

# **FORMULACIÓN DE YOGUR SABORIZADO REBAJADO EN AZÚCAR**

*Margarita Nuñez de Villavicencio- Ferrer\*<sup>1</sup> Ismarays Padrón-Pérez<sup>1</sup>, Lisandra Martínez-Pons<sup>1</sup>, Ivania-Rodríguez-Álvarez<sup>1,2</sup>, José Luis Rodríguez-Sánchez<sup>1,2</sup> y Yisel León-Alomá<sup>1</sup>*

*<sup>1</sup>Instituto de Investigaciones para la Industria Alimenticia. Carretera al Guatao km 3 ½, CP 17100, La Habana, Cuba. E-mail: margarita@iiaa.edu.cu*

*<sup>2</sup>Instituto de Farmacia y Alimentos. Universidad de La Habana, Cuba.*

*Recibido: 02-01-2024 / Revisado: 15-02-2024 / Aceptado: 21-02-2024 / Publicado: 30-04-2024*

## **RESUMEN**

La OMS y el MINSAP recomiendan reducir el consumo de azúcares libres a menos del 10% de la ingesta calórica total debido a que su consumo excesivo se relaciona con enfermedades tales como obesidad, diabetes mellitus tipo 2, hipertrigliceridemia, caries dentales entre otras. La sustitución del azúcar por edulcorantes no calóricos de alta intensidad es la estrategia más utilizada para reducir el contenido de azúcar. El objetivo de este trabajo fue formular un yogur saborizado rebajado en azúcar mediante la sustitución total de esta por los

edulcorantes no calóricos de alta intensidad sucralosa y acesulfame de potasio. Se estudiaron las características sensoriales intensidad del dulzor, amargor y sabor extraño medidos con una escala estructurada de 10 cm de longitud. Para la intensidad del dulzor y del amargor se obtuvo buen ajuste a modelos de mezcla cuadráticos y para el sabor extraño al modelo lineal. La sucralosa aporta la mayor contribución a la intensidad del dulzor y tiene una menor contribución que el acesulfame-K al amargor y al sabor extraño. La combinación de ambos edulcorantes en el rango estudiado disminuye la

intensidad del dulzor y potencia la percepción del amargor. Se formuló un yogur saborizado de fresa en el que se sustituyó el azúcar por la relación 0,19/0,03 g/Kg de los edulcorantes no calóricos de alta intensidad sucralosa y acesulfame-K.

**Palabras clave:** yogur saborizado, rebaja de azúcar, edulcorantes no calóricos.

## ABSTRACT

### Formulation of sugar-reduced flavored yogurt.

The WHO and MINSAP recommend reducing the consumption of free sugars to less than 10% of total caloric intake because excessive consumption is related to diseases such as obesity, type 2 diabetes mellitus, hypertriglyceridemia, dental caries, among others. Replacing sugar with high-intensity non-caloric sweeteners is the most used strategy to reduce sugar content. The aim of this work was to formulate a flavored yogurt reduced in sugar by replacing it with the high-intensity non-caloric sweeteners sucralose and acesulfame potassium. The sensory characteristics intensity of sweetness, bitterness and strange taste measured with a structured scale of 10 cm in length were studied. For the intensity of sweetness and bitterness, good fit was obtained to quadratic mixture models and for strange flavor to the linear model. Sucralose makes the largest contribution to sweetness intensity and has a smaller contribution than acesulfame-K to bitterness and off-flavor. The combination of both sweeteners, in the range studied, decreases the intensity of sweetness and increases the perception of bitterness. A strawberry-flavored yogurt was formulated in which sugar was replaced by the 0.19/0.03 g/Kg ratio of the high-intensity non-caloric sweeteners sucralose and acesulfame-K.

**Keywords:** flavored yogurt, sugar reduction, non-caloric sweeteners.

## INTRODUCCIÓN

Es conocido que el consumo excesivo de azúcar está relacionado con enfermedades como la obesidad, diabetes mellitus tipo 2, hipertrigliceridemia, caries dentales, entre otras. En Cuba, la prevalencia del sobrepeso y obesidad es similar a la observada en la mayoría de los países desarrollados (1), afectando en 2021 al 49,9 y 39,7% de la población respectivamente (2), mientras que la diabetes mellitus afecta al 6,69% (3).

La Organización Mundial de la Salud (4) recomienda reducir la ingesta de azúcares libres a menos del 10 % de la ingesta calórica total y sugiere que se reduzca a menos del 5 % y las recomendaciones nutricionales para la población cubana establecen que la contribución del azúcar libre o añadido al total de la energía no debe superar el 10% (5). La sustitución del azúcar añadido a los alimentos procesados por edulcorantes no calóricos de alta intensidad es la estrategia más utilizada para lograr la reducción del contenido de azúcar minimizando las afectaciones en las características sensoriales (6–11).

Entre los productos lácteos, el yogur es percibido por los consumidores como un producto saludable debido a la presencia de cultivos bacterianos activos que promueven la salud intestinal. La sacarosa, además de aportar dulzor, contribuye a disminuir la acidez causada por ácidos producidos durante la fermentación, contribuye a la textura y previene al crecimiento de levaduras deteriorantes (11). Entre las estrategias utilizadas para la reducción del contenido de azúcar en yogur descritas por Wan (11) se encuentran, la reducción directa, el empleo de preparaciones a base de frutas, la adición de miel y el empleo de edulcorantes alternativos, entre otras, para lo que se han empleado diversos edulcorantes no calóricos como: aspartame, acesulfame de potasio, sucralosa, sacarina y ciclamatos (9,11–13). El objetivo de este trabajo fue formular un yogur saborizado rebajado en azúcar

mediante la sustitución total de esta por los edulcorantes no calóricas de alta intensidad sucralosa y acesulfame-K.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo experimental se desarrolló en la Planta Piloto de Leche del Instituto de Investigaciones para la Industria Alimenticia (IIIA), para el diseño de la leche fermentada probiótica tipo yogur saborizado de fresa con sustitución del azúcar (9 %) por edulcorantes no calóricos de alta intensidad se empleó leche entera de vaca, con adecuadas características composicionales y de calidad microbiológica, cultivo de Bioyogur, conformado por *Lactobacillus acidophilus* y *Streptococcus thermophilus* en relación (1:1) con una acidez de 0,85 % expresada en ácido láctico y una viabilidad celular de  $10^9$  ufc/mL, edulcorantes no calóricos de alta intensidad, color y sabor. El producto se elaboró siguiendo tecnología establecida en el IIIA. Las cantidades de edulcorantes empleadas en cada formulación de acuerdo al diseño experimental fueron medidas con una precisión de 0,0001 g.

Para definir las concentraciones de los edulcorantes sucralosa ( $X_1$ ) y acesulfame-K ( $X_2$ ) se empleó un diseño de superficie de respuesta de mezclas reticulado simplex de dos componentes: contribución al dulzor de ambos edulcorantes (14).

Las concentraciones a añadir fueron establecidas para proporcionar un dulzor equivalente al del azúcar de modo que todas las mezclas tengan concentraciones combinadas con un dulzor equivalente a 9% de azúcar (15) y fueron calculadas mediante la función de concentración/respuesta para ambos edulcorantes (16,17).

Además, para establecer los valores máximos de cada edulcorante, se consideró que este fuera inferior el valor máximo establecido por las normas para postres lácteos (como pudines, yogur aromatizado o con fruta), de 350 mg/kg de acesulfame-K y 400 mg/kg de sucralosa (18,19).

Para obtener un dulzor teórico equivalente a un 9% de azúcar es necesario emplear 224 mg/kg de sucralosa, valor inferior al límite establecido, mientras que de acesulfame-K serían necesarios 1627 mg/kg valor muy superior al normalizado por lo que para este edulcorante se estableció como máximo 350 mg/kg que producirán un dulzor teórico equivalente a 5 % de azúcar, el 55 % del dulzor deseado. Los valores mínimos y máximos de la contribución al dulzor y las correspondientes concentraciones para cada edulcorante en el diseño experimental se muestran en la Tabla 1.

**Tabla 1.** Valores mínimos y máximos de la contribución al dulzor y las correspondientes concentraciones para cada edulcorante

Edulcorante	Contribución al dulzor (%)		Concentración edulcorantes (g/kg)	
	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo
Sucralosa	45	100	0,054	0,224
Acesulfame-K	0	55	0	0,350

La Tabla 2 muestra la matriz del diseño experimental basada en la contribución proporcional al dulzor de los edulcorantes y la concentración a emplear en g/kg de yogur para cada corrida del diseño experimental.

Se tomaron como variables respuesta las características sensoriales intensidad del dulzor, amargor y sabor extraño medidos con una escala estructurada de 10 cm de longitud con intensidad creciente de izquierda a derecha desde ausente a muy marcado por una comisión de evaluación sensorial integrada por 5 catadores entrenados (20).

**Tabla 2.** Matriz del diseño experimental y concentración de edulcorantes

Corrida	Contribución al dulzor		Concentración (g/kg)	
	X <sub>1</sub> : Sucralosa	X <sub>2</sub> : Acesulfame-K	Sucralosa	Acesulfame-K
1	1,00	0,00	0,224	0,000
2	0,45	0,55	0,054	0,350
3	0,59	0,41	0,080	0,219
4	0,73	0,28	0,115	0,130
5	0,73	0,28	0,115	0,130
6	1,00	0,00	0,224	0,000
7	0,45	0,55	0,054	0,350
8	0,86	0,14	0,158	0,057

Las corridas experimentales fueron realizadas de forma aleatoria e independiente, los datos fueron analizados mediante metodología de superficie de respuesta ajustados a

**Tabla 3.** Resultados de las variables respuesta

Corrida	X <sub>1</sub> : Sucralosa	X <sub>2</sub> : Acesulfame-K	Respuesta		
			Intensidad del dulzor	Intensidad del amargor	Intensidad del sabor extraño
1	1,00	0,00	8	2	3,5
2	0,45	0,55	5	4,5	6
3	0,59	0,41	4	4	5
4	0,73	0,28	3,5	4,5	4,5
5	0,73	0,28	2,5	4	5
6	1,00	0,00	7,5	2	3,5
7	0,45	0,55	4	4	5,5
8	0,86	0,14	5	3,5	4,5

En general el amargor percibido en todas las formulaciones ensayadas entre muy ligero y moderado, mientras que el amargor muestra valores desde muy ligero a moderado. Para las variables respuesta intensidad del dulzor y del amargor el análisis de varianza de la regresión del modelo de

un modelo de mezcla cuadrático. Para la definición de la combinación óptima de edulcorantes se empleó el método de optimización de múltiples respuestas por la función de conveniencia (14) imponiendo las siguientes restricciones sobre las variables respuesta: dulzor entre ligero y moderado (4 a 6), amargor de ausente a ligero (< 4) y sabor extraño de ausente a ligero (< 4). Además, las soluciones deben estar dentro del Intervalo de confianza al 95% para la estimación. Tanto la matriz experimental como el análisis de los datos y la optimización fueron realizadas empleando la aplicación Design Expert (21).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La Tabla 3 muestra los resultados de las variables respuesta para las corridas experimentales. Como se puede apreciar la mayor intensidad de dulzor se obtiene cuando la sucralosa aporta la mayor contribución proporcional al dulzor mostrando, además, menor contribución al amargor y al sabor extraño, que los catadores describieron como medicamentoso.

mezcla cuadrático resultó significativo ( $p \leq 0,05$ ), mientras que para la variable respuesta sabor extraño resultó significativo ( $p \leq 0,05$ ) el modelo lineal. La prueba de falta de ajuste no fue significativa ( $p > 0,05$ ) para las tres variables respuesta y el análisis de los residuos arrojó que estos siguen la distribución

normal y no se detectaron observaciones atípicas. Los valores del coeficiente de determinación fueron 0,92 para el modelo ajustado a la intensidad del dulzor, 0,93 para el modelo de la intensidad del amargor y 0,92 para el modelo del sabor extraño; indica en todos los casos que el modelo estimado explica más del 90 % de las variaciones de las variables respuesta estudiadas.

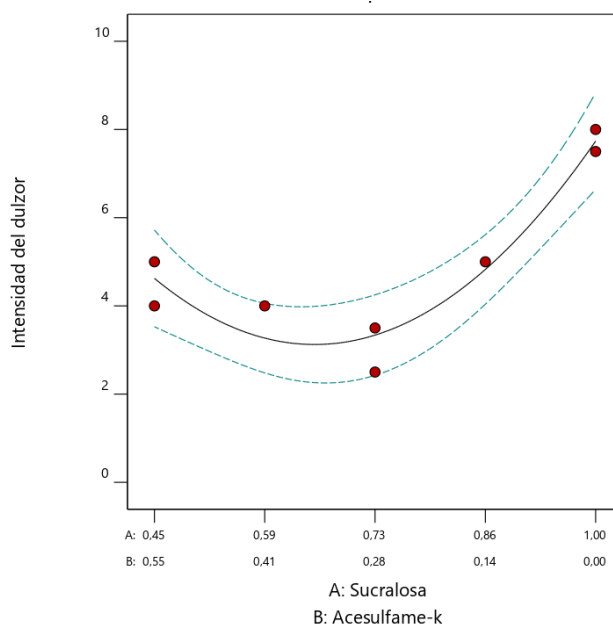
La Tabla 4 muestra los coeficientes codificados estimados para el efecto de cada componente y su combinación. La mayor contribución a la intensidad del dulzor la aporta la sucralosa obteniéndose la mayor intensidad de dulzor cuando su contribución es máxima. La combinación de ambos

edulcorantes en el rango estudiado disminuye la intensidad del dulzor. Este comportamiento puede apreciarse en la Figura 1. Por otra parte, la sucralosa tiene una menor contribución que el acesulfame-K al amargor y al sabor extraño, y la combinación de ambos edulcorantes potencia la percepción del amargor. Estos comportamientos pueden observarse en las Figuras 2 y 3. Estos resultados coinciden con lo reportado en la literatura consultada, la sucralosa tiene un poder edulcorante mayor que el acesulfame-k y no aporta sabor amargo ni metálico, mientras que el acesulfame-k proporciona sabor amargo perceptible a partir de concentraciones equivalentes a 2,5 % de azúcar (11,13,22-26).

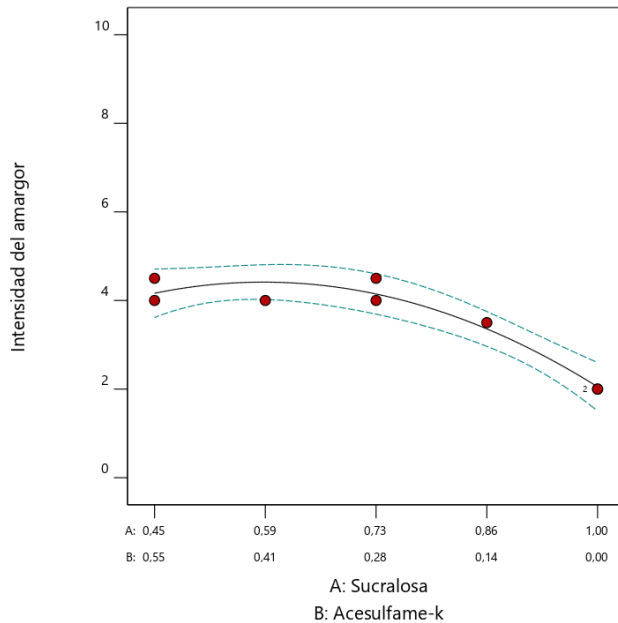
**Tabla 4.** Coeficientes codificados estimados

Variable respuesta	Componente	Coefficiente estimado	Significación (valor p)	R <sup>2</sup>
Intensidad del dulzor	X <sub>1</sub>	7,74	0,0032	0,9243
	X <sub>2</sub>	4,63		
	X <sub>1</sub> X <sub>2</sub>	-11,37		
Intensidad del amargor	X <sub>1</sub>	2,05	0,0008	0,9330
	X <sub>2</sub>	4,16		
	X <sub>1</sub> X <sub>2</sub>	4,16		
Intensidad del sabor extraño	X <sub>1</sub>	3,63	0,0002	0,9168
	X <sub>2</sub>	5,74		

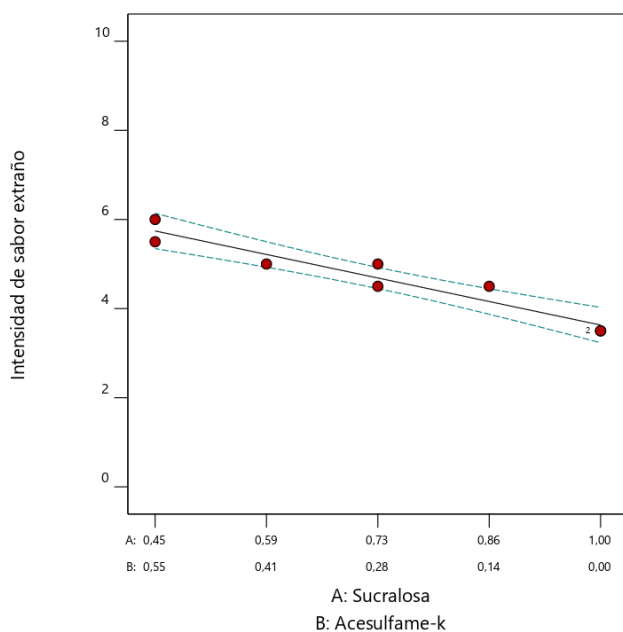
X<sub>1</sub>: Sucralosa, X<sub>2</sub>: Acesulfame-K



**Fig. 1.** Comportamiento de la intensidad del dulzor en función de la contribución de los edulcorantes.



**Fig. 2.** Comportamiento de la intensidad del amargor en función de la contribución de los edulcorantes.



**Fig. 3.** Comportamiento de la intensidad del sabor extraño en función de la contribución de los edulcorantes.

Como resultado de la optimización se obtuvo que las restricciones impuestas se cumplen cuando la contribución proporcional de la sucralosa está entre 0,91 y 0,93 y la del acesulfame-k entre 0,07 y 0,09, correspondientes a las

concentraciones sucralosa/acesulfame-K: 0,18/0,04 y 0,19/0,03 g/kg, esta última será considerada óptima. La concentración de sucralosa propuesta es similar a la de 0,15 g/kg, utilizada en yogur elaborado con sucralosa y estevia

mencionada por Chale (27) e inferior a la reportada por Orellana (28) para yogur de fresa de 7 g/kg. También es inferior a la reportada por Aguirre y Biollo(29) de 1,5 g/kg en yogur de fresa sin grasa y sin azúcar además, se informa el empleo de 0,6 g/kg de la mezcla de aspartame y acesulfame-k y 1,6 g/kg de la mezcla de sucralosa y aspartame en un yogur firme de mango (30).

## CONCLUSIONES

Se formuló un yogur saborizado de fresa en el que se sustituyó el azúcar por la relación 0,19/0,03 g/Kg de los edulcorantes no calóricos de alta intensidad sucralosa y acesulfame-K

## REFERENCIAS

1. Estany ER. Obesidad en Cuba y otras regiones del Mundo. Consideraciones generales y acciones nacionales de prevención. An Acad Cienc 2021; 11(1):12.
2. MINSAP. Obesidad: un problema de salud en aumento [Internet]. 2022 [citado 13 de agosto de 2022]. Disponible en: <https://salud.msp.gov.cu/obesidad-un-problema-de-salud-en-aumento/>
3. MINSAP. Anuario estadístico de salud 2020; 2021.
4. WHO. Sugars intake for adults and children [Internet]. Geneva: World Health Organization; 2015 [citado 14 de abril de 2021]. Disponible en: <https://public.ebookcentral.proquest.com/choice/publicfullrecord.aspx?p=2033879>
5. Hernández M, Porrata-Maury C, Jimenez S, Rodríguez A, Carrillo O, García A, et al. Recomendaciones nutricionales para la población cubana, 2008 Estudio multicéntrico. Rev Cuba Investig Bioméd [Internet]. 2009 [citado 10 de mayo de 2021];28(2). Disponible en: [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_abstract&pid=S0864-03002009000200001&lng=es&nrm=iso&tlng=es](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0864-03002009000200001&lng=es&nrm=iso&tlng=es)
6. Deliza R, Lima MF, Ares G. Rethinking sugar reduction in processed foods. Curr Opin Food Sci 2021; 40:58-66.
7. Di Monaco R, Miele NA, Cabisidan EK, Cavella S. Strategies to reduce sugars in food. Curr Opin Food Sci 2018; 19:92-7.
8. Hutchings SC, Low JYQ, Keast RSJ. Sugar reduction without compromising sensory perception. An impossible dream? Crit Rev Food Sci Nutr 2018; 1-21.
9. McCain HR, Kaliappan S, Drake MA. Invited review: Sugar reduction in dairy products. J Dairy Sci 2018; 101(10): 8619-40.
10. Petković M. Alternatives for Sugar Replacement in Food Technology: Formulating and Processing Key Aspects. En: Emilia Coldea T, editor. Food Engineering [Internet]. IntechOpen; 2019 [citado 24 de junio de 2022]. Disponible en: <https://www.intechopen.com/books/food-engineering/alternatives-for-sugar-replacement-in-food-technology-formulating-and-processing-key-aspects>
11. Wan Z, Khubber S, Dwivedi M, Misra N. Strategies for lowering the added sugar in yogurts. Food Chem 2021; 344:128573.
12. Ronielli C. Reis, Valéria P. R. Minim, Helena M. A. Bolini, Beatriz R. P. Dias, Luis A. Minim, Elaine B. Ceresino. Sweetness equivalence of different sweeteners in strawberry-flavored yogurt. J Food Qua 2011; 34:163-70.
13. Vicki Wei Kee Tan, May Sui Mei Wee, Oliver Tomic, Ciarán G. Forde. Rate-All-That-Apply (RATA) comparison of taste profiles for different sweeteners in black tea, chocolate milk, and natural yogurt. J Food Sci 2020;00(0).
14. Myers RH, Douglas C. Montgomery, Christine M. Anderson-Cook. Response surface methodology.

- process and product optimization using designed experiments. 4.<sup>a</sup> ed. Hoboken, New Jersey: John Wiley & Sons, Inc.; 2016. (Wiley series in probability and statistics).
15. Ribeiro MN, Rodrigues DM, Rocha RAR, Silveira LR, Condino JPF, Júnior AC, et al. Optimising a stevia mix by mixture design and napping: A case study with high protein plain yoghurt. *Int Dairy J* 2020; 110:104802.
  16. DuBois GE, Prakash I. Non-caloric sweeteners, sweetness modulators, and sweetener enhancers. *Annu Rev Food Sci Technol* 2012; 3(1):353-80.
  17. DuBois GE, Walters DE, Schiffman SS, Warwick ZS, Booth BJ, Pecore SD, et al. A systematic study of concentration-response relationships of sweeteners. En: *Sweeteners: Discovery, Molecular Design, and Chemoreception*. Washington, DC: American Chemical Society; 1991. p. 261-76.
  18. CODEX. Norma general para los aditivos alimentarios CODEX STAN 192-1995. 2019.
  19. NC 277 Aditivos alimentarios — regulaciones sanitarias. Cuba; 2016.
  20. NC ISO 4121. Análisis sensorial—Guía para el uso de escalas con respuestas cuantitativas. Cuba; 2005.
  21. Stat Easy. Design Expert. Minneapolis: Stat Easy; 2019.
  22. O'Brien L. *Alternative Sweeteners*. 4ta ed. Boca Raton: Taylor & Francis; 2012.
  23. Pinheiro MVS, Oliveira MN, Penna ALB, Tamine AY. The effect of different sweeteners in low-calorie yogurts — a review. *Int J Dairy Technol* 2005; 58(4):193-9.
  24. O'Donnell K, Kearsley MW, editores. *Sweeteners and sugar alternatives in food technology*. 2. ed. Chichester: Wiley-Blackwell; 2012. 484 p.
  25. Wee M, Tan V, Forde C. A Comparison of Psychophysical Dose-Response Behaviour across 16 Sweeteners. *Nutrients* 2018; 10(11):1632.
  26. Wiet SG, Beyts PK. Sensory Characteristics of Sucralose and other High Intensity Sweeteners. *J Food Sci* 1992; 57(4):1014-9.
  27. Chale AP. Uso de ingredientes destinados a la reducción del valor calórico del yogurt (tesis de pregrado). Ecuador: Carrera de Ingeniería en Industrias Pecuarias, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo; 2021.
  28. Orellana D. Efecto de dos cantidades de leche descremada en polvo y dos edulcorantes no calóricos en las características físico-químicas y sensoriales del yogur light de fresa (tesis de pregrado). Honduras: Carrera de Agroindustria Alimentaria, Universidad Zamorano; 2009.
  29. Aguirre K, Biollo R. Efecto del uso de tres concentraciones de estabilizador y dos edulcorantes artificiales en las propiedades físico-químicas y sensoriales de yogur de fresa sin grasa y sin azúcar (tesis de pregrado). Honduras: Carrera de Agroindustria Alimentaria, Universidad Zamorano; 2010.
  30. Bazán C. Desarrollo y evaluación de un yogur firme utilizando tres edulcorantes no calóricos y dos porcentajes de mango (tesis de pregrado). Honduras: Carrera de Agroindustria Alimentaria: Universidad Zamorano; 2010.