

펙틴, 알긴산가루를 첨가한 증편의 이화학적 특성과 저장 중 변화

박 미 자

*공주대학교 식품영양학과

Change in Physicochemical and Storage Characteristics of *Jeungpyun* by Addition of Pectin and Alginate powder

Mie Ja Park

Department of Food & Nutrition, Kongju National University, Yesan 340-802, Korea

Abstract

This study investigated the effect of 2% addition of pectin and alginate on the physicochemical and retrogradation properties of *Jeungpyun*, a Korean traditional fermented rice cake. The volume of batters with alginate and pectin was significantly larger than that of control. *Jeungpyun* samples with pectin and alginate had a larger volume with uniform and smaller cell size. All samples showed largest foaming capability after second fermentation. Foaming capability of the control (0% addition of pectin and alginate) was significantly larger than that of the treated samples. The amount of reducing sugar tended to increase during fermentation but decreased after steaming, which was due to the increase in hydrolysis of starch. On the contrary, the content of free sugar was slightly decreased during fermentation but slightly increased after steaming. The control contained the largest amount of free sugar after steaming. The microstructure of starch particles after fermentation showed completely dispersed starch granules with air bubbles. After steaming, the structure was sponge-like in all samples. Samples with added alginate and pectin had significantly higher water binding capacity than those of the control. All samples showed noticeably increased solubility and swelling power at 70 °C with the control being significantly lower than the treated samples. Retrogradation was measured with α -amylase and the retrogradation process of the sample with added alginate and pectin proceeded slower than that of the control. The relative crystallinity was observed through X-ray diffraction method and samples with added alginate and pectin had smaller crystallinity and delayed retrogradation compared to the control. Thus, *Jeungpyun* with the addition of alginate and pectin demonstrated improved functionality and dietary fiber addition effect. The storage period of was extended as the retrogradation rate was delayed by the addition of dietary fibers.

Key words : fermentation, piled, destroy, particle, damage, retrogradation

1. 서 론

우리나라 전통 발효식품인 증편은 쌀가루에 탁주를

넣어 일정시간 발효시킨 후 찌서 만든 해면상의 조직을 가지는 떡으로 소화흡수가 용이하며 쌀로 만든 다른 떡과는 달리 팽화 조직을 가지며 점탄성의 식감을 주는 쌀 가공 식품이다. 그러나 증편의 이러한 외견상 제품 특징은 마치 밀단백질의 기능 특성인 글루텐 형성 능에 의하여 제조되는 빵과 유사하지만 증편의 주 재료인 쌀의 경우에는 구성성분 들의 특성상 밀단백질과 다르다. 즉 반죽의 발효과정을 거쳐 제조된 증편은

Corresponding author: Mie Ja Park, Department of Food and Nutrition,
Kongju National University Yesan, Chungnam 340-800, Korea.
Tel : (041)330-1460
Fax : (041)330-1469
E-mail : mjpark@kongju.ac.kr

마치 전빵과 같이 해면상의 조직을 가지는 것으로 이는 발효 과정 중 성분간 상호작용에 의해서 증편 반죽의 망상구조 형성이 가능하게 된 결과라 할 수 있지만 구체적인 메카니즘에 관해서는 명확히 알려지지 않았다. 쌀의 주된 단백질은 밀과 같은 prolamin으로 glutelin에 속하면서도 gluten 형성이 안 되므로(Juliano MM 등 1985) 첨가제를 사용하지 않고 쌀만을 사용한 팽화 제품을 제조하는 것은 매우 어려우나 증편의 경우는 gluten의 형성 없이도 빵과 같은 스펀지 형성을 보이고 있어 더욱 식품으로서의 의의성이 높다고 생각된다. 그러므로 증편을 세계적인 쌀빵류와 대등하게 발전시킬려면 보다 과학적이고 체계적인 연구가 이루어져서 증편의 이용도를 높여야 할 것으로 생각되나 발효온도나 시간 등 제법의 표준화가 이루어지지 않고 있어 실제 제조 시 실패하는 일이 많으며 여러 가지 문제점들을 내포하고 있다. 또한 증편은 수분을 함유하여 곡류전분의 호화과정을 거쳐 제조하기 때문에 단기간 동안은 먹을 수 있지만 시간이 경과함에 따라 전분의 노화로 인해 저장중의 경화현상으로 품질의 열화를 방지하는 대책이 필요하다. 갈조류의 주요성분인 alginate는 고분자 콜로이드 물성을 가져 점성, 겔 형성능, 피막 형성능, 안정성, 보수성, Ca이온과 같은 금속이온과의 반응성, 결합성 등과 같은 많은 특성을 갖고 있어서 아이스크림, 병과, 시럽, 초코렛 밀크, 주류, 수우프, 빵, 젤리, 푸딩, 잼, 어육연제품, 양어사료 등에 널리 사용되고 있다(田淵 徳一 1981). 또한 alginate은 식이섬유로서 증금속 체내 흡수억제효과, 콜레스테롤 저하효과 및 정장작용을 갖고 있는 것으로 밝혀졌다(田中治夫 1972, Lee OK 1983). alginate의 겔 형성능을 이용하여 전통식품으로서 묵을 제조한 Jang YH (1994)은 미역과 다시마의 해조 취를 없애기 위해서 두유를 혼합한 것이 가장 기호성이 좋았다고 하였다. 또한 alginate를 가수분해하여 저분자화시키면 기능이 본래보다 더욱 증강되어 미생물의 증식을 억제하는 효력이 있어 고분자 키토산보다 항균력이 증대되는 것으로 보고(Cho HR 1989)되어 있고 Chang DS 등(1998)은 어묵에 alginate 가수 분해물을 첨가했을 때 어묵의 보존기간이 연장되었다고 한다. 또한 Choi HS 등(1995)은 pectin과 alginate 첨가에 의한 콩묵의 텍스처 특성에서 pectin과 alginate를 전지 대두분 분산 액에 첨가했을 때 견고성, 부착성, 응집성이 좋았다고 했다.

pectin은 과채류 식물조직의 1차 세포벽이나 증엽(middle lamellae)에서 발견되는 다당류의 일종으로서 식물세포의 기계적 강도를 유지하거나 세포간의 결합에 관계한다. 또한 pectin은 과채류의 숙성과정에서 조직의 강도, 응집성(cohesiveness) 및 이들 가공제품의 텍스처, 점조도(consistency) 등에 큰 영향(Dey PM와 Brinson 1986)을 미치므로 겔화제, 안정제, 점증제 등의 기능성을 가지고 있어 잼, 젤리, 요구르트 등의 각종 가공식품에 광범위하게 사용되고 있으며(Jackman RL와 Stanley 1995) 최근에는 지방대체제(fat substitute)로도 개발된 바 있다(Pszczola DE 1991). Kang KC 등(1990)은 fibrex(Sweden)사의 시판 식이섬유에 사과분말 등을 이용하여 식이성 섬유 첨가가 케이크의 노화에 미치는 영향을 보고하였는데 1등급 밀가루를 2등급 밀가루로 대체하면 섬유소 첨가와 유사한 케이크 경도를 감소 효과를 얻을 수 있으며 여기에 pectin을 첨가하면 현저한 경도를 감소의 상승효과를 얻을 수 있다고 한다. 이에 본 연구에서는 우리나라 전통발효식품인 증편에 젤성이 강하고 노화 지연에 영향을 주는 기능성 식이섬유인 pectin, alginate를 첨가하여 증편을 만들 때 반죽과 증자 과정 중에 일어나는 이화학적 변화와 노화 지연현상에 대해 밝혀 봄으로써 증편제조 시스템을 최적화하고 성인병에 효과가 있는 건강기능성 식품 제조를 위한 기초 자료로 제시하고자 한다.

II. 재료 및 방법

1. 실험재료

본 실험에 사용한 쌀은 아밀로스 함량이 낮은 추정으로 경기도 김포산(1998)을 농협에서 전량 구입하여 수세한 후 3시간이상 침지하고 1시간 동안 물기를 뺀 후 로리식 제분기(경창공업사 제작, 3HP)로 제분하였다. 제분된 쌀가루는 40mesh체로 친후 진공포장기(엘리온)로 400g씩 넣고 30초간 탈기한 후 즉시 포장하여 -40℃ 냉동실에서 보관하고 시료로 사용하였다. 식이섬유인 pectin(Hodenizen, copenhagen, Denmark)과 alginate(昭和化學 株式會社, 동경, Japan)을 사용하였으며 그외 설탕(제일제당), 활성 dry yeast(오뚜기 식품), 식초(오뚜기 현미식초) 소금(한주 소금)등을 사용하였다.

2. 실험방법

1) 증편의 제조

증편 제조시 재료의 성분 배합수준은 Chun HK (1992) 과 Kim YI(1993)의 문헌을 토대로 예비실험을 거쳐 결정 하였으며 성분배합은 Table 1과 같다.

각 첨가재료의 수분함량과 보습력이 달랐으므로 수 분함량과 처리수준의 구간은 최적부피와 최적시간을 예비실험을 통하여 결정하였다(Table 3). 이때 최적부 피와 최적시간이란 예비실험 중 발효 또는 증자할 때 꺼지지 않고 가장 부피가 크고 품질이 좋은 발효부피 와 발효시간을 말하며 최대발효시간과 최대발효 부피 는 부피가 최대로 발효될 때의 시간을 말하나 이때 팽

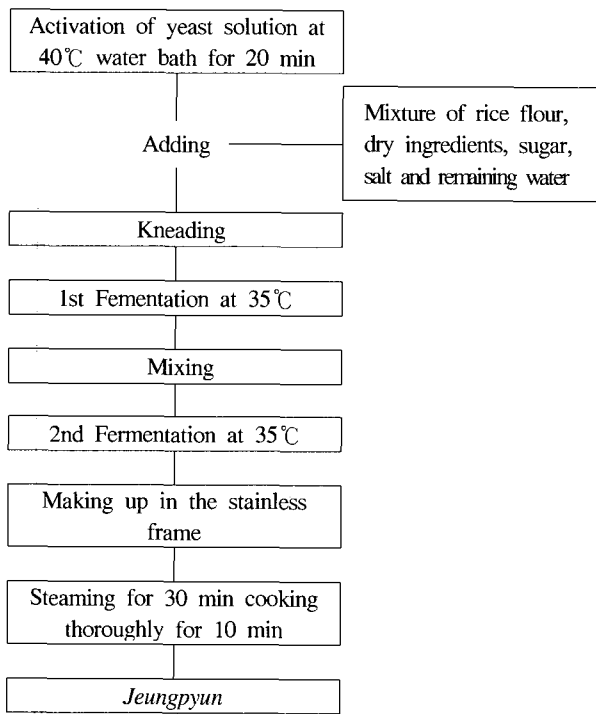


Fig. 1. Flowsheet of the preparation procedure for Jeungpyun.

Table 1. Jeungpyun formulation¹⁾ added with pectin and alginate.

Ingredients	Rice flour	Pectin	Alginate	Salt	Sugar	Dry yeast	Water
Control	100	0	0	1	10	1	50
Pectin	100	2	0	1	10	1	55
Alginate	100	0	2	1	10	1	65

¹⁾ Rice flour weight basis(%)

창된 부피를 지탱하지 못하고 증자할 때 꺼지는 현상 이 나타나는 경우를 말한다. 증편 제조 시 많은 문헌 에서 수분함량과 발효시간을 처리 군으로 하였으나 예 비실험 결과 위 조건은 미미한 날씨의 변화에도 민감 하게 변화하는 요인으로 지적되었다. 본 실험에서는 지속되는 예비 실험결과 각 실험 군에 대한 수분함량 을 고정하고 증편 반죽의 팽창 부피가 일정수준에 도 달했을 때 증편 제조 시 실험의 반복재현성을 높였으 므로 반죽의 부피가 팽창하는 비율을 기준으로 발효시 간을 결정하였다. 증편의 제조법은 Fig. 1과 같이 먼저 건조 이스트(dry yeast) 4 g를 40°C의 설탕액(물 20 ml + 설탕 20 g)에 넣은 후 magnetic hot stirrer (S.M-101, 신광상사)에서 현탁 시켜 20분간 활성화 시켰다. 대조 구는 쌀가루 400 g, 첨가구인 pectin, alginate를 각각 8 g, 소금 4 g, 설탕 20 g와 나머지 물을 첨가하여 혼 합 반죽 후에 35°C의 항온기 (MIR-152, SANYO, JAPAN)에서 발효시켰다. 약 1시간 30분에 걸쳐 1차 발효후 가스를 빼고 증편(12×12×4.5 cm)틀에 담아서 다시 약 한 시간동안 2차 발효를 시켰다. 스텐레스 찜 틀(45×45×8 cm)에 30분간 전후 불을 끄고 그대로 10분 간 뜸을 들여 증편을 제조하였다.

2) 시료조제

발효전과 발효가 끝난 반죽 각각 100 g과 증편 1조 각(10×5×3 cm)은 이화학적 특성 분석을 위하여, 1시간 실온에 방치한 후 -40°C로 급속 동결시킨 다음 동결건 조기(FD 5508, 일신랩)에서 15시간 동결 건조하였다. 건조시료는 가정용 분쇄기(꺾력시 food mixer, 1700A) 로 곱게 분쇄하여 100 mesh 체로 친후 즉시 밀봉하여 styrofoam 용기에 담아 냉장 보관하였다. 한편 미세구 조 관찰을 위하여 반죽 20 g과 증편 1조각(1×1×1cm)을 -40°C에서 급속 동결시킨 다음 동결건조기에서 15시간 동안 건조하여 시료로 사용하였다.

3) 증편의 형태

당일에 제조된 증편의 부피(volume), 대칭성(symmetry), 균일성(uniformity)에 대한 지수(index)는 AACCC method 10-91(1984)에 따라 수정한 template (Cloke KD 등 1984)을 이용하였다. 증편 중심부를 수직으로 절단하여 보여주는 crumb 부분 양 끝단에 A와 E를 표시하고 중심선을 C로 표시하였다. A와 C사이에 B의 선을, C와 E사이에 D의 선을 표시하고 증편의 부피, 대칭성 및 균일성 지수를 Fig. 2와 같은 공식으로 계산하였다.

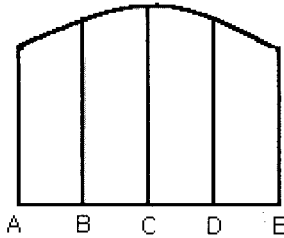


Fig. 2. The AACCC method measuring template chart for Jeungpyun.

- (1) Volume: B+C+D,
- (2) Symmetry: 2C-B-D,
- (3) Uniformity: B-D

4) 증편반죽의 발효중 이화학적 작용

(1) 발효부피 측정

발효과정중 반죽의 부피변화는 반죽 10g을 100mL beaker에 넣고 32℃의 항온기에서 30분 간격으로 발효시킨 다음 증가된 반죽의 높이를 측정하여 높이의 변화로부터 산출하였다.

(2) 기포 형성력(FA: Foaming ability)

기포 형성력은 Shiiba K 등(1990)의 방법을 이용하였다. 발효 전, 1차 발효, 2차 발효가 끝난 증편반죽의 분말건조시료 3.5 g에 50 mM acetate buffer (pH 5.5) 40 mL를 넣고 Homogenizer (Univ KPN 64796)로 균질화 시켰는데 이때 rotor의 지름은 12 mm, 속도는 10,000 rpm을 유지하고 5분 동안 교반시킨 후 용량(mL)을 측정하였으며 기포 형성력은 다음 식으로 계산하였다.

$$FA = \left(\frac{F}{L} - 1 \right) \times 100$$

F : 거품과 액체의 부피, L : 액체의 부피, (FA단위는 %)

(3) 환원당(reducing sugar)과 유리당(free sugar)

증편의 발효 전, 1차 발효, 2차 발효, 증자한 후 동결건조 분말시료 0.2 g을 취하여 환원당은 Somogyi 변법(Chae SK 1998)에 의하여 측정하였고 유리당량은 DNS(Dinitrosalicylic acid)법(Chae SK 1998)으로 유리당량을 측정하였다. 또한 표준곡선을 작성하여 정량치를 구하였고 이때 표준 용액으로는 glucose 용액을 이용하였다.

(4) 미세구조 관찰

증편의 발효중 입자상태와 증자한 후의 증편의 기공상태를 관찰하기 위하여 반죽 20 g과 증편 1조각(1×1×1 cm)을 동결건조하고 그 일부를 gold-palladium으로 도금하여 주사전자 현미경(Scanning Electron Microscope, Hitachi 2500, Japan)으로 가속전압 20 KV에서 1,000배율로 관찰하였다.

5) 증편제품의 특성

(1) 증편의 수분함량과 수분결합력(water binding capacity) 측정

시료로 사용한 대조구 쌀가루, 첨가구인 pectin, alginate의 수분함량과 증자한 후 상온에서 1시간 뒤 증편의 수분함량을 상압 가열건조법으로 측정한 후 Deshpands SS 등(1982)과 Medcal DG와 Gilles(1965)의 방법으로 수분결합력을 다음과 같은 식에 의하여 산출하였다.

$$\text{수분결합 능력(\%)} = \frac{\text{침전된 시료무게}}{\text{처음시료 무게(g)}} \times 100$$

(2) 용해도와 팽창력(Solubility & Swelling power)

날 쌀가루와 증편을 증자한 후 1시간 뒤에 증편을 동결건조기에서 건조한 후 Schoch TJ(1964) 방법에 따라 팽창력과 용해도를 각 온도(50-90℃)에 따라 측정하였으며 다음 식에 의하여 팽창력과 용해도를 계산하였다.

$$\text{용해도} = \frac{\text{상층액을 건조한 고형물의 무게(mg)}}{\text{시료량(mg)}} \times 100$$

$$\text{팽창력} = \frac{\text{원심 분리 후 침전물의 증량(mg)}}{\text{시료량} \times (100 - \text{용해도})} \times 100$$

(3) α-Amylase iodine method에 의한 노화도 측정

증편을 효소법에 의하여 노화되는 정도를 살펴보기

위하여 α -amylase iodine method(Tsuge H 등 1990)으로 측정하였으며 노화도는 다음 식에 의해 계산하였다.

$$\text{노화도}(\%) = \frac{A-C}{B-C} \times 100$$

- A : 현탁액의 흡광도, B : 완전 호화액의 흡광도
- C : 현탁액과 동일조성이며 불활성화 시킨 효소액을 넣은 blank 용액의 흡광도

$$\text{노화도}(\%) = \frac{\text{초기의 노화도} - \text{일정기간후의 노화도}}{\text{초기의 노화도}} \times 100$$

(4) X선 회절도에 의한 측정 및 상대적인 결정화도

X선 회절도(Rigaku Geigerflex G/ max II-A, ToKyo, Japan)를 측정하기 위하여 증편조각(10×5×3 cm)을 Wrap에 싸서 냉장(4℃) 보관하면서 0, 1, 2, 3, 7 일 및 30일에 시료를 채취하여 동결 건조한 후 마쇄하고 100mesh체로 쳐서 분말로 만들었으며 기기조건은 target : cu-ka, filter : Ni, voltage : 35 kV, current : 20 mA, full scale range, 3000 cps, scanning speed : 1°/min 으로 실시하였으며 회절각도(2θ)를 4-40°까지 회절시켜 분석하였다.

3. 통계처리

모든 실험은 3회 반복하였으며 그 통계적 분석은 SAS package(SAS1996)를 이용하였다. 분석 시료간의 차이유무를 알아보기 위해 Duncan's multiple rangetest (송문섭 등 1989)에 의해 P<0.05 수준에서 평균값에 대한 유의차를 검증하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 증편의 부피, 대칭성 및 균일성

쌀은 밀의 글루텐과 같이 반죽의 망상구조를 형성시키지 못하므로 증편의 부피를 증가시키기 위해서는 단

Table 2. Volume, symmetry and uniformity indices¹⁾ of the Jeungpyun added with 2% pectin and alginate after steaming.

Sample	Ratio(%)	Volume Index	Symmetry Index	Uniformity Index
Control	0	92.67 ^b	0.67 ^a	0.33 ^a
Pectin	2	110.67 ^a	0.33 ^a	0.33 ^a
Alginate	2	111.67 ^a	-1.67 ^a	-0.33 ^a

¹⁾ Means of three replications ; same letters in a column are not significantly different each other (p<0.05).

백질분자의 적당한 회합에 의한 망상구조 형성이 결과적으로 반죽의 물성을 부여하는 것이라는 관점에서 검질이 형성하는 망상구조로서 글루텐반죽의 대체재로 펙틴과 알긴산을 첨가하였다. 펙틴과 알긴산을 첨가한 증자후의 증편의 부피, 대칭성 및 균일성 지수에 대한 결과는 Table 2 및 Fig. 3와 같다. AACC법에 의한 증편의 부피지수는 alginate 첨가구에서 111.67로 가장 부피가 크고 다음으로 pectin 첨가구에서 110.67, 대조구에서 92.67 순으로 첨가구가 대조구보다 유의적으로 큰 수치를 보였지만(P<0.05) 두 첨가구 사이에는 유의차가 없었다. 대칭성 지수는 -1.67에서 0.67로 거의 일정한 대칭성을 보여 시료 간에 유의차가 없었고 증편의 중심부를 기준으로 좌우 균일함을 나타내는 균일성 지수도 유의차가 없이 균일한 형태를 나타내었다. Kang MY 등(1997)의 연구에서 검성물질을 첨가한 쌀빵이 큰 부피를 보여준 것과 같이 본 연구에서도 검성을 가진 pectin, alginate 첨가군이 반죽에 많은 가스포집과 점성으로 시스템의 안정화를 보여 결과적으로 큰 부피를 보여주었다. 한편 Fig. 3에서 증편을 수직으로 절단한 단면의 기공의 크기를 보면 첨가구인 pectin, alginate가 대조구보다 더욱 적고 균일하였다.

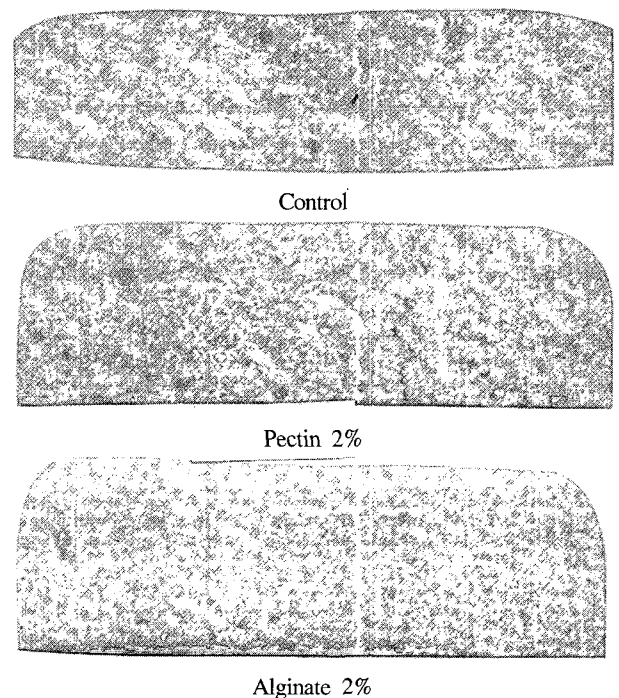


Fig. 3. Cross-sectional views of Jeungpyun added with 2% pectin and alginate.

2. 반죽의 발효과정 중 변화

1) 증편발효시간과 부피증가

pectin, alginate를 첨가한 증편의 발효시간과 부피 증가는 Table 3 과 같다. 증편의 발효시간은 30분 간격으로 부피를 측정하였으며 부피는 발효가 진행됨에 따라 증가하기 시작하였다. 발효가 진행됨에 따라 최대 부피에 도달하는 시간이 짧아졌으며 최대 부피는 커졌다. 즉 1차 발효, 2차 발효에 나타난 처음부피에 대한 최적부피와 최고 부피는 첨가구와 대조구 사이에 크게 달랐다.

대조구의 1차 발효 최적 부피는 2.0배, 최고 부피는 2.9배이나 2차 발효 부피는 각각 2.2배, 3.0배이고 pectin, alginate 첨가구는 1차 발효 최적부피가 2.5배로 같으나 최고 부피는 alginate는 10배, pectin은 9배이고 2차 발효 최적 부피는 3.0배이고 최고 부피는 각각 12 배, 10배로 최적부피의 3.5-4배까지 안정화시켜 준다. 또한 최적부피, 최고부피에 도달하는 시간은 대조구 1 차 발효는 각각 90분, 150분이며, 2차 발효 각각 60분, 120분이나 첨가구인 alginate, pectin의 평균시간은 1차 발효 각각 120분, 100분이며 2차 발효는 80분, 70분으로 첨가구인 alginate가 가장 발효시간이 길었다. 따라서 최적부피에 도달하는 총 발효시간은 대조구는 평균 2시간 30분이나 첨가구인 alginate는 평균 3시간 20분, pectin은 2시간 50분으로 대조구와 첨가구는 유의성이 (p<0.05)있었으나 두 첨가구는 유의차가 없었다. 1차 발효 시 모든 시료에서 반죽이 다시 꺼지는 현상을 보였으며 1차 발효 시에는 2차 발효시보다 시간이 오래 걸리고 완만한 부피 증가를 보였다. 반죽의 부피가 증가하다가 다시 감소하는 현상은 반죽내의 망상구조가 완전히 형성되지 않아 미생물에 의해 생성되는 CO₂를

모두 포함하지 못하고 CO₂의 팽압에 의해 구조가 붕괴되는 현상으로 보인다. 1차 발효보다는 2차 발효시 점도가 증가하여 최대부피가 커지며 첨가구인 pectin, alginate가 대조구보다 1차 발효시 반죽이 다시 꺼지는 현상이 늦게 나타났으며 따라서 발효시간이 길고 부피 증가폭도 컸다. 이렇게 대조구가 첨가구보다 최적부피에 비해 최고부피가 적은 것은 첨가구는 콜로이드성인 겔질이 형성하는 망상구조로서 꺼지는 현상이 늦게 나타난다고 한다(田淵 徳一 1981). 그러나 대조구는 콜로이드성인 겔성인 물질이 없기 때문에 분산 또는 이완되어 수소결합이 쉽게 끊어져 호화도를 높일 뿐 아니라 CO₂ 보유력이 약하여 꺼지는 현상이 빨리 나타난다고 생각된다. 한편 증편 반죽의 부피 증가가 멈추고 얼마간 그대로 두면 전분이 가라앉는 현상이 생기는데 위쪽에는 망상구조, 중간층에는 액체층, 가장 아래쪽에 전분으로 보이는 흰가루층으로 나뉘게 된다. 이때 반죽을 위 아래로 저어주는 조작은 가스를 제거하려는 목적뿐만 아니라 망상구조 형성에 참여되지 않은 전분들을 중간층의 액체 층과 섞어주어 한 차례 더 전분의 구조 변화를 유도하는 것으로 생각된다.

2) 기포형성력

반죽의 발효단계에 따른 기포 형성력의 변화는 Table 4에 나타내었다. 발효가 진행됨에 따라 기포형성력은 유의적으로 증가하였다(P<0.05). 2차 발효후의 기포형성력은 대조구, alginate, pectin순으로 각각 32.53%, 24.37%, 22.53%이었으며 alginate와 pectin은 시료간의 유의차가 없었다. 반죽의 기포 형성력은 반죽의 용해성과 공기의 포집력을 나타내는 능력이다. 그러나 식이섬유인 겔성이 첨가되지 않은 대조구가 가장 기

Table 3. Changes in fermentation time and dough volume during fermentation²⁾ of the Jengpyun added with 2% alginate and pectin.

Sample	Fermentation time				Fermentation volume ¹⁾			
	1st FT(min)		2nd FT(min)		1st volume		2nd volume	
	OFT	MFT	OFT	MFT	OFV	MFV	OFV	MFV
Control	90±5 ^{bc}	150±20 ^c	60±5 ^b	120±10 ^c	2.0±0.15 ^{ab}	2.9±0.21 ^b	2.2±0.25 ^b	3.0±0.02 ^b
Alginate	120±7 ^a	205±10 ^a	80±5 ^a	160±5 ^a	2.5±0.02 ^a	10.0±1.0 ^a	3.0±0.11 ^a	12.0±1.0 ^a
Pectin	100±15 ^b	180±10 ^b	70±5 ^{ab}	145±5 ^b	2.5±0.01 ^a	9.0±1.0 ^{ab}	3.0±0.10 ^a	10.0±1.0 ^{ab}

OFT: Optimum fermentation time, OFV: Optimum fermentation volume
 MFT: Maximum fermentation time, MFV: Maximum fermentation volume

¹⁾First volume on last volume rate.

²⁾Means of three replications ; same letters in a column are not significantly different each other(p<0.05).

포 형성력이 컸으나 점도는 다른 첨가구에 비해 낮아(Kim HYL 등 1999) 형성된 기포의 안정성이 떨어지므로 거품이 증가 할 동안까지 유지되지 못하고 꺼져 첨가구에 비해 적은 부피의 증편을 예상할 수 있었다.

Table 4. Foaming ability during fermentation of Jeungpyun batter added with 2% pectin and alginate.

Sample	B F(%)	1 F(%)	2 F(%)
Control	^{A2)} 17.47 ^{c1)}	^A 25.60 ^b	^A 32.53 ^a
Pectin	^b 13.77 ^c	^b 17.80 ^b	^b 22.53 ^a
Alginate	^b 14.83 ^c	^b 18.53 ^b	^b 24.37 ^a

BF: before fermentation, 1 F: first fermentation, 2 F : second fermentation

Same letters are not significantly different each other(p<0.05).

¹⁾ Mean values of foaming ability at different fermentation stage for each treatment (row).

²⁾ Mean values of foaming ability for each treatment (column).

2) 환원당과 유리당

당은 식품의 감미에도 관여하고 가열시의 향미 생성에도 중요한 성분중의 하나이다. 발효 진행에 따른 증편의 환원당과 유리당은 Table 5와 같다. 환원당량은 발효시간이 증가할수록 증가하는 경향을 나타냈다. 각 시료에 있어서 2차 발효가 끝난 후 가장 최대가 되었으며 증자후에 서서히 감소하는 경향으로 나타났는데 이와 같은 결과는 다른 증편연구에서의 결과와도 유사한 경향이였다(Park YS 1989, Na HN 등 1997, Lee JM, 1998). 각 시료의 2차 발효 후 대조구는 5.853으로 가장 많았고 다음으로 펙틴 첨가구(5.103), 알긴산 첨가구(4.740)순으로 각 시료간에 유의차가 있었다(P<0.05). 증자 후에 환원당은 서서히 감소하는 경향이였다. 유리당은 환원당과 달리 발효시간이 경과할수록

서서히 감소하는 경향을 보였고 증자 후에는 약간 증가 경향을 보였다. 증자 후에 유리당은 대조구가 1.102로 가장 많았고 다음으로 펙틴 1.019, 알긴산 0.934 순으로 유의적으로 감소를 보였다. 환원당량이 2차 발효에 pH가 낮아지고(Kim HYL 등 1999) 반면 당이 증가하는 것은 전분에 의한 아밀라제의 활성이 크게 높아져 전분의 당 생성이 활발하기 때문이다. 증자후 환원당이 서서히 감소하는 것은 당의 분해정도가 크게 증가되기 때문이며 유리당의 발효중의 감소는 발효중 미생물 증식 및 발효에 기인 한 것으로 보인다.

3) 미세구조 관찰

pectin 및 alginate 를 첨가한 증편의 단면구조를 주사전자 현미경으로(SEM) 관찰한 결과는 Fig. 4-6에 나타난 바와 같다. pectin, alginate를 첨가한 증편의 발효 전 상태에 대한 전분입자의 형태는 첨가비율이 적기 때문에 대조구와 비슷한 각면이 들어간 가지런한 다면 형태를 보였다. 이와 같이 쌀 전분입자의 호화전 가지런한 각 면의 다면체 모양은 합성 증에 복합 전분입 형태로 들어 있다가 떨어져 나갔기 때문이라고 하였다(Esau K 1977). 그러나 발효가 끝난 첨가구는 alginate, pectin 첨가구 순으로 발효전보다 약간 흐트러진 팽윤된 상태로 입자의 파괴 없이 입자간의 조밀부위에 CO₂ 가스 포집을 보였으며 증자 후에는 입자들이 손상되고 서로 뭉쳐 덩어리를 이룬 곳이 많았다. 즉 증자한 후의 증편은 첨가구인 alginate, pectin 순으로 대조구보다 많은 전분입자들이 흐트러진 솜털 구름모양이고 또한 완전히 흐트러진 형태로 균데균데 기공이 보이고 내부에 빈공간을 만들어 다른 떡과는 다르게 스펀지 구조를 형성하였다.

Table 5. Changes in reducing sugar and free sugar of Jeungpyun added with 2% pectin and alginate batter during fermentation and after steaming.

Sample	Reducing sugar(%)				Free sugar(%)			
	BF	1F	2F	AS	BF	1F	2F	AS
Control	^{A2)} 2.436 ^{d1)}	^A 5.197 ^c	^A 5.853 ^a	^A 5.597 ^b	^C 1.204 ^a	^A 1.184 ^b	^A 1.035 ^d	^A 1.102 ^c
Pectin	^b 2.380 ^d	^b 4.777 ^c	^b 5.103 ^a	^b 4.907 ^b	^C 1.061 ^a	^C 1.026 ^b	^C 0.914 ^d	^C 1.019 ^c
Alginate	^b 2.340 ^d	^C 4.247 ^c	^C 4.740 ^a	^C 4.514 ^b	^b 1.034 ^a	^b 0.960 ^b	^b 0.919 ^d	^b 0.934 ^c

BF: before fermentation, 1 F: first fermentation, 2F : second fermentation

AS: after steaming, Same letters not significantly different each other(p<0.05).

¹⁾Mean values of reducing sugar and free sugar for fermentation stages or after steaming at each treatment (row).

²⁾Mean values of reducing sugar and free sugar for each treatment at each fermentation stage (column).

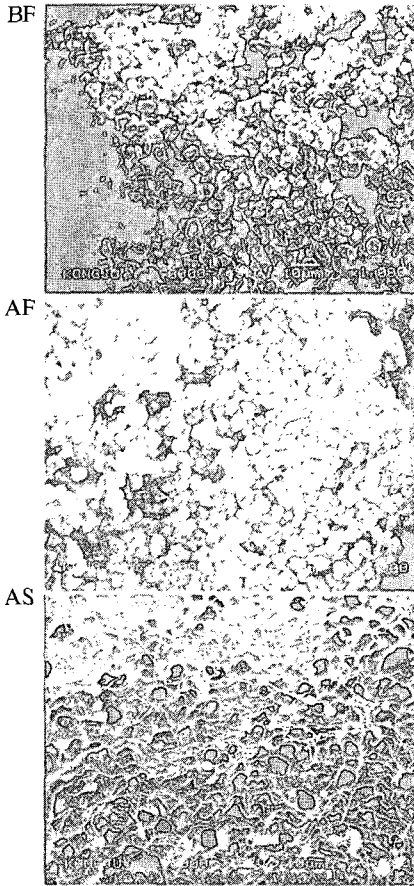


Fig. 4. Scanning electron micrographs for the control batter and *Jeungpyun*.

BF : before fermentation,
AF : after fermentation
AS : after steaming.

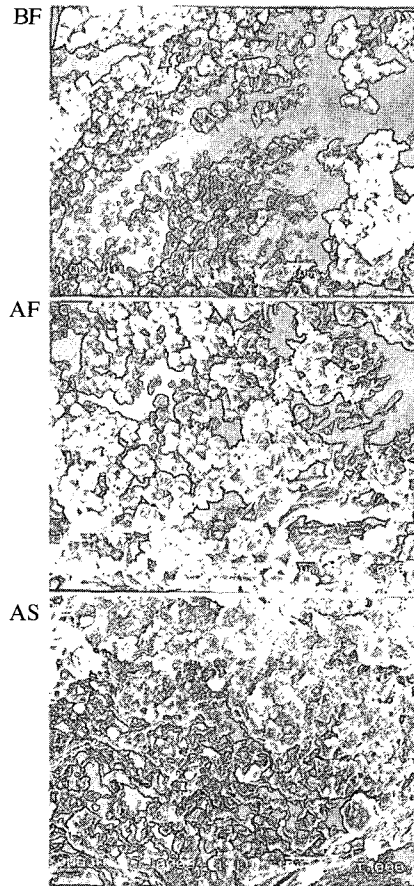


Fig. 5. Scanning electron micrographs for batter and *Jeungpyun* added with 2% pectin

BF : before fermentation,
AF : after fermentation,
AS : after steaming.

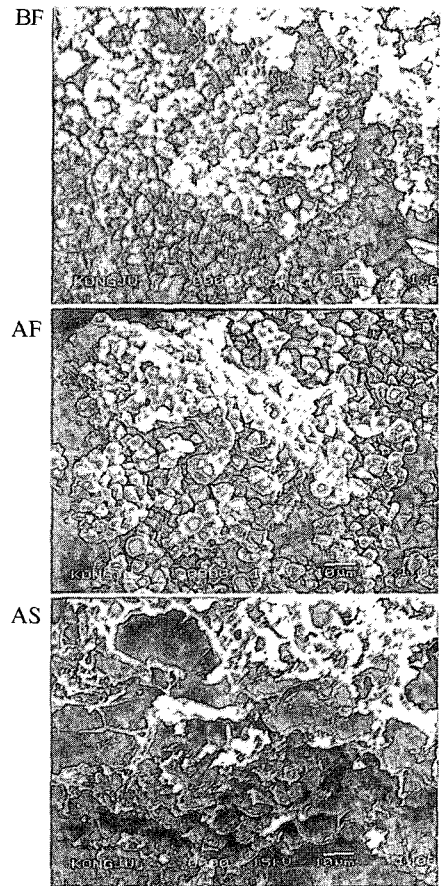


Fig. 6. Scanning electron micrographs for batter and *Jeungpyun* added with 2% alginate.

BF : before fermentation,
AF : after fermentation,
AS : after steaming.

3. 제품의 특성변화

1) 수분함량과 수분결합력

pectin, alginate의 수분함량과 증편을 제조한 직후의 수분함량, 수분결합력은 Table 6과 같다. 쌀가루의 수분함량이 29.5%로 유의적으로 가장 큰 수분함량을 보였으며 첨가구인 alginate, pectin 수분함량은 각각 10.5%, 5.5%로 대조구보다 적었다. 이와는 반대로 수분결합력은 alginate, pectin 첨가군은 각각 559.9, 518.8로 대조구보다 유의적으로 높은 수분결합력을 보였다(P<0.05). alginate, pectin가루의 이와 같은 현상은 반죽과정에서 다른 시료들보다도 많은 가수율을 요구하였다.

Table 6. Moisture contents of raw powder and moisture contents and water binding capacity of *Jeungpyun* added with 2% pectin and alginate.

Sample	Moisture content(%)		Water binding capacity(%)
	Raw	<i>Jeungpyun</i>	<i>Jeungpyun</i>
Control	29.5 ^{a1)}	49.6 ^a	428.7 ^c
Pectin	5.5 ^c	49.4 ^a	518.8 ^b
Alginate	10.5 ^b	50.9 ^a	559.9 ^a

¹⁾ Same letters in a column are not significantly different each other(p<0.05).

이에 증자후의 모든 시료들의 수분함량이 49.4~50.9%로 유의적 차이를 보이지 않는 구간의 가수범위를 결

정하기 위한 예비 실험을 하여 alginate, pectin 첨가구의 가수율을 각각 65%, 55%로(Table 1) 결정하였다. alginate는 보수력이 크기 때문에 증자후의 부피와도 관련이 있었다. 일반적으로 수분결합력은 생전분의 수분결합능력을 나타내주는 지표로서 이때 결합되는 물은 전분입자에 침투되거나 전분입자의 표면에 흡착된다고 보고(Halick JV와 Kelly 1959)하였다.

2. 용해도와 팽창력

증자 후 대조구 및 첨가구의 용해도에 대한 결과는 Table 7과 같다. 각 시료의 용해도는 일반적으로 온도가 증가함에 따라 증가하는 경향을 보여 50℃, 60℃에서는 대부분 시료가 서서히 증가하여 유의차가 없었고 70℃이후부터 유의적으로 높은 용해도를 보였다. 시료간에 있어서는 alginate, pectin 첨가구가 대조구보다 유의적으로(P<0.05) 높았다. Table 8에 나타난 팽창력은 70℃까지 큰 변화가 없이 서서히 증가하다가 80℃에서부터 유의적으로 증가하였다. alginate와 pectin 첨가구의 팽창력은 14.81에서 13.56으로 대조구 12.06보다 유의적으로 높은 수치를 보였다(P<0.05). Hahn DM 등(1977)은 전분의 용해로 전분 입자내 수분결합력이 팽창양상에 영향을 주어 결합정도가 강한 전분은 팽창력에 강하게 저항하므로 온도증가에 따른 상대적인 결합력을 보인다고 하였다. 본 실험에서 각 온도 구간에서 유의적으로 가장 큰 용해도를 보인 alginate 첨가구가 가장 큰 팽창력을 보였다.

3) α-Amylase iodine method에 의한 노화도 측정
pectin 및 alginate 가루를 첨가한 증편의 저장 기간

Table 7. Solubility of Jeungpyun added with 2% pectin and alginate

Temperature	Control	Alginate	Pectin
50℃	^{2)1)15.30^{c1)}}	^{1)19.33^a}	^{1)17.4^b}
60℃	^{1)16.80^c}	^{1)21.33^a}	^{1)18.80^b}
70℃	^{1)18.30^c}	^{1)23.10^a}	^{1)20.30^b}
80℃	^{1)22.93^{bc}}	^{1)27.43^a}	^{1)24.67^b}
90℃	^{1)25.67^c}	^{1)31.17^a}	^{1)27.53^b}

Same letters in a column are not significantly different each other (p<0.05).

- 1) Mean values of solubility for treatments of each temperature (row).
- 2) Mean values of solubility for temperature at each treatments (column).

에 따른 α-amylase iodine method를 이용한 노화정도는 Table 9와 같다. 저장 기간이 증가함에 따라 각 시료간의 노화도는 증가하였다. 24시간 저장시 pectin 및 alginate 첨가구는 7.57과 6.81의 수치를 보여 대조구보다 유의적으로 낮은 노화도를 나타내었다(P<0.05). 저장 48시간과 72시간에서도 alginate, pectin 첨가구의 순으로 낮은 노화도를 나타내었다. 저장 72시간에서 대조구의 노화도는 저장 24시간 후의 노화도에 비하여 3.4배의 노화 증가율을 보인 반면 첨가구의 노화도는 alginate는 2.8배, pectin은 2.9배의 노화 증가율을 보여 첨가구의 노화 진행속도가 완만함을 알 수 있었다.

4) X선 회절도에 의한 상대적인 결정화도

저장 기간별 pectin 및 alginate를 첨가한 증편의 X선 회절도에 의한 상대적 결정화도는 Fig. 7-9과 같이 15.5°에서부터 23°까지 결정 peak를 보여 전형적인 A형 type의 패턴을 나타내었다. 약 22-23° 근처의 새로 형성된 회절각도에서의 peak 높이(약 22-23° 근처)는 전분의 상대적인 결정도의 지표로 이용되는데 저장일수가 증가함에 따라 X-선 회절 양상이 점점 날카로워지는 것으로 강도가 증가하여 노화가 진행됨을 의미한

Table 8. Swelling power of Jeungpyun added with 2% pectin and alginate

Temperature	Control	Alginate	Pectin
50℃	^{1)6.43^b}	^{1)7.65^a}	^{1)6.46^b}
60℃	^{1)7.07^b}	^{1)8.27^a}	^{1)7.01^b}
70℃	^{1)7.91^c}	^{1)9.83^a}	^{1)8.57^{bc}}
80℃	^{1)9.51^c}	^{1)12.28^a}	^{1)10.86^b}
90℃	^{1)12.06^c}	^{1)14.81^a}	^{1)13.56^b}

Same letters in a column are not significantly different each other (p<0.05).

- 1) Mean values at different of swelling power each treatment (row).
- 2) Mean values at different of swelling power for each treatment temperature (column).

Table 9. Retrogradation degree of Jeungpyun added with 2% pectin and alginate during storage at 4℃.

Hr	Control	Pectin	Alginate
24	^{1)2)10.27^{a1)}}	^{1)7.57^b}	^{1)6.81^b}
48	^{1)20.03^a}	^{1)14.33^b}	^{1)11.37^{bc}}
72	^{1)34.47^a}	^{1)22.07^c}	^{1)19.43^{bc}}

Same letters are not significantly different each other(p<0.05)

- 1) Mean values of retrogradation degree for treatments (row)
- 2) Mean values of retrogradation degree for storage time (column)

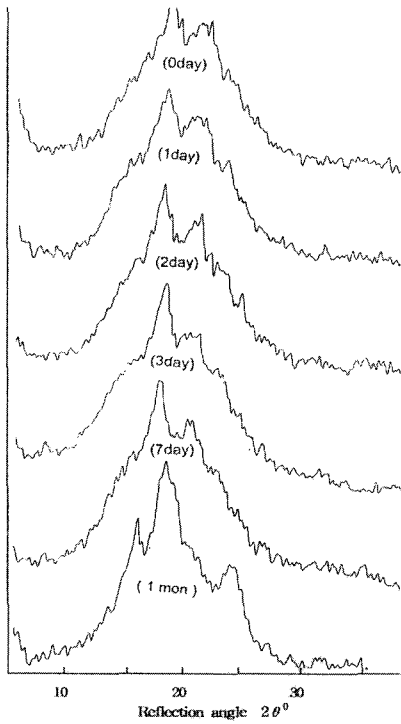


Fig. 7. X-ray diffraction patterns of control *Jeungpyun* during storage at 4°C.

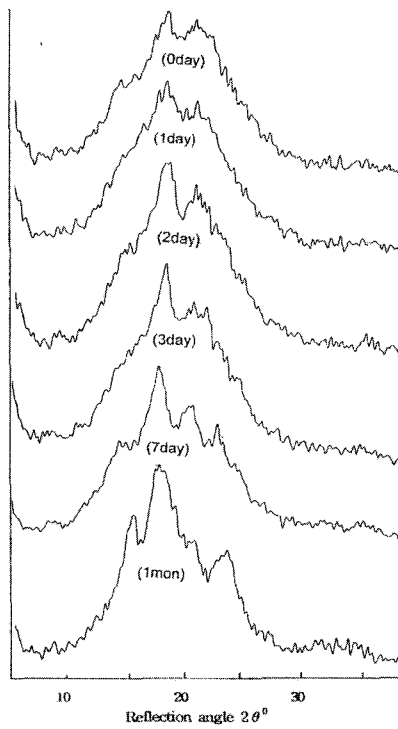


Fig. 8. X-ray diffraction patterns of *Jeungpyun* added with 2% alginate during storage at 4°C.

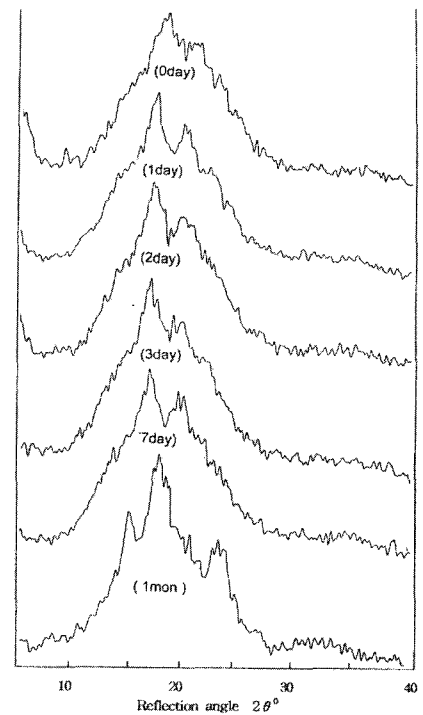


Fig. 9. X-ray diffraction patterns of *Jeungpyun* added with 2% pectin during storage at 4°C.

다. Table 10은 저장한 증편을 X선 회절기로써 측정하여 Fig. 7-9의 결과를 결정, 비결정 영역으로 회절각도 23°에서 구분하여 상대적인 결정화도로 조사하였다. 1달 저장후의 X-ray 회절도에 의한 상대적 결정화도는 대조구의 경우 신선시료보다 약 2.0배, pectin 첨가구는 약 1.8배, alginate 첨가구는 약 1.8배로 대조구보다 첨가구에서 완만한 노화 진행 양상을 나타내었다.

저장 0일을 기준으로 한 상대적인 결정화도는 저장 1일째 pectin 첨가구(6.7%), alginate 첨가구(5.6%)가 대조구 8.3%보다 유의적으로 낮았다(P<0.05). 저장 기간이 증가함에 따라 상대적 결정화도는 대조구, pectin 첨가구, alginate 첨가구순으로 유의적으로 감소하는 경향을 나타내었다. 이와 같은 현상은 α-Amylase iodine method에 의한 노화도 측정과 거의

Table 10. Relative crystallinity and retrogradation ratio of *Jeungpyun* added with 2% pectin and alginate during storage at 4°C.

Sample	Storage days	0	1	2	3	7	30
		Control	Relative crystallinity	0.145 ⁵⁾	0.157	0.171	0.191
	Ratio retrogradation	100 ¹⁾	^{A2)} 108.3 ^{c1)}	^A 117.9 ^d	^A 131.7 ^c	^A 151.0 ^b	^A 201.4 ^a
Pectin	Relative crystallinity	0.150	0.160	0.173	0.185	0.202	0.276
	Ratio retrogradation	100 ¹⁾	^B 106.7 ^c	^A 115.3 ^d	^B 123.3 ^c	^B 134.7 ^b	^B 184.0 ^a
Alginate	Relative crystallinity	0.143	0.151	0.159	0.172	0.184	0.261
	Ratio retrogradation	100 ¹⁾	^B 105.6 ^c	^B 111.2 ^d	^B 120.3 ^c	^{B,C} 128.7 ^b	^B 182.5 ^a

Same letters are not significantly different each other(p<0.05)

¹⁾ Mean values of ratio of retrogradative for storage period at each treatment (row)

²⁾ Mean values of ratio of retrogradative for treatments of each days (column)

³⁾ Relative crystallinity was estimated from the area of crystalline peaks at diffraction degree (Fig. 7-9)

비슷한 양상이었다. 대조구보다는 점성이 있는 수용성 식이섬유인 pectin과 alginate를 첨가한 증편의 노화율이 낮음을 나타내었다.

IV. 요약 및 결론

본 연구에서는 우리나라 전통 발효식품인 증편에 기능적인 측면을 보강하기 위하여 쌀가루를 고정하고 Pectin, Alginate 가루를 2% 첨가한 기능성 증편의 반죽의 발효과정의 이화학적 특성과 제품의 저장중에 일어나는 변화를 조사하여 그 결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 완성된 증편의 부피지수는 대조구보다 alginate와 pectin 첨가구가 컸으며 이는 첨가구가 gum성에 의하여 공기의 포집력이 컸고, 높은 수분결합력으로 점도가 높아 증자후 높은 부피지수에 영향을 주었기 때문이었다.
2. 증편반죽의 발효중 이화학적 변화에서 증편반죽의 부피는 발효시간에 따라 증가했으며 발효가 반복될수록 최대 부피에 도달하는 시간이 짧아 졌으며 최대부피는 커졌다. alginate, pectin 첨가구가 대조구에 비해 유의적으로 컸다($p < 0.05$). 기포형성력은 2차 발효시 가장 많이 형성되었으며 대조구가 다른 첨가구보다 유의적으로 가장 많이 형성되었고 당의 변화에서는 환원당은 발효가 진행되면서 증가를 하였으나 증자후에는 약간 감소를 하였고 유리당은 이와는 반대현상으로 발효가 진행되면서 감소를 하였고 증자후에는 약간 증가하였는데 대조구가 가장 당이 많이 형성되었다. 또한 미세구조에서 pectin 및 alginate를 첨가한 증편은 발효전에는 대조구와 비슷한 다각형 형태이나 발효 후에 모든 시료는 입자의 손상 없이 입자들 간에 CO₂가 포집한 형태이고 증자한 후의 형태는 완전히 흐트러진 형태로 덩어리가 파괴되어 큰 기공이 보였다.
3. 증자후 수분결합력은 대조구보다 alginate, pectin 첨가구가 유의 적으로 컸으며 용해도와 팽창력에 있어서는 모든 시료가 70℃ 온도에서 현저히 증가하였고 대조구보다 alginate 첨가구가 가장 높게 나타났고 다음으로 pectin 첨가구였다. α-amylase method를 이용한 노화도에서 alginate와 pectin 첨가구는 유의적으로 낮은 노화율을 보였다. X선 회절도에 의

한 상대적인 결정화도는 모든 시료들이 전형적인 A형을 나타내었으며 회절각도 23° 근처에서 나타난 결정화도는 저장기간이 증가함에 따라 결정화도가 컸고 대조구보다 첨가구가 결정화도가 적어 노화가 지연됨을 알 수 있었다. 저장에 따른 이화학적 변화에서 첨가구가 대조구에 비하여 현저한 노화지연 현상을 보여 품질이 향상되었으므로 pectin, alginate 가루를 첨가한 식이섬유를 함유한 기능성 개량증편은 대중화 및 상품화에도 기여할 수 있으리라 생각된다.

참고문헌

- 송문섭, 이영조, 조신섭, 김병천. 1989. "SAS를 이용한 통계 자료 분석", 자유아카데미, p 61-64
- 채수규. 1998. 식품분석법. 지구문화사. 서울. pp 221-224, pp397-398
- 田淵 徳一. 1981. 海藻 抽出物 としてのアルギンと最近 の應用について. *New Food Industry*, 22: 24
- 田中治夫. 1972. アルギン 酸の 금속공해への 藥理的効果について. *New Food Industry* 14 : 30
- AACC. 1984. Approved Methods, of the AACC. American Association of Cereal Chemists, St. Paul, MN, USA
- Cloke KD, Davis EA, Gordon J. 1984. Volume measurements calculated by several methods using cross-sectional tracings of cake. *Cereal Chem.*, 61(4) : 375
- Chun HK. 1992. Effect of various fermenting aids on the quality of Jeungpyun. *Ph. L. Thesis, The Sookmyung Women's University of Korea.*
- Cho HR. 1989. Anitimicrobial activity and food preservative function of a low molecular weight chitosan. *Ph.L. Thesis, National Fish Univ. of Pusan. Seoul, Korea.*
- Chang DS, Cho HR, Lee HS, Park MY, Lim SM. 1998. Development of Alginic Acid Hydrolysate as a Natural Food Preservative for Fish Meat Paste Products, *Korean J Food Sci Technol* 30(4) : 823-826
- Choi HS, Park HJ, Kim WJ. 1995. Textural Properties of Soygel with Added Alginate and Pectin. *Korean J. Food Sci Technol* 27(3) : 336-341
- Dey PM, Brinson K. 1986. Plant cell walls. *Adv. Carbohydr. Chem. Biochem.* 42 : 265
- Deshpands SS, Sathe SK, Rangnekar PD, Salunkne D. 1982. Functional properties of modified black gram (phaseol us mungo L.) starch. *J. Food Sci.* 47 : 1528
- Esau K. 1977. Anatomy of Seed Plants, 2nd ed. John Wiely & Sons Inc. U.S.A.
- Halick JV, Kelly VJ. 1959. Gelatinization and Pasting Characteristics of rice Varieties as related to cooking behavior. *Cereal Chem.* 36 : 91

- Hahn DM, Jones FT, Akhavan L, Rockland LB. 1977. Light and Scanning electron microscope studies on dry beans. intra-cellular gelatinization of starch in cotyledons of large lima beans (*Phaseolus lunatus*). *J Food Sci.*, 42 : 1208
- Jackman RL, Stanley DW. 1995. Perspectives in the textural evaluation of plant foods. *Tren. Food Sci Technol.* 6 : 187
- Juliano, Maura M, Bean, Kazuko D, Nishita. 1985. Rice for baking, Rice Chemistry and technology, p. 539
- Jang YH. 1994. Manufacturing seaweedgel with using *Undaria pinnatifida* and *Laminaria japonica*. Ph. L. Thesis. *The Jaegju National University of Korea*.
- Kang KC, Baek SB, Rhee KS. 1990. Effect of the Addition of Dietary Fiber on Staling of Cakes. *Korean J Food Sci Technol* 22(1) : 19-25
- Kim YI. 1993. Physicochemical properties of rice flour by different milling methods and the quality characteristics of Jeungpyun. Ph. L. Thesis, The Dhung-Ang University of Korea.
- Kang MY, Choi YH, Choi HC. 1997. Effects of gums, fats and glutens adding on processing and quality of milled rice bread. *Korean J. Food Sci. Technol.* 29(4) : 700-704.
- Kim HYL, Park MJ and Woo SM. 1999. Development of functional *Jeungpyun* with dietary fiber and shelf-life studies. *Korean Food Sci., Biotechnol.* 8(1) : 58-64
- Lee OK. 1983. Manufacturing skill of *Undaria pinnatifida* powder juice and nutrition composition of seaweeds. *Food technology* 7 : 40
- Lee, JM. 1988. Properties of Jeungpyun Korean fermented steamed rice cake made with different methods. *Korean foodstuffs culture research institute* : 209-247
- Medcal DG, Gilles KA. 1965. Wheat starch I. comparison of physiological properties. *Cereal Chem.* 42 : 558
- Na HN, Yoon S, Park HW, Oh HS. 1997. Effect of Soy milk and sugar addition to *Jeungpyun* batters an textural property of Jeungpyun shelf-life studies. *Korean J. Soc. Food Sci.*, 13(4) : 484-491
- Pszczola, DE. 1991. Pectin's functionality finds use in fat-replacer market. *Food Technol.* 45 : 116
- Park YS. 1989. Changes in physicochemical properties of Jeungpyun during fermentation. Ph. L. Thesis, *The Hyosung Women's University of Korea*.
- Shiiba K, Negishi Y, Okada K, Nagao S. 1990. Chemical change during sponge-dough fermentation. *Cereal Chem.* 67(4): 350-355
- Schoch TJ. 1964. Swelling power and solubility of granular starches: Methods in carbohydrate chemistry, Whister, R.L.(ed) Academic Press. New York, 4, pp.106-108,
- SAS Institute, Inc. SAS User's Guide. 1996. Statistical Analysis Systems Institute, Inc., Raleigh, NC, USA
- Tsuge H, Hishida M, IWasaki H, Watanabe S, Goshima G. 1990. Enzymatic evaluation for the degree of starch retrogradation in foods and foodstuffs. *Starch Starke.* 42(6) : 213-216.

(2005년 8월 17일 접수, 2005년 11월 9일 채택)