

호름성 개선제가 건조 마늘 분말의 유동성에 미치는 효과

이영수 · 강희호 · 장규섭* · 장영일*
주식회사 농심, *충남대학교 식품공학과

Effect of Some Anti-caking Conditioners on the Flowability of Dried Garlic Powder

Yi, Young Soo, Kang, Hee Ho, Chang, Kyu Seob* and Chang, Yeong Il*
Nong Shim Co.,* Department of Food Technology, Chung Nam National University

Abstract

It has been shown that the physical properties of three anti-caking conditioners added garlic powders can be monitored and evaluated by some tests. The test parameters obtained are all quantifiable for powders fundamental properties. It is clear that cellulose powder and calcium carbonate are not attributed to the particle surface improvement effects. When SSA added 2% (w/w) for garilic powder which is improved flowability and attractive index. Bulk density and compressibility were more sensitive indices to changes occurring in some conditioner added garlic powders.

Key words: anti-caking conditioner, garlic powder, flowability

서 론

식품 공업의 발전과 더불어 장치의 대형화, 연속화, 다양화와 함께 식품 제조용 설비도 다양화됨에 따라 분립체의 사용이 증가되고 있으며, 분립체의 원료도 다양화되고 있다. 식품 산업에서 분립체와 관련된 단위 조 작은 조립(granulation), 분쇄(milling), 분급(classification), 집진(collection), 배합(mixing), 수송(transportation) 및 포장(packaging) 등이 포함되는데, 유동층 건조 및 분무 건조도 이 분야에서 취급하기도 한다⁽¹⁾.

분립체의 분야가 일반 고체와 구분되어 하나의 독립된 물질의 형태로 인정 받고 있는 이유는 분립체는 세분화된 고체이면서, 그 접촉점에서 분립체 상호간의 작용으로 인력(attractive force)에 의해 결합력에 영향을 미친다는 것^(2,3)이다.

분체의 응집력은 입자 간의 van der waal's의 힘과 입자와 입자 사이의 접촉 면적의 넓이 및 입자 사이의 액체 가교(liquid bridge)의 형성 능력 등의 차이에 따라 영향을 받는다. 이 외에도 입자 사이의 간격과 접촉점의 수도 영향의 한 요인이 된다⁽⁴⁾.

분립체는 다른 고체 표면에 부착해서 아주 강한 결

합을 하는 것도 아니기 때문에 비교적 작은 힘으로도 쉽게 분리되기도 한다. 이러한 부착 현상이 반복됨으로서 동일한 분체끼리 상호 부착하거나, 응집체를 구성하기도 한다⁽⁵⁾.

부착력은 다른 종류의 고체 표면 간의 인력, 응집력을 동일한 종류의 고체 표면 간의 인력이라고 정의되고 있지만, 일반적으로 하나의 입자가 다른 면에 붙는 현상을 부착이라한다. 이외에 분체에 작용하는 힘은 응집력, 마찰력이 있다.

식품 원료들이 분립체가 되면 표면적의 증가에 따라 강한 응집력과 고결 현상(caking)이 일어난다. 이러한 현상은 이들 분립체를 취급하는 식품 및 제약 공정에서 자주 발생하는 유동성 및 물리적인 문제로 대두되고 있다. 이러한 현상을 방지하고자 Pelege 등⁽⁶⁾은 미립체화된 설탕에 몇 가지 고결 방지제를 사용하여 그 효과를 측정하였다. 이들의 연구에 의하면 aluminum silicate나 calcium stearate를 1~3%첨가하면 매우 효과적이었다고 하고 있다. York⁽⁷⁾는 결정화된 유당이 호름성 개선제로 효과가 있다고 발표하였다.

이에 본 연구에서는 몇 가지 호름성 개선제를 건조 마늘 분말과 혼합하였을 때 마늘 분말의 분립체로서의 특성 변화를 실제 측정하여 첨가물의 효과를 평가하였으며, 실제 운반, 혼합 및 포장 등 식품 가공 공

Corresponding author: Yi, Young Soo, Nong Shim Co., Shin-Sohyun-ri 150, Ansong-Si, Kyonggi-do, 456-830, Korea

정에서 발생하는 흐름성의 문제를 해결하는데 필요로 하는 기초 자료로 제공하고져 본 실험을 실시하였다.

재료 및 방법

재료

본 실험에 사용한 건조마늘 분말은 1996년 10월 안성 시장에서 구입한 마늘을 열풍 건조한 후 실험실에서 햄머 밀을 이용하여 분쇄한 것으로 35mesh 통과분을 시료로 사용하였다.

흐름성 개선제로는 sodium silicate aluminum (이하 SSA)는 1% 및 2%를 첨가하였으며, 셀룰로스분말 (Solka-floc, U.S.A)과 식품 첨가용 탄산칼슘은 2%씩을 건조 마늘 분말에 혼합하여 각각의 흐름성 개선 효과를 측정하였다.

입자 분포의 측정

마늘 분말의 입도 측정은 입도 측정기(Particle analyzer, Model: FA. Fritsch. U.S.A)를 이용하여 측정하였다.

안식각 및 각차의 측정

시료의 안식각의 측정은 지름 10 cm의 원판 위에 일정량의 분말을 15 cm의 높이에서 자유 낙하 시키면서 쌓인 봉우리의 각을 측정하였다.

각차는 10 cm 원판 위에 일정한 각도로 쌓인 마늘 분말을 2 cm의 높이로 1회 상하로 왕복 운동 시킬 때 붕괴된 각도를 측정하여, 안식각과의 차이로 나타내었다.

겉보기 밀도 및 다짐 밀도의 측정

100 cc의 부피를 갖고 있는 원통형의 용기에 10 cm 높이에서 진동 없이 낙하 시킨 원료가 원통형 용기에 완전히 채워졌을 때의 무게의 비를 겉보기 밀도로 나타내었다.

다짐 밀도는 겉보기 밀도를 측정한 원통형 용기에 시료를 일정한 높이로 더 퇴적 시킨 후 2 cm의 높이로 300회 상하 왕복 운동을 시켜서 다져진 무게의 비로 나타내었다.

부착력 및 응집력의 측정

각 시료의 부착력 지수 및 응집력 지수의 측정은 Tapping 횟수의 변화에 대한 공극의 감소를 측정하여 아래와 같은 Kitakawa식⁽⁹⁾으로 계산하여 나타내었다.

$$Y(t) = \frac{F_0 - F(t)}{F_0} \quad (1)$$

여기서 F_0 는 초기의 힘, $F(t)$ 는 tapping 횟수 t 의 경과 후 붕괴되는 힘이다. 이 식을 변형 시키면 다음과 같다.

$$Y(t) = \frac{abt}{1 + bt} \quad (2)$$

a , b 는 실험에 의해 결정되는 계산값으로서, 분립체의 특성을 결정짓는 전체 곡선의 모양을 결정하는 지수이다. 식 (2)를 수식적인 특성으로 표현하기 위하여 일차식으로 변형하여 식 (3)과 같이 표현하였다.

$$\frac{t}{Y(t)} = \frac{1}{ab} + \frac{t}{a} N \quad (3)$$

t : Tapping 횟수의 변화

a : 유동성 지수

$1/b$: 부착력 지수

실험 결과 및 고찰

일반 특성

분립체의 물성 및 특성을 결정 짓는 1차적인 요소는 원료 고유의 화학적인 조성에 의해 영향을 받는다. 그러나 분립체는 원료가 갖고 있는 특성이 이송, 가공 및 혼합 등의 공정에 더 큰 영향을 미치게 되므로 이들이 고유하게 지니고 있는 특성을 파악하는 것이 중요하다. 이러한 분립체의 물성을 측정하는데 가장 기본이 되는 항목이 입자의 분포이다.

본 실험에 사용된 건조 마늘 분말의 입도의 분석 결과에 따른 측정 값 및 입도의 분포도를 Table 1과 Fig. 1에 나타내었다. 마늘 분말의 입도 분포는 Fig. 1에 나타낸 바와 같이 50% 이상의 입자들이 90 μm 이상이었다. 또한 본 실험에 사용된 마늘 분말의 입도 분포는 1 μm 에서 400 μm 의 광범위한 입자 분포로 식품 원료로 보면 미세한 입자에서 비교적 큰 입자까지 포함되고 있는 것을 알 수 있었다. 실험에 사용한 마늘

Table 1. Physical properties of garlic powder suspended in water

Item	Value
Arithmetic mean diameter	105.546 μm
Geometric mean diameter	74.876 μm
Spec. surface area	0.18 m^2/CC
Quadr. Sq. mean diameter	125.999 μm

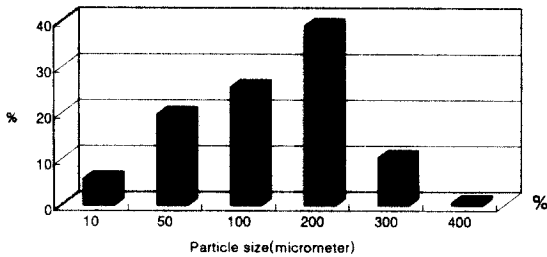


Fig. 1. Particle size distribution of garlic powder.

분말의 수분 함량은 3.9%였다.

분립체의 기초 특성

흐름성 개선제를 사용한 마늘 분말의 기초 물성을 나타내는 지표를 Table 2에 나타내었다.

Table 2에 나타난 바와 같이 겉보기 밀도의 경우 무첨가군은 0.492였으며, SSA 첨가군은 겉보기 밀도가 0.5이상으로 높게 측정되었고, cellulose 분말을 2% 첨가한 군에서는 0.445였고, 탄산 칼슘을 2% 첨가한 군에서는 0.469로 무첨가군에 비하여 7~8% 적게 측정되었다. 이는 cellulose 분말의 경우는 자체의 겉보기 밀도가 0.1이하이며, 분말의 섬유소 길이도 20~70 μm로 그 크기가 마늘 입자와 유사하므로 입자의 쌓임에 영향을 주어 겉보기 밀도가 작아진 것으로 추정된다⁹⁾. 탄산칼슘은 입자의 표면이 거칠기 때문에 마늘 입자가 퇴적될 때 균일하지 않기 때문에 그 내부에 다소의 공극이 발생되어 겉보기 밀도의 값이 작게 측정된 것으로 사료되며, 이는 일본 白石化學의 연구 결과¹¹⁾와도 잘 일치되고 있다. SSA 첨가군의 겉보기 밀도가 높게 측정된 것은 마늘 분말 입자 사이의 접촉각이 작아지면서 좀더 많은 입자들이 촘촘히 퇴적될 수 있어 나타난 현상이라고 보여진다.

또한 다짐 밀도에서도 겉보기 밀도에서와 같이 첨가된 흐름성 개선제들이 동일한 작용을 하게됨으로 마늘 분말이 다져지는 동안 마늘 입자와 흐름성 개선제들 사이에 접촉각과 접촉면이 증가되어 무첨가군에 비하여 cellulose 분말 첨가군 및 탄산칼슘 첨가군에서는 SSA 첨가군이나 무첨가군에 비해 적게 측정되었다.

안식각은 cellulose 첨가군에서 가장 크게 측정되었으며, 탄산칼슘 첨가군도 안식각이 50°이상으로 측정되어 흐름성은 무첨가군에 비하여 나빠지는 것으로 측정되었다. 그러나 SSA 첨가군에서는 안식각이 무첨가군 보다 낮게 측정되었는데 이는 사용된 첨가제들이 마늘 분말의 입자 사이에 혼입되어 원료의 마찰력을 낮추었기 때문에 가능한 것으로 사료된다.

흐름성의 변화

위에서 측정된 다짐 밀도를 기본으로 다짐 회수에 따른 마늘 분말의 분체 특성의 변화를 측정 후, 이 결과를 Fig. 2과 3에 나타 내었다. 분립체의 유동성은 대량의 입자들이 이동하면서 이웃한 입자들과 상호 간에 또는 용기 내에서 벽면과의 마찰 또는 인력에 의해서 영향을 받는다고 알려져있다¹²⁾. 이 때 미치는 힘은 마찰력, 결합력(입자 상호간의 인력), 부착력(입자와 용기 벽면과의 인력) 및 압력 등이 있는데 본 실험에서는 결합력을 위주로 마늘 분말의 첨가물에 의한 영향을 측정하였다.

측정 결과 Fig. 2와 같이 내부 마찰력과 응집성의 관계에서 SSA 2% 첨가군이 가장 좋았으며, cellulose 분말을 첨가한 경우는 무첨가군의 경우 보다 열악한 것으로 측정되었다. 이는 두드림이 입자의 공간적 재배치, 즉 입자 간의 공극을 분쇄 과정 중 평균 입경보다 작은 입자나 혹은 입자 사이의 결합이 변형되어 채워지는 것이다. 두드림에 의한 분말의 변형과 입자의 밀

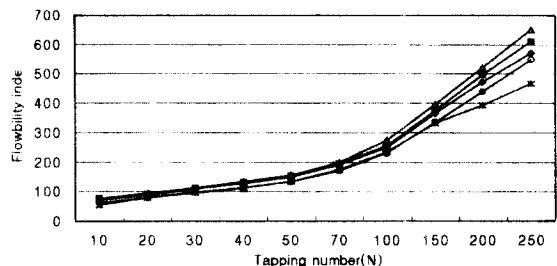


Fig. 2. Changes of flowability of various anti-caking agent added garlic powder for tapping number. ◆—◆: Standard, ■—■: SSA 1%, △—△: SSA 2%, *—*: Cellulose, ○—○: CaCO₃.

Table 2. Comparative effects of anti-caking conditioners of garlic powder

	Control	SSA 1%	SSA 2%	Cellulose	CaCO ₃
Bulk density	0.492±0.003	0.542±0.002	0.551±0.003	0.445±0.005	0.469±0.004
Compaction density	0.712±0.005	0.763±0.007	0.762±0.006	0.698±0.005	0.701±0.006
Angle of repose	53.5±0.5	46.0±0.5	37.5±0.7	58.5±0.5	55.5±1.0
Diffintcial of Angle	21.1±0.5°	13.0±1.0°	16.0±0.3°	11.1±1.0°	21.0±1.5°

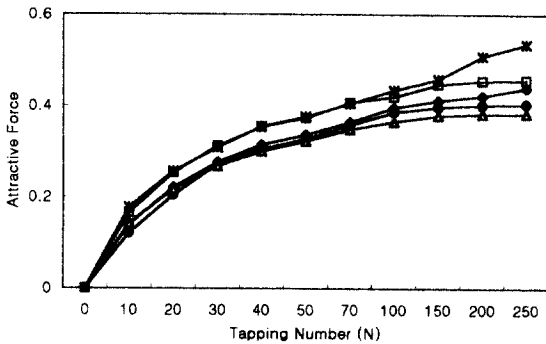


Fig. 3. Changes of attractive force of various anticaking agent added garlic powder during tapping. ◆◆: Standard, ○○: SSA 1%, △△: SSA 2%, *-*: Cellulose, □□: CaCO₃

도 변화는 매우 상관 관계가 높아 흐름성 방지제들은 분말의 표면에 부착되어 입자 간의 공극을 감소 시킨다고 알려져 있다. 그러나 겉보기 밀도 측정 시부터 SSA가 첨가된 마늘 분말은 두드림의 진행 정도에 따른 영향을 적게 받아 부피의 변화율이 무첨가군에 비해 작게 된다. 그러나 cellulose 분말이나 탄산 칼슘을 첨가군은 이들의 입자가 비교적 크므로 겉보기 밀도에서 마늘 분말 입자 사이의 거리와 접촉각이 비교적 컸기 때문에 두드림의 진행에 따라 형성되었던 기본 골격이 흐트러져서 입자와 입자 사이의 간격이 조밀해짐과 동시에 접촉각의 지지력이 약화되면서 부피의 감소율이 높게 측정된 것이다.

첨가제의 종류에 따른 부착력 지수의 변화 및 유동성 지수의 변화는 Table 3에 나타내었다. Table 3의 결과와 같이 SSA 첨가군의 부착력 지수 낮게 계산되어 유동성이 무첨가군에 비해 개선된 결과를 나타내고 있으나, cellulose 첨가군 및 탄산칼슘 첨가군에서는 오히려 유동성이 더욱 나빠지는 것으로 계산되었다. 이는 마늘 입자와 과도하게 길거나 불규칙한 형태의 흐름성 개선제가 입자대(particle bed)에 영향을 미침으로서 입자의 유동성을 나쁘게 한다는 Moreya 등⁽¹³⁾의 연구 결과와 일치하고 있었다. 특히 유동성 지수는 초기의 입자의 충전 시의 밀도와 관계가 깊은 것으로

겉보기 밀도가 낮은 첨가군의 유동성 지수가 겉보기 밀도가 높았던 첨가군에 비하여 열악한 것을 알 수 있었다.

부착력 지수 역시 유동성 지수와 동일한 결과가 측정되었다. 즉, cellulose분말 및 탄산칼슘 첨가군에서는 마늘 분말 입자 표면을 흐름성 개선제가 균일하게 감싸지 못하고 입자 사이에 작은 공간이 생기거나 두드림에 의해 마늘 입자의 접촉 양상의 변화가 SSA 첨가군에 비하여 제한적이었으므로 나타난 결과로 추정되어진다. 흐름성 개선제가 마늘 분말의 표면에 부착되어 표면 형태의 외관을 변화 시킴으로 입자와 외부 대상 물과의 인력을 변화 시키는데 기인하는 것이다.

흐름성 개선제가 존재하므로써 입자와 입자 사이의 물리적인 분리가 발생되어 입자 내부 간의 인력 감소 및 폐쇄 현상을 감소 시킴으로서 부착력의 감소 및 유동성을 증진 시킬 수 있는 것이다.

결론

본 실험은 마늘 분말에 몇 가지 흐름성 개선제를 첨가하여 이들이 분체 물성에 미치는 물리적인 영향에 대하여 실험하였다. 측정 항목의 대부분에서 마늘 분말의 물리적 항수에 영향을 주는 흐름성 개선제의 역할을 파악할 수 있었다. 이들 항목 사이의 변수들 중 흐름성 개선제로 알려져 있던 첨가제 가운데서 SSA 2%를 첨가한 마늘 분말에서는 부착력이 약 50%정도 향상되었으며, 유동성은 20%정도 개선되었으며, 탄산 칼슘이나 cellulose 분말은 흐름성 개선제의 효과가 없는 것으로 밝혀졌다. 그리고 마늘 분말의 흐름성 개선제 효과를 파악하기 위해서는 간단하게 겉보기 밀도와 압축율의 변화의 측정하므로써도 가능하였다.

문헌

1. 大野 光之: 그림으로 읽는 화학 장치 & 분체 기계, 월간 화학장치. No. 3. 1997. P.60
2. 神保 元二: 粉體 諸現象における助劑, 添加劑의效果. 粉粒體 프로세스와 技術, 化學工業社, 東京. p.154 (1984)
3. Peleg, M. and Moreyra, R.: Effect of moisture on the stress relaxation pattern of compacted powders. *Powder Technol.*, **23**, 277-279(1979)
4. 송재철: 식품재료학. 교문사, 서울, p.126 (1992)
5. 井伊谷 鋼一, 増田 弘昭: 粉粒體 프로세스의 자동화, 日刊工業新聞社. 東京. P.175, (1975)
6. Flowability, floodability and viscosity, *Baking and Snack systems*, June. 20-23 (1990)
7. 坂下 攝: 粉粒體 프로세스의 連續化의 現狀と問題点, 粉體工業研究會誌. 14. p.23 (1976)
8. Peleg, M.: Flowability of food powders and methods for

Table 3. Physical characteristics changes of garlic powder according to anti-caking agents

	Standard	SSA 1%	SSA 2%	Cellulose	CaCO ₃
Attractive index	0.0418	0.0517	0.0648	0.0359	0.0532
Flowability	0.4808	0.4486	0.4124	0.5854	0.5217

- its evaluation, *J. Food Process Engineering*, **1**, 303-305 (1977)
9. 日本ファイセラミックス協會：セラミックス系新素材の工業標準化に関する調査研究, 日本ファイセラミックス協會編, p.42 (1992)
 10. York, P.: The use of glidant to improve the flowability of fine lactose powder, *Powder Technol.*, **11**, 197-199 (1975)
 11. 白石ゲミカル：ポアカル A, 白石ゲミカル. 東京 (1991)
 12. Peleg, M., Mannheim, C. H. and Passy, N.: Flow properties of some food powders, *J. Food Sci.*, **38**, 959-962 (1973)
 13. Moreya, R. and Peleg, M.: Compressive deformation patterns of selected food powders, *J. Food Sci.*, **45**, 864-868 (1980)
-
- (1998년 8월 17일 접수)