

Ảnh hưởng của một số thông số công nghệ trong quá trình xử lý siêu âm đến hiệu suất thu hồi và chất lượng dịch quả chuối (*Musa Paradisiaca* L.)

- **Trần Thị Hồng Hạnh**
- **Lê Văn Việt Mẫn**

Trường Đại học Bách Khoa, ĐHQG-HCM

(Bản nhận ngày 27 tháng 3 năm 2015, hoàn chỉnh sửa chữa ngày 04 tháng 9 năm 2015)

TÓM TẮT

Nghiên cứu này khảo sát sự ảnh hưởng của công suất siêu âm, nhiệt độ và thời gian xử lý siêu âm đến hiệu suất thu hồi và chất lượng dịch quả chuối. Kết quả thực nghiệm cho thấy công suất, nhiệt độ và thời gian siêu âm thích hợp để xử lý hỗn hợp chuối xay và nước lần lượt là 15,4 W/g hỗn hợp nguyên liệu, 50°C và 90 giây. Khi đó, hiệu suất thu hồi chất chiết đạt 53,5% và tăng 30% so với mẫu đối chứng không

có xử lý siêu âm. Khi có xử lý siêu âm, hàm lượng đường tổng, phenolic, acid ascorbic và hoạt tính chống oxy hóa của dịch chuối theo phương pháp 2,2'-Azino-bis-3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid lần lượt là 65,6 g/L, 347 mg/L, 81 mg/L và 535,5 μ mol đương lượng Trolox/L và những giá trị này tăng lần lượt 201%, 163%, 80% và 146% so với mẫu đối chứng không có xử lý siêu âm.

Từ khóa: chất lượng nước quả, chuối, hiệu suất thu hồi chất chiết, xử lý siêu âm.

1. MỞ ĐẦU

Nước ta có nguồn trái cây rất phong phú, đa dạng về chủng loại, trong đó chuối được trồng phổ biến với sản lượng thu hoạch ngày càng tăng [1]. Trái chuối chủ yếu được dùng để ăn tươi. Nước ta chưa sản xuất thức uống từ trái chuối và chưa có công bố khoa học ở trong nước về vấn đề này.

Có nhiều phương pháp khác nhau để trích ly dịch trái cây như nghiền, chà, ép, xử lý enzyme [2]. Gần đây phương pháp trích ly dịch trái cây có sử dụng sóng siêu âm hỗ trợ được nhiều nhà khoa học quan tâm vì thời gian xử lý ngắn, thiết bị đơn giản, dễ vận hành, ít bị tổn thất các chất có hoạt tính sinh học trong dịch quả [3,4].

Mục đích của nghiên cứu này là xác định sự ảnh hưởng của một số thông số công nghệ trong quá trình xử lý siêu âm đến hiệu suất thu hồi và chất lượng dịch chuối.

2. NGUYÊN LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP

2.1. Nguyên liệu

Chuối: Nguyên liệu sử dụng là giống chuối sứ (*Musa paradisiaca* L.) có xuất xứ từ Đồng Tháp. Độ chín quả chuối đạt mức độ 7 (Chuối đã chín hoàn toàn); khi đó, hàm lượng đường trong quả chuối là cao nhất và lượng tinh bột là thấp nhất. Kết quả thực nghiệm về thành phần hóa học trung bình của phần thịt quả chuối được sử dụng trong các thí nghiệm như sau (% khối lượng): độ ẩm: $62,4 \pm 2,5$; đường tổng: $20,5 \pm 2,8$; protein tổng: $0,80 \pm 0,12$ %; lipid tổng: $0,24 \pm 0,05$.

Các hóa chất phân tích: sử dụng hóa chất có xuất xứ từ hãng Xilong (Trung quốc).

2.2. Bố trí thí nghiệm

Ở mỗi nghiệm thức, 100 g chuối đã tách vỏ được đem cắt lát và chần ở 100°C trong 4 phút. Tiếp theo, chuối được phối trộn với nước theo tỉ lệ 1,0 : 2,5 và được nghiền trong thiết bị nghiền dao cắt Oku Sanno (Nhật Bản) với tốc độ 200 vòng/ phút trong thời gian là 1 phút. Sau đó, chuối được đem xử lý siêu âm với thiết bị siêu âm dạng thanh Misonix (Hoa Kỳ) với tần số cố định là 20 kHz. Cuối cùng, hỗn hợp được đem lọc tách bã trên thiết bị lọc chân không Millipore (Hoa kỳ) với kích thước lỗ lọc 0,1mm ở áp suất 600 mmHg để thu nhận dịch chuối. Ở tất cả các nghiệm thức, dịch chuối được định mức đến thể tích 400 mL bằng nước cất trước khi đem đi thực hiện các phân tích định lượng.

2.2.1. Ảnh hưởng của công suất siêu âm

Thay đổi công suất siêu âm lần lượt là 0 (mẫu đối chứng); 11,0; 13,2; 15,4; 17,6; 19,8 (W/g chuối). Nhiệt độ mẫu trong quá trình siêu âm được giữ ổn định ở 30°C . Thời gian siêu âm là 2 phút.

2.2.2. Ảnh hưởng của nhiệt độ siêu âm

Nhiệt độ siêu âm được thay đổi lần lượt là 30, 40, 50, 60, 70 ($^\circ\text{C}$). Thời gian siêu âm là 2 phút. Giá trị công suất siêu âm được chọn từ thí nghiệm 2.2.1. Mẫu đối chứng cũng được thực hiện trong cùng điều kiện thí nghiệm nhưng không có qua xử lý siêu âm.

2.2.3. Ảnh hưởng của thời gian siêu âm

Thời gian siêu âm thay đổi lần lượt từ 0 (mẫu đối chứng), 30, 60, 90, 120, 150 (giây). Giá trị công suất và nhiệt độ siêu âm được chọn từ thí nghiệm 2.2.1 và 2.2.2.

2.3. Phương pháp phân tích

Độ ẩm và hàm lượng chất khô được xác định bằng phương pháp sấy mẫu đến trọng lượng không đổi ở $103 \pm 2^\circ\text{C}$ với thiết bị sấy hồng ngoại của hãng Scaltec (Đức).

Đường tổng được xác định bằng phương pháp quang phổ so màu ở bước sóng 620 nm với thuốc thử Anthrone [5].

Protein tổng được xác định bằng phương pháp Kjeldahl [6].

Lipid tổng được xác định bằng phương pháp Soxhlet [6].

Phenolic tổng được xác định bằng phương pháp quang phổ so màu ở bước sóng 765 nm sử dụng thuốc thử Folin-Ciocalteu [7].

Hoạt tính chống oxy hóa được xác định bằng phương pháp quang phổ so màu ở bước sóng 734 nm với thuốc thử 2,2'-Azino-bis-3-

ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid (ABTS). Hoạt tính chống oxy hóa được biểu diễn dưới dạng milimol đương lượng Trolox (mmol Trolox Equivalent Antioxidant Capacity – TEAC) trong 1 lít dịch chuối [8].

Vitamin C được xác định bằng phương pháp sắc ký lỏng cao áp pha đảo, sử dụng cột C18. Pha động là hỗn hợp của dung dịch kali dihydrophosphate nồng độ 0,1 mol/L (được hiệu chỉnh về pH=2,8) và methanol với tỉ lệ 9:1 theo thể tích. Thể tích mẫu được bơm vào máy là 20μL. Tốc độ dòng qua cột sắc ký là 1,5 mL/phút. Cột sắc ký được giữ ở nhiệt độ phòng. Đầu dò quang phổ UV được sử dụng để đo độ hấp thụ của mẫu ở bước sóng 225 nm [9].

Hiệu suất thu hồi chất chiết η (%) được tính theo công thức sau:

$$\eta = \frac{m_2 \times C_2}{m_1 \times C_1} \times 100$$

Trong đó: m_1 : khối lượng chuối dùng cho mỗi mẫu thí nghiệm (g)

m_2 : khối lượng dịch chiết thu được sau khi lọc mẫu thí nghiệm (g)

C_1 : hàm lượng chất khô trong chuối nguyên liệu % (w/w)

C_2 : hàm lượng chất khô trong dịch lọc % (w/w)

2.4. Xử lý số liệu thực nghiệm

Mỗi mẫu thí nghiệm được lặp lại 3 lần. Kết quả được trình bày ở dạng giá trị trung bình $\pm$ độ lệch chuẩn. Phương pháp phân tích thống kê và phần mềm Statgraphic Centurion XV được dùng để đánh giá sự khác biệt của các số liệu là có ý nghĩa hay không ($p=0,05$).

3. KẾT QUẢ VÀ BÀN LUẬN

3.1. Ảnh hưởng của công suất siêu âm đến hiệu suất thu hồi chất chiết và chất lượng dịch chuối

Kết quả thí nghiệm được trình bày trên bảng 1. Kết quả thực nghiệm cho thấy tất cả các mẫu qua xử lý siêu âm đều có hiệu suất thu hồi chất chiết cao hơn so với mẫu đối chứng không qua xử lý siêu âm. Như vậy phương pháp xử lý siêu âm đã làm tăng hiệu suất thu nhận dịch quả. Khi tăng công suất siêu âm từ 0 W/g lên 15,4W/g thì hiệu suất tăng 14,7%. Đó là do công suất siêu âm càng lớn thì hiện tượng xâm thực khí càng mạnh [10], do đó mô trái và cấu trúc thành tế bào bị phá vỡ nhiều hơn và hiệu suất trích ly chất chiết tăng lên [11]. Ngoài ra, sự vỡ bọt khí cũng tạo nên sự khuấy trộn mạnh giúp cho sự khuếch tán chất chiết từ bên trong tế bào thịt trái thoát ra bên ngoài dễ dàng hơn.

Tuy nhiên, khi tăng công suất siêu âm từ 15,4W/g lên 19,8W/g thì hiệu suất thu hồi chất chiết không thay đổi. Thông thường hiệu suất thu hồi chất chiết chỉ tăng đến một giá trị giới hạn. Trước đây, khi sử dụng sóng siêu âm để trích ly dịch ổi, Nguyen và cộng sự (2011) cũng ghi nhận quy luật tương tự [3]. Bảng 1 cũng cho thấy các thành phần trong dịch chuối đều đạt giá trị cực đại ở nghiệm thức có hiệu suất thu hồi chất chiết cao nhất. Khi đó hàm lượng đường khử, các hợp chất phenolic, vitamin C và hoạt tính chống oxy hóa tăng lần lượt 20%, 134%, 59%, 133% so với mẫu đối chứng không qua xử lý siêu âm. Nguyen và cộng sự (2011) cũng kết luận rằng sóng siêu âm làm tăng lượng đường khử, phenolic và hoạt tính chống oxy hóa trong dịch ổi nhưng với mức độ thấp hơn so với nghiên cứu của chúng tôi [3]. Đó là do sự khác biệt về hàm lượng và sự phân bố các hợp chất nói trên trong các loại trái cây là khác nhau.

Từ kết quả thực nghiệm, công suất siêu âm 15,4W/g được chọn để thực hiện các thí nghiệm tiếp theo.

3.2. Ảnh hưởng của nhiệt độ siêu âm đến hiệu suất thu hồi và chất lượng dịch chiết

Kết quả thí nghiệm được trình bày trên bảng 2.

Khi tăng nhiệt độ siêu âm từ 30°C lên 50°C

thì hiệu suất thu hồi chất chiết tăng từ 46,6% lên 52,1%, tức tăng thêm 11,4%. Nếu tăng nhiệt độ từ 50°C lên 60°C thì hiệu suất thu hồi giảm xuống còn 47,5% và tiếp tục giảm xuống 46,8% khi tăng nhiệt độ lên 70°C. Theo Patist và Bates (2008), nhiệt độ cao làm giảm độ nhớt nên hiện tượng hình thành bong bóng dễ xảy ra; ngược lại nhiệt độ cao làm cho hiện tượng vỡ bong bóng khó xảy ra do áp suất hơi tăng lên [12].

Bảng 1. Ảnh hưởng của công suất siêu âm đến hiệu suất thu hồi và chất lượng dịch chiết

Công suất (W/g)	Hiệu suất (%)	Hàm lượng đường khử (g/L)	Hàm lượng phenolic (mgGAE/L)	Hàm lượng vitamin C (ppm)	ABTS ($\mu\text{molTEAC/L}$)
0	40,8 $\pm$ 0,3 ^a	39,3 $\pm$ 0,7 ^a	129,3 $\pm$ 1,2 ^a	45,4 $\pm$ 0,9 ^a	201,9 $\pm$ 2,6 ^a
11,0	43,4 $\pm$ 0,1 ^b	41,7 $\pm$ 1,0 ^b	227,0 $\pm$ 1,7 ^b	49,1 $\pm$ 0,5 ^b	325,4 $\pm$ 3,6 ^b
13,2	44,2 $\pm$ 0,2 ^c	43,8 $\pm$ 0,6 ^c	265,3 $\pm$ 0,6 ^c	67,1 $\pm$ 0,4 ^c	408,8 $\pm$ 4,3 ^c
15,4	46,8 $\pm$ 0,2^d	47,3 $\pm$ 0,7^d	302,0 $\pm$ 1,0^d	72,4 $\pm$ 1,1^d	469,7 $\pm$ 1,7^d
17,6	47,3 $\pm$ 0,3 ^d	47,1 $\pm$ 0,2 ^d	301,0 $\pm$ 1,5 ^d	56,6 $\pm$ 1,2 ^e	466,2 $\pm$ 1,7 ^d
19,8	47,3 $\pm$ 0,4 ^d	47,3 $\pm$ 0,1 ^d	301,0 $\pm$ 1,0 ^d	50,8 $\pm$ 1,5 ^b	463,9 $\pm$ 2,6 ^d

Các giá trị có chữ cái bên phải khác nhau là khác biệt có ý nghĩa thống kê ($p < 0,05$)

Bảng 2. Ảnh hưởng của nhiệt độ siêu âm đến hiệu suất thu hồi và chất lượng dịch chiết

Nhiệt độ (°C)	Hiệu suất (%)	Hàm lượng đường khử (g/L)	Hàm lượng phenolic (mgGAE/L)	Hàm lượng vitamin C (ppm)	ABTS ($\mu\text{molTEAC/L}$)
Đối chứng	40,7 $\pm$ 0,6 ^a	40,1 $\pm$ 0,4 ^a	128,3 $\pm$ 2,9 ^a	45,6 $\pm$ 1,4 ^a	215,9 $\pm$ 2,8 ^a
30	46,6 $\pm$ 0,2 ^b	44,8 $\pm$ 0,7 ^b	300,0 $\pm$ 5,0 ^b	72,4 $\pm$ 1,1 ^b	472,7 $\pm$ 4,2 ^b
40	47,2 $\pm$ 0,7 ^{b,c}	43,6 $\pm$ 0,3 ^c	308,3 $\pm$ 2,9 ^b	75,3 $\pm$ 0,5 ^c	481,7 $\pm$ 6,4 ^c
50	52,1 $\pm$ 0,5^d	51,9 $\pm$ 0,2^d	350,0 $\pm$ 5,0^c	80,6 $\pm$ 2,0^d	533,3 $\pm$ 2,8^d
60	47,5 $\pm$ 0,3 ^c	47,7 $\pm$ 0,2 ^e	276,6 $\pm$ 2,9 ^d	67,3 $\pm$ 0,6 ^e	470,6 $\pm$ 2,4 ^b
70	46,8 $\pm$ 0,5 ^{b,c}	47,6 $\pm$ 0,5 ^e	278,3 $\pm$ 2,9 ^d	59,8 $\pm$ 0,3 ^f	455,1 $\pm$ 1,6 ^e

Các giá trị có chữ cái bên phải khác nhau là khác biệt có ý nghĩa thống kê ($p < 0,05$)

Do đó sẽ tồn tại một giá trị nhiệt độ thích hợp mà sự hình thành và phá vỡ bong bóng là tốt nhất, nhờ đó cấu trúc mô và thành tế bào trái bị phá vỡ nhiều nhất. Kết quả trên bảng 2 cho thấy nhiệt độ siêu âm là 50°C cho hiệu suất thu hồi chất chiết là cao nhất. Giá trị này thấp hơn khi sử dụng sóng siêu âm để thu nhận dịch ôi (60°C) [3]. Ở 50°C, hàm lượng đường khử, phenolic, vitamin C và hoạt tính chống oxy hóa của dịch chuối cũng đạt giá trị cao nhất và tăng lần lượt là 22%, 173%, 77% và 147% so với mẫu không qua xử lý siêu âm. Khi siêu âm ở nhiệt độ lớn hơn 50°C thì hàm lượng các thành phần dinh dưỡng trong dịch chuối đều bị giảm đi. Nguyên nhân là do các hợp chất phenolic và vitamin C đều rất mẫn cảm với nhiệt độ và dễ bị mất đi khi xử lý ở nhiệt độ cao [13]. Tương tự, đường khử cũng bắt đầu tham gia phản ứng Maillard ở nhiệt độ 60-70°C nên làm giảm lượng đường tổng trong dịch chuối [2].

Nhiệt độ siêu âm được chọn là 50°C để thực hiện thí nghiệm tiếp theo.

3.3. Ảnh hưởng của thời gian siêu âm đến hiệu suất thu hồi và chất lượng dịch chuối

Kết quả thí nghiệm được trình bày trên bảng 3

Khi tăng thời gian siêu âm từ 0 lên 90 giây thì hiệu suất thu hồi chất chiết tăng 30%. Sự gia tăng thời gian siêu âm làm cho hiện tượng xâm thực khí diễn ra lâu hơn, nhờ đó cấu trúc mô thịt quả chuối và thành tế bào bị phá vỡ nhiều hơn nên lượng chất chiết thu được nhiều hơn. Nếu tiếp tục kéo dài thời gian xử lý siêu âm từ 90 lên 150 giây thì hiệu suất thu hồi thay đổi không có ý nghĩa thống kê. Quy luật này đã được ghi nhận khi sử dụng sóng siêu âm hỗ trợ quá trình trích ly dịch quả từ trái dâu tằm [4]. Khi hiệu suất thu hồi chất chiết đạt giá trị cao nhất thì hàm lượng các chất dinh dưỡng trong dịch chuối cũng đạt giá trị cao nhất. Khi đó, hàm lượng đường khử, phenolic, vitamin C và hoạt tính chống oxy hóa của dịch chuối tăng lần lượt 30% , 163%, 81%, 146% so với mẫu không qua xử lý siêu âm.

Bảng 3. Ảnh hưởng của thời gian siêu âm đến hiệu suất thu hồi và chất lượng dịch chuối

Thời gian (giây)	Hiệu suất (%)	Hàm lượng đường khử (g/L)	Hàm lượng phenolic (mgGAE/L)	Hàm lượng vitamin C (ppm)	ABTS ($\mu\text{molTEAC/L}$)
0	41,3 $\pm$ 0,5 ^a	39.4 $\pm$ 0.6 ^a	131,7 $\pm$ 5,8 ^a	44,7 $\pm$ 2,0 ^a	217.6 $\pm$ 7.9 ^a
30	44,7 $\pm$ 1,0 ^b	40.7 $\pm$ 0.3 ^b	246,7 $\pm$ 2,9 ^b	68,0 $\pm$ 1,5 ^b	421.6 $\pm$ 9.2 ^b
60	49,0 $\pm$ 0,6 ^c	49.9 $\pm$ 0.5 ^c	278,3 $\pm$ 2,9 ^c	73,1 $\pm$ 0,3 ^c	485.2 $\pm$ 4.6 ^c
90	53,5 $\pm$ 0,5^d	50.6 $\pm$ 0.3^d	346,7 $\pm$ 2,9^d	80,9 $\pm$ 0,6^d	535.5 $\pm$ 7.9^d
120	52,8 $\pm$ 0,6 ^d	50.8 $\pm$ 0.4 ^d	353,3 $\pm$ 2,9 ^d	81,0 $\pm$ 1,6 ^d	538.2 $\pm$ 4.6 ^d
150	53,0 $\pm$ 0,5 ^d	50.4 $\pm$ 0.2 ^d	353,3 $\pm$ 5,8 ^d	79,9 $\pm$ 1,1 ^d	540.8 $\pm$ 4.6 ^d

Các giá trị có chữ cái bên phải khác nhau là khác biệt có ý nghĩa thống kê ($p < 0,05$)

4. KẾT LUẬN

Khi tăng công suất, nhiệt độ và thời gian siêu âm đến ngưỡng giá trị xác định thì sẽ làm tăng hiệu suất thu hồi chất chiết và hàm lượng các thành phần dinh dưỡng trong dịch chuối. Tuy nhiên, nếu tăng công suất, nhiệt độ và thời gian siêu âm vượt ngưỡng thì hiệu suất thu hồi chất chiết và chất lượng dịch chuối sẽ không thay đổi có ý nghĩa thống kê hoặc bị giảm đi.

Với công suất, nhiệt độ và thời gian siêu âm lần lượt là 15,4 W/g hỗn hợp nguyên liệu, 50°C và 90 giây, hiệu suất thu hồi chất chiết đạt giá trị cao nhất 53,5% và tăng 30% so với mẫu đối chứng không có xử lý siêu âm; khi đó, hàm lượng đường tổng, phenolic, acid ascorbic và hoạt tính chống oxy hóa của dịch chuối tăng lần lượt 201%, 163%, 80% và 146%. Xử lý siêu âm là một phương pháp triển vọng để nâng cao hiệu suất và chất lượng dịch chuối.

Effects of technological parameters of the ultrasonic treatment on the extraction yield and quality of banana (*Musa Paradisiaca* L.) juice

- Tran Thi Hong Hanh
- Le Van Viet Man

Ho Chi Minh city University of Technology, VNU-HCM

ABSTRACT

In this study, the effects of ultrasonic power, temperature and time on the extraction yield and banana juice quality were investigated. The appropriate conditions of the ultrasonic treatment of banana mash were as follows: sonication power of 15,4W/g of raw material, temperature of 50°C and time of 90 sec. Under these conditions, the extraction yield achieved maximum of 53,5% and this value

was 30% higher than that in the control without ultrasonic treatment. In addition, the level of total sugar, phenolics, ascorbic acid and antioxidant activity of banana juice in the sonicated sample was 65,6 g/L, 347 mg/L, 81 mg/L and 535,5 μ mol TEAC/L, respectively; and these values were 201%, 163%, 80% and 146% higher than those in the control sample.

Keyword: banana, extraction yield, juice quality, ultrasonic treatment.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. FAO, Banana market review and banana statistics 2012-2013, Food and agriculture organization of the United Nation, Rome (2014)
- [2]. Barrett, D.M., Somogyi L., Ramaswamy H. Processing fruits: Science and Technology. CRC Press, Boca Raton (2005)
- [3]. Nguyen, V.P.T.; Le, T.T.; Le, V.V.M. Application of ultrasound to guava (*Psidium guajava*) mash pretreatment in juice processing. Tạp chí Khoa học và Công nghệ. Tập 49(5A), 277-282 (2011)
- [4]. Phan, L.H.N.; Nguyen, T.N.T.; Le, V.V.M., Ultrasonic treatment of mulberry (*Morus alba*) mash in the production of juice with high antioxidant level. Tạp chí Khoa học và Công nghệ. Tập 50(3A), 204-209 (2012)
- [5]. Yemm E.W.; Willis A.J. The estimation of carbohydrates in plant extracts by anthrone. Biochem. J. 57(3) 508 – 514 (1954)
- [6]. Latimer G.W., Official methods of analysis of AOAC International, 19th ed., Association of Official Analytical Chemists AOAC, Gaithersburg MD (2012)
- [7]. Singleton V.L.; Orthofer R.; Lamuela-Raventós R.M. Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of Folin-Ciocalteu reagent. Methods in Enzymol. 299 (C) 152-178 (1999)
- [8]. Re, R.; Pellegrini, N.; Proteggente, A.; Pannala, A.; Yang, M.; Rice-Evans, C. Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. Free Rad. Biol. Med. 26 (9), 1231-1237 (1999)
- [9]. Marvin, HPLC - A Practical User's Guide, John Wiley & Sons, Inc., New York (2007)
- [10]. Li, J.W.; Ding, S.D.; Ding, X.L. Optimization of the ultrasonically assisted extraction of polysaccharides from *Zizyphus jujuba* cv. *jinsixiaozao*. J. Food Eng. 80(1), 176-183 (2007)
- [11]. Toma, M.; Vinatoru, M.; Paniwnyk, L.; Mason, T.J. Investigation of the effects of ultrasound on vegetal tissues during solvent extraction. Ultrason. Sonochem. 8 (2), 137-142 (2001)
- [12]. Patist, A.; Bates, D. Ultrasonic innovations in the food industry: From the laboratory to commercial production. Inno. Food Sci. Emer. Tech. 9 (2), 147-154 (2008)
- [13]. Kırca, A.; Özkan, M.; Cemeroğlu, B. Effect of temperature, solid content and pH on stability of black carrot anthocyanins. Food chem. 101(1), 212 – 218 (2006)