

REVITECA

Revista en
Tecnología
y Ciencia
Alimentaria

Publicación Semestral del Centro de Investigaciones en Tecnología de Alimentos * Vol. 2 Ns 1-2 * 1993

ISSN 1022-0321

EFECTO DE LA ESTIMULACION ELECTRICA EN LA SUAVIDAD DE LA CARNE BOVINA



Micrografía electrónica de transmisión de célula muscular
del *Longissimus dorsi* (12.000X)

Determinación de la vida útil de un extensor de leche método acelerado

La determinación de la vida útil de un extensor de leche y la de la leche íntegra en polvo, se realizaron mediante la técnica de "almacenamiento acelerado"... (ver pág. 31)

Alternativas de aprovechamiento de los almidones residuales de la deshidratación osmótica de frutas. Elaboración de mermelada

Se realizó un estudio del empleo de los almíbares residuales de la deshidratación... (ver pág. 23)

Determinación de una fórmula de ceviche de pescado

Con el fin de estandarizar una formulación de ceviche que permite posteriormente estudiar el crecimiento y la supervivencia de bacterias patógenas ... (ver pág. 18)

Método modificado para la determinación de ácido ascórbico en frutas por medio de cromatografía líquida

Se incluyó, como modificación de un método de análisis para la determinación rápida de ácido ... (ver pág. 48)

Revista Semestral publicada por el Centro de Investigaciones en Tecnología de Alimentos

Director del CITA
Ing. Luis Fernando Arias M.

Editor
Ricardo Quirós Castro.

Consejo Editorial
Ing. Luis Fernando Arias Molina.
Ing. Fernando Aguilar Villarreal.
Ana Ruth Bonilla Leiva, Ph. D.
Víctor Lobo Di Palma, M. Sc.
Juan Manuel Esquivel Kruse, M. Sc.
Lic. Vera García Cortés.

Diseño de Portada
Ricardo Quirós Castro.

Diagramación
Jeanina García Ureña.

La responsabilidad de los trabajos firmados es de sus autores y no del CITA, excepto cuando se indique expresamente lo contrario.

La mención de cualquier empresa o procedimiento patentado no supone su aprobación por parte del CITA.

Los artículos incluidos en REVITECA pueden reproducirse libremente siempre y cuando se haga mención expresa de su procedencia y se envíe copia al Consejo Editorial.

Correspondencia para canje y suscripciones
Universidad de Costa Rica - Centro de Investigaciones en Tecnología de Alimentos
REVITECA
San José - Costa Rica
Telex UNICORI 2544
Tels. 225-9885, 224-8027
253-53-23 ext. 4212-4701
Fax (506) 253-3762

La presente edición de REVITECA es patrocinada por la Fundación para la Investigación Agroindustrial Alimentaria (FIAA).

Consumo de algunos alimentos y preparaciones en niños preescolares y adultos de un área rural y una comunidad urbana del Valle Central de Costa Rica
Anne Chinnock 1

Determinación del mejor estado fisiológico para cosechar papaya (*Carica papaya* L.) y madurarla con etefón (ácido 2-cloro-etilfosfónico)
Miguel Monterrey-López
Marcia Baraona-Cockrell
Diego Aguirre-Rosales
Wilfredo Flores del-Valle
Herbert Madrigal-Villa 7

Efecto de la estimulación eléctrica en la suavidad de la carne bovina
Teresita Rodríguez-Salas
José Antonio Zaglul-Slon
Francisco Hernández 12

Determinación de una fórmula de ceviche de pescado
Virginia Jiménez-Sibaja
Vera García-Cortés 18

Alternativas de aprovechamiento de los almíbares residuales de la deshidratación osmótica de frutas. Elaboración de mermeladas
Ana María Rodríguez-Sibaja
Ana Cecilia Segreda-Rodríguez 23

Determinación de la vida útil de un extensor de leche; método acelerado
Víctor Lobo-Di Palma 31

Rendimientos y coeficientes técnicos en las etapas de cosecha, postcosecha y procesamiento del palmito de pejibaye (*Bactris gasipaes*)
Ruth Calderón-Castro
María Alexandra Sancho-Hernández 42

Método modificado para la determinación de ácido ascórbico en frutas por medio de cromatografía líquida de alta presión
Jorge Ulate-Rodríguez
Ana Ruth Bonilla-Leiva 48

Efecto de la estimulación eléctrica en la suavidad de la carne bovina.

Teresita RODRIGUEZ - SALAS*, José Antonio ZAGLUL - SLON**, Francisco HERNANDEZ*

ABSTRACT

Effect of electrical stimulation on meat tenderness

Two kinds of electrical stimulation, high voltage electrical stimulation (HVES) and low voltage electrical stimulation (LVES), and one non stimulated control were compared by organoleptic tests and ultrastructural observations on the *longissimus dorsi* muscle. The meat treated with HVES was the most tender according to the organoleptic test; and under transmission electron microscopy observations of muscle fibers was the most affected ultrastructurally.

RESUMEN

Se compararon dos tipos de estimulación eléctrica: estimulación eléctrica con alto voltaje (EEAV) y estimulación eléctrica con bajo voltaje (EEBV) y un control no estimulado, por pruebas organolépticas y observaciones ultraestructurales al músculo *longissimus dorsi* de novillos cebuinos. La carne tratada con EEAV fue la más suave de acuerdo con las pruebas organolépticas y fue la más afectada ultraestructuralmente según las observaciones realizadas a las fibras musculares por medio del microscopio electrónico de transmisión.

INTRODUCCION

La suavidad es el parámetro más importante con que el consumidor juzga la calidad de la carne (Smith *et al.*, 1977). Esta depende de la calidad del tejido conectivo y de la estructura de las proteínas miofibrilares (Marsh, 1977). Por lo tanto cualquier alteración de alguno de estos componentes que disminuya la resistencia de la carne a ser mordida debe resultar en un aumento de la suavidad.

Se han desarrollado varios métodos que conducen a aumentar la suavidad de la carne, ya sea alterando las fibras musculares o el tejido conectivo. Entre estos métodos se pueden mencionar: suspensión vía el hueso pélvico, estiramiento muscular mecánico, añejamiento en frío, almacenamiento a altas temperaturas, enfriamiento lento, uso de enzimas proteolíticas y estimulación eléctrica. Estos métodos presentan problemas de espacio, tiempo, costo y contaminación, por lo que no han sido ampliamente aceptados (Savell *et al.*, 1977). Sin embargo la estimulación eléctrica aplicada a animales recién sacrificados se señala como una alternativa apropiada que es objeto de intenso estudio.

El concepto de que la estimulación eléctrica mejora la calidad de la carne no es nuevo (Deatherage, 1980). Benjamín Franklin en 1746 mató pavos con una descarga eléctrica (como una simple demostración de su experimento) y encontró que la carne era más suave. Luego en 1951, Deatherage patentó, por primera vez, la estimulación eléctrica en los Estados Unidos de Norteamérica; pero no fue sino hasta la década de los setenta en que un grupo de investigadores de Nueva Zelanda y más tarde de las Universidades de Texas y Florida, se interesaron por estudiar más a fondo el tema (Dutson *et al.*, 1978). Desde entonces, han aparecido una gran

* Escuela de Tecnología de Alimentos, Universidad de Costa Rica.

** Escuela Agrícola Regional del Trópico Húmedo, EARTH.

*** Facultad de Microbiología y Unidad de Microscopía Electrónica, Universidad de Costa Rica.

cantidad de trabajos entre los cuales se pueden mencionar: Carse (1973); Chrystall y Hagyard (1976); Bendall et al. (1976); Seideman et al. (1977); Cross (1979); George et al. (1980); Zaglul (1981, 1987); Marsh (1983); Gariépy et al. (1992). Todos coinciden en que la estimulación eléctrica incrementa la suavidad de la carne; sin embargo, hay mucha diversidad de criterios sobre las condiciones óptimas de estimulación y los mecanismos que explican los cambios ocurridos en el músculo, que conducen a incrementar la suavidad.

En este trabajo se determina el efecto que produce la estimulación eléctrica sobre la suavidad y otros atributos organolépticos de la carne a utilizar dos voltajes diferentes y se analizan los posibles mecanismos causantes de la suavidad.

MATERIALES Y METODOS

Estimulación eléctrica

Se seleccionaron al azar 18 novillos cebuinos en tres grupos, 6 para EEAV, 6 para EEBV y 6 controles no estimulados. La EEAV se realizó cinco minutos después del desangrado con un estimulador eléctrico Koch-Britton #350 de voltaje variable; se aplicaron 450 voltios durante 18 intervalos de 1.5 segundos de electrocución, alternando con intervalos de 1.75 segundos sin electricidad. La EEBV se efectuó inmediatamente después del desangrado con un estimulador eléctrico con bajo voltaje, marca Jarvis (75 voltios), que aplica una onda cuadrada durante 20 segundos continuos; el aparato se conectó al animal por medio de una prensa de nariz.

En ambos casos, el amperaje se mantuvo constante.

Análisis ultraestructural

Se realizó análisis ultraestructural de las fibras musculares del *longissimus dorsi*. Las muestras se tomaron 24 horas post-mortem, se fijaron con glutaraldehído al 2.5% en solución amortiguadora de fosfatos 0.2 M, pH 7.1 durante 2 horas a 4°C. Se post-fijaron con tetróxido de osmio al 1% en la misma solución amortiguadora por 1 hora a 4°C. Los tejidos se deshidrataron en una serie ascendente de soluciones de etanol desde 30 hasta 100%. Las muestras se embebieron en una resina epóxica (tabb tipo Spurr). Se cortaron secciones ultrafinas (50, 90 nm) con un ultramicrotomo Sorvall MT2-2. Los cortes se tiñeron con acetato de uranilo y citrato de plomo y se observaron en un microscopio electrónico de transmisión Hitachi HU-12A.

Medición de los sarcómeros

Se midieron por triplicado diez sarcómeros de tres micrografías de tres muestras de cada tratamientos con un calíper con escala analógica.

Prueba organoléptica

De cada tratamiento se cortaron bistecs de 2.5 cm de espesor y se asaron en un horno eléctrico de acuerdo con el método descrito por AMSA (1978). Cuando la temperatura de los bistecs alcanzó 55°C se voltearon y cuando ésta llegó a 70°C se sacaron del horno. Para la medición de las temperaturas se utilizó un termómetro múltiple Barley BAT-4. La evaluación organoléptica fue realizada por once jueces entrenados quienes analizaron las muestras diez veces, por duplicado en forma individual, en paneles equipados con luz roja para evitar prejuicios. Los atributos evaluados fueron jugosidad, suavidad, sabor y aceptación general en una escala de 8 puntos.

Análisis de la fuerza de corte

Para el análisis de la fuerza de corte los bistecs se cocinaron de la misma forma que para la prueba organoléptica. Dos horas después de cocinados se extrajeron de cada bistec tres muestras de 1.27 cm de diámetro paralelas a la dirección de las fibras musculares y se determinó la fuerza de corte dos veces en cada muestra con el uso de una máquina Warner-Bratzler (Chatillon, 04313).

Análisis estadístico

El diseño estadístico utilizado fue un irrestricto al azar (IRA). Se empleó un nivel de significancia de $\alpha = 0.01$ y además se usó la prueba de Duncan para comparar las medias de los tratamientos.

RESULTADOS

Prueba organoléptica

Los datos de esta prueba se encuentran en el cuadro 1 en el que se observa que la carne más suave fue la EEAV, muestra un grado de suavidad de 5.30 en la escala de 1 a 8 y la menos suave y además menos jugosa fue el control no estimulado (4.61). Las muestras más jugosas fueron las EEBV. Hubo diferencias estadísticas altamente significativas ($\alpha = 0.01$) para los atributos suavidad y jugosidad, analizados por los jueces entrenados que sin embargo no detectaron diferencias estadísticas significativas para el sabor y el agrado general.

Cuadro 1. Resultado de la prueba organoléptica ^{1/} y la fuerza de corte.

PARAMETRO TRATAM.	SUAVIDAD	JUGOSIDAD	SABOR	AGRADO GENERAL	FUERZA DE CORTE ^{2/} (Kg/1.27 cm)
Estimulación eléctrica ALTO VOLTAJE	5.30	4.52	5.94	5.82	4.38
Estimulación eléctrica BAJO VOLTAJE	5.18	5.16	5.84	5.78	4.42
Control no estimulado	4.61	4.23	5.76	5.59	4.57
Resultado del análisis de varianza ^{3/}	**	**	N. S.	N. S.	N. S.

^{1/} Valores medidos en una escala de 1 a 8

^{2/} Fuerza de corte medida con una máquina Warner Bratzler especial para este fin.

^{3/} ** = Diferencia altamente significativa. ($\alpha = 0.01$)

N. S. = Diferencia no significativa. ($\alpha = 0.05$)

Con la prueba de Duncan se determinó que no hay diferencias estadísticas significativas entre los dos tratamientos estimulados eléctricamente; sin embargo cuando se compararon estas muestras con el control no estimulado sí se encontraron diferencias altamente significativas (Cuadro 2).

Cuadro 2. Comparación entre las medias de los resultados de la prueba organoléptica para cada tratamiento. (Prueba de Duncan)

COMPARACION ^{1/}	NIVEL DE SIGNIFICANCIA ^{2/}	
	SUAVIDAD	JUGOSIDAD
A vs B	N. S.	**
A vs C	**	N. S.
B vs C	**	**

^{1/} A = Estimulación eléctrica con alto voltaje

B = Estimulación eléctrica con bajo voltaje

C = Control no estimulado

^{2/} ** Diferencia altamente significativa ($\alpha = 0.01$)

N. S. Diferencia no significativa ($\alpha = 0.05$)

Fuerza de corte

Los resultados de esta medida objetiva de la suavidad se encuentran en el Cuadro 1. En él se observa que la menor fuerza de corte es la correspondiente a la carne EEAB; y la mayor a la carne utilizada como control no estimulado; sin embargo, no existen diferencias significativas entre estos valores.

Observaciones ultraestructurales

En las micrografías electrónicas de transmisión expuestas en la figura 1, se observa que las mayores alteraciones ultraestructurales en el músculo *longissimus dorsi* son las correspondientes a la carne tratada con EEAV (Figura 1a); en esta micrografía se aprecia dilatación de líneas Z, y banda I y degradación de miofilamentos. Por otro lado, en las muestras tratadas con EEBV se aprecia sarcómeros contraídos, desaparición de banda I, zona H y línea M y degradación miofibrilar (Figura 1b). En la micrografía de la muestra control (Figura 1c), se aprecia el aspecto normal del músculo con sus bandas I y A, y sus líneas Z y M e incluso la línea H bien definida.



c



Figura 1. Micrografías electrónicas de transmisión del músculo *longissimus dorsi*.

- a. EEAV, 12.000X
- b. EEBV, 24.000X
- c. Control, 16.000X

DISCUSION

En este estudio, las dos carnes estimuladas resultaron ser más suaves que el control, aunque no se encontraron diferencias estadísticas significativas entre los dos tratamientos. Este fenómeno resulta difícil de explicar pues era de esperar que la carne EEAV resultara significativamente más suave que la EEBV, ya que la primera mostró rompimiento de sarcómeros y alteraciones ultraestructurales mayores. Autores como McKeith et al. (1981), encontraron que la carne estimulada eléctricamente con 550 V fue significativamente más suave que la estimulada con bajo voltaje y el control. Además, entre estas dos últimas no hubo diferencias estadísticas significativas, según reveló su estudio. Por otro lado, Marsh et al. (1980), informan que una pequeña fractura en las miofibrillas sería necesaria para producir un marcado aumento en la suavidad de la carne, o sea que un único sarcómero roto entre cada mil, rompería la fibra muscular cada dos milímetros. En este experimento, se observaron muchos sarcómeros rotos en las micrografías de las dos muestras estimuladas, por lo que resultaron ser más suaves que el control no estimulado; pero la proporción fue mayor en la carne EEAV. Autores que coinciden con este argumento Savell et al. (1978); Will et al. (1980); Elgasim et al. (1981) y Marsh (1985) afirman que la mayor suavidad en la carne estimulada es debida al rompimiento de las fibras musculares.

La medición de la fuerza de corte es una manera objetiva de evaluar la suavidad. Elgasim et al. (1981) informaron sobre una alta correlación entre los valores de fuerza de corte y las evaluaciones de

la suavidad por medio del panel de degustación, ellos concluyeron que las muestras estimuladas eléctricamente fueron más suaves. Sin embargo en el presente trabajo no se presentaron diferencias estadísticas significativas para los valores de la fuerza de corte, aunque la tendencia de los datos fue la misma expresada por los panelistas de la prueba organoléptica; esto es que la carne más suave fue la EEAV, seguida de la EEBV y la menos suave fue el control no estimulado.

El sabor y el agrado general de las muestras analizadas no fueron afectados por la estimulación eléctrica, lo cual coincide con los trabajos de Elgasim et al. (1981), Bowles et al. (1983), Crouse et al. (1983). Sin embargo, en algunos trabajos se informa que la estimulación eléctrica causa un efecto positivo en estas características (Savell et al., 1978; MacKeith et al., 1981 y Marsh, 1985). No obstante, Hawrysh y Wolfe (1983) concluyeron que la estimulación eléctrica con bajo voltaje no produce cambios significativos en relación con muestras no estimuladas en parámetros organolépticos como suavidad, jugosidad, sabor y fuerza de corte; cuando estas son evaluadas en los músculos *longissimus dorsi* y *semitendinosus*.

CONCLUSIONES

La carne estimulada eléctricamente con alto voltaje fue la que mostró más daño ultraestructural y la que organolépticamente fue más suave; sin embargo no se encontraron diferencias significativas en cuanto al sabor y el agrado general entre los tratamientos. El mecanismo por medio del cual la estimulación eléctrica incrementa la suavidad de la carne no es único, sino una combinación de efectos que incluyen la prevención del acortamiento muscular debido al almacenamiento en frío, el rompimiento del tejido muscular y un incremento de la hidrólisis enzimática debida a la liberación de enzimas proteolíticas al romperse estructuras como los lisosomas.

AGRADECIMIENTO

A la planta empacadora de carne El Arreo S.A., por facilitar las muestras y permitir realizar la estimulación eléctrica en sus instalaciones.

A la Unidad de Microscopia Electrónica de la Universidad de Costa Rica por facilitar los materiales y el equipo para los análisis ultraestructurales.

Al personal del Área de Evaluación Sensorial del Centro de Investigación en Tecnología de Alimentos y a los panelistas por su colaboración en el análisis organoléptico de las muestras.

Al Instituto Tecnológico de Costa Rica por facilitar el estimulador eléctrico con bajo voltaje y la máquina Warner Bratzler.

BIBLIOGRAFIA

- AMSA. 1978. Guidelines for cookery and sensory evaluation of meat. Chicago.
- BENDALL, J.R., et al. 1976. Electrical stimulation of beef carcasses. J. Sci. Food Agric. 27:1123.
- BOWLES, J.E. et al. 1983. Effects of beef carcass electrical stimulation, hot boning and aging on unfrozen and frozen *longissimus dorsi* and *semitendinosus* steaks. J. Food Sci. 48(2):332.
- CHRYSTAL, B.B. & Hagyard, C.J. 1976. Electrical stimulation and lamb tenderness. J. of Agric. Res. 19:7.
- CROSS, H.R. 1979. Effects of electrical stimulation on meat tissue and muscle properties. J. of Food Sci. 44(2):509.
- CROUSE, J.D.; SEIDEMAN, S.C. & CROSS, H.R. 1983. The effects of carcass electrical stimulation and cooler temperature on the quality and palatability of bull and steer beef. J. Anim. Sci. 56(1):81.
- DEATHERAGE, F.E. 1980. Early investigations on the acceleration of post-mortem tenderization of meat by electrical stimulation. In Proceedings of 26th European Meeting of Meat Research Workers. V.2, p.2.
- DUTSON, T.R. 1978. Electrical stimulation for improving meat quality. Texas, Seminar sponsored by Texas A&M University.
- GARIEPY, J. et al. 1992. Electrical stimulation and 48 hours aging of bull and steer carcasses. J. Food Sci. 57(3):541.
- GEORGE, A.R., BENDALL, J.R. & JONES, R.C.D. 1980. The tenderizing effect of electrical stimulation on beef carcasses. Meat Sci. 4:51.
- HAWRYSH, Z.J. & WOLFE, F.H. 1983. Effects of low voltage electrical stimulation on mature cow carcasses: part I. Selected quality attributes of beef. Meat Science 8:119.
- MARSH, B.B. 1977. The basis of quality in muscle foods. J. Food Sci. 42:295.
- _____, et al. 1983. Effects of early postmortem muscle tenderness. In Proceedings of 36th Annual Reciprocal Meat Conference of the American Meat Science Association. p.131.

_____. 1985. Electrical Stimulation. In Pearson, A.M. and Dutson, T.R. Advances in Meat Science. Westport, Connecticut, AVI, V.1, p.277.

McKEITH, F.K. et al. 1981. Effects of certain electrical parameters on quality and palatability of beef. J. Food Sci. 46(1):13.

SAVELL, J.W. et al. 1977. Effect of electrical stimulation on palatability of beef, lamb and goat meat. J. Food Sci. 42(3):702.

_____. 1978. Structural changes in electrical stimulated beef muscle. Journal Food Sci. 43(5):1606.

SEIDEMAN, S.C. et al. 1977. The influence of electrical stimulation on the tenderness of hot-boned beef. Texas, Meat and Muscle Biology Section Department of Animal Science, Texas Agricultural Experimental Station.

SMITH, G.C. et al. 1977. Using electrical stimulation to tenderize meat. In Proceedings Meat Industry Research Conference. p.147.

WILL, P.A., OWNBY, C.L. & HENRICKSON, R.L. 1980. Ultrastructural postmortem changes in electrically stimulated bovine muscle. J. Food Sci. 45(1):21.

ZAGLUL, J.A. 1981. The effect of electrical stimulation, boning times and chilling on the quality and processing characteristics of beef. Thesis PhD. University of Florida, Gainesville.

_____, and CASSENS, R. 1987. Post-mortem processing of export beef in Costa Rica. Meat Sci. 20:85.

CARNEY, J. et al. 1982. Electrical stimulation and 48 hours aging of beef and steer carcasses. J. Food Sci. 47(3):541.

GEORGE, A.R., BENDALL, J.R. & JONES, R.C.D. 1980. The tenderizing effect of electrical stimulation on beef carcasses. Meat Sci. 4:37.

HAWRYSH, Z.I. & WOLFEH, 1983. Effects of low voltage electrical stimulation on mature cow carcasses. part I. Selected quality attributes of beef. Meat Science 8:119.

MARKS, B.B. 1977. The basis of quality in muscle foods. J. Food Sci. 42:285.

_____, et al. 1983. Effects of early postmortem muscle tendering. In Proceedings of 30th Annual Research Meat Conference of the American Meat Science Association. p.131.

El objetivo de este estudio fue evaluar el efecto de la estimulación eléctrica en la calidad de la carne de reses, específicamente en la tenderness y en la palatabilidad. Se utilizaron 12 reses de la raza Hereford, las cuales fueron divididas en dos grupos: un grupo control y un grupo experimental. El grupo control fue sacrificado y el grupo experimental fue sacrificado después de haber sido sometido a una estimulación eléctrica por 15 minutos. Se midieron los niveles de pH, la temperatura interna y la firmeza de la carne. Los resultados mostraron que la estimulación eléctrica no tuvo un efecto significativo en la calidad de la carne.

El objetivo de este estudio fue evaluar el efecto de la estimulación eléctrica en la calidad de la carne de reses, específicamente en la tenderness y en la palatabilidad. Se utilizaron 12 reses de la raza Hereford, las cuales fueron divididas en dos grupos: un grupo control y un grupo experimental. El grupo control fue sacrificado y el grupo experimental fue sacrificado después de haber sido sometido a una estimulación eléctrica por 15 minutos. Se midieron los niveles de pH, la temperatura interna y la firmeza de la carne. Los resultados mostraron que la estimulación eléctrica no tuvo un efecto significativo en la calidad de la carne.

CONCLUSIONES

La carne estimulada eléctricamente con alto voltaje fue la que mostró más datos ultraestructurales y la que orgánicamente fue más suave. Sin embargo, no se encontraron diferencias significativas en cuanto al sabor y el grado general entre los tratamientos. El tratamiento por medio del cual se estimuló eléctrica mente la carne no resultó ser una combinación de efectos que incluyera la prevención del acortamiento muscular debido al almacenamiento en frío, el mantenimiento del grado de almacenamiento de la hidratación mínima debido a la reducción de las enzimas proteolíticas al romperse estructuras como la miofibras.

AGRADECIMIENTO

El presente trabajo fue financiado por el Centro de Investigación en Tecnología de Alimentos y la industria por su colaboración en el análisis orgánico de las muestras. Al personal del Área de Evaluación Sensorial del Centro de Investigación en Tecnología de Alimentos y a los panelistas por su colaboración en el análisis organoléptico de las muestras. Al Instituto Tecnológico de Costa Rica por facilitar el estimulador eléctrico con bajo voltaje y la máquina Warner Bratzler.