

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE CIENCIAS QUIMICAS Y FARMACIA

COMPOSICIÓN NUTRICIONAL, CARACTERÍSTICAS SENSORIALES Y
VIDA DE ANAQUEL DEL TOMATE (*Lycopersicon esculentum*) CULTIVADO EN
SUSTRATO ORGÁNICO, HIDROPÓNICO Y CONVENCIONAL



María Lourdes Mendoza Herrera

NUTRICIONISTA

Guatemala, agosto de 2005

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE CIENCIAS QUIMICAS Y FARMACIA



COMPOSICIÓN NUTRICIONAL, CARACTERÍSTICAS SENSORIALES Y
VIDA DE ANAQUEL DEL TOMATE (*Lycopersicon esculentum*) CULTIVADO EN
SUSTRATO ORGÁNICO, HIDROPÓNICO Y CONVENCIONAL

Informe de Tesis

Presentado por

María Lourdes Mendoza Herrera

Para optar al título de

NUTRICIONISTA

Guatemala, agosto de 2005

INDICE

I.	Resumen	1
II.	Introducción	3
III.	Antecedentes	4
A.	Tomate	4
1.	Origen y descripción botánica del tomate	4
2.	Requerimientos edafoclimáticos para el cultivo del tomate con el sistema convencional	5
3.	Enfermedades del cultivo del tomate	6
4.	Cosecha y post-cosecha del cultivo del tomate	7
5.	Composición química del tomate	8
6.	Normas de calidad	13
7.	Vida de anaquel	15
8.	Consumo de tomate	16
B.	Sistemas de Cultivo	16
1.	Sistema convencional	16
2.	Sistema orgánico	18
3.	Sistema hidropónico	20
C.	Propiedades Sensoriales de los Alimentos	22
1.	Definición	22
2.	Los sentidos como herramientas de análisis	23
3.	Condiciones para llevar a cabo la evaluación sensorial	25
4.	Métodos de evaluación sensorial	27
5.	Métodos para detectar diferencias	27
D.	Estudios Anteriores	29
1.	Sobre alimentos orgánicos	29
2.	Sobre alimentos hidropónicos	30
IV.	Justificación	31
V.	Objetivos	32
VI.	Hipótesis	33
VII.	Materiales y métodos	34
VIII.	Resultados	40

IX.	Discusión de Resultados	47
X.	Conclusiones	51
XI.	Recomendaciones	52
XII.	Bibliografía	53
XIII.	Anexos	59

ANEXO No. 1

Tabla No. 6 Métodos de Evaluación Sensorial

Nombre del método	Objetivo	Test del método	Objetivo	Tipo y número de jueces	Análisis estadístico de resultados
De valoración	Evaluar productos con rapidez de acuerdo a su calidad. Se evalúa un número grande de muestras	Descriptivo	Evaluar y describir una muestra de acuerdo a una escala de calidad	Jueces no entrenados	Se hace a base de juicios favorables para cada calificación
		Numérico	Medir la característica de un alimento, según los grados sucesivos que se fijaron en relación a la calidad.	Jueces entrenados	Análisis de varianza; test de Tuckey, test de Duncan, Test de diferencias mínimas significativas
		De puntaje compuesto	Evaluar comparativamente las muestras en estudio	Jueces entrenados	Análisis de varianza
Los que detectan diferencias	Medir las diferencias existentes entre dos muestras.	De estímulo único	Indicar si las muestras son iguales	5 a 15 jueces entrenados	Análisis de varianza
		Pareado	Detectar pequeñas diferencias entre dos muestras	5 a 15 jueces entrenados	Chi cuadrado

		Dúo-Trío	Determinar si la diferencia entre muestras es debida a un ingrediente, procesamiento, empaque o almacenamiento	15 a 30 jueces entrenados	Chi cuadrado
		Triangular	Determinar si existen diferencias perceptibles entre dos muestras, el tamaño y la dirección de la diferencia no se especifica en esta prueba	6 jueces entrenados	Tabla binomial de un extremo, o el chi cuadrado, Tabla correspondiente al test triangular
Analíticos	Medir los efectos de cada una de las características de calidad sobre la complejidad del total.	De muestra única	Obtener toda la información deseada sobre un producto.	Jueces altamente entrenados	Análisis de varianza
		De sabor extraño específico	Se analiza una sola característica del alimento	5 jueces entrenados	Análisis de varianza
		Analítico descriptivo	Medir el tipo e intensidad de los atributos en un producto	10 – 12 jueces entrenados	Gráficas semicirculares

Fuente: (1),(35),(49),(52)

ANEXO No. 2

Hoja para Registrar los Datos del Análisis Químico Proximal

Tomate cultivado en el sistema: _____

Fecha de recepción: _____

Tratamiento	Humedad	Cenizas	Extracto Etéreo	Proteína Cruda	Fibra Cruda
1					
2					
3					
Promedio					

- Determinación indirecta:

Carbohidratos = $100 - (\text{humedad} + \text{fibra cruda} + \text{proteína} + \text{grasa} + \text{cenizas})$

%Energía = $(\text{carbohidratos} + \text{proteína}) * 4\text{Kcal} + (\text{grasa}) * 9\text{Kcal}$

ANEXO No. 4
Hoja para Registrar los °Brix del Tomate

No.	Tomate Orgánico	Tomate Hidropónico	Tomate Convencional
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			
11			
12			
13			
14			
15			
16			
17			
18			
19			
20			
21			
22			
23			
24			
25			
26			
27			
28			
29			
30			
31			
32			
33			
34			
35			
36			
37			
38			
39			
40			
41			
42			
43			
44			
45			
46			
47			
48			
49			
50			

ANEXO No. 5
Hoja para Registrar el Peso del Tomate

No.	Tomate Orgánico	Tomate Hidropónico	Tomate Convencional
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			
11			
12			
13			
14			
15			
16			
17			
18			
19			
20			
21			
22			
23			
24			
25			
26			
27			
28			
29			
30			
31			
32			
33			
34			
35			
36			
37			
38			
39			
40			
41			
42			
43			
44			
45			
46			
47			
48			
49			
50			

ANEXO No. 6
Hoja para Registrar el Tamaño del Tomate

No.	Tomate Orgánico	Tomate Hidropónico	Tomate Convencional
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			
11			
12			
13			
14			
15			
16			
17			
18			
19			
20			
21			
22			
23			
24			
25			
26			
27			
28			
29			
30			
31			
32			
33			
34			
35			
36			
37			
38			
39			
40			
41			
42			
43			
44			
45			
46			
47			
48			
49			
50			

ANEXO No. 7

Instrumento para la Evaluación del Sabor del Tomate

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE CIENCIAS QUIMICAS Y FARMACIA
Escuela de Nutrición

EVALUACIÓN DE SABOR DEL TOMATE

Nombre: _____ Fecha: _____

INSTRUCCIONES: Sírvase degustar cada uno de los set de tres muestras que se presentan. En cada set hay dos muestras idénticas y una diferente. Marque con un círculo la diferente. Por favor comente sobre la naturaleza de la diferencia en el espacio para observaciones.

Set	Muestras número	Observaciones
1	256 831 349	_____
2	670 425 863	_____
3	931 147 686	_____

ANEXO No. 8

Instrumento Para la Evaluación del Color del Tomate

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS Y FARMACIA
Escuela de Nutrición

EVALUACIÓN DEL COLOR DEL TOMATE

Nombre: _____ Fecha: _____

INSTRUCCIONES: Compare el color del tomate con los colores de la escala.
Coloque el código del color de la escala que corresponda al de las muestras que se le presentan.

No.	Tomate Orgánico	Tomate Hidropónico	Tomate Convencional
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			
11			
12			
13			
14			
15			
16			
17			
18			
19			
20			

ANEXO No. 9
Instrumento para Determinar la Apariencia General del Tomate

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
 FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS Y FARMACIA
 Escuela de Nutrición

EVALUACIÓN DE LA APARIENCIA GENERAL DEL TOMATE

Nombre: _____ Fecha: _____

Tipo de cultivo del tomate: _____

INSTRUCCIONES: Coloque un cheque en cada una de las características que se encuentren presentes en los tomates que esta evaluando.

Características Tomate	Apariencia sana	Bien formado	Superficie lisa	Superficie brillante	Color uniforme	Firme al tacto
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						
11						
12						
13						
14						
15						
16						
17						
18						
19						
20						

ANEXO No. 10

Hoja para Registrar los Datos de la Vida de Anaquel de los Tomates a Temperatura Ambiente y Refrigeración

Tipo de cultivo y almacenamiento del tomate: _____

Día	Tomate No.					
	1	2	3	4	5	6
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						
11						
12						
13						
14						
15						
16						
17						
18						
19						
20						
21						
22						
23						
24						
25						
26						
27						
28						
29						
30						

Clave: x: malo

√: bueno

ANEXO No. 11

Características de la Finca Experimental del INCAP

La finca experimental del INCAP se encuentra en un bosque húmedo montano bajo subtropical; la superficie total es de 46 manzanas. Este lugar se caracteriza por tener un patrón de lluvias que varía entre 1,057 y 1,588 mm, con un promedio de 1,344 mm de precipitación anual, la biotemperatura va de 15 – 23 grados centígrados, la evapotranspiración puede estimarse en promedio de 5 a 7 mm por día. La topografía de la finca en general es ondulada escarpada y está dedicada a cultivos agrícolas y bosque. La elevación varía entre 1,500 y 2,400 msnm. Los suelos se caracterizan por ser originados de ceniza volcánica de color claro, con relieve fuertemente ondulado a escarpado, textura franca friable de 20 a 40 cm de profundidad, el suelo superficial tiene drenaje interno bueno y color pardo muy oscuro. El subsuelo es de color pardo amarillento oscuro, de consistencia friable, textura franco arcillosa con espesor aproximada de 60 a 75 cm. Entre las características que influyen en el uso, está el relieve porque varía de 15 a 19% lo cual lo hace susceptible a la erosión, el drenaje a través del perfil del suelo es regular y alta capacidad de retención de humedad y fertilidad natural.

ANEXO No. 12

Tabla No. 7 Cantidad de Nutrientes en un Litro de la Solución A y B

SOLUCIÓN	NUTRIENTE	CANTIDAD (g)
A	Fosfato Mono Amónico	0.17
	Nitrato de Calcio	1.04
	Nitrato de Potasio	0.55
B	Nitrato de Magnesio	0.621
	Sulfato de Magnesio	0.246
	Sulfato de Manganeso	0.001
	Sulfato de Cobre	0.00024
	Sulfato de Zinc	0.0006
	Sulfato de Cobalto	0.00001
	Ácido Bórico	0.0031
	Molibdato de Amonio	0.00001
	Citrato de Hierro Amoniacal Verde	0.00816

Fuente: INCAP (Instituto de Nutrición de Centroamérica y Panamá, GT). 1997. Manual técnico de hidroponía popular (cultivos sin tierra). Guatemala, INCAP/OPS. pp. 53

ANEXO No. 13

Procedimientos del Análisis Proximal para la Determinación de Humedad, Ceniza, Proteína, Grasa y Fibra

A. Determinación de Humedad

1. Equipo

- a) Papel aluminio
- b) Horno
- c) Molino eléctrico de cuchillas
- d) Balanza analítica
- e) Paleta
- f) Campana de vacío
- g) Cazuela de aluminio
- h) Pinzas

2. Procedimiento

- a) Colocar la muestra en papel aluminio o cazuela, tarada y pesar.
- b) Introducir la muestra en un horno a 60 °C por 18 a 48 horas.
- c) Sacar la muestra del horno y pesar, calculando la materia seca parcial.
- d) Moler la muestra en el molino y homogenizar.
- e) Pesar de 3 a 5 gramos de la muestra en una balanza analítica y colocarlo en una cazuela de aluminio.
- f) Deshidratar a 105 °C durante 24 horas.
- g) Enfriar en una campana de vacío de 10 a 15 minutos.
- h) Pesar la muestra y calcular la materia seca total.

B. Determinación de Ceniza

1. Equipo

- a) Crisol de hueso o porcelana
- b) Mufla
- c) Campanada vacío
- d) Pinzas
- e) Paleta
- f) Balanza

2. Procedimiento

- a) Pesar de 3 a 5 gramos de muestra seca en un crisol previamente tarado.
- b) Introducir en una mufla para incineración de 600 °C de 3 a 5 horas.
- c) Extraer el crisol y enfriarlo al aire libre por un período de 2 a 3 minutos.
- d) Terminar de enfriar en la campana de vacío.
- e) Pesar el crisol y calcular el porcentaje de ceniza.

C. Determinación de Proteína Cruda

1. Equipo

- a) Papel parafinado
- b) Balanza analítica
- c) Aparato macro Kjeldahl

- d) Pipeta volumétrica de 50 ml
- e) Agitador magnético

2. Reactivos

- a) Sulfato de sodio anhidro
- b) Ácido sulfúrico
- c) Agua destilada
- d) Rojo de metilo
- e) Ácido selenioso
- f) Ácido clorhídrico
- g) Verde de bromocresol
- h) Ácido bórico
- i) Hidróxido de sodio

3. Procedimiento

- a) Pesar en una balanza analítica 0.5 gramos de muestra utilizando como tara papel parafinado.
- b) Introducir la muestra en un balón de Kjeldahl de 800 ml con 8 gramos de sulfato de sodio anhidro, 1 ml de ácido selenioso al 2% y 25 ml de ácido sulfúrico al 97% y colocar el balón agregando en el aparato de macro Kjeldahl, 3 núcleos de ebullición, para la digestión ácida.
- c) Realizar la digestión ácida a 350°C por 45 minutos y luego dejar enfriar por 10 a 15 minutos.
- d) Agregar 250 ml de agua destilada agitando, de 3 a 5 gotas de rojo de metilo al 2% y 50 ml de hidróxido de sodio al 60%.
- e) Colocar nuevamente el balón en el aparato de Kjeldahl para la destilación alcalina, capturando el nitrógeno durante 20 minutos en una probeta con 100 ml de ácido bórico al 3% rojo de metilo y verde de bromocresol.
- f) Luego determinar la destilación, se debe aforar a 250 ml con agua destilada.
- g) Valorar con ácido clorhídrico de concentración conocida con la ayuda de un agitador magnético.
- h) Calcular el porcentaje de proteína cruda.

D. Determinación de Extracto Etéreo

1. Equipo

- a) Papel filtro (Kleenex)
- b) Balanza analítica
- c) Aparato de Goldfish
- d) Pipeta
- e) Manta de lino
- f) Horno
- g) Beacker de berzelius
- h) Bomba de vacío
- i) Probeta

2. Reactivos

- a) Ácido sulfúrico 0.255 N
- b) Agua destilada
- c) Hidróxido de sodio 10 N

3. Procedimiento

- a) Pesar en una balanza analítica 1 gramo de muestra utilizando como tara el papel kleenex.
- b) Pesar un beacker de berzelius y agregar 50 ml de bencina o éter de petróleo.

- c) Doblar el papel con la muestra en forma de cigarrillo y colocar con una pinza en un porta dedal de celulosa.
- d) Colocar el dedal en el beacker y este en el aparato de Goldfish.
- e) Encender el aparato de Goldfish en un temperatura de 20 a 25°C y se abre la llave del agua para que enfríe el condensador, y así el éter se vuelve líquido y arrastre la mayor parte de las grasas. Se deja durante 5 a 7 horas, dependiendo del contenido graso de la muestra.
- f) Se quita el porta dedal de celulosa y se coloca uno de vidrio para recuperar el éter.
- g) En el beacker queda la grasa en solución con 2 a 5 ml de éter, para que no se quemé.
- h) El beacker se mete al horno a 69°C por 18 a 24 horas.
- i) Se pesa nuevamente y por diferencia se saca el % de extracto etéreo.

E. Determinación de Fibra Cruda

1. Equipo

- a) Balanza analítica
- b) Cazuelas
- c) Beacker de Berzelius
- d) Aparato de reflujo
- e) Crisol
- f) Horno
- g) Campana de vacío
- h) Pipeta volumétrica de 10 ml
- i) Manta de lino
- j) Mufla
- k) Espátula
- l) Bomba de vacío

2. Reactivos

- a) Ácido sulfúrico
- b) Agua destilada
- c) Hidróxido de sodio 10 N

3. Procedimiento

- a) Pesar en una balanza analítica 1 gramo del remanente del extracto etéreo utilizando como tara, papel.
- b) Agregar al beacker de berzelius 200 ml de ácido sulfúrico y el gramo de muestra.
- c) El beacker se coloca en el aparato de reflujo, aquí se difiere la muestra en calor por 30 minutos a partir de la ebullición.
- d) El beacker se seca y se agregan 10 ml de NaOH 10N para cambiar el pH de la muestra.
- e) Se coloca nuevamente en el aparato de reflujo y se le deja en ebullición durante 30 minutos más.
- f) La muestra se filtra en una manta y se lava con 200 ml de agua destilada a 80°C para neutralizar el pH de la muestra.
- g) Se filtran 30 ml de alcohol etílico para disecar la muestra.
- h) Con una espátula se pasa a un crisol de hueso previamente tarado.
- i) Se mete la muestra al horno a 135°C por dos horas, para obtener fibra cruda más minerales.
- j) 15 minutos en campana de vacío para que enfríe y no gane humedad.
- k) Pesar el crisol e introducirlo a la mufla a 600°C por dos horas, aquí se incinera la muestra y desaparece la materia orgánica.
- l) Colocar el crisol sobre la plancha de asbesto 3 minutos para que se enfríe.
- m) Pesar el crisol, cuyo contenido son solamente minerales.
- n) La diferencia del peso de minerales menos el peso de la materia seca e el porcentaje de fibra cruda.

ANEXO No. 14

Procedimiento para la Determinación de Minerales

A. Equipo

1. Espectrofotómetro
2. Cubetas
3. Tubos de ensayo
4. Pipetas volumétricas
5. Bureta automática
6. Balón aforado de 100 ml
7. Crisol
8. Colorímetro

B. Reactivos

1. Ácido clorhídrico 1 N
2. Agua destilada
3. Solución de color (ftamolibdato de amonio, tartrato doble de antimonio, potasio y ácido ascórbico).
4. Lantano
5. Ácido nítrico

C. Procedimiento

1. Disolver las cenizas con 25 ml de ácido clorhídrico.
2. Tomar 2 ml de filtrado anterior y agregar 18 ml de agua. Tomar 2 ml de la segunda dilución y agregar 1 ml de agua y 8 ml de solución de color (Heptamolibdato de amonio y ácido ascórbico). Esperar 30 minutos. Leer la muestra en colorímetro a 56 nm para determinar fósforo.
3. Tomar otra alícuota de 2 ml del filtrado y agregar 8 ml de agua, luego tomar 1 ml de esta dilución y agregar 24 ml de lantano. Leer en el aparato de absorción atómica a 422.7 nm para calcio y magnesio.
4. Con el resto del filtrado del paso 1 hacer las lecturas a 324.7 nm para cobre, 248.3 para hierro, 279.5 para manganeso, 213.9 nm para el zinc y 589 para sodio.
5. Tomar 2 ml de filtrado y agregar 8 ml de agua, de esta dilución tomar 1 ml y agregar 24 ml de agua y leer a 766.5 nm para el potasio.

ANEXO No. 15

Foto No. 2 Instrumento y Materiales Utilizados en el Análisis Sensorial



ANEXO No. 16

Significación para Test Triangular ($p=1/3$)

Número de juicios (set x jueces)	Mínimo de juicios correctos para establecer diferencias significativas			Número de juicios (set x jueces)	Mínimo de juicios correctos para establecer diferencias significativas		
	p = .05	p = .01	p = .001		p = .05	p = .01	p = .001
5	4	5	5	57	27	29	31
6	5	6	6	58	27	29	32
7	5	6	7	59	27	30	32
8	6	7	8	60	28	30	33
9	6	7	8	61	28	30	33
10	7	8	9	62	28	31	33
11	7	8	9	63	29	31	34
12	8	9	10	64	29	32	34
13	8	9	10	65	30	32	35
14	9	10	11	66	30	32	35
15	9	10	12	67	30	33	36
16	10	11	12	68	31	33	36
17	10	11	13	69	31	34	36
18	10	12	13	70	32	34	37
19	11	12	14	71	32	34	37
20	11	13	14	72	32	35	38
21	12	13	15	73	33	35	38
22	12	14	15	74	33	36	39
23	13	14	16	75	34	36	39
24	13	14	16	76	34	36	39
25	13	15	17	77	34	37	40
26	14	15	17	78	35	37	40
27	14	16	18	79	35	38	41
28	15	16	18	80	35	38	41
29	15	17	19	81	36	38	41
30	16	17	19	82	36	39	42
31	16	18	19	83	37	39	42
32	16	18	20	84	37	40	43
33	17	19	20	85	37	40	43
34	17	19	21	86	38	40	44
35	18	19	21	87	38	41	44
36	18	20	22	88	39	41	44
37	18	20	22	89	39	42	45
38	19	21	23	90	39	42	45
39	19	21	23	91	40	42	46
40	20	22	24	92	40	43	46
41	20	22	24	93	40	43	46
42	21	22	25	94	41	44	47
43	21	23	25	95	41	44	47
44	21	23	25	96	42	44	48
45	22	24	26	97	42	45	48
46	22	24	26	98	42	45	49
47	23	25	27	99	43	46	49
48	23	25	27	100	43	46	49
49	23	25	28	200	80	84	89
50	24	26	28	300	117	122	127
51	24	26	29	400	152	158	165
52	25	27	29	500	188	194	202
53	25	27	29	1.000	363	372	333
54	25	27	30	2.000	709	722	737
55	26	28	30				
56	26	28	31				

Fuente: Roessler, E. Warren, J. Guymon, J. 1948.
Food Research. 13: 503-505.

I. RESUMEN

El presente trabajo se realizó con el objetivo de determinar si existen diferencias entre la composición nutricional, características sensoriales y vida de anaquel del tomate cultivado en sustrato orgánico, hidropónico y convencional.

Para la composición nutricional, se analizaron tres muestras de cada cultivo. Para determinar los macronutrientes y ceniza se utilizó el análisis químico proximal, los minerales se cuantificaron por la técnica de combustión seca y cuantificación química por el método de colorimetría. Entre los resultados obtenidos se encontraron diferencias significativas en el contenido de fibra, sodio y zinc, de los cuales el tomate hidropónico presentó el contenido más alto en los tres minerales.

Para el análisis de los sólidos solubles se utilizó un refractómetro, se analizaron 50 tomates de cada cultivo. Se determinó que hay diferencias significativas entre los tomates hidropónicos y convencionales, siendo mayor el contenido en los tomates cultivados en el sistema hidropónico.

Con respecto a las características sensoriales se determinó el peso, tamaño, color, sabor y apariencia general de los tomates cultivados en los tres sustratos. Para el análisis del peso se pesaron 50 tomates de cada cultivo en una balanza semianalítica, se determinó que había diferencia significativa entre el tomate orgánico y el hidropónico, siendo el de mayor peso el tomate hidropónico. En la evaluación del tamaño del tomate se colocó una cinta métrica sobre una superficie plana, un extremo del tomate se colocó en el cero de la cinta métrica, luego se colocó una regla en cada extremo del tomate y la distancia entre las dos reglas fue la medida del tamaño del tomate. Se midieron 50 tomates, los datos obtenidos demostraron que hay diferencias significativas, siendo el tomate hidropónico el que tuvo el mayor tamaño.

Para la evaluación del color se utilizó la escala de colores Pantone con la cual se evaluaron 20 tomates de cada cultivo, se determinó que el 60% de los tomates orgánicos y el 50% de los hidropónicos tenían un color que correspondía al codificado por 173C y el 45% de los tomates orgánicos tenían el color correspondiente al 144U.

El análisis del sabor se realizó por medio de la prueba triangular, la cual permitió determinar que no existe diferencia significativa entre el sabor de los diferentes tipos de tomates.

La apariencia general se determinó evaluando 20 tomates, en cada uno de ellos se tomo en cuenta que tuvieran los siguientes criterios: apariencia sana, bien formados, que tuvieran una superficie lisa, brillante, un color uniforme y que fueran firmes al tacto. Solamente se clasificaron con buena apariencia general los tomates que cumplieron con el 100% de los criterios anteriores. Los resultados obtenidos fueron tan similares que no fue necesario aplicarle el análisis de Chi cuadrado, ya que fue evidente que los defectos encontrados en los tomates no dependían del tipo de cultivo.

Para determinar la vida de anaquel se tuvieron en observación 6 tomates de cada cultivo representando cada uno una replica, las observaciones se llevaron a cabo a temperatura ambiente y en refrigeración por un período de 30 días. Los resultados obtenidos revelan que no hay diferencias significativas en la duración de la vida de anaquel entre los tomates de los diferentes cultivos, ni entre las temperaturas utilizadas.

II. INTRODUCCION

El tomate es una hortaliza de gran importancia a nivel nacional. Según la Encuesta Nacional de Consumo de Alimentos de 1991 es la segunda más consumida tanto en el área urbana como en la rural.

El comercio de esta hortaliza es importante para la economía del país ya que del 100% del tomate utilizado para alimento, el 85.6% proviene de la producción interna del país y el 14.4% es importado. Del total del tomate para consumo como alimento, el 98 % de hogares del área urbano y rural lo compra y solo el 0.8% tiene una producción propia.

El tomate en Guatemala se utiliza tanto a nivel domestico como industrial. Existen especificaciones generales para su uso comercial como lo son el estado del tomate al momento de la cosecha, así como también las características de calidad que espera obtener el consumidor, como por ejemplo que el fruto este bien formado, que tenga una apariencia sana, color uniforme, superficie brillante y precio razonable.

En Guatemala el tomate puede ser producto de un cultivo orgánico, convencional e hidropónico, dependiendo de los conocimientos, necesidades y posibilidades del agricultor.

Existen consumidores que aprecian los productos orgánicos, ya que consideran que lo natural es lo mejor; así también hay personas que dudan de la calidad de los alimentos obtenidos de una cosecha hidropónica, a pesar que este sistema representa una alternativa para cultivar hortalizas en donde la tierra no es apta.

Debido a que existen criterios en relación a la calidad del tomate y no se tiene el conocimiento si al cultivarlo en sustratos diferentes se afecta la calidad del mismo, el objetivo del presente estudio fue determinar si los diferentes sistemas de cultivo tienen algún efecto sobre la composición nutricional, características sensoriales y vida de anaquel del tomate (*lycopersicum esculentum*). Para efectos de esta investigación se analizaron los tomates obtenidos de una cosecha orgánica, convencional e hidropónica.

III. ANTECEDENTES

A. Tomate

1. Origen y Descripción Botánica del Tomate

El origen del tomate se localiza en la región andina que se extiende desde el sur de Colombia al norte de Chile. Se cree que fue domesticada en México en donde esta crecía como una planta silvestre entre los huertos (12,13).

El término “tomate” fue utilizado desde 1695 por los viajeros botánicos, quienes lo tomaron de la palabra “xitomate” o “xitotomate” con la que los Aztecas designaban a esta planta. El nombre científico del tomate es *Lycopersicon esculentum*, y pertenece a la familia Solanaceae (12,48). La planta del tomate posee tallos herbáceos y ramificados. Sus hojas son compuestas imparapinadas, de forma alargada, conformadas por 7 a 9 foliolos, con bordes dentados. Las hojas compuestas alcanzan longitudes de 10 a 40 cm. La planta del tomate puede alcanzar diferentes alturas pero depende de su hábito de crecimiento, estas alturas oscilan entre los 0.40 a 2.50 mts. La inflorescencia del tomate está compuesta por un racimo floral, consta de una sucesión de ejes, cada uno de los cuales contiene un botón floral. La flor posee un pedúnculo con cáliz gamosépalo, con 5 a 10 lóculos. La corola es gamopétala de color amarillo con 5 o más lóbulos. El androceo presenta 5 o más estambres los cuales están adheridos a la corola, las anteras están unidas en su base y las mismas forman un tubo. El gineceo presenta de 2 a 30 carpelos que dan origen a los lóbulos del fruto. Su constitución es pistilar, con un ovario súpero, estilo liso y estigma de forma achatada (48). El fruto es una baya de color verde amarillo, rosado o rojo. Existen diferentes formas en los frutos, pero predomina su forma alargada, su superficie es lisa y presentan algunas lobulaciones hundidas formadas por surcos longitudinales. El tamaño del fruto del tomate es variable según el material genético (sea variedad ó híbrido) y alcanza diámetros que van aproximadamente de 3 cms a 16 cms. El fruto puede recolectarse separándolo por la zona de abscisión del pedicelo, como ocurre en las variedades industriales, en las que es indeseable la presencia de parte del pecíolo, o bien puede separarse por la zona peduncular de unión del fruto (12,48).

2. Requerimientos Edafoclimáticos Para el Cultivo del Tomate con el Sistema Convencional

a) Temperatura: Para su cultivo el tomate requiere de temperaturas que fluctúen entre 15 a 30 grados centígrados durante el día. Temperaturas por debajo y encima de esta provocan desórdenes fisiológicos relacionados con la maduración del polen y polinización. Debajo de 15 grados no se recomienda la siembra porque es muy susceptible a las heladas. Superior a 30 grados centígrados tampoco se recomienda sembrarlo porque hay problemas con la floración, por el efecto de las altas temperaturas hay aborto de la flor y por lo consiguiente no hay cuaje del fruto. Por la noche la temperatura debe de oscilar entre 15 y 18 grados centígrados (12,48).

b) Humedad: la humedad relativa óptima oscila entre un 60% y un 80%. Humedades relativas muy elevadas favorecen el desarrollo de enfermedades aéreas y el agrietamiento del fruto y dificultan la fecundación, debido a que el polen se compacta, abortando parte de las flores. También una humedad relativa baja dificulta la fijación del polen al estigma de la flor (48).

c) Luminosidad: valores reducidos de luminosidad pueden incidir de forma negativa sobre los procesos de la floración, fecundación así como el desarrollo vegetativo de la planta. En los momentos críticos durante el período vegetativo resulta crucial la interrelación existente entre la temperatura diurna, nocturna y la luminosidad (48).

d) Altitud sobre el nivel del mar para el cultivo del tomate: En correlación con los requerimientos de temperatura, el tomate encuentra condiciones adecuadas para su cultivo en lugares comprendidos entre 0 a 1200 msnm. Se esperan buenos resultados entre los 0 y 700 msnm, por lo tanto los climas de cultivo del tomate recomendados son:

i. Clima cálido: con alturas sobre el nivel del mar de 0 a 600 metros, con temperaturas promedio de 24 a 30 grados centígrados.

ii. Clima templado: con alturas sobre el nivel del mar de 700 a 1200 metros, con temperaturas promedio de 15 a 24 grados centígrados (48).

e) Suelo: El cultivo del tomate se adapta a diferentes cultivos de suelos, pero los recomendados son los que tienen de 30 a 60 centímetros de profundidad, de ser posible que sean francos, franco arenosos, franco limosos ó franco arcillosos, con alto contenido de materia orgánica y que sean bien drenados. El cultivo del tomate, se adapta y desarrolla en suelos con pH desde 5.5 a 7.0, aunque hay que considerar que en suelos con pH de 5.5 hay necesidad de hacer enmiendas. Por abajo o arriba de los valores

indicados no es recomendable el cultivo del tomate, por que afecta la disponibilidad de los nutrientes. Es importante conocer y considerar el pH del suelo porque indica los rangos para el buen uso y asimilación de los fertilizantes y especialmente cuando sean de origen nitrogenado. Los requerimientos nutricionales del cultivo de tomate, difieren si es variedad o híbrido. Las necesidades nutricionales son menores para un variedad que para un híbrido, y para ambos el requerimiento nutricional dependerá de:

- i. Volumen de rendimiento esperado por área (Kg/Ha).
- ii. Los Kg/ha de absorción de los elementos nutricionales que el cultivo obtiene o sustrae del suelo.
- iii. El poder genético de producción que tiene el material y la necesidad nutricional que el mismo exige.
- iv. La disponibilidad de elementos nutritivos que están en el suelo y el balance que debe de mantenerse (48).

3. Enfermedades del Cultivo del Tomate

Dentro de los factores limitantes de la producción de tomates juegan un papel primordial aquellos de orden fitosanitario, los cuales afectan el crecimiento adecuado y la productividad del cultivo en todas las áreas de producción. Entre los aspectos de orden fitosanitario se encuentran las enfermedades (32). Estas son de etiología parasitaria causadas por hongos, bacterias, virus y micoplasmas. Cuando cualquiera de éstos agentes causales penetra en los tejidos de la planta, la infección y contagio de las plantas que están a la vecindad, puede ser tan violenta que en general los tratamientos de control no llegan a tiempo de evitar daños, por lo que se sugiere que en los cultivos de tomate el control sea de forma preventiva. Entre las enfermedades más importantes que se han identificado en las zonas tomateras de Guatemala se tienen: Mal del talluelo, Tizón temprano, Tizon tardío, Moho de la hoja, Marchitez fungosa o Fusariosis, Mancha gris de la hoja, Marchitez bacteriana, Pudrición bacterial, Tallo hueco, Mal del carrizo, desordenes fisiológicos, quemaduras de sol (48).

4. Cosecha y Post-cosecha del Tomate

La cosecha del cultivo del tomate se realiza de acuerdo con el cultivar que se siembre y con el destino que se le de a la producción. El estado de maduración en que se cosechen los frutos de tomate depende de la distancia del mercado. Dependiendo del mercado y la comercialización, los frutos de tomate se pueden cosechar en diferentes estados:

a) Estado de hecho, sazón o verde maduro: en este estado los tomates han alcanzado su máximo tamaño y presentan un color verde brillante. En su interior la semilla ya ha madurado bien y esta rodeada del mucílago gelatinoso el cual es muy característico del tomate. En este estado es posible ver que en la punta o parte germinal del fruto se inicia una ligera coloración. Cuando se almacenan bajo condiciones favorables, los frutos de tomate que se cosechan en este estado, desarrollan un buen color (48).

b) Estado de fruto colorado, pintón, caballón, zarazo o camagua: en este estado el fruto de tomate se cosecha cuando empieza a cambiar el color de la cáscara de verde a rojo. Este es un cambio de color progresivo de verde pasando por un verde-amarillo, rosado hasta llegar al rojo intenso característico de cada cultivar (48).

c) Estado maduro: cuando el fruto alcanza la expresión total del color típico maduro de cada cultivar (48).

Por lo general la cosecha se puede dar para dos tipos de mercado: fresco y proceso industrial

a) Cosecha para mercado en fresco: esta dependerá de la distancia al mercado y del precio imperante en el momento en que se esté cortando. El tomate se puede cortar en cualesquiera de los tres estados. Si el mercado está con buen precio se corta verde y “pintón” y si el maduro lo pagan mejor, entonces se corta maduro (48).

b) Cosecha para procesado: en este caso los frutos deben estar completamente maduros, con su máxima coloración exterior, los cuales deben de estar en un 60%

maduro, la calidad interior se mide por la viscosidad, pH, sólidos solubles, sólidos totales y acidez (48).

El empaque más adecuado para su transporte hasta el consumidor es en cajas de cartón corrugadas con una capacidad de 4 – 8 Kgs; sin embargo se utilizan otros tipos de empaque como la “caja tomatera” de madera liviana de 15 Kgs de capacidad y cajas plásticas de 10 Kgs de capacidad.

5. Composición Química del Tomate

En la composición química del tomate se presentan variaciones según su cultivar, las condiciones del cultivo, la época de producción, el grado de madurez, el almacenamiento, etc. El contenido de nutrientes que se reporta en la tabla del Valor Nutritivo de los Alimentos de Centroamérica es la siguiente:

Tabla No. 1 Valor Nutritivo del Tomate Rojo (100 g)

COMPOSICIÓN	CANTIDAD
Agua	93.8 g
Energía	21 Kcal
Proteína	0.8 g
Grasa	0.3 g
Carbohidratos	4.6 g
Cenizas	0.5 g
Calcio	7 mg
Fósforo	24 mg
Hierro	0.6 mg
Tiamina	0.06 mg
Riboflavina	0.05 mg
Niacina	0.70 mg
Vitamina C	23 mg
Equivalentes de retinol	60 mcg
Fibra dietética	1.10 g
Ácidos grasos saturados	0.04 g
Ácidos grasos mono-insaturados	0.05 g
Ácidos grasos poli-insaturados	0.14 g
Colesterol	0.0 mg
Magnesio	11 mg
Sodio	9 mg
Potasio	222 mg
Zinc	0.09 mg
Vitamina B ₆	0.08 mg
Ácido fólico	15.00 mcg
Vitamina B ₁₂	0.00 mcg

Fuente: Menchu, M. et al. 1996. Valor nutritivo de los alimentos de Centroamérica. Primera sección. INCAP/OPS. Pp.24. Menchu, M. et al. 2000. Valor nutritivo de los alimentos de Centroamérica. Segunda sección. INCAP/OPS. Pp.16

En la composición nutricional del tomate resalta su alto contenido de agua y bajo contenido de energía, así como el contenido de vitamina C. Otras sustancias químicas importantes en el tomate son los compuestos que tienen función antioxidante (licopeno, β -caroteno, vitamina C), fitoquímicos, compuestos volátiles (que determinan su olor) y fibra dietética.

a) Licopeno: es un pigmento vegetal de la familia de los carotenoides de cadena abierta el cual aporta el color rojo característico a los tomates (51). El licopeno posee una estructura sencilla con una cadena alifática formada por cuarenta átomos de carbono, su fórmula empírica es $C_{40}H_{56}O$ y su peso molecular es 537.85 (34). Es un carotenoide altamente lipofílico que se caracteriza por carecer de anillos cíclicos y poseer once dobles enlaces conjugados, los cuales son los que le confieren su poder antioxidante. La función del licopeno en el tomate es protegerlo contra el daño de oxidación, el cual se da durante el proceso normal del metabolismo aeróbico celular (20). En el tomate maduro, el carotenoide mayoritario es el licopeno (83%), el contenido de este aumenta con la maduración de los tomates y puede presentar variaciones según la variedad, condiciones del cultivo, tipo de almacenamiento, etc. La cantidad de licopeno en tomates frescos y procesados se muestra en la tabla No. 2. De forma general el contenido de licopeno es menor en tomates cultivados en invernadero, en cualquier estación, que en los tomates producidos al aire libre durante el verano, así como también es menor en frutos que se recolectan verdes y maduran en almacén en comparación con los frutos madurados en la tomatera (34).

Tabla No. 2
Contenido de Licopeno en el Tomate

ALIMENTO	LICOPENO ($\mu\text{g}/100 \text{ g}$)
Tomate en pasta, enlatado	6,500
Tomate crudo	3,100
Tomate, jugo enlatado	8,500
Tomate, salsa catsup (finlandesa con zanahorias)	9,900

Fuente: Muñiz, I. 2002. Jitomate: incomparable fuente de licopenos. *Nutrición clínica*. 5(3):161-71

La biodisponibilidad del licopeno depende de la forma en que se consume el tomate; diversos estudios indican que la cocción o procesamiento en salsas, pastas y la

adición de grasa, hacen al licopeno mas biodisponible; esto se debe a que por medio del procesamiento y el calor, las paredes celulares del fruto se rompe liberando una mayor cantidad de licopeno al medio. Debido a que los carotenoides son liposolubles, la adición de grasa a las salsas los hace más disponibles para el organismo (42,50).

El licopeno está presente en la sangre en cantidad de $0.5\mu\text{mol/L}$ de plasma, con concentraciones en el tejido que varían de 1 nmol/L en peso húmedo adiposo hasta 20 nmol/L del peso húmedo en el tejido adrenal y los testículos. Es biológicamente activo pero carece de actividad como vitamina A. Las dietas ricas en licopenos protegen de algunos tipos de cáncer debido a su actividad antioxidante que provoca la extinción de oxígeno simple y la eliminación de radicales peroxil. Varios estudios ponen en evidencia que la ingestión licopeno esta inversamente relacionado con la incidencia de ataques cardiacos, cáncer de próstata, de estómago, de colon y de recto (34,50).

b) β -caroteno: es un tetraterpeno amarillo, la oxidación de este en el centro de la molécula produce dos moléculas de vitamina A (51,45). Su concentración en el tomate es de $496 \pm 100\ \mu\text{g}/100\text{g}$. Su actividad antioxidante se debe a que neutraliza radicales libres, moléculas reactivas y altamente energizadas; las cuales pueden dañar los lípidos en las membranas celulares, así como también su material genético y el daño resultante puede llevar al desarrollo de cáncer (40).

c) Vitamina C: Este es otro compuesto antioxidante que posee el tomate, se encuentra en una concentración de 23 mg por 100 g de tomate, dicha cantidad representa casi la mitad de los requerimientos de vitamina C de una persona adulta. Esta vitamina es importante para el ser humano ya que es indispensable en la síntesis de colágeno y norepinefrina, en el metabolismo intermediario de varios aminoácidos, folatos, corticosteroides, péptidos neuroendócrinos y ácidos biliares (46).

d) Fitoquímicos: Estos no se pueden definir como nutriente o sustancia esencial en el sentido clásico, ya que no son necesarios para mantener la vida; sin embargo, los fitoquímicos si son esenciales para mantener una buena salud y prevenir enfermedades crónico-degenerativas (43). Entre los que se encuentran en el tomate están los ácidos

fenólicos, fitoesteroles y flavonoides, su concentración en el tomate se muestran en la tabla No. 3 (29,38).

Tabla No. 3 Contenido de Fitoquímicos en el Tomate

FITOQUÍMICO	CONCENTRACIÓN (mg/Kg)
FLAVONOIDES	
Quercetina	9.7 ± 3.3
Kaempferol	18.0 ± 0.4
ÁCIDOS HYDROXYCINÁMICOS	
Ácido cafeico	46.7 ± 1.1
Ácido cumárico	13.0 ± 1.2
Ácido ferúlico	4.0 ± 0.3

Fuente: Pineda, A. et al. 1999. Capacidad antioxidante y potencial sinergismo entre los principales constituyentes antioxidantes de algunos alimentos. Revista cubana alimentación y nutrición. 13(2):104-111

e) Compuestos volátiles: estos determinan el sabor y aroma del mismo. Estos compuestos volátiles se derivan del metabolismo de ácidos grasos, aminoácidos y de la descomposición de carotenoides. Existen aproximadamente 400 compuestos volátiles que se han identificado en tomates frescos (33). Los compuestos que tienen un mayor efecto sobre el aroma son el hexanal, trans-2-hexenal, cis-3-hexenol y hexenol, estos compuestos son los más sensibles a cambios, debidos por ejemplo al almacenamiento (4). En la tabla No. 4 se presenta la concentración de estos compuestos volátiles en distintas variedades de tomate.

Tabla No. 4 Concentración de Compuestos Volátiles en Distintas Variedades de Tomate

Tomate (variedad)	Hexanal (ppm)	Trans-2-hexenal (ppm)	Cis-3-hexenol (ppm)	Hexanol (ppm)
Muchamiel 4	5.16 a	0.93 b	0.96 bc	0.38 b
Muchamiel 18	3.35 b	0.96 b	0.98 bc	0.43 a
Pera 1	3.26 b	1.03 ab	1.03 ab	0.44 a
Pera 5	3.61 b	1.13 a	1.12 a	0.43 a
Bond F1	2.33 c	0.91 b	0.93 c	0.36 b

Las medidas de una misma columna con la misma letra no difieren entre sí

Fuente: Alonso, A. et.al. 2003. Análisis cuantitativo de compuestos volátiles responsables del aroma en variedades tradicionales de tomate. Actas de horticultura No. 39. X Congreso nacional de ciencias hortícolas. Pontevedra 2003. Biodiversidad. Pp. 73-75.

f) Fibra dietética: El contenido de fibra total de un tomate crudo mediano (7 cms de diámetro) varía de 1.5 a 2.0 gramos, ½ taza de puré de tomate posee 2.6 gramos, el tomate enlatado posee 0.7 grs de fibra, de esta la cantidad de fibra soluble es de 0.1 grs y de fibra insoluble de 0.6 grs (11,21).

Probablemente en el subproducto del tomate también se encuentre cierta cantidad de alguno de los elementos que se mencionaron anteriormente, como lo demuestran los estudios realizados por la Universidad Complutense de Madrid (UCM). El subproducto está constituido por la piel y las semillas, las cuales contienen cantidades considerables de nutrientes, como se muestran en la siguiente tabla (23).

Tabla No. 5 Composición Nutricional en Subproductos del Tomate (base seca)

COMPUESTO	PIEL (%)	SEMILLAS (%)
Proteínas	13.12	34.63
Azúcares totales	14.98	34.90
Fibra insoluble	54.99	61.03
Pectinas	2.56	9.75
Grasa	0.32	11.74
Cenizas	1.89	7.77

Fuente: Hurtado, M. Evaluación de subproductos del tomate como nuevos ingredientes alimentarios. Universidad Complutense de Madrid. Oficina de Transferencia de Resultados de Investigación. Cartera Tecnológica. Tecnología de los alimentos.

La falta de conocimiento sobre el posible procesado, los usos y características de estos subproductos ha retrasado su empleo como ingredientes alimentarios. Debido a que el subproducto de tomate podría usarse en la formulación de nuevos alimentos, por sus propiedades nutritivas y funcionales, es necesario investigar sus características de

procesado, composición y biodisponibilidad de nutrientes, así como sus características sensoriales (23).

6. Normas de Calidad

La calidad del tomate estándar se basa en varios factores, pero principalmente se toma en cuenta la uniformidad y la ausencia de defectos de crecimiento y manejo. El tamaño no es un factor que defina el grado de calidad, pero puede influir de manera importante en las expectativas de su calidad comercial. El estudio realizado por investigadores de la Universidad Miguel Hernández de Elche, España; sobre los atributos del tomate en fresco que influyen en la decisión de compra de las personas, reveló que los atributos más valorados son el sabor, la consistencia, el color, los daños externos, el precio, el aroma, la variedad y el origen (5). A continuación se describen algunos criterios de calidad del tomate.

a) Forma: bien formado (redondo, forma globosa, globosa aplanado u ovalada, dependiendo del tipo).

b) Color: color uniforme (anaranjado-rojo a rojo intenso; amarillo claro), sin hombros verdes.

c) Apariencia: lisa y con las cicatrices correspondientes a la punta floral y al pedúnculo. Ausencia de grietas de crecimiento, “cara de gato” o cicatriz leñosa pistilar, sutura, quemaduras de sol, daños por insectos y daño mecánico o magulladuras.

d) Firmeza: firme al tacto. No debe estar suave ni se debe deformar fácilmente debido a sobremadurez.

e) Sabor: este depende esencialmente del contenido en ácidos y azúcares. Estos deben estar presentes en cantidades importantes, para asegurar que el fruto sea de buena calidad y tenga buen sabor. Su contenido de azúcares totales debe ser superior a 4 – 4.5%. La acidez es inferior con temperaturas elevadas de 30 a 35°C y produce frutos con menos sabor.

f) pH: este debe ser inferior a 4.4 (18).

La forma, color y tamaño del tomate son factores que también se toman en cuenta en el tomate para procesado industrial. Sin embargo, son más importantes otros factores relativos a la calidad interna como acidez, contenido de azúcares y materia seca. El tomate para procesado industrial incluye una gran variedad de usos, entre los que se pueden destacar: tomate al natural pelado, jugos, purés, pastas y concentrado, salsa de tomate, tomate en polvo y encurtido. A continuación se numeran los factores de calidad industrial:

a) Sólidos totales y sólidos solubles: ambos factores están correlacionados, se utiliza normalmente el contenido de sólidos solubles ($^{\circ}$ Brix) por ser más fácil de determinar. Es el índice que más influye en el rendimiento de la fabricación. En la mayor parte de las variedades se sitúa entre 4.5 y 5.5 $^{\circ}$ Brix.

b) pH: El pH del zumo se sitúa normalmente entre 4.2 y 4.4. Si en algún caso el pH es superior, se pueden presentar problemas en la esterilización, siendo necesario acidular el zumo.

c) Viscosidad: es fundamental para la fabricación de algunos elaborados, especialmente el "Ketchup". Depende del tiempo que se tarde en inactivar por calor las enzimas peptolíticas, desde el momento en que se rompe el fruto. La mayor parte de las variedades proporciona viscosidades entre 4 y 8.

d) Acidez total y azúcares reductores: ambos factores influyen sobre el sabor del fruto. La acidez total suele oscilar entre 0.35 y 0.40g /100cc de zumo y los azúcares reductores entre 2.5 y 3.0g /100cc.

e) Rendimiento en zumo: es el porcentaje de zumo que se obtiene de un peso determinado de frutos. Depende sobre todo de la "pasadora" que se utilice para obtener el zumo, pero también está influido por la variedad empleada (9).

7. Vida de Anaquel

El tiempo de almacenamiento del tomate es relativamente corto debido a su alto contenido de humedad y al grosor de su cáscara. Las mejores temperaturas de almacenamiento según el grado de maduración se presentan a continuación (47):

a) Verde maduro 12 – 15 grados centígrados. Los tomates verde maduro pueden almacenarse a 12.5 grados centígrados por 14 días sin reducción significativa de su calidad sensorial y desarrollo del color. La pudrición puede aparecer si se les almacena más de dos semanas a esta temperatura.

b) Rojo claro (estado 5 de color USDA¹): 10 – 12 grados centígrados. A esta temperatura el tomate es proclive a daños por enfriamiento, por lo que pierde sabor rápidamente. Los daños generalmente no son aparentes hasta que el tomate regresa a temperaturas más cálidas.

c) Maduro firme (estado 6 de color USDA): 7 – 10 grados centígrados. En los tomates que se encuentran en un estado maduro firme, la vida de anaquel es generalmente de 8 a 10 días si se aplica una temperatura dentro del intervalo recomendado. Por el contrario si son almacenados a temperaturas inferiores a 10 grados centígrados por 2 semanas o a 5 grados centígrados por 6 a 10 días, el tomate se vuelve sensible al “daño por frío”, término utilizado para describir un desorden fisiológico causado por la exposición de la planta a temperaturas bajas pero no temperaturas de congelación. Los síntomas del daño por frío en el tomate son alteración en la maduración (incapacidad para desarrollar por completo color y pleno sabor, aparición irregular del color o manchado, suavización prematura), picado (depresiones de la superficie), pardeamiento de las semillas e incrementa la susceptibilidad a infecciones fúngicas (especialmente moho negro, causada por *Alternaria spp.*) (22,47).

En términos generales la temperatura óptima de maduración es de 18 – 21 grados centígrados, a esta temperatura se asegura una buena calidad sensorial y nutricional, el desarrollo de color es óptimo y la retención de vitamina C es alta. Los tomates

¹ Ministerio de Agricultura de Estados Unidos.

almacenados a temperaturas superiores a 25 grados centígrados desarrollan un color más amarillo, menos rojo y son más blandos (47).

8. Consumo de Tomate

El consumo promedio de tomate en Guatemala es de 33 g/persona/día. Observándose el mayor consumo (48 g) en la región central y el menor consumo (21 g) en la región oriental (26).

Según la Hoja de Balance de Alimentos del año 2001, en Guatemala el suministro interno del tomate es el siguiente: Producción 175,000 toneladas métricas, importación 17,000 toneladas métricas y exportación 48,000 toneladas métricas, teniéndose un total de 145,000 toneladas métricas para consumo interno, lo que significa una disponibilidad diaria de 28g de tomate por persona (16).

B. Sistemas de Cultivo

1. Sistema Convencional

Este tipo de agricultura es el que hace uso de fertilizantes, herbicidas, plaguicidas, fungicidas.

a) Fertilización: El objetivo de la fertilización es que las plantas crezcan mejor, ayudan a la conservación de los nutrientes del suelo y hacen que los cultivos dejen mayores ganancias por el alto rendimiento que se puede obtener. Los elementos nutricionales críticos para el cultivo de tomate en el área de Centroamérica son: fósforo (P_2O_5), Calcio (Ca), Magnesio (Mg), Zinc (Zn), Boro (B) y Nitrógeno (N). De los anteriores el Fósforo y el Nitrógeno son los elementos con los cuales hay mayor respuesta del cultivo (48).

Hay que tener en cuenta que la utilización inadecuada de fertilizantes tiene efectos adversos sobre el medio ambiente, ya que la contaminación por estos se produce cuando se utilizan en mayor cantidad de la que pueden absorber los cultivos, o cuando se

eliminan por acción del agua o del viento de la superficie del suelo antes de que puedan ser absorbidos. Los excesos de nitrógeno y fosfatos pueden infiltrarse en las aguas subterráneas o ser arrasados a cursos de agua. Esta sobrecarga de nutrientes provoca la eutrofización de lagos, embalses y estanques y da lugar a una explosión de algas que suprimen otras plantas y animales acuáticos (14).

b) Riego: El consumo de agua de una plantación de tomate depende de factores tales como: la zona de siembra, la época de siembra, el tipo de suelo, el cultivar empleado, el tipo de riego que se emplee. El cultivo de tomate demanda o exige riego durante su ciclo de vida, ya sean siembras hechas bajo riego, o en el invierno. El manejo de agua debe de ser muy cuidadoso, porque la escasez o el exceso son inapropiados para la planta de tomate. Si no tiene la cantidad apropiada de agua por medio del riego, daña la calidad del fruto, ocasionando rajaduras, o bien pudiera darse un asocio con la enfermedad fisiológica en el fruto de la pudrición apical. Por otro lado si hay exceso de humedad en el suelo por efectuar riegos muy pesados, es factible que se incrementen las enfermedades (48).

c) Control de malezas: las malezas constituyen un verdadero problema para cualquier cultivo dado que además de competir por la luz, agua, nutrimentos y espacio son hospederos alternos de plagas y enfermedades, especialmente, hospederos de insectos chupadores, razón por la cual deben eliminarse porque perjudican al cultivo. En el control de malezas del tomate existen dos tipos: manual y químico (48).

d) Plagas del cultivo de tomate y su control: el cultivo de tomate, es afectado por varias plagas. Uno de los mayores problemas ha sido el reconocimiento de las plagas que lo atacan y el abuso de plaguicidas. Los tipos de controles que se utilizan son: control cultural, control biológico, control físico, control químico y manejo integrado (48).

Es importante tener en cuenta que el uso de insecticidas, herbicidas y fungicidas provoca contaminación en el agua dulce con compuestos carcinógenos y otros venenos que afectan al ser humano y a otras formas de vida silvestre (13). Así también los plaguicidas son sustancias peligrosas que requieren cuidados especiales para su manejo y aplicación; algunos pueden provocar envenenamiento agudo, otros pueden provocar

envenenamiento crónico disminuyendo la respuesta inmunitaria ante las infecciones, lo cual expone a los seres humanos a diversas enfermedades (17,19).

2. Sistema Orgánico

La agricultura orgánica es una forma de producción sostenible que minimiza el uso de insumos externos, como la clase y cantidad de fertilizantes y plaguicidas usados; es un sistema de producción que integra aspectos agronómicos, económicos, ecológicos y sociales. En este sistema se utilizan insumos agrícolas naturales (estiércol, abono orgánicos, reciclaje de rastrojos, abonos verdes, polvos minerales) que mantienen la diversidad vegetal, animal, así como la fertilidad y salud del suelo y minimizan el impacto ambiental (2).

De acuerdo con la definición propuesta por el Codex Alimentarius, "la agricultura orgánica es un sistema global de gestión de la producción que fomenta y realza la salud de los agroecosistemas, inclusive la diversidad biológica, los ciclos biológicos y la actividad biológica del suelo"(37). Este sistema no es solamente una sustitución de insumos "agroquímicos" por insumos "naturales" sino que se trata de un sistema de manejo completo que incluye prácticas de laboreo, rotación de cultivos, diversificación e incluso manejo de agua y protección de la vida silvestre. Una simple sustitución de insumos que haga un mal uso de éstos, ya sea por exceso, por aplicación en épocas incorrectas o por una mezcla de los dos anteriores, puede causar tanto o más daño que cualquier agroquímico sintético ya que interrumpirá el desarrollo y trabajo de los ciclos biológicos (2).

Lo que distingue a la agricultura orgánica, reglamentada en virtud de diferentes leyes y programas de certificación, es que: 1) están prohibidos casi todos los insumos sintéticos y 2) es obligatoria la rotación de cultivos para "fortalecer el suelo". De acuerdo a las reglas básicas de la producción orgánica están permitidos los insumos naturales y prohibidos los insumos sintéticos; pero hay excepciones en ambos casos. Están prohibidos ciertos insumos naturales que los diversos programas de certificación han determinado que son nocivos para la salud humana o el medio ambiente (por ejemplo, el

arsénico). Asimismo, está permitidos ciertos insumos sintéticos que se consideran esenciales y compatibles con los principios de la agricultura orgánica (por ejemplo, las feromonas de los insectos). Todos los programas de certificación elaboran listas de insumos sintéticos autorizados y de insumos naturales prohibidos. Aunque muchos agricultores de países en desarrollo no utilizan insumos sintéticos, este hecho por sí solo no es suficiente para clasificar como orgánicas sus operaciones (37). En el caso de Guatemala, la certificación, otorgada por una organización reconocida a nivel internacional, es primordial para cualquier agricultor que quiera exportar sus productos a EEUU o Europa como orgánicos y aspire a un sobre precio en esos mercados (2).

La agricultura orgánica ofrece numerosas ventajas medioambientales, ya que la agricultura convencional tiene profundos efectos en el medio ambiente en conjunto. Esta es la principal fuente de contaminación del agua por nitratos, fosfatos y plaguicidas. También es la mayor fuente antropogénica de gases responsables del efecto invernadero, metano y óxido nitroso y contribuye en gran medida a otros tipos de contaminación del aire y del agua. Los monocultivos modernos en los que se utilizan insumos sintéticos, perjudican con frecuencia la biodiversidad a nivel genético, de especies y de ecosistemas. Los costos externos de la agricultura convencional pueden ser importantes (14).

La agricultura orgánica también tiene ventajas sociales. Utiliza materiales baratos y disponibles a nivel local y requiere normalmente más mano de obra, por lo que aumentan las oportunidades de empleo. Esto constituye una importante ventaja en zonas o momentos en los que hay excedentes de mano de obra. A través de la rehabilitación de procedimientos y alimentos tradicionales, la agricultura orgánica puede favorecer la cohesión social (14, 15).

a) Abonos orgánicos: es un producto natural resultante de la descomposición de materiales de origen vegetal o animal, que tienen la capacidad de mejorar la fertilidad del suelo. Entre los abonos más utilizados se puede mencionar el estiércol, que es el excremento de los animales, principalmente equino, bovino, gallina y lombriz; los residuos de cosechas como el tallo del tabaco, el tallo y hojas de la papa, toda la planta de la alfalfa, raíces y hojas de la mazorca y paja del trigo; abonos verdes, son ejemplo las

plantas leguminosas y cereales; abonos líquidos entre estos se encuentra la orina y el té de estiércol; purín de hierbas, este consiste en reunir cierto tipo de plantas y sacarles sus nutrientes mediante agua (35); y el bocashi, el cual se elabora con la mezcla de gallinaza, cascarilla de arroz, tierra, carbón, semolina, carbonato de calcio, miel de purga, levadura y agua (41).

b) Uso de plaguicidas, herbicidas, fungicidas: En lo que respecta a las sustancias químicas, la agricultura orgánica difiere de la convencional en que se abstiene de utilizar insumos agrícolas sintéticos. En ello se basan las expectativas de los consumidores de que los alimentos orgánicos sean más sanos (6).

3. Sistema Hidropónico

La hidroponía (del griego Hydros –agua y del latín ponos –trabajo) es una forma sencilla, limpia y económica de producir hortalizas y vegetales de rápido crecimiento, de elevados rendimientos y por lo general ricos en elementos nutritivos que pueden complementar las dietas de las poblaciones centroamericanas, basadas en cereales y leguminosas (44). El cultivo de las plantas por este método necesita poca agua y esfuerzo físico, pero es muy dependiente de la voluntad, la dedicación y constancia de las personas que la enseñan, la promueven y la practican (30).

a) Sustratos: Son materiales sobre los cuales se desarrollan las raíces de las plantas estos pueden ser sólidos o líquidos (30). En Guatemala se han probado varios sustratos y se encontró que los que mejores resultados han dado y que son de bajo costo son: cascarilla de arroz, arena de río o arena gris, arena blanca o piedra pómez, aserrín de maderas blancas. Estos materiales pueden ser utilizados solos, aunque algunas mezclas han tenido mucho éxito. Con base en las pruebas hechas en Guatemala, las mezclas de estos materiales que mejores resultados dan son:

- i. 50% cascarilla de arroz con 50% arena de río
- ii. 50% cascarilla de arroz con 50% arena blanca

iii. 60% cascarilla de arroz con 40% arena de río

iv. 80% cascarilla de arroz con 20% de aserrín (25)

b) Métodos de siembra: Para sembrar vegetales existen varios tipos de siembra. Las dos más usadas son:

i. Siembra por trasplante: El sustrato utilizado para hacer semilleros en hidroponía debe ser muy suave, limpio y homogéneo. No se deben hacer almacigeros en tierra para luego ser transplantados a sustratos hidropónicos. Las plantas que se van a transplantar en hidroponía, deben nacer en sustratos preparados para hidroponía (31).

- Semillero: es un lugar en donde se colocan varias semillas que necesitan cuidados especiales, desde el momento que se coloca la semilla hasta el momento de transplantarla (24).

ii. Siembra directa: Existen algunas especies que se siembran directamente en el sitio definitivo, bien sea porque no resisten el trasplante o porque desde el comienzo se desarrollan con mucho vigor y no requieren cuidados especiales que garanticen sus primeros días de vida, como sucede con las especies que tienen semillas muy pequeñas y que por lo tanto dan lugar a plantitas muy pequeñas en los primeros días de desarrollo (31).

c) Nutrición de las plantas: Los nutrientes para estas plantas son suministrados en forma de soluciones nutritivas concentradas. Estas soluciones de nutrientes pueden ser preparadas por los propios hidrocultores cuando ya han adquirido suficiente experiencia en el manejo de los cultivos o cuando tienen áreas lo suficientemente grandes como para justificar una inversión en materias primas para su preparación (25). Los aspectos más importantes de la solución nutritiva son: la relación mutua entre los aniones y entre los cationes, la concentración de nutrimentos expresada con la conductividad eléctrica, el pH, la relación $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$ y la temperatura (28). Las soluciones de nutrientes concentradas, contienen todos los elementos químicos que las plantas necesitan para su desarrollo y adecuada producción de raíces, bulbos, tallos, hojas, flores, frutos o semillas. Si cualquiera de los elementos de las soluciones se agregan al medio en proporciones

inadecuadas, estos elementos pueden ser tóxicos para las plantas. La cantidad de estos elementos deben ser modificadas en las etapas fenológicas del tomate, ya que la relación de los nutrientes disminuyen al pasar de la etapa vegetativa a la reproductiva y de ésta a la de desarrollo del fruto (25,28). Estudios han demostrado que la temperatura de la solución de nutrientes influye en la absorción de agua y nutrimentos. La temperatura óptima para la mayoría de las variedades de tomate es de aproximadamente 22 grados centígrados, ya que en la medida que la temperatura disminuye también disminuye la absorción y asimilación de los nutrimentos (28).

Existen varias fórmulas para preparar soluciones de nutrientes que han sido usadas en otros países. En Guatemala se han probado con éxito, dos soluciones madres a las que se les llama solución A y B. Debido a que en Guatemala estas soluciones no se venden a nivel comercial, en el Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá (INCAP) se preparan y venden a un bajo costo. La solución A aporta a las plantas fosfato mono amónico, nitrato de calcio y nitrato de potasio que son los elementos nutritivos que consume en mayores proporciones y la solución B aporta nitrato de magnesio, sulfato de magnesio, sulfato de manganeso, sulfato de cobre, sulfato de zinc, sulfato de cobalto, ácido bórico, molibdato da amonio, citrato de hierro que son los elementos requeridos en menor cantidad (25).

d) Manejo y control de Plagas: Como en cualquier cultivo, estos pueden ser atacados por plagas, por lo que su manejo se realiza de la siguiente forma: revisar diariamente el huerto durante cinco minutos, colocar banderas amarillas untadas con aceite de motor, espantapájaros, cebos y aplicar agua jabonosa a los cultivos(39).

C. Propiedades Sensoriales de los Alimentos

1. Definición

La evaluación sensorial es la disciplina que se usa para evocar, medir, analizar e interpretar lo relativo a aquellas características de los alimentos y otras sustancias que son percibidas por los sentidos de la vista, olfato, gusto, tacto y oído. Se dice también, que es un conjunto de técnicas de medida y de evaluación que se hace con uno o más de

los sentidos humanos. Son sensaciones experimentadas por el hombre, en respuesta a determinadas características o propiedades de los alimentos.

Las características que se pueden evaluar son principalmente: apariencia, olor, gusto, sonido y textura. Otras sensaciones de sistemas secundarios contribuyen a la percepción, como en el caso de los labios, y parte interna de la boca, zonas que son sensibles al dolor y a la temperatura (36).

2. Los Sentidos como Herramientas de Análisis

a) Percepción: es una sensación que es función de las características innatas del objeto. Es cuando el observador ha recibido un estímulo de magnitud igual o mayor al umbral, y comprende la filtración, interpretación y reconstrucción de la información recibida. El primer estado de percepción ocurre en los receptores sensoriales, cuya especificidad y sensibilidad determinan la percepción.

i. Umbral sensorial: es la cantidad mínima de energía requerida para producir una respuesta sensorial. Es el estímulo mínimo capaz de producir una respuesta sensorial en un 50% de una población dada.

ii. Umbral de identificación: es la cantidad mínima de estímulo que produce la identificación del compuesto, por un 50% de una población dada.

iii. Umbral máximo o umbral de saturación: es la máxima concentración o intensidad de estímulo, que puede ser captada, si se eleva el estímulo, sin que aumente la respuesta (36).

b) Atributos y receptores sensoriales

i. Gusto y sabor: gusto es la sensación percibida a través del sentido del gusto, el cual se localiza en la lengua y cavidad bucal. El sabor es la sensación percibida por los órganos sensoriales de nariz y boca. El sabor de un alimento tiene tres componentes: olor, gusto y sensaciones compuestas conocidas como "sensación bucal". Los receptores del sabor son 200 papilas gustativas. Las llamadas fungiformes, son las más importantes en cuanto al gusto y al tacto. Son grandes y tienen forma de hongo. Le siguen las falciformes que forman una "V" lingual, las cuales son alrededor de 15. Las filiformes no foliadas tienen una función vaga en cuanto al gusto y tacto. Cuando se lleva a cabo una prueba con sustancias puras, el alimento debe colocarse en la parte de la lengua donde

se encuentran las papilas que perciben el sabor. Con los sabores amargo y dulce, adelante o atrás. Para sabor ácido a los lados. Cuando se realizan estas pruebas se deben considerar que al eliminar el olfato hay sabores que no se detectan (36).

ii. Olor: Es la sensación producida al estimular el sentido del olfato. La información respecto al aroma del alimento se obtiene a través del epitelio olfatorio, un área de color amarillo, del tamaño de una estampilla postal, localizada en la parte superior de la cavidad nasal y por encima de los cornetes. Normalmente, la mayor parte del flujo de aire inhalado pasa junto al área olfatoria aunque sin repercusión directa sobre ella. Sin embargo, en el acto de deglutir, se forma un ligero vacío en la cavidad nasal y a medida que el alimento comienza a bajar al esófago, una pequeña cantidad de aire, transportando olor del alimento, llega al área olfatoria (3).

iii. Percepción y color: el tamaño, forma y color de los alimentos y las características tales como transparencia, opacidad, turbidez, deslustre o brillo son medidos por los órganos de la vista. Con respecto al color, los ojos son capaces de distinguir las ondas que constituyen la luz blanca, la cual se descompone en todos los colores del arcoiris si se envía luz a través de un prisma. Aquellos rayos con las longitudes de ondas más cortas causan la respuesta de color violeta, y las ondas más largas producen el color rojo. Debido a lo anterior los objetos aparecen coloreados debido a que la luz que desde ellos llega al ojo, sólo contiene una parte de las ondas de la sección del espectro visible (3).

c) Sensaciones táctiles: la boca, la lengua y las mandíbulas pueden evaluar la forma, constitución y sensación de un alimento, o sea, su característica táctil. Esto forma parte de las impresiones sensoriales asociadas con la alimentación (36).

d) Textura de los alimentos: los componentes estructurales de los alimentos les confieren un amplio rango de propiedades referidas colectivamente como textura. La granulosidad y la fragilidad son aspectos de la textura (3).

e) La audición y los ruidos: a través del oído interno se perciben los sonidos provocados al masticar o morder un alimento. La capacidad auditiva del hombre es de 10 a 10^4 Herz. Esta varía según la edad y la dotación del sujeto (36).

3. Condiciones para Llevar a Cabo la Evaluación Sensorial

Para llevar a cabo una evaluación sensorial tomando en cuenta todos los criterios de un estudio científico, se deben considerar los siguientes aspectos: laboratorio de pruebas, muestras, panel de degustadores, métodos de evaluación y análisis estadístico de los datos obtenidos

a) Laboratorio de pruebas: el objetivo de realizar el análisis en un laboratorio es poder controlar todas las condiciones de la investigación, eliminando al máximo las variables que interfieren en los juicios. Las áreas básicas que todo laboratorio de pruebas debe tener son: área de preparación de alimentos, área para discusión del panel, área de cabinas de degustación, un escritorio para el encargado del panel, material y equipo para preparar y servir las muestras (49).

b) Muestras: es el producto que será entregado a los jueces para su evaluación. Estas deben ser representativas del producto total. El que dirige la investigación debe conocer exactamente el problema de que se trate, confeccionando un historial de la muestra, y saber cuáles variables son de menor importancia (52).

i. Preparación de la muestra: cada producto tiene una técnica de preparación que debe ser reproducida cada vez que el panel vaya a degustarlo. Se debe preparar una cantidad de muestra suficiente para todo el panel, considerando un pequeño exceso por si fuera necesario repetir alguna muestra, en caso de error en la distribución, confusión de las muestras, o bien que los jueces pidan una nueva porción para tener más seguridad sobre el juicio, etc. La muestra se distribuye en utensilios que deben ser semejantes a los utilizados habitualmente en el consumo del alimento que se ensaya. Al repartir las porciones debe cuidarse que éstas sean iguales en cada utensilio, para evitar el error por estímulo. Si el material del test es sólido bastará con una cucharadita de té por porción y si es líquido con unos 15 a 20 ml. Los utensilios a utilizar deben ser marcados un día antes de comenzar la degustación para eliminar el olor del solvente del marcador (52).

ii. Presentación: aquí se deben de tener en cuenta los siguientes factores:

- Apariencia: todas las muestras que se entreguen al mismo tiempo, deben tener la misma forma, consistencia, color y apariencia.

- Tamaño: todas la muestras entregadas al mismo tiempo, deben tener el mismo tamaño.

- Temperatura: debe ser la óptima para detectar las diferencias bajo estudio.
- Recipientes: todas las muestras que serán degustadas, deben servirse en recipientes de la misma medida y color, que no comuniquen sabor ni olor al alimento.
- Orden de presentación: generalmente se obtiene por sorteo para evitar errores de posición.
- Número de muestras: el número de muestras a evaluarse por sesión es discutible.
- Hora de la degustación: en general se aconseja realizarla en la mañana, no muy cercano al almuerzo.
- Frecuencia de las degustaciones: no deben realizarse más de dos al día. En caso de tener que hacer obligadamente más degustaciones, éstas deben de estar separadas por lo menos por 30 minutos.
- Duración de la degustación: generalmente tomas de 5 a 15 minutos. Los degustadores deben hacer pausas entre las degustaciones para evitar confusiones de gustos u olores. Generalmente se usa un medio de neutralización hasta tener el gusto de la saliva normal (52).

c) Panel de degustadores: se conoce también con el nombre de equipo de jueces o catadores, este es un elemento esencial en el análisis sensorial. De los degustadores depende, en gran parte, la calidad de los resultados. Existen dos tipos de jueces según el estudio que se realice: los jueces analíticos y los jueces consumidores.

i. Jueces analíticos: estos son debidamente seleccionados y entrenados, tienen la misión de establecer y/o cuantificar diferencias y describir y/o calificar la calidad de los alimentos.

ii. Jueces consumidores: estos no poseen ni necesitan ningún entrenamiento previo, ya que sólo han de informar sobre la reacción de los potenciales consumidores (7,8).

4. Métodos de Evaluación Sensorial:

Los métodos de evaluación sensorial se dividen en tres grupos: a) Métodos de valoración, cuyo objetivo es evaluar la calidad de los productos con rapidez; b) Métodos que detectan diferencias, cuyo objetivo es medir las diferencias existentes entre dos muestras; y c) Métodos analíticos, cuyo objetivo es medir los efectos de cada una de las características de la calidad sobre la complejidad del total. Los test que se utilizan para cada método, objetivos, tipo y número de jueces y el análisis estadístico de resultados se muestran en el anexo No. 1.

5. Métodos para Detectar Diferencias

Estos miden las diferencias entre las muestras y son el acercamiento más próximo al análisis de alimentos. Las diferencias que se captan en las características sensoriales de los alimentos pueden provenir de diferentes causas: variedades genéticas, métodos y procesos diferentes de fabricación, tipos de material de empaque y condiciones de almacenamiento. Una aplicación frecuente de los tests de diferencia es como herramienta del control de calidad, para determinar factores que influyen en la uniformidad de la calidad del producto. Básicamente estos test indican si dos muestras son iguales o diferentes, pero no necesariamente señalan la diferencia o la causa de ella. Son métodos por excelencia objetivos y analizables estadísticamente. Su limitación está en que requiere que las muestras sean homogéneas y que las diferencias entre ellas sean pequeñas. El panel que requiere está constituido por jueces entrenados, que hacen varias repeticiones de la degustación. Los resultados se analizan estadísticamente planteando una "hipótesis nula"(H_0) y una hipótesis alternativa"(H_1). Los test que se utilizan para detectar diferencias son los siguientes (52):

a) Test de estímulo único: consiste en entregar al juez una muestra estándar o control, varias veces para que se familiarice con ella sensorialmente. En seguida, se le entrega la muestra que se desea evaluar y se le pregunta si ella corresponde o no a la que degustó primeramente (52).

b) Test pareado: este permite detectar pequeñas diferencias entre dos muestras. Elimina el efecto de la memoria, que es fundamental para el método anterior (52).

c) Test Dúo-Trío: se usa para determinar si la diferencia entre muestras es debida a un ingrediente, procesamiento, empaque o almacenamiento. También cuando deseamos saber, si hay diferencia, aunque no se identifique un atributo específico. Se usan de 15 a 30 sujetos a quienes se les presenta una muestra de referencia identificada con una letra y luego dos muestras desconocidas codificadas, de las cuales, una será idéntica a la de referencia. Es un test estadísticamente débil comparado con las pruebas triangulares, porque la probabilidad de seleccionar la muestra que es igual, solo por adivinar es 1 de 2. Sin embargo, es simple y fácilmente comprendido por los panelistas (36,49).

d) Test de comparación múltiple: este mide diferencia en base a más de tres estímulos, pudiendo llegar a 6 incluyendo el control. Permite detectar diferencias de intensidad moderada, cuando hay pequeños efectos entre las muestras. El test se desarrolla para 3 o 6 muestras. Al juez se le informa cuál es el control, y éste se incluye de nuevo entre las muestras que se degustan. Al juez se le pide que señale de cada muestra si ésta es o no diferente del control, y que además señale el grado de diferencia, de acuerdo a una escala de puntaje. Se pide además que señale si la muestra es igual, superior o inferior al estándar (52).

e) Test triangular: este permite seleccionar jueces y también medir propiedades sensoriales de los alimentos, diferencias en la materia prima, y en general es muy útil para determinar pequeñas diferencias de apariencia, olor, sabor o textura de los alimentos (36,52). Las instrucciones generales para identificar una diferencia utilizando la prueba Triangular son las siguientes:

i. Descripción de la tarea de los panelistas: tres muestras codificadas son presentadas a los panelistas; una muestra es diferente y las otras dos iguales. Se pide a los panelistas que seleccionen la muestra que es diferente, aun si ellos no encuentran ninguna diferencia entre las muestras (en caso de duda, los panelistas deben decidirse por una muestra). A veces se pide además comentar acerca de la naturaleza de la diferencia (49,52).

ii. Presentación de muestras: las dos muestras diferentes (A y B), son presentadas a los panelistas en grupos de tres. Los panelistas reciben ya sea dos muestras A y B, o dos muestras B y una A. Las tres muestras se presentan en pequeños recipientes idénticos, codificados con 3 números aleatorios. Los números de código de las muestras presentadas a cada panelista, deben ser diferentes, aun cuando dos de las muestras sean idénticas. En esta prueba hay seis posibles órdenes de presentación de las muestras; AAB, ABA, BAA, BBA, BAB, ABB. Aquí las posibilidades de acertar por azar es de 1/3.

Para servir las muestras en un orden balanceado, cada orden se debe servir un número igual de veces; esto sólo es posible cuando hay seis panelistas o un número de panelistas que sea múltiplo de seis. Otra alternativa es, que el orden sea aleatorio, de manera que cada panelista tenga la misma posibilidad de recibir cualquiera de los seis posibles órdenes de presentación. Las muestras se presentan simultáneamente, en el orden seleccionado para cada panelista, de manera que los panelistas evalúen las muestras de izquierda a derecha. En esta prueba, sí se permite que se prueben las muestras una segunda vez (49).

iii. Análisis de datos: para evaluar la significancia de los resultados se puede utilizar la tabla binomial de un extremo o el chi cuadrado (49,52).

D. Estudios Anteriores

1. Sobre Alimentos Orgánicos

Durante la 22^a conferencia regional de la FAO para Europa realizada en el año 2000 presentaron algunos estudios que se han realizado con alimentos orgánicos los cuales se numeran a continuación:

a) Un estudio de análisis sensorial reveló diferencias significativas de las características organolépticas entre manzanas de la variedad Golden Delicious cultivadas por medios orgánicos y convencionales. Se observó que las manzanas cultivadas orgánicamente tenían una consistencia más firme y recibían una puntuación más alta en

cuanto a su sabor que las manzanas cultivadas convencionalmente, también se demostró que el contenido de flavonoides era más alto en las manzanas orgánicas (6).

b) Estudios comparativos entre trigo cultivado por medios orgánicos y convencionales han demostrado que el primero tiene un contenido de proteínas más bajo (6).

c) Otro estudio reveló que el pan hecho con trigo orgánico se dora mejor debido a su contenido más alto de alfa amilasa y azúcar que favorece la reacción de Maillard (6).

d) Algunos estudios se han centrado en las diferencias en la duración en almacén de los productos orgánicos en comparación con los convencionales. Los resultados indican que la mayor capacidad de almacenamiento de algunos productos orgánicos puede deberse a una diferencia de calidad derivada de los métodos de producción, como por ejemplo unas pérdidas menores debidas a hongos en las zanahorias orgánicas durante el almacenamiento y un menor deterioro de las propiedades de cocción en las papas orgánicas (6).

2. Sobre Alimentos Hidropónicos

Estudios realizados por el Centro de Investigación de Hidroponía y Nutrición Mineral, Departamento de Biología, de la Universidad Agraria La Molina, Lima, Perú demuestran que los pimentones dulces cultivados con este sistema poseen un valor más alto en vitaminas y minerales (27).

El estudio de Diéguez (10) sobre la comparación del contenido de nutrientes de rábano y acelga cultivada en huertos hidropónicos populares y sustrato natural, reporta que en las muestras de rábano se encontró que existen diferencias significativas en el contenido de proteína, grasa, carbohidratos, fibra, humedad, calcio, fósforo, hierro, zinc, magnesio, cobre y potasio; siendo mejor el rábano cultivado en sustrato natural. En lo que se refiere a la acelga se reportó que existen diferencias significativas en el contenido de fósforo, calcio, magnesio, potasio, manganeso, sodio, proteína y fibra. De estos nutrientes la cantidad de proteína, potasio, manganeso y fósforo fue mayor en sustrato natural y los carbohidratos, cenizas, fibra, hierro y sodio fueron más altos en sustrato hidropónico (10).

IV. JUSTIFICACIÓN

La creciente preocupación de las personas por consumir una dieta balanceada, alimentos de alta calidad y de origen seguro, es un reto para los productores de alimentos.

En ese sentido se ha planteado si los diferentes sistemas de cultivo causan diferencias de calidad en los alimentos. Por ser el tomate un vegetal de amplio consumo en Guatemala y susceptible de ser producido en diferentes condiciones, se considera de suma importancia conocer si la composición nutricional, características sensoriales y vida de anaquel son afectados por los diferentes sistemas de cultivo; de esta manera se aportara información que contribuya a respaldar científicamente algunas creencias sobre las bondades de alimentos cultivados en diferentes sustratos.

V. OBJETIVOS

A. General

1. Comparar la composición nutricional, características sensoriales y vida de anaquel del tomate (*Lycopersicum esculentum*) cultivado en sustrato orgánico, hidropónico y convencional.

B. Específicos

1. Determinar la composición proximal, contenido de minerales y cantidad de sólidos solubles del tomate (*Lycopersicum esculentum*) cultivado en tres sustratos diferentes.

2. Determinar las características sensoriales (peso, tamaño, color, sabor y apariencia general) del tomate (*Lycopersicum esculentum*) cultivado en tres sustratos diferentes.

3. Determinar la vida de anaquel del tomate (*Lycopersicum esculentum*) cultivado en tres sustratos diferentes.

4. Relacionar la composición nutricional, características sensoriales y vida de anaquel con el sistema de cultivo utilizado.

VI. HIPOTESIS

1. El tomate *Lycopersicum esculentum* cultivado en sustrato orgánico, hidropónico y convencional contiene el mismo valor nutritivo.
2. El tomate *Lycopersicum esculentum* cultivado en sustrato orgánico, hidropónico y convencional posee las mismas características sensoriales (peso, tamaño, color, sabor y apariencia general).
3. El tomate *Lycopersicum esculentum* cultivado en sustrato orgánico, hidropónico y convencional tienen la misma vida de anaquel a temperatura ambiente y en refrigeración.

VII. MATERIALES Y MÉTODOS

A. Universo

Tomate *Lycopersicum esculentum*, cultivado en sustrato orgánico, hidropónico y convencional en la finca experimental del Instituto de Nutrición de Centroamérica y Panamá –INCAP- ubicada en San Raymundo, Guatemala.

B. Muestra

Al azar se recolectaron 270 tomates de cosecha orgánica, 270 tomates de cosecha hidropónica y 270 tomates de cosecha convencional.

C. Tipo de Estudio

Es un estudio de tipo experimental.

1. Análisis Químico

Se determinó la composición proximal, contenido de minerales y cantidad de sólidos solubles.

2. Análisis Sensorial

Se determinó las características sensoriales peso, tamaño, color, sabor y apariencia general.

3. Determinación de la Vida de Anaquel

Se determinó la vida de anaquel a temperatura ambiente y en refrigeración.

D. Materiales

1. Instrumentos

a) Para la recolección de los resultados del análisis químico proximal se utilizó la hoja de control que aparece en el anexo No. 2.

b) Para la recolección de los resultados del contenido de minerales se utilizó la hoja de control que aparece en el anexo No. 3.

c) Para la recolección del contenido de sólidos solubles (°Brix) se utilizó la hoja de control que aparece en el anexo No. 4.

d) Para el análisis de las características sensoriales: se utilizaron las hojas de control e instrumentos que aparecen en los anexos No. 5,6,7,8 y 9.

e) Para la recolección de datos de la vida de anaquel a temperatura ambiente y en refrigeración se utilizó la hoja de control que se muestra en el anexo No.10.

2. Recursos

a) Recursos físicos y materiales

- i. Equipo de oficina
- ii. Invernadero de la Finca Experimental del INCAP
- iii. Equipo y materiales para realizar los tres diferentes cultivos
- iv. Semillas de tomate híbrido: HYBRID 46 (PS 150046)
- v. Laboratorio de Bromatología de la Escuela de Zootecnia, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, USAC
- vi. Laboratorio de Suelos y Agua de la Facultad de Agronomía.
- vii. Laboratorio de Alimentos, Escuela de Nutrición, Facultad CC QQ y Farmacia

E. Metodología

1. Para el Cultivo del Tomate

El cultivo de tomates se realizó por medio del sistema convencional, orgánico e hidropónico. Este fue realizado por personal especializado de la finca experimental del INCAP, (ver características en el anexo No. 11). En un invernadero de 6 metros de ancho por 35 metros de largo; el total de plantas sembradas fue de 356. Tomando en cuenta las recomendaciones agronómicas, el sistema de siembra utilizado para los 3 cultivos fue el de transplante, para el cual se prepararon semilleros (los cuales se sembraron el 12 de diciembre de 2004) y a los 18 días (30 de diciembre 2004) se realizó el transplante. Previo al transplante se preparó el suelo con los respectivos abonos para cultivo convencional y orgánico. El cultivo hidropónico se realizó en bolsas de plástico las cuales contenían cascarilla de arroz, arena de río y la solución de nutrientes, el contenido de nutrientes de las soluciones se muestra en el anexo No. 12. Las soluciones nutritivas

se adquirieron en el INCAP. Esta solución se aplicó todos los días. El sistema de riego utilizado para los tres cultivos fue el de goteo.

2. Para Determinar el Número de Muestras

La muestra se determinó según las unidades de análisis necesarias para realizar el estudio físico, químico y sensorial.

3. Para la Recolección, Manejo y Transporte de las Muestras

La cosecha del tomate inicio a los 77 días después del transplante. Se realizaron cuatro sesiones de corte. Los tomates que se obtuvieron en los primeros dos cortes fueron congelados para su posterior análisis químico. Los tomates de los últimos dos cortes se mantuvieron a temperatura ambiente y se colocaron en recipientes de plástico, en los cuales fueron trasladados al Laboratorio de Alimentos para los análisis que requerían utilizar el tomate fresco.

4. Para el Análisis Químico

De acuerdo a la recomendación de la Unidad de Informática y Biometría de la Facultad de CC QQ y Farmacia, el número de repeticiones realizadas por cultivo fue de 3, ya que

$$r = NC^2$$

En donde:

r: repeticiones

NC: nivel de confianza

Utilizando un nivel de confianza de 90% (1.64) se obtiene que el número de repeticiones a realizar es de 3. Se utilizó una muestra diferente para cada repetición por lo que en total se analizaron 9 muestras.

a) Para el análisis químico proximal: se realizó de acuerdo a los procedimientos oficiales de AOAC (ver anexo No. 13). Para determinar la proteína se utilizó el método Kjeldhal (AOAC No. 2.049 y 2.050), grasa por el método de Goldfish (AOAC No.7.045), fibra cruda por reflujo e incineración (AOAC No. 7.050 a 7.054), cenizas por incineración

en mufla (AOAC No. 7.010), carbohidratos y energía se calcularon con las siguientes fórmulas:

Carbohidratos (g) = $100 - (\% \text{ cenizas} + \% \text{ grasa} + \% \text{ proteína cruda} + \% \text{ fibra cruda} + \text{humedad})$

Energía (calorías) = $(\text{extracto etéreo} * 9) + [(\text{carbohidratos} + \text{proteínas}) * 4]$

b) Para el análisis de minerales: este se realizó por medio de la técnica de combustión seca y cuantificación química por el método de colorimetría para cuantificar el fósforo (AOAC No. 3.062 al 3.064) y espectrofotometría de absorción atómica para cuantificar K, Ca, Mg, Fe, Cu, Zn, Mn, Na (AOAC No. 2.096 al 2.100) ver anexo No. 14.

5. Metodología para Determinar la Cantidad de Sólidos Solubles en el Tomate

Se utilizó una muestra de 50 tomates. A cada uno se le realizó una punción en el centro y desintegración de tejidos internos con un cuchillo. De ahí se extrajo una gota de jugo y se colocó en el refractómetro (Bellinghan ε Stanley LTD, Tunbridge Wells) para obtener la lectura en grados Brix.

6. Metodología para Determinar las Características Sensoriales del Tomate

a) Determinación del peso del tomate: Se tomó el peso individual de 50 tomates de cada cultivo, en una balanza semianalítica marca OHAUS E4000, con sensibilidad de 0.1g.

b) Determinación del tamaño del tomate: Se midió el tamaño individual de 50 tomates de cada cultivo. Para ello se colocó una cinta métrica sobre una superficie plana, un extremo del tomate se colocó en el cero de la cinta métrica, luego se colocó una regla en cada extremo del tomate y la distancia entre las dos reglas fue la medida del tamaño del tomate.

c) Determinación de diferencias en el sabor de los tomates: Se realizó el análisis sensorial por medio de un Test Triangular, en ella participaron 30 jueces semi-entrenados.

A cada juez se le presentó un juego de 3 sets, cada set comprendía tres muestras, donde dos de ellas eran iguales y una diferente. El juez debía identificar cuál de las tres muestras era diferente. En la presentación de las muestras a los jueces se les hicieron las siguientes combinaciones:

Set	Combinaciones			Set	Combinaciones		
No. 1	AAB	ABA	BAA	No. 4	BBA	BAB	ABB
No. 2	BBC	BCB	CBB	No. 5	CCB	CBC	BCC
No. 3	AAC	ACA	CAA	No. 6	CCA	CAC	ACC

A = tomate orgánico, B = tomate hidropónico, C = tomate convencional

Las muestras presentadas a los jueces fueron rodajas de tomate. Dichas rodajas se obtuvieron de la parte central del tomate, la cuales se sirvieron en una hoja de papel encerado, identificadas con un código. En el anexo No. 15 se presenta una foto con el material utilizado en la recolección de datos sensoriales.

d) Para la determinación del color: Se realizó por medio de comparación con una escala de color Pantone. Se comparó el color de 20 tomates maduros de cada cultivo, con los diferentes tonos de color rojo mate que presenta la escala.

e) Determinación de la apariencia general: Se realizó por observación de 20 tomates maduros de cada cultivo. En el instrumento que se muestra en el Anexo No. 9 se anotó la presencia o ausencia de las siguientes características de los tomates en estudio: apariencia sana, bien formado, superficie lisa, superficie brillante, color uniforme y firme al tacto. Los tomates que cumplieron con todas las características mencionadas fueron catalogados como de buena apariencia general.

7. Metodología para Determinar la Vida de Anaquel del Tomate

Se utilizaron 3 recipientes de plástico liso y transparente en el cual se colocaron seis tomates de cada cultivo, representando cada uno de ellos una replica. Los tomates se almacenaron a temperatura ambiente y fueron observados todos los días durante un período de un mes; la aparición de moho indicó el vencimiento de su vida de anaquel. El

procedimiento anterior se repitió a temperatura de refrigeración para determinar la vida de anaquel en esas condiciones.

8. Para la Tabulación y Análisis de Datos

a) Tanto el contenido de nutrientes, como de sólidos solubles, peso y tamaño de los tomates se analizaron por medio de análisis de varianza.

b) Los resultados de vida de anaquel se analizaron por medio de análisis de varianza para un diseño factorial $3 * 2$ con replicas.

c) Las diferencias sensoriales de sabor se analizaron con la Tabla correspondiente al test triangular (anexo No. 16), que señala el mínimo de juicios correctos para un tamaño de panel dado, en cada nivel de significación.

Los análisis estadísticos se realizaron en Microsoft® Office Excel 2003. Parte de Microsoft Office Professional Edition 2003 y en el programa Stata 6.0.

VIII. RESULTADOS

A. Contenido de Nutrientes de Tomate Cultivado en Sustrato Orgánico, Hidropónico y Convencional

En el cuadro No. 1 se observa el contenido de nutrientes en los tomates estudiados y las diferencias entre ellos. Se encontró diferencias significativas en el contenido de fibra, sodio y zinc. El contenido de fibra y de zinc fue mayor en los tomates cultivados con el sistema hidropónico. Solo entre los tomates hidropónicos y convencionales hubo diferencia significativa en el contenido de sodio, siendo el hidropónico el que mayor cantidad tenía.

B. Contenido de Sólidos Solubles

En el cuadro No.2 se presentan los promedios de los valores de grados Brix de los tomates cultivados en sustrato orgánico, hidropónico y convencional. Se determinó que hay diferencias significativas entre los tomates hidropónicos y convencionales, siendo mayor el contenido en los tomates cultivados en el sistema hidropónico.

C. Análisis Sensorial del Tomate Cultivado en Sustrato Orgánico, Hidropónico y Convencional

En el cuadro No. 2 también se presenta el peso y tamaño de los tomates cultivados en los tres diferentes sustratos. Se encontró diferencia significativa en el peso de los tomates de cultivo orgánico y el hidropónico, siendo el de cultivo hidropónico el de mayor peso. Con respecto al tamaño se encontró diferencia significativa en el tamaño de los tomates de los tres cultivos, siendo el hidropónico el de mayor tamaño.

Cuadro No. 1
Promedio del Contenido de Nutrientes para el Tomate (*Lycopersicum esculentum*) Cultivado en Sustrato Orgánico, Hidropónico y Convencional. Guatemala, abril 2005

Nutrientes	Orgánico (promedio ± desviación estandar)	Hidropónico (promedio ± desviación estandar)	Convencional (promedio ± desviación estandar)	Valor P*
E (Kcal)	12.7 ± 2.9	14.1 ± 1.4	9.8 ± 4.3	0.3
Agua %	95.4 ± 0.8	94.9 ± 0.4	96.4 ± 1.2	0.16
Proteína (g)	0.44 ± 0.06	0.37 ± 0.03	0.38 ± 0.07	0.38
Carbohidratos (g)	2.57 ± 0.6	3.04 ± 0.3	1.93 ± 1.0	0.25
Grasa (g)	0.06 ± 0.02	0.05 ± 0.01	0.06 ± 0.02	0.54
Ceniza (g)	0.64 ± 0.1	0.65 ± 0.1	0.56 ± 0.1	0.36
Fibra (g)	0.84 ± 0.03	0.99 ± 0.1	0.6 ± 0.05	0.001
P (mg)	11 ± 3	12 ± 1	10 ± 5	0.90
K (mg)	111 ± 27	135 ± 11	90 ± 34	0.18
Ca (mg)	11 ± 2	13 ± 1	9 ± 3	0.16
Mg (mg)	4 ± 0.6	17 ± 0.9	11 ± 1	0.07
Na (mg)	2.8 ± 0.4	3.0 ± 0.3	1.9 ± 0.6	0.05
Cu (mg)	0.02 ± 0.06	0.03 ± 0.01	0.05 ± 0.01	0.21
Zn (mg)	0.05 ± 0.06	0.09 ± 0.06	0.04 ± 0.001	0.03
Fe (mg)	0.13 ± 0.06	0.14 ± 0.03	0.09 ± 0.05	0.38
Mn (mg)	0.07 ± 0.02	< 1	< 1	---

* ANOVA P ≤ 0.05

Cuadro No. 2
Grados Brix, Peso y Tamaño del Tomate (*Lycopersicum esculentum*) Cultivado en Sustrato Orgánico, Hidropónico y Convencional. Guatemala, abril 2005

Tipo de cultivo	n	° Brix Promedio ± DS	Peso (g) Promedio ± DS	Tamaño (cms) Promedio ± DS
Orgánico	50	3.47 ± 0.66	71.2 ± 13.08	6.7 ± 0.6
Hidropónico	50	3.48 ± 0.62	79.2 ± 13.7 * ^B	7.4 ± 0.5 * ^C
Convencional	50	3.07 ± 0.65 * ^A	76.8 ± 17.4	7.1 ± 0.6

*^A = P = 0.0018; *^B = P = 0.0024; *^C = P = 2.77E -07

En el cuadro No. 3 se presentan los resultados de la evaluación de diferencia de sabor del tomate. Se observa que no existe diferencia significativa en el sabor de los tomates en estudio.

Cuadro No. 3
Diferencias en el Sabor del Tomate (*Lycopersicum esculentum*) Cultivado en Sustrato Orgánico, Hidropónico y Convencional. Guatemala, abril 2005

Combinación	No. de jueces	No. de repeticiones	No. de juicios	No. de aciertos	Valor Crítico
hidropónico-orgánico	10	3	30	11	16
hidropónico-convencional	10	3	30	10	16
orgánico-convencional	10	3	30	11	16

En el cuadro No. 4 se presentan los resultados de la evaluación del color de los tomates cultivados en los tres diferentes sustratos. El 60% y 50% de los tomates orgánicos e hidropónicos, respectivamente, correspondían al color codificado como 173C y el 45% de los tomates convencionales el 144U. En la Foto No. 1 se muestran los colores que corresponden a cada código mencionado.

Cuadro No. 4
Color de Tomate (*Lycopersicum esculentum*) Cultivado en Sustrato Orgánico, Hidropónico y Convencional. Guatemala, abril 2005

Tomate Código de color	179C		173C		172C		144U		Pantone warm red C		Total	
	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%
Orgánico	4	20	12	60	1	5	3	15	0	0	20	100
Hidropónico	9	45	10	50	0	0	0	0	1	5	20	100
Convencional	0	0	5	25	6	30	9	45	0	0	20	100

Foto No. 1
Colores de la Escala Pantone Correspondiente a los Códigos Obtenidos del Color de Tomate (*Lycopersicon esculentum*) Cultivado en Sustrato Orgánico, Hidropónico y Convencional. Guatemala, abril 2005



En el cuadro No. 5 se muestran los resultados de la apariencia general del tomate cultivado en los tres diferentes sustratos. Se observa que la mayoría de tomates no cumplieron con todos los requisitos establecidos para calificar como de buena apariencia general. A estos datos no se les aplicó el Chi cuadrado, ni ninguna otra prueba estadística, ya que los datos fueron muy similares, por lo que se determina a simple vista que los defectos encontrados en los tomates no están influenciados por el tipo de cultivo.

Cuadro No. 5
Apariencia General de Tomate (*Lycopersicon esculentum*) Cultivado en Sustrato Orgánico, Hidropónico y Convencional. Guatemala, abril 2005

Resultado	Apariencia general aceptable	Apariencia general no aceptable
Orgánico	9	11
Hidropónico	8	12
Convencional	8	12

D. Vida de Anaquel a Temperatura Ambiente y en Refrigeración del Tomate Cultivado en Sustrato Orgánico, Hidropónico y Convencional

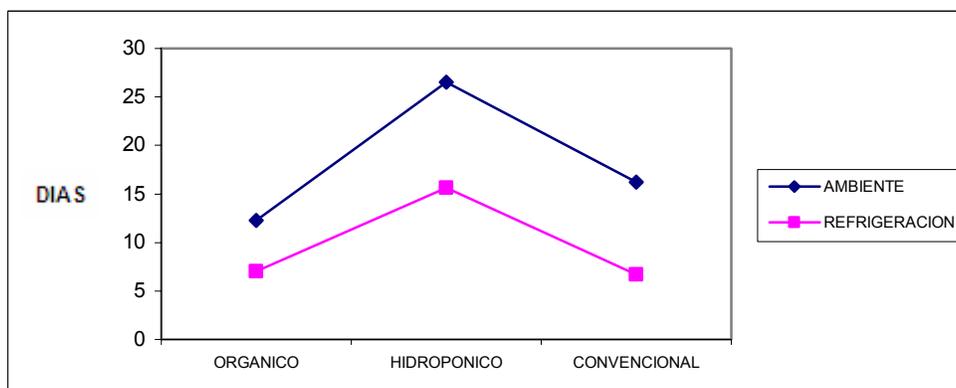
En el cuadro No. 6 se muestran los días en que aparecieron las primeras arrugas en los tomates. Según los resultados obtenidos, no hubo diferencia significativa entre los cultivos pero sí se encontró diferencias significativas entre temperaturas, siendo la temperatura ambiente la que presenta mayor tiempo de vida de anaquel antes que aparezcan arrugas. A pesar que no se encontraron diferencias significativas entre cultivos, en la gráfica No. 1 se puede observar que, en promedio, el tomate que tuvo la vida de anaquel más larga fue el hidropónico almacenado a temperatura ambiente.

Cuadro No. 6
Tiempo en que Aparecieron las Primeras Arrugas en los Tomates (*Lycopersicum esculentum*) Cultivados en Sustrato Orgánico, Hidropónico y Convencional Guatemala, abril 2005

Cultivo	No. Tomate	1	2	3	4	5	6
	Temperatura						
Orgánico	Ambiente	11	11	13	5	15	19
	Refrigeración	11	11	5	5	5	5
Hidropónico	Ambiente	30*	30*	30*	30*	18	21
	Refrigeración	30*	30*	13	5	11	5
Convencional	Ambiente	30*	17	14	5	5	26
	Refrigeración	5	14	5	5	5	6

* Con fines de análisis estadísticos a los tomates que no les apareció ninguna arruga durante un mes de observación se les asignó como fecha de vencimiento 30 días, pero estos pudieron haber durado más tiempo.

Gráfica No. 1
Temperaturas y Tiempos de Aparición de Arrugas en los Tomates (*Lycopersicum esculentum*) Cultivados en Sustrato Orgánico, Hidropónico y Convencional. Guatemala, abril 2005



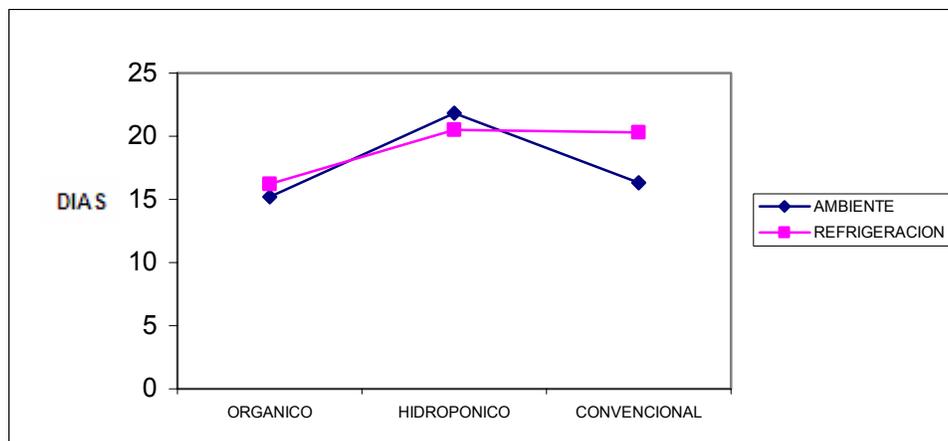
En el cuadro No. 7 se muestran el tiempo en que aparecieron las primeras áreas blandas o depresiones en los tomates. Según los resultados obtenidos, no hubo diferencia significativa ni entre los cultivos, ni entre las temperaturas de almacenamiento. Sin embargo, se observa que en promedio la temperatura de refrigeración preserva ligeramente más que la temperatura ambiente en lo que se refiere a la aparición de áreas blandas o depresiones; el tomate que más tiempo de vida de anaquel tiene es el hidropónico. Dicha tendencia se puede observar en la gráfica No. 2.

Cuadro No. 7
Tiempo de Aparición de las Primeras Áreas Blandas o Depresiones en los
Tomates (*Lycopersicum esculentum*) Cultivados en Sustrato Orgánico,
Hidropónico y Convencional
Guatemala, abril 2005

Cultivo	No. Tomate	1	2	3	4	5	6
	Temperatura						
Orgánico	Ambiente	13	13	14	11	14	26
	Refrigeración	19	16	14	16	16	16
Hidropónico	Ambiente	30*	19	19	20	21	22
	Refrigeración	28	16	28	16	7	28
Convencional	Ambiente	30*	19	9	14	12	14
	Refrigeración	19	18	19	28	19	19

* Con fines de análisis estadísticos a los tomates que no les apareció ninguna área blanda o depresión durante un mes de observación se les asignó como fecha de vencimiento 30 días, pero estos pudieron haber durado más tiempo.

Gráfica No. 2
Temperaturas y Tiempos, Según los Días de Aparición de Áreas Blandas o
Depresiones en los Tomates (*Lycopersicum esculentum*) Cultivados en Sustrato
Orgánico, Hidropónico y Convencional.
Guatemala, abril 2005



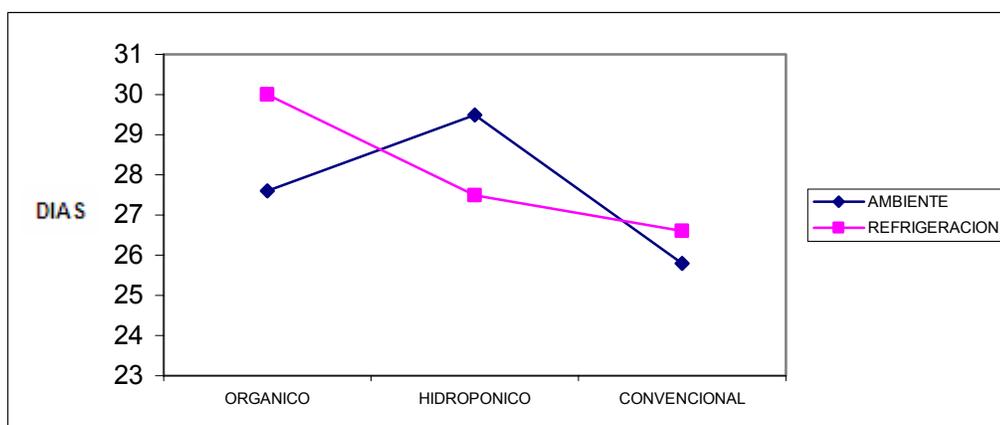
En el cuadro No. 8 se muestra el tiempo que aparecieron las primeras manchas negras o moho en los tomates. Según los resultados obtenidos, no hubo diferencia significativa ni entre los cultivos, ni entre las temperaturas de almacenamiento. Sin embargo, se observa que en promedio la temperatura de refrigeración conserva mejor los tomates y el cultivo que más tiempo de vida de anaquel tuvo fue el orgánico, dicha tendencia se puede observar en la gráfica No. 3.

Cuadro No. 8
Tiempo de Aparición de las Primeras Manchas Negras o Mohos en los Tomates
(*Lycopersicum esculentum*) Cultivados en Sustrato Orgánico, Hidropónico y
Convencional. Guatemala, abril 2005

Cultivo	No. Tomate Temperatura	1	2	3	4	5	6
		Orgánico	Ambiente	19	27	30*	30*
	Refrigeración	30*	30*	30*	30*	30*	30*
Hidropónico	Ambiente	30*	27	30*	30*	30*	30*
	Refrigeración	30*	15	30*	30*	30*	30*
Convencional	Ambiente	30*	30*	22	17	26	30*
	Refrigeración	21	29	29	30*	21	30*

* Con fines de análisis estadísticos a los tomates que no les apareció ninguna mancha negra o moho durante un mes de observación se les asignó como fecha de vencimiento 30 días, pero estos pudieron haber durado más tiempo.

Gráfica No. 3
Temperaturas y Tiempo, Según los Días de Aparición de Manchas Negras o Moho
en los Tomates (*Lycopersicum esculentum*) Cultivados en Sustrato Orgánico,
Hidropónico y Convencional. Guatemala, abril 2005



IX. DISCUSION DE RESULTADOS

El objetivo de la presente investigación fue determinar si existen diferencias nutricionales, sensoriales y de vida de anaquel en tomates cultivados en sustrato orgánico, hidropónico y convencional.

Al analizar los resultados del contenido de nutrientes, se encontraron diferencias significativas en el contenido de fibra, sodio y zinc. En lo que respecta al contenido de fibra se pudo determinar que existe diferencia significativa en los tres tipos de tomates, siendo el tomate hidropónico el que contenía una mayor cantidad, seguido por el orgánico y el convencional respectivamente; sin embargo ninguno de los tres tipos de tomate contenía la cantidad de fibra publicada en la Tabla de Valor Nutritivo de los Alimentos de Centroamérica, ya que el valor reportado en la tabla es de 1.10 g por 100 gramos de alimento y el valor promedio del tomate hidropónico fue de 0.99 g por 100 g de alimento. Esta diferencia se debe a que los datos de fibra reportados en la Tabla de Valor Nutritivo de los Alimentos de Centroamérica son de fibra dietética y a los tomates en estudio se les analizó la fibra cruda, la cual no incluye la fibra soluble, por lo que los resultados obtenidos eran los esperados.

Con respecto al contenido de sodio se observa que la cantidad que contienen los tomates en estudio fue la tercera parte de la cantidad reportada en la Tabla de Valor Nutritivo de los Alimentos de Centroamérica.

En cuanto a zinc solo el tomate hidropónico presentó la misma cantidad reportada en la Tabla de Valor Nutritivo de los Alimentos de Centroamérica que fue de 0.09 mg; los tomates de los otros cultivos presentan valores por debajo del dato de referencia. Debido a que sí se encontraron diferencias significativas entre los nutrientes de los tomates, la hipótesis No. 1 se rechaza.

Un dato interesante es que la mayoría de los valores de nutrientes de los tomates en estudio son inferiores a los reportados en la Tabla de Valor Nutritivo de los Alimentos de Centroamérica, lo cual posiblemente pudo deberse a que en el día 59 después de la siembra los cultivos se infectaron con mosca blanca (*Bemisia tabaci*), la cual causó dos

tipos de daños a las plantas. El primero fue indirecto producido por la secreción de melaza y posterior asentamiento de Fumagina (*Cladosporium sp.*) en hojas y frutos; la cual provoca dificultad en la fotosíntesis y disminución en la calidad de la cosecha. El segundo problema fue la transmisión de virus, el cual destruyó varias plantas y afectó parcialmente a otras; sin embargo no se ha demostrado científicamente que este tipo de daños disminuya el contenido de nutrientes de los frutos.

Por otro lado, hay que tomar en cuenta que no se conoce la variedad del tomate de donde proceden los datos que reporta la Tabla de Valor Nutritivo de los Alimentos de Centroamérica; además, todos los valores son un promedio de diferentes fuentes y sobre todo, que los datos fueron generados en los años 60, lo cual implica que la calidad del suelo posiblemente no es la misma.

En cuanto al contenido de grados Brix, según la literatura se esperaba encontrar un promedio mínimo de 4 grados Brix, ya que un contenido superior a 4 – 4.5% asegura que el fruto sea de buena calidad y que tenga un buen sabor (18). En los tomates en estudio se encontró un contenido levemente inferior en los cultivados en sistema orgánico (3.47 grados) e hidropónico (3.48 grados). Los cultivados en sistema convencional tienen 1% menos que el mínimo requerido. Hay que tomar en cuenta que los datos que se reportan en la literatura es para el tomate de variedad Daniela, el cual es posible que tenga un valor más alto de grados Brix que la variedad Roma.

En cuanto al peso y tamaño de los tomates, el tomate del cultivo hidropónico fue el que presentó los mayores tamaños y pesos, la posible razón es que la nutrición de la planta con este sistema es constante y está más controlada.

En cuanto al análisis del sabor, no se encontraron diferencias significativas; sin embargo los jueces sensoriales indicaron que algunos tomates estaban más ácidos, otros más dulces y otros insípidos. Debido a que el sabor depende esencialmente del contenido de ácidos y azúcares, el pobre sabor de las muestras se podría explicar por el bajo contenido de grados Brix, ya que los azúcares determinan directamente los grados Brix por ser sólidos solubles. También hay que tomar en cuenta que los tomates tenían

diferentes grados de maduración, debido a que no todos nacen el mismo día, ni empiezan a madurar el mismo día, lo cual puede ser la causa de las diferencias del sabor.

En lo que respecta a la apariencia general, los tomates de los tres diferentes sustratos se comportaron de una forma casi idéntica, los defectos que presentaron todos los tomates no estaban influenciados por el tipo de cultivo. Aunque mínimas las diferencias, la cantidad de tomate que no tenían buena apariencia general fue mayor que la que tenían buena apariencia general. Esto se debió a que los criterios utilizados fueron muy estrictos, ya que se hubieran tenido mejores resultados si en vez de esperar que cumplieran con el 100% de los criterios, cumplieran con un 80%.

Se rechaza la hipótesis No. 2 en vista que se encontró diferencias significativas en el peso y tamaño de los tomates.

Aunque el estudio de la vida de anaquel se dividió en tres criterios; 1) la aparición de arrugas, 2) aparición de áreas blandas o depresiones y la 3) la aparición de manchas negras o moho, es importante resaltar que el primer y segundo criterio afecta las características sensoriales de calidad de los tomates; el único criterio de descomposición es la presencia de manchas negras o moho.

Con respecto a la aparición de arrugas, el resultado era el esperado ya que el frío de la refrigeración deshidrata a los tomates, lo que da como resultado la aparición de arrugas.

En cuanto a la aparición de áreas blandas o depresiones no se encontraron diferencias significativas entre los cultivos, ni entre las temperaturas de almacenamiento. Sin embargo, en promedio, la temperatura ambiente preserva ligeramente más tiempo a los tomates, así como también se observa que el tomate hidropónico es el que tiene una vida de anaquel más larga.

En el apareamiento de manchas negras o moho tampoco se encontraron diferencias significativas entre los cultivos y las temperaturas de almacenamiento. En promedio la temperatura de refrigeración conserva por más tiempo los tomates y el tomate que presentó una vida de anaquel más larga fue el del cultivo orgánico.

La hipótesis No. 3 no se rechaza ya que no se encontraron diferencias significativas en el tipo de cultivo y la temperatura de almacenamiento con respecto a la aparición de manchas negras o moho, el cual fue el único criterio de descomposición que se tomó en cuenta en este estudio.

Un elemento importante que hay que tomar en cuenta es que si el tiempo de observación de los tomates se hubiera extendido más allá de un mes, posiblemente se habría encontrado diferencias significativas.

De manera global se puede deducir que el tomate del cultivo hidropónico fue el que tuvo los mejores resultados en la mayoría de los análisis realizados, sin embargo no es superior a los datos de composición de nutrientes reportados en la Tabla de Valor Nutritivo de los Alimentos de Centroamérica.

X. CONCLUSIONES

1. Se determinó la cantidad de nutrientes en los tomates cultivados en sustrato orgánico, hidropónico y convencional, y se encontró diferencias significativas en el contenido de fibra, sodio y zinc en los mismos.
2. En general, el contenido de los nutrientes de los tomates en estudio es menor al reportado en la Tabla de Valor Nutritivo de los Alimentos de Centroamérica.
3. El contenido de sólidos solubles en los tomates de cultivo orgánico, hidropónico y convencional esta entre 3 -4 ° Brix.
4. Las principales características sensoriales del tomate son en promedio: Peso: 71.2 – 79.2 g; tamaño: 6.7 – 7.4 cms de longitud; color rojo y sabor característico.
5. El tipo de sustrato utilizado para cultivar los tomates no tiene relación con la apariencia general de los tomates.
6. En promedio la vida de anaquel del tomate hidropónico es mayor de 30 días a temperatura ambiente y 28 días en refrigeración.
7. No hay diferencias significativas en la duración de la vida de anaquel entre los tomates de los diferentes cultivos, ni entre las temperaturas utilizadas.

XI. RECOMENDACIONES

En estudios posteriores, se recomienda:

1. Tomar medidas preventivas para el ataque de plagas o malezas en los cultivos de tomates.
2. Realizar el análisis de suelos al campo donde se va a cultivar, para conocer que nutrientes y en que cantidad necesita dicho suelo.
3. Realizar el cultivo de los diferentes sustratos en bolsas individuales, para disminuir el riesgo de malezas.
4. Determinar el contenido de vitaminas y licopeno.

XII. BIBLIOGRAFIA

1. American society for testing and materials. 1981. Guidelines for the selection and training of sensory panel members. USA, ASTM Special technical publication 758. pp.28-31.
2. Castañeda, O. 1994. La agricultura orgánica en el contexto guatemalteco. Guatemala, HELVETAS. pp. 9-26.
3. Charley, H. 2000. Tecnología de alimentos: Procesos químicos y físicos en la preparación de alimentos. México, Editorial Limusa. pp. 11-37, 235-261.
4. Congreso Nacional de Ciencias Hortícolas. (10º,2003, Pontevedra, España). 2003. Análisis cuantitativo de compuestos volátiles responsables del aroma en variedades tradicionales de tomate. Actas de Horticultura No. 39. Alonso, A. Pontevedra, España. pp. 73-75. Disponible http://www.sech.info/pdfs/actas/acta39/39_17.pdf
5. _____. (10º, 2003, Pontevedra, España). 2003. Análisis de los atributos del tomate en fresco más influyentes en la decisión de compra. Actas de Horticultura No. 39. Brugarolas, M. et. al. Pontevedra, España. pp. 52-54. Disponible http://www.sech.info/pdfs/actas/acta39/39_10.pdf
6. Conferencia Regional de la FAO para Europa. (22ª, 2000, Oporto, Portugal). 2000. Inocuidad y Calidad de los Alimentos en relación con la Agricultura Orgánica. FAO. Disponible <http://www.fao.org/docrep/meeting/x4983s.htm>
7. Costell, E. 1983. El equipo de catadores como instrumento de análisis. Revista de Agroquímica y tecnología de alimentos. (ES) 23(1):1-9.
8. Damasio, M. Costell, E. 1991. Análisis sensorial descriptivo: Generación de descriptores y selección de catadores. Revista de Agroquímica y tecnología de alimentos. (ES) 31(2):165-176.

9. De Prado, J. 2002. Tipos y especificaciones de calidad en el cultivo del tomate. Vida Rural. España, Madrid, Eumedia. Disponible <http://www.eumedia.es/articulos/vr/hortofrut/148tomate.htm>
10. Diéguez, K. 1999. Comparación del contenido de nutrientes de rábano (*Raphanus sativus*) y acelga (*Beta vulgaris* var. Cicla) cultivada en huertos hidropónicos populares y sustrato natural (suelo). Guatemala. 57 p. Tesis Licenciada en Nutrición. Universidad de San Carlos de Guatemala. Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia. Escuela de Nutrición.
11. Educación Médica Continua, S.A de C.V . 2004. Cómo consumir más fibra en la dieta. Disponible <http://www.tusalud.com.mx/221007.htm>
12. El cultivo del tomate. 2003. Disponible <http://www.infoagro.com/hortalizas/tomate.htm>
13. El cultivo de tomate. Programa de huertas comunitarias. Disponible www.fagro.edu.uy/huertas/docs/cartillatomate.pdf
14. FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, IT). 2002. Agricultura Mundial: hacia los años 2015/2030. Informe Resumido. Roma, Italia. Disponible www.fao.org/docrep/004/y35575/y3557s00.htm
15. _____. [sa]. El papel de la tecnología. “La promesa de la agricultura orgánica” Disponible <http://www.fao.org/docrep/004/y3557s/y3557s09.htm>
16. _____. 2001. Hoja de Balance de alimentos. Guatemala. Disponible <http://faostat.fao.org>
17. _____. 2002. Plaguicidas peligrosos. Disponible www.fao.org/ag/esp/revista/0205sp2.htm
18. _____. [sa]. Producción vegetal. Capítulo 6. Disponible <http://www.fao.org/DOCREP/005/S8630S/s8630s08.htm>

- 19._____. 2003. Protección de la cadena alimentaria. Disponible www.fao.org/ag/esp/revista/0304sp1.htm
- 20.Fernández, A. Butz, P. Tauscher, B. 2001. Effects of high-pressure processing on carotenoid extractability, antioxidant activity, glucosa diffusion, and water binding of tomato puree (*Lycopersicum esculentum* Mill.). Journal of food science. (US) 66(7):1033-1038.
- 21.Gibson, C. 2003. La fibra dietaria Disponible <http://www.telemedik.com/articulos/La%20fibra%20dietaria.htm>
- 22.Hong, J. Gross, K. 2001. Maintaining Quality of Fresh-cut tomato slices through modified atmosphere packaging and low temperature storage. Journal of food science. (US) 66(7):960-965.
- 23.Hurtado, M. [sa]. Evaluación de subproductos del tomate como nuevos ingredientes alimentarios. Universidad Complutense de Madrid. Oficina de Transferencia de Resultados de Investigación. Cartera Tecnológica. Tecnología de los alimentos. Disponible http://www.ucm.es/info/otri/complutecno/fichas/tec_mcamara1.htm
- 24.INCAP (Instituto de Nutrición de Centroamérica y Panamá, GT). 1997. Manual de cultivos hidropónicos populares: producción de verduras sin usar tierra. Guatemala, INCAP/OPS. pp. 10-32.
- 25._____. 1997. Manual técnico de hidroponía popular (cultivos sin tierra). Guatemala, INCAP/OPS. pp. 4-52.
- 26.INE (Instituto Nacional de Estadística, GT). 1991. Encuesta Nacional de Consumo de Alimentos (ENCA). Guatemala, INE/SEGEPLAN. pp. 47-55.
- 27.Johnson, P. 2001. Es un producto hidropónico más nutritivo?. Perú. Universidad Nacional Agraria La Molina, Centro de investigación de hidroponía y nutrición mineral, Departamento de Biología. Boletín informativo No. 10. Red hidroponía. Disponible <http://www.lamolina.edu.pe/FACULTAD/ciencias/hidroponia/boletin10.htm>

28. Lara, A. 1999. Manejo de la solución nutritiva en la producción de tomate en hidroponía. *Revista Terra*. (MX) 17(3):221-228.
29. Martínez-Valverde, I. Periago, M. Ros, G. 2000. Significado nutricional de los compuestos fenólicos de la dieta. *Archivos Latinoamericanos de nutrición*. (VE) 50(1):5-15.
30. Marulanda, C. 1997. Cultivo de plantas sin tierra. Programa de Hogares Comunitarios. Guatemala. [se]. pp. 1-7. (Folleto Informativo).
31. _____. 1995. Hidroponía popular. Cultivos sin tierra. Guía técnica. Nicaragua, PNID/INFOM. pp.6-14.
32. Mejía, J. Hernández, M. 2001. Evaluación de azoxystrobin en el control de la Candelilla temprano (*Alternaria solani*) en el cultivo de tomate. *Revista de la Facultad de agronomía, Universidad de Zula*. (VE)18(2):106-116.
33. Min, S. Zhang, Q. 2003. Effects of comercial-scale pulsed electric field processing on flavor and color of tomato juice. *Food chemistry and toxicology*. (US) 68(5):1600-1606.
34. Muñiz, I. 2002. Jitomate: incomparable fuente de licopenos. *Nutrición Clínica*. (MX) 5(3):161-171.
35. Ochoa, J. Beneficios que ofrece el humus de lombriz a los cultivos de manzana. Ecuador. Disponible <http://www.monografias.com/trabajos12/mncuarto/mncuarto.shtml>
36. Pereda, C. Castellanos, L. 2003. Informe del proyecto formación de un Panel Sensorial Entrenado. Guatemala, INCAP/OPS. pp. 5-33.
37. Período de sesiones. (15º, 1999, Roma, Italia). 1999. Tema 8 del programa provisional: Agricultura Orgánica. Comité de Agricultura, FAO. Roma, Italia. FAO. Disponible <http://www.economia.4mg.com/agraria/agricultura%20organica.html>

38. Pineda, D. 1999. Capacidad antioxidante y potencial de sinergismo entre los principales constituyentes antioxidantes de algunos alimentos. *Revista Cubana Alimentos y Nutrición*. (CU) 13(2):104-111.
39. Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo. [sa]. *Agricultura Urbana. Hidroponía Simplificada. Métodos no convencionales para el manejo de plagas.*[sp][se].
40. ROCHE. 1994. *Vitamins basics*. New York, USA, Printed by Seaboard Lithographers. 6 p.
41. Rodríguez, G. Paniagua, J. 1994. *Horticultura Orgánica*. Fundación Güilánbé. 2(1):11-69.
42. Saavedra, G. [sa]. *El gran aporte del tomate a la salud humana*. La Platina (INIA). Chile. Disponible <http://www.tattersall.cl/revista/Rev182/cultivo.htm>
43. Sizer, F. Whitney, E. 2000. *Nutrition; Concepts and Controversies*. 8ª ed. USA, West Publishing Company. pp. 424-230.
44. Solórzano, J. [sa]. *Huertos hidropónicos como una alternativa de producción de hortalizas y vegetales en las escuelas*. *Nutrición escolar*. Guatemala, INCAP. (Notas técnicas).
45. Thompson, M. et. al. 2000. Cultivar, maturity, and heat treatment on lycopene content in tomatoes. *Journal of food science*. (US) 65(5):791-795.
46. Torún. B. Menchú, M. Elías, L. 1996. *Recomendaciones dietéticas diarias del INCAP*. Guatemala, INCAP/OPS. pp.72-111.
47. Trevor, V. Cantwell, S. Cantwell, M. [sa]. *Tomate. Recomendaciones para mantener la calidad postcosecha*. USA. University of California, Department of Vegetable Crops.[sp].
48. Villela, J. 1993. *El Cultivo del Tomate*. Guatemala, Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación. pp. 1-57. (Proyecto de Desarrollo Agrícola).

49. Watts, B. et. al. 1992. Métodos sensoriales básicos para la evaluación de alimentos. Centro de investigaciones para el desarrollo. Canadá, [se]. pp.8-88.
50. Wikipedia en español. Licopeno. Disponible <http://es.wikipedia.org/wiki/Licopeno>
51. Wingrove, A. Caret, R. 1984. Química Orgánica. México, Editorial Harla. pp. 401-402.
52. Witting, E. [sa] Evaluación sensorial: Una metodología actual para tecnología de alimentos. [sp][se]. pp. 38-101.

XIII. ANEXOS