

발효시간에 따른 증편의 물성변화

박영선 · 서정식*

대구대학교 식품영양학과, *영남전문대학 식품영양과

Changes in Physical Properties of Jeungpyun During Fermentation

Young Sun Park and Chung Sik Suh*

Department of Food and Nutrition, Taegu University

*Department of Food Science and Nutrition, Yeungnam Junior College

Abstract

Physical properties of Jeungpyun product were analyzed during fermentation in the ranges of 0 to 10 hours. Penetration value of Jeungpyun sample measured by penetrometer was increased greatly according to the development of fermentation time, recording maximum value, 135 at 7 hours. Specific volume and total pore ratio were also increased greatly in course of fermentation time, recording maximum value, 3.5 cm³/g-dry matter and 54.9% at fermentation time, 6 hours and 4 hours respectively while they were decreased since then. Some remaining peaks on X-ray diffractogram were seen in all the Jeungpyun samples. Micropores and macropores were observed on cross-sectional view of all the fermented Jeungpyun samples.

Key words: Jeungpyun, fermentation, physical properties, dough steaming, price processing

I. 서 론

증편제조는 막걸리를 발효원으로 이용하여 발효과정 및 증자과정을 거치므로 밀가루로 만든 서양의 빵에 비견할 수 있는 우리 고유의 쌀로 만든 빵이라 할 수 있다.

제빵시 baking 과정 중에 반죽팽창은 60°C까지 일어나고 발효미생물의 파괴, 효소불활성화, 전분의 호화, gluten의 열응고, 수분증발, 빵 외층의 경화 등 많은 물리적, 화학적, 생물학적 과정이 관계한다^{1,2)}. 제빵과는 다르지만 증편제조에 있어서도 증자과정 중에 많은 변화가 일어날 것으로 충분히 예상된다. 또한 증편제조에 표준화를 위하여서는 특히 많은 변화가 예상되는 발효 및 증자과정의 이해가 필요하다. 그러나 증편과 관련하여 제한된 논문³⁻⁶⁾을 접할 수 있으나 증자과정과 관련한 연구는 없다. 증편연구에 도움을 줄 수 있는 자료로는 밀가루 이외의 곡류를 이용한 발효식품인 sour dough로 만든 rye bread⁷⁾ 100% 쌀로 만든 효모발효빵⁸⁾, 인도의 전통적인 발효쌀식품인 idli(rice pudding)와 dosai(rice cake)⁹⁻¹⁶⁾, 필리핀의 puto(rice cake)^{17,18)} 등을 들 수 있다. 이들 발효식품들의 제조는 곡류재료를 분말로 한 후 적당한 부재료를 첨가하여

반죽을 만들고, 이를 발효시킨 후 가열처리하는 과정을 공통적으로 거친다. 그러나 밀가루를 원료로 한 빵류를 제외하고는 그 이용이 적은 편이지만 일부 지방에서 이용되고 있다는 점을 감안하면 금후 제품의 개발 및 다양화의 가능성이 충분하다고 생각된다. 본 연구에서는 발효 및 증자과정중 전보⁹⁾에 이어 증편의 품질특성과 특히 관련이 깊은 몇가지 물리적 성질들의 변화양상을 분석·검토하였다.

II. 재료 및 방법

1. 재료

멥쌀(품종: 아끼바레)은 시중에서 구입하였으며 탁주는 시판 막걸리(대구 제2합동제조장)를 실험 당일 구입하였다. 설탕은 정백설탕(제일제당), 식염은 제염염, 물은 수도물을 각각 사용하였다.

2. 증편제조

쌀가루제조, 재료배합 및 증편제조는 전보⁹⁾에 준하였다.

(1) 쌀가루제조

쌀은 수세하여 20°C에서 8시간 수침시킨 후, 체에

받쳐 1시간 방치하여 물빼기를 한 다음 쌀가루의 1.5%(w/w)에 해당하는 소금을 첨가하고 제분기에서 2회 분쇄하였다. 분쇄한 것을 전기체로 내려서 쌀가루 시료로 하였다. 이때의 쌀가루 입도분포는 20~140 mesh이었다²⁰⁾. 쌀가루의 무게는 원료쌀의 1.4배를 기준으로 하였고 이에 미달시는 반죽할 때 별도의 물로 보충하였다.

(2) 반죽의 재료배합 및 증편제조

쌀가루 100, 설탕 10, 탁주 15, 물 30의 비율로 재료를 혼합한 다음 파리가 일도록 20분간 휘저은 것을 반죽 0시간으로 정하고 30°C 항온기에서 소정의 시간동안 반죽의 발효를 행하였다. 발효가 끝난 반죽을 떡틀 (size: 37×31×2 cm)에 담아 무쇠솥에서 30분간 찜 것을 본 실험의 증편시료로 사용하였다.

3. 시료조제

증편제조 직후 전보²¹⁾와 동일하게 동결건조하여 이를 분석용 시료로 하였다.

4. 증편의 침입도

증편시료의 침입도 측정은 Maleki와 Siebel²²⁾의 방법을 응용하였다. 증자 직후의 증편시료를 26°C까지 방냉한 다음 시료의 크기를 두께 5 cm, 무게 200 g으로 절단한 것을 측정용 시료로 하여 penetrometer(JIS 1776, Japan)로서 침입도를 측정하였다. 관입(貫入)시간 5초에서 관입길이 0.1 mm를 침입도(penetration value) 1로 하여 계산하였다.

5. 증편의 비체적

증편시료의 비체적은 이와 김²³⁾의 제빵 적성시험 비교에서 행한 비교적 측정방법을 응용하였다. 즉 시료를 가로, 세로 각 3 cm의 일정한 크기로 절단하고 그 높이를 caliper로 측정하여 시료부피를 계산하였다. 시료의 건물량은 105°C 상압건조법에 의하여 구하였으며 비체적은 시료의 건물무게 당 부피(cm³/g-dry matter)로 환산하였다.

6. 증편단면의 공극율

크기가 서로 다른 기공이 혼재하여 있는 증편단면에서 공극율을 측정하고자, 동일한 시료에서 배율만 서로 달리한 주사형전자현미경(Scanning electron microscope; ISI SS-130 Akashi, Japan, 이하 SEM) 사진(Fig. 1)의 예에서처럼, 가장 저배율인 11배 사진에서 뚜렷이 관찰되는 기공을 큰 공극(macropore)으로, 이 사진에서 큰 공극을 제외한 부위에서 볼 수 있는 미세

한 기공을 작은 공극(micropore)으로 각각 구분하였다. 공극율은 Fig. 1의 사진으로부터 기공을 Fig. 2와 같이 sheet에 검게 표시하고 이렇게 표시된 부위의 면적을 면적측정기(Model 3000, Li-COR, U.S.A.)로 측정하여 전체면적에 대한 백분비로 나타내었다.

큰 공극의 비율은 11배 사진에서 전체면적에 대한 큰 공극면적의 백분비로 하였으나 작은 공극은 이 사

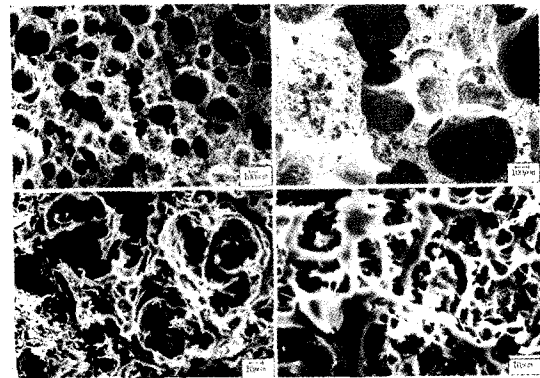


Fig. 1. Scanning electron micrographs of Jeungpyun cross-section (fermentation time: 8 hours), (magnification ratios applied: 11×, 40×, 400×, 1000×). Portions shown as black on photographs represent air pores of Jeungpyun.

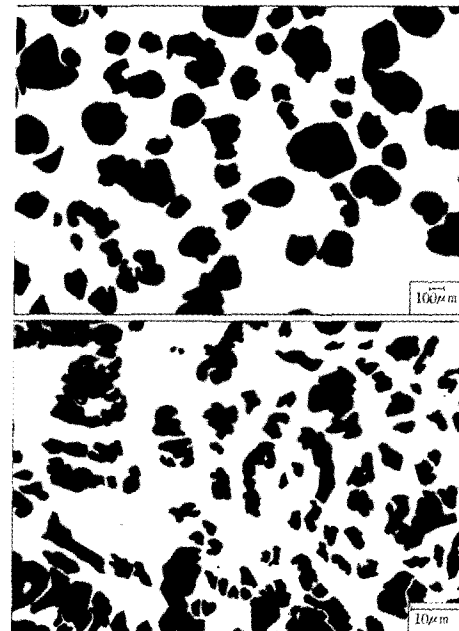


Fig. 2. Copy sheet of pore for measuring pore area. Black parts represent the pores of Jeungpyun slice.

진에서 직접 관찰하기 곤란하므로 부분적으로 확대시킨 100배 사진에서 관찰되는 기공을 작은 공극으로 가정하고 이들의 면적을 측정하여 다음 식과 같이 작은 공극의 비율을 구하였다.

$$\text{작은 공극비율} = 100 \times \text{사진에서의 기공비율} \\ \times (100 - \text{큰 공극비율}) \times 1/100$$

한편 총 공극율은 큰 공극비율과 작은 공극비율을 합친 값으로 하였다.

7. X-선 회절도

Zobel의 방법²⁴⁾에 따라 분말시료에 대하여 X-ray diffractometer(Rigaku Co., Japan)를 사용하여 전보²⁵⁾와 동일한 조건에서 조사하였다.

8. 표면구조

증편시료의 표면구조는 분말시료에 대하여 SEM (ISI SS-130 Akashi, Japan)을 사용하여 관찰하였다. 이때 시료를 접착제로 고정시키고 백금으로 도금시킨 다음 가속전압은 15 KV, 배율은 7.15~975배로 달리한 조건에서 조작하였다.

9. 통계처리

측정치는 회귀분석, 분산분석 및 least significant difference test(LSD 검정)에 의하여 유의성을 검정하였다.^{26,27)}

III. 결과 및 고찰

1. 경도

발효시간에 따른 증편의 경도(硬度) 변화를 보기 위하여 침입도(針入度)를 측정된 결과는 Fig. 3과 같다. 발효시간(x)과 증편의 침입도(y)는 2차 회귀식 $y = -0.051x^2 + 0.616x + 0.652$ ($R^2 = 0.840$)의 관계를 가지며 유의성이 있었다($p = 0.01$). 발효시간이 경과함에 따라 침입도가 증가하는 경향이며, 특히 발효 4시간까지는 크게 증가하였고 그 이후는 완만하게 증가하여 발효 7시간경에 최대치를 기록하였다. 이는 발효 4시간까지는 증편의 경도가 급격히 감소하고 그 이후는 완만하게 감소함을 의미한다.

회귀식에서 구한 최대치는 발효시간 7시간에서 침입도 134.5이었다(Table 1)

2. 비체적

발효시간에 따른 증편의 비체적변화는 Fig. 4와 같

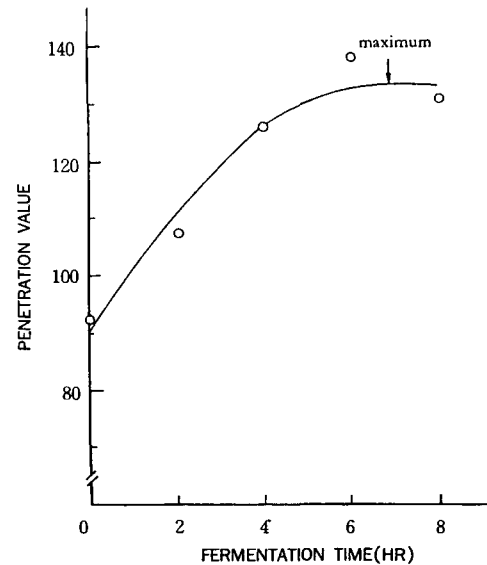


Fig. 3. Penetration value of Jeungpyun according to fermentation time.

Table 1. Regression analysis of penetration value (y) of Jeungpyun according to fermentation time (x)

Regression equation			Coefficient of determination	Maximum	
c	x	x ²		x (hr)	y
90.03	12.66	-0.902	0.957	7.018	134.45

다. 발효시간(x)과 증편의 비체적(y)은 2차 회귀식 $y = -0.051x^2 + 0.616x + 0.652$ ($R^2 = 0.840$)의 관계를 보였다. 발효초기 증편의 비체적은 크게 증가하여 발효 6시간경에 최대치를 기록하였으며 그 이후는 감소하는 경향이였다. 따라서 발효시간이 어느 한계 이상에 도달하면 비체적이 더 이상 증가하지 않음을 알 수 있다. 비체적의 증가양상은 특히 발효초기부터 발효 4시간까지 크게 증가하였는데 이는 앞의 침입도 증가 경향과 유사하여 비체적과 경도변화양상은 상호 밀접한 관련이 있음을 보여주는 결과로 생각된다. 회귀식에 의거하여 구한 최대비체적을 갖는 발효시간은 6시간이며, 이 때의 비체적은 3.527 cm³/g-dry matter 이었다(Table 2).

분산분석을 한 결과(Table 3), 시료간에 1% 수준에서 유의성이 있었으며 최대비체적에 대하여 LSD 값 5% 수준에서의 비체적한계는 발효시간 3.904~8.3시간이었다. 발효시간을 4시간이내로 제한한 실험에서 김과 장³⁾ 및 김과 이⁶⁾도 증편부피가 증가하였다고 보고하였다.

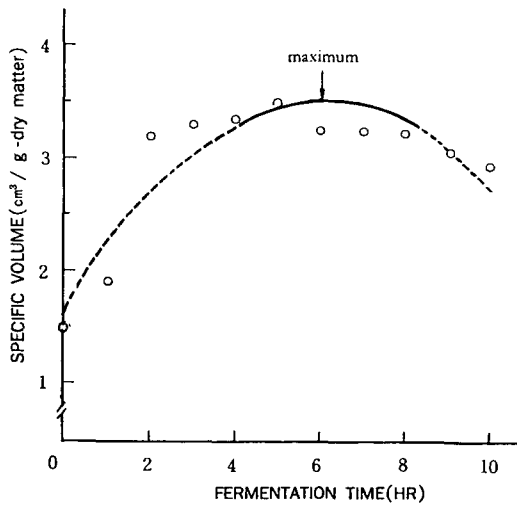


Fig. 4. Changes in specific volume of Jeungpyun according to fermentation time.

Solid line means ranges of x with LSD 0.05 at maximum specific volume.

Table 2. Regression analysis of specific volume (y) of Jeungpyun according to fermentation time (x)

Regression equation			Coefficient of determination	Maximum	
c	x	x ²		x (hr)	y (cm ³ /g-dry matter)
0.652	0.616	-0.051	0.840	6.087	3.527

Table 3. ANOVA of changes in specific volume (y) of Jeungpyun according to fermentation time (x)

F	LSD		Range of x (hr) with LSD 0.05 at maximum y
	0.05	0.01	
70.47**	0.241	0.343	3.904-8.270

**Significant at p=0.01.

3. 공극율

Table 4는 발효시간에 따른 증편단면의 공극율 변화를 SEM 사진으로부터 구한 결과이다. 작은 공극비율의 경우 발효 0시간, 2시간은 큰 차이가 없었으나 발효 4시간경에 크게 증가하여 최대치를 기록하였으며 그 이후 급격히 감소하여 발효 8시간경에 최저치가 되었다. 큰 공극비율의 경우 전체적으로 보아서 뚜렷한 경향은 보이지 않았으나 발효 0시간에 비하여 발효시료의 공극율이 모두 증가하는 경향이였다.

총공극율은 발효에 따라서 경시적으로 크게 증가하

Table 4. Pore ratios of Jeungpyun slice calculated from scanning micrographs

Fermentation time (hr)	Mi-cropore (%)	Ma-cropore (%)	Total pore (%)	Mi-cropore/Ma-cropore	Mi-cropore/Total pore
0	21.33	12.56	33.89	1.70	0.63
2	21.04	22.80	43.84	0.92	0.48
4	33.13	21.75	54.88	1.52	0.60
6	19.07	16.68	35.75	1.14	0.53
8	14.86	24.02	38.88	0.62	0.38

여 발효 4시간에 최대값을 가지며 그 이후 크게 감소하는 경향이였다. 이로 미루어 보아 총 공극율의 변화 양상은 실험방법이 다르기 때문에 직접 비교하기는 곤란하지만 비체적 변화양상과 꼭 일치하지는 않으나 상당히 접근하였다. 큰 공극에 대한 작은 공극의 비도 발효 0시간을 제외하고는 발효시간에 따라 크게 증가하여 발효 4시간에 최고값을 가지며 그 이후 다시 크게 감소하는 경향인데 특히 발효 4시간에서 그 값이 1.52를 기록하여 작은 공극의 비율이 훨씬 많음을 알 수 있었다. 총 공극에 대한 작은 공극의 비는 발효 0시간을 제외하고는 발효시간에 따라 증가하여 발효 4시간에 최대값을 가지며 그 이후 다시 감소하는 경향이였다.

이상의 결과에서 작은 공극비율, 총 공극율, 큰 공극에 대한 작은 공극의 비, 총 공극에 대한 작은 공극의 비는 발효중 대체로 동일한 변화양상을 보였으며 특히 발효 4시간에서 최대치를 기록함을 볼 수 있었다. 따라서 증편단면의 이러한 공극율 검토방법이 일반적인 비체적 방법과는 달리 증편제품의 품질 특성을 비교하는 데 새롭게 도입될 수 있음을 보여준다는 점에서 그 의의가 큰 것으로 생각된다.

4. X-선 회절도

Fig. 5는 증편의 X-선 회절도의 변화양상을 발효시간에 따라서 본 결과로서 증가과정을 거쳤음에도 불구하고 시료 모두 잔존 peak를 가지고 있었다.

반죽²⁵⁾의 경우와 비교하면 증편은 회절 peak가 다소 약화되어 결정화도의 감소를 생각할 수 있는데 이는 증자에 따른 전분의 호화와 전분분해효소 등에 의한 amylose, amylopectin의 부분적인 분해 등에 기인된 것으로 생각된다. 특히 중간 부위의 peak가 잔존하는 것은 이와 같은 증자 조건하에서는 반죽의 수분부족, 호화시간의 부족 등으로 인하여 micelle의 내부까지 완전히 호화되지 않기 때문으로 생각된다.

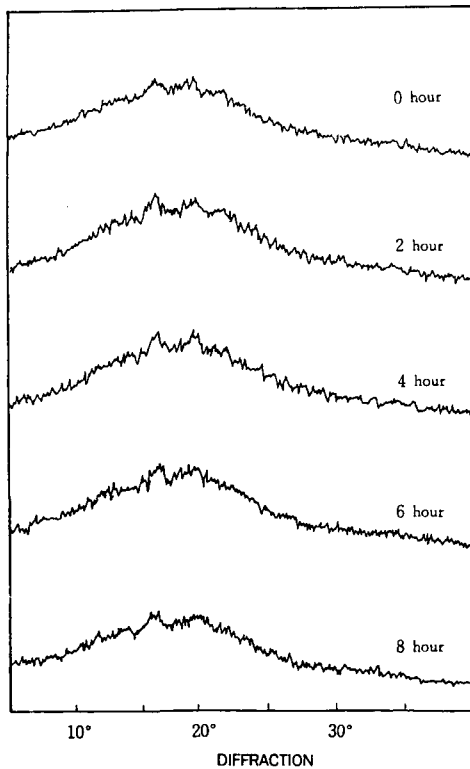


Fig. 5. X-ray diffraction pattern of Jeungpyun according to fermentation time.

5. 표면구조

Fig. 6은 발효시간에 따른 증편의 표면구조를 본 것인데 발효시료의 경우 발효 0시간에 비하여 큰 공극이 상당히 관찰되었으며 조직이 sponge상으로 변화했다.

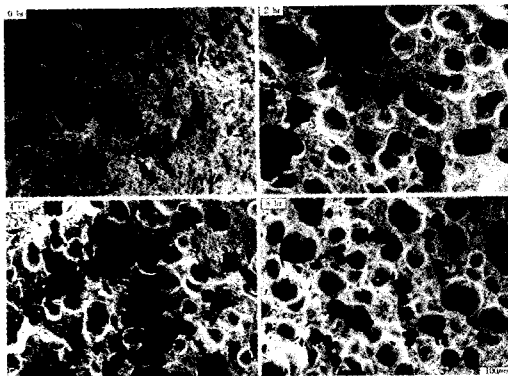


Fig. 6. Scanning electron micrographs of Jeungpyun cross-section according to fermentation time (magnification ratio: 11×).

Portions shown as black on photographs represent air pores Jeungpyun.

대체로 발효시간에 따라서 기공의 크기는 작아지고 그 수는 증가되는 양상을 보여주고 있다.

IV. 요약

발효시간을 0~10시간으로 달리하여 제조한 증편의 발효시간에 따른 물성변화를 검토하였다. 증편의 침입도는 발효시간에 따라 크게 증가하여 발효 7시간에 최대값 134.5를 기록하였다. 비체적과 총공극율도 발효 진행에 따라 크게 증가하여 발효 6시간과 4시간 경에서 각각 최대값 $3.5 \text{ cm}^3/\text{g-dry matter}$ 와 54.9%를 나타내었으나 그 이후는 감소하였다. X-ray 회절도상 증편시료 모두 잔존 peak가 관찰되었고 모든 발효시료의 증편단면에서 큰 공극과 작은 공극을 볼 수 있었다.

참고문헌

- Desrosier, N.W.: Elements of Food Technology, AVI Publishing Co., Inc., Westport, Connecticut, p.473 (1977).
- Jelen, P.: Introduction to Food Processing, Reston Publishing Co., Inc., A Prentice-Hall Company, Reston, Virginia, p.102 (1985).
- 김천희, 장지현: 채래식 증병제조법의 개량화에 관한 연구. 대한가정학회지, 8: 292 (1970).
- 이옥희: 증병제조에 관한 조리 과학적 연구. 세종대학 석사학위 논문 (1983).
- 한재숙: 한국 병과류의 조리학적 연구. II. 증편을 중심으로. 영남대학교 자원문제연구소, 3: 133 (1984).
- 김영희, 이효지: 밀가루 첨가 및 발효시간에 따른 증편의 특성. 대한가정학회지, 23(3): 63 (1985).
- Belitz, H.D. and Grosch, W.: Food Chemistry, Springer-Verlag, Berlin, p.524 (1987).
- Nishita, K.D., Roberts, R.L., Bean, M.M. and Kennedy, B.M.: Development of a yeast-leavened rice-bread formula. *Cereal Chem.*, 53: 626 (1976).
- SteinKraus, K.H., van Veen, A.G. and Thiebeau, D.B.: Studies on idli-An Indian fermented black gram-rice food. *Food Technol.*, 21: 916 (1967).
- van Veen, A.G.: Fermented rice foods. In "Rice: Chemistry and Technology", ed. by Houston, D.F., *Am Assoc. Cereal Chem.*, St. Paul, MN., p.428 (1972).
- Batra, L.R. and Millner, P.D.: Some Asian fermented foods and beverages and associated fungi. *Mycologia*, 66: 942 (1974).
- Hesseltine, C.W.: Some important fermented foods of mid-Asia, the Middle East and Africa. *J. Am. Oil Chem. Soc.*, 56: 367 (1979).
- Susheelamma, N.S. and Rao, M.V.L.: Functional role

- of the a rabinogalactan of black gram(*P-haseolus mungo*) in the texture of leavened foods (steamed pudding). *J. Food Sci.*, **44**: 1309 (1979).
14. Wang, H.H.: Fermented rice products. In "Rice: Production and Utilization." ed. by Luh, B.S., AVI Publ. Co., Inc., Westport, CT., p.650 (1980).
 15. Reddy, N.R. and Salunkhe, D.K.: Effects of fermentation on phytate phosphorus and mineral content in black gram, rice and black gram and blends. *J. Food Sci.*, **45**, 1708 (1980).
 16. Juliano, B.O. and Sakurai, J.: Miscellaneous rice products. In "Rice: Chemistry and Technology", ed. by Juliano, B.O., *Am. Assoc. Cereal Chem.*, St. Paul, MN., p.607 (1985).
 17. Perdon, A.A. and Juliano, B.O.: Amylose content of rice and quality of fermented cake. *staerke*, **27**: 196 (1975).
 18. Sanchez, P.C.: Varietal influence on the quality of Philippine rice cake (puto). *Philipp. Agric.*, **58**: 376 (1975).
 19. 박영선, 서정식: 발효시간에 따른 증편제품의 성분변화, *한국조리과학회지*, **12**(3): 300 (1996).
 20. 박영선, 최봉순: 증편반죽의 가수조건에 관한 연구, *한국조리과학회지*, **10**(4): 344 (1994).
 21. 박영선, 서정식: 발효과정 중 증편 반죽의 pH, 산도, 유기산 및 당함량의 변화, *한국조리과학회지*, **9**(4): 329 (1994).
 22. Mleki, M. and siebel W.: Uber das Altbackenwerden von. Brot. I. Beziehungen zwischen Sensorik Penetrometer und Panimeter beim Messen des Altbacken werdens von Weizenbort. *Getreide Mehl Brot*, **26**: 58 (1972).
 23. 이양희, 김성곤: 복합분을 소재로 한 분식제품의 시험 공장 규모 생산 및 제품의 시장화에 관한 연구. *한국과학기술 연구소*, BSI-120-969-5 (1977).
 24. Zobel, H.F: X-ray analysis of starch granules. In "Methods in Carbohydrate Chemistry", ed. by Whistler, R.L., Academic Press, **4**: 109 (1964).
 25. 박영선, 서정식: 증편반죽의 발효 중 이화학적 성질변화: (II).
 26. 김광욱: 관능검사에 의한 품질평가. *식품과학*, **19**(1): 10 (1986).
 27. Larmond, E.: Method for Sensory Evaluation of Food, Canada Department of Agriculture (1970).
-
- (1997년 7월 24일 접수)