

EFECTO DEL TRATAMIENTO TERMICO EN COMPUESTOS BIOACTIVOS Y PROPIEDADES FISICOQUIMICAS EN BROCOLI

Centeno Rodríguez, Mónica Andrea Celeste (1), Gómez Salazar, Julián (2), Cerón García, Abel (3)

1 [Licenciatura en Ingeniería en Alimentos] | [mac.centenorodriguez@ugto.mx]

2 [Departamento de Alimentos, División de Ciencias de la Vida DICIVA, Campus Irapuato-Salamanca, Universidad de Guanajuato] | [julian.gomez@ugto.mx]

3 [Departamento de Alimentos, División de Ciencias de la Vida DICIVA, Campus Irapuato-Salamanca, Universidad de Guanajuato] | [abel.ceron@ugto.mx]

Resumen

Las hortalizas son alimentos que poseen una gran variedad de compuestos bioactivos, el brócoli destaca de todas ellas, porque contiene más nutrientes que cualquier otro vegetal, es una fuente rica de fitoquímicos y antioxidantes que promueven la salud. Cada parte del brócoli posee una cantidad significativa de biocomponentes, comercialmente el florete es consumido, sin embargo, tanto el tallo como las hojas son poco aprovechados e incluso descartados al momento de su consumo. Por lo tanto, se evaluó el efecto de diferentes tratamientos térmicos de escaldado (ebullición, vapor, microondas) en el contenido de compuestos fenólicos totales y flavonoides totales, así como estos efectos sobre los parámetros fisicoquímicos (color, pH, clorofila total) en diversos tejidos de brócoli. De acuerdo con las variables analizadas, las hojas de brócoli presentan el mayor contenido de compuestos bioactivos, seguido del florete (tejido mayormente consumido) y por último el tallo ($p \leq 0.05$). Siendo los mejores tratamientos el escaldado en microondas seguido por el escaldado en vapor y finalmente el escaldado en agua, donde se presenta la mayor pérdida por lixiviación de biocomponentes en el brócoli ($p \leq 0.05$).

Abstract

Vegetables are foods that possess a great variety of bioactive compounds, the broccoli stands out from all of them, because it contains more nutrients than any other vegetable, it is a rich source of phytochemicals and antioxidants that promote health. Each part of the broccoli has a significant amount of biocomponents, commercially the foil is consumed, however, both the stem and leaves are underutilized and even discarded at the time of consumption. Therefore, the effect of different heat treatments of blanching (boiling, steam, microwave) on the phenolic compounds and total flavonoids, as well as effect on the physicochemical parameters (color, pH, total chlorophyll) in various broccoli tissues. According to the analyzed variables, the leaves of broccoli present the highest content of bioactive compounds, followed by the foil (mostly consumed tissue) and finally the stem ($p \leq 0.05$). The best treatments are microwave blanching, steam blanching and finally water blanching, where there is the greatest loss of leaching of biocomponents of the broccoli.

PALABRAS CLAVE

Tejidos; Compuestos fenólicos; Flavonoides; Escaldado.

INTRODUCCIÓN

El brócoli (*Brassica oleracea* variedad itálica) pertenece a la familia de las crucíferas, destacando de todas las hortalizas porque contiene más nutrientes que cualquier otro vegetal [1,2]. Como otras especies de la familia de las crucíferas, el brócoli es una fuente de fitoquímicos (vitaminas C y E, quercetina y el kaempferol, β -caroteno y luteína, glucosinolatos, antioxidantes) que promueven la salud. El brócoli contiene sulfurafano, el cual tiene propiedades altamente antioxidantes y anticancerígenas [1]. El cultivo de brócoli requiere de un clima templado y frío. Guanajuato aporta el 65% del total de brócoli en México [2].

Ya sea el florete o el tallo del brócoli, son porciones que contienen una cantidad significativa de compuestos bioactivos, sin embargo, solo el primero es consumido, mientras que el tallo y las hojas son desechados. Diversos estudios han encontrado que el tallo del brócoli es una fuente rica en ácido ascórbico, carotenoides y fenoles [1]. Por otro lado, se conoce que ciertos atributos de calidad se ven afectados durante el almacenamiento de los vegetales sin tratar, esto, debido a la acción de las enzimas las cuales son desactivadas durante el proceso de escaldado. Además de los tratamientos tradicionales que usan agua caliente o vapor, la aplicación de microondas, radiofrecuencia y radiación infrarroja, también son usadas [3]. Sin embargo, la exposición al calor produce modificaciones en la estructura y composición celular, con una significativa destrucción de nutrientes y, por lo tanto, un decremento de la calidad nutricional.

Dado que es necesario el aprovechamiento de este recurso no valorado en la industria del brócoli, así como utilizar la tecnología que nos permita conservar la mayor calidad posible, se evaluó el efecto de diferentes tratamientos térmicos de escaldado en el contenido de compuestos fenólicos totales y flavonoides totales, así como estos efectos sobre los parámetros fisicoquímicos en diversos tejidos de brócoli.

MATERIALES Y MÉTODOS

1. Material vegetal y tratamientos. El brócoli fue adquirido en la central de Abastos de Irapuato,

Gto, mismo que fue llevado al laboratorio y lavado con abundante agua. Se sometieron el florete, tallo y hoja del brócoli a tres tratamientos de escaldado tradicional (ebullición, 5 min), vapor (5 min) y microondas (potencia máxima, 950 W, 80 s), para medir el comportamiento de los compuestos bioactivos y parámetros físicos. El control consistió en brócoli fresco sin procesamiento térmico.

2. Caracterización fisicoquímica. La medición de color se realizó con un colorímetro Hunter Lab usando la escala CIEL*a*b*; analizando 10 diferentes puntos en la periferia de cada muestra. Por otro lado, se analizó el pH en las diferentes muestras tratadas que fueron homogenizadas en una proporción 1:10 con agua destilada.

3. Determinación de clorofila. Se pesó 1g de muestra, la cual se trituroó en un mortero con 10 mL acetona al 80%, posteriormente el extracto es centrifugado a 14,000 rpm durante 10 min, finalmente se registró la absorbancia a 664nm para clorofila A y a 647nm para clorofila B. Los resultados se expresan en mg de clorofila/mL de extracto [4].

4. Determinación de compuestos fenólicos totales. Se estimó utilizando el reactivo de Folin Ciocalteu [5] y leyendo absorbancia a 765 nm, usando ácido gálico como estándar. Los resultados son expresados como mg equivalentes de ácido gálico (GAE)/ g de peso fresco.

5. Determinación de flavonoides totales. A partir de 1g de muestra se trituroó en un mortero con 5 mL de metanol al 80%, el extracto se somete a 1 h en ebullición, con agitación constante. Posteriormente la muestra es enfriada, para ser centrifugada a 14,000 rpm durante 10 min, finalmente se leen la absorbancia a 415nm [6].

6. Análisis estadístico. Los datos obtenidos corresponden al promedio de tres replicas y fueron analizados estadísticamente por un ANOVA ($P \leq 0.05$), para evaluar la significancia estadística se aplicó una prueba de comparación de medias por el método de Tukey ($P \leq 0.05$) usando el software estadístico Statgraphics (Centurion XVI.I).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El efecto de los procesos de escaldado en el contenido de fenoles totales (CFT) es mostrado en

la imagen 1. Las muestras frescas (control) contienen 0.529, 1.62 y 3.34 mg GAE/g PF en el tallo, florete y hoja, respectivamente. La hoja posee el mayor contenido de CFT, consiguiéndose un aumento del 23%, respecto al control, cuando éstas fueron escaldadas con microondas, mientras que, el escaldado con vapor no afecta el contenido de CFT en las hojas. En el florete se muestra un comportamiento distinto puesto que, después del escaldado con vapor, los CFT se ven reducidos un 20%, siendo este el tratamiento que conserva el mayor contenido de CFT con respecto al resto de los tratamientos.

Por el contrario, el tallo mostro tener la menor cantidad de CFT respecto a las hojas y el florete. Mientras que, el escaldado en vapor y microondas, no afectan su contenido de CFT. Singh et al. [1] reportan valores de 0.1504 y 0.3007 mg GAE/g PF en el tallo y florete, respectivamente. Al comparar estos resultados con los encontrados en esta investigación, resulta evidente la riqueza en CFT presentes en tallo y hoja. En el caso de las hojas no se encontraron datos reportados, pero resulta impactante el aumento del contenido de CFT después del escaldado al ser este tipo de compuestos sensibles al calor y solubles en agua.

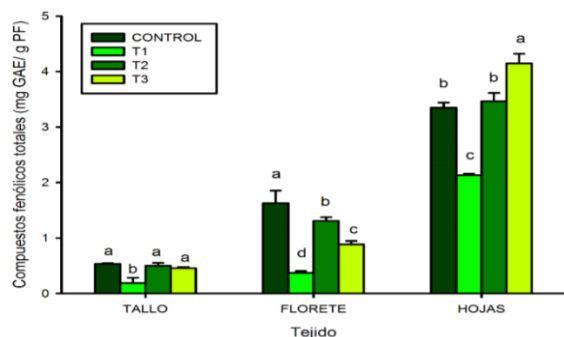


Imagen 1. Compuestos fenólicos totales en tejidos de brócoli. T1 escaldado con agua, T2 escaldado con vapor y T3 escaldado con microondas. Letras diferentes en cada tejido indican diferencia significativa ($P \leq 0.05$).

El contenido de flavonoides totales (FT) en muestras control, fue 5.52, 11.97 y 47.88 meq Quercetina/g PF en el tallo, florete y hoja respectivamente (Imagen 2). Las hojas poseen el mayor contenido de FT respecto a los demás tejidos, no habiendo diferencia significativa entre la muestra control y la muestra escaldadas con microondas. El contenido de FT en el florete no es

afectado durante el escaldado con vapor, mientras que los FT del tallo se ven afectados en todos los tratamientos de escaldado no habiendo diferencia significativa entre ellos.

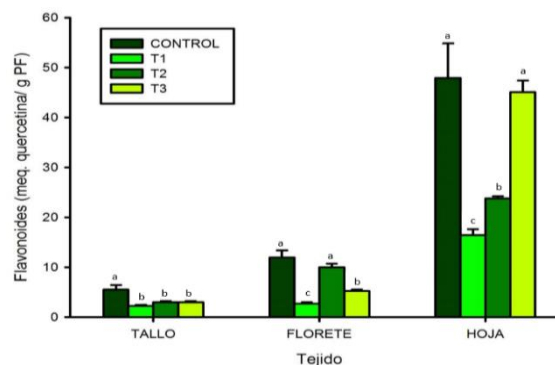


Imagen 2. Flavonoides totales en tejidos de brócoli. T1 escaldado con agua, T2 escaldado con vapor y T3 escaldado con microondas. Letras diferentes en cada tejido indican diferencia significativa ($P \leq 0.05$).

El efecto del proceso de escaldado en el contenido de clorofila se muestra en la tabla 1. Las hojas muestran el mayor contenido de clorofila, en comparación con el florete y la hoja, no habiendo diferencia significativa, respecto al control, cuando se escaldan con microondas. En el florete, el contenido de clorofila aumenta un 77%, respecto al control, cuando éste se escalda en microondas. En el tallo, el comportamiento es distinto, ya que el contenido de clorofila aumenta 65 y 13%, al ser escaldado, con vapor y microondas, respectivamente.

El efecto del proceso de escaldado en las características fisicoquímicas de color y pH se muestran en la tabla 1. La luminosidad en el tallo se ve afectada significativamente en los distintos procesos de escaldado, siendo el escaldado con agua el que conserva el mayor valor de luminosidad, en el caso de a* el escaldado en microondas intensifica el color verde en el tallo del brócoli. Por el contrario, el valor de b* no se ve afectado por ninguno de los procesos de escaldado. La luminosidad en el florete se ve afectada significativamente durante el escaldado, obteniendo en el escaldado en agua, el mayor dato de luminosidad, comparado con los demás tratamientos de escaldado, respecto al valor de a* obtenemos un incremento en este valor, comparado con el control, cuando el florete se escalda con microondas, esta tendencia se

mantiene en el valor de b^* , ya que el mayor dato de b^* , se obtiene cuando el florete se escalda con microondas, aunque el valor de b^* también aumenta, respecto al control, al ser escaldado con agua y vapor.

En el caso de la hoja, la luminosidad es afectada significativamente, por los diferentes procesos de escaldado, aunque, no hay diferencia significativa en el dato de luminosidad obtenido en los tratamientos de escaldado. Para el valor de a^* encontramos que, éste se incrementa significativamente en todos los procesos de escaldado, no habiendo diferencias significativas entre ellos. El valor de b^* se incrementa significativamente, respecto al control, cuando las hojas se escaldan con vapor.

Respecto al pH, en el tallo este factor no se ve afectado significativamente durante el escaldado, mientras que, en el florete el pH aumenta significativamente, respecto al control, durante el escaldado en microondas. En el caso de la hoja, su pH aumenta significativamente durante el proceso de escaldado, siendo el escaldado en microondas, donde observamos el mayor incremento de pH.

Tabla 1: Cuantificación de parámetros de color, contenido de clorofila y pH en muestras de brócoli bajo diferentes tratamientos de escaldado.

TEJIDOS	TRATAMIENTOS	COLOR			Clorofila (mg/g peso fresco)	pH
		L*	a*	b*		
TALLO	CONTROL	67.86 ^a ± 4.970	-8.36 ^a ± 1.580	34.15 ^a ± 0.461	0.0100 ^a ± 0.0002	6.74 ^a ± 0.000
	T1	60.46 ^b ± 0.795	-15.95 ^b ± 0.466	37.57 ^b ± 2.597	0.0128 ^b ± 0.0004	6.67 ^a ± 0.080
	T2	58.19 ^{bc} ± 1.183	-14.16 ^b ± 0.264	37.49 ^b ± 1.104	0.0072 ^c ± 0.0004	6.63 ^a ± 0.035
	T3	53.30 ^c ± 1.404	-16.37 ^b ± 0.285	36.52 ^b ± 0.214	0.0177 ^b ± 0.0003	6.67 ^a ± 0.041
FLORETE	CONTROL	36.93 ^a ± 0.550	-5.15 ^a ± 0.182	15.12 ^a ± 1.667	0.0269 ^a ± 0.0002	6.50 ^a ± 0.000
	T1	28.20 ^b ± 0.026	-8.11 ^a ± 0.042	21.42 ^a ± 0.108	0.0228 ^a ± 0.0007	6.53 ^a ± 0.050
	T2	29.67 ^b ± 0.512	-10.71 ^b ± 0.257	22.00 ^a ± 0.123	0.0431 ^a ± 0.0021	6.49 ^a ± 0.026
	T3	32.01 ^b ± 0.960	-13.07 ^b ± 0.333	28.39 ^a ± 0.463	0.0296 ^b ± 0.0014	6.80 ^a ± 0.005
HOJA	CONTROL	43.35 ^a ± 1.131	-6.51 ^a ± 0.691	13.84 ^b ± 2.135	0.1794 ^a ± 0.0016	6.10 ^a ± 0.000
	T1	31.01 ^b ± 0.182	-8.29 ^a ± 0.320	11.93 ^b ± 0.373	0.1690 ^a ± 0.0011	6.71 ^a ± 0.036
	T2	30.50 ^b ± 2.290	-9.28 ^a ± 0.235	17.61 ^a ± 0.190	0.1251 ^b ± 0.0053	6.72 ^a ± 0.034
	T3	29.98 ^b ± 0.933	-9.17 ^a ± 0.202	12.63 ^b ± 0.581	0.1774 ^a ± 0.0014	6.84 ^a ± 0.026

Nota: Valores promedio (n=3) ± desviación estándar. Letras diferentes en cada columna indican diferencia significativa ($p \leq 0.05$). Muestras sin tratamiento térmico (control), escaldado con agua (T1), escaldado con vapor (T2), escaldado en microondas (T3).

De acuerdo con los datos obtenidos en la primera fase de la investigación, encontramos que la hoja posee el mayor contenido de compuestos bioactivos, comparadas con el florete y tallo, a pesar de que la hoja es también un desecho en la industria de alimentos, consideramos conveniente

añadir un porcentaje de ésta al tallo, además concluimos que los mejores procesos de escaldado son vapor y microondas. Por lo tanto, en la segunda fase se escaldó el tallo, y una muestra de tallo con 12% de hoja, a diferentes tiempos (45, 90 y 180 s) en vapor, y en microondas (40, 60 y 80s), posteriormente se realizaron las determinaciones correspondientes.

Efecto del proceso de escaldado a distintos tiempos en los CFT en tallo y tallo+12% hoja

El efecto en el contenido de CFT, en cada una de las muestras escaldadas a diferentes tiempos se muestran a continuación. Durante el escaldado con vapor (Imagen 3), el tallo aumento 45 y 32% respecto al control, a los 180 y 90 s, respectivamente. Sin embargo, en la muestra del tallo con 12% de hoja, el contenido de CFT aumentó 21% respecto al control, a los 180 s de escaldado, siendo este el mejor tiempo de escaldado con vapor.

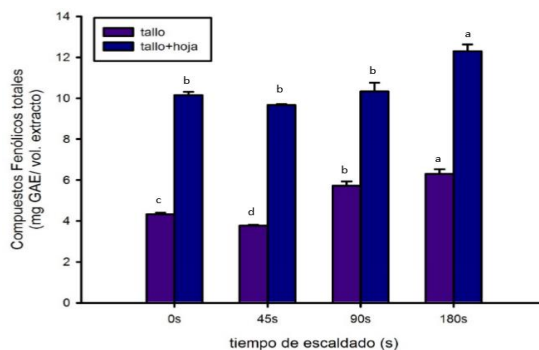


Imagen 3. Efecto del escaldado en vapor a diferentes tiempos, en el contenido de fenólicos totales en muestras de tallo y tallo con 12% hoja. Letras diferentes por tejido indican diferencia significativa ($P \leq 0.05$).

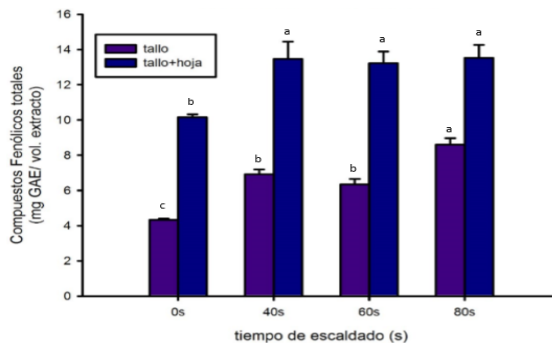


Imagen 4. Efecto del escaldado en microondas a diferentes tiempos, en el contenido de fenólicos totales en muestras de tallo y tallo con 12% hoja. Letras diferentes por tejido indican diferencia significativa ($P \leq 0.05$).

En escaldado con microondas (Imagen 4) observamos incrementos en el contenido de CFT en el tallo, escaldado a diferentes tiempos, con aumentos del 98, 46 y 59 % a 80, 60 y 40 s, respectivamente. Este comportamiento ascendente se conserva en las muestras de tallo con 12% de hoja, con aumentos arriba del 30% no habiendo diferencia significativa entre cada uno de los tratamientos, por lo tanto, 60 s es el mejor tiempo de escaldado en microondas.

En todas las muestras hubo un aumento en el contenido de CFT durante el procesamiento de escaldado, ya sea con vapor o microondas, este dato es interesante, puesto que al ser compuestos solubles en agua lo más esperado es que haya un decremento en el contenido de estos compuestos. Stewart et al., [7] atribuyen este incremento de fenólicos, como consecuencia del tratamiento térmico. Por lo que, al ser los CFT metabolitos secundarios cuya función principal es la de protección, su incremento podría deberse a esta causa, proteger al tejido vegetal frente al calentamiento a una elevada temperatura.

Efecto de los distintos tiempos de escaldado en los FT del tallo y tallo+12% de hoja

Los efectos de los procesos de escaldado en el contenido de FT se muestran en la imagen 5 (escaldado en microondas) e imagen 6 (escaldado en vapor). Se aprecia que, el incremento en FT del tallo complementado con un 12% de hoja es hasta 300% mayor, respecto al tallo. En el escaldado con microondas observamos un decremento en contenido de FT en el tallo, conforme aumenta el tiempo de calentamiento. Sin embargo, al adicionar 12% de hoja al tallo, el comportamiento cambia drásticamente, en este caso, se encontró un aumento del 20% en el contenido de FT a los 60 s, respecto al control, además no hay una diferencia significativa entre el control y los demás tiempos de escaldado (Imagen 5).

La muestra de tallo escaldada en vapor muestra un aumento del 44%, respecto al control, en el contenido de FT a los 180s; sin embargo, a los 45s no hay diferencia significativa en el contenido de FT, respecto al control. Con la adición de un 12% de hoja al tallo, el comportamiento es completamente distinto, ya que el contenido de FT es diferente significativamente en todos los tiempos de escaldado, siendo a los 45 s donde

encontramos un aumento del 25%, respecto al control. Por el contrario, a los 180 y 90 s, el contenido de FT presentes en la muestra, se ubican por debajo del control (Imagen 6). Podemos deducir que, el contenido de FT se ve afectado por la temperatura, el tiempo y tipo de escaldado.

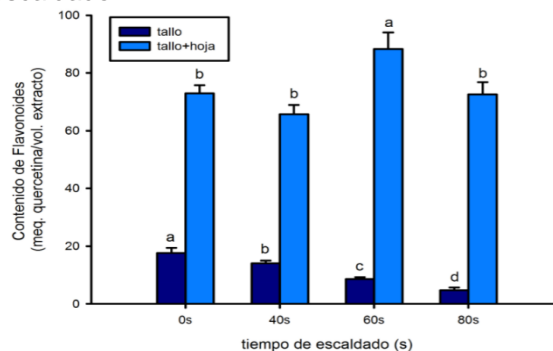


Figura 5. Efecto del escaldado en microondas a diferentes tiempos, en el contenido de flavonoides en muestras de tallo y tallo con 12% hoja. Letras diferentes por tejido indican diferencia significativa ($P \leq 0.05$).

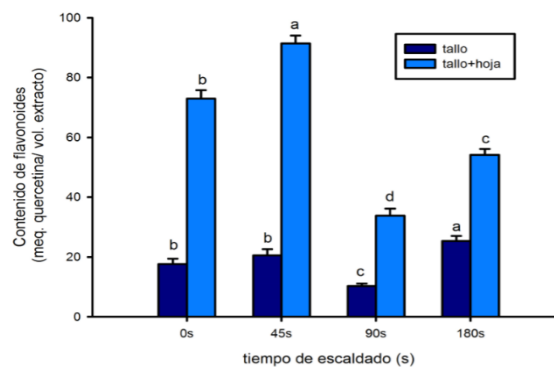


Imagen 6. Efecto del escaldado en vapor a diferentes tiempos, en el contenido de flavonoides en muestras de tallo y tallo con 12% hoja. Letras diferentes por tejido indican diferencia significativa ($P \leq 0.05$).

CONCLUSIONES

El brócoli es una fuente rica en compuestos bioactivos, siendo en la hoja donde se encuentran el mayor contenido de dichos compuestos. El tallo, comparado con el florete y la hoja, posee un menor contenido de compuestos bioactivos, a pesar de ello, sigue siendo un residuo agroindustrial que debe ser aprovechado. Una manera de aumentar el contenido de compuestos bioactivos en el tallo fue con la adición de un 12% de hoja a éste.

Los procesos de escaldado más eficientes son el escaldado con vapor (180 s) y microondas (60 s), además de ser limpios y amigables con el medio ambiente, y que los efluentes son menores comparados con el escaldado en agua caliente. Cabe señalar que en el escaldado en microondas encontramos mayores cantidades de compuestos bioactivos, incluso más altos que en el escaldado con vapor. La tecnología de los microondas podría beneficiar a la industria alimenticia por el decremento del uso de agua, costos de limpieza, además por la obtención de productos con mayor retención de nutrientes.

REFERENCIAS

- [1] Singh B, Chaturvedi S, Walia S, Kaushik G, Thakur S. (2011). Antioxidant potential of broccoli stalk: a preliminary investigation. *Mediterr J Nutr Metab* 4:227–230
- [2] SIAP- SAGARPA. Consultada en agosto de 2016. <http://www.gob.mx/siap/acciones-y-programas/produccion-agricola-33119?idiom=es>.
- [3] Severini, C., R. Giuliani, A. De Filippis, A. Derossi, T. De Pilli (2015). Influence of different blanching methods on colour, ascorbic acid and phenolics content of broccoli. *J Food Sci Technol* (January 2016) 53(1):501–510.
- [4] Ziegler R, Egle K. (1965). Zur quantitativen analyse der chloroplastenpigmente. I. Kritische Überprüfung der spektralphotometrischen chlorophyll-bestimmung. *Beitr Biol Pflanz* 41:11-37.
- [5] Slinkard, K., & Singleton, V.L. (1977). Total phenol analysis, automation, and comparison with manual methods. *American Journal of Enology and Viticulture*, 28, 49–55.
- [6] Khanam, U. K. S., Oba, S., Yanase, E., & Murakami, Y. (2012). Phenolic acids, flavonoids and total antioxidant capacity of selected leafy vegetables. *Journal of Functional Foods*, 4(4), 979-987.
- [7] Stewart AJ, Bozonnet S, Mullen W, Jenkins GI, Michael EJ, Crozier A. (2000). Occurrence of flavonols in tomatoes and tomato-based products. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 48:2663–2669.