



UNIVERSIDAD AUTONOMA "JUAN MISAEL SARACHO"
FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGIA
CENTRO DE ANALISIS, INVESTIGACION Y DESARROLLO
"CEANID"



Laboratorio Oficial del Ministerio de Salud y Deportes
 Miembro de la Red de Laboratorios Oficiales de Análisis de Alimentos "RELOAA"
 Miembro de la Red Nacional de Laboratorios de Micronutrientes
 Laboratorio Oficial del Servicio Nacional de Sanidad Agropecuaria e Inocuidad Alimentos "SENASAG"

AL-146/15

INFORME DE ENSAYO DE LABORATORIO

Cliente:	Anibal Sadid Casazola Maraon		
Solicitante:	Anibal Sadid Casazola Maraon		
Dirección del cliente:	Calle Cochabamba entre Campero y Gral. Trigo N° 430		
Procedencia - localidad/provincia/departamento	Tarija - Cercado - Tarija Bolivia		
Lugar de muestreo:	Lugar de elaboración		
Fecha de muestreo:	2015-06-09	Hr 7:30	
Responsable(s) del muestreo:	Anibal S. Casazola M.		
Fecha de recepción de la muestra:	2015-06-09		
Fecha de ejecución del ensayo:	Del 2015-06-09 al 2015-06-29		
Caracterización de la muestra:	Yogur sin sabor : Muestra 1		
Tipo de muestra:	Puntual		
Envase:	Plástico		
Código CEANID:	464 FQ 349 MB 237		

Parámetro	Técnica	Unidad	Muestra 1 464 FQ 349 MB 237
Acidez (como ac láctico)	NB 229-98	%	0,68
pH (20°C)	SM 4500-H-B	%	4,55
Coliformes totales	NB 32005	ufc/g	< 10 (*)
Escherichia coli	NB 32005	ufc/g	< 10 (*)

(*) = No se observa desarrollo de colonias

NB: Norma Boliviana

SM: Standard Methods

NOTA.-Los resultados se refieren sólo a la muestra ensayada.

Este informe de ensayo sólo puede ser reproducido en su forma total con aprobación escrita del CEANID.

Los datos de la muestra y del muestreo fueron suministrados por el solicitante.

Tarija, 29 de junio de 2015

Dr. Adahid Acosta C.
 JEFE CEANID



c.c. Arch.



UNIVERSIDAD AUTONOMA "JUAN MISAEL SARACHO"
FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGIA
CENTRO DE ANALISIS, INVESTIGACION Y DESARROLLO
"CEANID"



Laboratorio Oficial del Ministerio de Salud y Deportes
 Miembro de la Red de Laboratorios Oficiales de Analisis de Alimentos "RELOAA"
 Miembro de la Red Nacional de Laboratorios de Micronutrientes
 Laboratorio Oficial del Servicio Nacional de Sanidad Agropecuaria e Inocuidad Alimentos "SENASAG"

AL-146/15

INFORME DE ENSAYO DE LABORATORIO

Cliente:	Anibal Sadid Casazola Marañon		
Solicitante:	Anibal Sadid Casazola Marañon		
Dirección del cliente:	Calle Cochabamba entre Campero y Gral. Trigo N° 430		
Procedencia: localidad/provincia/departamento	Tarija - Cercado - Tarija Bolivia		
Lugar de muestreo:	Lugar de elaboración		
Fecha de muestreo:	2015-06-09	Hr 7:30	
Responsable(s) del muestreo:	Anibal S. Casazola M.		
Fecha de recepción de la muestra	2015-06-09		
Fecha de ejecución del ensayo:	Del 2015-06-09 al 2015-06-29		
Caracterización de la muestra:	Mezcla de helado : Muestra 2		
Tipo de muestra:	Puntual		
Envase:	Plástico		
Código CEANID:	465 FQ 350 MB 238		

Parámetro	Técnica	Unidad	Muestra 2 465 FQ 350 MB 238
Acidez (como ac láctico)	NB 229-98	%	0.18
Materia grasa	NB 228-98	%	4.94
pH (20°C)	SM 4500-H-B	%	6.34
Sólidos no grasos	NB 706-98	%	28.87
Sólidos totales	NB 706-98	%	33.81
Coliformes totales	NB 32005	ufc/g	< 10 (*)
Escherichia coli	NB 32005	ufc/g	< 10 (*)

(*) = No se observa desarrollo de colonias

NB: Norma Boliviana

SM: Standard Methods

NOTA.-Los resultados se refieren sólo a la muestra ensayada.

Este informe de ensayo sólo puede ser reproducido en su forma total con aprobación escrita del CEANID.

Los datos de la muestra y del muestreo fueron suministrados por el solicitante.

Tarija, 29 de junio de 2015

Inés Adalid Aceituno C.
 JEFE CEANID



c.c. Arch.



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA "JUAN MISAEL SARACHO"
FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA
CENTRO DE ANÁLISIS, INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO
"CEANID"



Laboratorio Oficial del Ministerio de Salud y Deportes
 Miembro de la Red de Laboratorios Oficiales de Análisis de Alimentos "RELOAA"
 Miembro de la Red Nacional de Laboratorios de Micronutrientes
 Laboratorio Oficial del Servicio Nacional de Sanidad Agropecuaria e Inocuidad Alimentos "SENASAG"

AL-146/15

INFORME DE ENSAYO DE LABORATORIO

Cliente:	Anibal Sadid Casazola Marañon		
Solicitante:	Anibal Sadid Casazola Marañon		
Dirección del cliente:	Calle Cochabamba entre Campero y Gral. Trigo N° 430		
Procedencia: localidad/provincia/departamento	Tarija - Cercado - Tarija Bolivia		
Lugar de muestreo:	Lugar de elaboración		
Fecha de muestreo:	2015-06-09	Hr 7:30	
Responsable(s) del muestreo:	Anibal S. Casazola M.		
Fecha de recepción de la muestra	2015-06-09		
Fecha de ejecución del ensayo:	Del 2015-06-09 al 2015-06-29		
Caracterización de la muestra:	Helado batido de yogur - sabor mora : Muestra 3		
Tipo de muestra:	Puntual		
Envase:	Plástico		
Código CEANID:	466 FQ 351 MB 239		

Parámetro	Técnica	Unidad	Muestra 3 466 FQ 351 MB 239
Acidez (como ac. láctico)	NB 229-98	%	0,34
Calcio total	SM 3500-CaB	mg/100g	138
Fibra	Manual tec CEANID	%	n.d
Fosforo total	SM 4500-P-D	mg/100g	123
Hierro total	SM 3500-FeB	mg/100g	0,27
Hidratos de carbono	Cálculo	%	30,21
Humedad	NB 074-2000	%	59,63
Materia grasa	NB 312027-2006	%	4,45
pH (20°C)	SM 4500-H-B		6,17
Proteína total (Nx6,38)	NB 466-81	%	3,11
Sólidos no grasos	NB 706-98	%	35,92
Sólidos totales	NB 706-98	%	40,37
Valor energético	Cálculo	kcal/100g	173,33
Bacterias aerobias mesófilas	NB 32003	ufc/g	5,8 x 10 ²
Coliformes totales	NB 32005	ufc/g	< 10 (*)
Escherichia coli	NB 32005	ufc/g	< 10 (*)
Salmonella	NB 32007	P/A / 25g	Ausencia
Staphylococo aureus	NB 32004	ufc/g	< 10 (*)

n. d.= No detectado

NB: Norma Boliviana

SM: Standard Methods

NOTA.-Los resultados se refieren sólo a la muestra ensayada.

Este informe de ensayo sólo puede ser reproducido en su forma total con aprobación escrita del CEANID.

Los datos de la muestra y del muestreo fueron suministrados por el solicitante.

Tarija, 29 de junio de 2015



[Signature]
 Ing. Dalid Acetario C.
 JEFE CEANID

c.c. Arch.

EVALUACIÓN SENSORIAL

TEST DE PRUEBA PARA LA DETERMINACIÓN DE LOS ATRIBUTOS SENSORIALES DEL HELADO BATIDO DE YOGUR SABOR MORA

Nombre:

Fecha: Set:

Califique las muestras de acuerdo a su agrado o desagrado utilizando la escala que se detalla a continuación; en cuanto al color, sabor, textura y aroma del helado batido de yogur sabor mora:

9	ME GUSTA MUCHÍSIMO
8	ME GUSTA MUCHO
7	ME GUSTA MODERADAMENTE
6	ME GUSTA LIGERAMENTE
5	NI ME GUSTA NI ME DISGUSTA
4	ME DESAGRADA LIGERAMENTE
3	ME DESAGRADA MODERADAMENTE
2	ME DESAGRADA MUCHO
1	ME DESAGRADA MUCHÍSIMO

MUESTRA	Color	Sabor	Textura	Aroma
A				
B				
C				
D				

Observaciones:

.....
.....

EVALUACIÓN SENSORIAL

TEST DE PRUEBA PARA COMPARAR EL PRODUCTO FINAL CON LA MUESTRA PATRON

Nombre:.....

Fecha:..... **Set:**.....

Califique las muestras de acuerdo a su agrado o desagrado utilizando la escala que se detalla a continuación; en cuanto al color, sabor, textura y aroma del helado batido de yogur sabor mora:

9	ME GUSTA MUCHÍSIMO
8	ME GUSTA MUCHO
7	ME GUSTA MODERADAMENTE
6	ME GUSTA LIGERAMENTE
5	NI ME GUSTA NI ME DISGUSTA
4	ME DESAGRADA LIGERAMENTE
3	ME DESAGRADA MODERADAMENTE
2	ME DESAGRADA MUCHO
1	ME DESAGRADA MUCHÍSIMO

MUESTRA	Color	Sabor	Textura	Aroma
A				
B				

Observaciones:.....

.....

.....

EVALUACIÓN SENSORIAL

TEST DE PRUEBA PARA LA DETERMINACION DE LOS ATRIBUTOS SENSORIALES DEL PRODUCTO FINAL

Nombre:.....

Fecha:..... **Set:**.....

Califique las muestras de acuerdo a su agrado o desagrado utilizando la escala que se detalla a continuación; en cuanto al color, sabor, textura y aroma del helado batido de yogur sabor mora:

9	ME GUSTA MUCHÍSIMO
8	ME GUSTA MUCHO
7	ME GUSTA MODERADAMENTE
6	ME GUSTA LIGERAMENTE
5	NI ME GUSTA NI ME DISGUSTA
4	ME DESAGRADA LIGERAMENTE
3	ME DESAGRADA MODERADAMENTE
2	ME DESAGRADA MUCHO
1	ME DESAGRADA MUCHÍSIMO

MUESTRA	Color	Sabor	Textura	Aroma
A				

Observaciones:.....

.....

.....

ANEXO C.1

ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LA PRUEBA DE DUNCAN

Para la construcción del análisis estadístico de la prueba de Duncan, primero se debe tener el cuadro donde se detalla el diseño matricial de las muestras y los jueces de una prueba experimental.

Según Ureña D'Arrigo (1999) los pasos que deben seguirse son los siguientes:

1.- Planteamiento de la hipótesis

- H0: No hay diferencia entre los tratamientos (muestras).
- H1: Al menos una muestra es diferente de las demás.

- H0: No hay diferencia entre bloques (no hay diferencia entre jueces).
- H1: Al menos un juez emitió una opinión diferente.

2.- Nivel de significancia: 0.05 (5%)

3.- Prueba de significancia: Fisher y Duncan

4.- Suposiciones:

- Los datos (muestras) siguen una distribución Normal ($\sim N$).
- Los datos (muestras) son extraídos completamente al azar.

5.- Establecer los criterios de aceptación o rechazo para $\alpha=0,05$:

- Se acepta la H0 si $F_{cal} \leq F_{tab}$.
- Se acepta la H1 si $F_{cal} \geq F_{tab}$.

6.- Construcción del cuadro ANVA:

Para realizar la construcción del cuadro ANVA, se tomaron en cuenta las siguientes expresiones matemáticas citadas a continuación:

❖ **Suma de cuadrados de la muestra:**

$$SC(A) = \frac{(\sum Y_i)^2}{n} - \frac{(Y_{...})^2}{na}$$

❖ **Suma de cuadrados de los jueces:**

$$SC(B) = \frac{(\sum Y_j)^2}{a} - \frac{(Y_{...})^2}{na}$$

❖ **Suma de cuadrados totales:**

$$SC(T) = (\sum Y_{ij})^2 - \frac{(Y_{...})^2}{na}$$

❖ **Suma de cuadrados del error:**

$$SC(E) = SC(T) - SC(A) - SC(B)$$

Donde:

a = Número de tratamientos o muestras

n = Número de jueces

Cuadro de análisis de varianza (ANVA)

Fuente de variación (FV)	Suma de cuadrados (SC)	Grados de libertad (GL)	Cuadrados medios (CM)	Fisher calculado (Fcal)	Fisher tabulado (Ftab)
Total	SC (T)	na - 1			
Muestras (A)	SC (A)	(a - 1)	$CM (A) = \frac{SC (A)}{a-1}$	$\frac{CM (A)}{CM (E)}$	$\frac{V_1}{V_2} = \frac{GL (SC(A))}{GL (SC(E))}$
Jueces (B)	SC (B)	(n - 1)	$CM (B) = \frac{SC (B)}{n-1}$	$\frac{CM (B)}{CM (E)}$	$\frac{V_1}{V_2} = \frac{GL (SC(B))}{GL (SC(E))}$
Error	SC (E)	(a - 1)(n - 1)	$CM (E) = \frac{SC (E)}{n(a-1)}$		

7.- Criterios de aceptación o rechazo:

- Se acepta la H_0 si la diferencia de promedios entre tratamientos (muestras) es \leq que el límite de significación de Duncan (ALS (D)).
- Se rechaza la H_0 si la diferencia de promedios entre tratamientos (muestras) es \geq que el límite de significación de Duncan (ALS (D)).

8.- Desarrollo de la prueba estadística:

Determinar el valor de la varianza muestral S^2/y

$$\frac{S^2}{Y} = \sqrt{\frac{CM(E)}{b}}$$

Encontrado los valores de las Amplitudes Estudiantizadas de Duncan (AES (D)) con un nivel de significación $\alpha = 0,05$, se determina el límite de significación de Duncan (ALS (D)) en base a la expresión matemática:

$$ALS(D) = AES(D) * S_y$$

9.- Ordenamiento de los promedios:

Encontrados los valores de las Amplitudes Estudiantizadas de Duncan y los límites de significación de Duncan: con los grados de libertad del error y el nivel de significancia 0,05; para cada número de promedios de ordenamiento que se están probando.

10.- Determinación de la existencia de diferencias significativas:

- $<$ No hay diferencia significativa
- $>$ Si hay diferencia significativa

ANEXO C.2

Tabla C.1

Puntuación de la evaluación sensorial para determinar el producto final en cuanto al atributo color

JUECES	MUESTRAS (ESCALA HEDÓNICA)				TOTAL Y_i
	MA	MB	MC	MD	
1	3	6	2	8	19
2	7	9	4	5	25
3	4	7	8	4	23
4	9	8	5	6	28
5	6	9	4	5	24
6	5	7	4	8	24
7	6	7	5	8	26
8	7	5	4	8	24
9	5	8	4	5	22
10	6	5	3	8	22
11	5	7	5	7	24
12	7	8	6	7	28
13	6	8	5	8	27
14	8	7	6	6	27
15	7	6	7	5	25
16	6	7	7	7	27
17	6	8	9	7	30
18	7	6	7	6	26
19	6	6	7	6	25
20	6	7	5	7	25
X	6,10	7,05	5,35	6,55	25,05
$\sum Y_i$	122	141	107	131	501
$\sum Y_{ij}^2$	778	1019	631	889	3317

Fuente: Elaboración propia

❖ **Suma de cuadrados de la muestra:**

$$SC(A) = \frac{122^2 + 141^2 + 107^2 + 131^2}{20} - \frac{(501)^2}{20 \cdot 4} = 31,23$$

❖ **Suma de cuadrados de los jueces:**

$$SC(B) = \frac{19^2 + \dots + 25^2}{4} - \frac{(501)^2}{20 \cdot 4} = 29,74$$

❖ **Suma de cuadrados totales:**

$$SC(T) = (3^2 + 7^2 + \dots + 6^2 + 7^2) - \frac{(501)^2}{20 \cdot 4} = 179,48$$

❖ **Suma de cuadrados del error:**

$$SC(E) = 179,48 - 31,23 - 29,74 = 118,51$$

Tabla C.2

Análisis de varianza para el atributo color

Fuente de variación (FV)	Suma de cuadrados (SC)	Grados de libertad (GL)	Cuadrados medios (CM)	Fisher calculado (Fcal)	Fisher tabulado (Ftab)
Total	31,23	79			
Muestras (A)	29,74	3	9,91	4,78	2,7676
Jueces (B)	179,48	19	9,44	4,56	1,7735
Error	118,51	57	2,07		

Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar en la tabla C.2 $F_{cal} > F_{tab}$ ($4,78 > 2,7676$) para las muestras, por lo tanto existe diferencia estadística significativa de variación entre los valores promedio de las muestras MA, MB, MC y MD para una $\alpha = 0,05$, esta condición nos indica la evidencia de recurrir a la prueba de Duncan.

Para el caso de los jueces, $F_{cal} > F_{tab}$ ($14,39 > 1,7735$), por tanto, si existe diferencia estadística significativa de variación entre los 20 jueces para una $\alpha = 0,05$.

Calculando el valor de la varianza muestral del experimento:

$$\frac{S^2}{Y} = \sqrt{\frac{CM(E)}{n}} = \sqrt{\frac{2,07}{20}} = 0,32$$

Para estimar las Amplitudes Estudiantizadas de Duncan [AES (D)] con nivel de significancia $\alpha = 0,05$ se recurre a la tabla (Anexo F, Ureña D'Arrigo 1999).

Tabla C.3

Amplitudes estudiantizadas y límites de significación de Duncan

NÚMERO DE PROMEDIOS	AES (D)	ALS (D)
2	2,833	0,9065
3	2,980	0,9536
4	3,077	0,9846

Fuente: Elaboración propia

Tabla C.4

Ordenamiento de promedios

I	II	III	IV
7,05	6,55	6,10	5,35
MB	MD	MA	MC

Fuente: Elaboración propia

Tabla C.5

Análisis de los tratamientos

TRATAMIENTOS	ANÁLISIS DE LOS VALORES	EFFECTOS
MB - MD	$7,05 - 6,55 = 0,50 < 0,9065$	No hay diferencia significativa
MB - MA	$7,05 - 6,10 = 0,95 < 0,9536$	No hay diferencia significativa
MB - MC	$7,05 - 5,35 = 1,70 > 0,9846$	Si hay diferencia significativa
MD - MA	$6,55 - 6,10 = 0,45 < 0,9065$	No hay diferencia significativa
MD - MC	$6,55 - 5,35 = 1,20 > 0,9536$	Si hay diferencia significativa
MA - MC	$6,10 - 5,35 = 0,75 < 0,9846$	No hay diferencia significativa

Fuente: Elaboración propia

En la tabla C.5 se observa que existe diferencia significativa entre los tratamientos (MB – MC, MD - MC) que son significativos en comparación con las muestras (MB – MD, MB – MA, MD – MA, MA – MC) que no son significativos para un límite de confianza del 95%, pero analizando la muestra con mayor puntaje en la escala hedónica, se tomó la muestra MB como la mejor opción en cuanto al atributo color.

ANEXO C.3

Tabla C.6

Puntuación de la evaluación sensorial para determinar el producto final en cuanto al atributo sabor

JUECES	MUESTRAS (ESCALA HEDÓNICA)				TOTAL Y_i
	MA	MB	MC	MD	
1	8	8	8	8	32
2	7	9	7	7	30
3	6	7	8	7	28
4	8	7	7	7	29
5	6	8	8	7	29
6	6	8	7	6	27
7	6	7	7	7	27
8	8	8	7	6	29
9	7	8	6	4	25
10	7	8	7	6	28
11	9	8	5	4	26
12	6	8	7	8	29
13	7	8	6	8	29
14	7	7	6	7	27
15	8	8	9	8	33
16	8	9	7	8	32
17	7	8	8	7	30
18	8	9	6	7	30
19	8	9	7	8	32
20	8	9	7	5	29
X	7,25	8,05	7,00	6,75	29,05
$\sum Y_i$	145	161	140	135	581
$\sum Y_{ij}^2$	1067	1305	996	941	4309

Fuente: Elaboración propia

❖ **Suma de cuadrados de la muestra:**

$$SC(A) = \frac{145^2 + 161^2 + 140^2 + 135^2}{20} - \frac{(581)^2}{20 \cdot 4} = 19,04$$

❖ **Suma de cuadrados de los jueces:**

$$SC(B) = \frac{32^2 + \dots + 29^2}{4} - \frac{(581)^2}{20 \cdot 4} = 21,24$$

❖ **Suma de cuadrados totales:**

$$SC(T) = (8^2 + 7^2 + \dots + 8^2 + 5^2) - \frac{(581)^2}{20 \cdot 4} = 89,49$$

❖ **Suma de cuadrados del error:**

$$SC(E) = 89,49 - 19,04 - 21,24 = 49,21$$

Tabla C.7

Análisis de varianza para el atributo sabor

Fuente de variación (FV)	Suma de cuadrados (SC)	Grados de libertad (GL)	Cuadrados medios (CM)	Fisher calculado (Fcal)	Fisher tabulado (Ftab)
Total	89,49	79			
Muestras (A)	19,04	3	6,34	7,73	2,7676
Jueces (B)	21,24	19	1,12	1,37	1,7735
Error	49,21	57	0,82		

Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar en la tabla C.7 $F_{cal} > F_{tab}$ ($7,73 > 2,7676$) para las muestras, por lo tanto existe diferencia estadística significativa de variación entre los valores promedio de las muestras MA, MB, MC y MD para una $\alpha = 0,05$, esta condición nos indica la evidencia de recurrir a la prueba de Duncan.

Para el caso de los jueces, $F_{cal} < F_{tab}$ ($1,37 < 1,7735$), por tanto, no existe diferencia estadística significativa de variación entre los 20 jueces para una $\alpha = 0,05$.

Calculando el valor de la varianza muestral del experimento:

$$\frac{S^2}{Y} = \sqrt{\frac{CM(E)}{n}} = \sqrt{\frac{0,82}{20}} = 0,20$$

Para estimar las Amplitudes Estudiantizadas de Duncan [AES (D)] con nivel de significancia $\alpha = 0,05$ se recurre a la tabla (Anexo F, Ureña D'Arrigo 1999).

Tabla C.8

Amplitudes estudiantizadas y límites de significación de Duncan

NÚMERO DE PROMEDIOS	AES (D)	ALS (D)
2	2,833	0,5666
3	2,980	0,5960
4	3,077	0,6154

Fuente: Elaboración propia

Tabla C.9

Ordenamiento de promedios

I	II	III	IV
8,05	7,25	7,00	6,75
MB	MA	MC	MD

Fuente: Elaboración propia

Tabla C.10
Análisis de los tratamientos

TRATAMIENTOS	ANÁLISIS DE LOS VALORES	EFECTOS
MB - MA	$8,05 - 7,25 = 0,80 > 0,5666$	Si hay diferencia significativa
MB - MC	$8,05 - 7,00 = 1,05 > 0,5960$	Si hay diferencia significativa
MB - MD	$8,05 - 6,75 = 1,30 > 0,6154$	Si hay diferencia significativa
MA - MC	$7,25 - 7,00 = 0,25 < 0,5666$	No hay diferencia significativa
MA - MD	$7,25 - 6,75 = 0,50 < 0,5960$	No hay diferencia significativa
MC - MD	$7,00 - 6,75 = 0,25 < 0,6154$	No hay diferencia significativa

Fuente: Elaboración propia

En la tabla C.10 se observa que existe diferencia significativa entre los tratamientos (MB – MA, MB – MC, MB - MD) que son significativos en comparación con las muestras (MA – MC, MA – MD, MC - MD) que no son significativos para un límite de confianza del 95%, pero analizando la muestra con mayor puntaje en la escala hedónica, se tomó la muestra MB como la mejor opción en cuanto al atributo sabor.

ANEXO C.4

Tabla C.11

Puntuación de la evaluación sensorial para determinar el producto final en cuanto al atributo textura

JUECES	MUESTRAS (ESCALA HEDÓNICA)				TOTAL Y_i
	MA	MB	MC	MD	
1	8	9	8	8	33
2	7	9	7	6	29
3	7	9	9	9	34
4	7	8	8	8	31
5	8	8	6	8	30
6	7	7	6	7	27
7	6	8	6	8	28
8	9	8	7	6	30
9	7	8	5	5	25
10	9	9	9	9	36
11	8	7	5	4	24
12	6	7	6	7	26
13	6	7	7	7	27
14	7	7	6	7	27
15	7	7	8	8	30
16	7	8	7	7	29
17	6	8	6	6	26
18	8	7	9	8	32
19	7	9	7	7	30
20	8	8	6	6	28
X	7,25	7,90	6,90	7,05	29,1
$\sum Y_i$	145	158	138	141	582
$\sum Y_{ij}^2$	1067	1260	982	1025	4334

Fuente: Elaboración propia

❖ **Suma de cuadrados de la muestra:**

$$SC(A) = \frac{145^2 + 158^2 + 138^2 + 141^2}{20} - \frac{(582)^2}{20 \cdot 4} = 11,65$$

❖ **Suma de cuadrados de los jueces:**

$$SC(B) = \frac{33^2 + \dots + 28^2}{4} - \frac{(582)^2}{20 \cdot 4} = 44,95$$

❖ **Suma de cuadrados totales:**

$$SC(T) = (8^2 + 7^2 + \dots + 7^2 + 6^2) - \frac{(582)^2}{20 \cdot 4} = 99,95$$

❖ **Suma de cuadrados del error:**

$$SC(E) = 99,95 - 44,95 - 11,65 = 43,35$$

Tabla C.12

Análisis de varianza para el atributo textura

Fuente de variación (FV)	Suma de cuadrados (SC)	Grados de libertad (GL)	Cuadrados medios (CM)	Fisher calculado (Fcal)	Fisher tabulado (Ftab)
Total	99,95	79			
Muestras (A)	11,65	3	3,88	5,39	2,7676
Jueces (B)	44,95	19	2,37	3,29	1,7735
Error	43,35	57	0,72		

Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar en la tabla C.12 $F_{cal} > F_{tab}$ ($5,39 > 2,7676$) para las muestras, por lo tanto existe diferencia estadística significativa de variación entre los valores promedio de las muestras MA, MB, MC y MD para una $\alpha = 0,05$, esta condición nos indica la evidencia de recurrir a la prueba de Duncan.

Para el caso de los jueces, $F_{cal} > F_{tab}$ ($3,29 > 1,7735$), por tanto, si existe diferencia estadística significativa de variación entre los 20 jueces para una $\alpha = 0,05$.

Calculando el valor de la varianza muestral del experimento:

$$\frac{S^2}{Y} = \sqrt{\frac{CM(E)}{n}} = \sqrt{\frac{0,72}{20}} = 0,19$$

Para estimar las Amplitudes Estudiantizadas de Duncan [AES (D)] con nivel de significancia $\alpha = 0,05$ se recurre a la tabla (Anexo F, Ureña D'Arrigo 1999).

Tabla C.13

Amplitudes estudiantizadas y límites de significación de Duncan

NUMERO DE PROMEDIOS	AES (D)	ALS (D)
2	2,833	0,5382
3	2,980	0,5662
4	3,077	0,5846

Fuente: Elaboración propia

Tabla C.14

Ordenamiento de promedios

I	II	III	IV
7,90	7,25	7,05	6,90
MB	MA	MD	MC

Fuente: Elaboración propia

Tabla C.15

Análisis de los tratamientos

TRATAMIENTOS	ANÁLISIS DE LOS VALORES	EFFECTOS
MB - MA	$7,90 - 7,25 = 0,65 > 0,5382$	Si hay diferencia significativa
MB - MC	$7,90 - 7,05 = 0,85 > 0,5662$	Si hay diferencia significativa
MB - MD	$7,90 - 6,90 = 1 > 0,5846$	Si hay diferencia significativa
MA - MC	$7,25 - 7,05 = 0,20 < 0,5382$	No hay diferencia significativa
MA - MD	$7,25 - 6,90 = 0,35 < 0,5662$	No hay diferencia significativa
MD - MC	$7,05 - 6,90 = 0,15 < 0,5846$	No hay diferencia significativa

Fuente: Elaboración propia

En la tabla C.15 se observa que existe diferencia significativa entre los tratamientos (MB – MA, MB – MC, MB - MD) que son significativos en comparación con las muestras (MA – MC, MA – MD, MD - MC) que no son significativos para un límite de confianza del 95%, pero analizando la muestra con mayor puntaje en la escala hedónica, se tomó la muestra MB como la mejor opción en cuanto al atributo textura.

ANEXO C.5

Tabla C.16

Puntuación de la evaluación sensorial para determinar el producto final en cuanto al atributo aroma

JUECES	MUESTRAS (ESCALA HEDÓNICA)				TOTAL Yi
	MA	MB	MC	MD	
1	8	8	8	9	33
2	6	7	6	6	25
3	6	7	9	8	30
4	5	7	6	6	24
5	6	7	5	7	25
6	6	7	5	6	24
7	5	6	5	5	21
8	6	7	5	5	23
9	5	6	5	5	21
10	8	8	8	9	33
11	5	8	5	6	24
12	6	6	6	5	23
13	6	5	6	6	23
14	5	5	5	5	20
15	7	8	8	8	31
16	7	8	7	7	29
17	8	7	6	6	27
18	6	5	6	5	22
19	8	9	7	8	32
20	7	8	6	5	26
X	6,30	6,95	6,20	6,35	25,8
$\sum Y_i$	126	139	124	127	516
$\sum Y_{ij}^2$	816	991	798	843	3448

Fuente: Elaboración propia

❖ **Suma de cuadrados de la muestra:**

$$SC(A) = \frac{126^2 + 139^2 + 124^2 + 127^2}{20} - \frac{(516)^2}{20 \cdot 4} = 6,9$$

❖ **Suma de cuadrados de los jueces:**

$$SC(B) = \frac{33^2 + \dots + 26^2}{4} - \frac{(516)^2}{20 \cdot 4} = 81,8$$

❖ **Suma de cuadrados totales:**

$$SC(T) = (8^2 + 6^2 + \dots + 8^2 + 5^2) - \frac{(516)^2}{20 \cdot 4} = 119,8$$

❖ **Suma de cuadrados del error:**

$$SC(E) = 119,8 - 81,8 - 6,9 = 31,1$$

Tabla C.17

Análisis de varianza para el atributo aroma

Fuente de variación (FV)	Suma de cuadrados (SC)	Grados de libertad (GL)	Cuadrados medios (CM)	Fisher calculado (Fcal)	Fisher tabulado (Ftab)
Total	119,8	79			
Muestras (A)	6,9	3	2,3	4,42	2,7676
Jueces (B)	81,8	19	4,30	8,26	1,7735
Error	31,1	57	0,52		

Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar en la tabla C.17 $F_{cal} > F_{tab}$ ($4,42 > 2,7676$) para las muestras, por lo tanto existe diferencia estadística significativa de variación entre los valores promedio de las muestras MA, MB, MC y MD para una $\alpha = 0,05$, esta condición nos indica la evidencia de recurrir a la prueba de Duncan.

Para el caso de los jueces, $F_{cal} > F_{tab}$ ($8,26 > 1,7735$), por tanto, si existe diferencia estadística significativa de variación entre los 20 jueces para una $\alpha = 0,05$.

Calculando el valor de la varianza muestral del experimento:

$$\frac{S^2}{Y} = \sqrt{\frac{CM(E)}{n}} = \sqrt{\frac{0,52}{20}} = 0,16$$

Para estimar las Amplitudes Estudiantizadas de Duncan [AES (D)] con nivel de significancia $\alpha = 0,05$ se recurre a la tabla (Anexo F, Ureña D'Arrigo 1999).

Tabla C.18

Amplitudes estudiantizadas y límites de significación de Duncan

NUMERO DE PROMEDIOS	AES (D)	ALS (D)
2	2,833	0,453
3	2,980	0,477
4	3,077	0,492

Fuente: Elaboración propia

Tabla C.19

Ordenamiento de promedios

I	II	III	IV
6,95	6,35	6,30	6,20
MB	MD	MA	MC

Fuente: Elaboración propia

Tabla C.20

Análisis de los tratamientos

TRATAMIENTOS	ANÁLISIS DE LOS VALORES	EFFECTOS
MB - MD	$6,95 - 6,35 = 0,6 > 0,453$	Si hay diferencia significativa
MB - MA	$6,95 - 6,30 = 0,65 > 0,477$	Si hay diferencia significativa
MB - MC	$6,95 - 6,20 = 0,75 > 0,492$	Si hay diferencia significativa
MD - MA	$6,35 - 6,30 = 0,05 > 0,453$	Si hay diferencia significativa
MD - MC	$6,35 - 6,20 = 0,15 < 0,477$	No hay diferencia significativa
MA - MC	$6,30 - 6,20 = 0,1 < 0,492$	No hay diferencia significativa

Fuente: Elaboración propia

En la tabla C.20 se observa que existe diferencia significativa entre los tratamientos (MB – MD, MB – MA, MB – MC, MD - MA) que son significativos en comparación con las muestras (MD – MC, MA - MC) que no son significativos para un límite de confianza del 95%, pero analizando la muestra con mayor puntaje en la escala hedónica, se tomó la muestra MB como la mejor opción en cuanto al atributo aroma.

Tabla C.21

Puntuación de la evaluación sensorial para comparar el producto final con la muestra patrón en cuanto al atributo color

JUECES	MUESTRAS (ESCALA HEDÓNICA)		TOTAL Y _i
	MA	MB	
1	6	8	14
2	7	9	16
3	6	8	14
4	5	8	13
5	5	8	13
6	5	8	13
7	7	9	16
8	7	7	14
9	6	8	14
10	7	8	15
11	7	8	15
12	8	8	16
13	7	8	15
14	7	8	15
15	6	8	14
X	6,40	8,07	14,47
∑Y _i	96	121	217
∑Y _{ij} ²	626	979	1605

Fuente: Elaboración propia

❖ **Suma de cuadrados de la muestra:**

$$SC(A) = \frac{96^2 + 121^2}{15} - \frac{(217)^2}{15 \cdot 2} = 20,83$$

❖ **Suma de cuadrados de los jueces:**

$$SC(B) = \frac{14^2 + \dots + 14^2}{2} - \frac{(217)^2}{15 \cdot 2} = 7,87$$

❖ **Suma de cuadrados totales:**

$$SC(T) = (6^2 + 7^2 + \dots + 8^2 + 8^2) - \frac{(217)^2}{15 \cdot 2} = 35,37$$

❖ **Suma de cuadrados del error:**

$$SC(E) = 35,37 - 20,83 - 7,87 = 6,67$$

Tabla C.22

Análisis de varianza para el atributo color

Fuente de variación (FV)	Suma de cuadrados (SC)	Grados de libertad (GL)	Cuadrados medios (CM)	Fisher calculado (Fcal)	Fisher tabulado (Ftab)
Total	6,67	29			
Muestras (A)	20,83	1	20,83	44,31	4,600
Jueces (B)	7,87	14	0,56	1,19	2,484
Error	6,67	14	0,47		

Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar en la tabla C.22 $F_{cal} > F_{tab}$ ($44,31 > 4,600$) para las muestras, por lo tanto existe diferencia estadística significativa de variación entre los valores promedio de las muestras MA y MB para una $\alpha = 0,05$, esta condición nos indica la evidencia de recurrir a la prueba de Duncan.

Para el caso de los jueces, $F_{cal} < F_{tab}$ ($1,19 < 2,484$), por tanto, no existe diferencia estadística significativa de variación entre los 15 jueces para una $\alpha = 0,05$.

Calculando el valor de la varianza muestral del experimento:

$$\frac{S^2}{Y} = \sqrt{\frac{CM(E)}{n}} = \sqrt{\frac{0,47}{15}} = 0,18$$

Para estimar las Amplitudes Estudiantizadas de Duncan [AES (D)] con nivel de significancia $\alpha = 0,05$ se recurre a la tabla (Anexo F, Ureña D'Arrigo 1999).

Tabla C.23

Amplitudes estudiantizadas y límites de significación de Duncan

NUMERO DE PROMEDIOS	AES (D)	ALS (D)
2	3,033	0,5459

Fuente: Elaboración propia

Tabla C.24

Ordenamiento de promedios

I	II
8,07	6,40
MB	MA

Fuente: Elaboración propia

Tabla C.25

Análisis de los tratamientos

TRATAMIENTOS	ANÁLISIS DE LOS VALORES	EFFECTOS
MB - MD	$8,07 - 6,40 = 1,67 > 0,5459$	Si hay diferencia significativa

Fuente: Elaboración propia

En la tabla C.25 se observa que existe diferencia significativa entre los tratamientos (MB – MA) que son significativos para un límite de confianza del 95%, pero analizando la muestra con mayor puntaje en la escala hedónica, se tomó la muestra MB como la mejor opción en cuanto al atributo textura en este análisis comparativo.

ANEXO C.7

Tabla C.26

Puntuación de la evaluación sensorial para comparar el producto final con la muestra patrón en cuanto al atributo sabor

JUECES	MUESTRAS (ESCALA HEDÓNICA)		TOTAL Y_i
	MA	MB	
1	7	8	15
2	8	8	16
3	7	9	16
4	6	8	14
5	7	9	16
6	8	9	17
7	8	9	17
8	7	8	15
9	7	8	15
10	7	7	14
11	5	8	13
12	8	8	16
13	6	8	14
14	7	9	16
15	6	9	15
X	6,93	8,33	15,27
$\sum Y_i$	104	125	229
$\sum Y_{ij}^2$	732	1047	1779

Fuente: Elaboración propia

❖ **Suma de cuadrados de la muestra:**

$$SC(A) = \frac{104^2 + 125^2}{15} - \frac{(229)^2}{15 \cdot 2} = 14,70$$

❖ **Suma de cuadrados de los jueces:**

$$SC(B) = \frac{15^2 + \dots + 15^2}{2} - \frac{(229)^2}{15 \cdot 2} = 9,47$$

❖ **Suma de cuadrados totales:**

$$SC(T) = (7^2 + 8^2 + \dots + 9^2 + 9^2) - \frac{(229)^2}{15 \cdot 2} = 30,97$$

❖ **Suma de cuadrados del error:**

$$SC(E) = 30,97 - 14,70 - 9,47 = 6,80$$

Tabla C.27

Análisis de varianza para el atributo sabor

Fuente de variación (FV)	Suma de cuadrados (SC)	Grados de libertad (GL)	Cuadrados medios (CM)	Fisher calculado (Fcal)	Fisher tabulado (Ftab)
Total	30,97	29			
Muestras (A)	14,70	1	14,70	30,00	4,600
Jueces (B)	9,47	14	0,68	1,39	2,484
Error	6,80	14	0,49		

Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar en la tabla C.27 $F_{cal} > F_{tab}$ ($30,00 > 4,600$) para las muestras, por lo tanto existe diferencia estadística significativa de variación entre los valores promedio de las muestras MA y MB para una $\alpha = 0,05$, esta condición nos indica la evidencia de recurrir a la prueba de Duncan.

Para el caso de los jueces, $F_{cal} < F_{tab}$ ($1,39 < 2,484$), por tanto, no existe diferencia estadística significativa de variación entre los 15 jueces para una $\alpha = 0,05$.

Calculando el valor de la varianza muestral del experimento:

$$\frac{S^2}{Y} = \sqrt{\frac{CM(E)}{n}} = \sqrt{\frac{0,49}{15}} = 0,18$$

Para estimar las Amplitudes Estudiantizadas de Duncan [AES (D)] con nivel de significancia $\alpha = 0,05$ se recurre a la tabla (Anexo F, Ureña D'Arrigo 1999).

Tabla C.28

Amplitudes estudiantizadas y límites de significación de Duncan

NÚMERO DE PROMEDIOS	AES (D)	ALS (D)
2	3,033	0,5459

Fuente: Elaboración propia

Tabla C.29

Ordenamiento de promedios

I	II
8,33	6,93
MB	MA

Fuente: Elaboración propia

Tabla C.30

Análisis de los tratamientos

TRATAMIENTOS	ANÁLISIS DE LOS VALORES	EFFECTOS
MB - MA	$8,33 - 6,93 = 1,40 > 6,93$	Si hay diferencia significativa

Fuente: Elaboración propia

En la tabla C.30 se observa que existe diferencia significativa entre los tratamientos (MB – MA) que son significativos para un límite de confianza del 95%, pero analizando la muestra con mayor puntaje en la escala hedónica, se tomó la muestra MB como la mejor opción en cuanto al atributo textura en este análisis comparativo.

ANEXO C.8

Tabla C.31

Puntuación de la evaluación sensorial para comparar el producto final con la muestra patrón en cuanto al atributo textura

JUECES	MUESTRAS (ESCALA HEDÓNICA)		TOTAL Y_i
	MA	MB	
1	8	7	15
2	7	8	15
3	7	9	16
4	6	8	14
5	9	8	17
6	4	8	12
7	7	8	15
8	7	7	14
9	7	6	13
10	8	7	15
11	6	5	11
12	9	7	16
13	5	7	12
14	8	7	15
15	7	8	15
X	7,00	7,33	14,33
ΣY_i	105	110	215
ΣY_{ij}^2	761	820	1581

Fuente: Elaboración propia

❖ **Suma de cuadrados de la muestra:**

$$SC(A) = \frac{105^2 + 110^2}{15} - \frac{(215)^2}{15 \cdot 2} = 0,83$$

❖ **Suma de cuadrados de los jueces:**

$$SC(B) = \frac{15^2 + \dots + 15^2}{2} - \frac{(215)^2}{15 \cdot 2} = 19,67$$

❖ **Suma de cuadrados totales:**

$$SC(T) = (8^2 + 7^2 + \dots + 7^2 + 8^2) - \frac{(215)^2}{15 \cdot 2} = 40,17$$

❖ **Suma de cuadrados del error:**

$$SC(E) = 40,17 - 0,83 - 19,67 = 19,67$$

Tabla C.32

Análisis de varianza para el atributo textura

Fuente de variación (FV)	Suma de cuadrados (SC)	Grados de libertad (GL)	Cuadrados medios (CM)	Fisher calculado (Fcal)	Fisher tabulado (Ftab)
Total	40,17	29			
Muestras (A)	0,83	1	0,83	0,59	4,600
Jueces (B)	19,67	14	1,405	1,00	2,484
Error	19,67	14	1,405		

Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar en la tabla C.32 $F_{cal} < F_{tab}$ ($0,59 < 4,600$) para las muestras, por lo tanto no existe diferencia estadística significativa de variación entre los valores promedio de las muestras MA y MB para una $\alpha = 0,05$.

Para el caso de los jueces, $F_{cal} < F_{tab}$ ($1,00 < 2,484$), por tanto, no existe diferencia estadística significativa de variación entre los 15 jueces para una $\alpha = 0,05$.

ANEXO C.9

Tabla C.33

Puntuación de la evaluación sensorial para comparar el producto final con la muestra patrón en cuanto al atributo aroma

JUECES	MUESTRAS (ESCALA HEDÓNICA)		TOTAL Y_i
	MA	MB	
1	6	7	13
2	7	8	15
3	8	7	15
4	6	8	14
5	7	9	16
6	5	6	11
7	8	7	15
8	7	7	14
9	6	7	13
10	7	7	14
11	5	7	12
12	8	8	16
13	7	8	15
14	7	8	15
15	5	5	10
X	6,60	7,27	13,87
ΣY_i	99	109	208
ΣY_{ij}^2	669	805	1474

Fuente: Elaboración propia

❖ **Suma de cuadrados de la muestra:**

$$SC(A) = \frac{99^2 + 109^2}{15} - \frac{(208)^2}{15 \cdot 2} = 3,33$$

❖ **Suma de cuadrados de los jueces:**

$$SC(B) = \frac{15^2 + \dots + 15^2}{2} - \frac{(208)^2}{15 \cdot 2} = 21,87$$

❖ **Suma de cuadrados totales:**

$$SC(T) = (7^2 + 8^2 + \dots + 9^2 + 9^2) - \frac{(208)^2}{15 \cdot 2} = 31,86$$

❖ **Suma de cuadrados del error:**

$$SC(E) = 31,86 - 3,33 - 21,87 = 6,66$$

Tabla C.34

Análisis de varianza para el atributo aroma

Fuente de variación (FV)	Suma de cuadrados (SC)	Grados de libertad (GL)	Cuadrados medios (CM)	Fisher calculado (Fcal)	Fisher tabulado (Ftab)
Total	31,86	29			
Muestras (A)	3,33	1	3,33	6,94	4,600
Jueces (B)	21,87	14	1,56	3,25	2,484
Error	6,66	14	0,48		

Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar en la tabla C.34 $F_{cal} > F_{tab}$ ($6,94 > 4,600$) para las muestras, por lo tanto existe diferencia estadística significativa de variación entre los valores promedio de las muestras MA y MB para una $\alpha = 0,05$, esta condición nos indica la evidencia de recurrir a la prueba de Duncan.

Para el caso de los jueces, $F_{cal} > F_{tab}$ ($3,25 > 2,484$), por tanto, existe diferencia estadística significativa de variación entre los 15 jueces para una $\alpha = 0,05$.

Calculando el valor de la varianza muestral del experimento:

$$\frac{S^2}{Y} = \sqrt{\frac{CM(E)}{n}} = \sqrt{\frac{0,48}{15}} = 0,18$$

Para estimar las Amplitudes Estudiantizadas de Duncan [AES (D)] con nivel de significancia $\alpha = 0,05$ se recurre a la tabla (Anexo F, Ureña D'Arrigo 1999).

Tabla C.35

Amplitudes estudiantizadas y límites de significación de Duncan

NUMERO DE PROMEDIOS	AES (D)	ALS (D)
2	3,033	0,5459

Fuente: Elaboración propia

Tabla C.36

Ordenamiento de promedios

I	II
7,27	6,60
MB	MA

Fuente: Elaboración propia

Tabla C.37

Análisis de los tratamientos

Tratamientos	Análisis de los valores	Efectos
MB - MD	$7,27 - 6,60 = 0,67 > 0,5459$	Si hay diferencia significativa

Fuente: Elaboración propia

En la tabla C.37 se observa que existe diferencia significativa entre los tratamientos (MB – MA) que son significativos para un límite de confianza del 95%, pero analizando la muestra con mayor puntaje en la escala hedónica, se tomó la muestra MB como la mejor opción en cuanto al atributo textura en este análisis comparativo.

ANEXO C.10

Tabla C.38

Puntuación de la evaluación sensorial para determinar los atributos sensoriales del producto final

JUECES	MUESTRAS (ESCALA HEDÓNICA)				TOTAL Y _i
	COLOR	SABOR	TEXTURA	AROMA	
1	7	7	8	6	28
2	8	8	8	8	32
3	9	8	9	8	34
4	8	8	8	7	31
5	8	8	8	8	32
6	7	7	6	5	25
7	8	9	8	7	32
8	8	7	8	7	30
9	8	9	9	8	34
10	8	8	9	7	32
11	8	8	7	8	31
12	7	6	7	7	27
13	7	8	8	8	31
14	8	6	8	8	30
15	8	8	7	8	31
X	7,80	7,67	7,87	7,33	30,67
∑Y _i	117	115	118	110	460
∑Y _{ij} ²	917	893	938	818	3566

Fuente: Elaboración propia

❖ **Suma de cuadrados de la muestra:**

$$SC(A) = \frac{117^2 + 115^2 + 118^2 + 110^2}{15} - \frac{(460)^2}{15 \cdot 4} = 2,53$$

❖ **Suma de cuadrados de los jueces:**

$$SC(B) = \frac{28^2 + \dots + 31^2}{4} - \frac{(460)^2}{15 \cdot 4} = 20,83$$

❖ **Suma de cuadrados totales:**

$$SC(T) = (7^2 + 8^2 + \dots + 8^2 + 8^2) - \frac{(460)^2}{15 \cdot 4} = 39,33$$

❖ **Suma de cuadrados del error:**

$$SC(E) = 39,33 - 2,53 - 20,83 = 15,97$$

Tabla C.39

Análisis de varianza para el producto final

Fuente de variación (FV)	Suma de cuadrados (SC)	Grados de libertad (GL)	Cuadrados medios (CM)	Fisher calculado (Fcal)	Fisher tabulado (Ftab)
Total	39,33	59			
Muestras (A)	2,53	3	0,84	2,21	2,829
Jueces (B)	20,83	14	1,48	3,89	1,937
Error	15,97	42	0,38		

Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar en la tabla C.39 $F_{cal} < F_{tab}$ ($2,21 < 2,829$) para las muestras, por lo tanto no existe diferencia estadística significativa de variación entre los valores promedio de las muestras MA, MB, MC y MD para una $\alpha = 0,05$.

Para el caso de los jueces, $F_{cal} < F_{tab}$ ($1,37 < 1,7735$), por tanto, existe diferencia estadística significativa de variación entre los 15 jueces para una $\alpha = 0,05$.

ANEXO D.1

DISEÑO EXPERIMENTAL EN LA ETAPA DE ELABORACIÓN DEL YOGUR

Según Ureña D'Arrigo para la realización del diseño experimental se deben seguir los siguientes pasos:

1.- Planteamiento de la hipótesis

- H0: No hay diferencia significativa entre los factores.
- H1: Al menos una variable es diferente a las demás.

2.- Nivel de significancia: 0.05 (5%)

3.- Prueba de significancia: F de Fisher

4.- Suposiciones:

- Los datos siguen una distribución Normal ($\sim N$).
- Los datos son extraídos completamente al azar.

Se procede al planteamiento de la matriz experimental de las variables A y B del diseño experimental y los niveles de variación de los factores.

Tabla D.1

Matriz experimental para la elaboración del yogur

CORRIDAS	COMBINACION DE TRATAMIENTOS	FACTORES		INTERACCIÓN	RESPUESTAS
		AZ	T	AZ T	Y_i
1	1	-	-	+	Y_1
2	a	+	-	-	Y_2
3	b	-	+	-	Y_3
4	ab	+	+	+	Y_4

Fuente: Elaboración propia

Tabla D.2

Diseño experimental en la elaboración del yogur

CORRIDAS	AZ	T	REPLICA Y₁	REPLICA Y₂	Y_i	Ȳ
1	80	3	62	61	123	61,50
AZ	100	3	62	60	122	61,00
T	80	4	64	65	129	64,50
AZ T	100	4	66	66	132	66,00

Fuente: Elaboración propia

Donde:

AZ = Azúcar (gr)

T = Tiempo (h)

Y = Acidez (°Dornic)

Para la interacción de los efectos promedios de los factores principales e interacciones al azar se utiliza:

EFFECTOS:

$$A = \frac{1}{2n} [a - (1) + ab - b]$$

$$A = \frac{1}{2*2} [122 - 123 + 132 - 129]$$

$$A = 0,50$$

$$B = \frac{1}{2n} [b - (1) + ab - a]$$

$$B = \frac{1}{2*2} [129 - (123) + 132 - 122]$$

$$B = 4$$

$$AB = \frac{1}{2n} [ab - b - a + (1)]$$

$$AB = \frac{1}{2*2} [132 - 129 - 122 + 123]$$

$$AB = 1$$

CONTRASTES:

$$\text{Contraste}_A = [a - (1) + ab - b]$$

$$\text{Contraste}_A = [122 - 123 + 132 - 129] = 2$$

$$\text{Contraste}_B = [b + ab - (1) - a]$$

$$\text{Contraste}_B = [129 + 132 - 123 - 122] = 16$$

$$\text{Contraste}_{AB} = [ab - b - a + (1)]$$

$$\text{Contraste}_{AB} = [132 - 129 - 122 + 123] = 4$$

SUMA DE CUADRADOS

$$SS_A = \frac{1}{4n} [a - (1) + ab - b]^2$$

$$SS_A = \frac{1}{4 \cdot 2} [122 - 123 + 132 - 129]^2 = 0,50$$

$$SS_B = \frac{1}{4n} [b + ab - (1) - a]^2$$

$$SS_B = \frac{1}{4 \cdot 2} [129 + 132 - 123 - 122]^2 = 32$$

$$SS_{AB} = \frac{1}{4n} [ab - b - a + (1)]^2$$

$$SS_{AB} = \frac{1}{4 \cdot 2} [132 - 129 - 122 + 123]^2 = 2$$

SUMA DE CUADRADO TOTAL

$$SS_T = (62^2 + 61^2 + 62^2 + 60^2 + 64^2 + 65^2 + 66^2 + 66^2) - [(62 + 61 + 62 + 60 + 64 + 65 + 66 + 66)^2 / 4 \cdot 2]$$

$$SS_T = 32042 - 32004.5 = 37,50$$

SUMA DEL CUADRADO DEL ERROR

$$SS_E = SS_T - SS_A - SS_B - SS_{AB}$$

$$SS_E = 37,5 - 32 - 2 - 0,5 = 3$$

Construyendo el cuadro ANVA, análisis de varianza del diseño experimental.

Tabla D.3

Análisis de varianza para las variables de elaboración de yogur

FUENTE DE VARIACION	SUMA DE CUADRADOS	GRADOS DE LIBERTAD	MEDIA DE CUADRADOS	F CALCULADO	F TABULADO	INFLUENCIA
Total	37,50	7				
Factor a	0,50	1	0,50	0,67	7,709	NO
Factor b	32	1	32	42,67	7,709	SI
Interacción ab	2	1	2	2,67	7,709	NO
Error	3	4	0,75			

Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar en la tabla D.3, el factor tiempo (T) es una variable muy significativa debido a que influye directamente en el porcentaje de acidez en el proceso de elaboración de yogur, mientras no son significativos el factor azúcar (AZ) y la interacción (AZ T) para un límite de confianza del 95%, por lo tanto se procede a recurrir a la prueba de Duncan.

Calculando el valor de la varianza muestral del experimento:

$$\frac{S^2}{Y} = \sqrt{\frac{CM(E)}{n}} = \sqrt{\frac{0,75}{2}} = 0,612$$

Para estimar las Amplitudes Estudiantizadas de Duncan [AES (D)] con nivel de significancia $\alpha = 0,01$ se recurre a la tabla (Anexo F, Ureña D'Arrigo 1999).

Tabla D.4

Amplitudes estudiantizadas y límites de significación de Duncan

NÚMERO DE PROMEDIOS	AES (D)	ALS (D)
2	4,949	3,028
3	5,145	3,148
4	5,260	3,219

Fuente: Elaboración propia

Tabla D.5

Ordenamiento de promedios

I	II	III	IV
66	64,50	61,50	61
ab	b	1	a
MA	MB	MC	MD

Fuente: Elaboración propia

Tabla D.6
Análisis de los tratamientos

TRATAMIENTOS	ANÁLISIS DE LOS VALORES	EFECTOS
MA - MB	$66 - 64,50 = 1,50 < 3,028$	No hay diferencia significativa
MA - MC	$66 - 61,50 = 4,50 > 3,148$	Si hay diferencia significativa
MA - MD	$66 - 61 = 5 > 3,219$	Si hay diferencia significativa
MB - MC	$64,50 - 61,50 = 3 < 3,028$	No hay diferencia significativa
MB - MD	$64,50 - 61 = 3,50 > 3,148$	Si hay diferencia significativa
MC - MD	$61,50 - 61 = 0,50 < 3,219$	No hay diferencia significativa

Fuente: Elaboración propia

En la tabla D.6 se observa que existe diferencia significativa entre los tratamientos (MA – MC, MA – MD, MB – MD) que son significativas en comparación con las muestras (MA – MB, MB – MC, MC – MD) que no son significativos para un límite de confianza del 95%, pero analizando la muestra con mayor porcentaje de acidez y siendo esta variable importante para el proceso, se tomó la muestra MA como la mejor opción.

ANEXO D.2

DISEÑO EXPERIMENTAL EN LA ETAPA DE DOSIFICACIÓN DEL MIX DEL HELADO

Según Ureña D'Arrigo para la realización del diseño experimental se deben seguir los siguientes pasos:

Planteamiento de la hipótesis

- H0: No hay diferencia significativa entre los factores.
- H1: Al menos una variable es diferente a las demás.

Nivel de significancia: 0.05 (5%)

Prueba de significancia: F de Fisher

Suposiciones:

- Los datos siguen una distribución Normal ($\sim N$).
- Los datos son extraídos completamente al azar.

Se procede al planteamiento de la matriz experimental de las variables A y B del diseño experimental y los niveles de variación de los factores.

Tabla D.7

Matriz experimental en la elaboración del mix del helado variable grados Brix

CORRIDAS	COMBINACION DE TRATAMIENTOS	FACTORES		INTERACCIÓN	RESPUESTAS
		ES	CR	ES CR	Y_i
1	1	-	-	+	Y_1
2	a	+	-	-	Y_2
3	b	-	+	-	Y_3
4	ab	+	+	+	Y_4

Fuente: Elaboración propia

Tabla D.8

Diseño experimental en la elaboración del mix del helado variable grados Brix

CORRIDAS	ES	CR	REPLICA Y₁	REPLICA Y₂	Y_i
1	4	80	28	28	56
ES	5	80	28	30	58
CR	4	90	27	28	55
ES CR	5	90	28	28	56

Fuente: Elaboración propia

Donde:

ES = Estabilizante (gr)

CR = Crema (gr)

Y = Grados Brix

Para la interacción de los efectos promedios de los factores principales e interacciones al azar se utiliza:

EFFECTOS:

$$A = \frac{1}{2n} [a - (1) + ab - b]$$

$$A = \frac{1}{2*2} [58 - 56 + 56 - 55]$$

$$A = 0,75$$

$$B = \frac{1}{2n} [b - (1) + ab - a]$$

$$B = \frac{1}{2*2} [55 - 56 + 56 - 58]$$

$$B = - 0,75$$

$$AB = \frac{1}{2n} [ab - b - a + (1)]$$

$$AB = \frac{1}{2*2} [56 - 55 - 58 + 56]$$

$$AB = - 0,25$$

CONTRASTES:

$$\text{Contraste}_A = [a - (1) + ab - b]$$

$$\text{Contraste}_A = [58 - 56 + 56 - 55] = 3$$

$$\text{Contraste}_B = [b + ab - (1) - a]$$

$$\text{Contraste}_B = [55 + 56 - 56 - 58] = -3$$

$$\text{Contraste}_{AB} = [ab - b - a + (1)]$$

$$\text{Contraste}_{AB} = [56 - 55 - 58 + 56] = -1$$

SUMA DE CUADRADOS

$$SS_A = \frac{1}{4n} [a - (1) + ab - b]^2$$

$$SS_A = \frac{1}{4*2} [58 - 56 + 56 - 55]^2 = 1,13$$

$$SS_B = \frac{1}{4n} [b + ab - (1) - a]^2$$

$$SS_B = \frac{1}{4*2} [55 + 56 - 56 - 58]^2 = 1,13$$

$$SS_{AB} = \frac{1}{4n} [ab - b - a + (1)]^2$$

$$SS_{AB} = \frac{1}{4*2} [56 - 55 - 58 + 56]^2 = 0,13$$

SUMA DE CUADRADO TOTAL

$$SS_T = (28^2 + 28^2 + 28^2 + 30^2 + 27^2 + 28^2 + 28^2 + 28^2) - [(28 + 28 + 28 + 30 + 27 + 28 + 28 + 28)^2 / 4 \cdot 2]$$

$$SS_T = 6333 - 6328.13 = 4,87$$

SUMA DEL CUADRADO DEL ERROR

$$SS_E = SS_T - SS_A - SS_B - SS_{AB}$$

$$SS_E = 2,48$$

Construyendo el cuadro ANVA, análisis de varianza del diseño experimental.

Tabla D.9

Análisis de varianza para las variables de elaboración del mix del helado

FUENTE DE VARIACION	SUMA DE CUADRADOS	GRADOS DE LIBERTAD	MEDIA DE CUADRADOS	F CALCULADO	F TABULADO	INFLUENCIA
Total	4,87	7				
Factor a	1,13	1	1,13	1,82	7,709	NO
Factor b	1,13	1	1,13	1,82	7,709	NO
Interacción ab	0,13	1	0,13	0,20	7,709	NO
Error	2,48	4	0,62			

Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar en la tabla D.9, los factores: estabilizante (ES), crema de leche (CR) y la interacción ES CR no son variables significativas que afectan el

porcentaje de grados Brix en la elaboración del mix del helado para un límite de confianza del 95%.

Tabla D.10

Diseño experimental en la elaboración del mix del helado variable materia grasa

CORRIDAS	ES	CR	REPLICA Y₁	REPLICA Y₂	Y_i	Ȳ
1	4	80	6,30	6,10	12,40	6,20
ES	5	80	6,60	6,50	13,10	6,55
CR	4	90	6,60	6,70	13,30	6,65
ES CR	5	90	6,80	6,90	13,70	6,85

Fuente: Elaboración propia

Donde:

ES = Estabilizante (gr)

CR = Crema (gr)

Y = Materia Grasa (%)

Para la interacción de los efectos promedios de los factores principales e interacciones al azar se utiliza:

EFECTOS:

$$A = \frac{1}{2n} [a - (1) + ab - b]$$

$$A = \frac{1}{2 \cdot 2} [13,1 - 12,4 + 13,7 - 13,3]$$

$$A = 0,275$$

$$B = \frac{1}{2n} [b - (1) + ab - a]$$

$$B = \frac{1}{2 \cdot 2} [13,3 - 12,4 + 13,7 - 13,1]$$

$$B = 0,275$$

$$AB = \frac{1}{2n} [ab - b - a + (1)]$$

$$AB = \frac{1}{2*2} [13,7 - 13,3 - 13,1 + 12,4]$$

$$AB = -0,075$$

CONTRASTES:

$$\text{Contraste}_A = [a - (1) + ab - b]$$

$$\text{Contraste}_A = [13,2 - 12,4 + 13,7 - 13,3] = 1,20$$

$$\text{Contraste}_B = [b + ab - (1) - a]$$

$$\text{Contraste}_B = [13,3 + 13,7 - 12,4 - 13,1] = 1,50$$

$$\text{Contraste}_{AB} = [ab - b - a + (1)]$$

$$\text{Contraste}_{AB} = [13,7 - 13,3 - 13,1 + 12,4] = -0,30$$

SUMA DE CUADRADOS

$$SS_A = \frac{1}{4n} [a - (1) + ab - b]^2$$

$$SS_A = \frac{1}{4*2} [13,1 - 12,4 + 13,7 - 13,3]^2 = 0,15$$

$$SS_B = \frac{1}{4n} [b + ab - (1) - a]^2$$

$$SS_B = \frac{1}{4*2} [13,3 + 13,7 - 12,4 - 13,1]^2 = 0,28$$

$$SS_{AB} = \frac{1}{4n} [ab - b - a + (1)]^2$$

$$SS_{AB} = \frac{1}{4*2} [13,7 - 13,3 - 13,1 + 12,4]^2 = 0,01$$

SUMA DE CUADRADO TOTAL

$$SS_T = (6,3^2 + 6,1^2 + 6,6^2 + 6,5^2 + 6,6^2 + 6,7^2 + 6,8^2 + 6,9^2) - [(6,3 + 6,1 + 6,6 + 6,5 + 6,6 + 6,7 + 6,8 + 6,9)^2 / 4 * 2]$$

$$SS_T = 345,01 - 344,53 = 0,48$$

SUMA DEL CUADRADO DEL ERROR

$$SS_E = SS_T - SS_A - SS_B - SS_{AB}$$

$$SS_E = 0,04$$

Construyendo el cuadro ANVA, análisis de varianza del diseño experimental.

Tabla D.11

Análisis de varianza para las variables de elaboración del mix del helado

FUENTE DE VARIACION	SUMA DE CUADRADOS	GRADOS DE LIBERTAD	MEDIA DE CUADRADOS	F CALCULADO	F TABULADO	INFLUENCIA
Total	0,48	7				
Factor a	0,15	1	0,15	15	7,709	SI
Factor b	0,28	1	0,28	28	7,709	SI
Interacción ab	0,01	1	0,01	1	7,709	NO
Error	0,04	4	0,01			

Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar en la tabla D.11, el factor crema de leche (CR) es una variable muy significativa debido a que influye directamente en el porcentaje de materia grasa en la elaboración del mix del helado, mientras no son significativos el

factor estabilizante (ES) y la interacción (ES CR) para un límite de confianza del 95%, por lo tanto se recurre a la prueba de Duncan.

Calculando el valor de la varianza muestral del experimento:

$$\frac{S^2}{Y} = \sqrt{\frac{CM(E)}{n}} = \sqrt{\frac{0,01}{2}} = 0,07$$

Para estimar las Amplitudes Estudiantizadas de Duncan [AES (D)] con nivel de significancia $\alpha = 0,01$ se recurre a la tabla (Anexo F, Ureña D'Arrigo 1999).

Tabla D.12

Amplitudes estudiantizadas y límites de significación de Duncan

NÚMERO DE PROMEDIOS	AES (D)	ALS (D)
2	4,949	0,346
3	5,145	0,360
4	5,260	0,368

Fuente: Elaboración propia

Tabla D.13

Ordenamiento de promedios

I	II	III	IV
6,85	6,65	6,55	6,20
ab	b	a	1
MA	MB	MC	MD

Fuente: Elaboración propia

Tabla D.14**Análisis de los tratamientos**

TRATAMIENTOS	ANÁLISIS DE LOS VALORES	EFFECTOS
MA - MB	$6,85 - 6,65 = 0,20 < 0,346$	No hay diferencia significativa
MA - MC	$6,85 - 6,55 = 0,30 < 0,360$	Si hay diferencia significativa
MA - MD	$6,85 - 6,20 = 0,65 > 0,368$	Si hay diferencia significativa
MB - MC	$6,65 - 6,55 = 0,10 < 0,346$	Si hay diferencia significativa
MB - MD	$6,65 - 6,20 = 0,45 > 0,360$	Si hay diferencia significativa
MC - MD	$6,55 - 6,20 = 0,35 < 0,368$	No hay diferencia significativa

Fuente: Elaboración propia

En la tabla D.14 se observa que existe diferencia significativa entre los tratamientos (MA – MD, MB – MD) que son significativas en comparación con las muestras (MA – MB, MA – MC, MB – MC, MC – MD) que no son significativos para un límite de confianza del 95%, pero analizando la muestra con mayor porcentaje de materia grasa y siendo esta variable importante para el proceso, se tomó la muestra MA como la mejor opción.

Tabla D.15**Diseño experimental en la elaboración del mix del helado variable densidad**

CORRIDAS	ES	CR	REPLICA Y ₁	REPLICA Y ₂	Y _i
1	4	80	1,11	1,10	2,21
ES	5	80	1,12	1,11	2,23
CR	4	90	1,10	1,11	2,21
ES CR	5	90	1,12	1,13	2,25

Fuente: Elaboración propia

Donde:

ES = Estabilizante (gr)

CR = Crema (gr)

Y = Densidad (gr/ml)

Para la interacción de los efectos promedios de los factores principales e interacciones al azar se utiliza:

EFFECTOS:

$$A = \frac{1}{2n} [a - (1) + ab - b]$$

$$A = \frac{1}{2*2} [2,23 - 2,21 + 2,25 - 2,21]$$

$$A = 0,015$$

$$B = \frac{1}{2n} [b - (1) + ab - a]$$

$$B = \frac{1}{2*2} [2,21 - 2,21 + 2,25 - 2,23]$$

$$B = 0,005$$

$$AB = \frac{1}{2n} [ab - b - a + (1)]$$

$$AB = \frac{1}{2*2} [2,25 - 2,21 - 2,23 + 2,21]$$

$$AB = 0.005$$

CONTRASTES:

$$\text{Contraste } A = [a - (1) + ab - b]$$

$$\text{Contraste } A = [2,23 - 2,21 + 2,25 - 2,21] = 0,06$$

$$\text{Contraste } B = [b + ab - (1) - a]$$

$$\text{Contraste } B = [2,21 + 2,25 - 2,21 - 2,23] = 0,02$$

$$\text{Contraste } AB = [ab - b - a + (1)]$$

$$\text{Contraste } AB = [2,25 - 2,21 - 2,23 + 2,21] = 0,02$$

SUMA DE CUADRADOS

$$SS_A = \frac{1}{4n} [a - (1) + ab - b]^2$$

$$SS_A = \frac{1}{4*2} [2,23 - 2,21 + 2,25 - 2,21]^2 = 0,00045$$

$$SS_B = \frac{1}{4n} [b + ab - (1) - a]^2$$

$$SS_B = \frac{1}{4*2} [2,21 + 2,25 - 2,21 - 2,23]^2 = 0,00005$$

$$SS_{AB} = \frac{1}{4n} [ab - b - a + (1)]^2$$

$$SS_{AB} = \frac{1}{4*2} [2,25 - 2,21 - 2,23 + 2,21]^2 = 0,00005$$

SUMA DE CUADRADO TOTAL

$$SS_T = (1,11^2 + 1,10^2 + 1,12^2 + 1,11^2 + 1,10^2 + 1,11^2 + 1,12^2 + 1,13^2) - [(1,11 + 1,10 + 1,12 + 1,11 + 1,10 + 1,11 + 1,12 + 1,13)^2 / 4*2]$$

$$SS_T = 9,902 - 9,901 = 0,001$$

SUMA DEL CUADRADO DEL ERROR

$$SS_E = SS_T - SS_A - SS_B - SS_{AB}$$

$$SS_E = 0,00045$$

Construyendo el cuadro ANVA, análisis de varianza del diseño experimental.

Tabla D.16

Análisis de varianza para las variables de elaboración del mix del helado

FUENTE DE VARIACION	SUMA DE CUADRADOS	GRADOS DE LIBERTAD	MEDIA DE CUADRADOS	F CALCULADO	F TABULADO	INFLUENCIA
Total	0,001	7				
Factor a	0,00045	1	0,00045	4,00	7,709	NO
Factor b	0,00005	1	0,00005	0,44	7,709	NO
Interacción ab	0,00005	1	0,00005	0,44	7,709	NO
Error	0,00045	4	0,0001125			

Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar en la tabla D.16, los factores: estabilizante (ES), crema de leche (CR) y la interacción (ES CR) no son variables significativas que afectan en la densidad en la elaboración del mix del helado para un límite de confianza del 95%.

Tabla D.17

Diseño experimental en la elaboración del mix del helado variable solidos no grasos

CORRIDAS	ES	CR	REPLICA Y ₁	REPLICA Y ₂	Y _i	Ȳ
1	4	80	29,38	26,84	56,22	28,11
ES	5	80	31,94	29,42	61,36	30,68
CR	4	90	26,94	29,46	56,40	28,20
ES CR	5	90	31,98	34,50	66,48	33,24

Fuente: Elaboración propia

Donde:

ES = Estabilizante (gr)

CR = Crema (gr)

Y = SNG (%)

Los sólidos no grasos se calculan a partir de la fórmula de Richmond:

$$\%SNG = [(D-1)*250] + (\%G*0.2) + 0.62$$

Donde:

%SNG = Porcentaje de sólidos no grasos

D = Densidad del mix

%G = Porcentaje de grasa del mix

Para la interacción de los efectos promedios de los factores principales e interacciones al azar se utiliza:

EFFECTOS:

$$A = \frac{1}{2n} [a - (1) + ab - b]$$

$$A = \frac{1}{2*2} [61,36 - 56,22 + 66,48 - 56,40]$$

$$A = 3,81$$

$$B = \frac{1}{2n} [b - (1) + ab - a]$$

$$B = \frac{1}{2*2} [56,40 - 56,22 + 66,48 - 61,36]$$

$$B = 1,33$$

$$AB = \frac{1}{2n} [ab - b - a + (1)]$$

$$AB = \frac{1}{2*2} [66,48 - 56,40 - 61,36 + 56,22]$$

$$AB = 1,24$$

CONTRASTES:

$$\text{Contraste } A = [a - (1) + ab - b]$$

$$\text{Contraste}_A = [61,36 - 56,22 + 66,48 - 56,40] = 15,22$$

$$\text{Contraste}_B = [b + ab - (1) - a]$$

$$\text{Contraste}_B = [56,40 + 66,48 - 56,22 - 61,36] = 5,30$$

$$\text{Contraste}_{AB} = [ab - b - a + (1)]$$

$$\text{Contraste}_{AB} = [66,48 - 56,40 - 61,36 + 56,22] = 4,94$$

SUMA DE CUADRADOS

$$SS_A = \frac{1}{4n} [a - (1) + ab - b]^2$$

$$SS_A = \frac{1}{4*2} [61,36 - 56,22 + 66,48 - 56,40]^2 = 28,95$$

$$SS_B = \frac{1}{4n} [b + ab - (1) - a]^2$$

$$SS_B = \frac{1}{4*2} [56,40 + 66,48 - 56,22 - 61,36]^2 = 3,51$$

$$SS_{AB} = \frac{1}{4n} [ab - b - a + (1)]^2$$

$$SS_{AB} = \frac{1}{4*2} [66,48 - 56,40 - 61,36 + 56,22]^2 = 3,05$$

SUMA DE CUADRADO TOTAL

$$SS_T = (29,38^2 + 26,84^2 + 31,94^2 + 29,42^2 + 26,94^2 + 29,46^2 + 31,98^2 + 34,50^2) - [(29,38 + 26,84 + 31,94 + 29,42 + 26,94 + 29,46 + 31,98 + 34,50)^2 / 4*2]$$

$$SS_T = 7275,90 - 7227,63 = 48,27$$

SUMA DEL CUADRADO DEL ERROR

$$SS_E = SS_T - SS_A - SS_B - SS_{AB}$$

$$SS_E = 48,27 - 28,95 - 3,51 - 3,05 = 12,76$$

Construyendo el cuadro ANVA, análisis de varianza del diseño experimental.

Tabla D.18

Análisis de varianza para las variables de elaboración del mix del helado

FUENTE DE VARIACION	SUMA DE CUADRADOS	GRADOS DE LIBERTAD	MEDIA DE CUADRADOS	F CALCULADO	F TABULADO	INFLUENCIA
Total	48,27	7				
Factor a	28,95	1	28,95	9,08	7,709	SI
Factor b	3,51	1	3,51	1,10	7,709	NO
Interacción ab	3,05	1	3,05	0,96	7,709	NO
Error	12,76	4	3,19			

Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar en la tabla D.18, el factor estabilizante (ES) es una variable muy significativa debido a que influye directamente en el porcentaje de sólidos no grasos en la elaboración del mix del helado, mientras no son significativos el factor crema de leche (CR) y la interacción (ES CR) para un límite de confianza del 95%, por lo tanto se recurre a la prueba de Duncan.

Calculando el valor de la varianza muestral del experimento:

$$\frac{S^2}{Y} = \sqrt{\frac{CM(E)}{n}} = \sqrt{\frac{3,19}{2}} = 1,26$$

Para estimar las Amplitudes Estudiantizadas de Duncan [AES (D)] con nivel de significancia $\alpha = 0,01$ se recurre a la tabla (Anexo F, Ureña D'Arrigo 1999).

Tabla D.19

Amplitudes estudiantizadas y límites de significación de Duncan

NÚMERO DE PROMEDIOS	AES (D)	ALS (D)
2	4,949	6,25
3	5,145	6,48
4	5,260	6,63

Fuente: Elaboración propia

Tabla D.20

Ordenamiento de promedios

I	II	III	IV
33,24	30,68	28,20	28,11
ab	b	a	(1)
MA	MB	MC	MD

Fuente: Elaboración propia

En la tabla D.21 se observa que no existe diferencia significativa entre los tratamientos (MA – MB, MA – MC, MA – MD, MB – MC, MB – MD, MC – MD) para un límite de confianza del 95%, pero analizando el diseño experimental (Tabla D.16) el factor b correspondiente al estabilizante es un factor influyente en el proceso.

Tabla D.21

Análisis de los tratamientos

TRATAMIENTOS	ANÁLISIS DE LOS VALORES	EFFECTOS
MA - MB	$33,24 - 30,68 = 2,56 < 6,25$	No hay diferencia significativa
MA - MC	$33,24 - 28,20 = 5,04 < 6,48$	No hay diferencia significativa
MA - MD	$33,24 - 28,11 = 5,13 < 6,63$	No hay diferencia significativa
MB - MC	$30,68 - 28,20 = 2,48 < 6,25$	No hay diferencia significativa
MB - MD	$30,68 - 28,11 = 2,57 < 6,48$	No hay diferencia significativa
MC - MD	$28,20 - 28,11 = 0,09 < 6,63$	No hay diferencia significativa

Fuente: Elaboración propia

ANEXO D.3

Tabla D.22

Matriz experimental para la elaboración del helado batido de yogur

CORRIDAS	COMBINACION DE TRATAMIENTOS	FACTORES		INTERACCIÓN	RESPUESTAS
		CS	PY	PY CS	Y_i
1	1	-	-	+	Y_1
2	a	+	-	-	Y_2
3	b	-	+	-	Y_3
4	ab	+	+	+	Y_4

Fuente: Elaboración propia

Tabla d.23

Diseño experimental en la elaboración del helado variable overrum

CORRIDAS	CS	PY	REPLICA Y_1	REPLICA Y_2	Y_i	\bar{Y}
1	7	30	42,67	42,15	84,82	42,41
CS	9	30	43,17	42,95	86,12	43,06
PY	7	40	52,07	51,70	103,77	51,89
CS PY	9	40	48,33	47,64	95,97	47,99

Fuente: Elaboración propia

Donde:

CS = Colorante - Saborizante (ml)

PY = Yogur (%)

Y = Overrum (%)

El overrum se calcula a partir de la siguiente formula:

$$\% \text{ Overrum} = \frac{\text{Volmen final del helado} - \text{Volumen inicial de la mezcla}}{\text{Volumen inicial de la mezcla}} * 100$$

Fuente: Norma Boliviana 703

Para la interacción de los efectos promedios de los factores principales e interacciones al azar se utiliza:

EFFECTOS:

$$A = \frac{1}{2n} [a - (1) + ab - b]$$

$$A = \frac{1}{2*2} [86,12 - 84,82 + 95,97 - 103,77]$$

$$A = - 26$$

$$B = \frac{1}{2n} [b - (1) + ab - a]$$

$$B = \frac{1}{2*2} [103,77 - 84,82 + 95,97 - 86,12]$$

$$B = 28,8$$

$$AB = \frac{1}{2n} [ab - b - a + (1)]$$

$$AB = \frac{1}{2*2} [95,97 - 103,77 - 86,12 + 84,82]$$

$$AB = - 36,4$$

CONTRASTES:

$$\text{Contraste}_A = [a - (1) + ab - b]$$

$$\text{Contraste}_A = [86,12 - 84,82 + 95,97 - 103,77] = - 6,5$$

$$\text{Contraste}_B = [b + ab - (1) - a]$$

$$\text{Contraste}_B = [103,77 + 95,97 - 84,82 - 86,12] = 28,8$$

$$\text{Contraste}_{AB} = [ab - b - a + (1)]$$

$$\text{Contraste}_{AB} = [95,97 - 103,77 - 86,12 + 84,82] = - 9,1$$

SUMA DE CUADRADOS

$$SS_A = \frac{1}{4n} [a - (1) + ab - b]^2$$

$$SS_A = \frac{1}{4 \cdot 2} [86,12 - 84,82 + 95,97 - 103,77]^2 = 5,28$$

$$SS_B = \frac{1}{4n} [b + ab - (1) - a]^2$$

$$SS_B = \frac{1}{4 \cdot 2} [103,77 + 95,97 - 84,82 - 86,12]^2 = 103,68$$

$$SS_{AB} = \frac{1}{4n} [ab - b - a + (1)]^2$$

$$SS_{AB} = \frac{1}{4 \cdot 2} [95,97 - 103,77 - 86,12 + 84,82]^2 = 10,35$$

SUMA DE CUADRADO TOTAL

$$SS_T = (42,67^2 + 42,15^2 + 43,17^2 + 42,95^2 + 52,07^2 + 51,70^2 + 48,33^2 + 47,64^2) - [(42,67 + 42,15 + 43,17 + 42,95 + 52,07 + 51,70 + 48,33 + 47,64)^2 / 4 \cdot 2]$$

$$SS_T = 17295,24 - 17175,46 = 119,78$$

SUMA DEL CUADRADO DEL ERROR

$$SS_E = SS_T - SS_A - SS_B - SS_{AB}$$

$$SS_E = 119,78 - 5,28 - 103,68 - 10,35 = 0,47$$

Construyendo el cuadro ANVA, análisis de varianza del diseño experimental.

Tabla D.24

Análisis de varianza para las variables de elaboración de helado batido de yogur

FUENTE DE VARIACION	SUMA DE CUADRADOS	GRADOS DE LIBERTAD	MEDIA DE CUADRADOS	F CALCULADO	F TABULADO	INFLUENCIA
Total		7				
Factor a	5,28	1	5,28	44	7,709	SI
Factor b	103,68	1	103,68	864	7,709	SI
Interacción ab	10,35	1	10,35	86,25	7,709	SI
Error	0,47	4	0,12			

Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar en la tabla D.16, todos los factores son variables muy significativas debido a que influyen directamente en el porcentaje de overrum del helado batido de yogur para un límite de confianza del 95%.

Fotografía E.1

Recepción de la leche

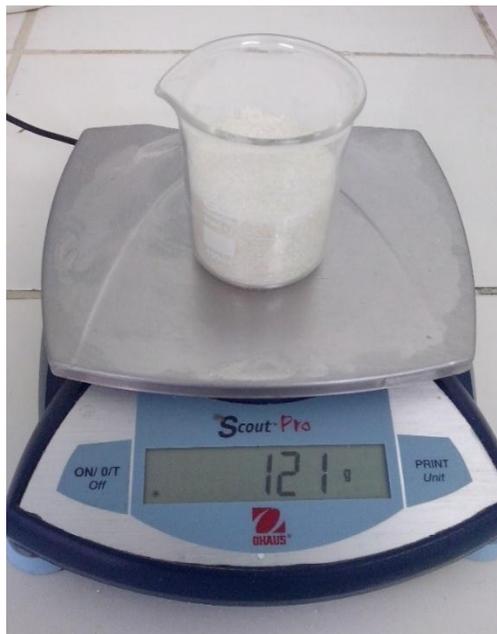


Fotografía E.2

Balanza utilizada para el pesado de los insumos



Fotografía E.3
Pesado de insumos



Fotografía E.4
Medición de la temperatura



Fotografía E.5

Tachos de acero inoxidable para la pasteurización y fermentación



Fotografía E.6

Baño maría para los procesos de pasteurización y fermentación



Fotografía E.7

Envases para las pruebas preliminares



Fotografía E.8

Equipo para la elaboración de helado batido



Fotografía E.9

Proceso de batido del helado de yogur sabor mora



Fotografía E.10

Producto final



Fotografía E.11

Evaluación sensorial



Fotografía E.12

EVALUACIÓN SENSORIAL



9	4.596	4.787	4.906	4.986	5.043	5.086	5.117	5.142	5.160	5.174	5.185	5.193	5.199	5.202	5.205	5.206	5.206	5.206	5.206	
10	4.482	4.671	4.789	4.871	4.931	4.975	5.010	5.036	5.058	5.074	5.087	5.098	5.106	5.112	5.117	5.120	5.122	5.123	5.124	
11	4.392	4.579	4.697	4.780	4.841	4.887	4.923	4.952	4.975	4.994	5.009	5.021	5.031	5.039	5.045	5.050	5.054	5.057	5.059	
12	4.320	4.504	4.622	4.705	4.767	4.815	4.852	4.882	4.907	4.927	4.944	4.957	4.969	4.978	4.986	4.993	4.998	5.002	5.005	
13	4.260	4.442	4.560	4.643	4.706	4.754	4.793	4.824	4.850	4.871	4.889	4.904	4.917	4.927	4.936	4.944	4.950	4.955	4.960	
14	4.210	4.391	4.508	4.591	4.654	4.703	4.743	4.775	4.802	4.824	4.843	4.859	4.872	4.884	4.894	4.902	4.909	4.916	4.921	
15	4.167	4.346	4.463	4.547	4.610	4.660	4.700	4.733	4.760	4.783	4.803	4.820	4.834	4.846	4.857	4.866	4.874	4.881	4.887	
16	4.131	4.308	4.425	4.508	4.572	4.622	4.662	4.696	4.724	4.748	4.768	4.785	4.800	4.813	4.825	4.835	4.843	4.851	4.858	
17	4.099	4.275	4.391	4.474	4.538	4.589	4.630	4.664	4.692	4.717	4.737	4.755	4.771	4.785	4.797	4.807	4.816	4.824	4.832	
18	4.071	4.246	4.361	4.445	4.509	4.559	4.601	4.635	4.664	4.689	4.710	4.729	4.745	4.759	4.771	4.782	4.792	4.801	4.808	
19	4.046	4.220	4.335	4.418	4.483	4.533	4.575	4.610	4.639	4.664	4.686	4.705	4.722	4.736	4.749	4.760	4.771	4.780	4.788	
20	4.024	4.197	4.312	4.395	4.459	4.510	4.552	4.587	4.617	4.642	4.664	4.684	4.701	4.716	4.729	4.741	4.751	4.761	4.769	
df	p->	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
21	4.004	4.177	4.291	4.374	4.438	4.489	4.531	4.567	4.597	4.622	4.645	4.664	4.682	4.697	4.711	4.723	4.734	4.743	4.752	
22	3.986	4.158	4.272	4.355	4.419	4.470	4.513	4.548	4.578	4.604	4.627	4.647	4.664	4.680	4.694	4.706	4.718	4.728	4.737	
23	3.970	4.141	4.254	4.337	4.402	4.453	4.496	4.531	4.562	4.588	4.611	4.631	4.649	4.665	4.679	4.692	4.703	4.713	4.723	
24	3.955	4.126	4.239	4.322	4.386	4.437	4.480	4.516	4.546	4.573	4.596	4.616	4.634	4.651	4.665	4.678	4.690	4.700	4.710	
25	3.942	4.112	4.224	4.307	4.371	4.423	4.466	4.502	4.532	4.559	4.582	4.603	4.621	4.638	4.652	4.665	4.677	4.688	4.698	
26	3.930	4.099	4.211	4.294	4.358	4.410	4.452	4.489	4.520	4.546	4.570	4.591	4.609	4.626	4.640	4.654	4.666	4.677	4.687	
27	3.918	4.087	4.199	4.282	4.346	4.397	4.440	4.477	4.508	4.535	4.558	4.579	4.598	4.615	4.630	4.643	4.655	4.667	4.677	
28	3.908	4.076	4.188	4.270	4.334	4.386	4.429	4.465	4.497	4.524	4.548	4.569	4.587	4.604	4.619	4.633	4.646	4.657	4.667	
29	3.898	4.065	4.177	4.260	4.324	4.376	4.419	4.455	4.486	4.514	4.538	4.559	4.578	4.595	4.610	4.624	4.637	4.648	4.659	
30	3.889	4.056	4.168	4.250	4.314	4.366	4.409	4.445	4.477	4.504	4.528	4.550	4.569	4.586	4.601	4.615	4.628	4.640	4.650	
31	3.881	4.047	4.159	4.241	4.305	4.357	4.400	4.436	4.468	4.495	4.519	4.541	4.560	4.577	4.593	4.607	4.620	4.632	4.643	
32	3.873	4.039	4.150	4.232	4.296	4.348	4.391	4.428	4.459	4.487	4.511	4.533	4.552	4.570	4.585	4.600	4.613	4.625	4.635	
33	3.865	4.031	4.142	4.224	4.288	4.340	4.383	4.420	4.452	4.479	4.504	4.525	4.545	4.562	4.578	4.592	4.606	4.618	4.629	
34	3.859	4.024	4.135	4.217	4.281	4.333	4.376	4.413	4.444	4.472	4.496	4.518	4.538	4.555	4.571	4.586	4.599	4.611	4.622	
35	3.852	4.017	4.128	4.210	4.273	4.325	4.369	4.406	4.437	4.465	4.490	4.511	4.531	4.549	4.565	4.579	4.593	4.605	4.616	
36	3.846	4.011	4.121	4.203	4.267	4.319	4.362	4.399	4.431	4.459	4.483	4.505	4.525	4.543	4.559	4.573	4.587	4.599	4.611	
37	3.840	4.005	4.115	4.197	4.260	4.312	4.356	4.393	4.425	4.452	4.477	4.499	4.519	4.537	4.553	4.568	4.581	4.594	4.605	
38	3.835	3.999	4.109	4.191	4.254	4.306	4.350	4.387	4.419	4.447	4.471	4.493	4.513	4.531	4.548	4.562	4.576	4.589	4.600	
39	3.830	3.993	4.103	4.185	4.249	4.301	4.344	4.381	4.413	4.441	4.466	4.488	4.508	4.526	4.542	4.557	4.571	4.584	4.595	
40	3.825	3.988	4.098	4.180	4.243	4.295	4.339	4.376	4.408	4.436	4.461	4.483	4.503	4.521	4.537	4.552	4.566	4.579	4.591	
48	3.793	3.955	4.064	4.145	4.209	4.261	4.304	4.341	4.374	4.402	4.427	4.450	4.470	4.489	4.506	4.521	4.535	4.548	4.561	
60	3.762	3.922	4.030	4.111	4.174	4.226	4.270	4.307	4.340	4.368	4.394	4.417	4.437	4.456	4.474	4.489	4.504	4.518	4.530	
80	3.732	3.890	3.997	4.077	4.140	4.192	4.236	4.273	4.306	4.335	4.360	4.384	4.405	4.424	4.442	4.458	4.473	4.487	4.500	
120	3.702	3.858	3.964	4.044	4.107	4.158	4.202	4.239	4.272	4.301	4.327	4.351	4.372	4.392	4.410	4.426	4.442	4.456	4.469	
240	3.672	3.827	3.932	4.011	4.073	4.125	4.168	4.206	4.239	4.268	4.294	4.318	4.339	4.359	4.378	4.394	4.410	4.425	4.439	
Inf	3.643	3.796	3.900	3.978	4.040	4.091	4.135	4.172	4.205	4.235	4.261	4.285	4.307	4.327	4.345	4.363	4.379	4.394	4.408	

