KOREAN J. POST-HARVEST SCI. TECHNOL. AGRI. PRODUCTS
Vol. 4. No. 3, pp. 337~341

밤 가공품 자숙 공정 중 물성의 변화 및 최적화

김영찬 · 이주백* · 강우원** · 최종욱 · 정신교
경북대학교 식품공학과, *협성농산, **상주산업대학교 식품영양학과

Optimization of Boiling Process and Texture Change in Heating

Young-Chan Kim, *Joo-Baek Lee, **Woo-Won Kang,Jong-Uck Choi, Shin-Kyo Chung
Department of Food science and Technology, Kyungpook National University
**Hyupsung Nongsan Co, LTD.*
***Department of Nutrition and Food Science, Sangju National Polytechnic University*

Abatract

Texture is an important quality factor of processed chestnut products, which changes depending on the conditions of boiling process. The conventional boiling process consists of three stage(1st : 70 minutes at 60℃; 2nd : 20minutes at 70℃; 3rd : 80minutes at 98℃). To improve the conventional boiling process of processed chestnut products, we investigated the changes of texture at different stages of boiling process and undertook the optimization of boiling process by response surface method on heating times of 2nd and 3rd heating, and amount of softening agent. The initial hardness and cohesiveness, the most important textural characteristics of chestnut, were 7.876kg and 0.189, respectively. In the third boiling stage, hardness decreased to 0.313kg and cohesiveness increased to 0.310. Using response surface method the minimum point of hardness and maximum point of cohesiveness was examined and model equations for predicting the changes of hardness and cohesiveness in the optional boiling condition were developed.

Key words : chestnut, boiling process, texture

서 론

밤은 너도 밤나무과의 밤나무속의 견과류의 열매이며 70년도 이후 정부의 유실수 장려 정책으로 꾸준히 그 생산량이 증가하여 92년도 이후 10만톤을 상회하는 농가의 주요한 소득원이되는 과실중의 하나이다[1]. 또한 최근 들어 거의 매년 1억불이상이 수출되는 대표적인 농산물로서 깐밤, 감로자, water pack 제품의 형태로 주로 일본으로 수출되고 있다.

밤가공 제품의 가장 중요한 제조 공정은 자숙 공정이다. 자숙 공정의 온도 및 시간에 따라 현장에서 손실량이 그만큼 많아지며 또한 감로자의 물성 및 당침 속도에도 영향을 주게 된다.

밤 가공회사에서 자숙은 대부분 현장의 경험에 의해 온도 및 시간, 연화제의 첨가량 등이 관행적으로 정해진 공정에 따라 이루어지며 이론적이고

Corresponding author : Shin-Kyo Chung, Dept. Food sci. & Technol., Kyungpook National University, Sankyuk-Dong, 1370, Taegu 702-701, Korea

학술적인 근거나 뒷받침은 없는 실정이다. 국내에서 밤에 관하여는 성분 분석[2], 중간제품 가공[3], 저장[4-6] 등에 관하여 수편의 보고가 있으나 자숙 공정에 관한 연구는 전무하다.

따라서 에너지 절감 및 경비 절감 등의 공정 개선 차원에서 본인 등은 현행 자숙 공정에 따른 밤의 가장 중요한 품질 특성인 물성의 변화를 해석하고 이에 의거하여 자숙 온도, 시간 및 첨가물의 함량 등의 밤의 최적 자숙 조건을 구명하고자 하였다.

재료 및 방법

공시재료

시료 밤은 충남 부여 농협에서 96년 10월에 구입한 축파 품종을 선별하고 박피하여 M(20~26g) 사이즈를 사용하였다.

Table 1. The operating conditions of texture meter for texture analysis of chestnut

Items	Conditions
Instrument	Texture Analyser (TA-XT2, England)
Clearance	7㎜
Plunger	Ø5㎜
Force Threshold	30.0g
Contact Force	5.0g
Contact Area	19.63㎟
T.P.A speed	3㎜/sec

물성 분석

원료 밤, 자숙 공정에 따른 밤의 물성은 Texture Analyser(TA-XT2, England)로 Table 1의 조건에서 2회 반복 puncture test를 행하여 측정하여 얻은 TPA(Texture Profile Analysis) curve로부터 견고성(hardness), 응집성(cohesiveness), 탄성(springness), 뭉침성(gumness), 접착성(adhesiveness), 씹힘성(chewiness)을 구하였다. 이때 시료는 임의적으로 15개를 취하여 반복 측정하였다.

기존의 밤의 자숙 공정

원료 깐밤을 선별하여 0.1% 인산염을 첨가 후 가열하여 60℃에서 70분간 유지한 후 냉각하고 두 번째 단계에서 0.15% 명반, 0.05% 산화방지제를 첨가 후 다시 70℃ 까지 가열하여 20분간 유지하고 세 번째 단계에서 98℃까지 온도를 올린 후 연화제를 0.3% 첨가하여 80분간 유지시킨 후 서서히 실온까지 유수 냉각하였다.

반응표면분석법에 의한 자숙 공정의 설계

반응표면분석법을 이용해서 밤 자숙공정의 최적화를 실시하고 이차식 형태의 반응 모형을 결정하기 위해 중심합성계획법에 의하여 실험을 설계하였다[7]. 즉 자숙 공정 중 밤의 물성에 크게 영향을 미치는 두 번째 단계의 유지 시간(T_1), 세 번째 단계 유지시간 (T_2), 연화제 농도(MS)를 독립변수로 한 직교 배열표로 2^3 개의 요인점과 6개의 축점, 그리고 하나의 중심점을 가지도록 설계하였다(Table 2). 반응표면모형으로는 보통 적은 오차한계 내에서 간편한 식으로 표현되는 실용적인 2차 회귀모형을 적용하였다[8]. 총 실험구는 요인점과 축점, 중심점을 합한 15개이며 각각의 조건에서 물성은 15회 반복 측정하였다.

Table 3. The changes of texture during boiling process of chestnut

texture / process	hardness (kg)	cohesiveness	springness (cm)	gummness (g)	adhesiveness (g · cm)	chewiness (g · cm)
Raw chestnut	7.876	0.189	0.910*	1680.84	-467.49	1698.40
I**	3.670	0.181	0.944	654.47	-59.03	618.02
II**	2.682	0.200	0.928	524.70	-51.50	481.77
III**	0.313	0.310	0.837	102.68	-36.86	76.40

* Values reported are means of 15 observations.

** Stage of boiling process

Table 2. The central composite design by RSM computer program for optimization during boiling process of chestnut

treat No.	T_1*		T_2**		MS***	
	coded	un-coded	coded	un-coded	coded	un-coded
1	-1	10	-1	60	-1	0.2
2	-1	10	-1	60	1	0.4
3	-1	10	1	80	-1	0.2
4	-1	10	1	80	1	0.4
5	1	30	-1	60	-1	0.2
6	1	30	-1	60	1	0.4
7	1	30	1	80	-1	0.2
8	1	30	1	80	-1	0.4
9	-1	10	0	70	0	0.3
10	1	30	0	70	0	0.3
11	0	20	-1	60	0	0.3
12	0	20	1	80	0	0.3
13	0	20	0	70	-1	0.2
14	0	20	0	70	1	0.4
15	0	20	0	70	0	0.3

*T_1 means 2nd stage holding time of boiling(min)

**T_2 means 3rd stage holding time of boiling(min)

***MS means concentration of softenting agent(%)

결과 및 고찰

밤 자숙 공정 중 물성의 변화

밤의 자숙 공정 단계별 물성 측정 결과는 Table 3과 같으며 생밤의 견고성은 7.876kg으로서 60℃의 첫 번째 가온 단계에서 경도는 거의 반 정도로 감소하며 70℃인 두 번째 가온 단계에서는 이로부터 약간 감소하는 2.682kg 이다. 그러나 최종 공정인 98℃에서는 0.313kg으로서 급격히 감소하였다. 또한 응집성은 0.189로서 첫 번째 가온 단계에서는 거의 변화가 없다가 두 번째 가온 단계에서는 0.200으로 약간 증가하였으며 세 번째 가온 단계에서 크게 증가하였다. 따라서 밤의 물성에 가장 큰 영향을 미치는 것은 세 번째 가온 단계라고 할 수 있다. 즉 두 번째 단계인 70℃에서 밤의 일부 전분의 호화가 일어나며 최종적으로 98℃에서 밤 전분의 호화가 완료되어 부드러운 조직감과 응집성을 지니게 된다. 한편 뭉침성은 원료 밤에 비하여 자숙 후 크게 감소하였으며 탄성은 자숙 초기에는 조금 증가하다가 자숙 완료 후 소폭으로 감소하였다. 이는 주 등[9]이 밤 전분겔의 견고성과 응집성을 조사하여 가열온도가 증가할수록 견고성은 감소하고 응집성은 증가한다고 보고한 바와 유사한 결과이었다.

반응표면 분석법에 의한 밤 자숙 공정의 최적화

자숙공정에 따른 밤의 물성을 조사한 결과 두 번째 단계의 유지시간(T_1), 세 번째 단계의 유지시간(T_2)이 물성에 가장 큰 영향을 미친다고 할 수 있다. 그러므로 T_1, T_2, 연화제를 독립변수로하여 반응표면분석법을 이용해서 밤 자숙공정을 최적화하고 이차식 형태의 반응 모형을 구하기 위해 중심합성계획법에 의해 실험을 설계하였다.

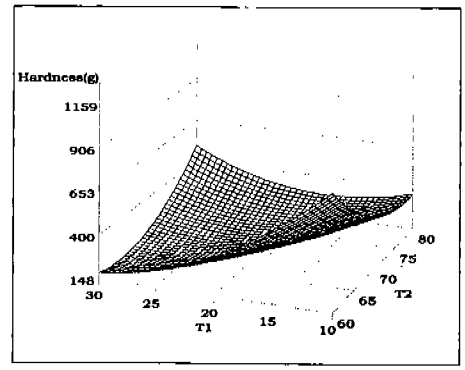

Fig. 1. Response surface of hardness at different levels of independent variables during boiling process of chestnut. (ms=0.25%)
T_1 means 2nd stage holding time of boiling(min)
T_2 means 3rd stage holding time of boiling(min)

반응표면분석법에 의해 밤 자숙시 경도가 최소가 되는 점을 조사한 결과 두 번째 가온 단계인 70℃에서 T_1이 23분, 세 번째 단계인 98℃에서 T_2가 72분, 연화제의 농도가 0.25%인 것으로 나타났다. 또한 이때의 견고성은 0.16kg이었다. Fig. 1은 견고성을 종속변수로 하여 연화제 농도가 0.25%일 때 T_1 과 T_2에 따른 밤 견고성의 변화를 도시

한 것이다. 본 그림으로 알 수 있는 것은 밤의 견고성은 T_1이 증가할수록 느리게 감소하며 또한 T_2도 60분에서 72분으로 증가할 때 까지는 감소하다가 72분 이후에는 오히려 증가하는 경향이었다. 이는 밤의 견고성은 두 번째 단계인 70℃, 세 번째 단계인 98℃에서의 holding time에 의존한다는 것을 의미한다.

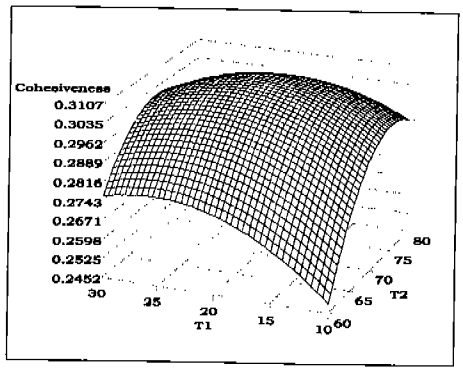

Fig. 2. Response surface of cohesiceness at different levels of independent variables during boiling process of cgestnut. (ms=0.26%)
T_1 mean 2nd stage holding time of boiling(min)
T_2 mean 3rd stage holding time of boiling(min)

한편 밤의 응집성이 최대가 되는 점을 반응표면분석법으로 조사한 결과 T_1이 17분, T_2가 76분, 연화제의 농도는 0.26%인 것으로 나타났다. 이때의 응집성은 0.313이었다. Fig.2는 응집성을 종속변수로 하여 연화제 농도가 0.26%일 때 T_1 , T_2의 변화에 따른 밤 응집성의 변화를 본 것이다. 먼저 T_1이 10분에서 30분 까지 증가할 경우 응집성은 소폭으로 증가하였다. 그러나 이에 비하여 T_2가 증가할수록 밤의 응집성은 큰 폭으로 증가하였다. 즉, T_2를 60분에서 76분 까지 증가시킬 경우 밤의 응집성은 크게 증가하나 76분 이후부터는 시간의 증가에 따라 오히려 감소하는 경향이었다. 이것은 두 번째 가열 단계에서는 응집성의 변화가 미미하며 따라서 밤의 자숙시 응집성에 크게 영향을 끼치는 것은 세 번째인 98℃에서의 holding time인 것을 알 수 있다.

그리고 밤의 자숙 공정에 따른 경도, 응집성의 변화를 예측할 수 있는 이차식 형태의 모형식은 아래와 같다. 이 모형식은 simulation program에서 자숙 공정 동안의 변화를 예측하는데 사용되며 T_1, T_2, M은 각각 두 번째 단계 유지시간, 세 번째 단계 유지시간, 연화제의 농도이다.

$$Y_1 \text{ (Cohesiveness)} = -1.025+0.005T_1+0.028T_2+1.596\ M+0.0004T_1^2-0.0001T_2^2-1.427\ M^2-0.00007\ T_1T_2-0.005T_1M-0.009T_2M \quad \text{-------(1)}$$

$$Y_2 \text{ (Hardness)} = 16.556-0.209T_1-0.302T_2-23.240M+0.001T_1^2+0.001T_2^2+11.956M^2+0.001T_1T_2+0.033T_1M+0.225T_2M \quad \text{---------(2)}$$

위의 모형식에 의해 현행 자숙 공정에 따라 자숙한 밤의 경도 0.313kg, 응집성 0.310의 물성을 가질 수 있는 새로운 자숙 공정변수를 예측한 값은 Table 4와 같다.

Table 4. Theoretical values of boiling processing variables of chestnut by RSM

Texture \ Processing variables	T_1* (min)	T_2** (min)	MS*** (%)
Cohesiveness	41	60	0.2
	10	87	0.2
	10	60	0.51
Hardness	43	60	0.2
	10	96	0.2
	10	60	0.57

*T_1 means 2nd stage holding time of boiling(min)
**T_2 means 3rd stage holding time of boiling (min)
***MS means concentration of softening agent(%)

따라서 자숙 공정에서 두 번째 단계인 70℃에서 40분간 유지시키고 연화제 양을 현재의 0.3%에서 0.2%로 감소하고 98℃에서 60분 유지시키더라도 현재의 자숙공정에서와 같은 물성의 자숙밤을 제조할 수 있어 밤 가공품 제조시 에너지 및

연화제의 절감에 따른 원가 절약에 기여할 수 있으리라고 사료된다. 또한 본 식을 이용하여 임의의 물성을 가지는 밤의 자숙 공정의 시험적 도출이 가능하리라 예상된다.

요 약

밤 가공품의 제조에서 자숙공정은 0.1% 인산염을 첨가하여 60℃에서 70분간 열탕 가열하고 2번째 단계로 70℃의 가열, 3번 째 단계에서 98℃에서 연화제를 첨가하여 가열하고 있다. 자숙공정을 개선하고자 자숙 공정에 따른 밤의 물성 변화를 조사하고 반응표면분석법에 의하여 2단계 가열시간, 3단계 가열시간, 연화제 첨가량의 공정조건의 최적화를 시도하였다. 밤의 초기 경도는 7.876kg, 응집성은 0.189로서 경도는 세 번째 가온 단계에서 가장 크게 감소하여 0.313kg을 나타내었고 응집성도 이 단계에서 크게 증가하여 0.310까지 증가하였다. 반응표면분석법을 이용하여 경도가 최소가 되는 점, 응집성이 최대가 되는 점을 조사하고 밤의 자숙 공정에 따른 경도, 응집성의 변화를 예측할 수 있는 다음과 같은 모델식을 구하였다.

Y_1 (Cohesiveness) $= -1.025+0.005T_1+0.028T_2+1.596M+0.0004T_1^2-0.0001T_2^2-1.427\ M^2-0.00007T_1T_2-0.005T_1M-0.009T_2M$ ——(1)

Y_2 (Hardness) $=16.556-0.209T_1-0.302T_2-23.240M+0.001T_1^2+0.001T_2^2+11.956M^2+0.001\ T_1T_2+\ 0.033T_1M+0.225T_2M$ ---------(2)

감사의 글

이 연구는 농림수산특정연구과제('95년 현장애로기술사업, 과제번호 195149-3)에 의하여 수행된 결과 중 일부이며 이에 감사드립니다.

참 고 문 헌

1. 농림수산부, 1993, 농림수산통계연보
2. 祭良省三, 山崎昌良 (1961) 生および蒸煮栗果の成分, 日本 農化學會誌 35(5), 490-492
3. 이현유, 신응태, 남영중, 서기봉 (1979) 밤의 중간제품 가공 및 저장에 관한 연구, 제 1보. 당침밤, 으깬밤 및 Flake가공·저장에 관한 시험, 농개공식품연구소 사업보고서, 51
4. 이현유, 신응태, 남영중, 서기봉 (1979) 밤의 중간제품 가공 및 저장에 관한 연구, 제 2보. 당침밤의 설탕대체시험 및 중간제품의 이용도 개발시험, 농개공식품연구소 사업보고서, 71
5. 임 호, 김정옥, 신동화, 서기봉 (1980) 밤 저장에 관한 연구, 한국식품과학회지12(3), 170-175
6. 이병영, 윤인화, 김영배, 한판주, 이정명 (1985) 밤의 Polyethylene Film 밀봉 저장 효과, 한국식품과학회지, 17(5), 331-335
7. 박성현 (1991) 현대실험계획법. 민영사, p. 575
8. Myers, R. H. (1975) Response surface methodology. p. 65
9. 주난영, 안승요 (1995) 밤 전분 및 전분겔의 성질에 관한 연구, 한국식품과학회지 27(6), 1017-1027

(1997년 11월 6일 접수)