

## 적외선 가열처리가 현미의 취반특성에 미치는 영향

강은정<sup>1</sup> · 유영미<sup>2</sup> · 조은경<sup>2</sup> · 최은희 · 전해리 · 이재권\*  
<sup>1</sup>농촌진흥청, <sup>2</sup>(주)다손, 경기대학교 식품생물공학과

### Effects of Infrared Heating on Cooking Properties of Brown Rice

Eun-Jung Kang<sup>1</sup>, Young-Mi Yoo<sup>2</sup>, Eun-kyung Cho<sup>2</sup>, Eun-Hee Choi,  
Hye-Ri Jeon, and Jae-Kwon Lee\*

<sup>1</sup>Rural Development Administration, National Academy of Agricultural Science

<sup>2</sup>Dason Food Co. Ltd

Department of Food Science and Biotechnology, Kyonggi University

#### Abstract

The effects of infrared heating (micronizing) on the cooking and organoleptic properties of brown rice were studied. Brown rice was infrared-heated at 105, 110, 120, and 130°C for an appropriate duration of moisture content decrease by 1, 3, and 5%. To evaluate the effect of the soaking process, brown rice was soaked in water for 10, 20, and 30 min and then infrared-heated at 105, 110, and 120°C, respectively, until the water content (14%) prior to soaking was reached. Infrared heating caused the formation of stress cracks inside the rice endosperm with the partial rupture of pericarps leading to kernel breakage after cooking. The formation of stress crack was reduced significantly when brown rice was soaked before infrared heating. The Rapid Visco Analyzer profiles showed that the peak viscosity of rice starch decreased with increasing infrared heating temperature in conjunction with the soaking process due to the higher extent of starch gelatinization. The spreadability and relative index of softness of cooked brown rice increased with increasing infrared heating temperature and appropriate soaking time. The sensory test revealed that the cooked brown rice infrared-heated at 110°C with 20 min soaking showed the highest sensory attributes among all the treated samples.

**Key words:** brown rice, infrared heating, soaking, cooking property, improved palatability

## 서 론

최근 성인병의 예방과 치료에 대한 현미의 식이효과 (Choi et al., 2006)가 알려지고 건강식에 대한 소비자의 선호도가 높아지면서, 백미 밥을 대체하는 현미 소비는 점차 증가하고 있다. 이러한 현미의 유용한 식이효과는 현미의 외피, 호분층 및 배아에 함유된 비타민, 무기질, 식이섬유 등의 다양한 영양소와 생리활성물질에 기인한다. 그러나 도정하지 않은 현미는 현미의 외피층으로 인하여 백미에 비해 낮은 관능품질과 취반적성을 나타내어 식감 및 취반성 개선이 요구된다.

현미의 외피(pericarp)는 epicarp, mesocarp, endocarp의 여

러 세포층으로 구성되어 과피(testa)와 함께 외부의 유해인자로부터 배와 배유를 보호하는 역할을 한다(Juliano & Bechtel, 1985; Hosney, 2008). 그러나 현미 외피층은 수침 및 취반 과정에서 수분의 이동과 확산을 지연하여 백미 보다 긴 취반시간이 소요되며, 특히 현미를 백미 또는 다른 곡류와 혼합하여 취반하는 경우, 불충분한 전분 호화와 증숙으로 딱딱한 식감을 갖는다(Lim et al., 2003). 또한 현미 외피층은 수분을 흡수함에 따라 질긴 질감(leathery texture)을 나타내며, 이로 인하여 현미는 적절한 취반 후에도 백미 보다 낮은 관능적 특성을 갖는다. 현재 현미의 물성 개선방법으로 일부 혼합곡류 상품에서 부분 도정 및 효소 처리 등이 사용되나, 개선 효과는 미미하며 이와 관련된 연구 또한 보고되고 있지 않다.

일반적으로 곡류의 가공 또는 전처리 방법은 가공목적과 최종제품의 특성에 의해 결정된다. 현미의 경우 최종 제품은 밥의 형태로서, 취반의 용이성, 취반 후 곡립 형태의 유지와 함께 적절한 식감 등이 가공방법의 선정에 전제되어야 하며, 공정의 간편성, 경제성 및 기존 공정과의 연계성 여

\*Corresponding author: Jae-Kwon Lee, Department of Food Science and Biotechnology, College of Natural Science, Kyonggi University, San 94-6, Iui-dong, Yeongtong-gu, Suwon 443-760, Korea  
Tel: +82-31-249-9654; Fax: +82-31-249-9650

E-mail: jglee@kgu.ac.kr

Received October 15, 2012; revised November 26, 2012; accepted November 27, 2012

부 등 또한 고려되어야 한다. 적외선 가열공정(micronization)은 적외선(파장 1.3-3.4  $\mu\text{m}$ ) 조사에 따라 시료에 함유된 물 분자의 진동으로 시료 내부의 급속한 가열과 함께 증기압이 상승, 시료를 건조시키는 건열공정이다(Ratti & Munjumdar, 1995). 적외선 가열공정은 설비 및 공정의 간편성과 기존의 가열공정보다 높은 에너지 절감 효과 등의 장점으로, 다양한 식품, 사료의 제조 등에 사용되고 있다(Sandu, 1986). 식품분야에서 적외선 가열공정은 열에 불안정한 독성물질 및 각종 효소의 불활성화, 미생물 살균, 곡류 및 두류의 박피 등에 사용되고 있으나(Kanani et al., 1981; Zuilichem et al., 1985; Fasina et al., 1999), 현미의 물성개선을 위한 전처리 방법으로는 시도되지 않았다.

본 연구에서는 현미의 취반특성과 관능품질 개선을 목적으로 적외선 가열법을 이용하여, 현미의 초기 수분함량과 적외선 가열조건이 현미 취반특성에 미치는 영향을 조사하고, 현미의 최적 적외선 가열공정조건을 검토하였다.

## 재료 및 방법

### 실험재료

현미 시료는 2010년 경기도 화성지역에서 수확한 충청미를 경기도 팔탄 농협에서 구입하여 사용하였다. 현미의 초기수분함량에 따른 적외선 가열처리의 영향을 검토하기 위하여, 시료는 수침과정의 유무에 따라 수침 및 비 수침시료의 두 그룹으로 나누어 실험하였으며, 수침시료는 현미 500 g을 증류수 1 L에 넣고 상온(25°C)에서 10, 20, 30분간 침지하여 사용하였다.

### 적외선 가열처리

적외선 가열처리는 현미 약 20 g을 적외선 수분분석기(Infrared moisture balance, MA40, Saritorius Mechatronics, Gottingen, Germany)의 시료 팬에 취하여 고르게 펼친 후 가열온도 및 시간을 달리하여 실시하였다. 적외선 가열처리 조건은 비 수침시료의 경우, 105, 110, 120 및 130°C에서 시료의 수분함량(14%, dry basis)이 각각 1, 3, 5% 감소할 때까지, 수침시료는 105, 110 및 120°C에서 수침 전의 수분함량(14%, dry basis) 도달까지 가열하는 것으로 설정하였다.

### 외형 변화 및 수분흡수도

적외선 가열처리에 의한 현미의 외형 변화는 저배율 실체현미경(Anatomical Microscope AKS-3, 압전정밀광학, Korea)을 이용하여 배유의 균열 및 외피의 손상여부를 확인하고, 동일 시료를 5분간 상온 수침하여 곡립형태의 파손여부를 조사하였다. 수분흡수도는 적외선 가열처리한 현미를 1, 3, 5, 6 시간 동안 상온에서 수침 후 과도한 수분

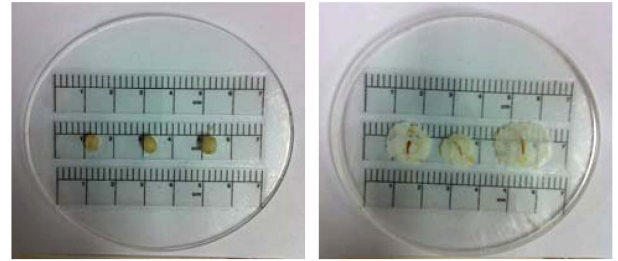


Fig. 1. Spreadability test of cooked brown rice; before (left) and after (right) pressing.

을 종이타일로 제거하고, 105°C 건조법(AACC, 1995)으로 함수량을 구하였으며, 3 회 반복 측정된 평균으로 결과를 표시하였다.

### 호화도의 측정

전분의 호화특성은 Rapid Visco Analyzer(RVA-3D, Newport Scientific, Australia)를 이용하여 측정하였다. 시료는 Udy cyclone 분쇄기(Udy Co., Fort Collins, CO, USA)를 사용하여 100 mesh 이하로 분쇄하여 고형분 농도 12%의 현탁액 상태에서 4.5 분 동안 50°C에서 95°C로 가열하고, 95°C에서 2분간 유지 후 4.5 분 동안 50°C로 냉각하였다. 시료의 호화특성은 최대 호화점도, breakdown 점도, setback 점도 및 최종 점도를 RVA 점도단위로 측정하였다.

### 현미의 무른 정도(softness)

현미의 무른 정도는 취반 현미를 1 시간 동안 상온에서 방냉 후 투명 아크릴판 사이에 시료를 넣고, 5 kg의 무게로 30 초간 압착 후 압착 전 시료의 단축 너비에 대한 압착 후 직경의 증가율을 퍼짐성(spreadability)으로 측정하여 무른정도를 평가하였으며(Fig. 1), 결과는 3 회 반복 측정하여 평균하였다.

$$\text{퍼짐성(Spreadability)} = \frac{\text{압착 후 시료의 반경(mm)}}{\text{압착 전 시료의 단축 너비(mm)}}$$

### 관능검사

현미의 취반은 현미 100 g에 증류수 115 mL를 가하여 가정용 전기밥솥(DWLM-101, 대웅 모닝컴, Seoul, Korea)을 사용하여 40분간 가열과 뜸들이기를 하였으며, 취반 후 1 시간 방냉한 시료를 관능평가에 사용하였다. 시료의 관능검사는 식품생물공학과 대학원생 5 명을 panel로 선정하여 향, 맛, 식감, 외관 및 전반적인 기호도를 7 점법으로 평가하였다. 측정결과는 PC용 Excel 프로그램의 통계 package를 이용하여 통계처리하였으며, Fisher의 최소유의값(Least Significant Difference)에 의하여 유의성을 검정하였다( $\alpha=0.05$ ).

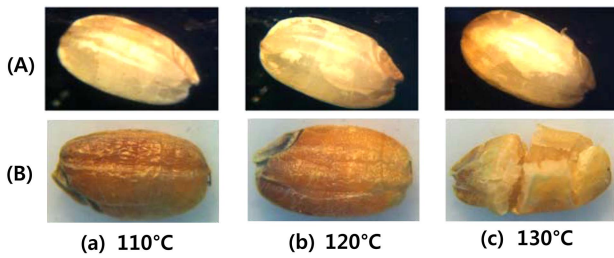


Fig. 2. Appearance of brown rice kernel infrared heated at different temperature before (A) and after (B) soaking in water.

## 결과 및 고찰

### 적외선 가열에 의한 외형 변화

적외선 가열처리한 현미의 외형변화를 조사한 결과, 현미는 수침처리의 유무, 가열조건에 관계없이 곡립의 파열, 팽화와 같은 변화는 발생하지 않았다. 그러나 현미의 배유는 가열처리에 의한 균열(stress crack)이 발생하였으며, 균열 정도는 가열온도가 높을수록 큰 것으로 나타났다(Fig. 2). 이러한 결과는 130°C에서 수분함량 3% 감소까지 가열한 현미의 경우, 배유에 발생한 균열부위는 5분간 상온침지만으로도 급속한 수분흡수와 함께 파열된 반면(Fig. 2c), 120°C 이하의 가열에서는 침지 후에도 형태가 유지되는 것으로서 확인할 수 있었다(Fig. 2a, 2b). 현미 배유의 균열은 적외선 가열과정에서 배유 내부와 외부의 수분 기화속도 차이로 인하여 배유의 수축이 불균일하여 발생하며, 이때 발생하는 수증기 압력에 의하여 배유와 밀착된 외피층이 부분적으로 손상되는 것으로 추정된다. 또한 130°C에서 가열한 현미에서는 부분적인 갈변화가 진행되어 짙은 외피 색과 함께 볏은 향이 발생하였으며, 이러한 결과를 바탕으로 수침처리하지 않은 현미의 적외선 가열처리는 120°C 이하에서 행하는 것이 취반 후 외관의 손상이나 갈변화로 인한 관능품질저하를 방지할 것으로 판단되었다. 수침처리 후 가열한 현미 시료의 경우에는 가열조건에 관계없이 배유의 균열과 형태의 손상이 발생하지 않았으며, 색이나 향의 변화도 나타나지 않았다. 이러한 결과는 수침과정에서 흡수된 수분이 고온의 가열조건에서도 배유의 급속한 온도상

승을 방지하여 배유에서의 수분 기화속도 차이가 상대적으로 작기 때문으로 추정된다.

### 수분흡수도

적외선 가열 현미의 침지시간에 따른 수분흡수도의 변화는 Table 1과 같다. 현미의 수분흡수는 침지시간 1시간 후 급격히 증가하며, 이후 침지시간의 증가에 따른 변화는 크지 않았다. 이러한 수분흡수량상은 가열처리 현미에서도 유사하였으나, 흡수되는 수분 함량은 가열온도가 높아짐에 따라 증가하였다. 105°C에서 가열한 현미는 6시간 침지 후 약 32%의 수분함량으로 대조구와 유사하였으나, 110°C 이상으로 가열 처리하는 경우, 수분함량은 6시간의 침지 후 37%로 증가하였다. 이러한 결과는 적외선 가열처리에 따라 배유 내부에 발생하는 미세균열이 수분의 확산 및 이동경로로 작용하기 때문으로 사료된다. 취반 전 수침에 의한 수분흡수도는 밥의 조직감에 큰 영향을 미치며, 일반적으로 수분흡수도가 낮을수록 관능품질이 떨어지는 것으로 보고되고 있다(Kim, 1992). 따라서 적외선 가열처리는 취반과정에서 현미의 수분흡수 속도를 증가시킴으로, 전분이 균일하게 호화되어 조직감이 향상되는 것으로 추정된다.

### 적외선 가열에 의한 호화 특성

적외선 가열처리에 따른 현미의 호화 특성을 RVA로 분석한 결과는 Table 2 및 3과 같다. 수침하지 않은 현미의 경우, 105, 110°C의 가열에서는 호화에 필요한 수분함량이 제한되어 전분의 호화도가 낮았으며 전체적인 호화특성은 상호유사하였다. 반면 120 및 130°C에서 가열한 현미는 낮은 pasting 점도와 breakdown 점도의 전형적인 호화 전분의 RVA 특성(Hasse et al., 1995)을 나타내어, 전분 호화도가 높은 것으로 확인되었다(Table 2). 이러한 결과는 전분의 결정성영역이 제한된 수분함량에서도 고온처리에 의해 용융되기 때문으로 판단된다. 수침처리가 전분의 호화에 미치는 영향을 검토하기 위하여 수침시간을 달리한 현미를 120°C에서 가열하여 호화특성을 측정 한 결과, 동일온도에서 가열한 비수침시료 보다 낮은 pasting 점도를 나타내어, 전분의 호화도는 수침에 의해 증가하나 수침시간에 따라서는 영향을 받지 않았다(Table 3).

Table 1. Moisture contents of infrared heated brown rice at various soaking time

Soaking Time (h)	Infrared heating temperature				
	Control	105°C	110°C	120°C	130°C
0	14.0±0.21	13.3±1.23	13.2±0.22	12.3±0.71	12.8±0.12
1	NA	28.0±0.07	25.4±0.12	27.6±0.57	26.1±1.39
3	29.0±0.36	29.3±0.28	30.7±0.11	30.9±0.08	31.1±0.53
5	NA	31.8±0.52	32.1±0.42	34.2±2.02	37.2±1.12
6	31.1±0.06	32.2±1.19	36.9±2.54	37.5±2.09	37.7±0.77

**Table 2. Rapid Visco Analyzer (RVA) profiles of infrared heated brown rice.**

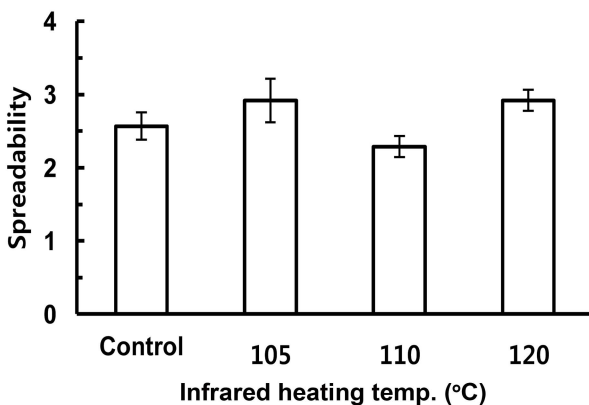
Heating Temp.(°C)	Pasting Properties (in RVA unit)			
	Peak Viscosity	Breakdown Viscosity	Setback Viscosity (50)	Final Viscosity
105	195	56	91	230
110	194	60	90	224
120	168	39	107	236
130	67	-2	113	182

**Table 3. Rapid Visco Analyzer (RVA) profiles of brown rice infrared heated at 120°C with various soaking time.**

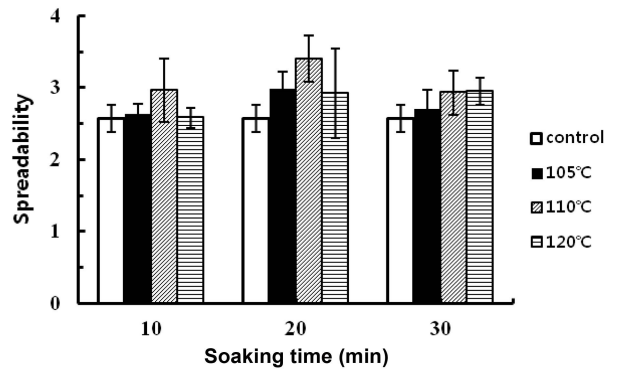
Soaking Time (Min)	Pasting Properties (in RVA unit)			
	Peak Viscosity	Breakdown Viscosity	Setback Viscosity (50°C)	Final Viscosity
10	131	54	76	153
20	162	65	83	180
30	165	68	83	180

**현미의 무른 정도(degree of softness)**

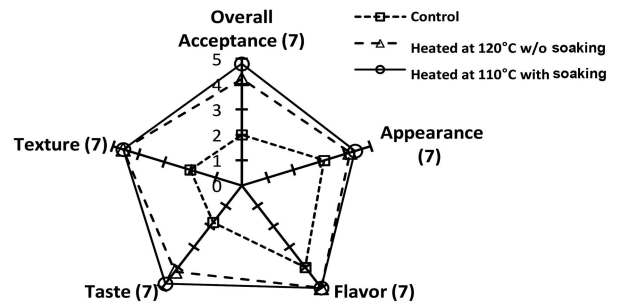
취반현미의 무른 정도는 적외선 가열처리에 의해 형태가 파손되지 않는 시료, 즉 105, 110, 120°C에서 1%의 수분함량 감소까지 가열한 시료와 10, 20, 30분간 수침 후 초기 수분함량 14% 도달까지 가열한 시료를 대상으로 퍼짐성으로 측정하였다. 수침처리 하지않은 현미의 경우, 가열온도가 증가함에 따라 취반 현미의 무른 정도는 다소 증가하였으나 대조군과 비교하여 유의적 차이는 없는 것으로 나타났다(Fig. 3). 한편 수침처리한 현미의 조직감은 수침시간과 가열온도에 따라 영향을 받으며, 취반현미의 무른 정도는 20 분 수침 후 110°C의 가열에서 가장 높았다(Fig. 4). 이러한 결과는 수침과정에서 흡수된 수분이 적외선 가열과정에서 전분의 호화에 균일하게 이용되어 현미 배유조직을 연화하기 때문으로 추정된다.



**Fig. 3. Effect of infrared heating temperature on the spreadability of cooked brown rice without soaking.**



**Fig. 4. Effect of soaking time on the spreadability of cooked brown rice infrared heated at various temperatures.**



**Fig. 5. Sensory profiles of cooked brown rice infrared heated at different temperature with and without soaking.**

수침 및 적외선 가열처리 조건에 따른 현미의 관능성 평가 현미의 관능성 평가는 취반 후 현미형태의 손상없이 연화효과가 가장 높게 나타난 시료를 대상으로 실시하였다. 즉, 수침처리 하지않은 현미의 경우, 120°C에서 수분함량이 1% 감소까지, 수침시료의 경우 20분간 상온 수침 후 110°C에서 수침 전의 수분함량 14% 감소까지 적외선 가열처리한 현미를 취반하여 관능성을 측정하였으며, 그 결과는 Fig. 5와 같다. 적외선 가열 처리한 현미의 경우 수침여부에 관계없이 대조군에 비하여 냄새, 맛, 식감, 외관 및 전체적인 기호도가 크게 개선되었다. 수침 후 가열처리한 현미는 냄새, 식감, 외관에서 수침과정 없이 가열한 현미와 유의적으로 차이가 없었으나, 맛과 전체적인 기호도는 유의적으로 우수하였다. 따라서 현미의 취반 식미는 적외선 가열처리와 함께 수침을 병행하였을 때 최대의 개선효과를 갖는 것으로 확인되었다.

**요 약**

본 연구에서는 현미의 취반적성 및 관능성 개선을 위하여 적외선 가열처리 및 수침의 영향을 검토하였다. 현미는 적외선 가열처리 조건에 따라 부분적인 갈변화와 함께 외

피 및 배유에 균열이 발생하여, 취반 후 곡립 형태가 파손되고 식미가 저하되었다. 현미의 균열 손상은 120°C 이상의 온도에서 초기수분함량이 3% 이상 감소할 때까지 가열하는 조건에서 발생하였으나, 수침과 병행하여 가열하는 경우에는 현미의 균열 및 형태 손상이 발생하지 않았다. 현미는 적외선 가열에 의해 부분 호화가 발생하며, 호화도는 수침 처리한 현미에서 더 높은 것으로 확인되었다. 현미는 적외선 가열 처리에 의해 취반 질감이 연화되었으며, 수침과 병행하는 경우 가장 높은 연화효과를 나타내었다. 취반 현미의 관능성은 적외선 가열 처리에 의해 크게 개선되었으며, 수침을 병행하였을 때 전체적인 기호도가 가장 높은 확인되었다. 상기 결과를 통하여 수침 처리하지 않은 현미의 경우 120°C에서 수분함량이 1% 감소까지, 수침시료의 경우 20분간 상온수침 후 110°C에서 수분 함량 14%까지의 가열조건을 현미의 취반성과 관능성 개선을 위한 최적조건으로 설정하였다.

### 감사의 글

본 연구는 농림수산식품부에서 시행한 2010년 농림바이오기술 산업화지원사업의 결과이며, 연구비지원에 감사드립니다.

### 참고문헌

- AACC. 1995. Approved Methods of American Association of the Cereal Chemists (No. 44-15A), St. Paul, MN, USA.
- Choi HD, Kim YS, Choi IW, Suk HM, Park YD. 2006. Anti-obesity and cholesterol-lowering effects of germinated brown rice in rats fed with high fat and cholesterol Diets. *Korean J. Food Sci. Technol.* 38: 674-678.
- Fasina OO, Tylor RT, Pickard MD, Zheng GH. 1999. Infrared heating of hullless and pearled barley. *J. Food Process Pres.* 23: 135-151.
- Hasse NU, Mintus T, Detmold DW. 1995. Viscosity measurements of potato starch paste with the Rapid Visco Analyzer. *Starch* 47: 123-128.
- Hoseney RC. 2008. The principles of cereal science and technology. AACC, St. Paul, MN, USA, pp. 1-27.
- Juliano BO, Bechtel DB. 1985. The rice grain and its gross composition. In *Rice: Chemistry and Technology*. AACC, St. Paul, MN, USA, pp. 17-57.
- Kanani KM, Zuilichem DJ, Roozen JP, Pilnik W. 1984. Infrared processing of wheat germ. *Lebensm Wiss. U. Technol.* 17: 232-239.
- Kim WJ. 1992. Effects of soaking conditions on the texture of cooked rice. *Korean J. Food Sci. Technol.* 24: 511-514.
- Lim SB, Kang MS, Jwa MK, Song DJ, Oh YJ. 2003. Characteristics of cooked rice by adding grains and legumes. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 32: 52-57.
- Ratti C, Mujumdar AS. 1995. Infrared drying. In: *Handbook of Industrial Drying*. Marcel Dekker, NY, USA, pp. 567-588.
- Sandu C. 1986. Infrared radiative drying in food engineering: a process analysis. *Biotech. Prog.* 2: 109-119.
- Zuilichem DJ, Riet KV, Stolp W. 1985. An overview of new infrared radiation processes for agricultural products. In: *Food Engineering and Process Applications, Transport Phenomena*. Maguer LM, Jelen P (eds.) Elsevier Applied Science Publishers, NY, USA, pp. 595-610.