

유동층 과립기를 이용한 선식의 분산 특성

김고래 · 황윤희 · 이석훈*

(주)바이오벤 연구소

A Study of Dispersion Characteristics of Sunsik Using Fluidized-Bed Granulator

Gorae Kim, Yunhee Hwang, and Seokhoon Lee*

R&D Center, Biovan Ltd., Bucheon, Gyeonggi-do 14449, Korea

Abstract

To improve dispersibility of cereal powder without additives, granulation of cereal powder was conducted using fluidized-bed granulator. Operation condition was sample 300 g, internal temperature 40°C, ventilation speed 30-90 m³/h, inlet temperature 90°C and spray pressure 2.5 bar. The amount of distilled water (20-45%) as binder, granulation time (10-15 min) and drying time (3-10 min) were controlled. Mean diameter over volume (Brouckere mean, D_{4,3}) was increased from 123 μm to 263 μm and dispersibility was improved from 73% to 92.25% at experiment conditions. Wettability (wetting time) was drastically decreased from 5,000 second to 7 second. Granulation of cereal powder did not affect sinkability and mean diameter over volume as wet analysis was about the same between raw and granulated cereals. Such phenomenon means that granulation with only water as binder enables cereal powder to disperse in water or milk without rapid sedimentation.

Key words: cereal powder, granulation, dispersibility, sinkability, wettability

서 론

볶은 곡물 가루를 주원료로 한 선식은 간단하게 먹을 수 있는 섭취 방법의 장점 뿐만 아니라, 최소 가공 공정을 통한 미량 영양소나 식이섬유의 보충으로 영양균형을 맞출 수 있고, 중·장년층은 물론이고 소화기관이 약한 영유아, 노인 등의 다양한 계층이 쉽게 섭취할 수 있으며, 조금만 섭취해도 쉽게 포만감을 느낄 수 있기 때문에 다이어트에도 효과적이다(Kim et al., 2004). 이에 식품업계에서는 다양한 용도와 효능을 가진 제품이 개발되어 판매되고 있다(Chung, 2003; Jeon & Kim, 2010).

선식은 물과 우유에 타서 섭취를 하게 되는데, 분산 또는 용해되는 과정에서 콜로이드와 다양한 종류의 단백질 등에 의하여 수분 침투가 저해 받게 되고(Kessler, 1981), 고체와 액체사이의 계면장력으로 인하여 완전히 풀어지지 않고 응어리를 형성하게 되는데 이러한 요소들은 소비자가 제품을 선택할 때 악영향을 끼치는 것으로 알려져 있다(Lee & Lee, 1998). 따라서 이상적인 선식제품의 경우, 물

에 풀거나 섞을 때 쉽게 분산되어야 하며, 일단 분산된 분산액은 층 분리가 오랫동안 일어나지 않고 유지되어야 할 것이다.

현재 용해도, 분산성 등에 관련하여 영기는 현상을 해결하기 위한 지속적인 연구가 진행되고 있지만 국내에서 유통되고 있는 대부분의 선식과 미숫가루제품에는 맥아당수용액, 포도당 수용체 등의 친수성 첨가물을 혼합하여 분산성을 높이고 있는 실정이다(Park & Rhee, 1986). 하지만 소비자는 건강한 인스턴트식품을 원하기 때문에 분산성을 높이기 위한 첨가물이 전혀 사용하지 않고도 높은 분산성을 가진 선식가공 기술의 연구가 필요하다(Koh et al., 2014).

과립처리 기술은 작은 분말입자를 큰 분말입자로 만드는 공정으로 제약, 식품 등 다양한 산업분야에서 원료를 가공하기 위한 중요한 수단이다. 제품의 습윤성, 분산성, 침강성 등의 개선이 가능하고 이를 통하여 공정의 안정성 증대, 품질의 최적화, 공정의 간소화, 기호성과 이용편의성 증가 등 다양한 측면에서 장점을 가지고 있다(Park & Rhee, 1986). 과립처리 기술은 수분을 공급하여 입자 사이에 과립이 생기는 것을 유도한다. 그리고 공급된 수분을 통하여 흡착이 일어나면 입자 사이에 수분 층을 형성하게 되고, 건조과정을 통하여 수분을 기화시켜 공기층을 생성하여 분말식품의 습윤성 및 침강성, 모세관력 등 증가에 유리한 구조를 형성하게 된다(Dewettinck et al., 1998; Kang &

*Corresponding author: Seokhoon Lee, R&D Center, Biovan Ltd., Bucheon, Gyeonggi-do 14449, Korea
Tel: +82-32-624-2421; Fax: +82-32-624-2423
E-mail: biovan312@gmail.com
Received June 23, 2017; revised August 8, 2017; accepted August 11, 2017

Shin, 2002). 과립화는 습식 공정과 건식 공정으로 나누어진다. 습식 공정은 입자 사이에 많은 공극을 형성시켜 산업적으로 이용 가치가 높으며 유동층 과립기를 이용한 과립화가 가장 대표적인 방법이다(Otsuka et al., 2011). 유동층 과립기는 배합, 바인더량, 과립, 건조 등의 조작 조건으로 입자크기, 입도분포, 과립강도 등 다양한 성질의 시료를 얻는 것이 가능하며 기능성, 편리성, 저장성 등을 향상시킬 수 있다(Lee et al., 2007).

따라서 본 연구는 유동층 과립기술을 이용하여, 분산성을 높이기 위한 첨가물을 첨가하지 않고도 분산성이 향상된 선식을 개발하고자 선식을 증류수만을 이용하여 과립화하고 이의 분산특성을 살펴보았다.

재료 및 방법

재료

본 연구에 사용한 선식 분말은 (주)엄마사랑(Cheongju, Korea)에서 제공받은 시료를 사용하였다. 51% 중량 이상으로 현미, 보리, 흑미, 옥수수, 수수 등의 다양한 혼합 곡류와 견과류를 포함하고, 그 외 일부 첨가물이 포함되어 다이어트 목적으로 배합된 선식 조성물이다. 통곡물 선식 조성은 현미 21%, 보리 59%, 흑미 9%, 옥수수 9%, 수수 2%를 포함하였다. 보리, 현미, 율무와 콩 단일 곡류 분말은 건강식 분말 식품 제조업체인 C사에서 구매하여 사용하였다.

시료의 처리

본 연구에 사용한 선식 분말의 과립화는 유동층 과립기로 (주)네추럴웨이(Pocheon, Korea)의 습식 과립기(Fluid Bed Processor, Enger Co., Chongqing, China)를 사용하였다. 과립화를 위한 바인더는 증류수만을 사용하였고, 유동층 과립기의 조작조건은 바인더량 20-45%, 내부온도는 40°C, 송풍량 30-90 m³/h, 시료량 300 g, 입구온도 90°C, 분무압 2.5 bar으로 설정하고 과립시간은 10-15분, 건조시간은 3-10분으로 변화를 주어 다양한 조건으로 과립화를 수행하였다(Table 1).

수분용해도지수(water solubility index: WSI) 및 수분흡수지수(water absorption index: WAI), 용해력(swelling power: SP)

25 mL의 증류수가 담겨져 있는 50 mL의 centrifuge tube

Table 1. Processing conditions of granulation treatment

	A	B	C	D
Water (%)	20	20	45	45
granulation time (min)	10	10	15	10
Dry time (min)	3	5	5	10

에 시료 1 g을 넣고 30분간 잘 섞어 준 후에 27,000×g에서 30분간 원심분리(VS-24SMTI, Vision Scientific Co. Ltd., Daejeon, Korea)하고, 상등액을 105°C에서 건조한 후에 다음의 식에 의해 수분용해도지수(WSI), 수분흡수지수(WAI) 및 용해력(SP)을 계산하였다(Chang et al., 1996; Guha et al., 1997).

$$WSI (\%) = \frac{\text{Dry weight of supernatant}}{\text{Dry weight of sample}} \times 100$$

$$WAI = \frac{\text{Weight of sediment}}{\text{Dry weight of sample}}$$

$$SP = \frac{\text{Weight of sediment}}{\text{Dry weight of sample} \times \frac{(1 - WSI)}{100}}$$

분산성(dispersibility)

20 mL의 증류수가 담겨 있는 50 mL의 beaker에 시료 1 g을 넣고 10초간 잘 섞어 준 후에 18 mesh (1,000 μm)의 체를 이용하여 분리하였다. 체를 통과한 분산액은 105°C에서 건조하여 다음의 식에 의하여 분산성을 계산하였다.

$$\text{Dispersibility} (\%) = \frac{a \times \%TS}{a \times \frac{(100 - b)}{100}}$$

a: dry weight (g) of sample

b: moisture content of the sample

%TS: dry matter in percentage after passed through the sieve

침강성(sinkability)

약 1 g 정도의 sample 5개를 작은 dish에 칭량해 놓은 후, 동시에 15 mL의 증류수가 담겨 있는 시험관에 동시에 넣고 충분히 섞어준다. 30분 후에 가라앉지 않은 샘플을 조심스럽게 제거하고, 여과지(Whatman No.3)를 이용하여 분리하여 고형분을 취한다. 여과지를 통과한 여액에 잔존하는 일부 고형분을 얻기 위하여 다시 10분간 정치시켜 둔 후에 약 5%의 부피 비율로 침전물을 취한다. 얻어진 고형분과 침전물은 105°C에서 건조하여 침강성을 계산하였다.

$$\text{Sinkability} (\%) = \frac{\text{Dry weight of sediment sample}}{\text{Dry weight of sample}} \times 100$$

습윤시간(wetting time)

습윤시간은 Dacanal & Menegalli (2008)의 방법을 참고하여 분말 샘플이 완전히 젖거나 물을 흡수하는데 걸리는 시간을 측정하였다.

80 mL의 증류수가 들어있는 지름 50 mm의 원통에 유리관을 이용하여 샘플 3 g을 평평하게 하여 동시에 투입하고 완전하게 습윤할 때까지 걸리는 시간을 측정하였다.

입도분석(size analysis)

입도분석은 입도분석기를 통하여 진행하였다. 100 g의 시료를 체의 크기가 20-325 mesh (900-43 μm) 사이에 분포하도록 하여 체 진동기(Minor 200, Endecotts Ltd., London, England)를 이용하여 실험하였다.

또한 과립화 처리된 선식의 입도 크기 및 분포를 자세히 확인하기 위하여 입도분석기(particle size analyzer, Mastersizer 3000, Malvern Instruments Ltd., Worcestershire, England)를 이용하여 건식 분석과 습식 분석을 각각 수행하였다.

겉보기 밀도(bulk density)

흡습되지 않은 분말을 100 mL 메스실린더에 넣고 10회 실험대에 두드리고 부피를 측정하여, 전자 저울(HS 4002, Hansung Instrument., Seoul, Korea)을 이용하여 무게를 측정하고 부피에 대한 중량의 비율을 겉보기 밀도로 계산하였다.

통계분석

모든 실험 데이터는 3회 반복 측정하였다. SPSS version 18.0 package program (SPSS INC., Chicago, IL, USA)을 이용하여 분산분석(ANOVA)을 실시하여 유의성($p<0.05$)을 검정하였으며, 시료의 평균값에 대한 유의성은 Duncan's multiple range test를 이용하여 분석하였다.

결과 및 고찰

선식제품의 분산성 연구 및 품질분석

혼합 곡류를 포함한 균일화된 선식 시료와 단일 곡물 선식시료의 수분함량과 수분용해지수, 수분흡수지수, 용해력, 분산성 그리고 침강성을 측정한 결과를 Table 2에 나타내었다. 단일 곡물 선식시료의 수분함량은 3.5-7.2%였고 실험에 사용한 선식시료의 수분함량은 4.74%로 단일 곡물 시료와 비슷한 수준이었다. 수분용해지수는 1.9-18.3%로 곡물의 종류에 따라 편차가 매우 커 현미와 보릿가루보다 울무와 콩가루에 수용성 성분이 많이 포함되어 있음을 알 수 있었다. 선식제품의 경우에는 32%로 단일 곡물에 비하여 매우 높았는데, 이는 선식제품에 영양 강화 및 다이어

트 용도로 배합된 다양한 수용성 물질의 존재 때문인 것으로 판단된다. 수분흡수지수와 팽윤력은 시료와 곡물의 종류에 관계없이 거의 유사한 값을 보였으나 콩가루가 약간 더 높은 값을 나타내었다. 응어리가 형성되지 않고 얼마나 물에 잘 풀어지는가를 표현할 수 있는 분산성은 보릿가루가 92.33%로 가장 좋았고 그 외 현미, 콩 그리고 울무 순으로 나타났는데, 이는 각 곡류의 고유 특성으로 선식의 배합에 고려할 사항이다. 한편 선식시료의 경우에는 73.45%로 단일 곡물 중 가장 낮은 울무의 78.36% 보다도 낮았는데, 이는 배합에 포함된 견과류 가루가 전혀 분산되지 않고 입자형태로 부유하는 등의 이유로 생각되며 이에 대한 품질개선이 필요할 것으로 여겨졌다.

과립공정에 따른 품질특성 변화

분산성은 실제로 소비자들이 선식 제품을 선택할 때 큰 영향을 주는 요인으로 물, 우유와 혼합하여 음용할 때 응집이 발생하지 않고 쉽게 분산되는 정도를 나타내어 준다. 이러한 분산성을 증가시키기 위하여 원료의 초미분쇄, 계면장력 저하, 습윤성 상승, 정전기 반발력 부여 등의 다양한 물리적 화학적 연구가 진행되고 있다. 선식의 분산성은 입자크기, 성분 및 비율에 따라 크게 영향을 받을 뿐만 아니라 분말의 종류와 가공방법에 의해서도 영향을 받는다. 그러나 선식의 분산성만을 우선적으로 고려한다면 영양밸런스를 고려한 배합이 불가능하기 때문에 배합된 성분은 그대로 유지하면서 분산성을 향상시키는 과립화가 바람직하다(Schubert, 1980).

본 연구에서는 유동층 과립기를 이용하여 과립화를 수행하였다. 과립된 입자의 크기, 입도, 용해도 등에 영향을 미치는 중요한 조작조건은 바인더량, 풍속, 과립시간과 건조시간, 입구온도 등이다. 내부온도는 40°C, 송풍 30-90 m³/h, 시료량 300 g, 입구온도 90°C, 분무압은 2.5 bar로 고정하고 바인더량과 과립시간, 건조시간의 조건을 조절하여 입도가 다른 4개의 과립시료를 제조하였다(Table 1).

선식 제품을 체 분석한 결과를 Fig. 1에 나타내었다. 선식입자의 약 80%는 200-325 mesh (75-45 μm) 사이에 분포하여 상당히 미세한 분말로 구성되어 있었다. 또한 입도분석기(particle size analyzer)를 이용하여 측정된 입도분포도는 건식으로 측정된 경우 D₅₀은 85.1 μm이었으며, D₉₀은

Table 2. Property of various quality parameters of untreated cereal powder

Sample	Moisture content (%)	Water solubility index (%)	Water absorption index	Swelling power	Dispersibility (%)	Sinkability (%)
Cereal powder	4.74±0.14 ^a	32.07±0.96 ^a	2.31±0.11 ^a	2.66±0.07 ^a	73.45±2.21 ^a	88.99±2.66 ^a
Barley	4.05±0.16 ^b	4.95±0.14 ^b	2.71±0.08 ^{ab}	2.77±0.11 ^a	92.33±2.76 ^{ab}	93.38±4.66 ^a
Brown rice	7.18±0.21 ^c	1.93±0.07 ^c	2.66±0.07 ^b	2.68±0.08 ^a	82.41±2.47 ^{ab}	89.42±2.68 ^a
Adlay	3.48±0.11 ^c	10.58±0.52 ^d	2.52±0.12 ^b	2.63±0.07 ^a	78.36±3.91 ^b	96.51±2.89 ^a
Soybean	4.89±0.14 ^d	18.33±0.54 ^c	3.05±0.09 ^c	3.31±0.09 ^b	78.49±2.35 ^c	89.01±3.56 ^{ab}

^{a-c}Means in the same columns with the same letters are not significantly different at $p<0.05$ by Duncan's multiple range test.

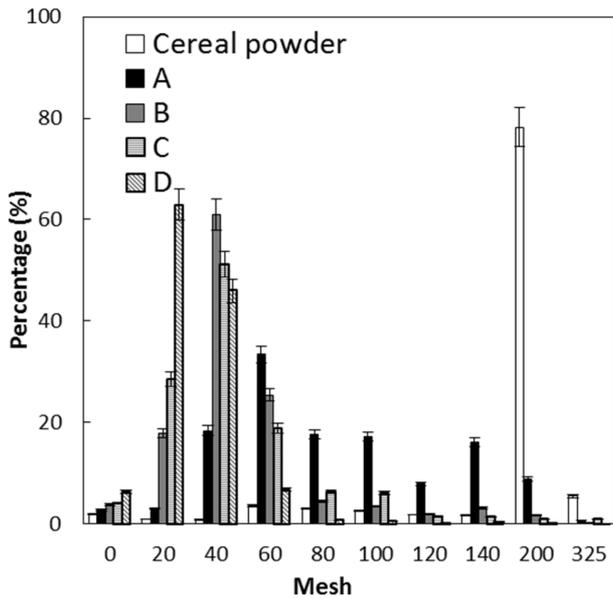


Fig. 1. Sieve analysis for cereal powder granules.

322 μm 로 체 분석 결과와 거의 일치하였으며, 용적평균입도($D_{4.3}$)는 131 μm 이었다(Table 3).

유동형 과립기를 이용한 선식제품의 과립화 양상을 살펴 보기 위하여 바인더량, 과립시간 및 건조시간을 조절하여 시료를 제조하였다(Table 1). 과립시간과 건조시간을 변화시켰을 경우에는 충분한 건조시간이 약간의 상승효과를 주는 것으로 나타났으며 과립시간과 건조시간의 합인 전체 공정시간이 제품의 특성에 크게 영향을 주며 과립시간과 건조시간의 비율은 제품의 색상이 열화되지 않는 정도에서,

제품의 종류에 따라 조절하는 것이 합리적인 것으로 판단 되었다. 과립된 선식 제품의 입자크기는 과립화가 많이 진행될수록 커져, 과립시간 및 건조시간이 13분에서 15분, 20분으로 길어짐에 따라 입자의 크기가 커졌고 생성된 입자도 약간 짙은 색을 띠는 현상을 나타내지만 제품의 품질에는 큰 차이가 없었다(Table 3).

처리 공정 조건에 따른 과립시료의 품질 특성을 살펴본 결과를 Table 4에 나타내었다. 과립처리에 따라 수분용해 지수는 과립화 이전의 32.08%에서 조건에 따라 대체로 감소하는 것으로 나타나 바인더량 45%에서 15분 과립화 및 5분의 건조 처리한 시료는 24.66%로 감소하였는데, 이는 과립공정 중에 수용성 성분들의 일부가 불용성 또는 난용성 상태로 단단히 결합되어 발생하는 현상으로 보인다. 그 외 수분 함량은 전체 과립 공정 시간 증가에 따라 낮아지는 것으로 나타났으며 수분흡수지수와 용해력은 크게 변화가 없었다.

겉보기 밀도는 0.52 g/mL에서 0.32 g/mL로 줄어드는 것을 확인하였다. 이는 입자간 공극이 형성된 영향으로 보이며, 과립화가 많이 진행되면서 겉보기 밀도가 감소하는 것을 확인할 수 있었다.

한편 과립공정 중 사용되는 바인더량은 분산도 및 용해도에 많은 영향을 끼치는 것으로 알려져 있는데, 증류수, 젤라틴, 맥아당수용액, 포도당 수용체를 사용하면 바인더가 가지고 있는 친수성 기가 작용하여 습윤성 및 모세관력을 증가시켜 주는 것으로 알려져 있다. 하지만 선식 제품의 특성으로 물리적 화학적인 밸런스를 고려하면 증류수만을 이용하여 과립하는 것이 공정상의 장점이 될 수 있다(Park

Table 3. Property of various quality parameters of cereal powder granules

Sample	Dry				Wet			
	$D_{4.3}$	D_{10} (μm)	D_{50} (μm)	D_{90} (μm)	$D_{4.3}$	D_{10} (μm)	D_{50} (μm)	D_{90} (μm)
Cereal powder	123 \pm 4.9 ^a	12.6 \pm 0.5 ^a	86 \pm 3.4 ^a	300 \pm 16.3 ^a	140 \pm 5.6 ^a	12.9 \pm 0.5 ^a	89.3 \pm 3.5 ^a	344 \pm 13.7 ^a
A	155 \pm 6.2 ^b	32.0 \pm 1.2 ^b	117 \pm 4.6 ^b	338 \pm 13.5 ^b	136 \pm 5.4 ^a	17.7 \pm 0.7 ^b	99.6 \pm 3.9 ^{ab}	312 \pm 12.4 ^a
B	199 \pm 7.9 ^c	47.6 \pm 1.9 ^c	169 \pm 6.7 ^c	399 \pm 15.9 ^c	133 \pm 5.3 ^a	17.6 \pm 0.6 ^b	99.0 \pm 3.9 ^{ab}	304 \pm 12.1 ^a
C	235 \pm 9.4 ^d	66.9 \pm 2.6 ^d	213 \pm 8.5 ^d	440 \pm 17.6 ^d	132 \pm 5.2 ^a	18.1 \pm 0.7 ^b	95.7 \pm 3.8 ^b	302 \pm 12.1 ^a
D	263 \pm 5.2 ^e	95.8 \pm 3.8 ^e	244 \pm 9.7 ^e	461 \pm 18.4 ^d	131 \pm 5.2 ^a	18.3 \pm 0.8 ^b	96.0 \pm 3.8 ^b	300 \pm 13.9 ^b

$D_{4.3}$ mean diameter over volume (Brouckere mean, $D_{4.3}$)

D_{10} , D_{50} and D_{90} are the diameters at which N% of the sample's mass is comprised of particles with a diameter less than these values, respectively

^{a-e}Means in the same columns with the same letters are not significantly different at $p < 0.05$ by Duncan's multiple range test.

Table 4. Property of various quality parameters of cereal powder granules

Sample	Moisture content (%)	Water solubility index (%)	Water absorption index	Swelling power	Dispersibility (%)	Sinkability (%)	Bulk Density (g/mL)	Wetting time (sec)
Cereal powder	4.74 \pm 0.18 ^a	32.08 \pm 0.96 ^a	2.31 \pm 0.09 ^a	2.67 \pm 0.13 ^a	73.46 \pm 2.21 ^a	89.01 \pm 2.66 ^a	0.52 \pm 0.02 ^a	5000 ^a
A	4.98 \pm 0.14 ^a	28.06 \pm 1.12 ^a	2.37 \pm 0.07 ^a	2.68 \pm 0.08 ^a	76.86 \pm 3.84 ^a	88.93 \pm 3.58 ^a	0.42 \pm 0.01 ^a	2866 ^a
B	4.73 \pm 0.94 ^a	26.90 \pm 0.81 ^b	2.39 \pm 0.07 ^a	2.69 \pm 0.13 ^a	78.33 \pm 2.34 ^a	88.98 \pm 2.67 ^a	0.33 \pm 0.01 ^a	2192 ^b
C	4.15 \pm 0.12 ^a	24.66 \pm 0.98 ^b	2.25 \pm 0.08 ^a	2.51 \pm 0.07 ^a	90.45 \pm 2.71 ^b	89.36 \pm 2.68 ^a	0.32 \pm 0.01 ^b	154 ^c
D	4.29 \pm 0.12 ^a	25.04 \pm 1.01 ^c	2.30 \pm 0.06 ^a	2.57 \pm 0.07 ^a	92.25 \pm 3.69 ^b	88.92 \pm 4.45 ^a	0.32 \pm 0.02 ^c	74 ^d

^{a-d}Means in the same columns with the same letters are not significantly different at $p < 0.05$ by Duncan's multiple range test.

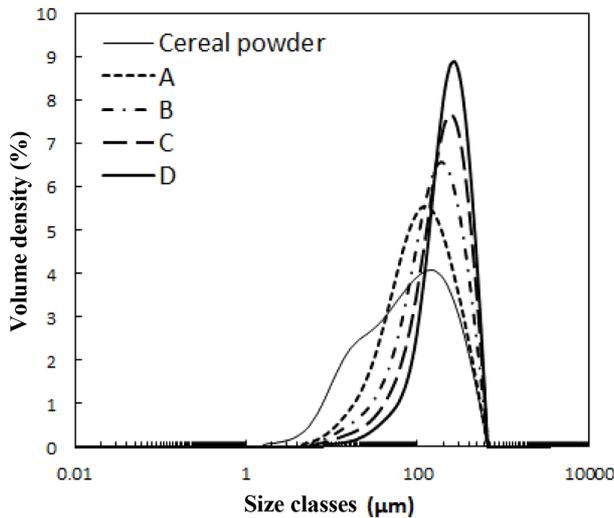


Fig. 2. Dried particle size distribution of cereal powder granules.

& Rhee, 1986). 또한 바인더의 첨가량이 증가하면 평균직경이 증가하는데, 본 연구에서도 바인더로 사용한 증류수의 첨가량이 20% (C, D)에서 45% (A, B)로 증가하면서 과립이 더욱 잘되는 것을 확인할 수 있었다.

과립화된 선식 시료의 입자 크기를 확인하기 위하여 체 분석과 입도분석기를 이용하였다. 과립 알갱이의 크기가 다른 4가지 과립시료에 대하여 체 분석한 결과를 Fig. 1에 나타내었다. A 시료는 입도가 넓게 분포되어 충분히 과립이 형성되지 않았음을 알 수 있으며, B 시료는 20-80 mesh 입자가 90% 이상을 점하였으며 특히 40-60 mesh (425-250 µm) 입자가 약 60%를 점하였다. C 시료는 B 시료와 비슷한 입도분포를 가졌으나 40-60 mesh 분획이 약간 적었다. 한편 가장 굵은 D 시료는 20-60 mesh 입자가 대부분을 차지하였다. 입도분석기를 통하여 분석한 각 과립시료의 입도분포 데이터를 Table 3과 Fig. 2에 정리하였다. 건조식으로 측정된 용적평균입도($D_{4.3}$)는 A, B, C 및 D 시료 각각 155, 199, 235 및 263 µm로 건조시간을 포함한 전체 과립시간과 바인더 사용량이 입자크기에 크게 영향을 주는 것을 확인할 수 있었다. 과립공정을 통하여 123 µm의 직경을 가진 원물이 공정조건에 따라 증가하여 D (바인더량 45%, 과립시간 10분, 건조시간 10분) 시료에서 최대 263 µm로 증가하였다. 이에 따라 과립공정이 원물의 입자가 영키지 않고 쉽게 분산될 수 있도록 공극을 형성하는 것을 확인할 수 있었다(Goh, 2012).

과립 시료의 분산 특성

분산성과 습윤시간은 과립화 방법에 크게 영향을 받는 것으로 나타났다(Table 4). 특히, 바인더(증류수)의 첨가량이 크게 영향을 미치는 것으로 나타나 분산성은 바인더 사용량이 20%일 경우(A, B)에는 원물 73.46%에서 크게 변화하지 않아 76.86%, 78.33%이었으나, 바인더 사용량이

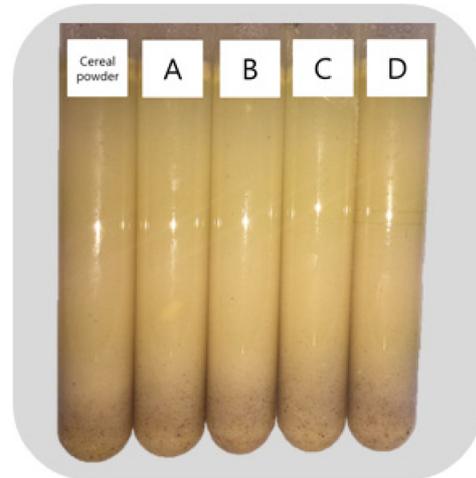


Fig. 3. Sinkability of cereal powder granules.

45%일 경우(C, D)에는 90.45%, 92.25%로 크게 증가하였다. 습윤시간은 바인더 양이 20%인 경우(A, B)에는 원물에 비하여 50% 수준으로 감소하였고 바인더의 양이 45%인 경우(C, D)에는 현저히 감소하여 15초 이내에 모두 녹아 즉용의 상태를 보였다. 이러한 현상은 계면장력과 분말의 고결현상이 생기는 것을 줄여들게 하고 과립으로 인하여 생긴 공극이 물에 결합하기 쉬운 형태로 이루어져 쉽게 분산되기 때문인 것으로 판단되었다.

한편, 일단 물에 분산된 선식은 입자가 가라앉지 않고 분산상태를 유지하여 층 분리가 일어나지 않아야 한다. 그러나 전술한 바와 같이 분산이 잘 되기 위해서는 입자의 크기가 일정 수준이상으로 커야 유리하며, 반대로 층 분리를 억제하기 위해서는 입자 크기가 작고 균일할수록 유리하므로 분산성을 높이기 위하여 과립화된 입자는 물에 풀리면서 과립화 이전의 작은 원물 입자 상태로 분산되는 것이 이상적이다(Walstra & Vliet, 2008). 분산 후 층 분리 정도를 확인하기 위하여 10% 현탁액을 시험관에서 30분간 정지한 후 관찰하였고(Fig. 3), 침강성을 측정하였다(Table 4). 입자의 침강에 의한 층 분리 현상은 원물과 과립 시료에서 거의 차이를 보이지 않았으며, 침강성 역시 89% 내외의 일정한 값을 나타내어 과립화된 시료는 물에 분산되면서 원물의 입자형태로 돌아가 원물과 거의 유사한 부력과 침강성을 갖는 것을 확인할 수 있었다. 이를 확인하고자 습식으로 입도분석을 수행하였고, 측정된 용적평균입도($D_{4.3}$)는 A, B, C 및 D 시료 각각 136, 133, 132, 131 µm로 원물시료의 140 µm와 거의 차이가 없었으며 이러한 현상은 과립화되었던 입자들이 습식으로 측정하는 과정에서 단일 입자로 쉽게 붕괴되었음을 의미하며 상술한 결과와 일치하였다.

요 약

분산성을 높이기 위한 첨가물이 들어가지 않은 선식을

제조하기 위하여 유동층 과립기를 이용하여 분산성, 용해성, 침강성 등이 개선된 선식을 제조하였다. 선식입자는 200-325 mesh (45-75 μm) 사이에 분포하여 미세한 분말로 구성되어 있었고 입도분석기를 이용하여 측정한 입도분포도는 D_{50} 은 86.2 μm , 용적평균입도($D_{4.3}$)는 123 μm 이었다. 선식제품을 유동층 과립기를 이용하여 내부온도 40°C, 송풍량 30-90 m^3/h , 시료량 300 g, 입구온도 90°C, 분무압은 2.5 bar로 고정하고 바인더량과 과립시간, 건조시간의 조건을 조절하여 과립시료를 제조하였다. 과립시료는 과립화 시간과 건조시간을 합친 처리시간과 바인더로 사용한 증류수 양에 크게 영향을 받는 것으로 나타나 처리시간 20분, 바인더 양 45%일 경우에 원물에 비하여 분산성이 73.46%에서 92.25%로 증가하였고, 습윤시간은 5,000초에서 7초로 현저히 감소하였다. 입자의 침강에 의한 층 분리 현상과 침강성은 원물과 과립 시료에서 거의 차이를 보이지 않았으며 이러한 현상은 습식으로 측정한 용적평균입도($D_{4.3}$)가 원물과 과립시료가 거의 유사한 것으로 확인되어, 과립되었던 입자들이 분산 시에 단일 입자로 쉽게 붕괴되어 원물과 거의 유사한 부력과 침강성을 갖는 것으로 판단되었다. 결론적으로 유동층 과립기를 이용하여 분산성과 용해성이 개선된 선식제품의 생산이 가능하였다.

감사의 글

본 연구는 농림축산식품부 고부가가치기술개발사업(과제관리번호: 315071-03)을 통한 지원으로 연구되었으며 이에 감사드립니다.

References

- Chang SM, Chang TL, Yang CC. 1996. Explosion-puffing effect on rough rice properties. *Bull. Inst. Chem., Acad. Sin.* 43: 77-88.
- Chung SS. 2003. Consumer's recognition, nutrient composition, and safety evaluation of commercial sunsik and saengsik, MS thesis, Sookmyung Women's Univ., Seoul, Korea.
- Dacanal GC, Menegalli FC. 2008. Experimental study of fluidized bed agglomeration of acerola powder. *Braz. J. Chem. Eng.* 25: 51-58.
- Dewettinck K, Deroo L, Messens W, Huyghebaert A. 1998. Agglomeration tendency during top-spray fluidized bed coating with gums. *LWT-Food Sci. Technol.* 31: 576-584.
- Goh SH, Yang SC, Kang WS. 2012. Granule powder for rice mashing and manufacturing method thereof. Korean Patent No. 1020090119237.
- Guha M, Ali SZ, Bhattacharya S. 1997. Twin-screw extrusion of rice flour without a die: effect of barrel temperature and screw speed on extrusion and extrudate characteristics. *J. Food Eng.* 32: 251-267.
- Jeon YS, Kim MW. 2010. Quality characteristics of white pan bread added with sunsik powder. *J. East Asian Soc. Dietary Life* 20: 299-306.
- Kang HA, Shin MG. 2002. Effect of inlet air temperature and atomizing pressure on fluidized bed coating efficiency of broken peanut. *Korean J. Food Sci. Technol.* 34: 924-926.
- Kessler HG. 1981. *Food Engineering and Dairy Technology*, Publishing House Verlag, Germent, pp 269-328.
- 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: 557-564.
- Koh E, Mun SH, Surh JH. 2014. Effect of roasting on particle size, water-holding capacity, and viscosity of cereal-based sunsik. *Korean J. Food Cook. Sci.* 30: 526-530.
- Lee CS, Lee KT. 1998. Improvement of dispersibility of parched cereal powder by agglomeration treatment. *Korean J. Food Sci. Technol.* 30: 385-390.
- Lee SC, Kim EM, Chang KS. 2007. Optimization of fluidized bed agglomeration in the production of weaning food. *Food Eng. Prog.* 11: 89-95.
- Otsuka T, Iwao Y, Miyagishima A, Itai S. 2011. Application of principal component analysis enables to effectively find important physical variables for optimization of fluid bed granulator conditions. *Int. J. Pharm.* 409: 81-88.
- Park HJ, Rhee C. 1986. Factors influencing instant properties of agglomerated food. *Korean J. Food Sci. Technol.* 18: 48-54.
- Schubert H. 1980. *Food Processing Eng.* Applied Science Publishers, London, UK, pp 675-684.
- Walstra P, Vliet T. 2008. Dispersed systems: Basic considerations. In: *Food chemistry*. Damodaran S, Parkin KL, Fennema OR. CRC Press, Boca Raton, FL. USA, pp 783-847.