

# 현미 로스팅(Roasting)이 선식의 입자 크기와 물 결합력 및 점도에 미치는 영향

고은미<sup>1</sup> · 문세훈<sup>2</sup> · 서정희<sup>†</sup>

<sup>1</sup>서울여자대학교 식품영양학과, <sup>2</sup>서울대학교 농업생명과학연구원, 강원대학교 식품영양학과

## Effect of Roasting on Particle Size, Water-holding Capacity, and Viscosity of Cereal-based Sunsik

Eunmi Koh<sup>1</sup> · Saehun Mun<sup>2</sup> · Jeonghee Surh<sup>†</sup>

<sup>1</sup>Department of Food and Nutrition, Seoul Women's University, Seoul 139-144, Korea

<sup>2</sup>Center for Food and Bioconvergence, Seoul National University, Seoul, 151-742, Korea

Department of Food and Nutrition, Kangwon National University, Samcheok, Gangwon 245-905, Korea

### Abstract

The effect of roasting on particle size distribution, water-holding capacity, and viscosity of sunsik was investigated in this study using non-roasted one as control. Roasting increased the size of particles in sunsik, in particular, particles larger than 1  $\mu\text{m}$  in diameter, indicating that roasted sunsik is likely to sediment faster, thereby decreasing the time to maintain dispersibility when mixing with water. Roasting also increased the water-holding capacity of sunsik, indicating that polymerization occurred greater than a pyrolysis during roasting, leading to increased viscosity in roasted sunsik. These results indicate that the roasting affected the dispersibility and viscosity of sunsik by increasing particle size and water-holding capacity, respectively.

**Key words:** sunsik, roasting, particle size, dispersibility, viscosity

## I. 서론

한국인의 식생활에서 식사대용 편의식의 비중이 증가함에 따라(Kim JY 등 2005, Lee JS 2007, Han MH 등 2014), 식품업계에서는 전통적 개념의 식사를 대체할 수 있는 자연친화적이며 건강지향적인 식품 소재의 발굴 및 이들 소재가 부가된 다양한 제품을 개발하고 있다(Chung SS와 Han YS 2003, Kim JH 등 2004, Kim JH 등 2005, Lee BY 등 2010). 선행연구에서 곡물, 두류 등의 천연 식품소재를 주원료로 한 선식을 현미 첨가량(20%, 30%, 50%)과 로스팅(roasting) 처리 유무를 다르게 제조하여 품질특성을 비교하였다(Lee BY 등 2010). 현미를 증자(steaming)-건조(drying) 후 로스팅하여 첨가한 선식은 증자-건조 후 로스팅하지 않고 첨가한 선식에 비해 환원력(reducing capacity)과 산화안정성(oxidative stability)이 유의적으로 높았다. 하지만, 관능검사에서 로스팅된 현미를 첨가한 선식은 로스팅하지 않은 현미를 첨가한 선식보다

물에 대한 분산성(dispersibility)은 낮고 점도는 높다고 평가되었다. 선식은 주로 물이나 우유 등과 섞여서 섭취되므로, 로스팅된 현미 선식이 지닌 위와 같은 물성적 한계의 원인을 규명하는 것은 제품화를 위해서 우선 해결되어야 할 과제이다.

입자의 분산성은 입자 크기가 작고 균일할수록 높아지므로(Walstra P와 van Vliet T 2008), 선식과 같은 분말 제품은 입자의 크기가 제품의 분산성에 결정적 영향을 줄 수 있다. 현미 로스팅 중에 일어나는 열에 의한 고분자 물질의 분해 및 재중합 반응, 그리고 메일라드 반응(Maillard reaction)을 포함한 다양한 화학반응들은 최종 제품의 입자 크기에 영향을 줄 수 있다. 그러나, 선행연구에서 실시된 관능검사에서 평가자들은 로스팅 공정에 의한 입자 크기의 변화를 인식할 수 없다고 하였다(Lee BY 등 2010). 로스팅된 현미를 첨가한 선식이 낮은 분산성과 높은 점성을 보여주었던 결과를 고려하면, 로스팅에 의한 입자 크기의 변화는 육안으로 인식될 수 있는 범주 이하일 가능성을 시사한다. 따라서, 현미 로스팅에 의한 선식의 분산성과 물성 변화를 해석하기 위해서는 관능적 도구 이외에 기계적 측정이 필요하다고 사료되었다.

따라서, 본 연구에서는 선식 제조 중 원료의 로스팅 공정이 관능적으로 최종 제품의 분산성을 낮추고 점성을

<sup>†</sup>Corresponding author: Jeonghee Surh, Department of Food and Nutrition, Kangwon National University  
Tel: +82-33-540-3314  
Fax: +82-33-540-3319  
E-mail: jsurh@kangwon.ac.kr

증가시킨 원인을 기계적 물성 측정을 통해 규명하고자 하였다. 이에, 선행연구에 기초하여 현미 함량(20%, 50%)과 로스팅 유무를 달리한 선식을 제조하고 선식의 입자 크기와 물 결합력 및 점도를 측정하여 로스팅이 선식의 물성에 미치는 영향을 탐색하였다.

## II. 재료 및 방법

### 1. 실험재료

현미함량과 로스팅 유무가 다른 4종의 선식은 선행연구(Lee BY 등 2010)와 동일한 조성으로 2011년 7월에 푸른솔식품(정선, 강원)에서 제조되었다. 현미 함량을 20%, 30%, 50%로 달리한 선행연구(Lee BY 등 2010)에서, 20%와 50% 첨가군은 물성과 관련한 관능적 평가 항목인 물에 대한 분산성과 점도에서 유의적 차이를 나타내었으므로, 기계적 평가를 위한 실험재료로 선정되었다. 현미와 찹쌀(국산, 대홍쌀유통)을 선식 전체 중량의 60%로 구성하였으며, 이 중 현미의 함량을 20%, 50%로 달리하였다(Table 1). 선식은 현미를 ‘증자-건조’ 후 다른 원재료들과 혼합한 균(Non-roasted)과 ‘증자-건조-로스팅’ 후 혼합한 균(Roasted)으로 구분되었다. 현미의 로스팅 공정은 stainless steel 재질의 주물에서 이루어졌으며, 로스팅 초기 온도는 140°C, 온도 증가 속도는 3 °C/min으로, 200°C 까지 총 20 min 동안 로스팅하였다. 이후 혼합된 선식원료들은 분쇄·균질화되었다. 제조된 선식은 폴리에틸렌 테레프탈레이트(polyethylene terephthalate)/폴리에틸렌 재질의 포장재로 포장한 후 실온에 보관하였으며, 개봉 이후에는 -20°C에 보관하면서 사용하였다.

### 2. 입자 크기 분포 측정

선식 분말을 증류수에 분산시킨 상태로 particle size analyzer (Analysette22 Nano Tech, Fritsch, Idar-Oberstein, Germany)를 이용하여 0.08~2000.00 μm 범위에서 선식 분말의 입자 크기를 측정하였다. 결과는 입자 크기 분포도 (particle size distribution, PSD)로 나타내었다.

### 3. 물 결합력 측정

4종 선식의 물 결합력은 Medcalf DG와 Gilles KA(1965)의 방법에 따라 측정하였다. 선식 시료(1 g)에 증류수 40 mL를 첨가한 후 선식이 섞일 수 있도록 vortexing하였다. 혼합액을 3,061×g에서 20분 동안 원심분리한 후(5810R, Eppendorf, Hamburg, Germany), 상층액을 제거하고 침전된 선식의 무게를 측정하였다. 물 결합력은 침전된 시료의 매트릭스 내에 가두어진(trapped in a matrix) 물의 함량으로 정의되었으며(Medcalf DG와 Gilles KA 1965), 원시료 무게에 대한 침전물의 증가된 무게 %로 산출되었다.

### 4. 점도 측정

제조사가 제시한 섭취방법에 따라, 선식에 물을 첨가하여 33%(w/w) 농도의 선식혼합액(suspension)을 준비하였다. 선식혼합액의 흐름특성(flow behavior) 즉, 점도를 rheometer(AR 2000, TA instruments, New Castle, DE, USA)를 사용하여 25°C에서 측정하였다. 얻어진 실험 데이터를 Herschel-Bulkley 방정식  $\sigma = K(\dot{\gamma})^n + \sigma_0$  ( $\sigma$ , shear stress (Pa);  $\dot{\gamma}$  shear rate (1/s);  $K$ , consistency index (Pa·s<sup>n</sup>);  $n$ , flow behavior index (rate index);  $\sigma_0$ , yield stress (Pa))에 대입함으로써(McClements DJ 2004) 각 선식의 흐름특성을 파악하였다.

### 5. 통계처리

물 결합력과 점도는 평균값과 표준편차로 나타내었으며, 로스팅 유무에 따른 유의적 차이는 t-test (Microsoft Office Excel 2013, Redmond, WA, USA)로 검증하였다.

## III. 결과 및 고찰

### 1. 로스팅이 선식의 입자 크기에 미치는 영향

용액을 구성하는 입자의 크기 및 분포는 용액의 분산성 및 점도와 밀접한 관계가 있으므로(Walstra P와 van Vliet T 2008), 선식 분말의 입자 크기는 제품의 관능적 특성 및 품질특성에 영향을 줄 수 있다. 선행연구(Lee BY 등 2010)에서 보고된 로스팅 공정을 거친 선식의 낮은 분산성과 높은 점도가 입자 크기의 변화에서 기인한 것인지를 확인하기 위해, 본 연구에서는 로스팅 유무에 따른 선식의 입자 크기 분포(particle size distribution, PSD)를 확인하였다. 로스팅 공정을 거치지 않은 선식들(non-roasted)은 뚜렷한 bimodal 패턴의 PSD를 보여준 반면, 로스팅 공정을 거친 선식은 피크들 사이의 경계가 상대적으로 불분명하였다. 이와 같이 로스팅 전후에 관찰된 서로 다른 PSD 패턴은 로스팅에 의해 입자 크기가 변화하였음을 보여준다(Fig. 1). 특히, 선식 시료 A는 직경 10 μm 근방의 입자 비율(frequency, %)이 감소하고 100 μm 근방의 입자 비율이 상대적으로 증가하는 양상을 보였으며(Fig. 1A), 선식 시료 B는 PSD가 전반적으로 입자 크기가 큰 영역인 오른쪽으로 이동하는 양상을 나타내었다(Fig. 1B). 이것은 로스팅에 의해 선식의 입자 크기가 증가되었음을 보여준다. 이는 고온에서 실시된 로스팅 공정 중 선식 내부 물질들 사이에서 갈변반응과 같은 중합반응(polymerization)이 가속화된 결과로 해석될 수 있다(Sikorski ZE 등 2008). 선행연구(Lee BY 등 2010)에서도 로스팅 처리 후 선식들의 명도가 현저히 감소함으로써 로스팅에 의해 갈변물질(melanoidin)이 생성되었음을 시사하였다.

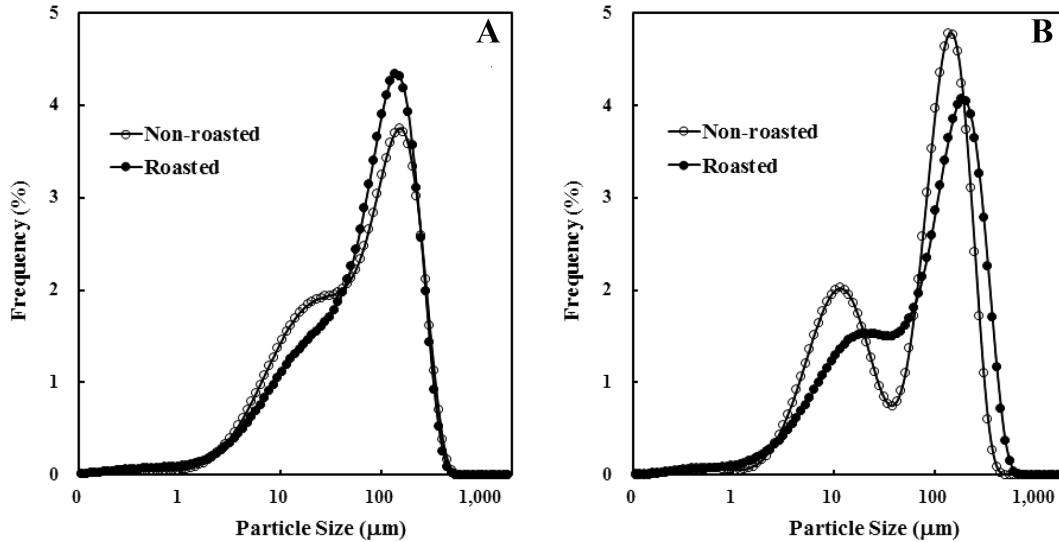


Fig. 1. Effect of roasting on particle size distribution of sunsik containing 20% (A) or 50% brown rice (B)

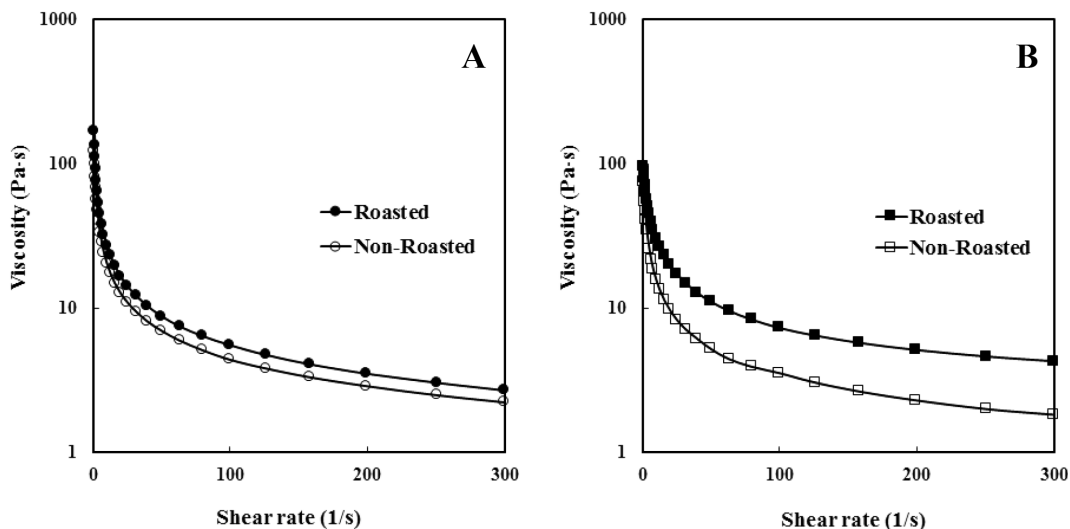
한편, 선식의 PSD 그래프에서(Fig. 1), 직경 1  $\mu\text{m}$  이하의 영역은 로스팅 전후의 두 그래프가 겹쳐있으나, 직경 1  $\mu\text{m}$  이상의 영역에서는 두 그래프 간 겹치지 않는 영역들이 상당부분 관찰되었다. 이는, 로스팅에 의한 입자 크기 변화가 주로 직경 1  $\mu\text{m}$  이상의 영역에서 일어났으며, 1  $\mu\text{m}$  이하에서는 뚜렷한 변화가 없음을 보여준다. 실제로, 1  $\mu\text{m}$  이하의 입자 비율이 선식 A는 로스팅 전후 1.23%에서 1.16%로, 선식 B는 1.04%에서 1.08%로 나타나 거의 변화가 없었다. 선식에 함유된 당과 염 등은 진용액을, 유화된 단백질과 아밀로오스 등은 콜로이드를 형성한다. 이러한 용액들을 구성하는 입자의 크기가 대부분 1  $\mu\text{m}$  이하임을 고려하면(Walstra P와 van Vliet T 2008), 로스팅에 의한 선식의 주된 물성 변화는 선식을 물에 섞은 직후의 분산성(dispersibility) 보다는 섞은 후 정치 상태에서 선식현탁액의 침강속도(sedimentation rate)에 있을 것이다. 즉, 현탁액을 구성하는 직경 1  $\mu\text{m}$  이상의 입자들이 로스팅으로 인해 입자 크기가 증가하여 더 빠르게 침강할 수 있다. 따라서, 선식혼합액의 분산 상태를 유지하는 시간은 감소할 것으로 사료되었다. 실제로, Koh E 등(2014)은 선식에 발효 공정을 추가하여 입자 크기를 작게 하였을 때, 물과 교반 후 침강속도가 현저히 감소하여 대조군보다 분산성을 유지하는 시간이 증가되었음을 보고하였다.

## 2. 로스팅이 선식의 물 결합력과 점도에 미치는 영향

선식가루를 물과 혼합하여 원심분리하면, 가용성 및 분산성 성분들(soluble or dispersible solids)을 포함하고 있는 상층액과, 입자 크기가 커 중력에 의해 영향을 받아 가라앉게 되는 하층의 침전물로 구분된다. 이 과정에서 초기 시료 대비 상층액을 제거하고 남은 침전물의 무게

증가율을 물 결합력으로 정의하였다(Medcalf DG와 Gilles KA 1965). Table 1은 선식 시료 A와 B 모두 현미를 로스팅한 이후 물 결합력이 유의적으로 증가한 결과를 보여주고 있다( $p < 0.001$ ). 이는 로스팅 공정으로 인해 (i) 상층액을 구성하는 가용성 혹은 분산성 성분들의 수가 감소하였거나, (ii) 침전물을 구성하는 성분들의 재수화력(rehydration)이 증가하였음을 시사한다. 로스팅 후 선식의 입자 크기가 증가한 결과를 고려하면(Fig. 1), 선식을 물과 혼합하여 정치시키면, 상층액보다는 하층으로 침전하는 입자수가 더 많아지게 되고, 이는 침전물의 무게 증가에 기여할 수 있다. 그러나, 로스팅 전후 선식들의 PSD가 1  $\mu\text{m}$  이하의 영역에서는 유의적으로 다르지 않았으므로, 이 영향은 크지 않을 것으로 판단된다. 한편, 현미를 증자하는 동안 일어난 호화로 전분 입자 내부의 결정성 구조가 붕괴되고, 이후 건조에 의해 수분이 제거됨에 따라 전분 입자 내부에 다공성 구조가 형성된다(BeMiller JN과 Huber KC 2008). 따라서, 선식을 물과 함께 교반하면, 이 다공성 구조 내부로 빠르게 수분이 재흡수 될 수 있다. 추가된 로스팅 공정 중에는 (i) 전분입자 내부에 존재하는 아밀로오스와 아밀로펙틴 분자들이 열분해(pyrolysis)되어 텍스트린, 소당류, 단당류 등을 형성하거나(BeMiller JN과 Huber KC 2008), (ii) 선식 내부 물질들 사이의 중합반응(polymerization)이 가속화될 수 있다(Sikorski ZE 등 2008). 본 연구에서 로스팅에 의해 물 결합력이 증가한 것은 로스팅 중 분해반응보다는 중합반응이 더 우세하게 진행되었음을 시사한다.

로스팅한 선식에서 관찰된 더 높은 물 결합력은 선식 혼합액의 점도 증가에 기여할 것으로 생각되었다. 이에 따라, 33% 농도에서 측정된 선식혼합액의 점도는, 로스팅한 선식들이 대조군 선식들 보다 상대적으로 더 높게



**Fig. 2.** Plots of viscosity vs. the shear rate of sunsik containing 20% (A) or 50% brown rice (B) with or without roasting. The viscosity was determined based on measurement of shear stress as the shear rate increased from 1 to 300 s<sup>-1</sup> at 25°C

**Table 1.** Water-holding capacity and viscosity of sunsik containing non-roasted or roasted brown rice<sup>1)</sup>

<i>Sunsik</i>	A		B	
Brown rice (%)	20		50	
Glutinous rice (%)	40		10	
Other ingredients (%) <sup>2)</sup>	40		40	
Brown rice	Non-roasted	Roasted	Non-roasted	Roasted
Water-holding capacity (%) <sup>***</sup>	197.1±2.4 <sup>b</sup>	209.3±3.9 <sup>a</sup>	144.3±3.2 <sup>b</sup>	165.7±0.5 <sup>a</sup>
Viscosity (Pa·s) <sup>*</sup>	52.5±4.2 <sup>b</sup>	72.5±8.7 <sup>a</sup>	60.0±5.0 <sup>b</sup>	83.4±1.8 <sup>a</sup>

<sup>1)</sup> \* and \*\*\* represent that the values with different superscript between non-roasted and roasted are significantly different at  $p < 0.05$  and  $p < 0.001$ , respectively.

<sup>2)</sup> Other ingredients include  $\alpha$ -corn (18%), black sesame seed (8%), vegetable cream (7.2%), hemp (4%), glucose (1.6%), walnut flake (0.8%), pumpkin flake (0.2%), and carrot flake (0.2%).

나타났다(Fig. 2). 선식 시료 A, B 모두 shear rate이 증가함에 따라 점도가 감소하는 전형적인 shear thinning (pseudoplastic) 흐름 특성을 보였으므로, Herschel-Bulkley 방정식에 대입하여 각 선식의 점도를 계산하였다. 선식 시료 A, B는 로스팅 전 52.5 Pa·s와 60.0 Pa·s에서 로스팅 후 각각 72.5 Pa·s와 83.4 Pa·s로 점도가 유의적으로 증가하였다(Table 1). 이는 선식이 물에 의해 재수화될 때 로스팅 선식들이 더 높은 물 결합력을 보였으므로, 동일한 흐름(flow)을 유발하는 데 상대적으로 더 큰 힘이 소요되었음을 시사한다.

#### IV. 요약

본 연구에서는 선식 제조 중 원료의 로스팅 공정이 관능적으로 최종 제품의 분산성을 낮추고 점성을 증가시킨 원인을 기계적 물성 측정을 통해 규명하고자 하였다. 현

미를 로스팅하여 첨가한 선식들은 대조군에 비해 입자 크기가 증가하였으며, 이러한 변화는 주로 직경 1  $\mu\text{m}$  이상의 영역에서 관찰되었다. 로스팅이 선식 분말의 분산성 자체를 감소시키기 보다는 침강속도를 증가시킴으로써, 분산 상태를 유지하는 시간을 단축시킨 것으로 생각된다. 현미를 증가·건조하는 동안 전분 입자의 붕괴와 수분 증발로 다공성 구조가 형성되므로, 선식을 물과 혼합하면 물이 빠른 속도로 흡수된 것으로 사료된다. 특히, 로스팅한 선식들은 대조군보다 물 결합력이 더 높아, 흐름을 유발하는 데 소요되는 힘 또한 증가되어, 대조군에 비해 점도가 높아진 것으로 해석되었다.

#### References

BeMiller JN, Huber KC. 2008. Carbohydrates. pp 84-154. In: Food Chemistry. Damodaran S, Parkin KL, Fennema OR

- (ed). CRC Press, Boca Raton, FL. USA
- Chung SS, Han YS. 2003. Consumer's recognition, nutrient composition, and safety evaluation of commercial sunsik and saengsik. *Korean J Food Culture* 18(3):235-243
- Han MH, Choi KB, Lyu ES. 2014. Study on consumption patterns and degree of checking food-nutrition labeling of convenience foods at convenience stores by young adult workers in Busan. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 43(2):309-317
- Kim JH, Park PS, Kim JK. 2005. Manufacture of nutritionally balanced sunsik for the moderns: its quality characteristics. *Korean J Food Preserv* 12(2):123-129
- Kim JH, Park PS, Moon HK, Lee WY, Kim JK. 2004. Quality characteristics of functional health sunsik for diabetes mellitus. *Korean J Food Preserv* 11(4):557-564
- Kim JY, Song HJ, Park SS. 2005. Segmentation of the home meal replacement (HMR) market by lifestyle: the case of S department store in Kang-nam, Seoul. *J Foodservice Manage* 8(2):137-154
- Koh E, Jang KH, Surh J. 2014. Improvement of physicochemical properties of cereal based ready-to-eat sunsik using fermentation with *Bionuruk* and *Bifidobacterium longum*. *Food Sci Biotechnol* 23(6):1977-1985
- Lee BY, O J, Kim MH, Jang KH, Lee JC, Surh J. 2010. Influences of roasted or non-roasted brown rice addition on the nutritional and sensory properties and oxidative stability of sunsik, Korean heated cereal powder. *Korean J Food Cook Sci* 26(6):872-886
- Lee JS. 2007. A comparative study on fast food consumption patterns classified by age in Busan. *Korean J Community Nutr* 12(5):534-544
- McClements DJ. 2004. *Food Emulsions: Principles, Practice and Techniques*. CRC Press. Boca Raton, FL, USA pp 341-387
- Medcalf DG, Gilles KA. 1965. Wheat starches I. Composition of physicochemical properties. *Cereal Chem* 42(6):558-568
- Sikorski ZE, Pokorny J, Damodaran S. 2008. Physical and chemical interactions of components in food systems. pp 849-883. In: *Food Chemistry*. Damodaran S, Parkin KL, Fennema OR (ed). CRC Press. Boca Raton, FL. USA
- Walstra P, van Vliet T. 2008. Dispersed systems: Basic considerations. pp 783-847. In: *Food Chemistry*. Damodaran S, Parkin KL, Fennema OR (ed). CRC Press, Boca Raton, FL. USA

Received on July 31, 2014/ Revised on Aug. 27, 2014/ Accepted on Aug. 28, 2014