Food Engineering Progress.
Vol. 2, No. 1, pp. 63~67 (1998)

된장의 생산자동화 장치 개발을 위한 최적공정조건

조택동* · 손천배** · 양상민* · 정재선* · 서인현***
*충남대 기계설계공학과,**식품영양학과,***진미식품(주)

Optimal Conditions to Develop the Process Control of Soybean Paste Production

Taik Dong Cho, Cheon Bae Sohn, Sang Min Yang, Jae Sun Chung and In Hyun Seo
**Department of Mechanical Design Engineering, Chungnam National University*
***Department of Food and Nutrition, Chungnam National University*
****Jinmi Food Co, Ltd.*

Abstract

We used image processing system to get the optimal conditions of soaking and steaming time of soybean. In order to determine the suitable soaking time, we compared projected area ratio (PAR) of soaked soybean to the PAR of original ones every an hour. It was found that the size of soybean became 2.15 times larger than original dried one in 7 hours at 25°C water temperature. When the soaking water was warmed up to 32°C, it took only four and half hours to get the same volume expansion. Experimental results showed that the green color was the most sensitive on the change of steaming time and pressure. The steaming condition was presented in terms of the image color and hardness of steamed soybean. The hardness of soybean, one of the most important elements of consumer's favorite taste, was also investigated on the wide range of the steaming pressure.

Keywords: soybean paste, projected area ratio (PAR), image color, hardness

서 론

제품의 최종 품질을 향상시키기 위하여는 가공 공정을 효과적으로 구성하여 각 공정을 개별적으로 제어할 수 있어야 하며 동시에 전 공정을 통합적으로 제어할 수 있어야 한다. 특히 선행 공정의 결과가 후반 공정의 결과에 절대적인 영향을 갖는 비가역적 식품 가공공정은 이러한 분산 및 통합적인 공정제어가 품질 향상을 위하여 매우 긴요한 과제이다. 그러나 국내에서는 이러한 통합시스템의 적용이 전무한 실정이며 종래의 제품 생산 공정으로는 다양한 소비자의 기호를 만족시키기 어려움에 따라 현장의 노우하우를 토대로 현 공정의 batch 방식을 대체할 새로운 생산 시스템을 개발하기 위한 각 공정의 특성이 수반되어야 한다. 따라서 각 공정에서 발생될 수 있는 공정의 변수를 획득하고 새로운 방식의 연속 증자 시스템을 개발하기 위한 대두의 물리적 특성 조사가 필요하다.

Corresponding author: Taik Dong Cho, Department of Mechanical Design Engineering, Chungnam National University

현재의 세정시설에서 세척, 선별되어 나오는 대두를 연속적으로 침지, 증자하려면 적절한 제품 품질을 유지할 수 있는 온도, 압력, 시간 및 대두의 수분 정도 등의 관계가 매우 중요하다. 따라서 본 연구에서는 침지시간에 따른 대두의 크기와 각 증자압력에서 시간에 따라 변하는 증자된 대두 색깔변화를 CCD 카메라로 측정, 분석하여 정량화 하고 물성분석을 통하여 침지와 증자의 동적거동을 모형화함으로서 최적의 공정조건을 예측할 수 있는 연구를 수행하였다.

실험장치 및 방법

실험장치

본 연구에 사용된 실험장치는 증자장치와 영상처리 시스템으로 구성되어 있다.

대두의 침지 및 증자를 위한 증자장치는 Autoclave와 증자관으로 구성되어 있으며 Autoclave는 압력이 최대 8 kg/cm^2, 재질은 KS SUS 304 (내부)이고, 크기는 $\phi 200 \times 400$ mm로 제작하였으며 압력에 따라 온도는 비례적으로 변화하며 압력은 PID 제어기로 제어할

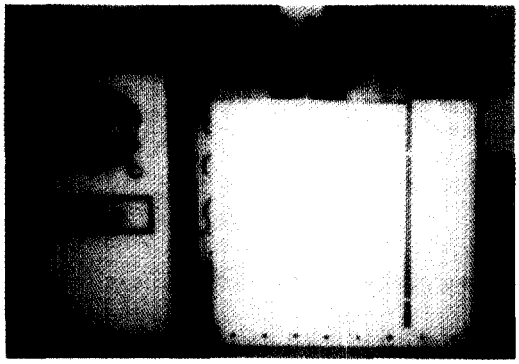


Photo. 1. Steaming system.

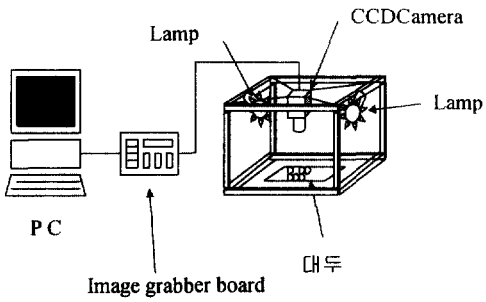


Fig. 1. Image processing system.

수 있도록 설계하였다. 기존의 대두 증자는 적정한 압력 또는 온도까지 도달하는데 많은 시간이 소요됨으로써 대두의 증자상태에 영향을 미치지만 본 연구에 사용된 증자 시스템은 Autoclave에서 원하는 압력을 발생시켜 40 sec내에 증자관의 압력을 유지시킬수 있도록 설계함으로서 기존 시스템의 단점을 보완하였다.

photo.1은 본 연구에 사용된 증자장치이다.

대두의 침지와 증자 이후 크기 및 색깔의 변화를 측정하기 위한 영상처리 시스템은 Color CCD와 Color Image Board로 구성되어 있으며 RGB (Red, Green, Blue)는 각각 8bit Resolution으로 처리하였다.

물성분석을 위해 이용한 실험기기는 Texture Profile Analysis (TPA) 측정을 위한 Instron Universal Tester이며 탐침의 직경은 2 mm이며 압축률은 90%, 탐침의 이송속도는 1 mm/sec로 설정하였다.

실험방법

기존의 연구에서는 대두의 수분흡수량을 대두의 중량 또는 용적으로 결정하였으나 이는 공정중에 수행되는 on-line 검사방법으로 적용하기 어렵다. 따라서 본 연구에서는 이러한 결점을 해결하기 위해 상온(25°C)과 32°C의 경우에 대해 침지수온의 변화에 따른

Table 1. Steaming time(sec) at various steaming pressures

분류번호 / 증자압력	1	2	3	4	5
2 kg/cm²G	120	240	320	400	480
3 kg/cm²G	120	180	240	300	360
4 kg/cm²G	60	120	180	240	300
5 kg/cm²G	60	100	120	140	160

대두의 수분 흡수량을 화상처리 시스템을 이용하여 대두의 크기를 측정함으로서 공정중 실시간으로 검사할 수 있는 방법을 제시 하였다.

매 시간별로 침지시킨 대두의 크기를 화상에 나타난 대두의 Piexel 수로 결정하였고 침지후 대두의 크기는 침지전 대두의 크기와 비교하여 투사면적의 백분율로 표시하였다.

대두의 증자상태는 압력에 따른 원료대두의 증자시간을 변화시킴으로서 대두의 물성과 색깔변화를 분석하여 적정한 증자조건을 제시하기 위한 실험을 하였다.

본 연구에서 사용한 색의 표시방법은 원료대두의 색깔이 증자과정이후 변화하는 특성을 이용하여 증자전과 증자후의 대두를 세가지 색(Red, Green, Blue)의 명암도를 측정하여 그 차이를 비교하였다. 그러나 이러한 색의 변화는 화상의 조명의 밝기에 영향을 받으며 대두의 그림자에 의해 색도가 변화할 수 있다. 따라서 이러한 외부 영향을 최소화 하기 위해 카메라의 양단에 조명을 설치하였다.

대두의 물성분석은 증자압력에 따른 증자시간을 변화하면서 대두의 강도를 측정하였으며 증자대두를 얼음물에 급속냉각시킴으로서 강도의 변화와 대두에 잔류하는 증자열에 의한 단백질 변성을 방지하였다

실험조건은 증자압력을 2 kg/cm²G에서 5 kg/cm²G까지 1 kg/cm²G씩 증가시키면서 수행하였으며 증자시간은 증자압력에 따라 Table 1과 같이 설정하였다.

결과 및 고찰

침지수온과 침지시간

Fig. 2와 Fig. 3은 침지수온의 변화에 따른 침지대두를 화상처리 시스템을 이용하여 매 시간별로 측정한 영상이다. 침지시간이 증가 할수록 대두의 색깔과 크기의 변화로부터 수분흡수량이 증가하고 있음을 알 수 있었다.

Fig. 4는 침지수온에 따른 대두의 수분흡수량을 검사하기 위해 영상처리 시스템을 이용하여 처리한 대두의 크기를 침지전 대두와 비교하여 백분률로 나타

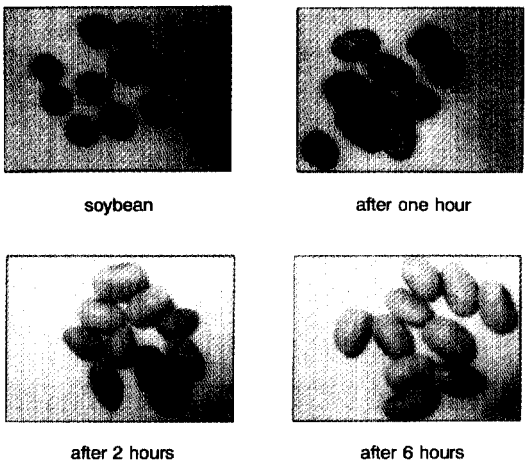


Fig. 2. Photographs of soybean with various soaking time at 25°C.

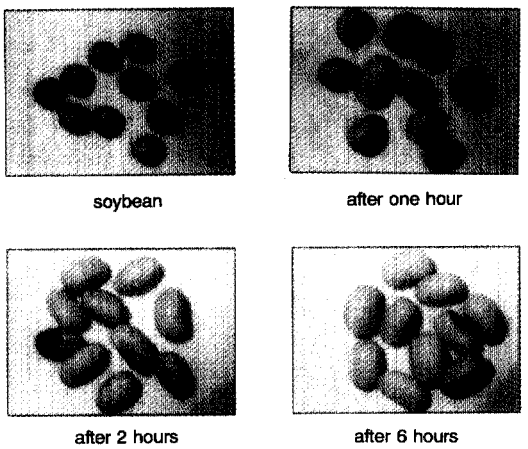


Fig. 3. Photographs of soybean withvarious soaking time at 32°C.

낸 것이다. 세로축은 대두의 투사면적으로 침지전 대두의 투사면적(100%)과 침지후 대두의 투사면적을 비교한 PRA (Projected Area Rate)를 나타낸 것이다. Fig. 4로부터 침지수온이 상온(25°C)인 경우 7시간, 침지수온이 32°C인 경우 4시간30분 경과 후 대두의 크기가 침지전 대두의 크기에 215%까지 도달함을 알 수 있다. 따라서 대두의 영양분이 용출되지 않는 범위내에서 침지수온을 상승시킴으로서 침지시간을 단축시킬 수 있으며 침지공정의 자동화의 어려움인 시간지연의 문제점을 해결할 수 있다.

증자압력과 증자시간

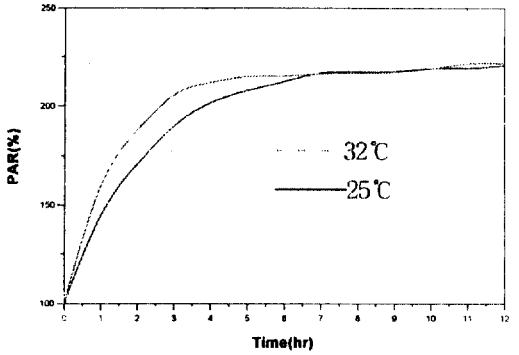


Fig. 4. PAR of soybean at various soaking temperature conditions.

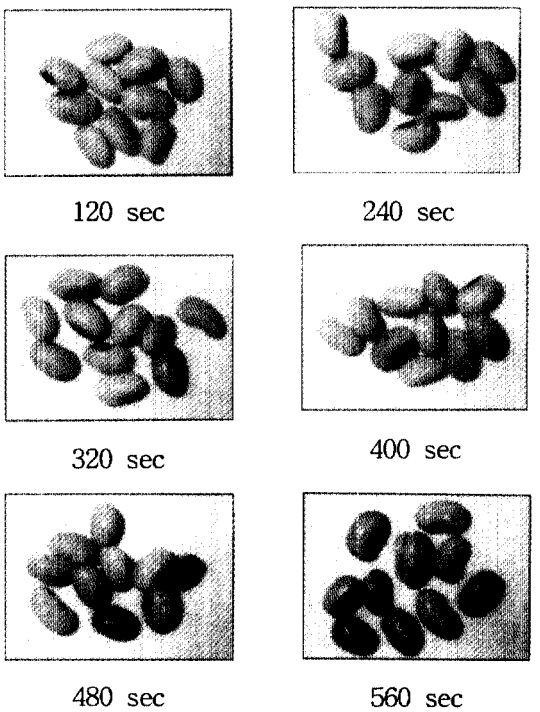
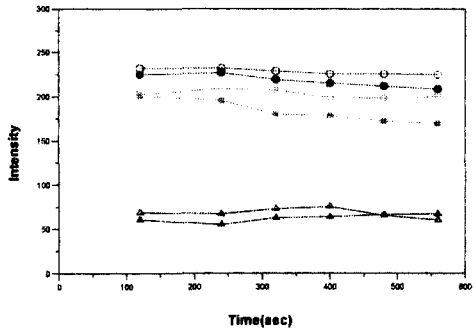


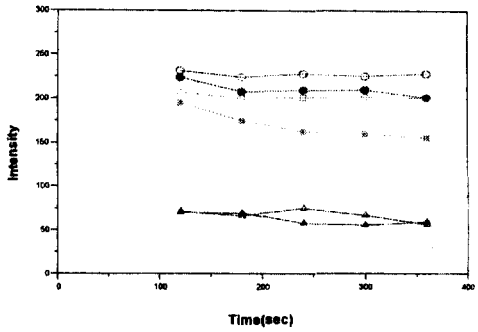
Fig. 5. Steasmed soybean photograph at 2 kg/cm²G

Fig. 5는 증자압력 2 kg/cm²G에서의 영상처리 결과이다. 그림에서 보듯이 일정한 압력에서 증자시간이 길수록 대두의 표면색이 갈색으로 변화함을 알 수 있다.

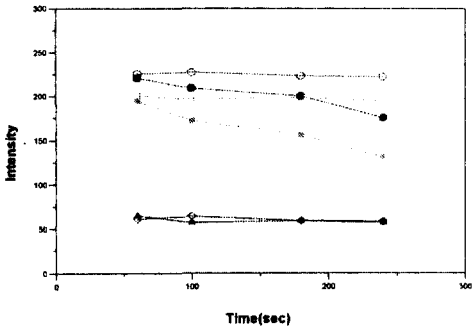
Fig. 6(a)~(d)는 증자압력과 증자시간에 따라 얻어진 영상을 색의 명암으로 처리한 것이다. 그림으로부터 RGB (Red, Green, Blue)의 변화는 각각 동일 대두에 대해 비교하였으며 각 영상에서 샘플 10개에 대한 평균값을 구하였다. 원두의 경우 Red 값은 232~224, Green 값은 208~198, Blue 값은 66~56범위이다. 증자



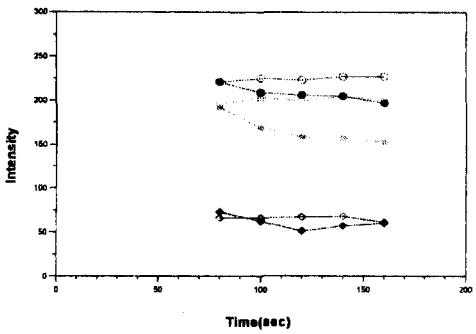
(a) steaming pressure 2 kg/cm^{2}G



(b) steaming pressure 3 kg/cm^{2}G

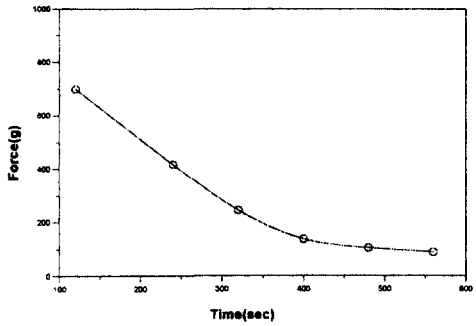


(c) steaming pressure 4 kg/cm^{2}G

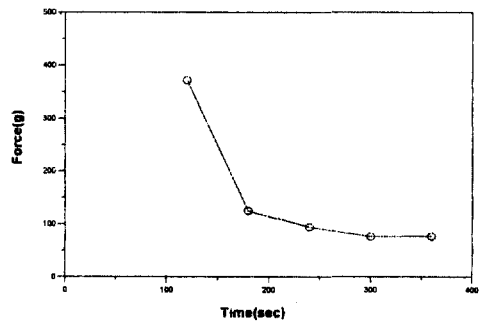


(d) steaming pressure 5 kg/cm^{2}G

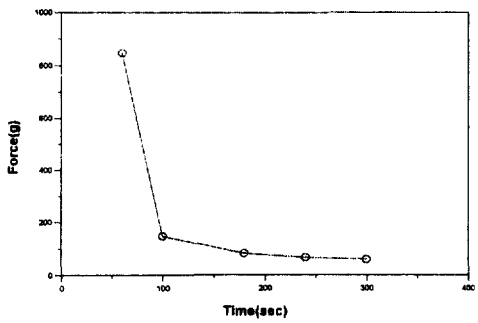
Fig. 6. Change of RGB on various steaming times. ○—○: Red, □—□: Green, ◇—◇: Blue, open: before, closed: after



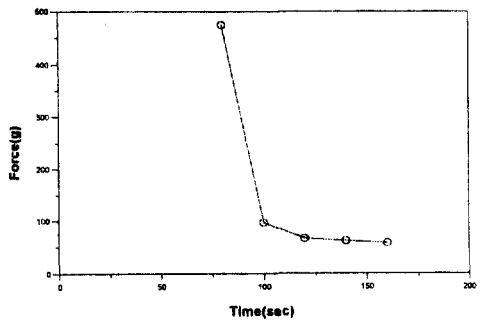
(a) steaming pressure 2 kg/cm^{2}G



(b) steaming pressure 3 kg/cm^{2}G



(c) steaming pressure 4 kg/cm^{2}G



(d) steaming pressure 5 kg/cm^{2}G

Fig. 7. Change of hardness with various steaming time.

압력과 증자시간의 변화에 따라 적정한 증자시간내에서 Red 값은 226~200, Green 값은 195~161, Blue 값은 73~57로 나타났다. 실험결과로부터 Green 값이 Red와 Blue 값에 비해 증자전과 증자후의 변화가 가압 시간의 증가에 따라 원대두에 비해 뚜렷하게 변함을 알 수 있었다. 이러한 결과로부터 증자압력에 대한 적정한 증자시간은 Green색의 명암이 175±10의 값으로 결정할 수 있었다.

Fig. 7(a)~(d)는 12시간 침지이후의 대두를 증자압력과 증자시간을 변화하면서 강도의 변화를 측정한 것이다. 종래의 증자압력에 따른 증자시간을 고려할 때 대두의 강도는 90~500 g이었으나 제품내에 대두의 알갱이가 포함되기를 원하는 소비자의 기호를 충족시키기 위해서 증자대두의 강도는 120 g 이상의 강도를 필요로하므로 증자압력에 따른 증자시간은 기존의 시간보다 단시간 증자하는 것이 대두의 강도를 유지할 수 있다.

Table 1에서 표시된 부분은 화상측정과 강도측정 결과로부터 얻은 적정한 대두의 증자 시간영역을 표시한 것이다.

요 약

대두의 침지상태는 화상처리 시스템을 이용하여 대두의 투상면적(Projected Area Rate)을 비교하였고 침지수온이 상온(25℃)인 경우 7시간, 침지수온이 32℃인 경우 4시간30분 경과 후 대두의 크기가 침지전 대두의 크기에 215%까지 도달함을 알 수 있었다. 또한 침지후 대두의 크기는 원 대두의 길이변화가 높이변화와 폭변화보다 상대적으로 크게 변함을 알 수 있었다.

증자압력과 증자시간이 증가함에 따라 대두의 RGB (Red, Green, Blue)의 변화는 동일 대두에 대해 증자전과 증자후의 색깔을 비교하였다. 증자압력과 증자시간의 변화에 따라 적정한 증자시간내에서 Red 값은 226~200, Green 값은 195~161, Blue 값은 73~57로 나타났다. 실험결과로부터 Green 값이 Red와 Blue 값에 비해 증자전과 증자후의 변화가 가압 시간의 증가에 따라 원대두에 비해 뚜렷하게 변함을 알 수 있었다. 이러한 결과로부터 증자압력에 대한 적정한 증자시간은 Green색의 명암이 175±10의 값으로 결정할 수 있었다.

종래의 증자압력에 따른 증자시간을 고려할 때 대두의 강도는 90~500 g이었으나 제품내에 대두의 알갱이가 포함되기를 원하는 소비자의 기호를 충족시키기 위한 증자대두의 강도는 120 g 이상의 강도를 필요로하므로 증자압력에 따른 증자시간은 기존의 시간보다 단시간 증자하는 것이 대두의 강도를 유지할 수 있을 것으로 판단된다.

대두의 색깔과 강도의 변화를 통하여 증자압력 2 kg/cm^{2}G인 경우 240~400 sec, 증자압력 3 kg/cm^{2}G인 경우 120~240 sec, 증자압력 4 kg/cm^{2}G인 경우 60~120 sec, 증자압력 5 kg/cm^{2}G인 경우 80~100 sec를 적정한 증자시간으로 결정하였다.

감사의 글

이 논문은 충남대학교 산업기술연구소 산·학·연 컨소시엄 과제로 수행된 연구결과의 일부로서 이에 감사드립니다.

문 헌

염재훈, 이문호 : C-언어를 이용한 영상신호 처리. 대영사.

김희승 : 영상인식.생능출판사.

Kim, K.-M., Seo, D.-W. and Chun, J.-K.: Image processing system for color analysis of food. *Korean J. Food Technol.*, **28**(4), 786-789 (1996).

Won C.S., Lee, S.J.: In-line processing system for measurement of extrudate thickness. *Korean J. Food Technol.*, **26**(4), 448-452 (1994).

Chun, J.-A. and Song, E.-S.: Sensory and physical properities of low-fat mayonnaise made with start-based fat replacers. *Korean J. Food SCI. Technol.* **27(6)**, 839-844 (1995).

식품물성학, 송재철외 1인, 울산대학교 출 판부