

대두의 수화속도와 콩나물의 발아특성에 대한 동결처리 효과

임종환* · 오봉윤¹ · 김동환¹ · 함경식
 목포대학교 식품공학과, ¹목포대학교 식품영양학과

Effect of Freezing on Hydration Rate and Sprouting Characteristics of Soybeans

Jong-Whan Rhim*, Bong-Yun Oh¹, Dong-Han Kim¹ and Kyung-Sik Ham

Department of Food Engineering, Mokpo National University
¹Department of Food and Nutrition, Mokpo National University

Effect of freezing on the hydration rate and growth characteristics of bean sprout of two domestic cultivars of soybean, Eunha beans and Taegwang beans, was investigated. Freezing of the soybeans at -80°C affected characteristics of the hydration and growth of soybean sprout of the beans. Hydration rate of the frozen beans depended on the hydration temperature. It decreased up to 50% at lower than 60°C of hydration temperature, but it did not decrease at higher than 60°C . Activation energies of frozen Eunha and Taegwang beans were 39.79 and 39.25 kJ/mol, respectively. Kinetic compensation effect between activation energy values and the pre-exponential factor for the hydration of soybeans with or without freezing was observed. Germination rate and thickness of the bean sprout increased by freezing, however, yield and weight were not affected by freezing.

Key words: soybean, freezing effect, hydration rate, soybean sprout

서 론

대두는 주요한 식물성 단백질 자원으로서 두부, 된장, 두유, 콩나물 등과 같은 식품의 제조에 널리 이용되고 있다. 대두를 가공할 때 우선 침지공정을 거치는데, 일반적으로 이 과정은 상온에서 12-24시간 정도의 장시간을 요하므로 침지 중 수용성 성분의 손실과 오염의 가능성이 높으며, 가공시간이 길어져 대두 가공상의 큰 장애요인으로 인식되고 있다⁽¹⁾. 침지 시 콩의 수화속도는 표피 조직의 세공, 표면적, 침지액의 온도, 침지액에 함유된 염류의 종류와 농도 및 콩의 조성 등에 의해 영향을 받는 것으로 알려져 있다⁽²⁾. 두류의 침지 시간을 단축시키기 위해 여러 가지 방법들이 제안되었는데, Rockland와 Mezler⁽³⁾는 리마콩의 침지시간을 단축시키기 위해 상온에서 50-80 mmHg의 진공을 사용하므로 hilum을 통한 수분의 침투속도를 증가시킬 수 있었으며, Kon 등⁽⁴⁾은 콩의 겉껍질을 제거하는 단순한 처리에 의해 침지시간을 단축시키는 방법에 대해 보고하였다. 또한 침지액에 NaHCO_3 , NaHSO_3 나 다가 인산염과 같은 무기염류를 첨가하면 이들이

세포내의 펙틴물질을 용해시켜 흡수속도를 증가시킬 수 있음이 보고되었으며⁽⁵⁾, Kon⁽⁶⁾은 침지온도를 증가시키는 것이 가장 효과적임을 보고하였는데, 상온에서 침지시간이 16시간 걸렸던 것이 90°C 에서는 1시간 이하로 단축되었음을 보고하였다.

식품의 저장성을 연장시키기 위하여 동결저장 방법이 흔히 사용되고 있는데, 수분함량이 높은 육류나 생선 및 신선한 과일이나 야채는 동결에 의해 품질의 저하가 일어날 수 있다. 그러나 건조된 콩과 같이 수분함량이 낮은 식품은 동결처리에 의해 저장성을 증진시키고 가공제품의 품질을 향상시킬 수 있다. 예로써 Yeh 등⁽⁷⁾은 동결처리에 의해 대두음료의 안정성이 증대되었음을 보고하였으며, 이 등⁽⁸⁾은 검정콩과 대두를 동결 처리하였을 때 가열조리 시간이 1/2로 줄어들고 조직감 및 식미가 향상됨을 보고하였다. 또한 Baik 등⁽⁹⁾은 -20°C 에서 동결 처리한 대두를 이용하여 두부를 제조하였을 때 두부의 조직감이 우수함을 보였으며, Park 등⁽⁹⁾은 동결 처리한 대두를 이용하여 두유를 제조하였을 때 두유의 품질이 향상되었다고 보고하였다. 이와 같은 대두의 동결처리효과에 대해서는 동결에 따른 단백질의 변성에 의하여 단백질의 결합구조가 바뀌거나^(10,11), 동결에 의해 단백질을 싸고 있는 지방구의 배열이 파괴되어 수분의 침투가 용이해졌기 때문⁽⁵⁾이라고 설명하고 있다. 한편 콩나물은 대두를 발아시킨 것으로 단백질, 무기질, 비타민의 급원으로 우리 식생활에서 매우 중요한 위치를 차지하고 있으며, 콩나물

*Corresponding author : Jong-Whan Rhim, Department of Food Engineering, Mokpo National University, 61 Dorimri, Chungkyemyon, Muangun, Chonnam 534-729, Korea
 Tel: 82-61-450-2423
 Fax: 82-61-454-1521
 E-mail: jwrhim@mokpo.ac.kr

의 생육을 빠르게 하는 것은 산업적으로 중요한 의미를 갖고 있는데, 콩나물의 생장에 관한 연구로는 식물생장 조절제, 살균제, 인공태양광, 청색광 및 X-선 조사, CO₂ 가스 처리 등 콩나물의 증산을 위한 연구가 수행된 바 있다⁽¹²⁾. 그러나 대두의 수화속도에 대한 동결처리의 효과와 콩나물의 생육특성에 관한 연구는 아직 보고된 예가 없다.

따라서 본 연구에서는 대두의 수화속도에 대한 속도론적 연구와 콩나물의 발아율 및 생육특성을 통하여 대두의 동결처리효과를 조사하였다.

재료 및 방법

재료

대두 시료는 콩나물 제조용으로 주로 사용되고 있는 소립종인 은하콩과 일반 가공용으로 사용되고 있는 중립종인 태광콩을 호남농업시험장에서 분양 받아 사용하였다. 모든 시료는 냉장 온도(5°C)에 보관하면서 시료로 사용하였다.

동결처리

각 시료를 두 그룹으로 나누어 한 그룹은 동결 처리를 하고 다른 한 그룹은 대조군으로 사용하였다. 동결처리는 -80°C의 초저온 냉동고(REVCO, ULT1786-5-D14, USA)에 넣어 24 시간동안 동결시킨 후 냉장 온도에서 약 1주일 정도 해동시켜 사용하였다.

수화속도

동결 처리한 시료콩(은하 및 태광)을 각각 10립 씩을 임의로 선택하여 초기 무게를 측정후 스텐레스 스틸제 망으로 된 용기에 담아 40, 50, 60, 70, 80 및 90°C로 온도를 달리한 항온 수조에 넣어 수화시키면서 일정 시간 간격으로 꺼내어 여과지와 티슈페이퍼를 이용하여 표면수를 제거한 후 무게를 측정하고 다시 수화실험용 용기와 항온수조에 넣어 수화를 계속시켰다. 이 과정을 더 이상 무게의 증가가 없는 시점 즉, 콩이 최대의 수분을 흡수하여 평형에 도달할 때까지 반복하였다. 시료의 초기수분함량과 수화중의 무게변화 사이의 관계로부터 수분함량을 건량기준으로 표시하여 수화 시간에 대해 도시하여 각 시료의 수화곡선을 구하였다. 시료콩의 수분함량은 105°C에서 24시간 건조시켜 측정하였다. 이들 수화곡선으로부터 각 온도에서의 평형수분함량에 도달하는 시간을 결정하고, Rhim⁽¹³⁾이 제안한 방법에 따라 이의 역수를 취하여 수화속도(*k*)를 결정하였다. 대두 시료의 수화반응에 대한 활성화 에너지(*E_a*)와 지수앞 인자(*k₀*)를 다음과 같은 Arrhenius식을 이용하여 결정하였다.

$$\ln k = \ln k_0 - E_a/RT$$

모든 실험은 2회 반복하여 그 평균값을 사용하여 나타냈다.

콩나물 배양

임의로 선별한 은하콩과 태광콩 20g씩을 3회 세척하고, 5% 차아염소산 나트륨 용액으로 5분간 표면 살균한 후 흐르는 물에 6회 이상 세척하고, 6시간 침지한 후 내경과 높이가 각각 7 및 10cm인 플라스틱재 재배용기에 넣은 후 콩

나물 자동재배기((주) 남해기전)를 사용하여 콩나물을 재배하였다. 콩나물재배기의 내부 온도는 22±1°C이었으며, 수주는 4시간 간격으로 3분 동안 실시하여 4일간 재배한 콩나물을 완제품으로 하였다.

콩나물 수율

콩나물 수율은 선별한 콩의 무게에 대해 4일 동안 성장한 콩나물의 무게 백분율로 나타냈다.

$$\text{콩나물의 수율(\%)} = [\text{콩나물의 무게(g)}/\text{콩의 무게(g)}] \times 100$$

콩나물의 발아율

콩나물 수확 후 발아정도는 머리부분에서 줄기가 1cm 이상 자란 것을 발아된 것으로 택하였으며, 그 수를 전체에 대한 백분율로 나타내었다.

콩나물 길이와 두께 측정

콩나물을 무작위로 20개씩 채취하여, 표면의 물기를 제거한 후, 길이는 콩나물 머리에서 뿌리 끝 부분까지 측정하였고, 두께는 머리 바로 아래 줄기부분의 단면과 측면 두 쪽을 Calipers(Mitutoyo Co., Japan)를 사용하여 각각 2회씩 측정하여 평균값으로 하였다.

통계처리

콩나물재배는 각 시료 콩을 한 회에 5개씩의 재배용기를 사용하여 3회 반복하였고, 결과는 SPSS 통계패키지⁽¹⁴⁾를 사용하여 유의성 α=0.05의 수준에서 대응표본 t-검정을 실시하였다.

결과 및 고찰

수화 및 수화속도

동결처리한 은하콩과 태광콩의 40, 50, 60, 70, 80 및 90°C에서 측정된 수화곡선은 Fig. 1과 2에 나타난 바와 같이 초기에는 수화속도가 빠르게 진행하다가 차차 감소하면서 평형상태에 도달하는 전형적인 수화곡선의 모습을 보이고 있

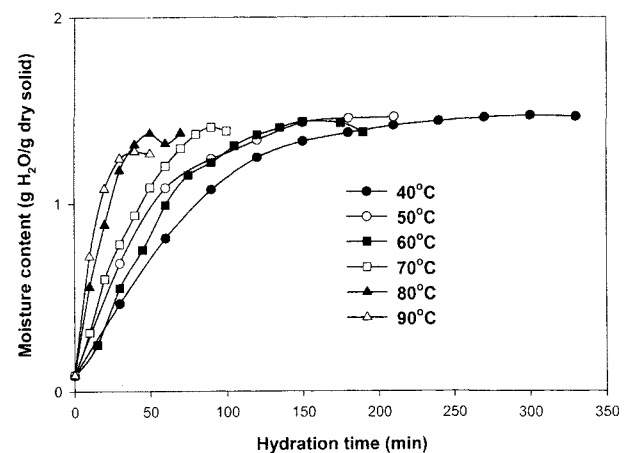


Fig. 1. Water absorption curves of frozen and thawed Eunha beans hydrated at various temperatures.

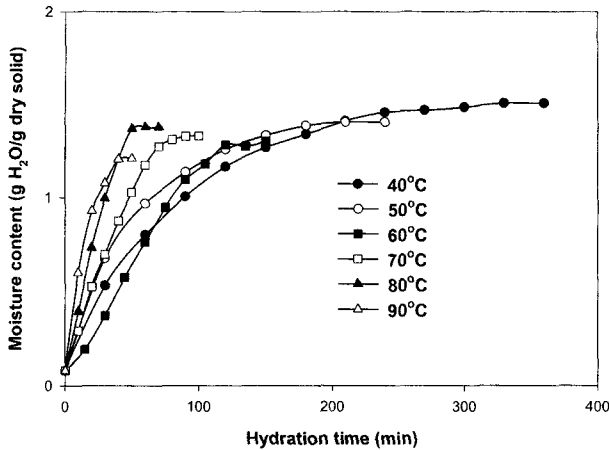


Fig. 2. Water absorption curves of frozen and thawed Taegwang beans hydrated at various temperatures.

Table 1. Effect of freezing on the hydration time for the maximum imbibition of soybeans determined at different hydration temperature

| Temp. (°C) | Eunha | | Taegwang | |
|------------|--------------|------------------------------|--------------|------------------------------|
| | Frozen (min) | Unfrozen ¹⁾ (min) | Frozen (min) | Unfrozen ¹⁾ (min) |
| 40 | 256 | 450 | 308 | 630 |
| 50 | 173 | 255 | 192 | 225 |
| 60 | 127 | 105 | 129 | 120 |
| 70 | 84 | 80 | 75 | 85 |
| 80 | 46 | 50 | 50 | 60 |
| 90 | 32 | 30 | 42 | 35 |

¹⁾Hydration time for the maximum imbibition of unfrozen soybeans in min. (adopted from Rhim⁽¹³⁾)

다. 이러한 수화 현상은 동결처리를 하지 않은 대두뿐만 아니라 다른 곡물의 수화에서도 공통적으로 발견되는 현상이다.^(6,13,15-21) 이들 수화곡선으로부터 동결 처리한 은하콩과 태광콩의 각 온도에서 최대 수화도를 나타내는 평형수분함량에 도달하는 침지시간을 결정하여 그 결과를 Table 1에 표시하였다. 동결 처리한 은하콩과 태광콩의 침지시간은 비동결한 콩과 마찬가지로 침지온도가 증가할수록 급격하게 감소하였다. 은하콩과 태광콩 모두 동결에 의해 침지속도가 현저하게 변화하였는데, 그 효과는 침지온도에 크게 영향을 받았다. 즉, 침지온도가 50°C 이하에서는 침지시간이 15-50% 정도 감소하였으나, 침지온도가 60°C 이상인 경우는 침지속도에 영향이 없거나 오히려 더 증가하는 경우도 있었다.

이와 같은 대두의 동결처리 효과에 대해 Fennema와 Powrie⁽¹⁰⁾는 동결 중에 물이 얼음으로 바뀌면서 단백질의 농도가 증가하게 되고, 결과적으로 단백질의 결합에 변화가 오기 때문이라고 하였으며, Hashizume⁽¹¹⁾는 동결에 의해 disulfide 결합을 통한 분자간의 반응에 의해서 대두단백이 변성되기 때문이라고 하였다. Lee 등⁽⁶⁾은 두류의 동결 시에 일어나는 미세구조의 변화를 조사한 결과 동결에 의해 세포벽의 손상은 없었으나, 가열조리 후 단백질을 싸고 있는 지방구의 배열이 파괴되어 열수의 침투가 용이해 지는 것으로 추정하였다. 그런데 본 연구결과에서 60°C 이상에서 침지했을 때 수화속도

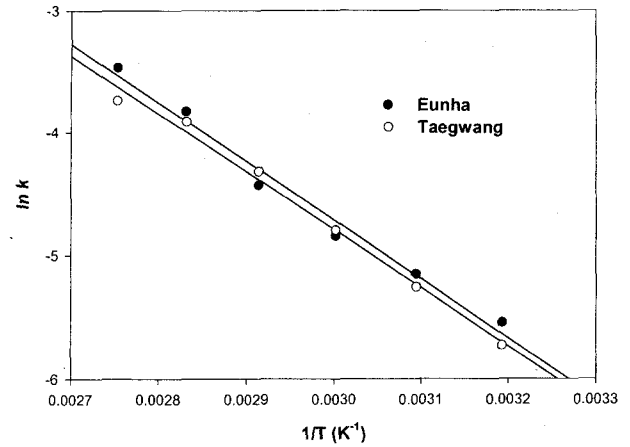


Fig. 3. Arrhenius plot for the hydration rate of frozen and thawed soybeans.

Table 2. Arrhenius kinetic parameters for the hydration rate of frozen soybeans

| soybeans | Treatment | E_a (kJ/mol) | k_o (min ⁻¹) | R ² |
|----------|------------------------|----------------|----------------------------|----------------|
| Eunha | Frozen | 39.79 | 1.55×10^4 | 0.98 |
| | Unfrozen ¹⁾ | 49.14 | 3.96×10^5 | 0.99 |
| Taegwang | Frozen | 39.25 | 1.18×10^4 | 0.99 |
| | Unfrozen ¹⁾ | 49.44 | 4.31×10^5 | 0.99 |

¹⁾adopted from Rhim⁽¹³⁾.

가 증가하지 않은 이유는 동결처리와 가열에 의해 단백질이 노출되고 변성되어 수분의 이동통로를 부분적으로 막기 때문인 것으로 판단된다.

수화속도의 온도 의존성

동결 처리한 시료콩의 각 온도에서 결정된 수화시간의 역수를 취하여 수화속도(k)를 결정하였으며⁽¹³⁾, 수화속도의 온도 의존성을 Arrhenius식을 이용하여 도시한 결과는 Fig. 3과 같았다. 동결 처리된 콩의 침지온도에 따른 수화속도의 변화 양상은 동결 처리를 하지 않은 콩의 침지속도의 변화양상과 달랐으나 동결 처리된 콩의 수화속도 역시 Arrhenius식에 따라 적절하게 표시됨을 알 수 있었다. 직선회귀식을 이용하여 이들 수화속도에 대한 활성화 에너지(E_a)와 지수항 인자(k_o)를 결정하였다(Table 2). 동결 처리한 은하콩과 태광콩의 수화반응에 대한 활성화 에너지는 각각 39.79 및 39.25 kJ/mol로서 California small white bean의 활성화 에너지 값으로 보고된 39.08 kJ/mol과 유사한 값을 나타냈다⁽⁶⁾. 흥미롭게도 은하콩과 태광콩 모두 냉동처리에 의해 수화과정의 활성화 에너지가 감소하였는데, 이는 마치 촉매제 처리에 의해 반응의 활성화 에너지가 감소하는 것과 같은 현상이다.

Kinetic compensation

Table 2의 결과에서 보는 바와 같이 동결 처리한 은하콩과 태광콩의 활성화 에너지 값과 함께 지수항 인자의 값 역시 감소하였다. 이들 상수값들의 변화는 무작위적으로 일어나는 것이 아니라 같은 기작으로 일어나는 동일 계열의 반응 사이에서는 이들 상수의 변화가 일정한 법칙에 따라 체계적으

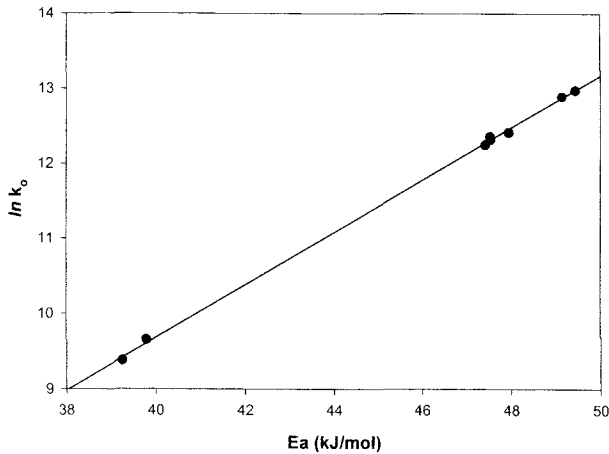


Fig. 4. Kinetic compensation relationship between the activation energy and the pre-exponential factors for the hydration of soybeans.

로 일어나는 것으로 알려져 있다⁽²²⁾. 이들 사이의 관계를 조사하기 위하여 동결 처리된 은하콩과 태광콩의 수화속도에 대한 Arrhenius kinetic parameter 값과 냉동처리를 하지 않은 6종의 대두를 사용하여 동일한 방법으로 kinetic parameter를 결정한 Rhim⁽¹³⁾의 결과를 사용하여 콩의 수화반응에 대한 ln

k_0 를 E_a 에 대하여 도시한 결과 Fig. 4에서 보는 바와 같이 직선적인 관계($R^2=0.999$)를 나타냈다. 즉, E_a 값의 변화에 따라 $\ln k_0$ 값이 비례적으로 변하고 있는데 이를 kinetic compensation 효과라 한다⁽²²⁾. Rhim 등⁽²³⁾의 방법에 따라 결정된 이 반응에 대한 isokinetic temperature는 71°C이었다. 이들 kinetic parameter들 사이에 kinetic compensation 현상이 존재함을 증명하기 위해서는 보다 많은 데이터가 필요하나 현재 얻어진 데이터를 사용하여 E_a 와 $\ln k_0$ 사이에 뚜렷한 직선적인 관계가 얻어진 것은 동결처리된 콩의 수화반응이 동결 처리 되지 않은 콩들과 같은 기작에 의하여 수화가 일어난다는 사실을 알 수 있다.

콩나물의 배양특성

동결 처리한 콩의 수화속도가 동결 처리하지 않은 콩의 수화속도에 비해 증가한다는 사실이 밝혀졌으므로 동결처리에 의한 수화속도의 증가가 콩나물의 재배에는 어떠한 영향을 미치는가를 확인하기 위해 동결 처리한 은하콩과 태광콩 및 동결 처리를 하지 않은 은하콩과 태광콩을 사용하여 재배한 콩나물의 성장과 발아 특성을 조사하였으며, 그 결과는 Table 3과 4에 나타난 바와 같다. 은하콩의 발아율은 동결한 콩의 콩나물이 78.39±9.50%이고, 동결하지 않은 콩의 콩나물이 71.73±6.94%로 동결한 콩의 발아율이 유의적으로 ($P<0.05$) 높게 나타났다. 태광콩의 발아율은 동결한 것이 63.84±0.76%

Table 3. Growth characteristics of Eunha bean sprout¹⁾

| Characteristics | Treatment | Mean ± SD | t-value | Prob. |
|----------------------|-----------|----------------|---------|-------|
| Germination rate (%) | Frozen | 78.39 ± 9.50 | 2.326 | 0.036 |
| | Unfrozen | 71.73 ± 6.94 | | |
| Yield (%) | Frozen | 221.84 ± 9.07 | -0.404 | 0.692 |
| | Unfrozen | 223.25 ± 12.83 | | |
| Weight (g) | Frozen | 0.51 ± 0.04 | 0.508 | 0.619 |
| | Unfrozen | 0.49 ± 0.05 | | |
| Thickness (mm) | Frozen | 1.69 ± 0.09 | -7.714 | 0.000 |
| | Unfrozen | 1.87 ± 0.06 | | |
| Length (cm) | Frozen | 12.40 ± 1.27 | 0.790 | 0.443 |
| | Unfrozen | 12.12 ± 1.38 | | |

¹⁾sample size n=15.

Table 4. Growth characteristics of Taegwang bean sprouts¹⁾

| Characteristics | Treatment | Mean ± SD | t-value | Prob. |
|----------------------|-----------|---------------|---------|-------|
| Germination rate (%) | Frozen | 63.84 ± 0.76 | 0.942 | 0.445 |
| | Unfrozen | 59.76 ± 6.74 | | |
| Yield (%) | Frozen | 171.81 ± 5.98 | -2.00 | 0.148 |
| | Unfrozen | 183.57 ± 2.97 | | |
| Weight (g) | Frozen | 0.75 ± 0.03 | 3.464 | 0.074 |
| | Unfrozen | 0.71 ± 0.02 | | |
| Thickness (mm) | Frozen | 1.78 ± 0.17 | 2.188 | 0.033 |
| | Unfrozen | 1.72 ± 0.16 | | |
| Length (cm) | Frozen | 10.8 ± 1.98 | 1.433 | 0.157 |
| | Unfrozen | 11.23 ± 1.79 | | |

¹⁾sample size n=15.

이고 동결하지 않은 콩의 발아율이 59.76±6.74%로 동결한 콩의 발아율이 더 높았지만, 유의적인 차이는 아니었다. 콩나물의 수율은 나물콩인 은하콩의 경우 동결하지 않은 콩이 223.25±12.83%이고, 동결한 콩은 221.84±9.07%로서 유사한 값을 나타냈다. 태광콩은 동결한 것이 171.81±5.98%이고, 동결하지 않은 것이 183.57±0.76%로서 동결하지 않는 것이 유의적인 차이는 아니지만 ($P>0.05$) 더 높은 수율을 나타냈다. 콩나물의 무게와 길이는 은하콩과 태광콩 모두 동결한 콩의 콩나물이 동결하지 않은 콩의 콩나물보다 약간 높았지만 유의적인 차이는 아니었다. 굵기는 은하콩의 경우 동결하지 않은 콩의 콩나물이 1.87±0.06 mm이고, 동결한 콩의 콩나물은 1.69±0.09 mm로 유의적인 차이는 아니었으나 동결한 콩의 콩나물이 가늘게 나타났지만, 태광콩은 동결한 콩이 1.78±0.17 mm이고, 동결하지 않은 콩은 1.72±0.16 mm로서 유의적인 차이($P<0.05$)를 나타냈다. 콩나물의 외관상 특징은 동결한 콩으로 콩나물을 재배했을 때 발아율이 더 높았지만, 성장하면서 동결 처리된 콩의 세포막이 일부 파괴되어 6시간의 침지기간과 재배기간 중 수분이 빠르게 흡수되면서 콩나물의 머리(cotyledon) 부분이 갈라지는 것을 관찰할 수 있었다. 결과적으로 콩의 동결처리에 의해 콩의 수화시간을 단축시키고, 콩나물의 발아율을 높일 수 있다면, 콩나물의 생산속도를 증진시키고 오염과 부패율을 저하시켜⁽²³⁾ 콩나물의 생산성을 증대시킬 수 있다. 본 연구결과에서 나타난 바와 같이 동결처리를 한 콩을 사용하여 발아율과 수화속도가 증가한다면 결과적으로 성장속도가 증진되므로 화학약품 사용하지 않고 질 좋은 콩나물의 생산이 가능할 것으로 사료된다. 그런데 동결처리한 콩으로 제조한 콩나물의 일부가 성장 중에 머리부분이 갈라져 상품성을 크게 저하시키는 요인이 되는데, 이는 본 연구에서 사용한 동결온도인 -80°C가 너무 격렬한 조건으로서 동결과 해동의 온도차가 커서 콩의 조직에 손상을 입었기 때문으로 생각된다. 예로써 Lee 등⁽⁶⁾과 Baik 등⁽⁸⁾, 그리고 Park 등⁽⁹⁾은 취반된 콩의 식미개선과 두부 및 두유의 품질 향상을 위한 연구에서 콩의 동결에 공통적으로 -20°C를 사용하였으며, Yeh 등⁽⁷⁾은 대두음료의 안정성에 대한 동결처리 효과를 조사하기 위해 최저 -40°C의 온도를 사용하여 동결처리에 의한 부작용이 없었던 것으로 생각된다. 콩 이외의 다른 채소에 대해서는 동결속도가 조직의 손상에 큰 영향을 미치는 것으로 알려져 있다⁽²⁴⁾. Fuchigami 등⁽²⁵⁾은 당근을 액체질소를 사용하여 급속동결하면 조직에 crack이 생겼으나, 동결속도를 -5°C/min 또는 -3°C/min으로 최종온도가 -30°C까지 동결했을 때 조직의 손상이 없을 뿐만 아니라 동결속도의 조절이 없이 -80, -30 및 -20°C에서 동결한 것 보다 조직이 우수하였음을 보고하였다.

따라서 대두의 동결처리 온도 및 방법은 가공목적에 따라 적절한 방법을 선택해야 하며, 콩나물 생산을 위한 최적의 동결조건을 결정하기 위해서는 온도별 동결처리 효과에 대한 보다 자세한 연구가 이루어져야 할 것으로 생각된다.

요 약

은하콩과 태광콩의 수화속도 및 콩나물 생육 특성에 대한 동결처리의 효과를 수화반응에 대한 속도론적 연구와 콩나

물의 재배실험을 통하여 조사하였다. 수화시간에 대한 동결 처리의 영향은 침지온도에 따라 달랐는데, 60°C 이하의 침지 온도에서는 수화시간이 15-50% 정도 감소하였으며, 60°C 이상의 침지온도에서는 수화시간이 감소하지 않았다. 동결 처리한 은하콩과 태광콩의 수화반응에 대한 활성화 에너지는 각각 39.79 및 39.25 kJ/mol로서 동결처리를 하지 않은 콩에 비해 약 20%정도 감소하였다. 은하콩과 태광콩은 동결처리에 의해 콩나물의 발아율, 길이 및 무게는 증가하였으며, 콩나물의 수율은 약간 감소하였고, 굵기는 콩의 품종에 따라 달랐다.

문 헌

1. Uebersax, M.A., Ruengsakulrach, S. and Occena, L.G. Strategies and procedures for processing dry beans. *Food Technol.* 45: 104-111 (1991)
2. Kim, D.H., Yum, C.A. and Kim, W.J. Kinetic study of hydrations and volume changes of soybeans during soaking. *J. Korean Agric. Chem. Soc.* 33: 18-23 (1990)
3. Rockland, L.B. and Metzler, E.A. Quick-cooking lima and other dry beans. *Food Technol.* 21:344-348 (1967)
4. Kon, S., Brown, A.H., Ohanneson, J.G. and Booth, A.N. Split peeled beans: preparation and some properties. *J. Food Sci.* 38: 496-498 (1973)
5. Lee, D.R., Choi, Y.H., Kim, M.K. and Yun, S.E. Influence of freezing upon the cooking time and eating quality of beans. *J. Korean Agric. Chem.* 35: 219-226 (1992)
6. Kon, S. Effect of soaking temperature on cooking and nutritional quality of beans. *J. Food Sci.* 44: 1329-1334 (1979)
7. Yeh, S.W., Wei, L.S., Nelson, A.I. and Steinberg, M.P. Freezethaw stability of Illinois soybean beverage. *J. Food Sci.* 47: 299-302 (1981)
8. Baik, S.H., Yun, S.E., Kim, M.K. and Joo, H.K. Improvement on textural properties of soybean curd by freezing of soybeans. pp. 25-27. In: Proceedings of Pre-Congress Internet Conference, 11th World Congress of Food Science and Technology, Seoul, Korea (2000)
9. Park, S.Y., Marsh, K.S., Jeong, Y.S., and Yun, S.E. A study on a processing method to improve soymilk quality, pp. 31-33. In: Proceedings of Pre-Congress Internet Conference, 11th World Congress of Food Science and Technology, Seoul, Korea (2000)
10. Fennema, O. and Powrie, W.D. Fundamentals of low-temperature food preservation. In: *Advances in Food Research*. Academic Press, New York, USA (1964) [in *J. Food Sci.* 47: 299-302 (1981)]
11. Hashizume, K., Kakiuchi, K., Koyama, E. and Watanabe, T. Denaturation of soybean protein by freezing. *Agric. Biol. Chem.* 35: 449 (1971) [in *J. Food Sci.* 47: 299-302 (1981)]
12. Shin, D.H. and Choi, U. Comparison of growth characteristics of soybean sprouts cultivated by three methods. *Korean J. Food Sci. Technol.* 28: 240-245 (1996)
13. Rhim, J.W. Hydration kinetics of soybeans. *Food Sci. Biotechnol.* 12: 303-306 (2003)
14. Jung, C.Y. and Choi, L.G. SPSSWIN for Statistics Analysis, version 10.0, Fourth ed., pp. 276-283. Muyok Publishing Co., Seoul, Korea (2002)
15. Abu-Ghannam, N. and McKenna, B. The application of Peleg's equation to model water absorption during the soaking of red kidney beans (*Phaseolus vulgaris* L.). *J. Food Eng.* 32: 391-401 (1997)
16. Abu-Ghannam, N. and McKenna B. Hydration kinetics of red kidney beans (*Phaseolus vulgaris* L.). *J. Food Sci.* 62: 520-523 (1997)
17. Sopade, P.A., Ajisegiri, E.S. and Badau, M.H. The use of Peleg's

- equation to model water absorption in some cereal grains during soaking. *J. Food Eng.* 15: 269-283 (1992)
18. Sopade, P.A. and Obekpa, J.A. Modelling water absorption in soybean, cowpea and peanuts at three temperatures using Peleg's equation. *J. Food Sci.* 55: 1084-1087 (1990)
19. Hung, T.V., Liu, L.H., Black, R.G. and Trehwella, M.A. Water absorption in chickpea (*C. arietium*) and field pea (*P. sativum*) cultivars using the Peleg model. *J. Food Sci.* 58: 848-852 (1993)
20. Engels, C., Hendrickx, M., de Semblanx, S., de Gryze, I. and Tobback, P. Modelling water diffusion during long-grain rice soaking. *J. Food Eng.* 5: 55-73 (1986)
21. Ituen, E.U.U., Mittal, J.P. and Adeoti, J.S. Water absorption in cereal grains and its effects on their rupture stress. *J. Food Process Eng.* 8:147-158 (1985)
22. Rhim, J.W. Kinetic compensation relations for texture changes in sweet potatoes during heating. *Food Sci. Biotechnol.* 11: 29-33 (2002)
22. Rhim, J.W., Jones, V.A. and Swartzel, R.S. Texture degradation kinetics of sweet potatoes during heat treatment. *Food Sci. Biotechnol.* 11: 24-28 (2002)
23. Choi, H.D., Kim, S.S., Kim, K.T., Lee, J.Y. and Park, W.M. Effect of presoaking treatments on growth and rot of soybean sprouts. *Korean J. Food Sci. Technol.* 32: 584-589 (2000)
24. Rahman, A.R., Henning, W.L. and Westcott, D.E. Histological and physical changes in carrots as affected by blanching, cooking, freezing, freeze drying and compression. *J. Food Sci.* 36: 500-502 (1971)
25. Fuchigami, M., Hyakumoto, N., Miyazaki, K., Nomura, T. and Sasaki, J. Texture and histological structure of carrots frozen at a programmed rate and thawed in an electrostatic field. *J. Food Sci.* 59: 1162-1167 (1994)

(2003년 5월 2일 접수; 2003년 6월 20일 채택)