

## 가용성 전분의 전처리와 입자 크기가 저장중 분말양파의 물리적 성질에 미치는 영향

김명환<sup>†</sup> · 김병용\*

단국대학교 식품공학과

\*경희대학교 식품가공학과

### Influence of Soluble Starch Pretreatment and Particle Size on Physical Properties of Powdered Onion during Storage

Myung-Hwan Kim<sup>†</sup> and Byung-Yong Kim\*

Dept. of Food Engineering, Dankook University, Cheonan 330-714, Korea

\*Dept. of Food Processing, Kyunghee University, Kyungki 449-701, Korea

#### Abstract

The effects of pretreatment and particle size were evaluated on the physical properties of onion powder during storage at 40°C and 90% RH. Prior to air dehydration sliced onion was immersed in 2%(w/v) soluble starch solution at 50°C for 20min. Water absorption increased considerably at the initial 3 h of storage; however, the absorption rate of pretreated onion powder(POP) was lower as compared to control. After 6 h of storage water absorption values of POP ranged from 0.121 to 0.126g water/g solid; in contrast, those of control ranged from 0.135 to 0.151g water/g solid. Low caking degree was observed for POP throughout the storage period as compared to control. For POP and control with large particle size(-24+60 mesh), caking degrees were 12.26% and 60.1%, respectively. In addition, POP with large particle size exhibited much lower caking degree than that with small particle(-100+200 mesh). Pretreatment generally increased the value of loose bulk density. As the water absorption of POP increased from 0.03 to 0.13g water/g solid, the loose bulk densities of large and small particle powders decreased from 0.49 to 0.38g/cm<sup>3</sup> and 0.31 to 0.29g/cm<sup>3</sup>. In case of POP with large particle size, as increasing water absorption, compressibility also increased due to the cohesive property. POP of large particle size with water absorption of 0.3 and 12.1% resulted in relaxation constants of 2.45 and 2.01, respectively.

**Key words:** powdered onion, soluble starch, physical properties, storage

#### 서론

분말양파는 식품공업에서 케첩, 수프, 소세지 및 스낵식품 등의 천연조미료로서 많이 사용되고 있으며, 사용의 편의성 때문에 일반 가정이나 음식점에서도 이용된다(1).

특히 하절기의 경우 분말양파를 저장 및 취급할 때 덩어리 형성과 유동성 상실 등의 물리적 성질 변화가 일어나 분말양파의 유통 기간이 짧아지고, 공정효율 및 수율을 낮추며, 제품의 품질을 저하시킨다(2,3). 물리적 성질 변화는 분말입자 크기, 압력, 저장중 상대습

도 및 온도 등에 크게 좌우된다(4). 양파는 무정형 탄수화물들(amorphorous carbohydrates)을 많이 함유하여 흡습성(hygroscopicity)이 강하다. 공기중의 수증기를 흡수하여 표면의 수용성 성분을 용액화시킴으로 끈적 끈적하여져서 분말입자간에 bridging이 형성된다. 이런 현상에 의하여 입자가 서로 부착되고, 습도수축(humidity shrinkage)이 일어나 덩어리를 형성하게 되어 유동성 상실을 가져오게 된다(2,5). 이러한 물리적 성질 변화는 분말입자의 크기가 작고, 압력이 높을수록 촉진된다. 또한, 저장온도가 증가함에 따라서 촉진되는데 수분 함량이 4%(wet basis)인 경우 15°C의 저장

<sup>†</sup>To whom all correspondence should be addressed

온도에서는 6개월 저장하여도 덩어리 형성이 나타나지 않지만 35°C에서는 저장 3일만에 덩어리 형성이 나타난다(6). 이 현상은 같은 수분 함량이라도 저장 온도가 증가함에 따라서 수분활성도가 증가하기 때문이다. 저장상대습도 또한 물리적 성질 변화에 중요한 역할을 하며(7), 저장 상대습도가 높아짐에 따라서 분말양파의 수분흡수가 커지며 응집성(cohesiveness), 압축율(compressibility) 및 인장강도(tensile strength)가 증가하고 겉보기 밀도(loose bulk density)와 완화상수(relaxation constant)는 감소한다(8-10).

이러한 물리적 성질 변화를 억제시키기 위하여 silicates, stearates 및 phosphates 등의 anticaking agent를 분말양파에 첨가시켰으나 효과적이지 못하였다(11,12).

본 실험에서는 열풍건조 전 가용성 전분의 전처리와 분말입자 크기가 저장 중 분말양파의 물리적 성질 변화에 미치는 영향을 조사분석하였다.

## 재료 및 방법

### 재료

본 실험에 사용된 양파(*Allium cepa* L.)는 1995년에 수확한 천주황 품종으로서 평균 수분 함량은 90.87%이었다.

### 전처리 및 열풍건조

양파 껍질을 벗긴 후 구근(bulb)의 줄기와 뿌리부분을 제거하고, 세척한 다음 이등분하고 절단기(sunbeam, Oskar)를 사용하여 3mm 두께로 절단하였다. 절단한 양파 1.5kg을 50°C의 온도조건으로 유지되는 순환항온 수조기(WBC-3054, Jeio Tech. Co.)에 2%(w/v) 가용성 전분용액 6L를 넣은 다음 20분간 침지시켰다.

열풍건조는 캐비넷 건조기를 사용하여 0.5g/cm<sup>3</sup>의 선반 하중 조건에서 3m/s의 풍속으로 70°C의 열풍으로 일정무게가 될 때까지 건조시켰다.

### 분쇄 및 재건조

건조된 양파는 분쇄기(KM-230, Kenwood)를 사용하여 2분간 분쇄시킨 다음 Tyler체를 이용하여 -24+60 mesh(0.246~0.701mm)와 -100+200 mesh(0.074~0.147mm)의 입자크기로 선별하였다.

분쇄과정에서 흡습현상으로 인한 분말양파의 수분 함량 변화를 없애기 위하여 캐비넷 건조기의 팬을 끈 다음 90°C의 열풍온도에서 건조무게가 일정하여 질 때까지 건조하였다.

### 저장

재건조시킨 분말양파 3g씩을 직경 5cm의 알루미늄 컵에 담고 40°C, 90RH 조건의 항온항습기에 즉시 넣어 가속저장시켰다.

### 수분흡수

일정 저장시간이 지난 다음 분말양파의 수분흡수 정도는 저장중 무게증가를 재어서 g수분/g고형분으로 계산하여 나타내었다(13). 3회 측정된 평균값을 나타내었다.

### 덩어리형성

일정 저장시간이 지난 다음의 분말양파 덩어리 형성 정도는 입자크기 별로 24와 100mesh의 Tyler체로 3분간 진동(shaking)시킨 후 체에 남아있는 무게를 진동전의 무게로 나눈 다음 100을 곱하여 퍼센트로서 나타내었다(14). 3회 측정된 평균값을 나타내었다.

### 겉보기 밀도

일정 무게의 실린더형 용기에 일정 부피의 분말양파를 넣은 다음 무게를 달아서 g/cm<sup>3</sup>으로써 나타내었다(15). 5회 측정된 평균값을 나타내었다.

### 압축성

실험 용기(test cell)에 분말양파를 넣은 후 rheometer (CR-200D, Sun Scientific Co.)를 사용하여 힘-변형(force-deformation) 곡선을 얻은 후 다음 식을 사용하여 분말양파의 압축성(compressibility)을 구하였다(15).

$$\rho_B = a + b \log \sigma_N \quad (1)$$

여기서,  $\rho_B$ 는 겉보기 밀도(g/cm<sup>3</sup>)이고,  $\sigma_N$ 는 압축 응력(P<sub>a</sub>)이며, a와 b는 실험적인 상수로써 b가 압축 응력에 따른 겉보기 밀도의 변화로서의 압축성을 나타낸다. Rheometer의 조작 조건은 최대힘을 10kg<sub>f</sub>로 하였고 probe의 직경은 20mm이었으며, 실험용기와와의 clearance는 1mm이었다. Table speed는 3mm/min이었고 chart speed는 30mm/min이었다(15).

### 응력완화

응력완화(stress relaxation) 실험은 압축성 실험을 한 다음 1분간 정치시켜 응력완화 곡선을 구하였으며 다음 식에 의하여 직선화하였다(15).

$$\frac{F_0 \cdot t}{F_0 - F(t)} = k_1 + k_2 \cdot t \quad (2)$$

여기서,  $F_0$ 는 초기의 힘(N),  $F(t)$ 는 t시간 지난 다음의 힘(N),  $k_1$ 과  $k_2$ 는 상수이다.  $k_2$ 는 응력완화의 점근수준(asymptotic level)을 나타내며  $k_2$ 가 1일 경우에는 응력이 전부 완화된 액체 성질을 의미하며  $k_2$ 가  $\infty$ 일 경우에는 응력완화가 이루어지지 않은 것으로서 이상탄성(ideal elasticity)을 말한다.  $k_2$ 의 역수는 t가  $\infty$ 일 때  $\frac{F_0 - F(t)}{F_0}$ 의 점근값을 나타낸다(15).

결과 및 고찰

가용성 전분 전처리와 분말양파의 입자크기가 저장중 수분흡수에 미치는 영향

저장중 분말양파의 수분흡수가 덩어리 형성과 유동성 상실 등의 물리적 성질 변화에 주 요인으로 작용한다(2). 열풍건조 전 가용성 전분 전처리와 건조 후 분말양파의 입자크기에 따른 40°C, 90RH 저장조건에서의 분말양파의 수분흡수를 저장시간 별로 비교하여 본 결

과(Fig. 1) 가용성 전분으로 전처리한 처리구(treatment)와 대조구(control) 모두 분말양파의 입자크기에 관계없이 저장 초기에 수분흡수가 빠르게 이루어졌고 저장시간이 지남에 따라서 둔화되었다.

처리구가 분말양파의 수분흡수에 미치는 효과는 분말입자 크기가 작을수록 크게 나타났다. 전반적으로 처리구가 대조구에 비하여 수분흡수가 작은 이유는 열풍건조 전 가용성 전분용액에서의 침지과정에서 양과 표면에 가용성 전분이 코팅(coating)됨과 동시에 양과 속으로 침투함으로써 저장중 분말양파의 흡습성이 줄어들기 때문이다(7).

분말입자 크기에 따른 저장중 수분흡수에서는 처리구의 경우 입자크기가 큰 -24+60 mesh와 -100+200 mesh의 입자 크기가 작은 경우 저장 6시간 후 각각 0.121과 0.126g수분/g고형분으로서 서로간에 차이가 별로 없었는데 이는 대조구의 경우 각각 0.135와 0.151 g수분/g고형분에 비하면 분말입자 크기에 따른 영향이 감소하였다. 처리구와 대조구 모두 분말입자가 작은 경우 수분흡수가 많이 이루어진 것은 공기와 접촉면적이 커짐으로써 나타나는 현상이다(13).

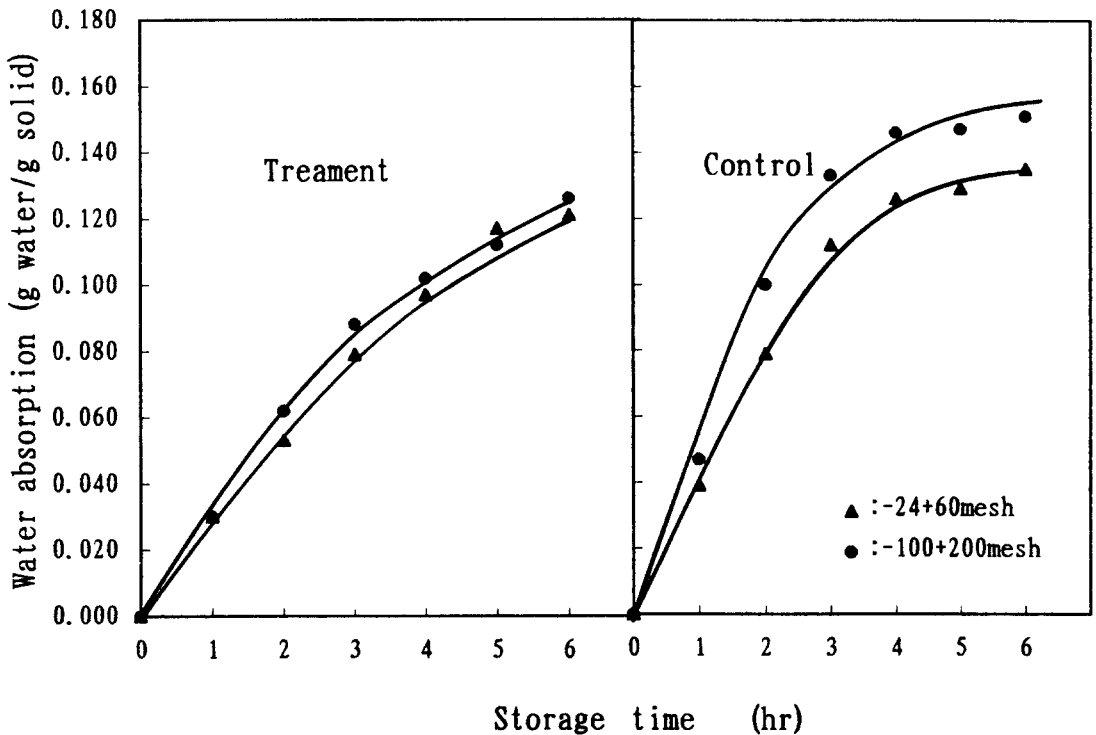


Fig. 1. Effect of soluble starch pretreatment and particle size on water absorption of powdered onion at accelerated storage(40°C, 90% RH).

가용성 전분 전처리와 분말양파의 입자크기가 저장중 덩어리형성에 미치는 영향

열풍건조 전 가용성 전분 전처리와 건조 후 분말양파의 입자크기에 따른 저장시간별 덩어리 형성 정도를 비교하여 본 결과(Fig. 2) 입자 크기에 관계없이 처리구가 대조구에 비하여 크게 낮았다. 입자가 큰 경우 처리구와 대조구를 비교하여 보면 처리구에서 저장시간이 지남에 따라서 서서히 덩어리 형성이 이루어진 반면 대조구에서는 초기에 급격히 덩어리 형성이 이루어진 후 계속적인 증가현상을 나타내었다. 저장 6시간 후 처리구와 대조구의 덩어리 형성 정도는 각각 12.26%와 60.1%이었다. 입자가 작은 경우에는 처리구는 입자가 큰 경우와 같이 저장시간이 지남에 따라서 서서히 덩어리 형성이 증가한 반면 대조구에서는 건조 초기 이미 덩어리 형성이 거의 다 이루어졌다. 이런 현상은 처리구의 경우에 공기 중의 수증기 흡수를 억제함으로써 분말양파의 수용성 성분의 용해작용을 막고, 표면이 끈적끈적하여 지는 것을 막으며 이로써 분말양파의 입자간의 bridging 현상을 억제하여 입자간의 결합을 방지한다. 또한 입자간의 miniroller 또는 rubricant

역할을 하며 정전전하(electrostatic charge)를 제거시킨다(11). 결과적으로 가용성 전분 전처리는 건조 후 분말양파의 덩어리 형성과 유통성 상실 등을 감소시킬 수 있으므로 유통기간을 연장시킬 수 있다.

입자 크기에 따른 덩어리 형성 정도를 비교하여 보면 처리구는 저장 1시간 후 입자가 큰 경우와 작은 경우 각각 2.28과 23.6%로 작은 경우 큰 것에 비하여 10 배 이상의 덩어리 형성을 나타내었으며, 저장 6시간 후에도 각각 12.26%와 62.0%로 많은 차이를 나타내었다. 대조구는 입자가 큰 경우 저장 1시간 후 35.9%이었고 저장시간이 길어짐에 따라서 꾸준한 증가 추세를 보인 반면 입자가 작은 경우에는 저장 1시간 후 96.0%로 저장 초기에 이미 덩어리 형성이 거의 다 이루어졌으며 저장 시간이 늘어남에 따라서 큰차이를 나타내지 않았다.

가용성 전분 전처리, 분말양파의 입자크기 및 수분흡수가 겔보기 밀도에 미치는 영향

가용성 전분 전처리, 분말양파의 입자 크기 및 저장중 수분흡수가 겔보기 밀도에 미치는 영향을 비교하여

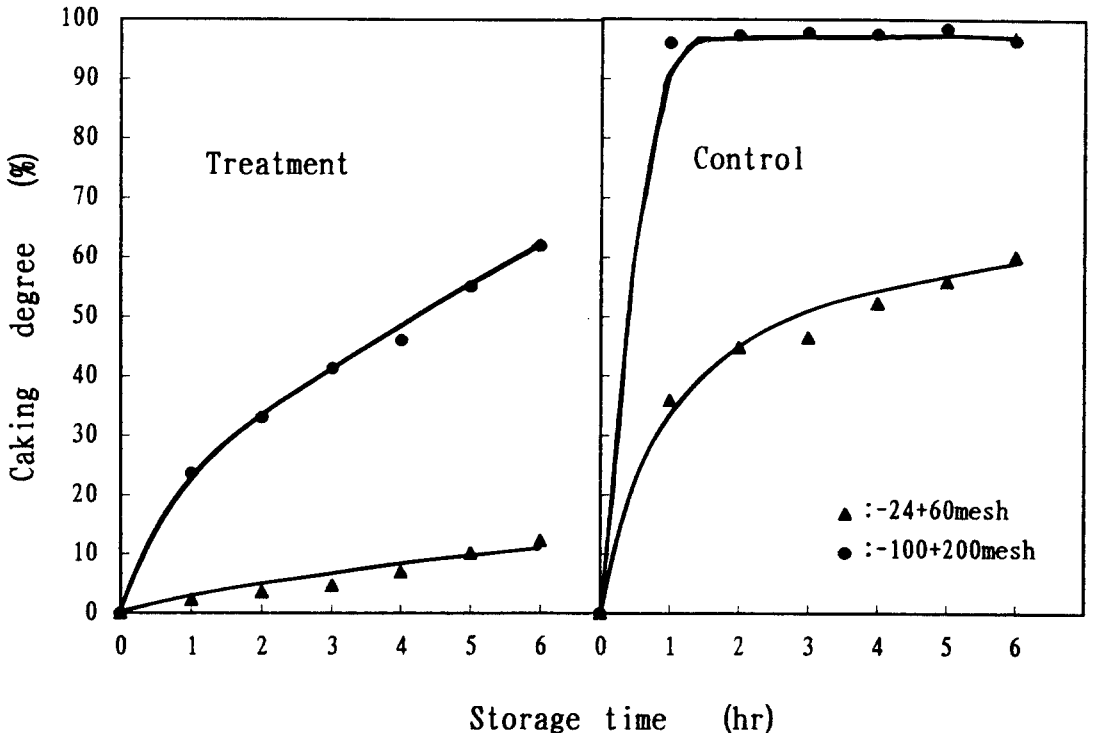


Fig. 2. Effect of soluble starch pretreatment and particle size on caking degree of powdered onion at accelerated storage(40°C, 90% RH).

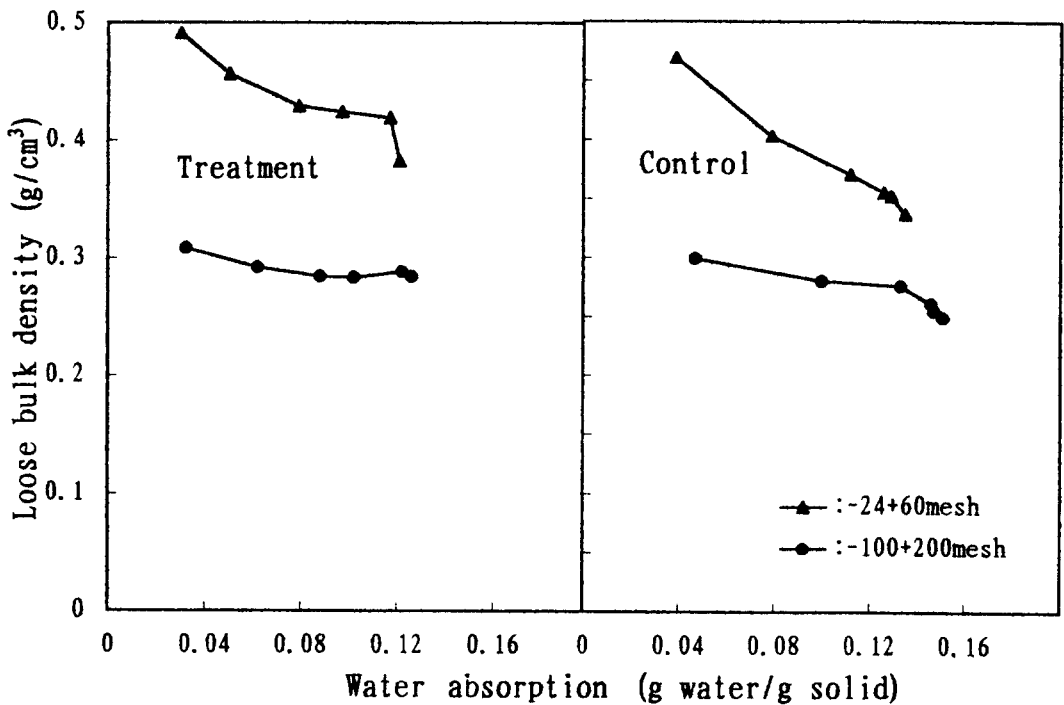


Fig. 3. Effect of soluble starch pretreatment, particle size and water absorption on loose bulk density of powdered onion.

본 결과 Fig. 3과 같다. 처리구가 대조구에 비하여 입자 크기에 관계없이 높은 겉보기 밀도를 나타내었다. 가용성 전분이 상대적으로 높은 겉보기 밀도(0.513~0.737 g/cm<sup>3</sup>)를 가지며 이는, Peleg 등(11)의 결과와 유사하게 나타났다. 입자가 큰 경우의 처리구와 대조구를 비교하여 보면 수분흡수가 0.04~0.12g수분/g고형분으로 이루어진 구간에서 처리구의 겉보기 밀도는 0.38에서 0.48g/cm<sup>3</sup>인 반면 대조구는 0.35에서 0.47g/cm<sup>3</sup>로 큰 차이는 나타나지 않았다.

입자크기에 따른 겉보기 밀도의 변화를 보면 입자 크기가 큰 경우가 작은 경우에 비하여 처리구와 대조구 모두 높은 값을 나타내었다. 처리구의 경우 수분흡수가 0.03~0.12g수분/g고형분 구간에서 입자가 큰 분말은 0.38에서 0.49g/cm<sup>3</sup>이었으나 입자가 작은 분말은 0.29에서 0.31g/cm<sup>3</sup>로 나타났다.

수분흡수(함량)에 따른 겉보기 밀도의 변화를 비교하여 보면 처리구와 대조구 모두 수분흡수가 커짐에 따라서 겉보기 밀도는 줄어들었다. 일반적으로 수분 함량이 많은 응집성(cohesive)분말은 수분 함량이 낮은 비응집성(non-cohesive)분말에 비하여 낮은 겉보

기 밀도를 나타내기 때문이다. 그 이유는, 응집성 분말을 용기에 넣었을 때 입자간의 힘(interparticle force)에 의하여 구조 공간(structural void)을 가지고 있는 반면 비응집성 분말은 입자들의 무작위 방향성(random orientation)과 마찰력(frictional force)에 의하여 공간이 작아지기 때문이다(2).

가용성 전분 전처리, 분말양파의 입자 크기 및 수분 흡수가 압축성에 미치는 영향

가용성 전분 전처리, 분말양파의 입자 크기 및 수분 흡수가 식(1)의 기울기 값(b)인 압축성에 미치는 영향을 본 결과 각각 Fig. 4의 (a), (b) 및 (c)와 같았다. 식(1)은 일반적으로 5kgf/cm<sup>2</sup>까지의 압축응력에 적용시킬 수 있다(9). 앞서 언급한 대로 압축성은 응집성(cohesive)이 많은 분말일수록 증가한다. 왜냐하면, 응집성 분말은 비어있는 층 구조(open bed structure)를 가지고 있으므로 기계적으로 약하여 작은 압축응력 하에서도 쉽게 붕괴되기 때문이다(4). 반면에, 비응집성(non-cohesive)분말은 무작위 방향성과 마찰에 의하여 무작

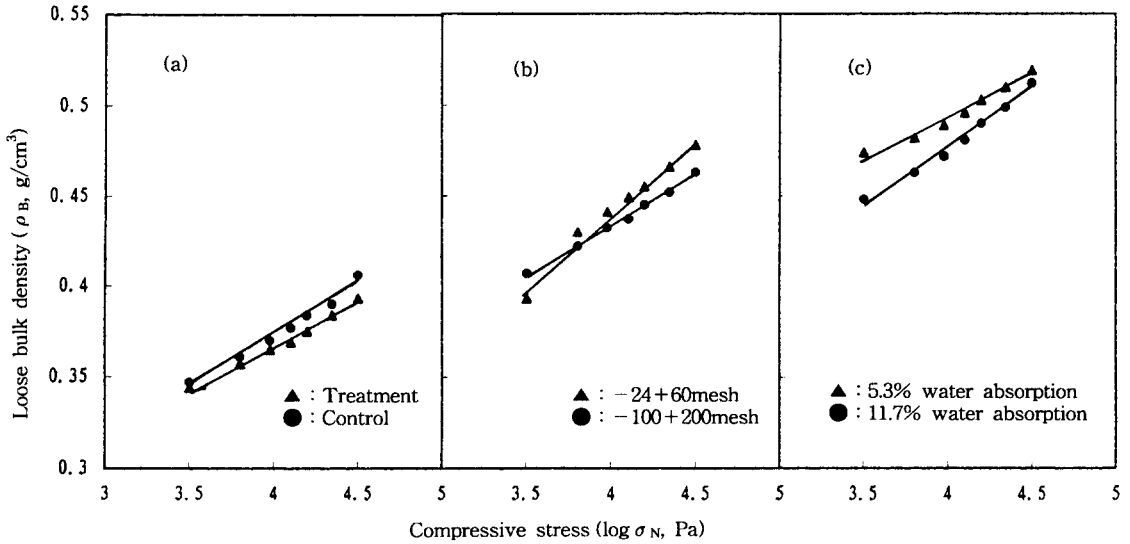


Fig. 4. Effect of soluble starch pretreatment(a)<sup>1)</sup>, particle size(b)<sup>2)</sup> and water absorption(c)<sup>3)</sup> on bulk density vs compressive stress relationship of powdered onion.

<sup>1)</sup>Smaller particle sized and 4.7% water absorbed powdered onion

<sup>2)</sup>Treated and 12.1% water absorbed powdered onion

<sup>3)</sup>Treated and larger particle sized powdered onion

위 공간(random void)을 가지므로 압축응력에 대한 결 보기 밀도의 영향은 작게 나타난다(8).

입자가 작은 경우 4.7%의 수분흡수 조건에서 처리구는 압축성 값이 0.048인 반면 대조구에서는 0.057로 대조구가 처리구 보다 많은 응집성을 나타내었다(Fig. 4-(a)). 이는 처리구의 경우 분말 입자상호간의 인력을 감소시키고 액체층(liquid layer)을 제거시킴으로서 낮은 압축성을 나타내기 때문이다(10).

분말양파의 입자 크기에 따른 압축성에 미치는 영향을 처리구에서 비교하여 본 결과 입자 크기가 큰 경우(12.1% 수분흡수)에서는 압축성이 0.081인 반면 입자 크기가 작은 경우(12.9% 수분흡수)에서는 0.055로 나타났었다(Fig. 4-(b)).

수분흡수가 압축성에 미치는 영향을 처리구의 입자가 큰 경우에서 비교하여 본 결과 수분흡수가 5.3%인 경우에는 압축성이 0.061인 반면 11.7%인 경우에는 0.064로 수분흡수가 많이 이루어진 분말이 응집성이 약간 높았다(Fig. 4-(c)). 식(1)을 이용할 때 나타나는 결정계수(R<sup>2</sup>)값들은 0.9892 이상으로 높은 적합도를 나타내었다.

수분흡수가 분말양파의 이완상수에 미치는 영향

처리구의 입자가 큰 경우 수분흡수가 식(2)의 기울기 값인 k<sub>2</sub>인 분말양파의 이완상수에 미치는 영향을

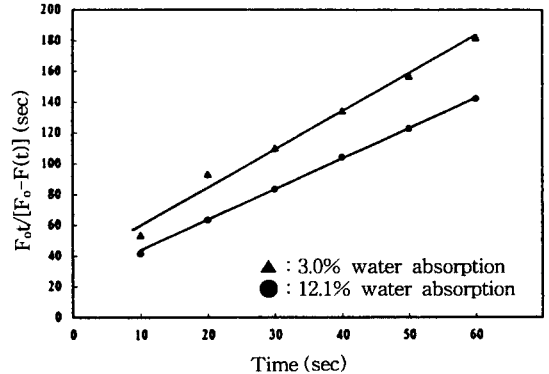


Fig. 5. Normalized relaxation curve of treated and larger particle sized powdered onion at various water absorption.

본 결과 Fig. 5와 같다. 수분흡수가 작은 비응집성 분말이 수분흡수가 많은 응집성 분말 보다 고체성질을 나타내게 되므로 응력완화값이 높다. 왜냐하면, 비 응집성 분말의 경우에는 압축응력이 주로 고체 모형(solid matrix)에 의하여 지지되기 때문이다.

처리구의 입자가 큰 경우 3.0%와 12.1%의 수분흡수가 이루어진 경우를 비교하여 보면 각각 2.45와 2.01의 이완상수 값을 나타내었다. 이는 수분흡수가 높아짐에 따라서 입자표면의 액체층(liquid film)이 커지고 반면에 고체성질이 줄어들게 되기 때문이다(4).

요 약

열풍건조 전 전처리로서 50°C의 2%(w/v) 가용성 전분용액에서 20분간 침지를 한 처리구와 건조 후 분말 입자 크기가 40°C, 90% RH의 저장 중 분말양파의 물리적 성질에 미치는 영향을 조사하였다. 저장 중 수분흡수는 처리구와 대조구 모두 분말양파의 입자 크기에 관계없이 저장 초기에 빠르게 이루어진 후 저장시간이 지남에 따라서 둔화되었다. 처리구가 대조구에 비하여 저장중 수분흡수가 작게 나타났다. 처리구의 경우 분말입자가 큰 -24+60 mesh와 작은 -100+200 mesh의 수분흡수는 저장 6시간 후 각각 0.121과 0.126g수분/g 고형분이었다. 저장 중 덩어리 형성에서는 입자 크기에 관계없이 처리구가 대조구에 비하여 크게 낮았으며, 입자가 큰 경우 저장 6시간 후 처리구와 대조구의 덩어리 형성 정도는 각각 12.26과 60.1%이었다. 입자 크기에 따른 덩어리 형성 정도는 처리구에서 저장 1시간 후 2.28과 23.6%로 나타났다. 겉보기 밀도에서는 처리구가 대조구에 비하여 전반적으로 높은 값을 나타내었으며 처리구의 경우 수분흡수가 0.03에서 0.12g수분/g고형분으로 늘어남에 따라서 겉보기 밀도는 입자가 큰 분말은 0.49에서 0.38g/cm<sup>3</sup>이였으며 입자가 작은 분말은 0.31에서 0.29g/cm<sup>3</sup>로 나타났다. 압축성에서는 입자 크기가 크고, 수분흡수가 많이 이루어진 분말일수록 또한 대조구가 처리구 보다 응집성질을 가지게 되므로 높은 값을 나타내었다. 이완상수에서는 입자가 큰 처리구의 경우 수분흡수가 3.0과 12.1% 이루어진 것을 비교하면 각각 2.45와 2.01로 나타났다. 이는, 수분흡수가 높아짐에 따라서 고체 성질이 줄어들게 됨으로써 이완상수값이 낮아지기 때문이다.

감사의 글

본 논문은 1995년도 단국대학교 대학연구비 지원에 의하여 수행되었으며 이에 감사를 드립니다.

문 헌

1. Farrell, K. T. : Onions. In "Spices, condiments, and

seasonings" AVI, New York, p.159(1985)  
 2. Peleg, M. and Mannheim, C. H. : The mechanism of caking of powdered onion. *J. Food Proc. Pressrv.*, **1**, 3(1977)  
 3. Pietsch, W. B. : Adhesion and agglomeration of solids during storage flow and handing. *Trans ASME*, **5**, 435(1969)  
 4. Peleg, M. : The role of water in the rheology of hygroscopic food powders. In "Properties of water in foods" Simatos, D. and Multon, J. L.(eds.), Martinus Nijhoff Pub., Boston, p.393(1985)  
 5. Scoville, M. and Peleg, M. : Evaluation of the effects of liquid bridges on the bulk properties of model powders. *J. Food Sci.*, **46**, 174(1981)  
 6. Bourne, M. C. : Water activity : Food texture. In "Encyclopedia of food science and technology" Hui, Y. H.(ed.), John Wiley & Sons, Inc., New York, p.2801 (1992)  
 7. Kim, M. H. : Effect of soluble starch pretreatment and storage condition on caking degree and moisture sorption of powdered onion. *J. Korean Soc. Food Nutr.*, **20**, 272(1991)  
 8. Peleg, M., Mannheim, C. H. and Passy, N. : Flow properties of some food powders. *J. Food Sci.*, **38**, 959(1973)  
 9. Lopez, J. M. and Peleg, M. : Density and compressibility of selected food powders mixtures. *J. Food Process Eng.*, **10**, 1(1987)  
 10. Moreyra, R. and Peleg, M. : Effect of equilibrium water activity on the bulk properties of selected food powders. *J. Food Sci.*, **46**, 1918(1981)  
 11. Peleg, M. and Hollenbach, A. M. : Flow conditioners and anticaking agents. *Food Technol.*, **38**, 93(1984)  
 12. Irani, R. R., Vandersall, H. L. and Morgenthaler, W. W. : Water vaper sorption in flow conditioning and cake inhibition. *Ind. Eng. Chem.*, **53**, 141(1961)  
 13. Pilosof, A. M. R., Boquet, R. and Bartholomai, G. B. : Kinetics of water uptake by food powders. *J. Food Sci.*, **50**, 278(1985)  
 14. Malave-Lopez, J. and Peleg, M. : Mechanical attraction rate measurements in agglomerated instant coffee. *J. Food Sci.*, **51**, 687(1986)  
 15. Moreyra, R. and Peleg, M. : Compressive deformation patterns of selected food powers. *J. Food Sci.*, **45**, 864 (1981)

(1996년 1월 19일 접수)