2	1	0.00319641	6.69	0.18	0.00010872	0.00078166	0.00012394	9.0828E-05	0.00031879	-0.00072125	-0.00019329	-0.00036488	-0.00024877	0.00019732	1
C3-T45-R3h0 'C3'	'T1'	'H0'		3	2	1	0.00325349	6.75	0.18	-0.00053602	0.0016481	-0.00053065	-8.2327E-05	-0.00039866	0.00044519	3.6242E-05	0.00027852	0.00014855	-4.7651E-05	1
C1-T45-R3h1 'C1'	'T1'	'H1'		1	2	2	0.00359596	6.19333333	0.29	0.00055257	0.00070313	0.00072394	-5.5257E-05	0.00096219	-0.00164251	-0.00011633	-0.00096063	-0.00038501	8.0089E-05	1
C2-T45-R3h1 'C2'	'T1'	'H1'		2	2	2	0.00371012	6.66666667	0.225	0.00048121	0.00052315	0.0005906	0.00021644	0.00072282	-0.00112483	-0.00015537	-0.00065805	-0.00036577	0.00017416	1
C3-T45-R3h1 'C3'	'T1'	'H1'		3	2	2	0.00367674	6.65	0.2	-0.000483	0.00158076	-0.00048993	-1.7226E-05	-0.00037226	0.0003962	2.17E-05	0.00024497	0.00011051	-5.1454E-05	0.5
C1-T45-R3h2 'C1'	'T1'	'H2'		1	2	3	0.28164794	5.34333333	0.43	0.00052998	0.00094586	0.00065705	4.3624E-05	0.00088367	-0.00154385	-8.3893E-05	-0.00093803	-0.00033154	3.6465E-05	2
C2-T45-R3h2 'C2'	'T1'	'H2'		2	2	3	0.00388135	5.56333333	0.51	6.1969E-05	0.00106174	0.00010358	-3.3557E-06	0.00032864	-0.00089396	-0.00019262	-0.00013643	-0.00028725	0.00019821	2
C3-T45-R3h2 'C3'	'T1'	'H2'		3	2	3	0.00690653	5.44666667	0.47	-0.00039508	0.00137271	-0.00038277	-0.00026063	-0.00023669	-0.00014541	1.4094E-05	-0.00012394	6.085E-05	-6.3758E-05	2
C1-T45-R3h3 'C1'	'T1'	'H3'		1	2	4	0.62913566	4.87333333	0.55	0.00032886	0.00145928	0.00043043	-0.00022304	0.00061029	-0.00130738	-0.0001085	-0.00059754	-0.00027405	-1.1409E-05	3.5
C2-T45-R3h3 'C2'	'T1'	'H3'		2	2	4	0.22312369	5.16	0.555	-0.00011051	0.00128523	3.0425E-05	-6.7114E-06	0.00026644	-0.00075861	-0.00019105	-0.0003906	-0.00028725	0.0002264	2
C3-T45-R3h3 'C3'	'T1'	'H3'		3	2	4	0.55963811	4.76	0.49	-0.00062248	0.00193154	-0.00068658	-0.00023188	-0.00058322	0.00049497	6.5436E-05	0.00043859	0.0002745	-0.00011275	3
C1-T45-R3h4 'C1'	'T1'	'H4'		1	2	5	1.05343645	4.79333333	0.57	0.0002255	0.00128557	0.00030034	-5.302E-05	0.00046242	-0.00102617	-0.00016544	-0.00041477	-0.00032181	7.349E-05	3
C2-T45-R3h4 'C2'	'T1'	'H4'		2	2	5	0.69497544	4.8	0.57	-0.00010112	0.00130828	-3.6465E-05	0.0001472	0.00015034	-0.00040582	-0.00017673	-0.00018233	-0.00023781	0.00020224	3
C3-T45-R3h4 'C3'	'T1'	'H4'		3	2	5	0.69497544	4.60666667	0.63	-0.00063982	0.0019481	-0.00063043	-0.00020738	-0.00051588	0.0004038	4.1611E-05	0.0004179	0.00025391	-7.4049E-05	3
C1-T45-R3h5 'C1'	'T1'	'H5'		1	2	6	1.37166205	4.63666667	0.59	2.47E-04	1.66E-03	4.16E-04	-1.84E-04	6.50E-04	-1.44E-03	-1.46E-04	-7.98E-04	-3.15E-04	-4.56E-05	4
C2-T45-R3h5 'C2'	'T1'	'H5'		2	2	6	0.92175689	4.60333333	0.64	-4.877E-05	0.00112908	-5.4586E-05	-3.0872E-05	0.00010716	-0.00053557	-0.00015168	-0.00021924	-0.00017047	0.00015861	3
C3-T45-R3h5 'C3'	'T1'	'H5'		3	2	6	0.92907243	4.53666667	0.65	-0.00060168	0.00190369	-0.00051242	-0.00053255	0.000309E-05	6.7785E-05	-0.00013658	-0.00026846	0.00016342	3	
C1-T45-R3h6 'C1'	'T1'	'H6'		1	2	7	1.42652853	4.62	0.63	0.00043758	0.00087013	0.00054765	-8.3221E-05	0.00077819	-0.00153322	-0.00014597	-0.00097617	-0.00040201	-1.0738E-05	3.5
C2-T45-R3h6 'C2'	'T1'	'H6'		2	2	7	0.93273019	4.66666667	0.65	0.00024474	0.00085615	0.00028434	-3.8031E-06	0.00045906	-0.00094004	-0.0001302	-0.00051812	-0.00026286	0.00015459	2
C3-T45-R3h6 'C3'	'T1'	'H6'		3	2	7	0.92907243	4.47666667	0.71	-0.00034094	0.00153915	-0.00034855	0.00014765	-0.00020246	-9.396E-06	1.8345E-05	-4.6532E-05	8.6577E-05	-8.4564E-05	2.5
C1-T45-R3h7 'C1'	'T1'	'H7'		1	2	8	1.48871054	4.57	0.68	0.00072248	0.00056174	0.0008104	-1.9463E-05	0.00099262	-0.0016906	-0.0001406	-0.00104765	-0.00043725	9.3289E-05	3
C2-T45-R3h7 'C2'	'T1'	'H7'		2	2	8	1.04977869	4.63	0.67	-9.396E-06	0.00090157	8.2774E-05	2.3043E-05	0.00067611	-0.00068635	-0.00016779	-0.00032573	-0.00021588	0.00017696	3.5
C3-T45-R3h7 'C3'	'T1'	'H7'		3	2	8	1.04612092	4.44	0.72	-0.00035615	0.00146756	-0.00035794	4.7204E-05	-0.00021074	-5.7047E-05	5.6152E-05	-0.00015615	0.00013647	-0.00015414	2.5
C1-T45-R3h8 'C1'	'T1'	'H8'		3	2	9	1.53991926	4.54333333	0.68	5.17E-04	5.38E-04	6.62E-04	1.63E-05	8.61E-04	-1.54E-03	-1.37E-04	-1.08E-03	-3.91E-04	5.82E-06	3
C2-T45-R3h8 'C2'	'T1'	'H8'		3	2	9	1.06440975	4.53333333	0.71	6.1521E-05	0.00086152	0.0001528	4.0492E-05	0.00031365	-0.00077383	-0.00015794	-0.0003953	-0.00025436	0.00017248	2
C3-T45-R3h8 'C3'	'T1'	'H8'		3	2	9	1.04612092	4.39333333	0.76	-0.00022237	0.00130492	-0.00022461	-0.00019396	-5.8389E-05	-0.00044519	2.7517E-05	-0.00038345	5.123E-05	-0.00010828	3.5

DIFERENCIA ENTRE CULTIVOS A 45°C

Muestra	label cultivo	label temp	label hora	clases cultiv	Clase Temp	clase tiempoV	PH	AC	W1C	W5S	W3C	W6S	W5C	W1S	W1W	W2S	W2W	W3S	PS	
				'clases cultiv'	'Clase Temp'	'clase tiempoV'	'PH'	'AC'	'W1C'	'W5S'	'W3C'	'W6S'	'W5C'	'W1S'	'W1W'	'W2S'	'W2W'	'W3S'	'PS'	
C1-T35-R3h0 'C1'	'T2'	'H0'		1	2	1	0.00356742	6.85333333	0.16	-7.4049E-05	0.00067964	6.2192E-05	-6.4877E-05	0.00026935	-0.00107942	3.3557E-05	-0.000107651	-7.8747E-05	-0.00033579	0.25
C2-T35-R3h0 'C2'	'T2'	'H0'		2	2	1	0.00265416	6.83	0.16	-0.00015056	0.00104228	7.6734E-05	-5.4139E-05	0.00033758	-0.00103937	-6.0403E-05	-0.00089105	-0.00020537	-8.1655E-05	0
C3-T35-R3h0 'C3'	'T2'	'H0'		3	2	1	0.0037672	6.94	0.155	-4.70E-06	8.27E-04	2.35E-04	3.78E-05	5.32E-04	-1.04E-03	-2.36E-04	-4.63E-04	-3.33E-04	3.30E-04	2.5
C1-T35-R3h1 'C1'	'T2'	'H1'		1	2	2	0.00342472	6.80333333	0.185	2.3714E-05	0.00060112	0.00019933	-0.00015705	0.00040336	-0.00126913	-1.3199E-05	-0.00122841	-0.00016846	-0.00033691	1.125
C2-T35-R3h1 'C2'	'T2'	'H1'		2	2	2	0.0033911	6.78333333	0.175	1.5101E-05	0.00111309	0.00024128	-0.00014564	0.00053624	-0.00153087	-0.00013926	-0.00113221	-0.00035805	-0.00015034	1
C3-T35-R3h1 'C3'	'T2'	'H1'		3	2	2	0.00410967	6.80666667	0.175	2.24E-07	6.51E-04	3.43E-04	5.77E-04	6.18E-04	-1.22E-03	-2.97E-04	-6.27E-04	-4.20E-04	2.86E-04	0.5
C1-T35-R3h2 'C1'	'T2'	'H2'		1	2	3	0.00322495	6.37333333	0.255	-7.55E-05	8.11E-04	3.76E-05	-5.03E-05	2.09E-04	-8.86E-04	-2.01E-06	-9.22E-04	-9.46E-05	-2.52E-04	1.5
C2-T35-R3h2 'C2'	'T2'	'H2'		2	2	3	0.00359596	6.50333333	0.25	1.387E-05	0.00042394	0.00025481	1.566E-05	0.00049911	-0.00144362	-0.00013065	-0.00107472	-0.00028568	-0.00015414	1
C3-T35-R3h2 'C3'	'T2'	'H2'		3	2	3	0.00410967	6.24	0.29	0.00017226	0.00068277	0.00036018	0.00116219	0.00062595	-0.00072528	-0.00027696	-0.00023199	-0.000417	0.00032148	1
C1-T35-R3h3 'C1'	'T2'	'H3'		1	2	4	0.00325349	5.73333333	0.4	0.00018166	0.00060747	0.00030872	-0.00021879	0.00052304	-0.00142081	2.3043E-05	-0.00132013	-0.00018479	-0.00032103	4.5
C2-T35-R3h3 'C2'	'T2'	'H3'		2	2	4	0.00368158	5.88666667	0.39	0.00021275	0.0006104	0.00046477	-5.4362E-05	0.00068557	-0.00148289	-0.00018591	-0.00122013	-0.00045403	-0.0001557	3.75
C3-T35-R3h3 'C3'	'T2'	'H3'		3	2	4	0.00462338	5.68	0.46	1.30E-05	7.50E-04	2.53E-04	9.04E-05	5.38E-04	-1.12E-03	-1.47E-04	-5.47E-04	-2.02E-04	3.00E-04	5
C1-T35-R3h4 'C1'	'T2'	'H4'		1	2	5	0.10973296	5.23333333	0.53	0.00017696	0.00065213	0.00034295	-0.0001906	0.00055906	-0.00147606	1.1186E-06	-0.00131745	-0.00024609	-0.00030447	3.875
C2-T35-R3h4 'C2'	'T2'	'H4'		2	2	5	0.26335911	5.30666667	0.53	6.9799E-05	0.00096711	0.00035414	-0.00010179	0.00058255	-0.00150067	-0.00015928	-0.00108949	-0.00037875	-0.00018322	2.5
C3-T35-R3h4 'C3'	'T2'	'H4'		3	2	5	0.36211878	5.24333333	0.495	4.74E-05	7.03E-04	2.75E-04	5.03E-05	5.39E-04	-1.13E-03	-1.74E-04	-6.07E-04	-2.29E-04	2.69E-04	4.5
C1-T35-R3h5 'C1'	'T2'	'H5'		1	2	6	0.35114548	4.85	0.54	0.0002302	0.00059709	0.00033624	-0.00015638	0.00054385	-0.00144094	-1.8345E-05	-0.00128255	-0.0002396	-0.00028949	2
C2-T35-R3h5 'C2'	'T2'	'H5'		2	2	6	0.38406537	4.86	0.61	1.06E-04	8.17E-04	3.79E-04	-1.43E-05	6.23E-04	-1.46E-03	-1.18E-04	-1.15E-03	-3.77E-04	-1.30E-04	2.375
C3-T35-R3h5 'C3'	'T2'	'H5'		3	2	6	0.41698526	4.89333333	0.56	4.21E-05	8.38E-04	2.53E-04	1.41E-04	4.99E-04	-9.93E-04	-2.19E-04	-4.25E-04	-3.21E-04	3.37E-04	1
C1-T35-R3h6 'C1'	'T2'	'H6'		1	2	7	0.36211878	4.62333333	0.65	0.00016477	0.00074732	0.00022987	-6.4765E-05	0.00039698	-0.00115403	-2.953E-05	-0.00099698	-0.00019295	-0.00020537	3
C2-T35-R3h6 'C2'	'T2'	'H6'		2	2	7	0.41698526	4.63	0.63	-8.88E-05	9.02E-04	8.88E-05	1.25E-05	2.						

DIFERENCIA ENTRE TEMPERATURAS CULTIVO 1

Muestra	label cultivo	label temperatura	label hora	clases cultivo	Clase Temp	clase tiempo	V	PH	AC	W1C	W5S	W3C	W6S	W5C	W1S	W1W	W2S	W2W	W3S	PS	
				'clases cultivo'	'Clase Temp'	'clase tiempo'	'V'	'PH'	'AC'	'W1C'	'W5S'	'W3C'	'W6S'	'W5C'	'W1S'	'W1W'	'W2S'	'W2W'	'W3S'	'PS'	
C1-T45-R3h0 'C1-T45-R3h 'C1'	'T1'	'H0'			1	1	1	0.003224948	6.68666667	0.19	-4.70E-06	8.27E-04	2.35E-04	3.78E-05	5.32E-04	-1.04E-03	-2.36E-04	-3.33E-04	-3.30E-04	2	
C1-T35-R3h0 'C1-T35-R3h 'C1'	'T2'	'H0'			1	2	1	0.00356742	6.85333333	0.16	-0.00053602	0.0016481	-0.00053065	-8.2327E-05	-0.00039866	0.00044519	3.6242E-05	0.00027852	0.00014855	-4.7651E-05	0.25
C1-T45-R3h1 'C1-T45-R3h1 'C1'	'T1'	'H1'			1	1	2	0.00359596	6.19333333	0.29	2.24E-07	6.51E-04	3.43E-04	5.77E-05	6.18E-04	-1.22E-03	-2.97E-04	-6.27E-04	-4.20E-04	2.86E-04	1
C1-T35-R3h1 'C1-T35-R3h1 'C1'	'T2'	'H1'			1	2	2	0.003424723	6.80333333	0.185	-0.000483	0.00158076	-0.00048993	1.7226E-05	-0.00037226	0.0003962	2.17E-05	0.00024497	0.00011051	-5.1454E-05	1.125
C1-T45-R3h2 'C1-T45-R3h2 'C1'	'T1'	'H2'			1	1	3	0.28164794	5.34333333	0.43	1.59E-04	6.77E-04	1.06E-04	6.03E-04	-1.27E-03	-2.51E-04	-6.34E-04	-3.90E-04	3.21E-04	2	
C1-T35-R3h2 'C1-T35-R3h2 'C1'	'T2'	'H2'			1	2	3	0.003224948	6.37333333	0.255	-0.00039508	0.00137271	-0.00038277	-0.00026063	-0.00023669	-0.00014541	1.409E-05	-0.00012394	6.085E-05	-6.3758E-05	1.5
C1-T45-R3h3 'C1-T45-R3h3 'C1'	'T1'	'H3'			1	1	4	0.629135658	4.87333333	0.55	1.30E-05	7.50E-04	2.53E-04	9.04E-05	5.38E-04	-1.12E-03	-1.47E-04	-5.47E-04	-2.02E-04	3.00E-04	3.5
C1-T35-R3h3 'C1-T35-R3h3 'C1'	'T2'	'H3'			1	2	4	0.003253487	5.73333333	0.4	-0.00053736	0.00174362	-0.00054743	-0.00016846	-0.0004311	0.00030716	2.3714E-05	0.00028849	0.00016622	-4.4519E-05	4.5
C1-T45-R3h4 'C1-T45-R3h4 'C1'	'T1'	'H4'			1	1	5	1.05346451	4.79333333	0.57	4.74E-05	7.03E-04	2.75E-04	5.03E-05	5.39E-04	-1.13E-03	-1.74E-04	-6.07E-04	-2.29E-04	2.69E-04	3
C1-T35-R3h4 'C1-T35-R3h4 'C1'	'T2'	'H4'			1	2	5	0.109732964	5.23333333	0.53	-0.00033758	0.00173523	-0.00029599	-0.00027752	-0.00013591	-0.00030436	2.5839E-05	0.00020034	4.5302E-05	-5.0336E-05	3.875
C1-T45-R3h5 'C1-T45-R3h5 'C1'	'T1'	'H5'			1	1	6	1.371662046	4.63666667	0.59	4.21E-05	8.38E-04	2.53E-04	1.41E-04	4.99E-04	-9.93E-04	-2.19E-04	-4.25E-04	-3.21E-04	3.37E-04	4
C1-T35-R3h5 'C1-T35-R3h5 'C1'	'T2'	'H5'			1	2	6	0.354803249	4.85333333	0.54	-4.23E-04	1.58E-03	-3.83E-04	-3.99E-04	-2.32E-04	-2.52E-04	3.60E-05	-1.53E-04	1.20E-04	-1.15E-04	2
C1-T45-R3h6 'C1-T45-R3h6 'C1'	'T1'	'H6'			1	1	7	1.426528528	4.62	0.63	-1.02E-04	1.29E-03	-7.08E-05	1.57E-04	1.13E-04	-2.46E-04	-1.23E-04	1.59E-04	-1.07E-04	3.51E-04	3.5
C1-T35-R3h6 'C1-T35-R3h6 'C1'	'T2'	'H6'			1	2	7	0.36211878	4.62333333	0.65	-0.00034094	0.00153915	-0.00034855	0.00014765	-0.00020246	9.396E-06	1.8345E-05	-4.6532E-05	8.6577E-05	-8.4564E-05	3
C1-T45-R3h7 'C1-T45-R3h7 'C1'	'T1'	'H7'			1	1	8	1.48871054	4.57	0.68	-1.78E-04	1.41E-03	-2.22E-04	1.47E-04	-1.95E-05	-1.34E-04	-5.03E-05	2.99E-04	2.85E-05	3.39E-04	3
C1-T35-R3h7 'C1-T35-R3h7 'C1'	'T2'	'H7'			1	2	8	0.493798236	4.50666667	0.69	-0.00025615	0.00146756	-0.00035794	4.7204E-05	-0.00021074	-5.7047E-05	5.6152E-05	-0.00015615	0.00013647	-0.00015414	2.625
C1-T45-R3h8 'C1-T45-R3h8 'C1'	'T1'	'H8'			1	1	9	1.539919257	4.54333333	0.68	-2.01E-05	1.06E-03	6.87E-05	8.95E-06	3.14E-04	-7.45E-04	-7.65E-05	-2.85E-04	-1.38E-04	2.95E-04	3
C1-T35-R3h8 'C1-T35-R3h8 'C1'	'T2'	'H8'			1	2	9	0.493798336	4.42666667	0.7	-0.0002237	0.00130492	-0.00022461	-0.00019396	-5.8389E-05	-0.00044519	2.7517E-05	-0.00038345	5.123E-05	-0.00010828	3.625

DIFERENCIA ENTRE TEMPERATURAS CULTIVO 2

Muestra	label cultivo	label temperatura	label hora	clases cultivo	Clase Temp	clase tiempo	VISCOSIDAD	PH	ACIDEZ	W1C	W5S	W3C	W6S	W5C	W1S	W1W	W2S	W2W	W3S	PS	
				'clases cultivo'	'Clase Temp'	'clase tiempo'														Panel	
C2-T45-R3h0 'C2'	'T1'	'H0'			1	1	1	0.003196409	6.69	0.18	-0.00015056	0.00104228	7.6734E-05	-5.4139E-05	0.000333758	-0.00103937	-6.0403E-05	-0.00089105	-0.00020537	-8.1655E-05	1
C2-T35-R3h0 'C2'	'T2'	'H0'			1	2	1	0.002654161	6.83	0.16	0.00010872	0.00078166	0.00012394	9.0828E-05	0.00031879	-0.00072125	-0.00019329	-0.00036488	-0.00024877	0.00019732	0
C2-T45-R3h1 'C2'	'T1'	'H1'			1	1	2	0.003710117	6.66666667	0.225	1.5101E-05	0.000111309	0.00024128	-0.00014564	0.00053624	-0.00153087	-0.00013926	-0.00113221	-0.00035805	-0.00015034	1
C2-T35-R3h1 'C2'	'T2'	'H1'			1	2	2	0.00339105	6.78333333	0.175	0.00048121	0.00052315	0.00009906	0.00021644	0.00072282	-0.00112483	-0.00015537	-0.00065805	-0.00036577	0.00017416	1
C2-T45-R3h2 'C2'	'T1'	'H2'			1	1	3	0.003852814	5.56	0.51	1.387E-05	0.00042394	0.00025481	1.566E-05	0.00049911	-0.0014362	-0.00013065	-0.00107472	-0.00028568	-0.00015414	1
C2-T35-R3h2 'C2'	'T2'	'H2'			1	2	3	0.00359596	6.50333333	0.25	6.1969E-05	0.00106174	0.00010358	-3.3557E-06	0.00032864	-0.00089396	-0.00019262	-0.0004443	-0.00028725	0.00019821	2
C2-T45-R3h3 'C2'	'T1'	'H3'			1	1	4	0.223123693	5.16	0.555	0.00021275	0.0006104	0.00046477	-5.4362E-05	0.00068557	-0.00148289	-0.00018591	-0.0012013	-0.00045403	-0.0001557	2
C2-T35-R3h3 'C2'	'T2'	'H3'			1	2	4	0.003681578	5.88666667	0.39	-0.00011051	0.00128523	3.0425E-05	-6.7114E-06	0.00026644	-0.00075861	-0.00019105	-0.00029036	-0.00028725	0.0002264	3.75
C2-T45-R3h4 'C2'	'T1'	'H4'			1	1	5	0.691317671	4.8	0.57	6.9799E-05	0.00096711	0.00035414	0.00010179	0.00058255	-0.00050067	-0.00015928	-0.00108949	-0.00037875	-0.00018322	3
C2-T35-R3h4 'C2'	'T2'	'H4'			1	2	5	0.427958558	5.13	0.5575	-0.00010112	0.00130828	-3.6465E-05	0.00001472	0.00015034	-0.00040582	-0.00017673	-0.00018233	-0.00023781	0.00020224	2.5
C2-T45-R3h5 'C2'	'T1'	'H5'			1	1	6	0.921756895	4.60333333	0.64	1.06E-04	8.17E-04	3.79E-04	-1.43E-05	6.23E-04	-1.46E-03	-1.18E-04	-1.15E-03	-3.77E-04	-1.30E-04	3
C2-T35-R3h5 'C2'	'T2'	'H5'			1	2	6	0.384065373	4.86	0.61	-4.877E-05	0.00112908	5.4586E-05	3.0872E-05	0.00010716	-0.00053557	-0.00015168	-0.00021924	-0.00017047	0.00015861	2.375
C2-T45-R3h6 'C2'	'T1'	'H6'			1	1	7	0.932730191	4.66666667	0.65	-8.88E-05	9.02E-04	8.88E-05	1.25E-05	2.97E-04	-1.02E-03	-9.57E-05	-7.75E-04	-2.35E-04	-1.28E-04	2
C2-T35-R3h6 'C2'	'T2'	'H6'			1	2	7	0.416985262	4.63	0.63	0.00024474	0.00085615	0.00028434	-3.8031E-06	0.00045906	-0.00094004	-0.0001302	-0.00051812	-0.00026286	0.00015459	2.875
C2-T45-R3h7 'C2'	'T1'	'H7'			1	1	8	1.049778686	4.63	0.67	-6.8456E-05	0.00146957	-3.4004E-05	4.698E-06	0.00011991	-0.0005915	-6.3982E-05	-0.00054765	-0.00018143	-0.00012729	3.5
C2-T35-R3h7 'C2'	'T2'	'H7'			1	2	8	0.548664818	4.56	0.67	-9.396E-06	0.00091057	8.2774E-05	2.3043E-05	0.00026711	-0.00068635	-0.00016779	-0.00032573	-0.00021588	0.00017696	3.25
C2-T45-R3h8 'C2'	'T1'	'H8'			1	1	9	0.968393404	4.525	0.7025	7.4497E-05	0.00106376	0.00015906	-7.0917E-05	0.00032483	-0.00089978	-0.00011029	-0.00075481	-0.00027472	-0.00014743	2
C2-T35-R3h8 'C2'	'T2'	'H8'			1	2	9	0.680344375	4.48666667	0.68	6.1521E-05	0.00086152	0.0001528	4.0492E-05	0.00031365	-0.00077383	-0.00015794	-0.0003953	-0.00025436	0.00017248	3.625

DIFERENCIA ENTRE TEMPERATURAS CULTIVO 3

Muestra	label cultivo	label temperatura	label hora	clases cultivo	Clase Temp	clase tiempo	V	PH	AC	W1C	W5S	W3C	W6S	W5C	W1S	W1W	W2S	W2W	W3S	PS	
				'clases cultivo'	'Clase Temp'	'clase tiempo'	'V'	'PH'	'AC'											Panel	
C3-T45-R3h0 'C3'	'T1'	'H0'			1	1	1	0.00325349	6.75	0.18	0.00013121	0.00050738	0.00032349	1.3087E-05	0.00055537	-0.00141711	8.7248E-06	-0.0012745	-0.00019698	-0.00029866	1
C3-T35-R3h0 'C3'	'T2'	'H0'			1	2	1	0.0037672	6.94	0.155	0.0005443	0.00053378	0.00072215	9.0604E-05	0.00096264	-0.00165727	-0.00010783	-0.00106711	-0.00035884	7.5839E-05	2.5
C3-T45-R3h1 'C3'	'T1'	'H1'			1	1	2	0.00336764	6.65	0.2	2.3714E-05	0.00061012	0.00019933	-0.00015705	0.00040336	-0.00126913	-1.3199E-05	-0.00122841	-0.00016846	-0.00033691	0.5
C3-T35-R3h1 'C3'	'T2'	'H1'			1	2	2	0.00410967	6.80666667	0.175	0.00049463	0.00041074	0.00069295	0.00010067	0.00095302	-0.00162819	-0.00010906	-0.00107148	-0.00034933	7.2819E-05	0.5
C3-T45-R3h2 'C3'	'T1'	'H2'			1	1	3	0.00690653	5.44666667	0.47	7.0917E-05	0.00059754	0.00022573	-0.00023266	0.00042685	-0.00140291	6.7114E-07	-0.00129463	-0.00015436	-0.00032282	2
C3-T35-R3h2 'C3'	'T2'	'H2'			1	2	3	0.14299178	5.87	0.34	0.0003349	0.00020268	0.00062081	-0.00011879	0.00093893	-0.00184497	-2.0134E-06	-0.00145436	-0.00015168	-8.7919E-05	1
C3-T45-R3h3 'C3'	'T1'	'H3'			1	1	4	0.55963811	4.76	0.49	0.00018166	0.0006047	0.00030872	-0.00021879	0.00052304	-0.00142081	2.3043E-05	-0.00132013	-0.00018479	-0.00032103	3
C3-T35-R3h3 'C3'	'T2'	'H3'			1	2	4	0.00462338	5.68	0.46	0.00055101	0.00071104	0.00072919	-0.00031477	0.000						

DIFERENCIA ENTRE TIEMPOS CULTIVO 1 TEMPERATURA 35°C

Muestra	label cultivo	label tempe	label hora	dases cultivi	Clase Temp	dase tiempo	V	PH	AC	W1C	W5S	W3C	W6S	WSC	W1S	W1W	W2S	W2W	W3S	PS
				'dases cultivi'	'Clase Temp'	'dase tiempo'	'V'	PH	AC	W1C	W5S	W3C	W6S	WSC	W1S	W1W	W2S	W2W	W3S	PS
C1-T35-R3h0	'C1'	'T2'	'H0'	1	2	1	0.00356742	6.85333333	0.16	-0.00207005	0.00077752	-9.9329E-05	-0.00011577	6.7114E-05	-0.00081443	-4.698E-06	-0.0008453	-4.5302E-05	-0.00039006	0.25
C1-T35-R3h1	'C1'	'T2'	'H1'	1	2	2	0.00342472	6.80333333	0.185	2.3714E-05	0.00060112	0.00019933	-0.00015705	0.00040336	-0.00126913	-1.3199E-05	-0.00122841	-0.00016846	-0.00036911	1.125
C1-T35-R3h2	'C1'	'T2'	'H2'	1	2	3	0.00322495	6.37333333	0.255	7.0917E-05	0.00059754	0.00022573	-0.00023266	0.00042685	-0.00140291	6.7114E-07	-0.00129463	-0.00015436	-0.00032282	1.5
C1-T35-R3h3	'C1'	'T2'	'H3'	1	2	4	0.00325349	5.73333333	0.4	0.00018166	0.0006047	0.00030872	-0.00021879	0.00052304	-0.00142081	2.3043E-06	-0.00032013	-0.00018479	-0.00032103	4.5
C1-T35-R3h4	'C1'	'T2'	'H4'	1	2	5	0.00973296	5.23333333	0.53	0.00017696	0.00052123	0.00034295	-0.00019096	0.00055906	-0.00147606	1.1188E-06	-0.00131745	-0.00024609	-0.00030447	3.875
C1-T35-R3h5	'C1'	'T2'	'H5'	1	2	6	0.35663213	4.855	0.54	0.0002302	0.00059709	0.00033624	-0.00015638	0.00054385	-0.00144094	-1.8345E-06	-0.00022855	-0.00023996	-0.00028949	2
C1-T35-R3h6	'C1'	'T2'	'H6'	1	2	7	0.36211878	4.62333333	0.65	1.221E-04	7.33E-04	2.33E-04	-6.09E-05	4.48E-04	-1.26E-03	-1.23E-05	-1.14E-03	-1.99E-04	-2.56E-04	3
C1-T35-R3h7	'C1'	'T2'	'H7'	1	2	8	0.49379834	4.50666667	0.69	2.16E-04	6.62E-04	3.58E-04	2.13E-05	5.57E-04	-1.35E-03	1.30E-05	-1.15E-03	-2.24E-04	-2.07E-04	2.625
C1-T35-R3h8	'C1'	'T2'	'H8'	1	2	9	0.49379834	4.42666667	0.7	0.00022394	0.00060603	0.00037047	-0.00012595	0.00056667	-0.00142617	-1.8568E-05	-0.00122506	-0.00023736	-0.00024385	3.625

DIFERENCIA ENTRE TIEMPOS CULTIVO 1 TEMPERATURA 45°C

Muestra	label cultivo	label tempe	label hora	dases cultivi	Clase Temp	dase tiempo	V	PH	ACIDEZ	W1C	W5S	W3C	W6S	WSC	W1S	W1W	W2S	W2W	W3S	PS
				'dases cultivi'	'Clase Temp'	'dase tiempo'	'V'	PH	ACIDEZ	W1C	W5S	W3C	W6S	WSC	W1S	W1W	W2S	W2W	W3S	PS
C1-T45-R3h0	'C1'	'T1'	'H0'	1	1	1	0.00322495	6.66666667	0.19	0.0005443	0.00053378	0.00072215	9.0604E-05	0.00096264	-0.00165727	-0.00010783	-0.00106711	-0.00035884	7.5839E-05	2
C1-T45-R3h1	'C1'	'T1'	'H1'	1	1	2	0.00359596	6.19333333	0.29	0.00049463	0.00041074	0.00069295	0.00010067	0.00095302	-0.00162819	-0.00010906	-0.00107148	-0.00033154	7.2819E-05	1
C1-T45-R3h2	'C1'	'T1'	'H2'	1	1	3	0.28164794	5.34333333	0.43	0.00052998	0.00049586	0.00065705	4.3624E-05	0.00088367	-0.00154385	-8.3893E-06	-0.00099803	-0.00033154	6.4656E-05	2
C1-T45-R3h3	'C1'	'T1'	'H3'	1	1	4	0.62913566	4.87333333	0.55	0.00051101	0.0007104	0.00072919	-0.00031477	0.00067645	-0.00193289	-0.00010906	-0.00122887	-0.00037081	4.5638E-05	3.5
C1-T45-R3h4	'C1'	'T1'	'H4'	1	1	5	0.943645	4.79333333	0.57	0.00028277	0.00090649	0.00043199	-0.00021203	0.00064609	-0.00134139	-0.00013781	-0.00077226	-0.00031365	2.9306E-05	3
C1-T45-R3h5	'C1'	'T1'	'H5'	1	1	6	1.37162025	4.645	0.59	0.00052919	0.00051779	0.00073356	1.8792E-05	0.00095705	-0.00172249	-9.1611E-05	-0.0011651	-0.00036577	5.6711E-05	4
C1-T45-R3h6	'C1'	'T1'	'H6'	1	1	7	1.42552853	4.62	0.63	0.00051544	0.00069843	0.00055101	7.1588E-06	0.00089219	-0.00182107	-0.00014855	-0.00010112	-0.00042637	3.2886E-05	3.5
C1-T45-R3h7	'C1'	'T1'	'H7'	1	1	8	1.48871054	4.57	0.68	0.00052215	0.00062654	0.00064206	-4.9217E-05	0.00085302	-0.00159396	-0.00013781	-0.00014452	-0.00039016	3.6456E-05	3
C1-T45-R3h8	'C1'	'T1'	'H8'	1	1	9	1.53991926	4.54333333	0.68	5.17E-04	5.38E-04	6.62E-04	1.63E-05	8.61E-04	-1.54E-03	-1.37E-04	-1.08E-03	-3.91E-04	5.82E-06	3

DIFERENCIA ENTRE TIEMPOS CULTIVO 2 TEMPERATURA 35°C

Muestra	label cultivo	label tempe	label hora	dases cultivi	Clase Temp	dase tiempo	V	PH	ACIDEZ	W1C	W5S	W3C	W6S	WSC	W1S	W1W	W2S	W2W	W3S	PS
				'dases cultivi'	'Clase Temp'	'dase tiempo'	'V'	PH	ACIDEZ	W1C	W5S	W3C	W6S	WSC	W1S	W1W	W2S	W2W	W3S	PS
C2-T35-R3h0	'C2'	'T2'	'H0'	2	2	1	0.00265416	6.83	0.16	-2.52E-05	8.29E-04	1.92E-04	-1.02E-04	4.26E-04	-1.26E-03	-7.68E-05	-1.11E-03	-2.52E-04	-1.82E-04	0
C2-T35-R3h1	'C2'	'T2'	'H1'	2	2	2	0.0033911	6.78333333	0.175	1.5101E-05	0.0011309	0.00024128	-0.00014564	0.00053624	-0.00153087	-0.00013926	-0.00113221	-0.00035805	-0.00015394	1
C2-T35-R3h2	'C2'	'T2'	'H2'	2	2	3	0.00310996	6.50333333	0.25	1.30E-05	0.0002394	0.00025401	1.566E-05	0.00099191	-0.00114262	-0.00013965	-0.00101472	-0.00036568	-0.00026514	1
C2-T35-R3h3	'C2'	'T2'	'H3'	2	2	4	0.00368158	5.88666667	0.39	0.00021275	0.00061004	0.00046477	-5.4832E-05	0.0008557	-0.00148289	-0.00018991	-0.00122103	-0.00045403	-0.00015577	3.75
C2-T35-R3h4	'C2'	'T2'	'H4'	2	2	5	0.26335911	5.30666667	0.53	6.9799E-05	0.00096711	0.00035414	-0.00010199	0.00058255	-0.00150067	-0.00019928	-0.00010849	-0.00037875	-0.00018322	2.5
C2-T35-R3h5	'C2'	'T2'	'H5'	2	2	6	0.38406537	4.86	0.61	1.06E-04	8.17E-04	3.79E-04	-1.43E-05	6.23E-04	-1.46E-03	-1.18E-04	-1.15E-03	-3.77E-04	-1.30E-04	2.375
C2-T35-R3h6	'C2'	'T2'	'H6'	2	2	7	0.41698526	4.64	0.63	-8.88E-05	9.02E-04	8.88E-05	1.25E-05	2.97E-04	-1.02E-03	-9.57E-05	-7.75E-04	-2.35E-04	-1.28E-04	2.875
C2-T35-R3h7	'C2'	'T2'	'H7'	2	2	8	0.54866482	4.56	0.67	-6.8456E-05	0.00146957	-3.4004E-05	4.698E-06	0.00011991	-0.0009915	-6.3982E-05	-0.00054765	-0.00018143	-0.00012729	3.25
C2-T35-R3h8	'C2'	'T2'	'H8'	2	2	9	0.68034437	4.48666667	0.68	7.4497E-05	0.00106376	0.00015906	-7.0917E-05	0.00032483	-0.00089978	-0.00010269	-0.00075481	-0.00027472	-0.00014743	3.625

DIFERENCIA ENTRE TIEMPOS CULTIVO 2 TEMPERATURA 45°C

Muestra	label cultivo	label tempe	label hora	dases cultivi	Clase Temp	dase tiempo	V	PH	ACIDEZ	W1C	W5S	W3C	W6S	WSC	W1S	W1W	W2S	W2W	W3S	PS
				'dases cultivi'	'Clase Temp'	'dase tiempo'	'V'	PH	ACIDEZ	W1C	W5S	W3C	W6S	WSC	W1S	W1W	W2S	W2W	W3S	PS
C2-T45-R3h0	'C2'	'T1'	'H0'	2	1	1	0.00319641	6.69	0.18	0.00010872	0.00078166	0.00012394	9.0828E-05	0.00031879	-0.00072125	-0.00019329	-0.00036488	-0.00024877	0.00019732	1
C2-T45-R3h1	'C2'	'T1'	'H1'	2	1	2	0.00371012	6.66666667	0.225	0.00048121	0.00052315	0.00059906	0.00021644	0.00072282	-0.00112483	-0.00015287	-0.00065805	-0.00036577	0.00017416	1
C2-T45-R3h2	'C2'	'T1'	'H2'	2	1	3	0.00388135	5.63333333	0.3	6.1969E-05	0.00106174	0.00010358	-3.357E-06	0.00032864	-0.00089396	-0.00019262	-0.00044443	-0.00028725	0.00019821	2
C2-T45-R3h3	'C2'	'T1'	'H3'	2	1	4	0.22312369	5.16	0.555	-0.00010551	0.00128523	3.0425E-05	-6.7144E-06	0.00026644	-0.00075861	-0.00019105	-0.00039306	-0.00028725	0.0002264	2
C2-T45-R3h4	'C2'	'T1'	'H4'	2	1	5	0.69680432	4.8	0.57	-0.00010112	0.00139828	-3.6465E-05	0.0001472	0.00015034	0.00045582	-0.00017673	-0.00012233	-0.00023781	0.00020224	3
C2-T45-R3h5	'C2'	'T1'	'H5'	2	1	6	0.92175689	4.60333333	0.64	-8.877E-05	0.00112908	-5.4568E-05	3.0872E-05	0.00010716	-0.00053557	-0.00015168	-0.00020194	-0.00017047	0.00015661	3
C2-T45-R3h6	'C2'	'T1'	'H6'	2	1	7	0.93273019	4.66666667	0.65	0.00024474	0.00085615	0.00028434	-3.8031E-06	0.00049506	-0.00054000	-0.00013302	-0.00013022	-0.00026286	0.00015459	2
C2-T45-R3h7	'C2'	'T1'	'H7'	2	1	8	1.04977869	4.63	0.67	-9.396E-06	0.00090157	8.2774E-05	2.3043E-05	0.00026711	-0.00068635	-0.00016779	-0.00032573	-0.00021588	0.00017696	3.5
C2-T45-R3h8	'C2'	'T1'	'H8'	2	1	9	1.06440975	4.53333333	0.71	6.1521E-05	0.00086152	0.0001528	0.0492E-05	0.00031365	-0.00077383	-0.00015794	-0.00039593	-0.00025436	0.00017248	2

DIFERENCIA ENTRE TIEMPOS CULTIVO 3 TEMPERATURA 35°C

Muestra	label cultivo	label tempe	label hora	dases cultivi	Clase Temp	dase tiempo	V	PH	ACIDEZ	W1C	W5S	W3C	W6S	WSC	W1S	W1W	W2S	W2W	W3S	PS
				'dases cultivi'	'Clase Temp'	'dase tiempo'	'V'	PH	ACIDEZ	W1C	W5S	W3C	W6S	WSC	W1S	W1W	W2S	W2W	W3S	PS
C3-T35-R3h0	'C3'	'T2'	'H0'	3	2	1	0.0037672	6.94	0.155	-4.70E-06	8.27E-04	2.35E-04	3.78E-05	5.32E-04	-1.04E-03	-2.36E-04	-4.63E-04	-3.33E-04	3.30E-04	2.5
C3-T35-R3h1	'C3'	'T2'	'H1'	3	2	2	0.00410967	6.806												

Anexo F. Prueba de Kruskal Wallis para diferenciar tiempos

C:\ Símbolo del sistema - statgraf

Kruskal-Wallis analysis of UIUIANA1.calificaci by UIUIANA1.tiempo

Level	Sample Size	Average Rank
0	30	64.7500
1	30	62.1000
2	30	97.8333
3	30	185.733
4	30	183.967
5	30	154.667
6	30	152.567
7	30	160.367
8	30	157.517

Test statistic = 91.6584 Significance level = 2.22045E-16

Anexo G. Prueba de Kruskal Wallis para diferenciar cultivos

C:\ Símbolo del sistema - statgraf

Kruskal-Wallis analysis of VIUIANA1.calificaci by VIUIANA1.cultivo

Level	Sample Size	Average Rank
1	90	144.039
2	90	131.572
3	90	130.889

Test statistic = 1.63384 Significance level = 0.441789

Anexo H. Prueba de Wilcoxon para diferenciar temperaturas

Comparison of Medians

Median of sample 1: 2.5

Median of sample 2: 2.375

Mann-Whitney (Wilcoxon) W test to compare medians

Null hypothesis: median1 = median2

Alt. hypothesis: median1 NE median2

Average rank of sample 1: 141.4

Average rank of sample 2: 129.6

W = 8316.0 P-value = 0.212387

The StatAdvisor

This option runs a Mann-Whitney W test to compare the two samples. This test is constructed by combining the two samples, sorting the data from smallest to largest, and computing the average ranks of the two samples in the combined data. If the P-value is greater than or equal to 0.05, there is no significant difference between the medians at the 95% level.

Anexo I. Figuras 8 y 9

Figura 8. Score Plot diferencias entre cultivos a 35°C

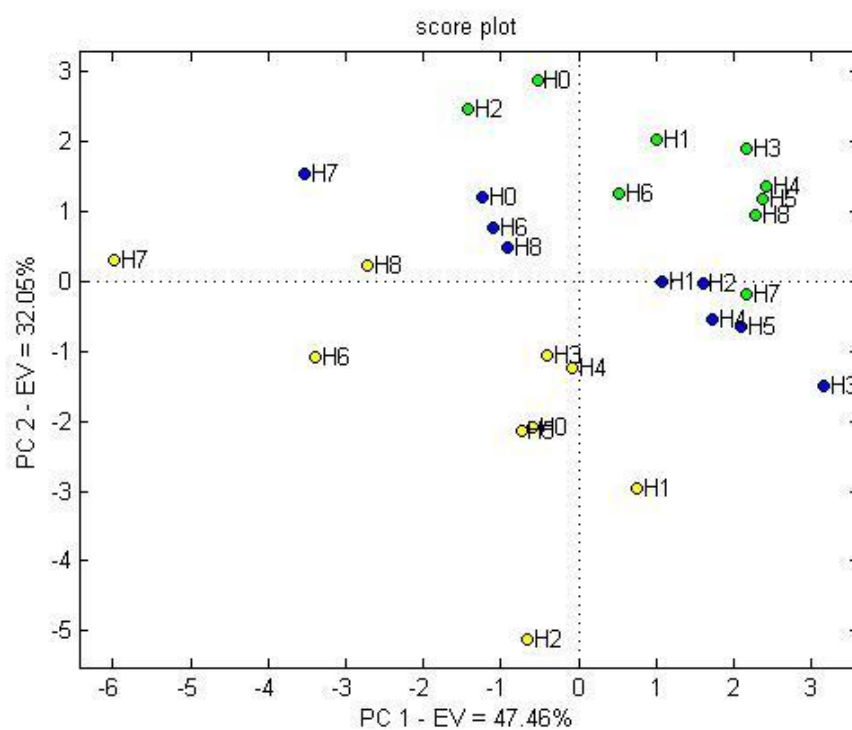
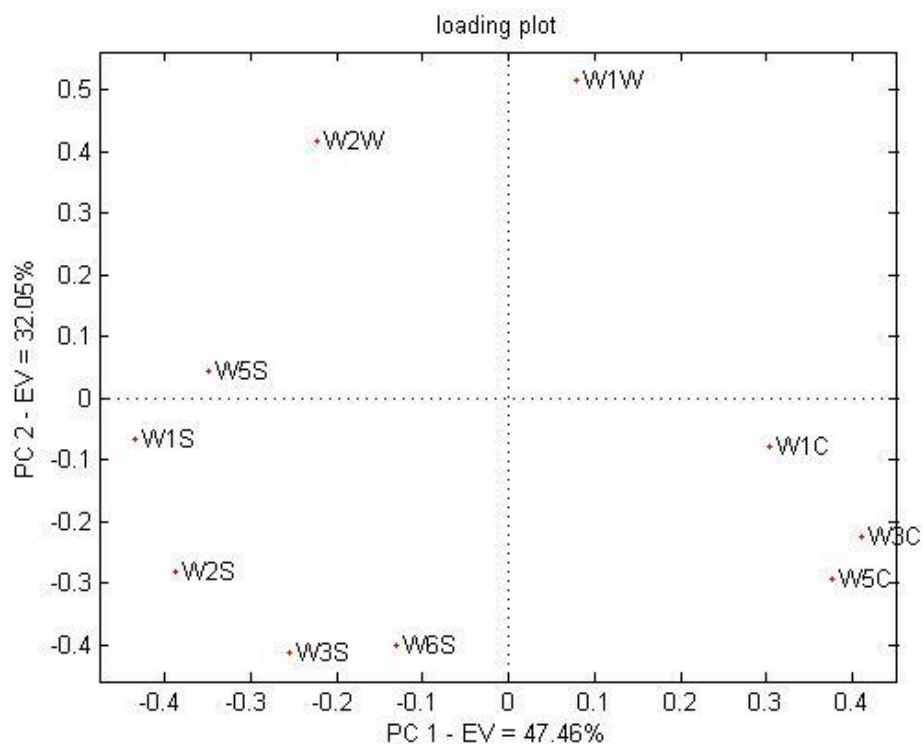


Figura 9. Loading Plot diferencias entre cultivos a 35°C



Anexo J. Figuras 14 y 15

Figura 14. *Score Plot* diferencias entre temperaturas cultivo 2

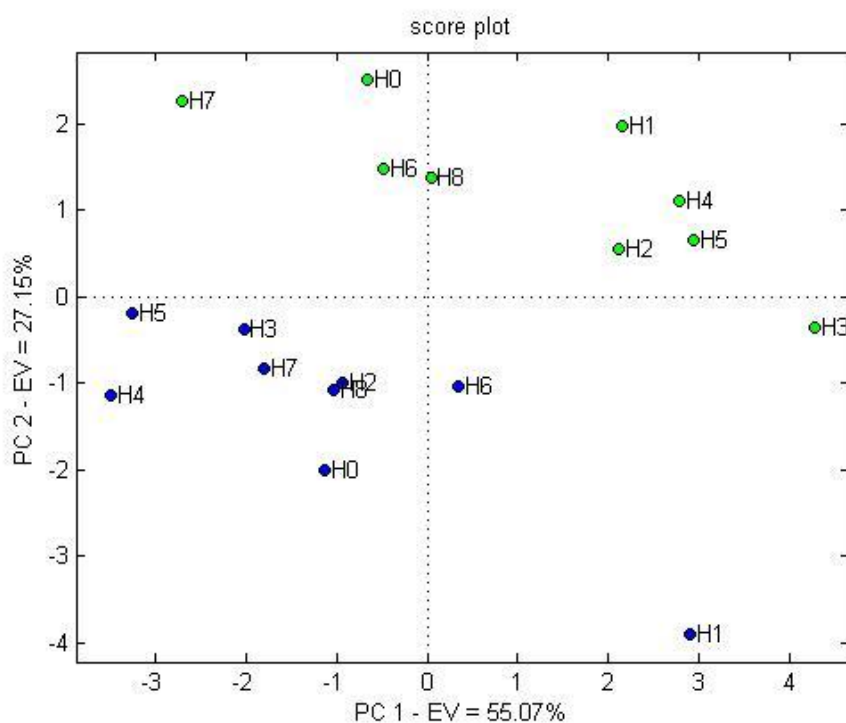
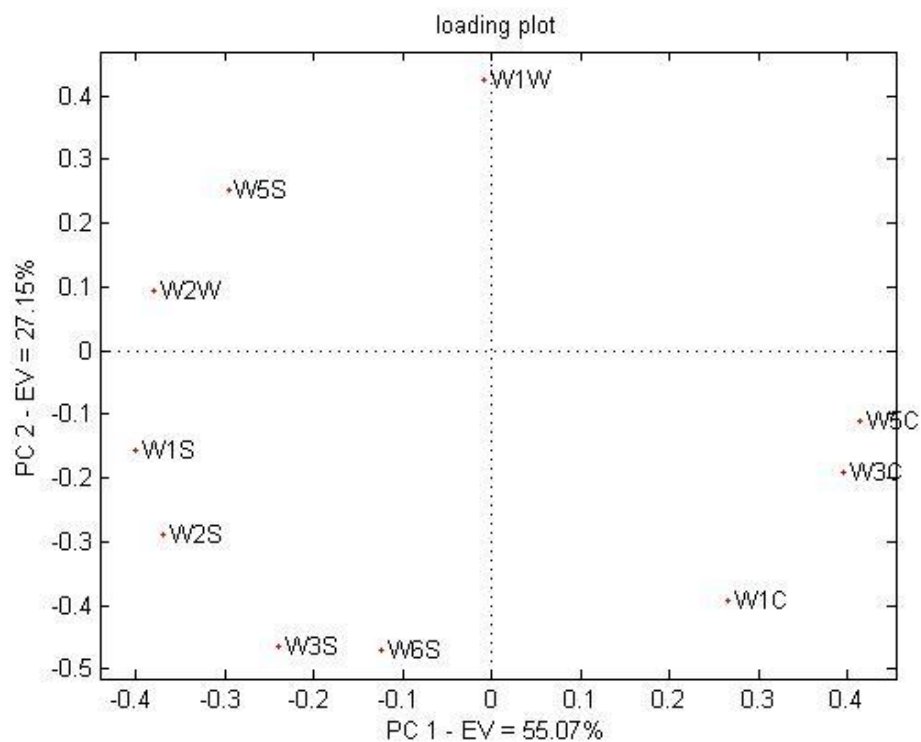


Figura 15. *Loading Plot* diferencias entre temperaturas cultivo 2



Anexo K. Figuras 16 y 17

Figura 16. Score Plot diferencias entre temperaturas cultivo 3

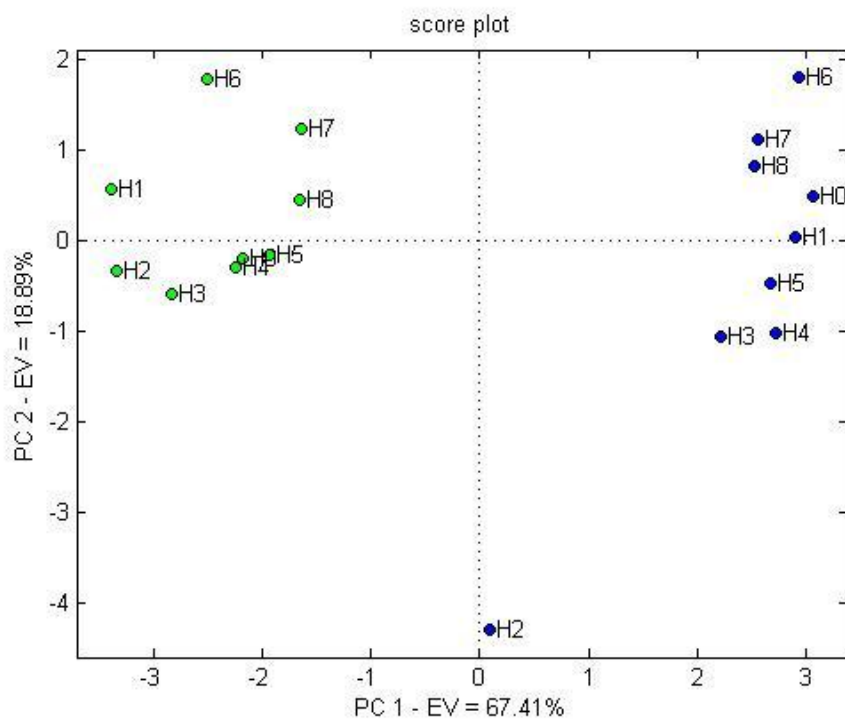
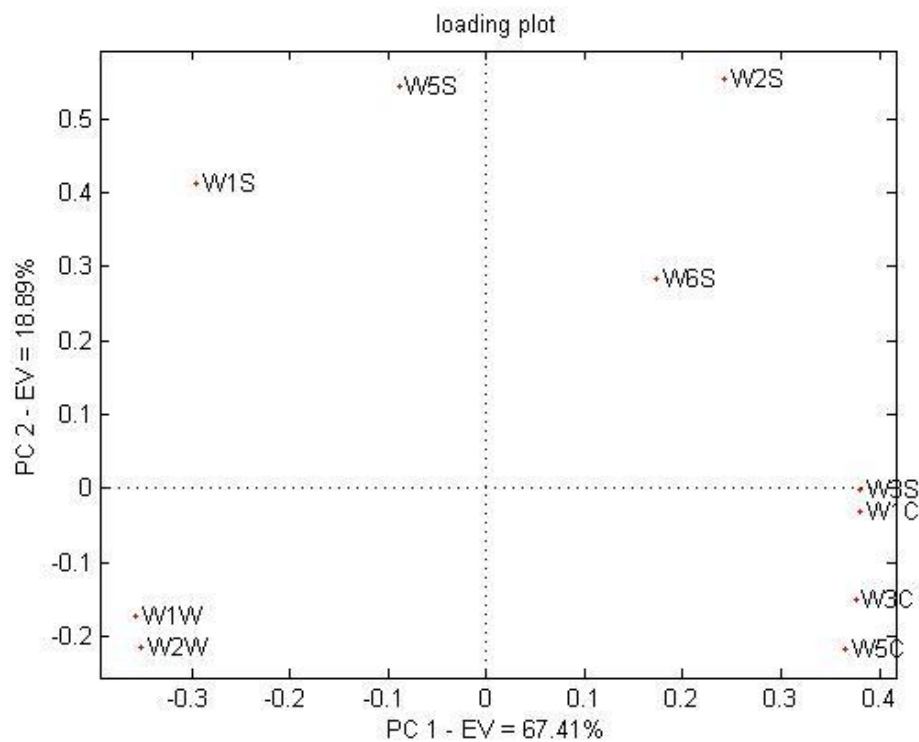


Figura 17. Loading Plot diferencias entre temperaturas cultivo 3



Anexo L. Figuras 20 a 23

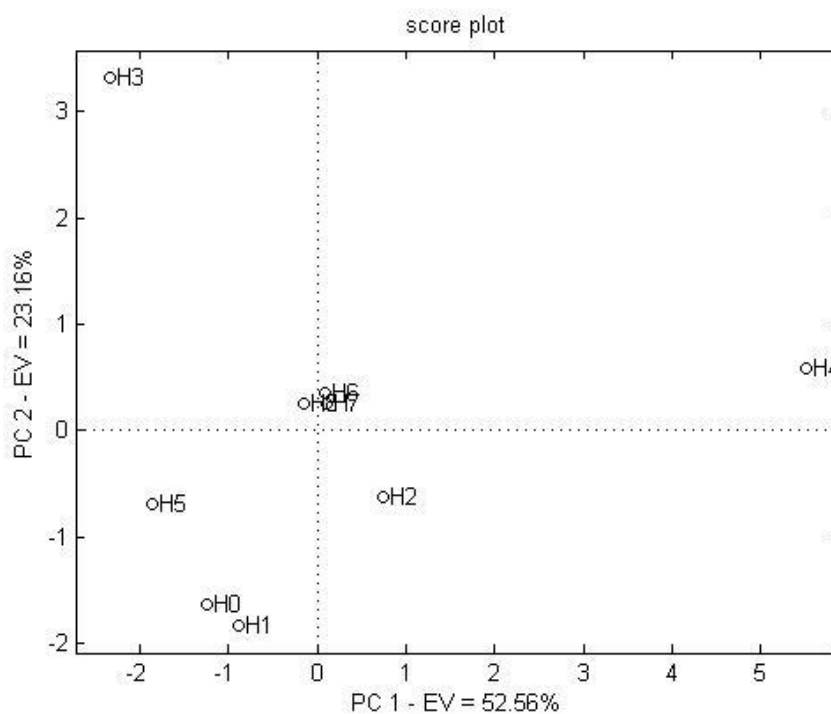
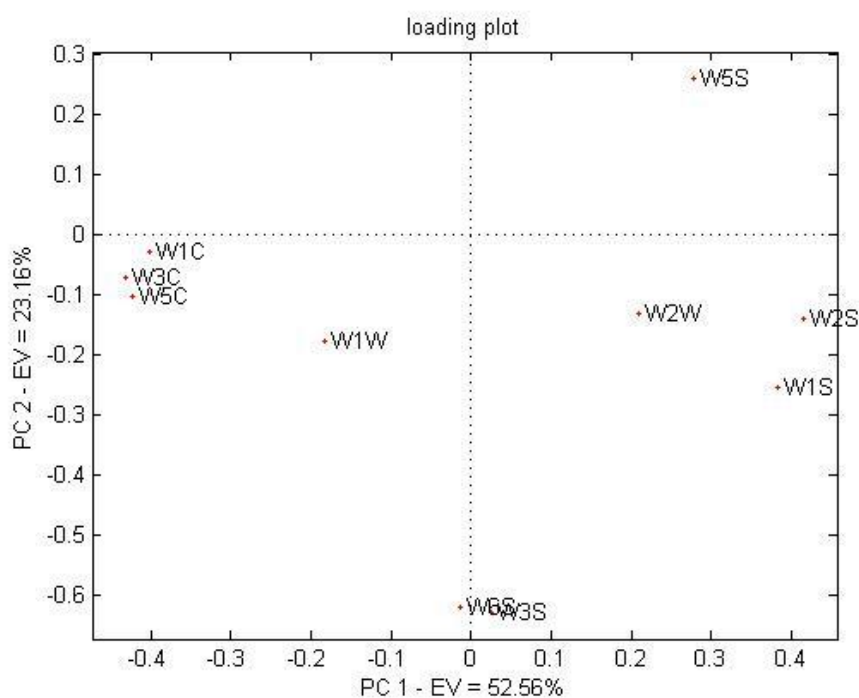
Figura 20. *Score Plot* diferencias entre tiempos cultivo 1 temperatura 45°C con los PC 1 y 2Figura 21. *Loading Plot* diferencias entre tiempos cultivo 1 temperatura 45°C con los PC 1 y 2

Figura 22. Score Plot diferencias entre tiempos cultivo 1 temperatura 45°C con los PC 1 y 3

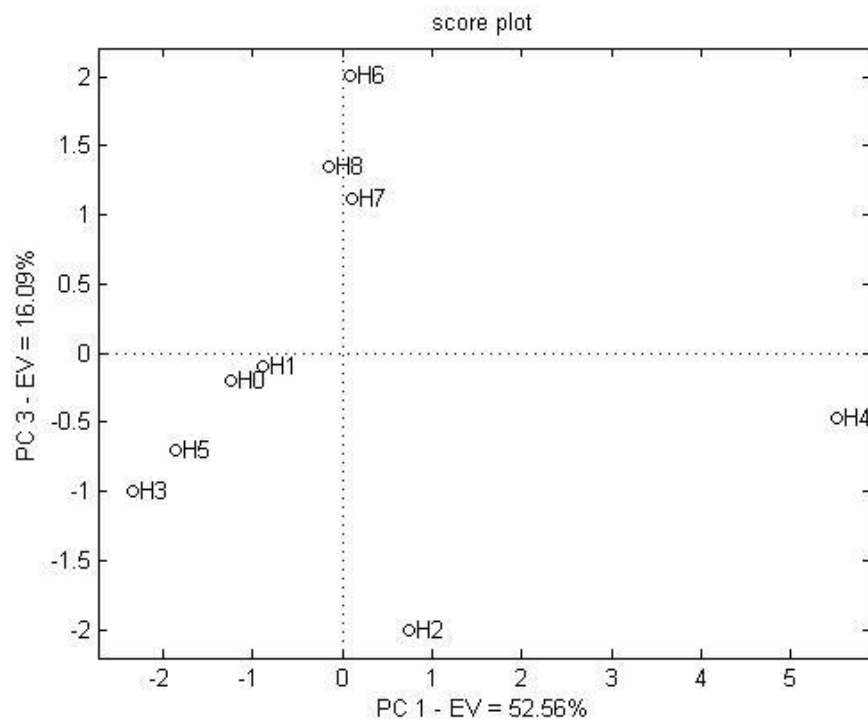
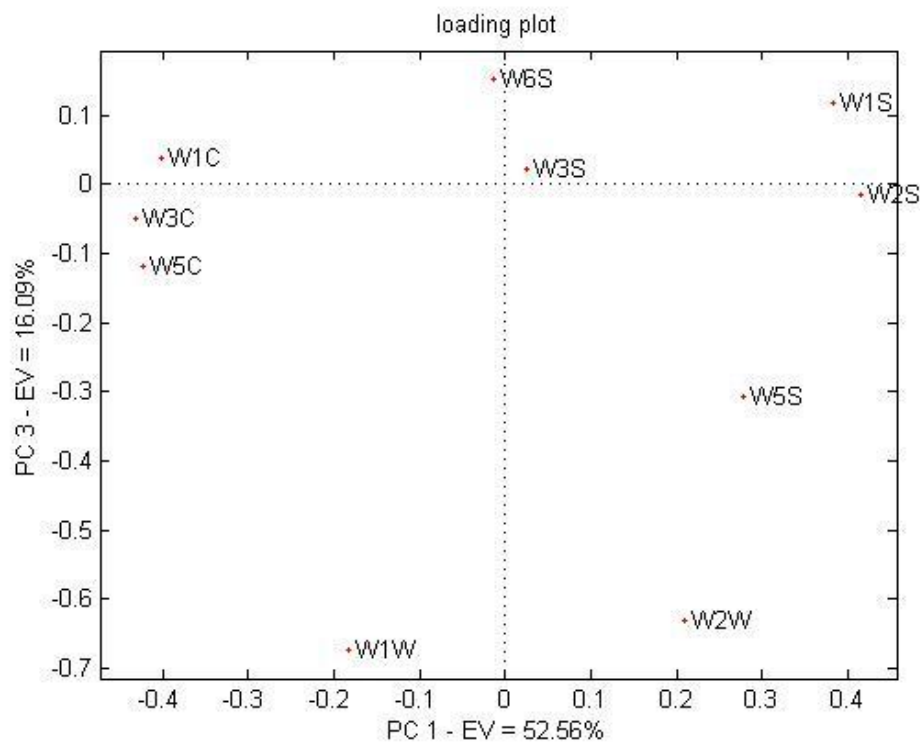
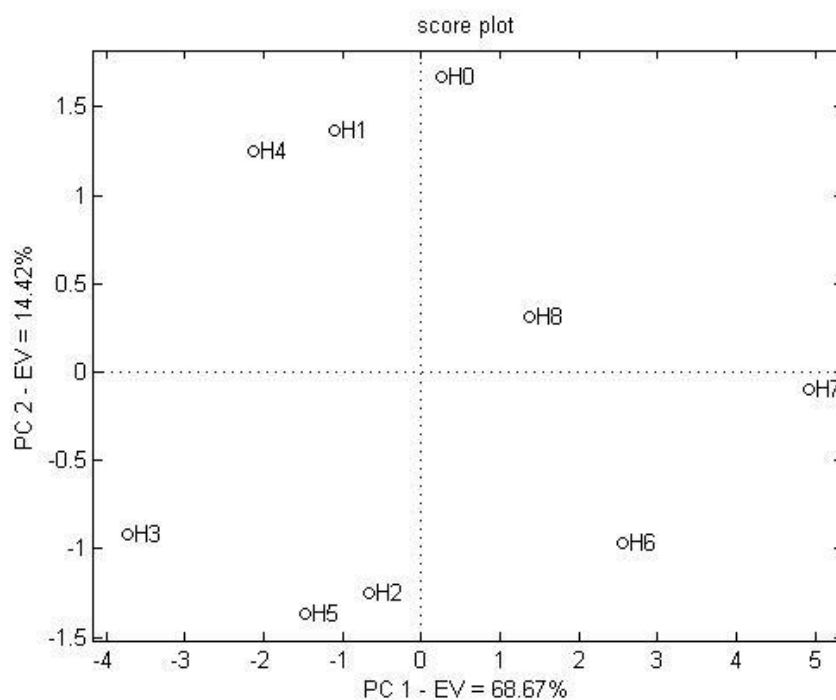
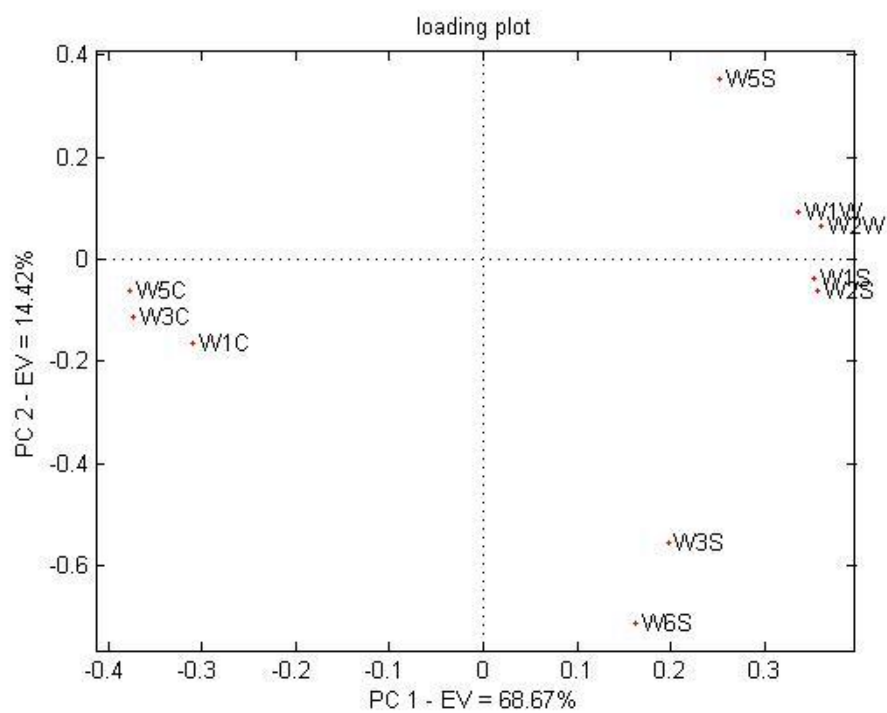


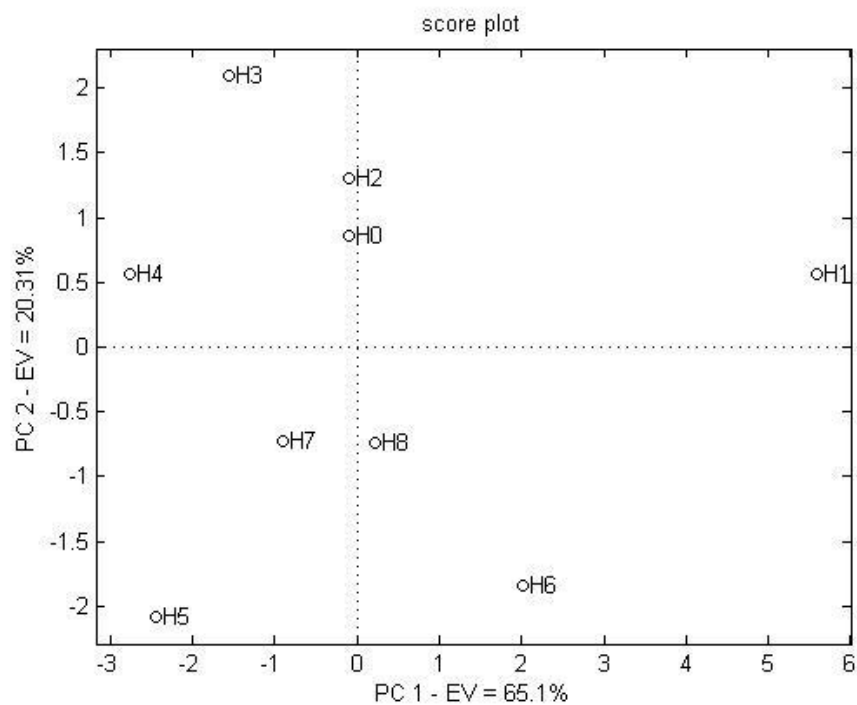
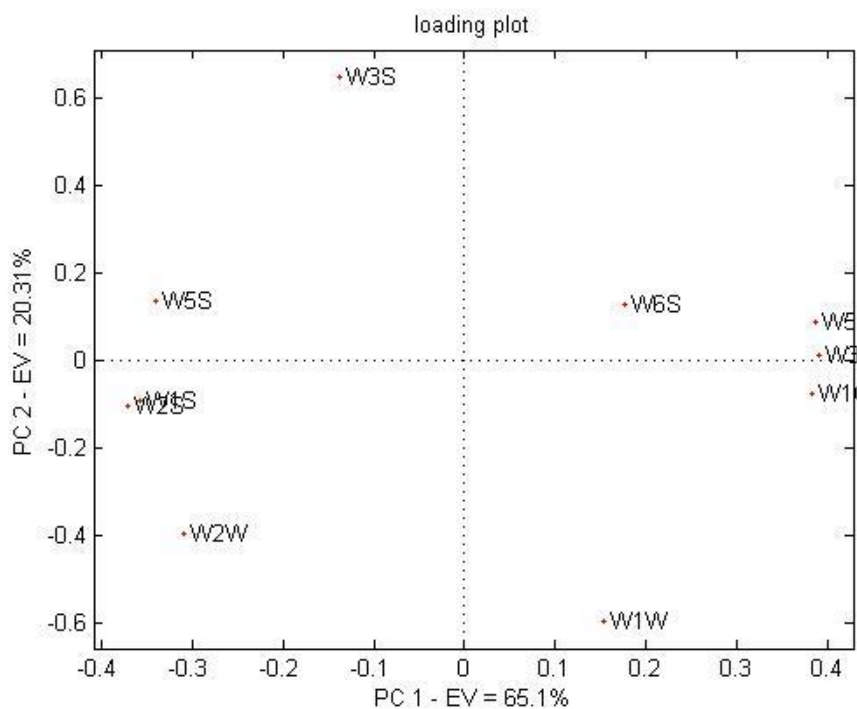
Figura 23. Loading Plot diferencias entre tiempos cultivo 1 temperatura 45°C con los PC 1 y 3



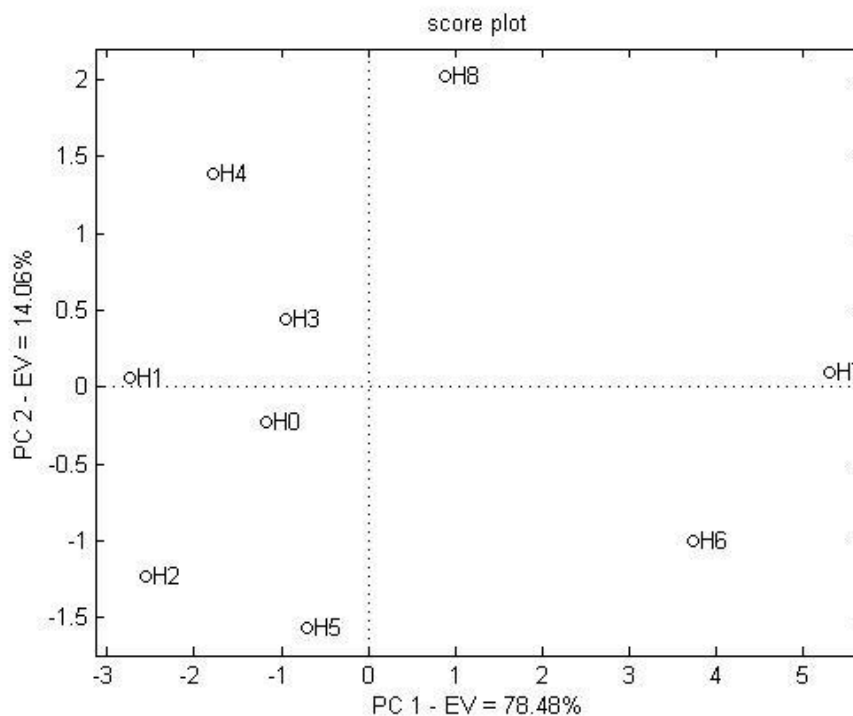
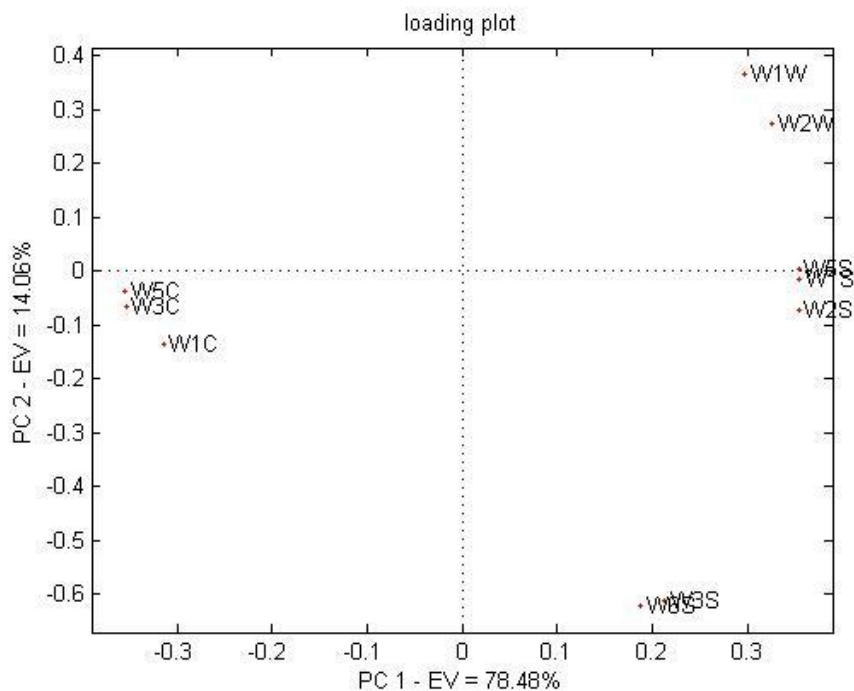
Anexo M. Figuras 24 y 25

Figura 24. *Score Plot* diferencias entre tiempos cultivo 2 temperatura 35°CFigura 25. *Loading Plot* diferencias entre tiempos cultivo 2 temperatura 35°C

Anexo N. Figuras 26 y 27

Figura 26. *Score Plot* diferencias entre tiempos cultivo 2 temperatura 45°CFigura 27. *Loading Plot* diferencias entre tiempos cultivo 2 temperatura 45°C

Anexo O. Figuras 28 y 29

Figura 28. *Score Plot* diferencias entre tiempos cultivo 3 temperatura 35°CFigura 29. *Loading Plot* diferencias entre tiempos cultivo 3 temperatura 35°C

Anexo P. Figuras 30 a 33

Figura 30. Score Plot diferencias entre tiempos cultivo 3 temperatura 45°C con PC 1 y 2

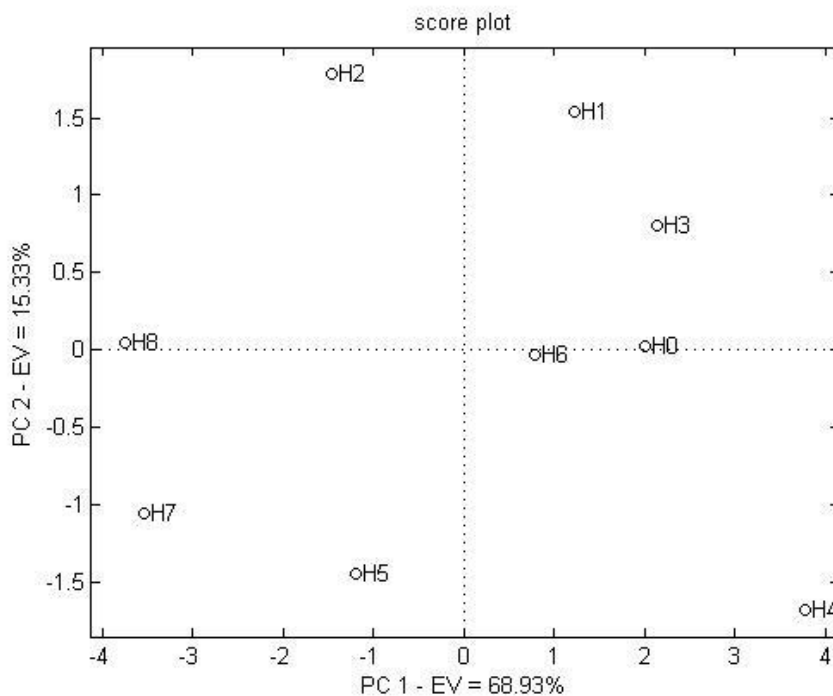


Figura 31. Loading Plot diferencias entre tiempos cultivo 3 temperatura 45°C con PC 1 y 2

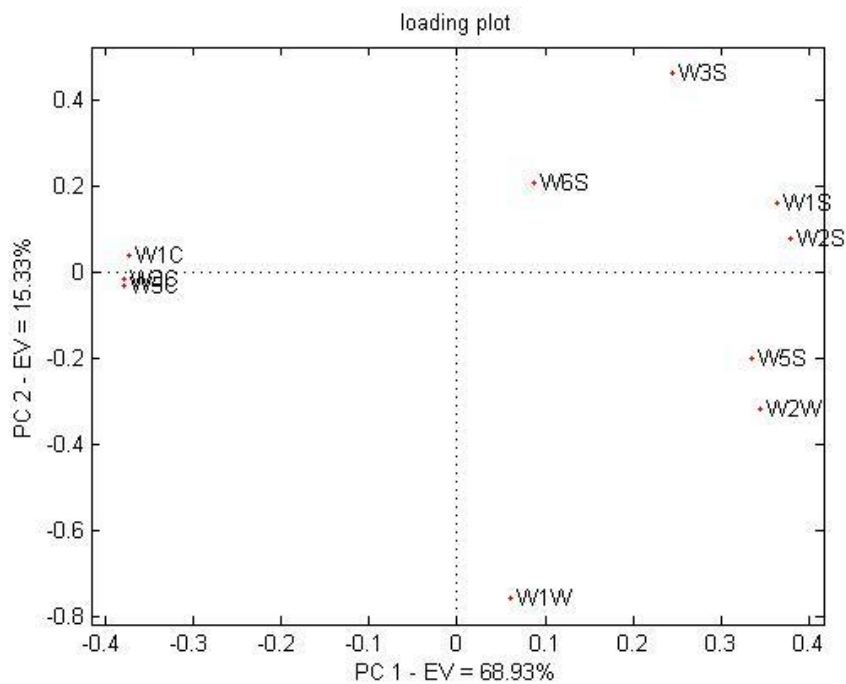


Figura 32. Score Plot diferencias entre tiempos cultivo 3 temperatura 45°C con PC 1 y 3

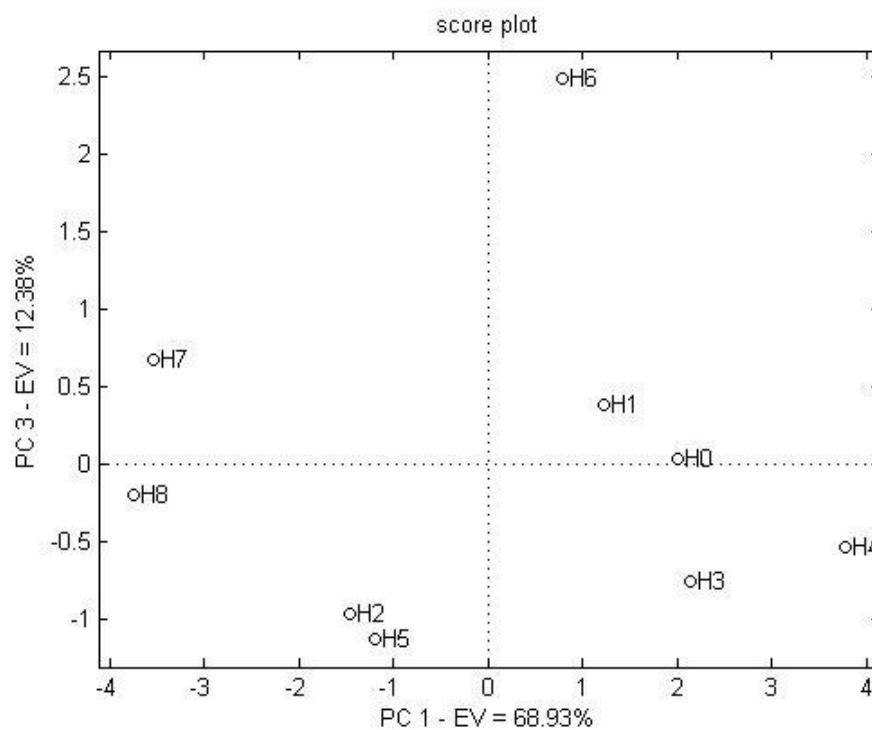
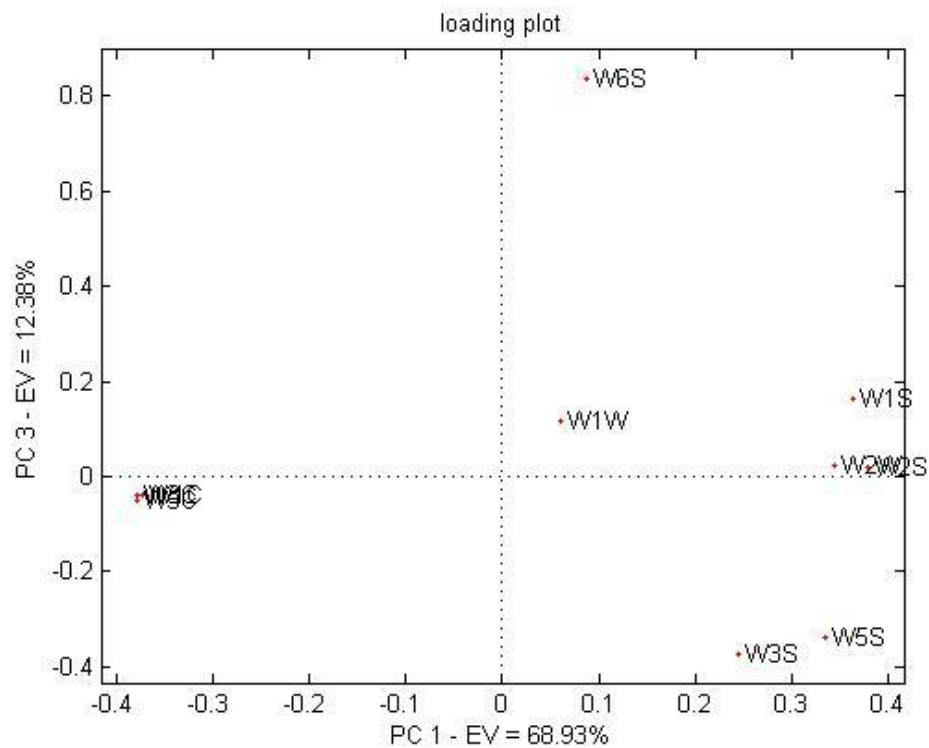


Figura 32. Loading Plot diferencias entre tiempos cultivo 3 temperatura 45°C con PC 1 y 3



Anexo Q. Figuras 36 y 37

Figura 36. Score Plot diferencias entre cultivos a 45°C

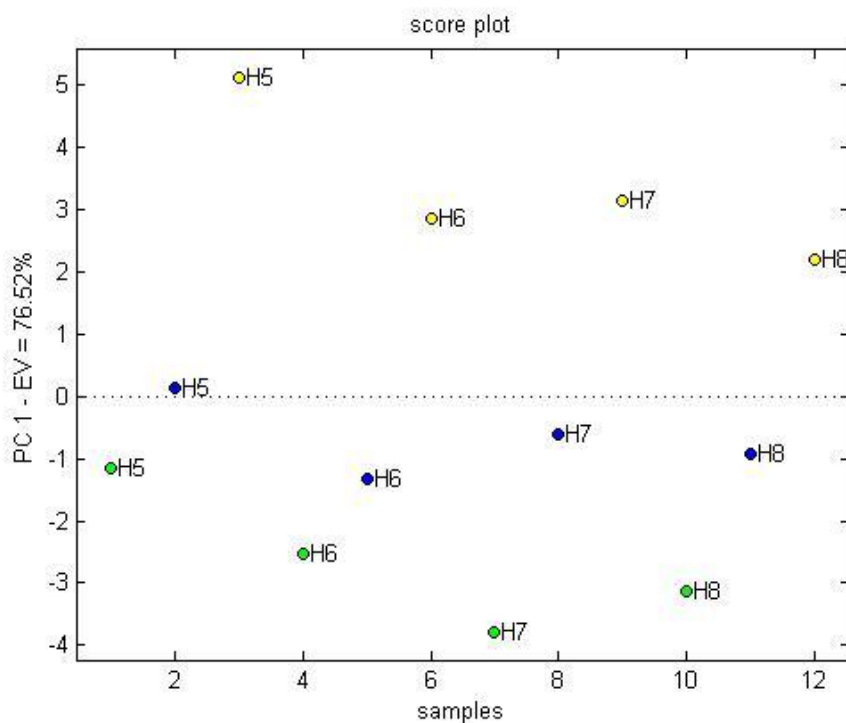
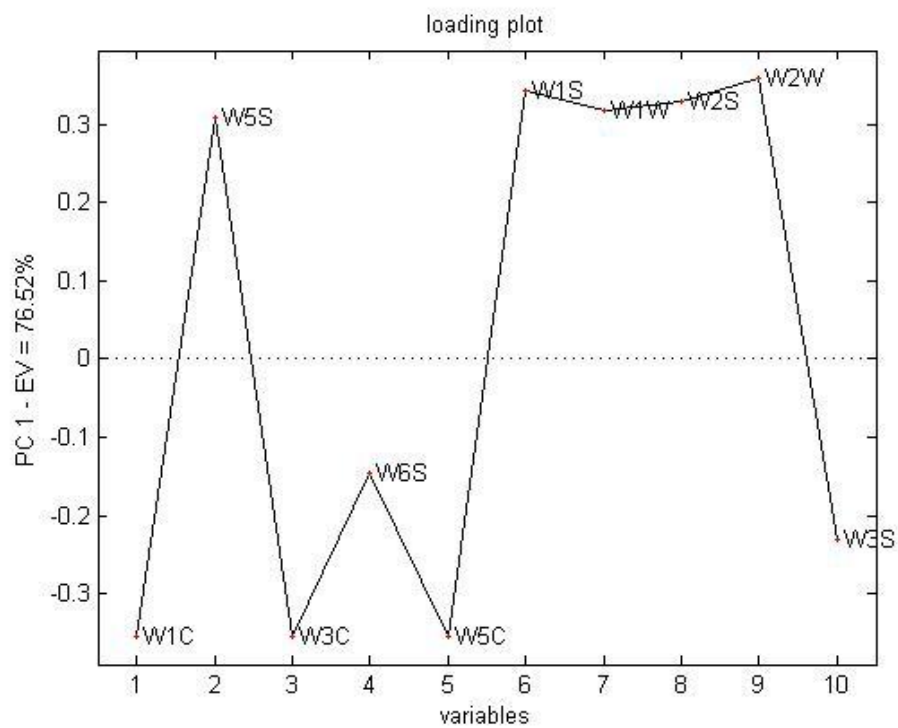


Figura 37. Loading Plot diferencias entre cultivos a 45°C



Anexo R. Figuras 40 y 41

Figura 40. Score Plot diferencias entre temperaturas cultivo 2

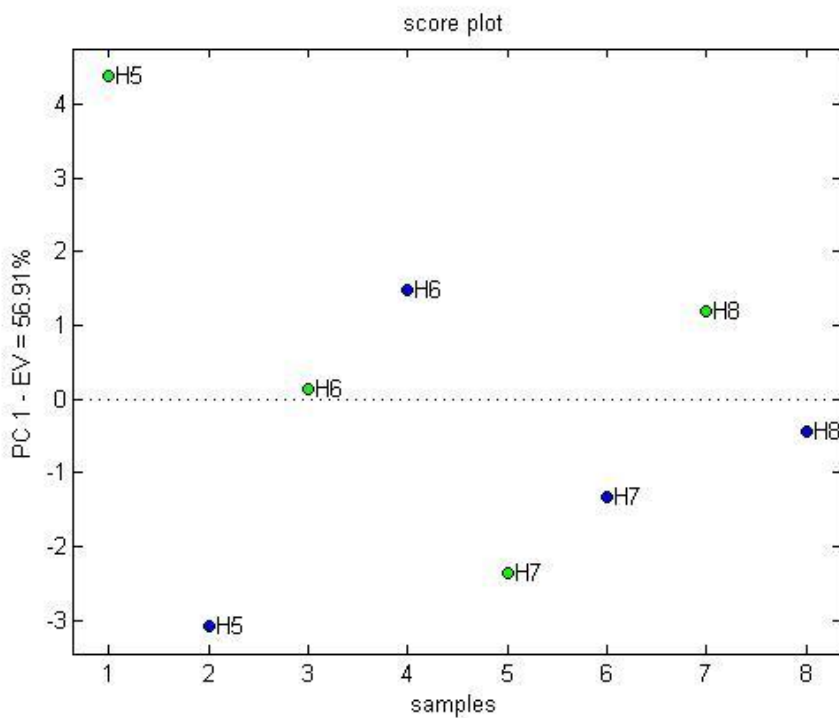
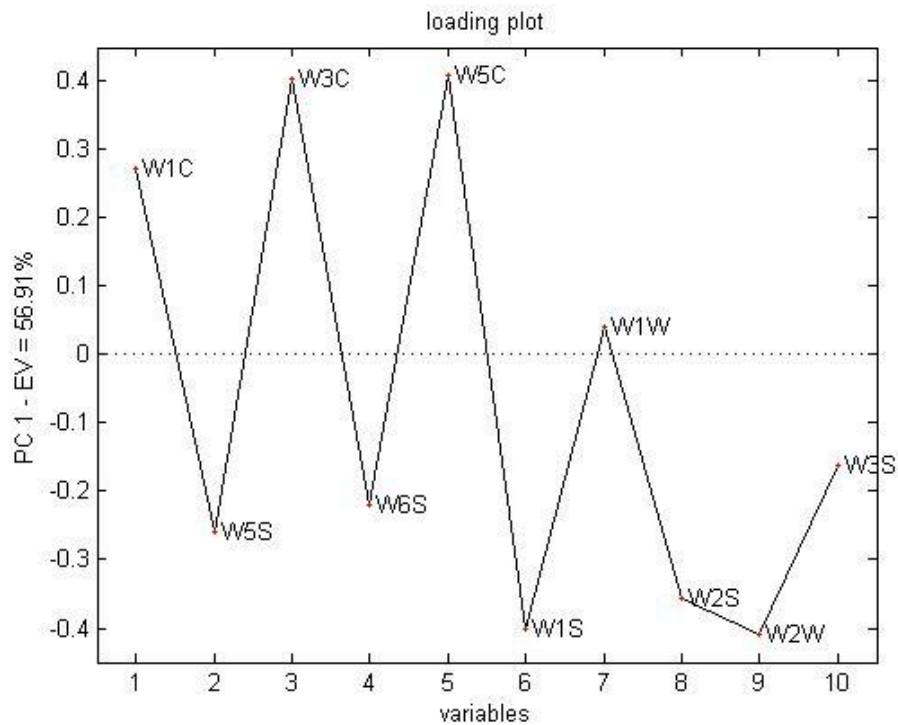


Figura 41. Loading Plot diferencias entre temperaturas cultivo 2



Anexo S. Figuras 42 y 43

Figura 42. *Score Plot* diferencias entre temperaturas cultivo 3

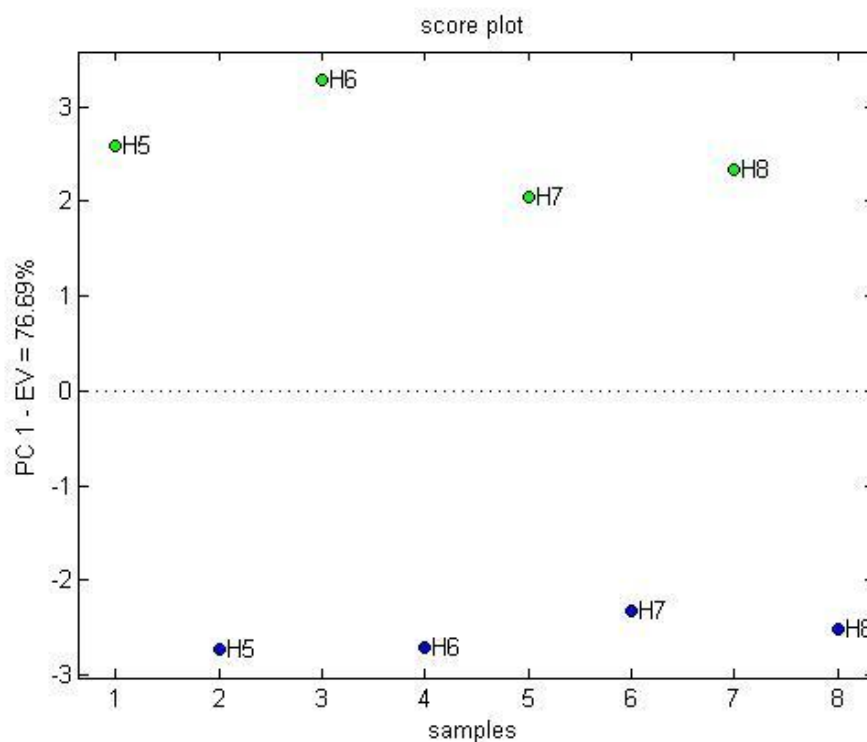
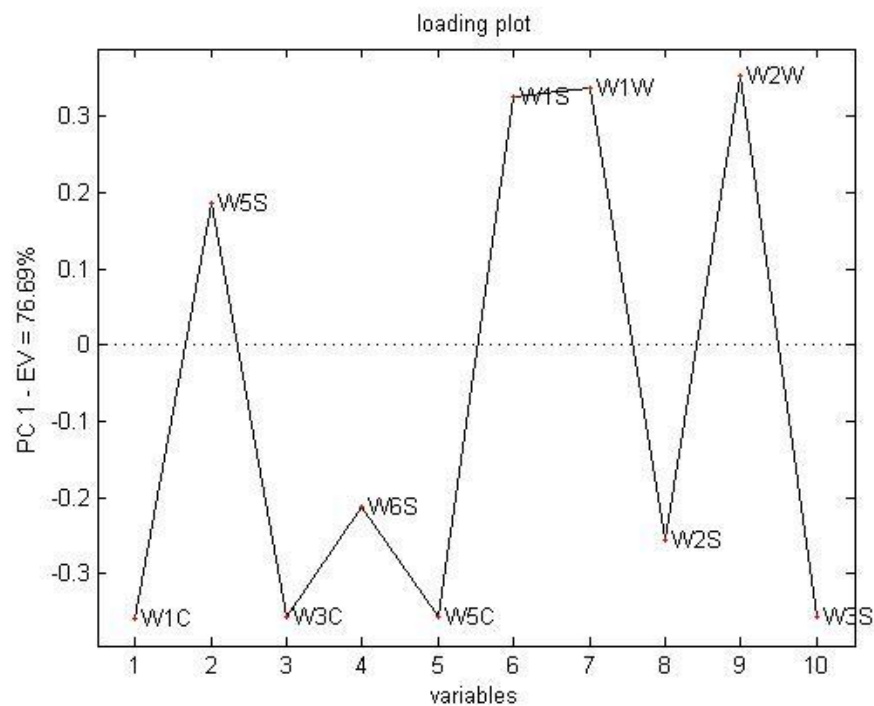


Figura 43. *Loading Plot* diferencias entre temperaturas cultivo 3



Anexo T. Figuras 50 a 53

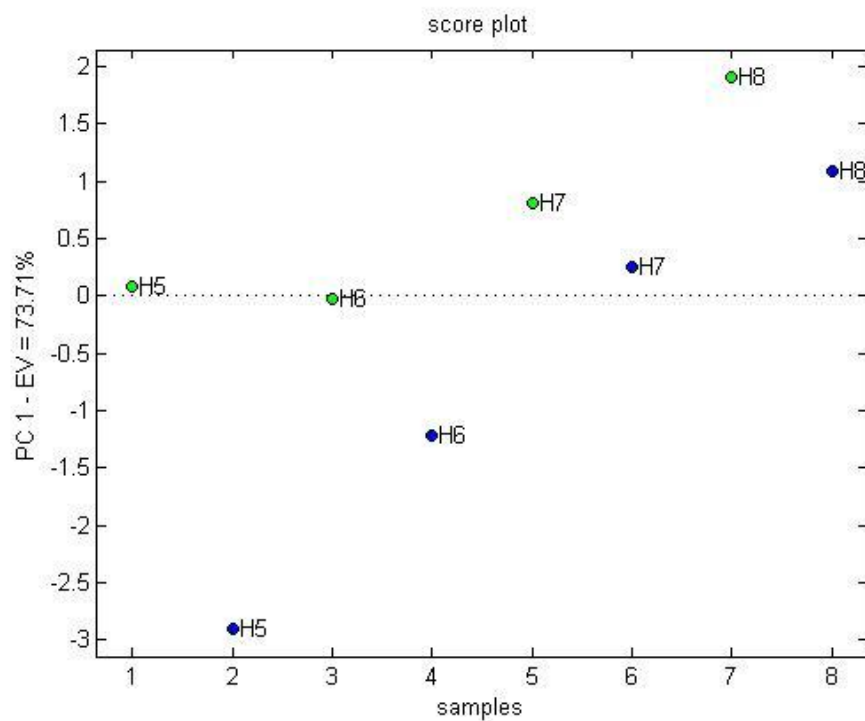
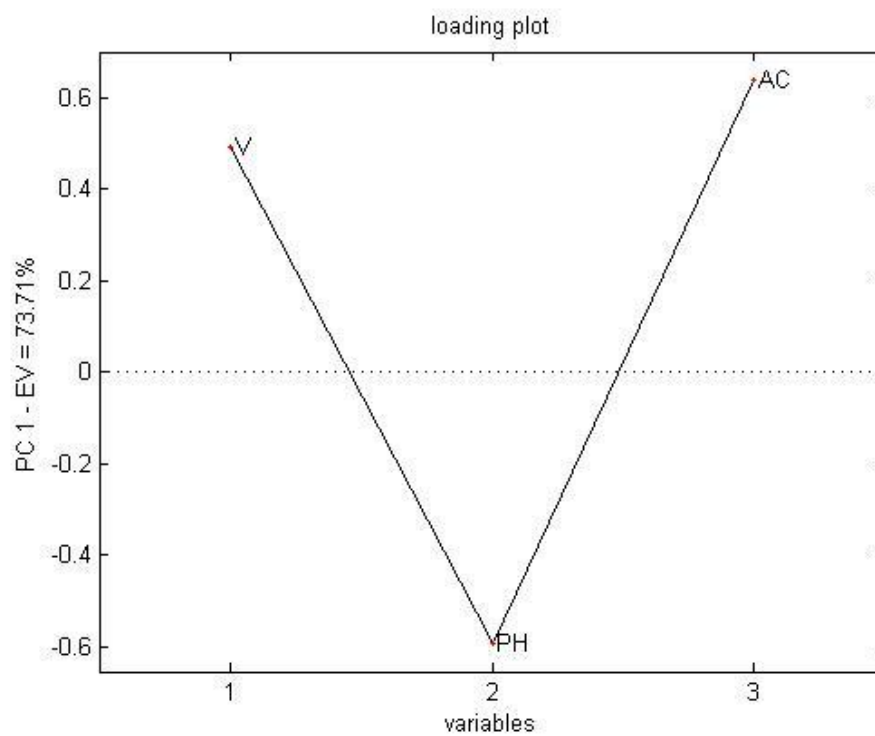
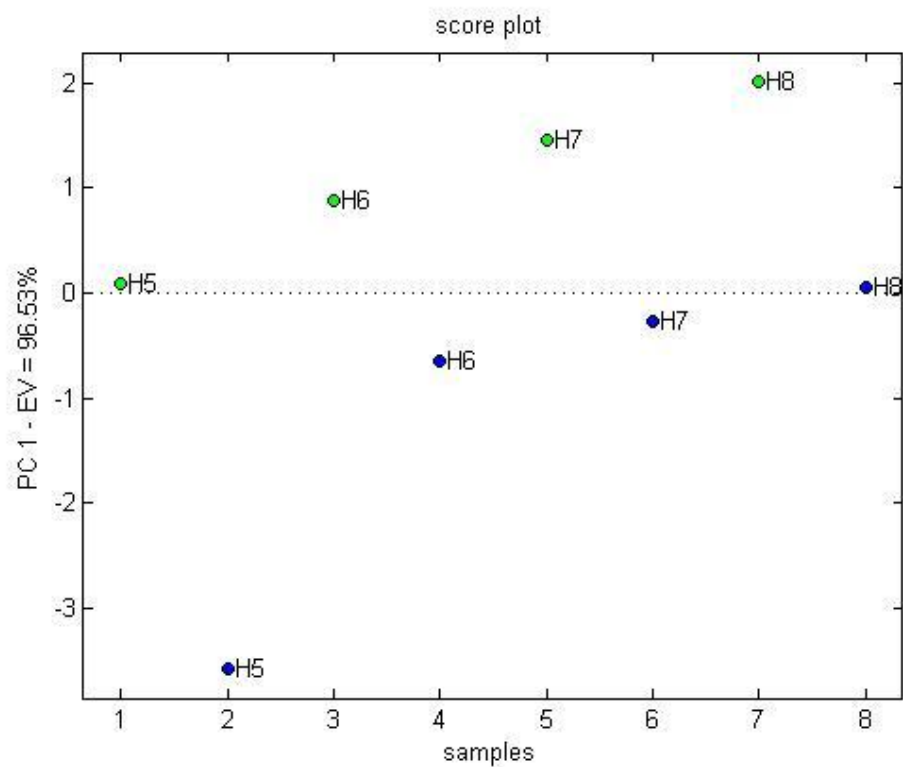
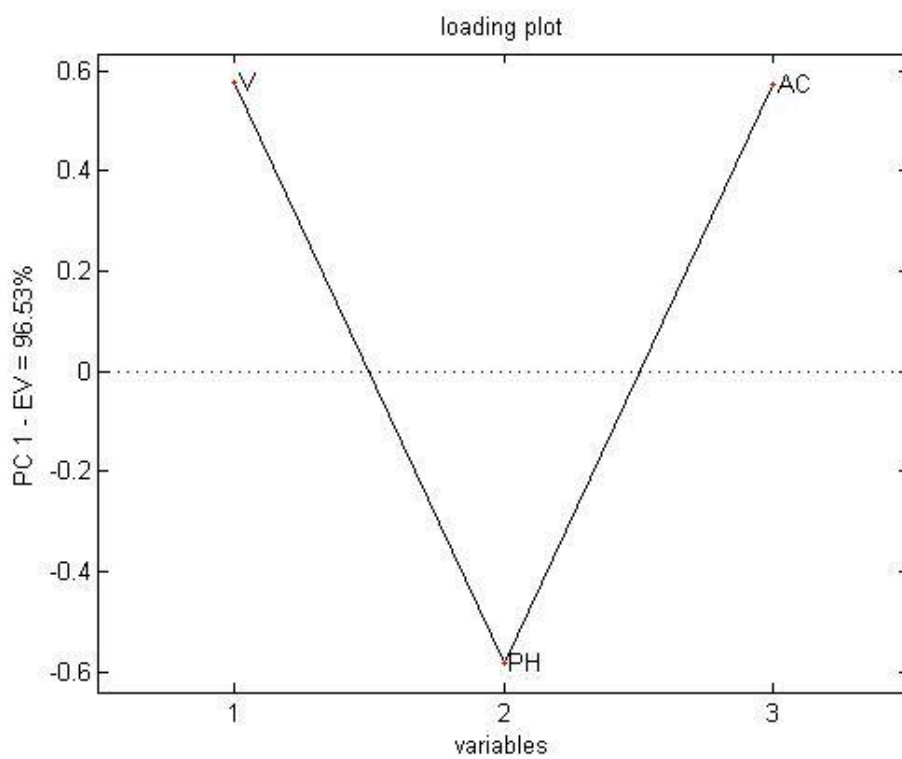
Figura 50. *Score Plot* diferencias entre temperaturas cultivo 2Figura 51. *Loading Plot* diferencias entre temperaturas cultivo 2

Figura 52. Score Plot diferencias entre temperaturas cultivo 3**Figura 53. Loading Plot** diferencias entre temperaturas cultivo 3

Anexo U. Análisis de varianza para acidez

Analysis of Variance for acidez - Type III Sums of Squares			
Source	Sum of Squares	Df	Mean Square
MAIN EFFECTS			
A: hora	5,70008	8	0,71251
B: cultivo	0,00334444	2	0,00167222
C: temperatura	0,18	1	0,18
RESIDUAL	0,220356	150	0,00146904
TOTAL (CORRECTED)	6,10378	161	

All F-ratios are based on the residual mean square error.

The StatAdvisor

The ANOVA table decomposes the variability of acidez into contributions due to various factors. Since Type III sums (the default) have been chosen, the contribution of each factor is measured having removed the effects of all other factors. P-values test the statistical significance of each of the factors. Since 2 P-values are less than 0,05, these factors have a statistically significant effect on acidez at the 95,0% confidence level.

Multiple Range Tests for acidez by hora

Method: 95,0 percent LSD				
hora	Count	LS Mean	LS Sigma	Homogeneous Groups
0	18	0,171667	0,009034	X
1	18	0,211667	0,009034	X
2	18	0,368333	0,009034	X
3	18	0,475	0,009034	X
4	18	0,555	0,009034	X
5	18	0,598333	0,009034	X
6	18	0,653333	0,009034	X
7	18	0,68	0,009034	X
8	18	0,7	0,009034	X

Multiple Range Tests for acidez by cultivo

Method: 95,0 percent LSD

cultivo	Count	LS Mean	LS Sigma	Homogeneous Groups
1	54	0,485	0,00521578	X
2	54	0,49	0,00521578	X
3	54	0,496111	0,00521578	X

Multiple Range Tests for acidez by temperatura

Method: 95,0 percent LSD

temperatura	Count	LS Mean	LS Sigma	Homogeneous Groups
2	81	0,457037	0,00425867	X
1	81	0,523704	0,00425867	X

Anexo V. Análisis de varianza para pH

Analysis of Variance for pH - Type III Sums of Squares			
Source	Sum of Squares	Df	Mean Square
MAIN EFFECTS			
A:cultivo	0,260548	2	0,130274
B:hora	117,565	8	14,6956
C:temperatura	4,70222	1	4,70222
RESIDUAL	5,46165	150	0,036411
TOTAL (CORRECTED)	127,989	161	

All F-ratios are based on the residual mean square error.

The StatAdvisor

The ANOVA table decomposes the variability of pH into components due to various factors. Since Type III sums of squares (total) have been chosen, the contribution of each factor is measured after removing the effects of all other factors. The P-values test the statistical significance of each of the factors. Since 3 are less than 0,05, these factors have a statistically significant effect on pH at the 95,0% confidence level.

Multiple Range Tests for pH by hora

Method: 95,0 percent LSD				
hora	Count	LS Mean	LS Sigma	Homogeneous Groups
8	18	4,48611	0,0449759	X
7	18	4,54556	0,0449759	X
6	18	4,61167	0,0449759	XX
5	18	4,73056	0,0449759	X
4	18	4,99722	0,0449759	X
3	18	5,345	0,0449759	X
2	18	5,91167	0,0449759	X
1	18	6,65056	0,0449759	X
0	18	6,79167	0,0449759	X

Multiple Range Tests for pH by cultivo

Method: 95,0 percent LSD

cultivo	Count	LS Mean	LS Sigma	Homogeneous Groups
3	54	5,31074	0,0259669	X
1	54	5,31481	0,0259669	X
2	54	5,39778	0,0259669	X

Multiple Range Tests for pH by temperatura

Method: 95,0 percent LSD

temperatura	Count	LS Mean	LS Sigma	Homogeneous Groups
1	81	5,17074	0,0212019	X
2	81	5,51148	0,0212019	X

Anexo W. Análisis de varianza para viscosidad

Analysis of Variance for viscosidad - Type III Sums of Squares			
Source	Sum of Squares	Df	Mean Square

MAIN EFFECTS			
A:cultivo	0,489753	2	0,244876
B:hora	22,9652	8	2,87065
C:temperatura	6,0916	1	6,0916
RESIDUAL	5,54835	150	0,036989

TOTAL (CORRECTED)	35,0949	161	

All F-ratios are based on the residual mean square error.

The StatAdvisor

The ANOVA table decomposes the variability of viscosidad into contributions due to various factors. Since Type III sums of squares (the default) have been chosen, the contribution of each factor is measured having removed the effects of all other factors. P-values test the statistical significance of each of the factors. Since 3 P-values are less than 0,05, these factors have a statistically significant effect on viscosidad at the 95,0% level.

Multiple Range Tests for viscosidad by hora

Method: 95,0 percent LSD

hora	Count	LS Mean	LS Sigma	Homogeneous Groups
0	18	0,00333333	0,0453315	X
1	18	0,0035	0,0453315	X
2	18	0,0505556	0,0453315	X
3	18	0,237222	0,0453315	X
4	18	0,529556	0,0453315	X
5	18	0,729833	0,0453315	X
6	18	0,815222	0,0453315	XX
7	18	0,911278	0,0453315	XX
8	18	0,944722	0,0453315	X

Multiple Range Tests for viscosidad by cultivo

Method: 95,0 percent LSD

cultivo	Count	LS Mean	LS Sigma	Homogeneous Groups
2	54	0,400204	0,0261721	X
3	54	0,4735	0,0261721	X
1	54	0,534704	0,0261721	X

Multiple Range Tests for viscosidad by temperatura

Method: 95,0 percent LSD

temperatura	Count	LS Mean	LS Sigma	Homogeneous Groups
2	81	0,275556	0,0213695	X
1	81	0,663383	0,0213695	X

Anexo X. Certificados congresos



COSTA RICA

**CÁMARA
NACIONAL DE
PRODUCTORES
DE LECHE****LA CAMARA NACIONAL DE PRODUCTORES DE LECHE**

extiende el presente certificado a:

VIVIANA RUALES GUZMÁN

Por su participación en el

CONGRESO CENTROAMERICANO DEL SECTOR LACTEO 2011,

con una duración de 16 horas.

Dado en Belén, Costa Rica. Diciembre 2011.

Lic. Jorge Manuel González E.
Presidente

Dr. William Corrales
Secretario



COSTA RICA

**CAMARA
NACIONAL DE
PRODUCTORES
DE LECHE****LA CAMARA NACIONAL DE PRODUCTORES DE LECHE**

extiende el presente certificado a:

Bertha Viviana Ruales G.

“Aplicación de análisis de componentes principales en la evaluación de la producción de aroma durante la fermentación de yogurt a dos temperaturas de incubación”

Por su participación en el
CONGRESO CENTROAMERICANO DEL SECTOR LACTEO 2011,
con una duración de 16 horas.

Dado en Belén, Costa Rica. Diciembre 2011.



Lic. Jorge Manuel González E.
Presidente



Dr. William Corrales
Secretario



Food Studies: An Interdisciplinary Conference
University of Nevada Las Vegas
Las Vegas, NV, USA
9-10 December 2011
<http://food-studies.com/conference-2011/>



12 December 2011

To Whom It May Concern,

This letter certifies that Bertha Viviana Ruales Guzman of Institute of Science and Food Technology, Bogota, Colombia, attended Food Studies: An Interdisciplinary Conference as an in-person participant. Bertha Viviana Ruales Guzman presented the paper, *O11P0084: The Application of an Electronic Nose to Monitor the Aroma Production during Fermentation of Yogurt*.

Yours Sincerely,

A handwritten signature in black ink that reads "Bill Cope". The signature is written in a cursive, flowing style.

Dr Bill Cope
Director
Common Ground Publishing
University of Illinois Research Park
60 Hazelwood Dr, Ste 226
Champaign, IL 61820 USA
www.CommonGroundPublishing.com

Bogotá, D.C., 12 de abril de 2012

Señora:

Bertha Viviana Ruales Guzman

Cordial saludo:

A través de la presente, agradecemos su interés en participar en el Primer Congreso Internacional en Investigación e Innovación en Ciencia y Tecnología de Alimentos IICTA 2012, que se llevará a cabo del 13 al 15 de junio de 2012, en el Centro de Convenciones Cafam Sede Floresta en la ciudad de Bogotá, Colombia.

Adicionalmente, nos permitimos informarle que finalizado el proceso de evaluación, el comité científico decidió que el trabajo titulado "MÉTODO ALTERNATIVO PARA EL SEGUIMIENTO DE LA PRODUCCIÓN DE COMPUESTOS VOLÁTILES DURANTE LA FERMENTACIÓN DE YOGURT" con CÓDIGO A17 fue APROBADO en la modalidad de PONENCIA ORAL. Los evaluadores de su trabajo concluyeron que es necesario realizar algunos cambios en el documento escrito, para que este sea publicado en la separata especial de la Revista VITAE.

Tenga en cuenta que la fecha límite para la recepción de trabajos corregidos, será hasta el 20 de abril de 2012. Solamente se recibirán los artículos corregidos si el asunto del mensaje y el nombre del documento son precedidos por el CÓDIGO asignado al trabajo.

Quedamos atentos a la recepción de las correcciones, si tiene alguna inquietud no dude en contactarnos.

Cordialmente,



William Albarrañín Hernández, Ph.D.
Coordinador general

I Congreso Internacional en Investigación e innovación en Ciencia y Tecnología de Alimentos
IICTA 2012.

