

## Evaluación de las propiedades fisicoquímicas y microbiológicas del jugo de betabel (*Beta vulgaris L.*) termoultrasonificado.

Evaluation on the Microbiological and Physicochemical Properties of Beetroot (*Beta vulgaris L.*) Juice Thermoultrasonicated.

Lisette M. Ramírez-Melo <sup>a</sup>, José Luis Hernández-Traspeña <sup>b</sup>, Nelly del Socorro Cruz-Cansino <sup>c</sup>, Luis Delgado-Olivares <sup>d</sup>, Esther Ramírez-Moreno <sup>e</sup>, José A. Ariza-Ortega <sup>f</sup>, Ernesto Alanís-García <sup>g</sup>

---

### Abstract:

Beetroot (*Beta vulgaris L.*) is a tuber that, due to its antioxidant content, has preventive properties of diseases such as cancer, among others. It is consumed raw, cooked, in salads and juices. Beetroot juice, maintains a high content of antioxidants, as well as other bioaccessible compounds that promote health, but when subjected to pasteurization the losses of these are generated. Currently there are emerging technologies that provide alternatives to conventional technologies such as ultrasound, which has been shown to release these bioactive compounds and maintain the safety of food. For the above, the objective of this study was to evaluate the physicochemical (pH, total soluble solids, titratable acidity) and microbiological properties (total count and enterobacteria) of the beetroot juice thermoultrasonicated with variables of amplitude (80 and 90%) and time (10 and 15 min). The termoultrasonicated juice treated at 15min/90% presented the lowest values in aerobic mesophiles and enterobacteria, providing greater safety, with a high percentage of stability without altering the total soluble solids, acidity and viscosity in the juice.

### Keywords:

Beetroot, juice, thermoultrasound, properties

---

### Resumen:

El betabel (*Beta vulgaris L.*) es un tubérculo que por su contenido en antioxidantes tiene propiedades preventivas de enfermedades como el cáncer, entre otras. Es consumido crudo, cocido, en ensaladas y jugos. El jugo de betabel, mantiene un alto contenido de antioxidantes, así como otros compuestos bioaccesibles que promueven la salud, pero que al ser sometido a pasteurización se generan pérdidas de estos. Actualmente existen tecnologías emergentes que brindan alternativas a las tecnologías convencionales como lo es el ultrasonido, que se ha demostrado que libera compuestos bioactivos y mantiene la inocuidad de los alimentos. Por lo anterior, el objetivo de este estudio fue evaluar las propiedades fisicoquímicas (pH, sólidos solubles totales, acidez titulable) y microbiológicas (recuento total y enterobacterias) del jugo de betabel termoultrasonificado con variables de amplitud (80 y 90%) y tiempo (10 y 15 min). El jugo termoultrasonificado tratado a 15min/90% presentó los valores más bajos en mesófilos aerobios y enterobacterias, proporcionando mayor inocuidad, con un elevado porcentaje de estabilidad sin alterar los sólidos solubles totales, acidez y viscosidad en el jugo.

### Palabras Clave:

Betabel, jugo, termoultrasonido, propiedades

---

<sup>a</sup> Autor de Correspondencia, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Instituto de Ciencias de la Salud, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2188-4146>, Email: [ra312924@uaeh.edu.mx](mailto:ra312924@uaeh.edu.mx)

<sup>b</sup> Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Instituto de Ciencias de la Salud, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4595-357X>, Email: [he267607@uaeh.edu.mx](mailto:he267607@uaeh.edu.mx)

<sup>c</sup> Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Instituto de Ciencias de la Salud, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6671-3684>, Email: [ncruz@uaeh.edu.mx](mailto:ncruz@uaeh.edu.mx)

<sup>d</sup> Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Instituto de Ciencias de la Salud, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3506-8393>, Email: [ldelgado@uaeh.edu.mx](mailto:ldelgado@uaeh.edu.mx)

<sup>e</sup> Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Instituto de Ciencias de la Salud, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3506-8393>, Email: [esther\\_ramirez@uaeh.edu.mx](mailto:esther_ramirez@uaeh.edu.mx)

<sup>f</sup> Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Instituto de Ciencias de la Salud, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2163-4593>, Email: [jose\\_ariza@uaeh.edu.mx](mailto:jose_ariza@uaeh.edu.mx)

<sup>g</sup> Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Instituto de Ciencias de la Salud, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1540-4908>, Email: [ernesto\\_alanis@uaeh.edu.mx](mailto:ernesto_alanis@uaeh.edu.mx)

## Introducción

El betabel (*Beta vulgaris L.*), es un tubérculo que ha sido recomendado como un material con propiedades preventivas para cáncer, entre otras enfermedades, debido a sus componentes que brindan un efecto antioxidante (Rasic, Bogdanovic & Kerenji, 1984; Chawla *et al.*, 2016). Se consume ya sea crudo, cocido, encurtido, enlatado, en licuados, ensaladas, postres y en jugos (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA), 2016).

El jugo de betabel contiene un alto nivel de antioxidantes biológicamente accesibles y muchos otros compuestos que promueven la salud como el potasio, el magnesio, el ácido fólico, el hierro, el zinc, el calcio y el fósforo, así como también es una fuente rica de compuestos polifenólicos (Wootton-Beard, Ryan, 2011; Kaur & Kapoor, 2002; Pitalua *et al.*, 2010) y se comercializa pasteurizado implicando altas temperaturas generando pérdidas nutricionales (Cárdenas *et al.*, 2001, Muñoz, *et al.*, 2007, Latorre *et al.*, 2013), por lo que es importante buscar tecnologías alternativas como el ultrasonido.

El ultrasonido, es una excelente alternativa al tratamiento térmico ya que se ha comprobado que tiene un efecto mínimo en la calidad de los jugos de frutas como en el jugo de naranja y néctares Tiwari, O'Donnell, Cullen, 2008), además, se ha demostrado que tiene una acción desactivadora bastante efectiva sobre varias enzimas de interés en la tecnología de los alimentos (López *et al.*, 1994; López & Burgos, 1995), como la pectinmetilesterasa (PME) y la polifenoloxidasas (PPO) (Cervantes *et al.*, 2017) sin alterar sus propiedades nutricionales (Cervantes *et al.*, 2017; Delgado, 2015; Ramírez *et al.*, 2018).

## Metodología

El betabel fue adquirido en un mercado local de Tulancingo, Hgo., seleccionando solo aquellos que no tuvieran daño físico. Estos se lavaron con agua y fueron desinfectados en condiciones asépticas con un desinfectante comercial (Microdyn®), dejándolos escurrir para posteriormente remover raíz y hojas.

El jugo se obtuvo mediante un extractor (Turmix, Standard, México), para cada muestra se termoultrasonificaron 400 mililitros dentro de una celda de doble capa manteniendo una temperatura con un baño de calentamiento (1210610, Cole Parmer, USA) a 45°C aplicando ultrasonido (VCX 1500 HV, Sonics & Materials, Inc. Newton, EE.UU) a 80% y 90% de amplitud, ambos durante 10 y 15 minutos y se elaboró una muestra sin tratamiento como muestra control.

## Análisis microbiológicos y determinación de propiedades fisicoquímicas

### Microbiología

Los análisis microbiológicos se realizaron mediante la técnica de microgota usando 100 microlitros de jugo de betabel diluido en agua peptonada 0.1% previamente esterilizada. Se midieron mesófilos aerobios (MA) en agar para métodos estándar (PCA) y las enterobacterias (EB) en agar bilis rojo violeta glucosado (VRBG). Los datos obtenidos fueron reportados como unidades formadoras de colonias por mililitro (UFC/mL) (Mason, Paniwnyk & Lorimer, 1996).

### pH

El pH indica el logaritmo negativo de la concentración de iones hidrógeno e hidroxilo presente en el producto, y por consecuencia la actividad microbiana del mismo (Briones *et al.*, 2005) para su medición se utilizó un potenciómetro (HANNA, PH210, Rumania) (González, 2016).

### Sólidos solubles totales

Los sólidos solubles (SST) hacen referencia a los azúcares contenidos en la muestra, estos se determinaron con la ayuda de un refractómetro (Trading Co., Brix/ATC FG-113, Chincan) y los resultados fueron expresados en °Brix (Shah, 2006).

### Acidez titulable

La acidez titulable (AT), es representada por los ácidos orgánicos libres y se mide con su neutralización a partir de una solución base, usualmente empleando fenolftaleína como indicador. Esta se determinó por el método de la AOAC (942.15, 1999).

### Viscosidad

La viscosidad, definida como la resistencia derivada de la falta de deslizamiento de las partes de un líquido, proporcional a la velocidad con que se separan unas de otras dentro de él. Se midió con ayuda de un viscosímetro (Brookfield DV-E USA) (Cruz *et al.*, 2007).

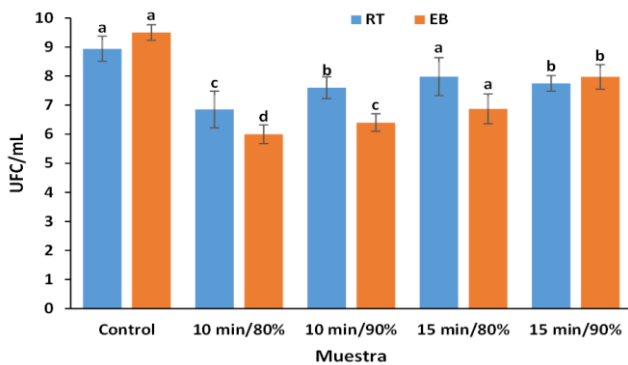
### Estabilidad

El índice de estabilidad se valoró determinando el porcentaje de partículas sedimentadas (p/p) después de la centrifugación (Hamilton Bell, V6500, USA) (Strahsburger *et al.*, 2016).

Las determinaciones se realizaron por triplicado y los resultados se analizaron mediante el programa SPSS, las diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) se compararon utilizando la prueba Duncan.

## Resultados y discusión

De acuerdo a la microbiología, en cuanto a mesófilos aerobios, la muestra tratada a 10min/80% fue menor significativamente a las demás, obteniendo una reducción de 2.08 UFC/mL con respecto al jugo control, mientras que en enterobacterias fueron los tratamientos de 10min/80% y 10min/90% tuvieron una reducción de 3.51 y 3.46 UFC/mL, respectivamente (Figura 1). Esta disminución es debido al daño de la pared celular de las bacterias (Mason, Paniwnyk & Lorimer, 1996; Cheng, *et al.*, 2007; Bath *et al.*, 2007) causado por el efecto físico-químico de la cavitación que adelgaza la membrana celular microbiana (Bath *et al.*, 2007), principalmente cuando los microorganismos son sometidos en tratamiento de ultrasonido combinado con temperaturas >50 °C (Sala *et al.*, 1995; Villamiel & Jong, 2000; Patist, Bates, 2008).



**Figura 1.** Resultados de mesófilos aerobios (MA) y enterobacterias (EB) en el jugo de betabel termoultrasonificado y muestra control. <sup>a-c</sup> Letras diferentes indican diferencia significativa ( $p < 0.05$ ) entre las muestras.

El jugo termoultrasonificado a 15min/80% comparado con las demás muestras, presentó valores mayores y menores significativamente ( $p < 0.05$ ) en pH (6.73) y SST (12°Brix), respectivamente. Resultados similares fueron encontrados en otros estudios en jugos de frutas como en el jugo de manzana termoultrasonificado en donde no se encontraron cambios significativos en cuanto a SST (12°Brix), pH (3.86-3.87) y AT (0.22-0.23) (Abid, Hua, Wua, Khan, 2014), también en el jugo de zarzamora termoultrasonificado, donde el pH y los sólidos solubles totales presentaron rangos de 3.02-3.21 y 9.9-11.1, respectivamente, donde se observa que el termoultrasonido no afecta significativamente en estos parámetros (Cervantes *et al.*, 2017) y en el jugo de tuna púrpura donde se demostró que la termostrasonificación tuvo un efecto mínimo en el pH del jugo, Brix y TA. El pH, Brix y TA del jugo oscilaron entre 4.61-5.31, 11.91-12.80 y 0.14-0.32, respectivamente (Cruz-Cansino, *et al.*, 2015).

La acidez es una propiedad importante relacionada con la estabilidad de los jugos y depende del tipo de materia

a partir de la cual se elabora. Sin embargo, los leves cambios en el pH o AT pueden atribuirse al contenido de algunos compuestos como ácidos orgánicos, polifenoles, etc. (Sharma *et al.*, 2009), formación de algunos químicos por las moléculas de sonólisis del agua ( $\text{OH}^\cdot$ ,  $\text{H}_2\text{O}_2$ ,  $\text{H}^+$ , entre otras) en jugos de frutas cuando se aplicaron ondas de ultrasonido en medios acuosos (Kruus, 2000).

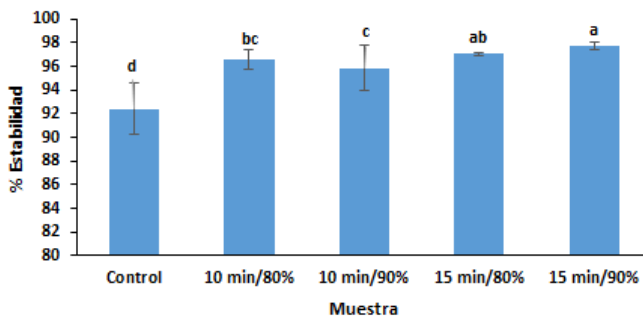
Todas las muestras exhibieron valores similares ( $p > 0.05$ ) de AT (0.9) y viscosidad (3.91- 4.16) (tabla 1), diferentes resultados se reportaron en un estudio sobre jugo de tuna morada termoultrasonificado, donde se mostró una disminución en la viscosidad en muestras tratadas a 80% a 15 y 25 min con valores de 6.72 y 6.83 MPa, respectivamente (Cruz-Cansino, *et al.*, 2015). Estos resultados se presentaron debido a que el ultrasonido puede aumentar o disminuir la viscosidad, y dependiendo de la intensidad, el efecto puede ser temporal o permanente (Seshadri, Weiss, Hulbert, 2003), además de que también depende de la matriz de cada alimento.

**Tabla 1.** Resultados de pH, sólidos solubles totales, acidez titulable y viscosidad del jugo de betabel termoultrasonificado y muestra control.

| Muestras  | pH                     | SST (°Brix)          | AT (%)                 | Viscosidad (cps)       |
|-----------|------------------------|----------------------|------------------------|------------------------|
| Control   | 6.61±0.08 <sup>b</sup> | 14±0.00 <sup>a</sup> | 0.09±0.00 <sup>a</sup> | 4.20±0.28 <sup>a</sup> |
| 10min/80% | 6.59±0.04 <sup>b</sup> | 14±0.50 <sup>a</sup> | 0.09±0.00 <sup>a</sup> | 3.91±0.19 <sup>a</sup> |
| 15min/80% | 6.64±0.02 <sup>b</sup> | 14±0.00 <sup>a</sup> | 0.09±0.00 <sup>a</sup> | 4.12±0.38 <sup>a</sup> |
| 10min/90% | 6.73±0.10 <sup>a</sup> | 12±0.86 <sup>b</sup> | 0.09±0.00 <sup>a</sup> | 4.05±0.35 <sup>a</sup> |
| 15min/90% | 6.60±0.04 <sup>b</sup> | 14±0.00 <sup>a</sup> | 0.09±0.00 <sup>a</sup> | 4.16±0.17 <sup>a</sup> |

<sup>a-b</sup> Letras superíndices diferentes indican diferencia significativa ( $p < 0.05$ ) entre las muestras.

La sedimentación de jugos de frutas y verduras puede ser atribuible a factores tales como: tamaño de partículas, pectina, celulosa, hemicelulosa, proteínas y lípidos en suspensión (Aadil *et al.*, 2015). Las muestras termoultrasonificadas tuvieron alto porcentaje de estabilidad ( $p < 0.05$ ), con respecto al control (Figura 2), la muestra tratada a 15 min/90% fue la que presentó un mayor porcentaje de estabilidad con 97.73% de estabilidad, esto se atribuye a que al incrementar el ultrasonido reduce más el tamaño de partícula debido al colapso de burbujas, permitiendo que las partículas permanezcan en suspensión (Mason, Paniwnyk & Lorimer, 1996), esto proporciona una mejor uniformidad y estabilidad (Fonteles *et al.*, 2012).



**Figura 2.** Porcentaje de estabilidad de jugo de betabel termoultrasonificado y muestra control. <sup>a-d</sup> Letras diferentes indican diferencia significativa ( $p < 0.05$ ) entre las muestras.

El jugo termoultrasonificado tratado a 15min/90% presentó los valores más bajos en MA y EB, proporcionando mayor inocuidad, con un elevado porcentaje de estabilidad sin alterar los sólidos solubles totales, acidez y viscosidad en el jugo, siendo una opción como alternativa a la pasteurización para el consumidor.

## Referencias

- [1] Aadil, R. M., Zeng, X. A., Zhang, Z. H., Wang, M. S., Han, Z., Jing, H., & Jabbar, S. (2015). Thermosonication: a potential technique that influences the quality of grapefruit juice. *International Journal of Food Science & Technology*, 50, 1275-1282.
- [2] Abid, M., Hua, B., Wua, S., Khan, X. (2014). Thermosonication as a potential quality enhancement technique of apple juice. *Ultrason. Sonochem*, 21, 984-990.
- [3] Bhat, R., Kamaruddin, N. S. B. C., Min-Tze, L., & Karim, A.A. (2011). Sonication improves kasturi lime (*Citrus microcarpa*) juice quality. *Ultrasonics sonochemistry*, 18, 1295-1300.
- [4] Briones-Rodríguez, et al. Proceso de elaboración de yogur y su presentación en página web. (2005). Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. Tesis en Ingeniería Agroindustrial, 8-10.
- [5] Cárdenas, F., Giannuzzi, L., Noia, M., Zaritzky, N. (2001). "El modelado matemático: Una herramienta útil para la industria alimenticia," *Cienc. Vet.*, 22-28.
- [6] Cervantes-Elizarrarás, A., et al. (2017). Enzymatic inactivation and antioxidant properties of blackberry juice after thermosonication: Optimization using response surface methodology. *Ultrasonics sonochemistry*, 34, 371-379.
- [7] Chawla, H., Parle, M., Sharma, K., Yadav, M. (2016). Beetroot: A Health Promoting Functional Food. *Nutraceuticals*, 1-5.
- [8] Cheng, L. H., Soh, C. Y., Liew, S. C., & Teh, F. F. (2007). Effects of sonication and carbonation on guava juice quality. *Food Chemistry*, 104(4), 1396-1401.
- [9] Cruz, N., Capellas, M., Hernández, M., Trujillo, A. J., Guamis, B., & Ferragut, V. (2007). Ultra high pressure homogenization of soymilk: Microbiological, physicochemical and microstructural characteristics. *Food Research International*, 40(6), 725-732.
- [10] Cruz-Cansino, N. del S., Ramírez-Moreno, E., León-Rivera, J. E., Delgado-Olivares, L., Alanís-García, E., Ariza-Ortega, J. A., Manríquez-Torres, J.J., & Jaramillo-Bustos, D. P. (2015). Shelf life, physicochemical, microbiological and antioxidant properties of purple cactus pear (*Opuntia ficus indica*) juice after thermosonication treatment. *Ultrasonics Sonochemistry*, 27, 277-286.
- [11] Delgado, J. O. (2015). Aplicación del Ultrasonido en la Industria de los Alimentos. *Publicaciones e Investigación*, 6, 141-152.
- [12] Fonteles, T. V., Costa, M. G. M., de Jesus, A. L. T., de Miranda, M. R. A., Fernandes, F. A. N., & Rodrigues, S. (2012). Power ultrasound processing of cantaloupe melon juice: Effects on quality parameters. *Food Research International*, 48, 41-48.
- [13] González Conzuelo, M. (2016). Evaluación de las propiedades fisicoquímicas, reológicas y sensoriales de untables naturales. Universidad Autónoma del Estado de México. Tesis en Químico en Alimentos, 52.
- [14] Kaur, C., Kapoor, H. C. Anti-oxidant activity and total phenolic content of some Asian vegetables. *International Journal of Food Science & Technology*, 2002; 37(2), 153-161.
- [15] Kruus, S. (2000). Sonochemical formation of nitrate and nitrite in water. *Ultrasonics Sonochemistry*, 7, 109-113.
- [16] Latorre L., Pantoja, A., Mejía, D., Osorio, O., Hurtado, A. (2013). "EVALUATION OF THERMAL TREATMENTS FOR INACTIVATION OF ENZYMES IN FIQUE JUICE (*Furcraea gigantea* Vent.)" *Biotechnol. en el Sect. Agropecu. y Agroindustrial*, 11(1), 113-122.
- [17] López, P., & Burgos, J. (1995). Lipoxygenase inactivation by manothermosonication: Effects of sonication physical parameters, pH, KCl, sugars, glycerol, and enzyme concentration. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 43(3), 620-625.
- [18] López, P., Sala, F.J., Fuente, J.L., Cardón, S., Raso, J., & Burgos, J. (1994). Inactivation of peroxidase lipoxygenase and phenol oxidase by manothermosonication. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 42(2), 253-256.
- [19] Mason, T. J., Paniwnyk, L., & Lorimer, J. P. (1996). The uses of ultrasound in food technology. *Ultrasonics sonochemistry*, 3(3), S253-S260.
- [20] Muñoz, K., Bravo, K., Zapata, P., Londoño, J. (2007). "Caracterización preliminar del enzima polifenol oxidasa en frutas tropicales: Implicaciones en su proceso de industrialización," *Sci. Tech.*, 13(33), 161-164
- [21] Patist, A., Bates, D. (2008). Ultrasonic innovations in the food industry: From the laboratory to commercial production. *Innov Food Sci Emerg Tech*, 9: 147-154.
- [22] Pitalua, E., Jimenez, M., Vernon-Carter, E. J., Beristain, C. I. (2010). Antioxidative activity of microcapsules with beetroot juice using gum Arabic as wall material. *Food and Bioproducts Processing*, 88(2), 253-258.
- [23] Ramírez-Moreno, E., Zafra-Rojas, Q. Y., Arias-Rico, J., Ariza-Ortega, J. A., Alanís-García, E., & Cruz-Cansino, N. (2018). Effect of ultrasound on microbiological load and antioxidant properties of blackberry juice. *Journal of Food Processing and Preservation*, 42(2), e13489.
- [24] Rasic, J.L., Bogdanovic, G., Kerenji, A. (1984). Anti-cancer properties of lactic acid-fermented beetroot juice. *Fluss Obst*, 51(1), 25-28.
- [25] Sala, F., Burgos, J., Condon, S, Lopez, P, Raso, J. (1995). Effect of heat and ultrasound on microorganisms and enzymes. In: *New Methods of Food Preparation*, Gould, G.W., Ed.; Unilever Research Laboratory Press, Bedford. London, 176-204.
- [26] Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA). (2006). *Betabel, un vegetal con mucha historia*.
- [27] Seshadri, R., Weiss, J., Hulbert, J. (2003). Mount, Ultrasonic processing influences rheological and optical properties of highmethoxyl pectin dispersions, *Food Hydrocolloids*, 17, 191-197.

- [28] Shah, N. P. (2006). Health benefits of yogurt and fermented milks. *Manufacturing yogurt and fermented milks*, 327-340.
- [29] Sharma, H. K., Kaur, J., Sarkar, B. C., Singh, C., & Singh, B. (2009). Effect of pretreatment conditions on physicochemical parameters of carrot juice. *International Journal of Food Science and Technology*, 44, 1–9.
- [30] Strahsburger, E., Retamales, P., Estrada, J., & Seeger, M. (2016). Microdot method: used with chromogenic agar is a useful procedure for sanitary monitoring in aquaculture. *Latin American Journal of Aquatic Research*, 44(4).
- [31] Tiwari, K., O'Donnell, C., Cullen, P. (2008). Colour degradation and quality parameters of sonicated orange juice using response surface methodology. *LWT - Food Science and Technology*, 41, 1876-1883.
- [32] Villamiel, M., Jong, P. (2000). Inactivation of *Pseudomonas fluorescens* and *Streptococcus thermophilus* in Trypticase® Soy Broth and total bacteria in milk by continuous-flow ultrasonic treatment and conventional heating. *J Food Eng*, 45, 171-179.
- [33] Wootton-Beard, P. C., Ryan, L. (2011). A beetroot juice shot is a significant and convenient source of bioaccessible antioxidants. *Journal of functional foods*, 3(4), 329-334.