



저작자표시-비영리-변경금지 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:



저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.



비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.



변경금지. 귀하는 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공할 수 없습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 [이용허락규약\(Legal Code\)](#)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

[Disclaimer](#)

工學博士 學位論文

물리적 처리에 의한 밀 gliadin의
알러젠성 변화 및 밀 가공 제품의
품질특성 변화



2012年 2月

釜慶大學校 大學院

食品工學科

崔 正 樹

工學博士 學位論文

물리적 처리에 의한 밀 gliadin의
알러젠성 변화 및 밀 가공 제품의
품질특성 변화

指導教授 安 東 賢

이 論文을 工學博士 學位論文으로 提出함

2012年 2月

釜慶大學校 大學院

食品工學科

崔 正 樹

崔正樹의 工學博士 學位論文 認准함

2012年 2月



주	심	수산학 박사	조 영 제	(인)
위	원	공학 박사	전 병 수	(인)
위	원	농학 박사	정 인 창	(인)
위	원	관광학 박사	안 호 기	(인)
위	원	농학 박사	안 동 현	(인)

목 차

Abstract	v
I. 서론	1
II. 재료 및 방법	4
1. 실험재료	4
1.1. 원료	4
1.2. 표준항원 및 항체	4
2. 방법	6
2.1. Competitive indirect enzyme linked immunosorbent assay (Ci-ELISA)의 실험조건	6
2.2. Ci-ELISA의 titration curve	6
2.3. Ci-ELISA의 standard curve	7
2.4. 밀가루 반죽	9
2.5. 빵, 쿠키 및 생면 제조	9
2.6. 물리적 처리	10
2.6.1. 감마선 처리	10
2.6.2. 초고압 처리	10
2.6.3. 가압가열 처리	10
2.6.4. Microwave 처리	13
2.7. Gliadin 추출	13
2.8. SDS-PAGE 및 Native-PAGE	13

2.9. Immunoblotting	14
2.10. Mixograph 및 팽창도	14
2.11. 물성	15
2.12. 색차	15
2.13. pH 및 수분함량	16
2.14. 관능평가	16
2.15. Circular dichroism	16
2.16. 통계처리	16
 III. 결과 및 고찰	 18
제 1 장 물리적 처리에 의한 밀가루 및 밀반죽 gliadin의 항원성과 구조 변화	18
1.1. 초고압 처리	18
1.2. 감마선 처리	32
1.3. 가압가열 처리	46
1.4. Microwave 처리	60
1.5. 가압가열 및 Microwave 처리	73
1.6. Gliadin의 2차 구조 변화	87
 제 2 장 가압가열, Microwave, 가압가열과 Microwave 병행 처리에 의한 밀 가공 제품 gliadin의 알러젠성 변화	 91
2.1. 빵의 알러젠성 변화	91
2.2. 생면의 알러젠성 변화	100
2.3. 쿠키의 알러젠성 변화	115

제 3 장 물리적 처리에 의한 밀 가공제품의 품질 변화	124
3.1. 강력분 밀가루 및 반죽에 물리적 처리 후 제조한 빵의 품질 변화	124
3.1.1. Mixograph 특성	124
3.1.2. 부피 팽창도	125
3.1.3. pH 및 수분 함량	127
3.1.4. 물성	130
3.1.5. 색도.....	131
3.1.6. 관능평가	137
3.2. 중력분 밀가루 및 반죽에 물리적 처리 후 제조한 생면의 품질 변화	140
3.2.1. Mixograph 특성	140
3.2.2. pH 및 수분함량	142
3.2.3. 물성	146
3.2.4. 색도	150
3.2.5. 관능평가	157
3.3. 박력분 밀가루 및 반죽에 물리적 처리 후 제조한 쿠키의 품질 변화	162
3.3.1. pH 및 수분 함량	162
3.3.2. 물성	165
3.3.3. 색도	168
3.3.4. 관능평가	171

요 약	174
참고문헌	177
감사의 글	185



Changes in Allergenicity of Wheat Gliadin and Quality Characteristics of Wheat Products by Physical Treatments

Jung-Soo Choi

Department of Food Science and Technology, Graduate School,

Pukyong National University

Abstract

The prevalence of food allergy to wheat has increased over the past 10 years among children as well as adults. Food allergy to wheat induces various clinical symptoms. Atopic dermatitis with or without asthma, occurs mainly in children and urticaria and wheat-dependent exercise-induced anaphylaxis is most commonly found in adults. Major allergens were found among gliadins and LMW glutenin subunits as well as water-salt soluble proteins. Currently, the effective way to reduce the allergenicity is the diet elimination for the avoidance, but it causes the nutritional problems. To date, various food processing techniques have been used to reduce the allergenicity of allergic foods. However, the effect of physical processing on allergenicity of wheat is not well known. The aim of our investigation is to verify the influence of different physical treatments (high hydrostatic pressure (HHP), gamma irradiation, microwave, autoclave, and autoclave in combination with microwave) applied to wheat flour (strong, medium, and

soft), wheat dough (strong, medium, and soft) and wheat products (bread, noodle, and cookie) on immunological reaction of gliadin proteins and quality characteristics of wheat products. Furthermore, the changes in secondary structure of gliadin proteins by the physical treatments were presented. The HHP, gamma irradiation, and microwave were not able to decrease the binding ability of gliadin in the strong, medium, soft wheat flours and dough. When the strong, medium and soft flours were treated with autoclave at 50 min, three flours showed the lowest binding ability of 87%, 68%, and 82%, respectively. In the autoclave in combination with microwave treatment, the binding ability tended to decrease with increasing autoclaving time, but, when three flours were treated with microwave for 5 min, the binding ability decreased more than for 10 min. The three flours treated with autoclave (50 min)/microwave (5 min) showed the lowest binding ability of 89%, 73% and 93%. When the strong, medium and soft dough were treated with autoclave, the strong and medium dough showed the lowest binding ability of gliadin of 35% and 76%, respectively, at 30 min, and the binding ability of gliadin in soft dough was 33% at 50 min. In the autoclave in combination with microwave treatment, the binding ability of gliadin in the strong and medium dough was 21% and 33%, respectively, at autoclave 50 min/microwave 10 min and the binding ability of gliadin in the soft dough was 26% at autoclave 50 min/microwave 5 min. When bread, cookie, boiled noodle were made by dough treated with autoclave or microwave, in case of autoclave in combination with microwave, the three products showed the lowest binding ability of 15% (30 min/1 min), 61% (30 min/1 min), and 27% (50 min/1 min), respectively, while the bread, cookie, and noodle made by flour treated with autoclave or autoclave/microwave showed high binding abilities of gliadin to IgG. The binding ability of bread, cookie, and boiled noodle to patient's

serum was decreased to 56%, 54% and 58%, respectively, when three products were treated with autoclave in combination with microwave. In the results of Immunoblotting, IgG and patient's serum reacted strongly with the 30-35 kDa band of gliadin proteins in the untreated dough and three products, while IgG and patient's serum did not react with gliadin proteins when dough and three products were treated with autoclave in combination with microwave. The changes in secondary structure of gliadin by autoclave, microwave and autoclave in combination with microwave were measured. Increase of autoclave, microwave and autoclave/microwave treatment time shifted the negative maximum CD (mdeg) values into lower wavelength. It indicates the increase of random coil structure of the protein. Especially, in case of the autoclave in combination with microwave treatment, its structure was severely disrupted, resulting in the decrease in allergenicity of gliadin in wheat products. When bread and noodle were made by flour or dough treated with autoclave in combination with microwave, the pH, moisture content and color did not differ from untreated products, but, the moisture content of cookie made by dough treated with autoclave increased. In the results of texture, hardness, gumminess, chewiness and shear force increased at breads made by flour and dough treated with physical treatments, noodle made by dough treated with physical treatments and cookie baked made by dough treated with autoclave/microwave. In the results of sensory evaluation, in the case of autoclave in combination with microwave treatment, texture, inner shape, color and total preference of bread and cookie scored low. These results are used from totally different texture compared to existing products. Therefore, if improvement measures against these problems are made, this physical processing is effective for development of hypoallergenic wheat products.

I. 서 론

식품알레르기 유병율 및 발병 기전

우리나라의 식품 알레르기 유병율은 5-38%에 달한다고 보고된바 있으며(Han et al., 1997), 전세계적으로는 전체 인구의 1-5%가 식품알레르기를 경험한다고 한다(Kanny et al., 2001). 이러한 식품알레르기는 환경오염 및 스트레스 증가와 더불어 소득수준 향상에 따른 식품의 종류 다양화 및 새로운 가공식품의 개발로 인해 식품 알레르기의 환자수는 증가하고 있는 추세이다.

1984년 미국 알레르기 천식 및 면역학회(American Association of Allergy Asthma and Immunology, AAAAI)와 국립 알레르기 감염 연구소(National Institute of Allergy and Infectious Diseases, NIAID)에서는 처음으로 식품알레르기를 “식품에 대한 부작용(adverse reaction to food)”으로 정의하였다. 식품 알레르기는 Immunoglobulin E(IgE)의 매개에 의한 면역 반응과 non-IgE 매개에 의한 반응으로 구분된다(Nam, 2004). IgE에 의한 식품알레르기의 발병기전은 식품알레르기 항원이 장관으로 유입되면 특이 항원과 결합할 수 있는 IgE와 결합되게 된다. 항원과 결합한 IgE 복합체는 비만세포 표면의 IgE 수용체와 결합함으로써 비만세포 내부로 신호전달 과정을 수행하게 된다. 신호를 받은 세포는 세포막의 아라키돈산으로부터 루코트리엔(Leukotrienes)과 프로스타글란딘(Prostaglandins)등과 같은 염증매개 산물이 만들어지면 비만세포로부터 다량의 히스타민을 방출함으로써 두드러기, 소양감 등의 직접적인 알레르기 증상이 일어나게 된다(Kim et al., 2003).

식품 알레르기의 원인 식품 및 치료 방법

식품알레르기의 주요 원인식품으로는 우유, 계란과 생선류로 고등어, 고기류로 돼지고기, 닭고기, 갑각류로 게, 새우, 과일류로 복숭아, 토마토 그리고 곡류로는 밀가루가 잘 알려져 있다. 1999년 식품규격 위원회(Codex)는 식품알레르기의 발생률이 증가함에 따라 과민반응을 일으키는 8종류인 글루텐을 포함하는 곡류,

갑각류, 계란, 생선, 땅콩(대두포함), 우유, 견과류 및 그 제품, 아황산염을 10 mg/kg 이상 함유한 식품에 대하여 알레르기 유발물질 표시대상으로 협의하였다. 우리나라의 식품의약품안전청에서는 가금류의 알, 메밀, 땅콩, 우유, 대두, 밀, 고등어, 게, 돼지고기, 복숭아, 토마토, 새우 등 12 종류에 대해 알레르기 유발 식품임을 표시하도록 하였다(Korean Food and Drug Administration, 2011).

식품알레르기의 치료 및 예방법은 원인식품의 섭취를 제한하는 것이나 대부분의 알레르기 유발 물질이 단백질로 영양 불균형을 초래할 수 있다. 또한 제한식이 이외에 약물치료, 면역조절치료 그리고 probiotics 등이 알레르기 증상을 개선하는데 도움을 줄 수 있으나 부작용, 일시적인 치료, 장시간 치료 등의 문제점이 있어 완전한 해결책이 될 수는 없다. 따라서 식품알레르기의 근본적인 해결을 위해 원인식품에 물리적, 화학적, 효소적 처리를 통해 알러겐의 구조를 변형 시킴으로써 저 알레르기 식품을 개발하기 위한 연구들이 상당히 이루어지고 있다.

밀 알레르기 및 저 알레르기 식품의 개발

밀은 영양학적으로 우수한 식품으로 당질 70-74%, 단백질 10-14%, 지질 1.9-2.3%를 함유하고 있으며, thiamin, riboflavin, niacin 등의 비타민도 풍부하다(Shidu et al., 1996). 또한 지방의 함량이 낮을 뿐만 아니라 불포화도가 높아 cholesterol을 감소시키는 역할을 하며 쌀에 비해 비타민 B 복합체의 함량이 3~4배에 이르고 엽산은 13배나 높다(Park, 2002). 밀가루의 단백질 중 주성분인 gluten은 반죽 시 점탄성을 나타내는 특성이 있어 gluten의 함량에 따라 강력분, 중력분, 박력분으로 나뉘어진다. 대체로 제빵용 밀가루는 단백질 함량이 높은 강력분을 이용하고, 과자용은 박력분, 국수용은 중력분을 사용한다.

밀의 주요 알레르기 항원은 유럽 지역에서 밀가루를 취급하는 사람들에게서 주로 발견되는 질병인 'Baker's asthma'라고 하는 천식의 원인 물질인 α -amylase inhibitor(20-25 kDa)가 있으며, gluten의 구성 성분인 gliadin 및 glutenin이 주요 원인 단백질로 알려져 있다(Shon, 2000). Gluten은 글루텐 과

민성 장질환을 일으키는데 gluten 단백질 내에 있는 gliadin이 소장 점막을 손상시켜 영양소 흡수에 장애가 되는 만성질환을 일으키기도 한다. 알코올에 녹는 gliadin은 gluten network 형성에 중요한 성분으로서 monomeric 단백질이며 밀 단백질의 30%를 차지하며, acid-PAGE에서 전기영동 이동도에 따라 α -, β -, γ - 및 ω -gliadin으로 나뉘어진다. α -, β -, γ -gliadin의 분자량은 30-40 kD이며, ω -gliadin은 40-75 kDa으로(Battais et al., 2003; Gianibelli et al., 2001) 각각의 환자혈청 IgE에 대한 epitope가 밝혀져 있다. ω -Gliadin은 다른 gliadin과 달리 α -helix 또는 β -sheet 구조는 없이 β -turn 구조로 되어 있는 것이 특징이며, 방향족 아미노산 잔기사이의 소수성 상호작용과 glutamine 잔기 위치에 수소결합을 통하여 구조의 안정화를 이룬다(Truust and Johansson, 1996).

밀 가공제품인 빵, 쿠키 등은 170°C 이상의 고온에서 조리되는 식품으로 밀 알레르기 환자들은 밀 가공제품을 섭취 후에도 알레르기 반응을 일으키기 때문에 다른 가공 처리에 의한 알레르기 저감화가 필요한 실정이다. 최근에는 감마선 조사, 가압가열, microwave 및 초고압 처리와 같은 물리적 처리를 이용하여 알러젠성을 저감화한 연구가 보고되고 있다.

이에 본 연구에서는 강력분, 중력분 및 박력분으로 나뉘어 밀가루, 밀반죽 및 밀 가공제품에 물리적 처리를 한 후 단백질 변화와 gliadin의 알러젠성 변화와 밀 가공제품의 품질 특성 변화에 대해 조사하였다. 또한 gliadin에 물리적 처리를 하여 circular dichroism을 통하여 2차구조 변화를 살펴, gliadin의 항원성 및 allergenicity 변화를 예측하였다.

II. 재료 및 방법

1. 실험재료

1.1. 원료

본 실험에 사용한 밀가루는 (주) 동아원에서 제공받은 것으로 1등 강력, 중력, 박력 밀가루를 사용하였다(Table 1).

1.2. 표준항원 및 항체

표준 항원으로 사용된 gliadin, 1차항체로 사용된 anti-gliadin IgG 및 2차항체로 사용된 anti-rabbit IgG peroxidase antibody conjugate는 Sigma사(Sigma Chemical Co., St Louis, Mo, USA)에서 구입하여 사용하였다. Anti-human IgE antibody peroxidase는 KPL사(Kirkegaard & Perry Laboratories, Inc. Maryland, USA)에서 구입하였다.

밀 알레르기 환자혈청은 연세대학교 의과대학 소아과학교실 김규언 교수님으로부터 제공받았다. 환자는 아토피 피부염을 보인 생후 5개월의 남아이며, total IgE는 1488 mg/dL이며, UniCAP test에서 wheat에 대해 73.5 kU/L 이었다.

Table 1. Proximate composition of wheat flour

	Moisture (%)	Ash (%)	Protein (%)
Strong flour No.1 (USA, Canada)	13.9	0.419	12.21
Medium flour No.1 (USA)	13.5	0.400	9.40
Soft flour No.1 (USA)	13.5	0.410	8.47



2. 방법

2.1. Competitive indirect enzyme linked immunosorbent assay (Ci-ELISA)의 실험조건

Gliadin의 항원성 변화를 알아보기 위해 Lee 등(1998)의 방법을 변형하여 Ci-ELISA를 실시하였다. 0.2 M bicarbonate coating buffer (pH 9.6)를 이용하여 gliadin을 일정 농도로 희석한 뒤, costar 96-well flat bottom plate(469957; Nunc, Kamstrupvej, Denmark)의 well에 100 μ L씩 분주하였다. 4°C에서 하룻밤 동안 coating 시킨 후, 비특이적인 반응을 막기 위해 1% gelatin 용액으로 blocking하였다. 0.01 M PBS(Phosphate buffered saline, pH 7.3)를 이용하여 IgG는 64 μ g/mL 농도로, 환자혈청은 1:64 비율로 희석하여 항원과 항체를 각각 50 μ L씩 분주하여 반응시켰다. 2차 항체를(anti-rabbit IgG: 1:30,000, anti-human IgE: 1:500) 넣은 다음 OPD(o-phenylenediamine, Sigma Chemical Co.) 용액으로 발색시켰다. 그 후 2 M H_2SO_4 로 반응을 중지시켜 ELISA reader (Model 550, Bio-rad, CA, USA)의 490 nm 파장에서 흡광도를 측정하였다. 각 단계별 반응조건은 37°C에서 2시간이며 각 단계가 끝날 때마다 0.01 M PBST [phosphate buffered saline containing 0.1% tween 20(v/v)]용액으로 4회씩 수세하였다.

2.2. Ci-ELISA의 titration curve

Titration curve는 표준 항원과 1차 항체와의 최적 결합 적정 농도를 알아보기 위하여 실시한 것으로 Lee 등(1998)의 방법을 약간 변형하여 행하였다. Coating buffer(pH 9.6)를 이용하여 100, 200 및 400 μ g/mL로 희석한 표준 항원을 well에 분주한 뒤, 4°C에서 하룻밤 over night 시켰다. 그 다음 0.01 M PBS(pH 7.3)를 이용하여 각 농도별로 희석한 1차 항체를 100 μ L씩 반응시켰다. 이하 모든 과정은 2.1의 실험조건과 동일하게 진행되었다. 항원과 항체의 maximum binding 농도는 항원은 200 μ g/mL, 항체는 64 μ g/mL 이었다(Fig. 1).

2.3. Ci-ELISA의 standard curve

2.1과 같은 방법으로 표준항원을 coating시킨 well에 0.01 M PBS (pH 7.3)를 이용하여 항원을 200에서 0.195 $\mu\text{g/mL}$ 까지 희석한 다음 각각의 희석액을 well에 50 μL 씩 분주한 후 titration curve에서 결정된 항체의 희석농도로 50 μL 씩 분주하였다. 이하 모든 과정은 Ci-ELISA의 실험조건과 동일하며 표준 항원과 항체의 100% 결합을 위해 항체 50 μL 와 0.01 M PBS 50 μL 만을 well에 첨가하였으며 blank로서 0.01 M PBS 100 μL 를 첨가하였다. Anti-gliadin IgG와 반응하는 gliadin의 최적 검출 농도 범위는 0.98–31.25 $\mu\text{g/mL}$ 이었다(Fig. 2).

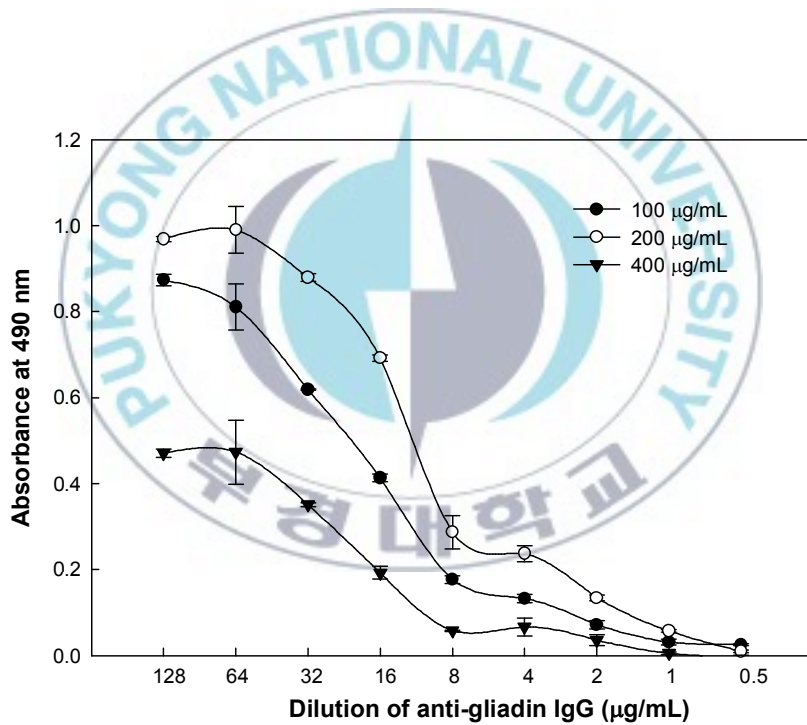


Fig. 1. Titration curves of anti-gliadin IgG against different coated gliadin to format analytical condition of Ci-ELISA. Secondary IgG solution was diluted to 1:30,000 with 0.01 M PBS.

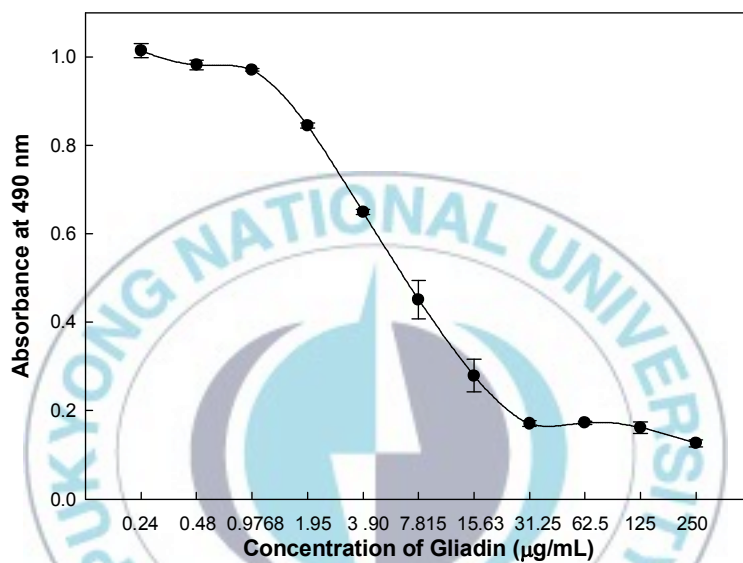


Fig. 2. Standard curve of anti-gliadin IgG to gliadin by Ci-ELISA. Gliadin was used as a coating antigen. Anti-gliadin IgG was used for capturing gliadin. Gliadin was serially diluted from 250 to 0.24 $\mu\text{g/mL}$.

2.4. 밀가루 반죽

강력분은 밀가루를 100% 기준으로 48%의 염수를 첨가하였으며, 최종 염농도는 2%이었다. 중력분은 밀가루를 100% 기준으로 43%의 염수를 첨가하였으며, 최종 염농도는 4.7%이었다. 박력분은 밀가루를 100% 기준으로 38%의 염수를 첨가하였으며, 최종 염농도는 1%이었다. 그 뒤 반죽기(HB-126A, Coman Inc., Gyeong-gi, Korea)로 10분간 반죽하였고, 약 2 mm 정도의 일정한 두께로 얇게 편 뒤 진공 포장하여 실험에 사용하였다.

2.5. 빵, 쿠키 및 생면 제조

2.5.1. 빵 제조

Table 2의 배합비에 따라 직접 반죽법으로 모닝빵을 제조하였다. 온도 28℃, 상대습도 75% 조건에서 90분 동안 1차 발효하고 30 g씩 둥글리기 하여 온도 35℃, 상대습도 85%에서 40분간 2차 발효한 후, 상층온도 200℃, 하층온도 190℃ 오븐(C3-128, MIBE, Arnstein, Germany)에서 7분간 구웠다. 오븐에서 구운 빵은 실온에서 방냉시킨 후 포장하여 실험하였다.

2.5.2. 생면 제조

생면의 제조는 Table 3의 배합 비율로 첨가하였으며, 혼합한 반죽을 5℃ 냉장고에서 30분간 휴지 시킨후 체면기를 이용하여 면을 뽑았다. 면 제조는 면 반죽을 각 100 g으로 분할하고 체면기(Atlas 150, Marcato, Padova, Italy)에서 5단계로 각 단계마다 2번씩 통과시켜 면가닥의 두께를 점차 감소시켜 1.5×1.5 mm 굵기의 면발을 뽑아 50 cm 길이로 절단하여 polyethylene 포장지에 포장한 후 냉장에 보관하면서 사용하였다. 생면의 삶는 조건은 면 무게의 20배 물을 넣고 센불에서 끓이다가 물이 끓으면 면을 넣고 3분간 삶았으며, 찬물에 30초 냉각시키고 2분간 물을 뺀 후 실험에 사용하였다.

2.5.3. 쿠키 제조

쿠키제조는 Table 4의 배합비에 따라 크림법(Creaming method)으로 수직형 반죽기(5K5SS, Kitchen Aid, Ohio, USA)를 이용하여 유지를 저속으로 5분간 돌린 후 설탕, 소금, 물엿을 더하여 다시 중속으로 5분간 반죽하였다. 다음 계란 1/2을 넣어 먼저 고속으로 1분간 믹싱하고 남은 계란을 첨가하여 2분간 믹싱하였다. 이어서 믹싱된 크림에 박력분을 첨가하여 섞은 후, 5℃의 냉장실에서 30분간 휴지시켰다. 휴지시킨 반죽은 Dough sheeter(SH-500, FLAMIC, Schio, Italy)로 0.7 cm 두께로 밀어 3.7 cm 직경의 원형틀로 성형한 후 윗불 190℃, 아랫불 170℃로 예열된 오븐(C3-128 MIBE, Arnstein, Germany)에서 12분간 구웠다.

2.6. 물리적 처리

2.6.1. 감마선 처리

밀가루 및 밀반죽은 한국 원자력 연구소의 Co-60 감마선 조사시설(선원: 11.1 PBq, ^{60}Co)을 이용하여 실온에서 시간당 일정 선량으로 1, 5, 10 및 20 kGy의 흡수선량을 얻도록 조사하였다.

2.6.2. 초고압 처리

밀가루 및 밀반죽을 진공 포장한 다음 초고압기(215L-600 ULTRA, AVURE Technologies Inc., WA, USA)의 processing chamber에 넣어 수온 약 8-10℃에서 100, 300 및 500 MPa의 정수압으로 각각 3분간 초고압 처리하였다.

2.6.3. 가압가열 처리

밀가루는 일정량을 시험관에, 밀가루 반죽은 수분 손실을 막기 위해 진공포장한 뒤, 가압멸균기(DW-AC 920, D.W. Industries, Korea)에 넣고 온도 121℃, 게이지압 1 kg/cm²에서 5, 10, 30 및 50분 동안 가압가열 처리하였다. 처리 후 냉각시킨 뒤 gliadin을 추출하여 실험에 사용하였다.

Table 2. Recipe for preparation of the breads

Ingredients	Content (%)
Wheat flour	100
Water	47
Salt	2
Sugar	12
Shortening	10
Defated milk flour	3
Egg	20
Yeast	4
Bread improver (s-500)	1

Table 2. Recipe for preparation of the noodle

Noodle		noodle containing egg	
Ingredients	Content (%)	Ingredients	Content (%)
Wheat flour	100	Wheat flour	100
Water	50	Water	25
Salt	2	Salt	2
		Egg	25

Table 3. Recipe for preparation of the cookies

Ingredients	Content (%)
Wheat flour	100
Butter	33
Shortening	33
Sugar	35
Salt	1
Starch syrup	5
Egg	10
Egg yolk	10
Vanilla	0.5



2.6.4. Microwave 처리

증류수로 채운 beaker에 밀가루가 들어있는 시험관 및 진공포장된 밀반죽을 넣은 후 중탕하며 1, 5 및 10분간 microwave (MW-272LB, LG, Seoul, Korea) 처리하였다. 이 때 사용한 주파수는 2,450 MHz이고 정격고주파출력은 700 W이었다.

2.7. Gliadin 추출

Leszczynska 등(2003)의 방법에 따라 표준항원으로 사용된 gliadin 및 물리적 처리한 밀가루와 세절한 밀반죽에 40% 에탄올을 1:1 비율로 가하여 10분간 shaking하여 gliadin을 추출하였다. 물리적 처리된 빵과 과자는 믹서기에 넣어 30초간 분쇄하였으며, 생면 및 삶은면은 세절하여 위와 같은 방법으로 추출하였다. 그 후 원심분리기(Micro 17TR, Hanil Co., Incheon, Korea)를 이용하여 2,500×g에서 10분간 원심분리하고 얻어진 상층액을 실험에 사용하였다. 단백질 농도는 BCA protein assay kit(Pierce, IL, USA)로 측정한 뒤, 일정 농도로 희석하여 Ci-ELISA, SDS-PAGE 및 immunoblotting에 사용하였다.

2.8. SDS-PAGE 및 Native-PAGE

밀가루와 밀반죽, 밀가공제품 gliadin의 변화를 알아보기 위해 Laemmli(1970)의 방법을 사용하여 17% separating gel과 4.5% stacking gel로 구성된 SDS-PAGE(sodium dodecyl sulfate polyacrylamide gel)를 실시하였다. 1 mg/mL 농도로 희석한 시료와 sample buffer(16 mM tris-HCl; pH 8.0, 6.2 mM EDTA, 31% glycerol, 3.1% SDS) 및 2-mercaptoethanol을 혼합한 후 2분동안 가열하였다. 그 후 BPB 용액(0.1% bromophenol blue, 50% glycerol)을 가한 후 냉동보관하며 실험에 사용하였다. Loading한 후의 gel은 CBB 용액(50% methanol, 10% acetic acid, 0.1% coomassie brilliant blue R-250)으로 1시간 동안 염색하고, 탈색액(5% methanol, 7% acetic acid)을 이용하여 탈색하였다. 표준분자량 marker로는 protein marker(New England BioLabs, MA, USA)를 사용하였으며,

분자량별 standard는 B chain(2.3 kDa), insulin A(3.4 kDa), aprotinin(6.5 kDa), lysozyme(14.3 kDa), trypsin inhibitor(20 kDa), triosephosphate isomerase(27 kDa), thioredoxin reductase(34.6 kDa), MBP2(42.7 kDa), glutamic dehydrogenase(55.6 kDa), serum albumin(66.4 kDa), phosphorylase b(97 kDa), β -galactosidase(116 kDa), MBP- β -galactosidase(158 kDa), myosin (212 kDa)을 이용하였다. 또한 Native-PAGE는 10% running gel을 사용하였으며, SDS와 β -mercaptoethanol 첨가 및 가열 처리 과정을 제외하고 SDS-PAGE와 동일하게 진행되었다.

2.9. Immunoblotting

Towbin 등(1979)의 방법을 참고하여 SDS-PAGE에 의해 분리된 단백질을 methanol-activated polyvinylidene difluoride(PVDF) membrane(Bio-rad, CA, USA)에 150 mA에서 5시간 동안 전사시킨 후 각 strip을 3% gelatin으로 1시간 동안 blocking 시켰다. 1차 항체로 anti-gliadin IgG를 1% gelatin을 사용하여 128 μ g/mL 농도로, 환자혈청을 16배 희석하여 3시간 30분간 반응시킨 후 TBST(tris buffered saline; pH 7.5) 용액으로 3회 세척하였다. 2차 항체로 anti-rabbit IgG 및 anti-human IgE를 TBST로 1:1,000과 1:500의 비율로 희석시켜 1시간 반응시킨 후 TBST로 3회 세척한 뒤, DAB(3,3'-diaminobenzidine tetrahydrochloride, Sigma Chemical Co.) 용액을 기질로 사용하여 발색시킨 다음 반응정도를 관찰하였다. 모든 과정의 실험은 실온에서 진행되었다.

2.10. Mixograph 및 팽창도

밀가루의 물리적 처리에 따른 밀가루 반죽의 물성을 알아보기 위하여 10 g mixograph(Nathonal Mfg. Co, Lincoln, NE)를 사용하였다. Spring 장력은 12에 맞추고, 시료는 AACC method 54-40(1995)에 의해 밀가루 10 g을 기준으로 물과 기타 재료를 비율에 맞게 계량하여 첨가하였다. Mixograph에서 반죽 시간

을 10분으로 하여 얻은 믹소그램으로 peak time, peak height, width at peak, 8 분 후의 width로 부터 밀가루의 제빵 특성을 알아보았다. 팽창도는 Mixing 직후 반죽에서 20 g을 채취하여 AACC 방법(10-09) (1983)에 따라 실험 조작이 용이하도록 덧가루를 바르고 100 mL mass cylinder에 넣어 식빵 제조용 반죽과 함께 1차 발효하여 발효가 끝난 직후 등글게 올라온 반죽의 윗부분을 읽어 부피를 측정하였다.

2.11. 물성

Texture meter(T1-AT2, SMS Co., Tokyo, Japan)를 이용하여 빵, 생면의 삶은 면판 및 쿠키는 경도(hardness), 부서짐성(Fracturability), 부착성(Adhesiveness), 응집성(Cohesiveness), 탄력성(springiness), 검성(gumminess), 씹힘성(chewiness), 복원성(resiliene) 및 전단력(shear force)을 측정하였다. 생면을 제조 후 삶은 면에 대해 인장력(tensile force)를 측정하였다. 물성의 측정 조건은 빵은 $2.0 \times 2.0 \times 2.0$ cm의 크기로 자른 후 test speed 1.7 mm/s, load cell 5 kg, test distance 40%의 조건으로 측정하였다. 면판은 1×1 cm로 자른 후 test speed 0.5 mm/s, load cell 5 kg, test distance 75%, 인장력은 test speed 10 mm/s, load cell 5 kg, test distance 80 mm의 조건으로 측정하였다. 쿠키는 중심부에서 1.5×1.5 cm로 자른 후 test speed 10 mm/s, load cell 5 kg, test distance 24%, 전단력은 distance를 70%의 조건으로 측정하였다.

2.12. 색도

빵은 표면을 제거하고 내부를 취하여, 쿠키는 통째로 믹서기로 30초 분쇄하여 각각 3.5 g 취하였으며, 면을 제조 후 삶은 면을 4.5 g을 취하여 분체 cell에 넣어 색차계(JC801, Color Technosystem Co., Tokyo, Japan)로 L^* , a^* , b^* 값으로 색도를 측정하였다. 이때 사용된 표준백판의 값은 $L^*=93.39$, $a^*=0.28$, $b^*=1.68$ 이었다. 면을 가늘게 자르기 전 면판을 고체 cell로 측정하였으며, 생면

을 삶은 국물은 10 mL 취하여 액체 셀로 측정하였다. 이때 사용된 표준백판의 값은 $L^*=98.74$, $a^*=0.20$, $b^*=-0.33$ 이었다.

2.13. pH 및 수분

시료 모닝빵 및 쿠키를 믹서기(DY-3005SV, Yangji Produce, Incheon, Korea)로 30초간 분쇄하였으며, 생면은 세절하여 각각 5 g 취한 후, 10배량의 증류수 50 mL과 혼합하여 10,000 rpm에서 2분 동안 호모게나이저를 이용하여 균질화한 다음 pH meter(HM-30V, TOA, Kobe, Japan)로 측정하였다. 수분은 시료를 1 g 취하여 수분기계(MB45, OHAUS, Switzerland)로 측정하였다.

2.14. 관능평가

14명의 숙련된 panel(부경대학교 식품공학전공 식품자원개발실험실원, 남 3명, 여 11명, 21-27세)을 선정하여 제조 직후 모닝빵, 쿠키는 외부색, 내부색, 형태, 맛, 향, 질감, 및 전체적인 기호도의 7가지 항목으로, 삶은면은 면의 색(생면 및 삶은면), 삶은물 색, 면의 향(생면 및 삶은면), 삶은물 향, 맛, 질감, 탄력성 및 전체적인 기호도의 10가지 항목으로 7점 점수법으로 평가하였다.

2.15. Circular dichroism

Gliadin을 가압가열, microwave 그리고 두 방법을 병행 처리후 40% 에탄올 추출후 0.01M PBS로 0.1 mg/mL로 희석하여 CD 측정에 사용하였다. CD 측정은 0.1 cm cell을 이용하여 JASCO J-715 spectropolarimeter로 측정하였다. CD의 Far-UV 파장은 190-250 nm 이었으며, CD data는 millidegrees (mdeg)로 나타내었다.

2.16. 통계처리

실험 결과의 통계처리는 SAS program(Statistical analytical system V8.2, SAS Institute Inc., Cary, NC, USA)을 이용하여 평균값을 분산분석한 후,

Duncan의 다중검정법으로 $p < 0.05$ 수준에서 항목들 간의 유의적 차이를 검정하였다.



III. 결과 및 고찰

1. 물리적 처리에 의한 밀가루 및 밀반죽 gliadin의 항원성과 구조 변화

1.1. 초고압 처리

밀가루(강력분, 중력분 및 박력분) 및 반죽(강력분, 중력분 및 박력분)에 100, 300 및 500 MPa의 초고압을 처리한 뒤, gliadin을 추출하여 Ci-ELISA와 SDS-PAGE를 실시하여 항원성 및 단백질 변화 정도를 측정하였다. Ci-ELISA 결과 (Fig. 3, 5, 7), 강력분, 중력분 및 박력분은 처리구의 gliadin과 IgG와의 결합력이 90% 이상으로 높게 유지 되었으며, 500 MPa 처리에 의해서도 큰 변화가 없었다. 반죽에 처리하였을 경우에도 강력분, 중력분 및 박력분 모두 무처리구와 유의적인 차이 없이 95% 이상으로 결합력이 높았다(Fig. 9, 11, 13). SDS-PAGE 결과에서도 모든 밀가루(Fig. 4, 6, 8) 및 반죽(Fig. 10, 12, 14) 처리구에서는 무처리구와 비교하여 초고압 처리 후 gliadin(약 30-75 kDa) 단백질의 큰 변화를 살펴볼 수 없었다. Fig. 52의 결과에 비추어 볼때, 특히 약 35 kDa의 단백질이 초고압에 의해 영향을 받지 않아 gliadin의 항원성 감소에 큰 영향을 주지 않은 것으로 사료된다.

초고압 처리는 단백질의 정전기적 결합 및 소수성 결합을 약화시켜 구조변화를 일으키는데, 1000 MPa 처리시에 이황화 결합은 thiol-disulphide exchange 반응에 의해 끊어지거나 재배열이 되지만 공유결합은 영향을 받지 않는다. Pfister 등(2001)은 단백질의 2차 및 3차 구조는 각각 700 MPa 및 200 MPa

이상의 초고압 처리에 의해 영향을 받으며, 2차 구조인 α -helices는 β -sheet 구조보다 덜 안정하였다고 하였다. 또한 높은 초고압 처리에서 단백질 변화는 온도, 처리시간, 용매, 첨가제, pH 및 단백질 농도에 의해 달라지게 된다. 한편, Kieffer 등(2007)은 single gliadin에 0.1-800 MPa로 초고압 처리시 cysteine-free ω 5- 및 ω 1,2-gliadin의 함량은 800 MPa 초고압에서도 영향을 받지 않았지만, cysteine이 함유되어 있는 α - 및 γ -gliadins의 함량은 상당히 감소하였다고 하였지만, RP-HPLC 분석에서 disulphide 결합의 절단이나 재배열이 일어나지 않아 초고압에 의해 disulphide 결합이 영향을 받지 않았다고 보고하였다. 또한 disulphide 결합의 변화가 전기영동상에서도 관찰되지 않았다고 하여 본 실험 결과와 유사한 결과를 보였다.

최근 초고압 처리에 의해 식품의 알러젠성을 저감화시킨 연구가 보고되고 있다. Yamamoto 등(2010)은 wheat α -amylase inhibitor에 초고압 처리시 IgE와의 반응성이 감소하였다고 보고하였으며, Han 등(2006)의 연구에서 우유 추출물 중 bovine gamma-globulin 단백질의 항원성이 감소하였다. 한편, celery 알러젠인 rApi g1은 고압 처리시 단백질 구조변화는 관찰되었으나, 항원성에는 큰 변화가 없어 본 실험 결과와 유사하였다(Houska et al., 2009).

이상으로, 강력분, 중력분, 박력분의 밀가루 및 반죽에 100-500 MPa의 초고압 처리는 gliadin의 항원성 감소에 영향을 주지 않았다.

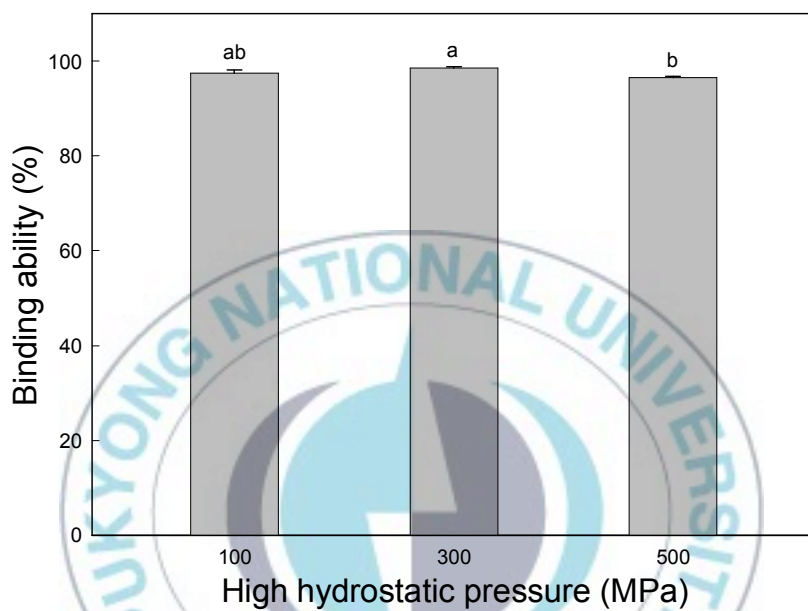


Fig. 3. Binding ability of anti-gliadin IgG to gliadin in strong wheat flour treated with high hydrostatic pressure (HHP). The binding ability was measured by Ci-ELISA. Binding ability=Bt/Box100. Bt; binding ability of IgG to gliadin in strong wheat flour treated with HHP, Bo; binding ability of IgG to gliadin in strong wheat flour non-treated.

^{a-b}Means with different superscripts are significantly different ($p < 0.05$).

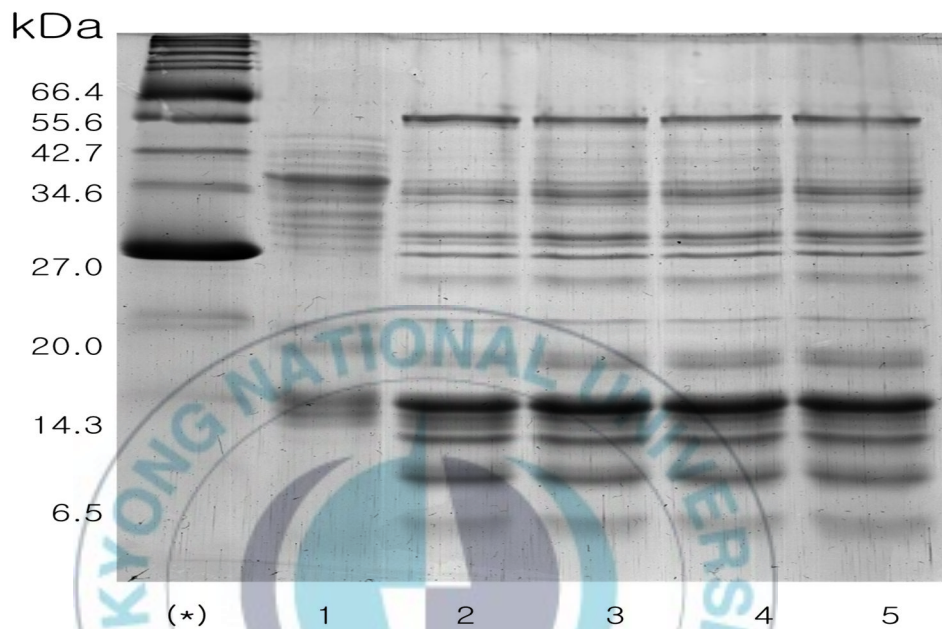


Fig. 4. SDS-PAGE of gliadin in strong wheat flour treated with high hydrostatic pressure (HHP). Samples are (*) protein marker, (1) gliadin, (2) untreated wheat flour (3) 100 MPa 3 min, (3) 300 MPa 3 min, (3) 500 MPa 3 min.

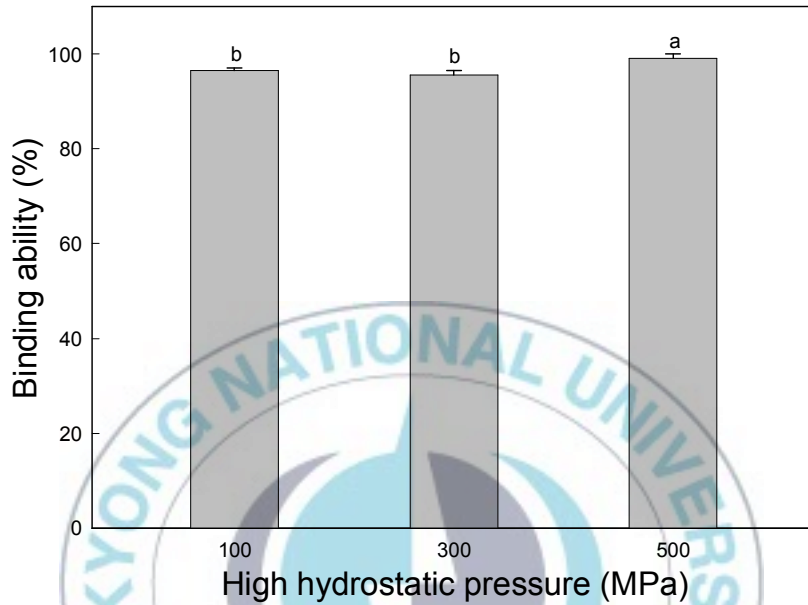


Fig. 5. Binding ability of anti-gliadin IgG to gliadin in medium wheat flour treated with high hydrostatic pressure (HHP). The binding ability was measured by Ci-ELISA. Binding ability=Bt/Box100. Bt; binding ability of IgG to gliadin in medium wheat flour treated with HHP, Bo; binding ability of IgG to gliadin in medium wheat flour non-treated. All samples are 0.5 mg/mL.

^{a-b}Means with different superscripts are significantly different ($p < 0.05$).



Fig. 6. SDS-PAGE of medium wheat flour treated with high hydrostatic pressure (HHP) for 3 min. Samples are (*) protein marker, (1) gliadin, (2) untreated medium wheat flour, (3) 100 MPa, (4) 300 MPa, (3) 500 MPa. All samples are 1 mg/mL.

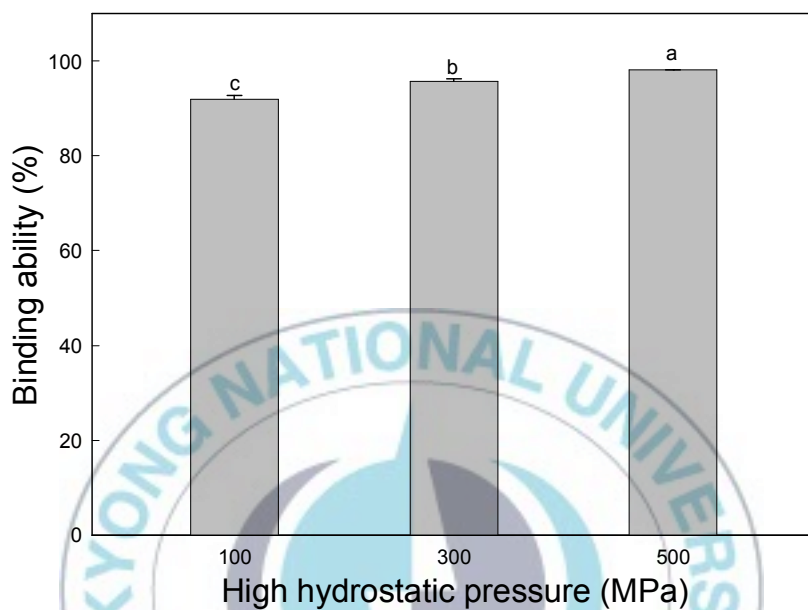


Fig. 7. Binding ability of anti-gliadin IgG to gliadin in soft wheat flour treated with high hydrostatic pressure (HHP). The binding ability was measured by Ci-ELISA. Binding ability=Bt/Bo $\times$ 100. Bt; binding ability of IgG to gliadin in soft wheat flour treated with HHP, Bo; binding ability of IgG to gliadin in soft wheat flour non-treated.

^{a-c}Means with different superscripts are significantly different ($p<0.05$).

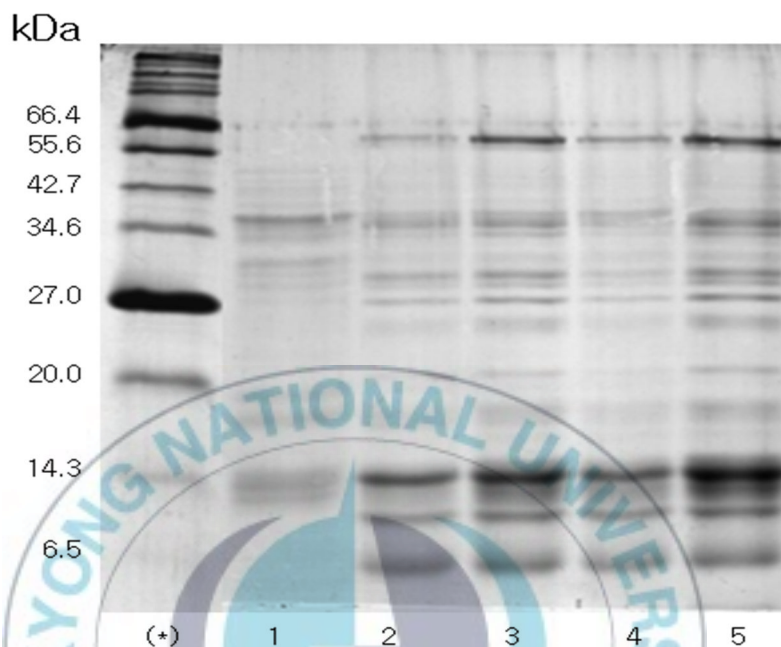


Fig. 8. SDS-PAGE of soft wheat flour treated with high hydrostatic pressure (HHP). Samples are (*) protein marker, (1) gliadin, (2) untreated soft wheat flour, (3) 100 MPa, (4) 300 MPa, (5) 500 MPa.

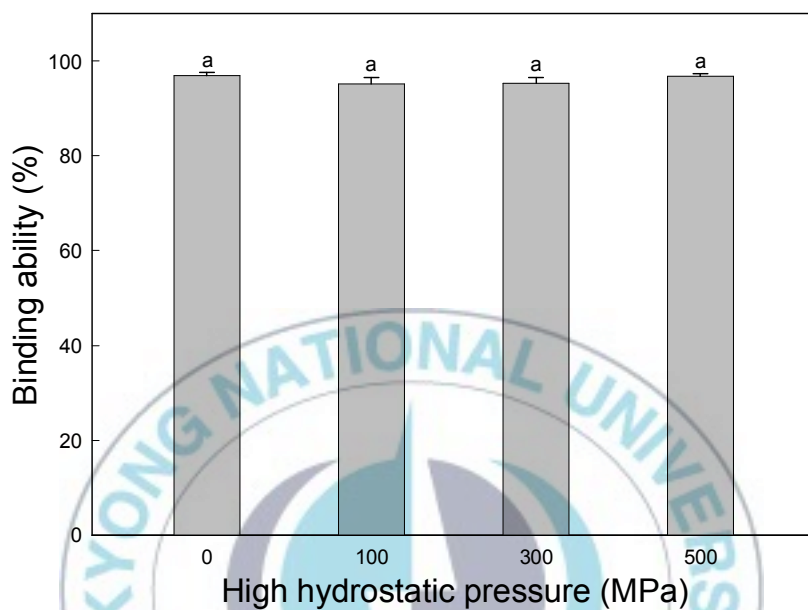


Fig. 9. Binding ability of anti-gliadin IgG to gliadin in strong wheat dough treated with high hydrostatic pressure (HHP). The binding ability was measured by Ci-ELISA. Binding ability = $B_t/B_o \times 100$. B_t ; binding ability of IgG to gliadin in strong wheat dough treated with HHP, B_o ; binding ability of IgG to gliadin in strong wheat dough non-treated. All samples are 0.5 mg/mL. Data are not significantly different.

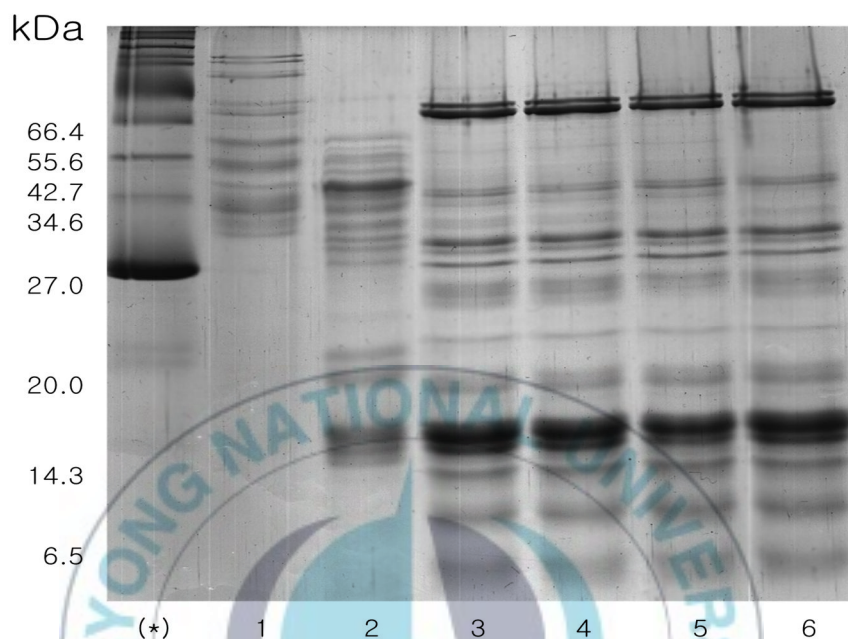


Fig. 10. SDS-PAGE of strong wheat dough treated with high hydrostatic pressure (HHP). Samples are (*) protein marker, (1) gluten, (2) gliadin, (3) untreated strong wheat dough extracts, (4) 100 MPa, (5) 300 MPa, (6) 500 MPa. All samples are 1 mg/mL.

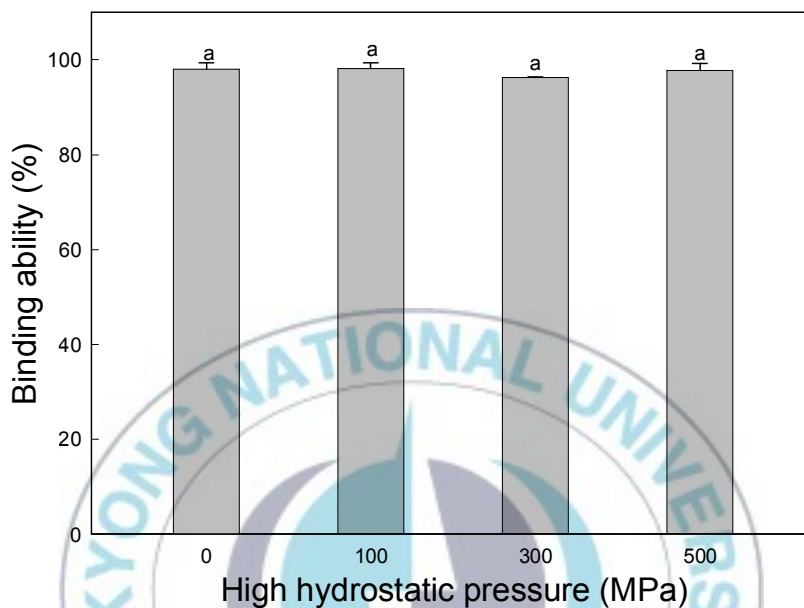


Fig. 11. Binding ability of anti-gliadin IgG to gliadin in wheat dough treated with high hydrostatic pressure (HHP). The binding ability was measured by Ci-ELISA. Binding ability=Bt/Box100. Bt; binding ability of IgG to medium wheat dough treated with HHP, Bo; binding ability of IgG to medium wheat dough non-treated. All samples are 0.5 mg/mL. Data are not significantly different.

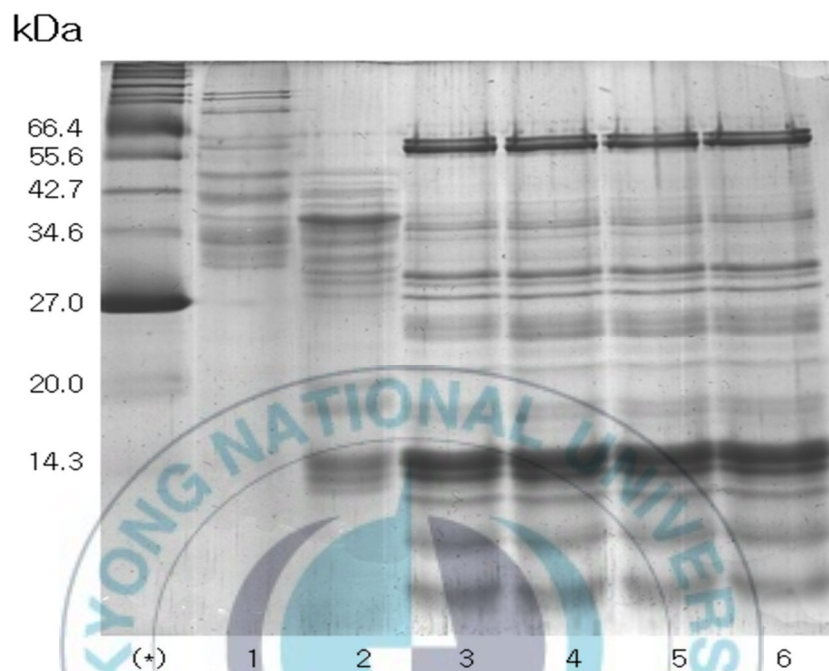


Fig. 12. SDS-PAGE of medium wheat dough treated with high hydrostatic pressure (HHP) for 3 min. Samples are (*) protein marker, (1) gluten, (2) gliadin, (3) untreated medium wheat dough, (4) 100 MPa, (5) 300 MPa, (6) 500 MPa. All samples are 1 mg/mL.

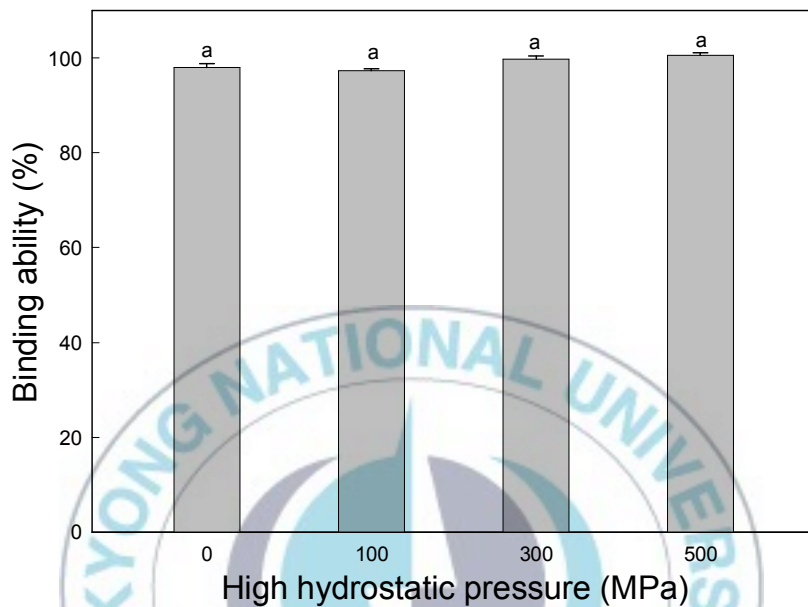


Fig. 13. Binding ability of anti-gliadin IgG to gliadin in soft wheat dough treated with high hydrostatic pressure (HHP). The binding ability was measured by Ci-ELISA. Binding ability= $B_t/B_o \times 100$. B_t ; binding ability of IgG to gliadin in soft wheat dough treated with HHP, B_o ; binding ability of IgG to gliadin in soft wheat flour non-treated. Data are not significantly different.

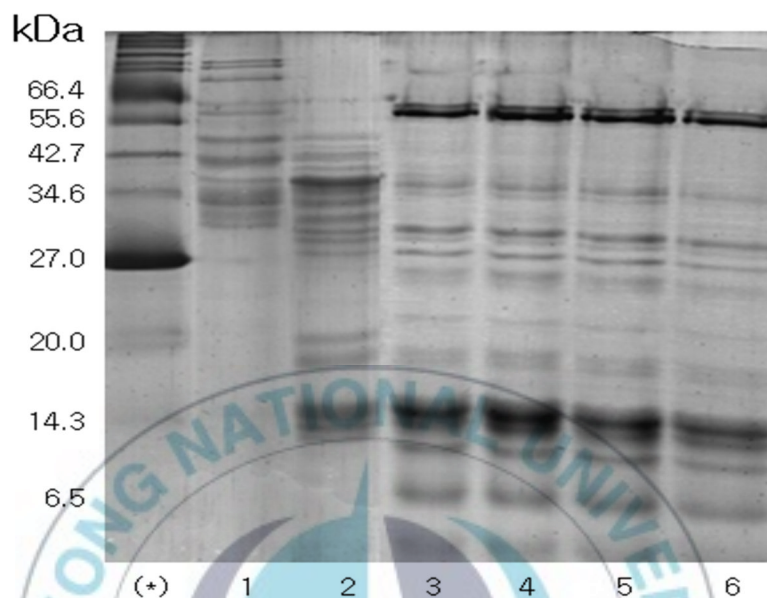


Fig. 14. SDS-PAGE of soft wheat dough treated with high hydrostatic pressure (HHP). Samples are (*) protein marker, (1) gluten, (2) gliadin, (3) untreated soft wheat dough, (4) 100 MPa, (5) 300 MPa, (6) 500 MPa.

1.2. 감마선 처리

밀가루(강력분, 중력분, 박력분) 및 반죽(강력분, 중력분, 박력분)에 감마선 조사 처리를 하여 gliadin에 대한 항원성 및 단백질 변화를 Ci-ELISA 및 SDS-PAGE로 알아보았다. Ci-ELISA 결과(Fig. 15, 17, 19), 1, 5, 10 및 20 kGy 조사 선량에서는 gliadin의 IgG에 대한 결합력은 강력분은 10 및 20 kGy에서, 중력분, 및 박력분은 20 kGy 조사 선량에서 다른 처리구보다 유의적으로 증가하였으며, 모든 처리구에서 90% 이상의 높은 반응성을 보였다. 감마선 조사에 의한 반죽 gliadin의 항원성 변화 결과는(Fig. 21, 23, 25) 강력분, 중력분 및 박력분 반죽 모두에서 90% 이상의 높은 결합력을 유지하였으며, 강력분 반죽은 5-20 kGy 선량에서, 박력분은 20 kGy 선량에서 유의적으로 증가하였으며, 중력분 반죽은 무처리구와 비교시 유의적으로 차이가 나지 않았다.

SDS-PAGE 결과에서도 강력분, 중력분, 박력분 밀가루(Fig. 16, 18, 20) 및 반죽의(Fig. 22, 24, 26) 감마선 조사에 의한 gliadin(약 30-75 kDa) 단백질의 변화는 무처리구와 큰 차이가 나타나지 않았다. Fig. 52의 결과에 비추어 볼때, 특히 약 34 kDa의 단백질이 감마선 조사에 의해 영향을 받지 않아 gliadin의 항원성 감소에 큰 영향을 주지 않는 것으로 사료된다.

식품중에 감마선 조사를 하게 되면 조사 시 생성된 라디칼이 연쇄반응을 일으켜 단백질 분자의 변화가 일어나게 되고, 수분을 높게 함유한 경우에는 물 분자로부터 생성된 hydroxyl radical에 의해 저분자량으로 소편화 되거나 단백질간의 cross-linking과 소수성 결합에 고분자량으로 응집하게 된다(Choi et al., 2008). 이러한 감마선 조사 기술은 식품의 항원성을 감소시키는데 이용이 되고 있는데 casein (shin et al., 2008), tropomyosin (Li et al., 2007), ovalbumin (Lee et al., 2001), porcine serum albumin (Kim et al., 2010)의 항원성이 감소되었다. 반면 Leszczynska 등(2003)은 gliadin과 밀가루에 2.2-12.7 kGy의 감마선 조사가 오히려 ω -gliadin과 항체와의 결합력을 증가시켰다고 하였는데 이는 감마선 조사시 생성된 radical에 의해 유발된 밀가루의 다른 성분과 교차반응에 의한 것이라고 하였다.

식품에 감마선 조사시 단백질의 변화는 건조 식품에서와 고수분 함량 식품에

있어 다른 양상을 보이는데 직접적인 감마선에 의한 영향보다 감마선 조사시 물 분자에서 생성된 radical에 의해 단백질의 변화가 더 크게 일어난다(Simic, 1978). Yook 등(1998)과 Li 등(2007)의 SDS-PAGE 결과에서 40 kGy 및 20 kGy로 조사시, 추출물에 처리했을때는 단백질의 분해가 일어났으나 돼지고기와 새우에 직접 감마선 처리 했을때는 단백질의 변화가 거의 없어 밀가루 및 밀반죽의 SDS-PAGE 결과와 유사한 결과를 보였다.



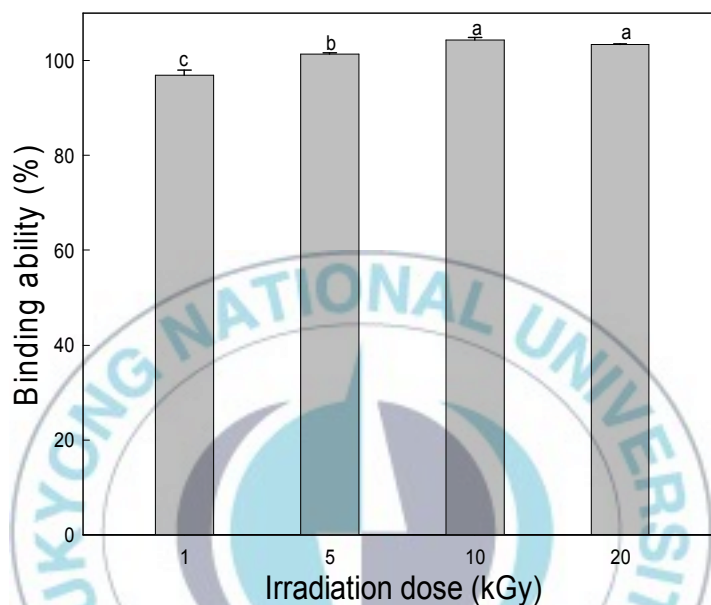


Fig. 15. Binding ability of anti-gliadin IgG to gliadin in strong wheat flour treated with gamma irradiation. The binding ability was measured by Ci-ELISA. Binding ability=Bt/Bo x 100. Bt; binding ability of IgG to gliadin in strong wheat flour treated with gamma-irradiation, Bo; binding ability of IgG to gliadin in strong wheat flour non-treated. All samples are 0.5 mg/mL.

^{a-c}Means with different superscripts are significantly different ($p<0.05$).

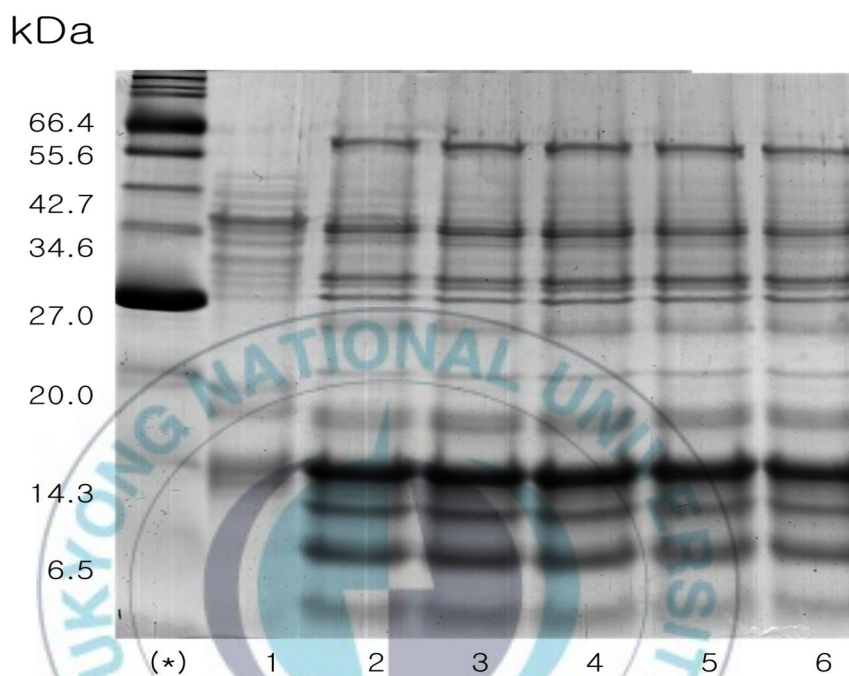


Fig. 16. SDS-PAGE (a) and immunoblotting (b) of gliadin in strong wheat flour treated with gamma irradiation. Samples are (*) protein marker, (1) gliadin, (2) untreated strong wheat flour, (3) 1 kGy, (4) 5 kGy, (5) 10 kGy, (6) 20 kGy. All samples are 1 mg/mL.

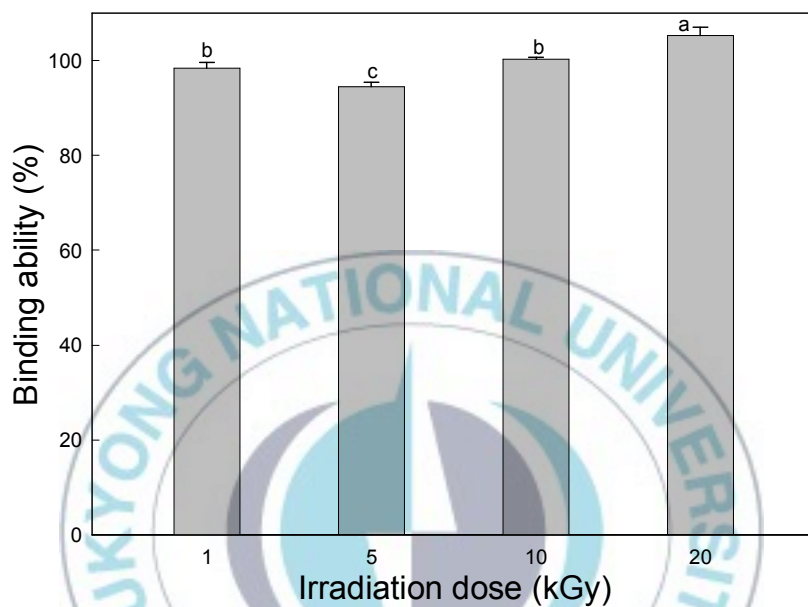


Fig. 17. Binding ability of anti-gliadin IgG to gliadin in medium wheat flour treated with gamma irradiation. The binding ability was measured by Ci-ELISA. Binding ability=Bt/Box100. Bt; binding ability of IgG to gliadin in medium wheat flour treated with gamma irradiation, Bo; binding ability of IgG to gliadin in medium wheat flour non-treated. All samples are 0.5 mg/mL. ^{a-c}Means with different superscripts are significantly different ($p<0.05$).

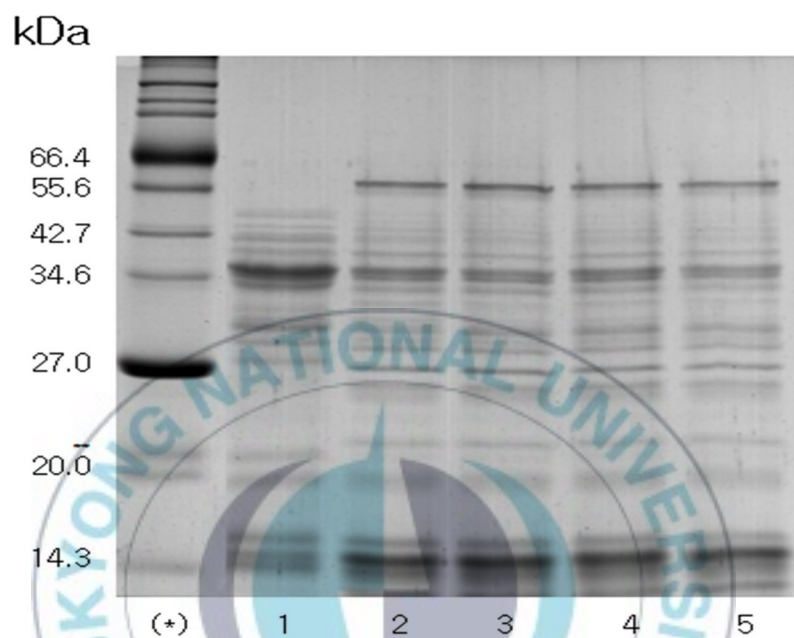


Fig. 18. SDS-PAGE of medium wheat flour treated with gamma irradiation. Samples are (*) protein marker, (1) gliadin, (2) untreated medium wheat flour, (3) 1 kGy, (4) 5 kGy, (5) 10 kGy. All samples are 1 mg/mL.

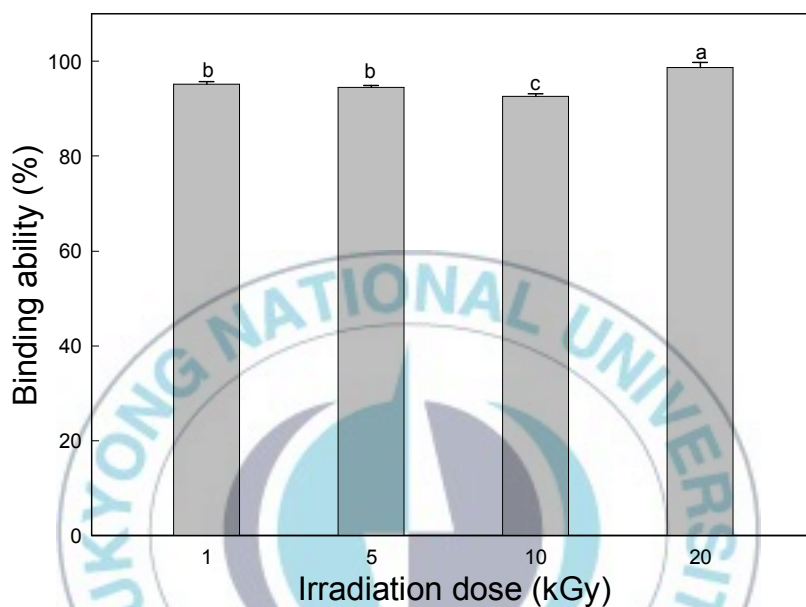


Fig. 19. Binding ability of anti-gliadin IgG to gliadin in soft wheat flour treated with gamma irradiation. The binding ability was measured by Ci-ELISA. Binding ability=Bt/Box100. Bt; binding ability of IgG to gliadin in soft wheat flour treated with gamma-irradiation, Bo; binding ability of IgG to gliadin in soft wheat flour non-treated.

^{a-c}Means with different superscripts are significantly different ($p < 0.05$).



Fig. 20. SDS-PAGE of soft wheat flour treated with gamma irradiation. Samples are (*) protein marker, (1) gliadin, (2) untreated soft wheat flour, (3) 1 kGy, (4) 5 kGy, (5) 10 kGy, (6) 20 kGy. All samples are 1 mg/mL.

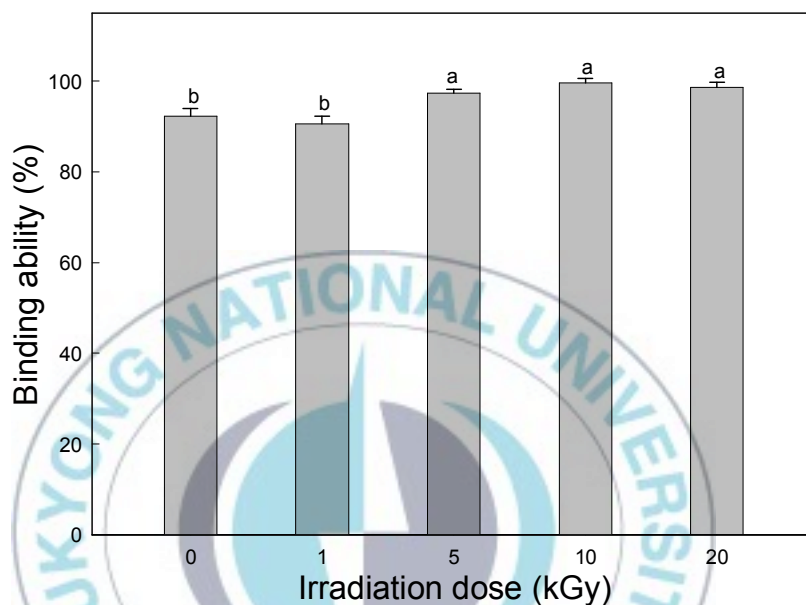


Fig. 21. Binding ability of anti-gliadin IgG to gliadin in strong wheat dough treated with gamma irradiation. The binding ability was measured by Ci-ELISA. Binding ability = $B_t/B_o \times 100$. B_t ; binding ability of IgG to gliadin in strong wheat dough treated with gamma irradiation, B_o ; binding ability of IgG to gliadin in strong wheat dough non-treated. All samples are 0.5 mg/mL.

^{a-b}Means with different superscripts are significantly different ($p < 0.05$).



Fig. 22. SDS-PAGE of strong wheat dough treated with gamma irradiation. Samples are (*) protein marker, (1) gluten, (2) gliadin, (3) untreated strong wheat dough extracts, (4) 1 kGy, (5) 5 kGy, (6) 10 kGy, (7) 20 kGy. All samples are 1 mg/mL.

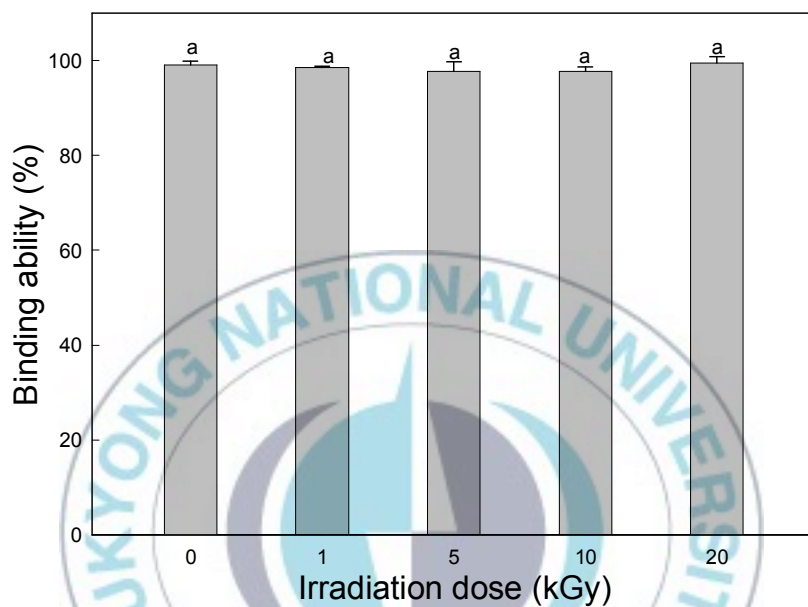


Fig. 23. Binding ability of anti-gliadin IgG to gliadin in medium wheat dough treated with gamma irradiation. The binding ability was measured by Ci-ELISA. Binding ability= $B_t/B_o \times 100$. B_t ; binding ability of IgG to gliadin in medium wheat dough treated with gamma irradiation, B_o ; binding ability of IgG to gliadin in medium wheat dough non-treated. All samples are 0.5 mg/mL. Data are not significantly different.

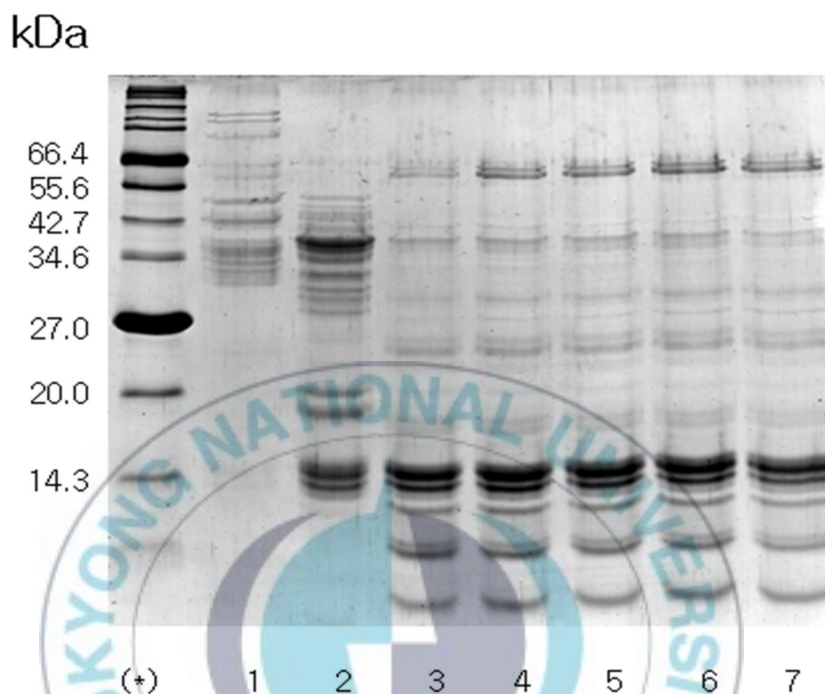


Fig. 24. SDS-PAGE of medium wheat dough treated with gamma irradiation. Samples are (*) protein marker, (1) gluten, (2) gliadin, (3) untreated medium wheat dough, (4) 1 kGy, (5) 5 kGy, (6) 10 kGy, (7) 20 kGy. All samples are 1 mg/mL.

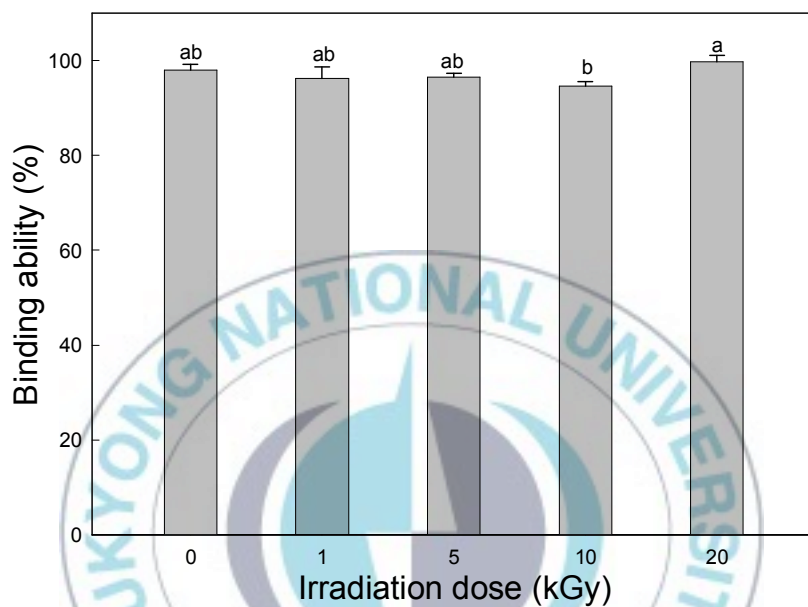


Fig. 25. Binding ability of anti-gliadin IgG to gliadin in soft wheat dough treated with gamma irradiation. The binding ability was measured by Ci-ELISA. Binding ability= $B_t/B_o \times 100$. B_t ; binding ability of IgG to gliadin in soft wheat dough treated with gamma-irradiation, B_o ; binding ability of IgG to gliadin in soft wheat flour non-treated.

^{a-b}Means with different superscripts are significantly different ($p < 0.05$).

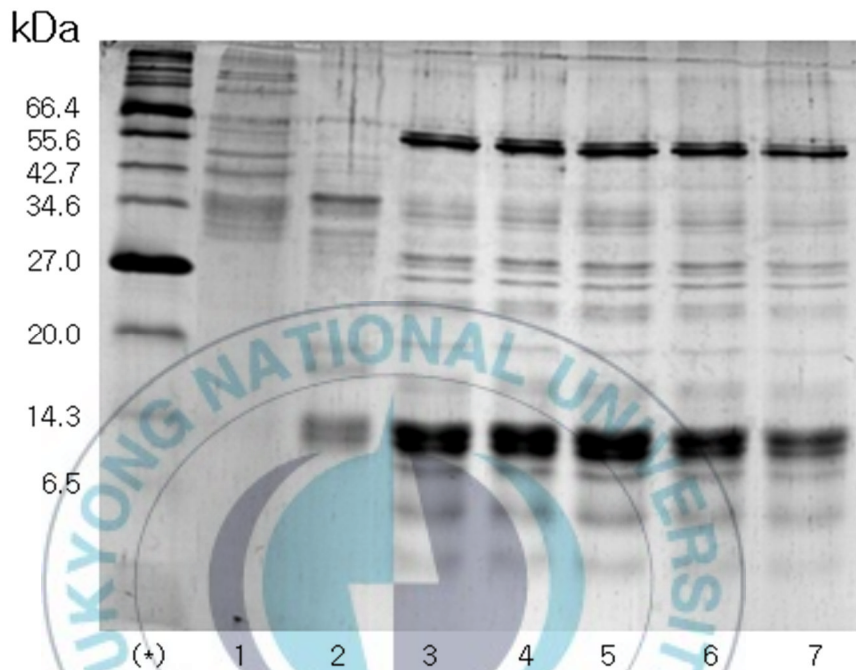


Fig. 26. SDS-PAGE of soft wheat dough treated with gamma irradiation. Samples are (*) protein marker, (1) gluten, (2) gliadin, (3) untreated soft wheat dough, (4) 1 kGy, (5) 5 kGy, (6) 10 kGy, (7) 20 kGy. All samples are 1 mg/mL.

1.3. 가압가열 처리

강력분, 중력분, 박력분 밀가루 및 반죽에 5, 10, 30, 및 50분 동안 가압가열 처리 후 gliadin과 anti-gliadin IgG와의 결합력 및 단백질 변화를 알아보았다. Ci-ELISA 결과(Fig. 27, 29, 31), 강력분, 중력분, 및 박력분에 가압가열 처리하였을 때 30분 및 50분 처리시 유의적으로 감소하였으며, 특히 50분 처리시 강력분 중력분 및 박력분은 각각 87%, 68% 및 82%로 가장 낮은 항체와의 반응성을 보였다. 반죽에 가압가열 처리시 강력분 반죽은 처리시간이 증가할수록 유의적으로 감소하여 30분 처리시 35%의 결합력을 보였으나, 50분 처리시에는 45%로 증가하였으며(Fig. 33), 박력분 반죽도 처리시간이 증가함에 따라 감소하였으며, 50분 처리시 33%의 반응성을 보였다(Fig. 35). 중력분 반죽은 처리 시간이 증가함에 따라 유의적으로 감소하였으나 50분 처리시 다소 증가하는 경향을 보였다(Fig. 37). 하지만 30분 처리시 76%의 가장 낮은 결합력을 보여 강력분 및 박력분에 비해 gliadin의 항원성 감소가 가장 적었다. Rumbo 등(2001)은 밀가루의 α -, β -, γ -, 및 ω -gliadin fraction에 100°C, 10분 가열처리시 anti-gliadin rabbit serum에 대해 β -gliadin이 약 40%, α -gliadin 및 γ -gliadin이 약 20% 정도 결합력이 감소되었고, ω -gliadin의 경우는 열처리에 의해 거의 영향을 받지 않았다고 보고하였다. 또한 α -, β -, 및 γ -gliadin은 황을 많이 함유하고 있으며, thioredoxin 처리로 인한 S-S 결합 파괴로 gliadin의 항원성이 감소되었다는 연구가 보고되고 있다(Waga et al., 2008). 따라서 sulfur rich gliadin의 S-S 결합 변화로 인해 항원성이 감소된 것으로 사료된다. 수분함량은 열처리시 단백질의 변화에 중요한 역할을 하며(Weegels et al., 1994) 밀가루 및 반죽에 160°C, 20분간 열처리시 밀가루의 용해도에는 영향이 적으나 반죽에서는 용해도가 급격히 감소하였다(Rumbo et al., 1996). 따라서 밀가루보다 반죽에서 gliadin의 용해도가 더 떨어져 반죽 gliadin의 항원성의 감소가 더 크게 나타난 것으로 사료된다.

밀가루 및 반죽 gliadin(약 30-75 kDa)에 대한 단백질 변화를 알아보기 위해 SDS-PAGE를 실시한 결과, 강력분은 약 35 kDa 부근의 단백질이 30분 및 50분 처리시에 강도가 약화되었으며, 42-66 kDa 단백질은 5분 처리시 강도가 가

장 약해 10분 이상 처리시 중합된 것으로 보인다(Fig. 28). 중력분은 약 35 kDa 부근의 단백질은 30분 처리시에 강도가 약간 감소하였지만, 50분 처리시에는 상당히 소실되었으며, 약 55 kDa 사이의 단백질은 가압가열 처리에 의해 상당히 소실되었다(Fig. 30). 박력분은 약 35 kDa 단백질이 30분 및 50분 처리에 의해 강도가 약화되었으며, 약 55 kDa에 해당하는 단백질이 가압가열 처리에 의해 상당히 소실되었다(Fig. 32). 강력분 및 박력분 반죽은 가압가열 처리에 의해 gliadin 단백질이 상당히 소실되었으나(Fig. 34, 38), 중력분 반죽은 30-35 kDa 사이의 단백질이 5분 및 10분 처리시에 강도가 약해져, 30분 및 50분 처리시에는 상당히 소실되었다(Fig. 36). 약 55-65 kDa 사이의 단백질은 강력분, 중력분 및 박력분 반죽에서 50분 처리에서도 다른처리구와 비슷한 강도를 보여 다른 gliadin에 비해 가압가열에 의한 영향을 덜 받은 것으로 보인다. 가압가열 처리에 의한 항원성 감소는 Fig. 52의 immunoblotting 결과를 비추어 볼때, 약 35 kDa의 단백질이 50분 가압가열 처리시 강도가 약해진 것으로 보아 이 단백질이 영향을 받았기 때문으로 사료된다. 열처리에 의한 gliadin의 용해도 변화는 주로 공유 교차 결합에 의한 것이며, Schofield 등(1983)은 gliadin의 열변성에서 disulfide-sulfhydryl exchange 반응이 증가하고 sulfur-rich gliadin에서 분자간의 상호결합이 일어난다고 하였다. 또한 Hill과 Skeritt(1990)는 열처리시 ω -gliadin은 α -, β -, 및 γ -gliadin (sulfur rich)보다 열에 영향을 덜 받으며 이는 ω -gliadin이 cysteine 부족으로 sulfhydryl group간의 공유 교차결합을 안하기 때문이라고 하였다. 따라서 전기영동 결과에서(Fig. 34, 36, 38) ω -gliadin이라 추정되는 55-65 kDa 사이의 단백질은 다른 gliadin 단백질에 비해 열처리 후에도 남아있어 가압가열에 영향을 덜 받은 것으로 보인다.

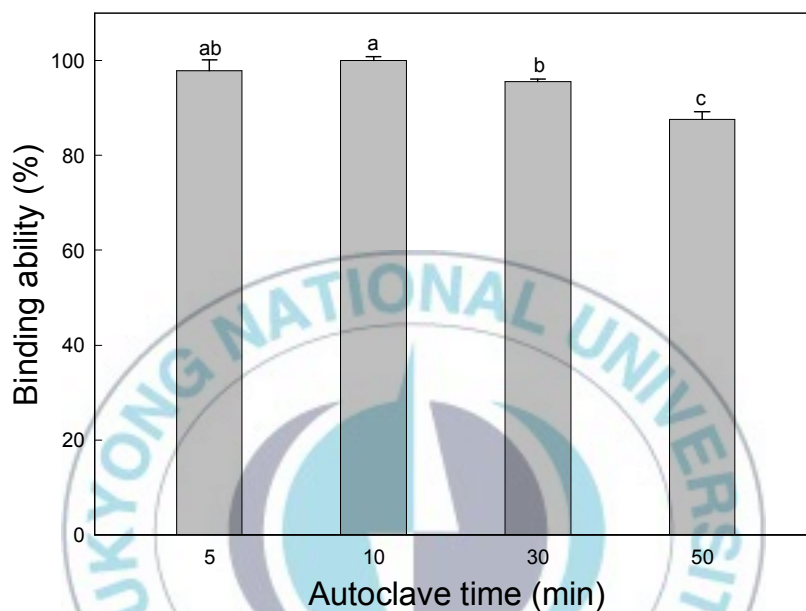


Fig. 27. Binding ability of anti-gliadin IgG to gliadin in strong wheat flour treated with autoclave. The binding ability was measured by Ci-ELISA. Binding ability=Bt/Bo x 100. Bt; binding ability of IgG to gliadin in strong wheat flour treated with autoclave, Bo; binding ability of IgG to gliadin in strong wheat flour non-treated. All samples are 0.5 mg/mL.

^{a-c}Means with different superscripts are significantly different ($p < 0.05$).

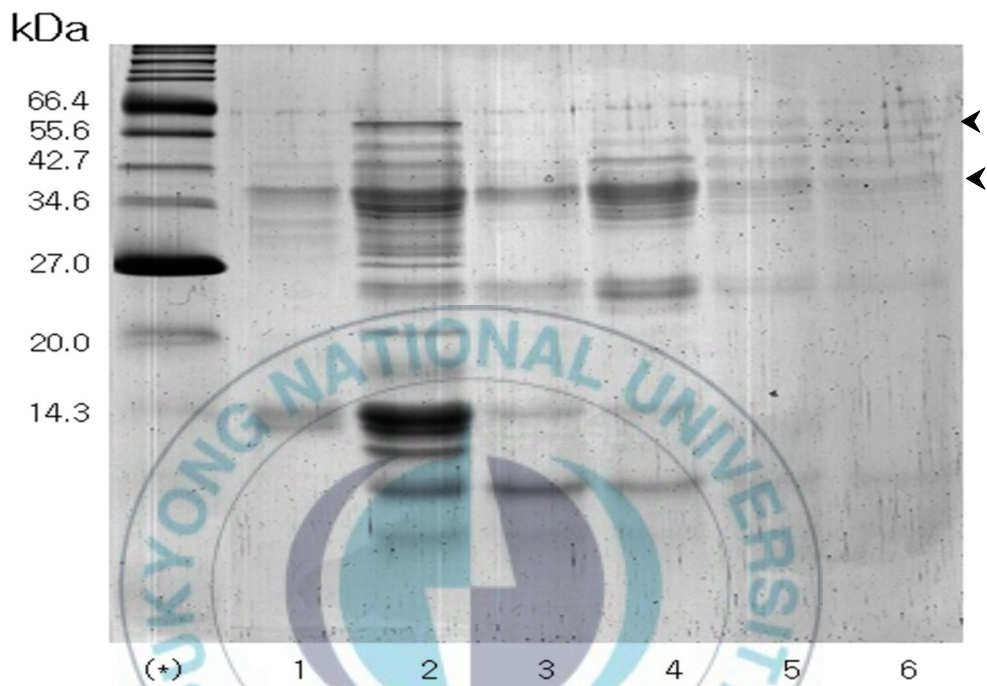


Fig. 28. SDS-PAGE of strong wheat flour treated with autoclave. Samples are (*) protein marker, (1) gliadin, (2) untreated strong wheat flour extracts, (3) 5 min, (4) 10 min, (5) 30 min, (6) 50 min. All samples are 1 mg/mL.

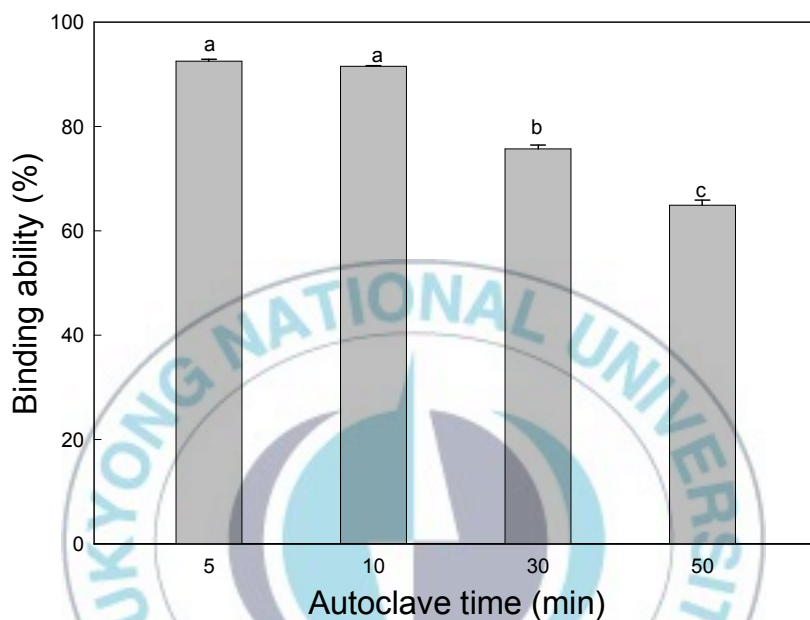


Fig. 29. Binding ability of anti-gliadin IgG to gliadin in medium wheat flour treated with autoclave. The binding ability was measured by Ci-ELISA. Binding ability=Bt/Box100. Bt; binding ability of IgG to gliadin in medium wheat flour treated with autoclave, Bo; binding ability of IgG to gliadin in medium wheat flour non-treated. All samples are 0.5 mg/mL.

^{a-c}Means with different superscripts are significantly different ($p < 0.05$).

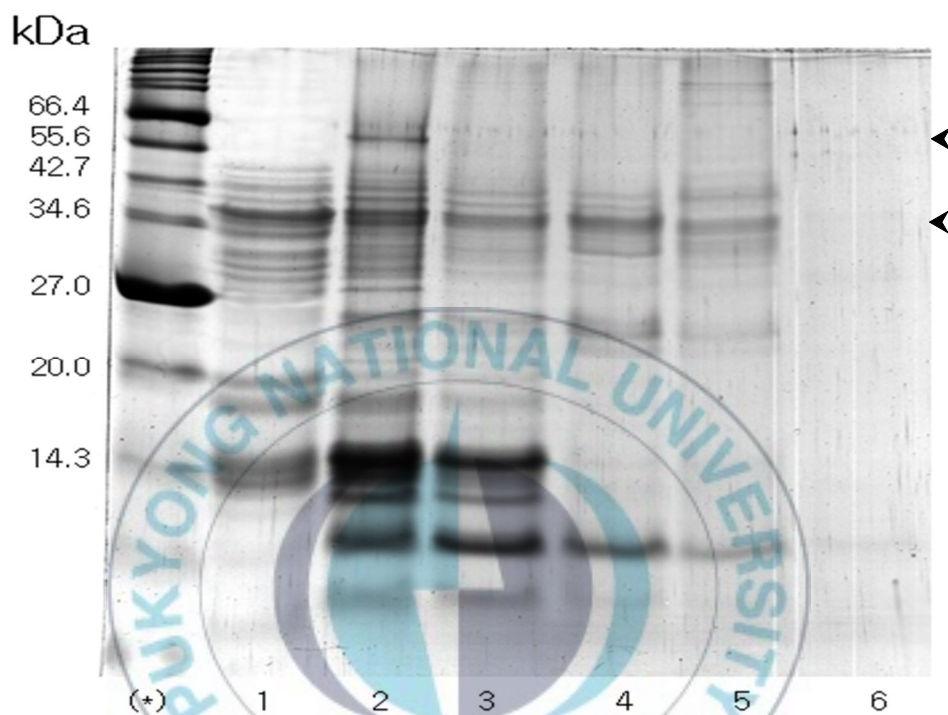


Fig. 30. SDS-PAGE of medium wheat flour treated with autoclave. Samples are (*) protein marker, (1) gliadin, (2) untreated medium wheat flour extracts, (3) 5 min, (4) 10 min, (5) 30 min, (6) 50 min. All samples are 1 mg/mL.

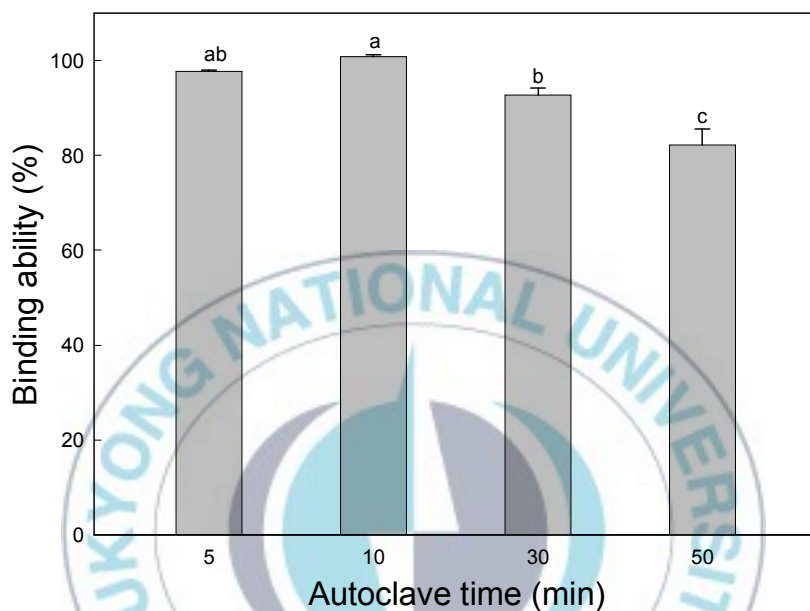


Fig. 31. Binding ability of anti-gliadin IgG to gliadin in soft wheat flour treated with autoclave. The binding ability was measured by Ci-ELISA. Binding ability=Bt/Box100. Bt; binding ability of IgG to gliadin in soft wheat flour treated with autoclave, Bo; binding ability of IgG to gliadin in soft wheat flour non-treated.

^{a-c}Means with different superscripts are significantly different ($p < 0.05$).



Fig. 32. SDS-PAGE of soft wheat flour treated with autoclave. Samples are (*) protein marker, (1) gliadin, (2) untreated soft wheat flour, (3) 5 min, (4) 10 min, (5) 30 min, (6) 50 min. All samples are 1 mg/mL.

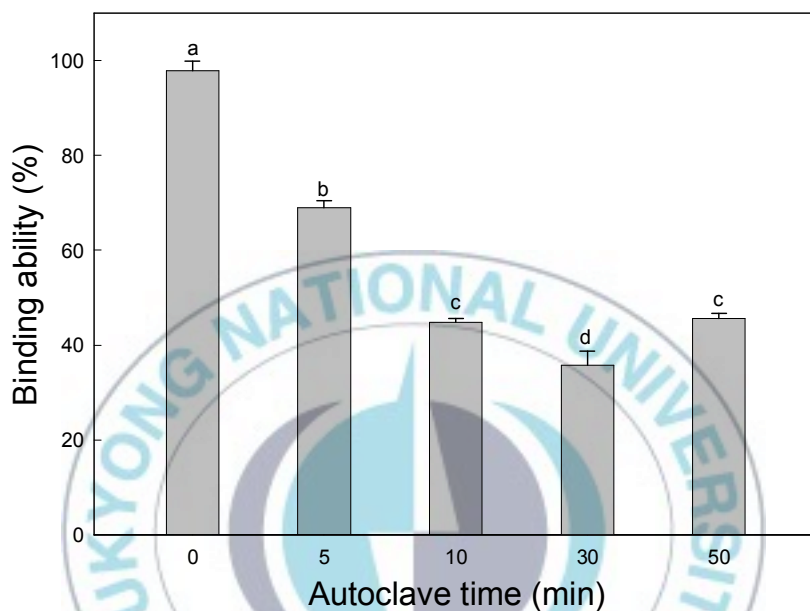


Fig. 33. Binding ability of anti-gliadin IgG to gliadin in strong wheat dough treated with autoclave. The binding ability was measured by Ci-ELISA. Binding ability=Bt/Box100. Bt; binding ability of IgG to gliadin in strong wheat dough treated with autoclave, Bo; binding ability of IgG to gliadin in strong wheat dough non-treated. All samples are 0.5 mg/mL.

^{a-d}Means with different superscripts are significantly different ($p < 0.05$).

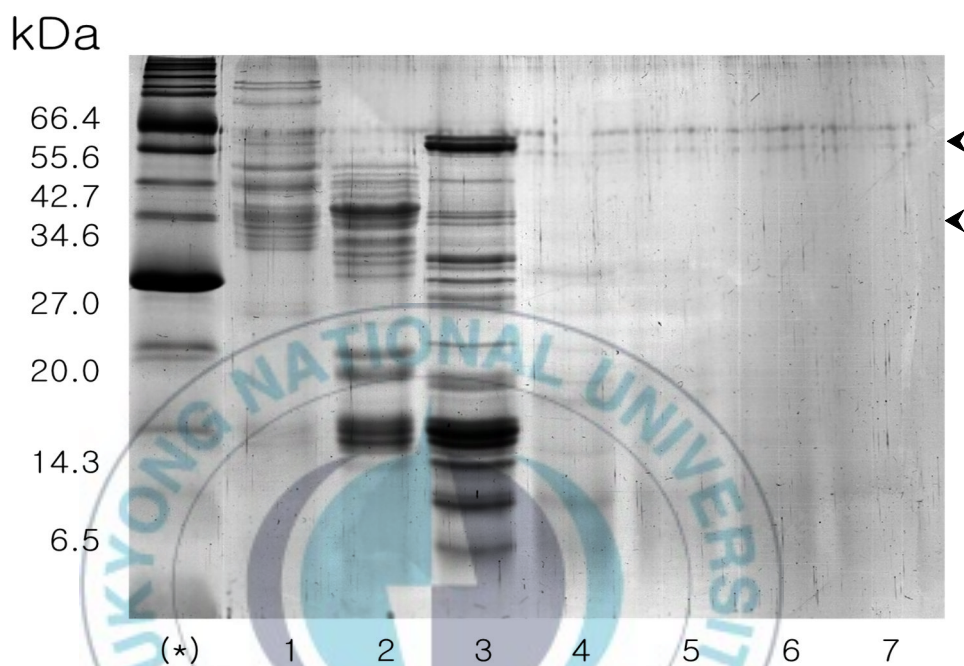


Fig. 34. SDS-PAGE of strong wheat dough treated with autoclave. Samples are (*) protein marker, (1) gluten, (2) gliadin, (3) untreated strong wheat dough extracts, (4) 5 min, (5) 10 min, (6) 30 min (7) 50 min. All samples are 1 mg/mL.

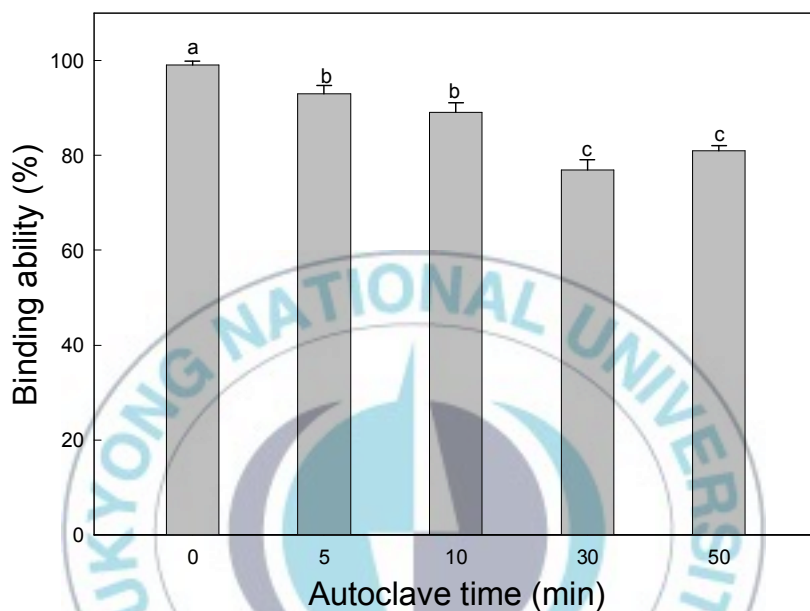


Fig. 35. Binding ability of anti-gliadin IgG to gliadin in medium wheat dough treated with autoclave. The binding ability was measured by Ci-ELISA. Binding ability=Bt/Box100. Bt; binding ability of IgG to gliadin in medium wheat dough treated with autoclave, Bo; binding ability of IgG to gliadin in medium wheat dough non-treated. All samples are 0.5 mg/mL.

^{a-c}Means with different superscripts are significantly different ($p < 0.05$).



Fig. 36. SDS-PAGE of medium wheat dough treated with autoclave. Samples are (*) protein marker, (1) gluten, (2) gliadin, (3) untreated medium wheat dough, (4) 5 min, (5) 10 min, (6) 30 min, (7) 50 min. All samples are 1 mg/mL.

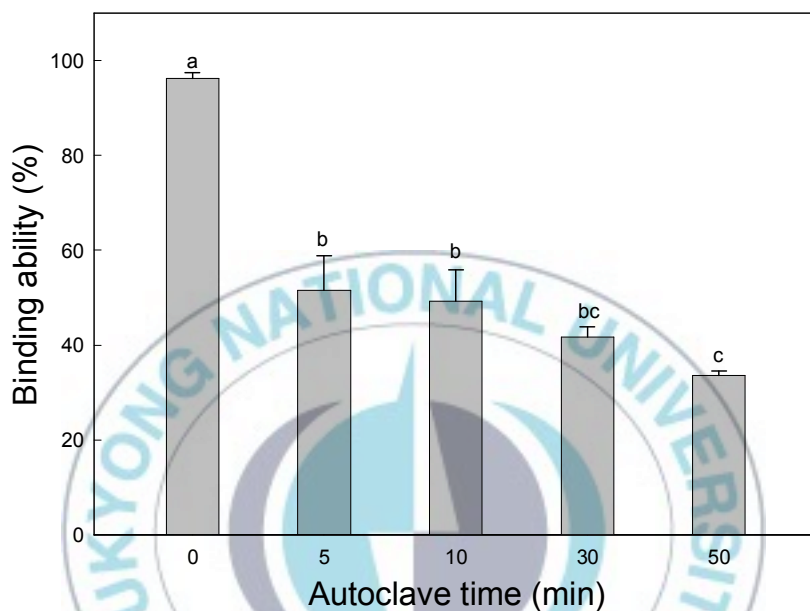


Fig. 37. Binding ability of anti-gliadin IgG to gliadin in soft wheat dough treated with autoclave. The binding ability was measured by Ci-ELISA. Binding ability= $B_t/B_o \times 100$. B_t ; binding ability of IgG to gliadin in soft wheat dough treated with autoclave, B_o ; binding ability of IgG to gliadin in soft wheat flour non-treated.

^{a-c}Means with different superscripts are significantly different ($p < 0.05$).

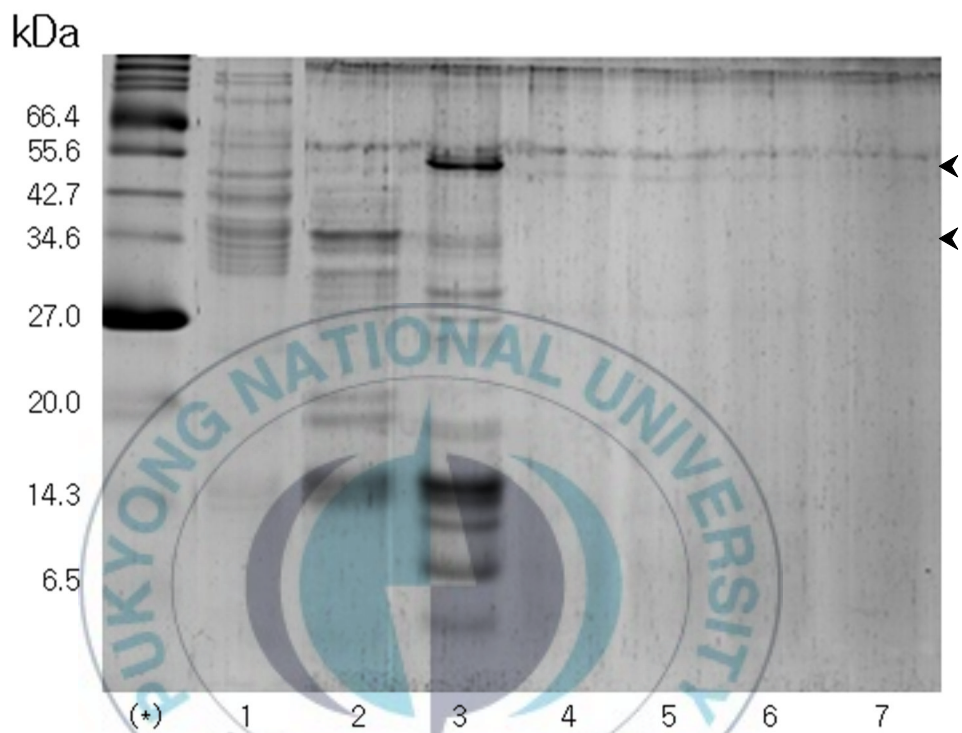


Fig. 38. SDS-PAGE of soft wheat dough treated with autoclave. Samples are (*) protein marker, (1) gluten, (2) gliadin, (3) untreated soft wheat dough, (4) 5 min, (5) 10 min, (6) 30 min (7) 50 min. All samples are 1 mg/mL.

1.4. Microwave 처리

강력분, 중력분, 박력분 밀가루 및 반죽에 1, 5 및 10분 동안 microwave 처리 후, gliadin에 대한 항원성 변화를 Ci-ELISA를 통해 알아보았다. 그 결과(Fig. 39, 41, 43), 강력분, 중력분 및 박력분은 microwave 처리시 96% 이상으로 높은 결합력을 유지하여 항원성 감소에는 효과가 없었다. 반죽에 microwave 처리시에도 90% 이상으로 높은 결합력을 보였으며, 강력분 및 중력분 반죽은 10분 처리시 유의적으로 증가하였고(Fig. 45, 47), 박력분은 5-10분 처리시 유의적으로 증가하였다(Fig. 49). 이는 Leszczynska 등(2003)의 연구에서도 밀가루 및 gliadin에 70, 200 및 500 W의 전력으로 1, 2, 3 및 5분간 처리시에는 항원성이 증가되었다고 하였으며, 이는 microwave에 의한 밀 gliadin의 항원성의 증가는 항체와 더 잘 결합할 수 있는 구조로 변했기 때문이라고 하였다. Alvarez-Alvarez 등(2005)의 연구에서도 lupine flour에 microwave 처리시 항원성의 변화가 없었다고 보고하였다. 하지만 다른 식품 알러겐 중 아몬드 단백질과 우유 단백질에서는 microwave에 의해 항원성이 감소하여, 단백질마다 구조가 달라 microwave에 의한 영향이 다르게 나타나기 때문으로 사료된다.

SDS-PAGE로 gliadin(약 30-75 kDa)에 대한 단백질 변화를 살펴본 결과, 강력분, 중력분 및 박력분은 약 55 kDa 단백질은 5-10분 처리시, 약 30 kDa 부근의 단백질도 10분 처리시에 강도가 약해져 분해된 것으로 보인다(Fig. 40, 42, 44). 강력분 반죽은 microwave 5분 처리시 약 35 kDa 단백질이 약해졌으나 10분 처리시는 다시 강해져 중합된 것으로 보이며(Fig. 46), 중력분 및 박력분 반죽은 약 35 kDa 단백질이 microwave 처리시 큰 변화가 없었다(Fig. 48, 50). 강력분, 중력분 및 박력분 반죽에서 약 55 kDa 단백질은 5분 및 10분 처리시 단백질의 강도가 상당히 약해져 분해된 것으로 사료된다. 따라서 microwave 처리시 약 35 kDa 단백질은 무처리구와 비교하여 큰 변화가 없어 Fig. 52의 immunoblotting 결과를 비추어 볼 때 이 단백질이 microwave에 의해 큰영향을 받지 않아 항원성이 높게 반응성을 나타낸 것으로 보인다.

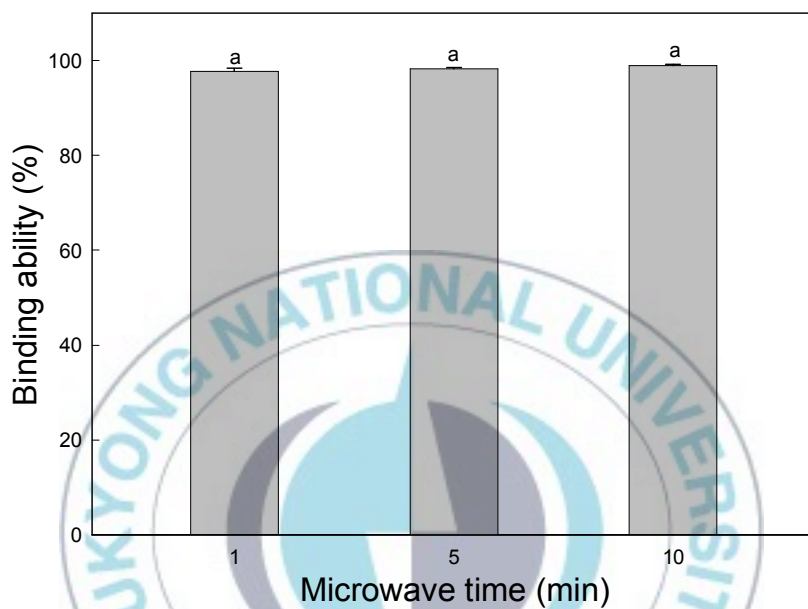


Fig. 39. Binding ability of anti-gliadin IgG to gliadin in strong wheat flour treated with microwave. The binding ability was measured by Ci-ELISA. Binding ability=Bt/Bo x 100. Bt; binding ability of IgG to gliadin in strong wheat flour treated with microwave, Bo; binding ability of IgG to gliadin in strong wheat flour non-treated. Data are not significantly different.

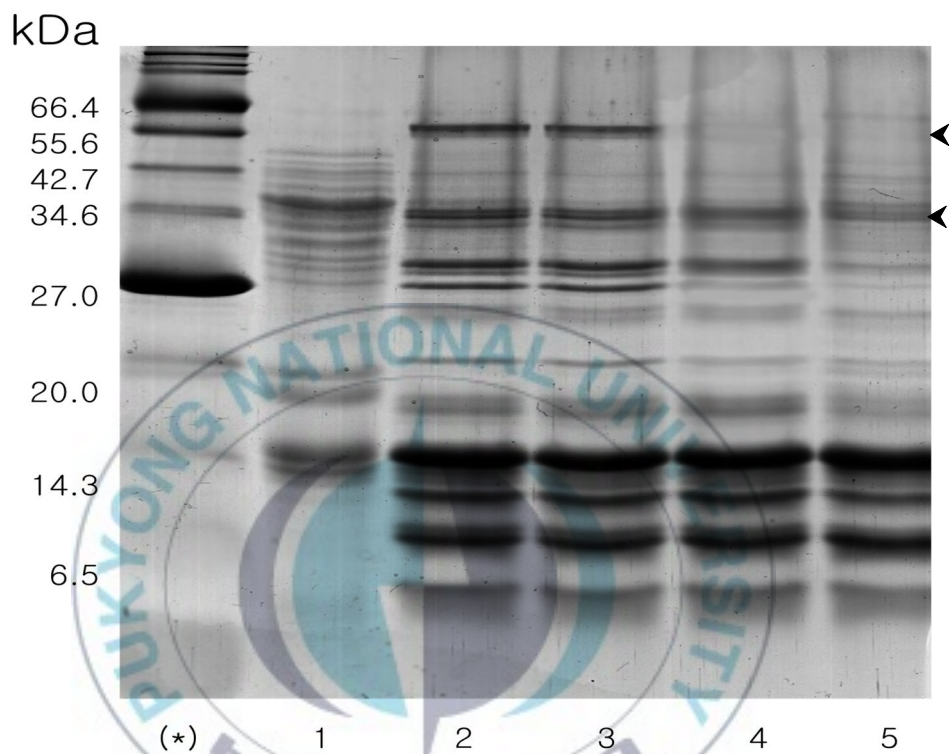


Fig. 40. SDS-PAGE of gliadin in strong wheat flour treated with microwave. Samples are (*) protein marker, (1) gliadin, (2) untreated strong wheat flour (3) 1 min, (4) 5 min, (5) 10 min. All samples are 1 mg/mL.

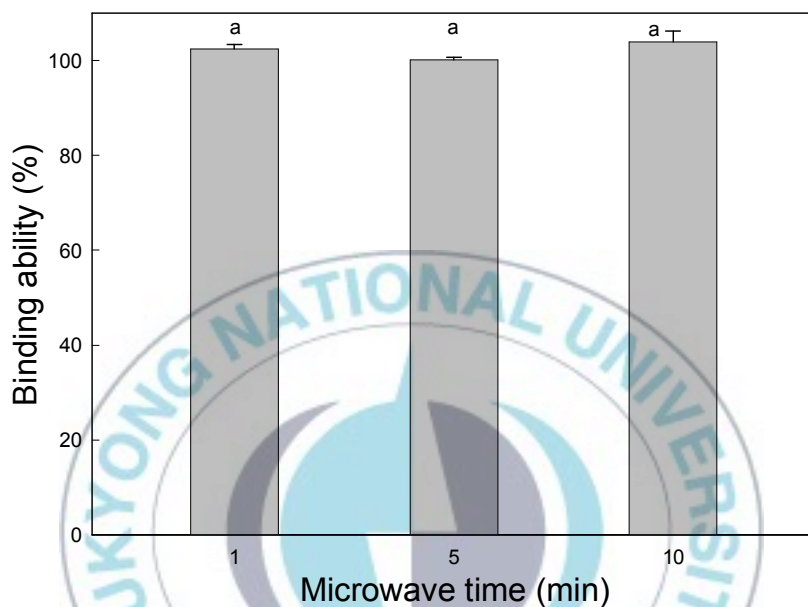


Fig. 41. Binding ability of anti-gliadin IgG to gliadin in medium wheat flour treated with microwave. The binding ability was measured by Ci-ELISA. Binding ability= $B_t/B_o \times 100$. B_t ; binding ability of IgG to gliadin in medium wheat flour treated with microwave, B_o ; binding ability of IgG to gliadin in medium wheat flour non-treated. All samples are 0.5 mg/mL. Data are not significantly different.



Fig. 42. SDS-PAGE of medium wheat flour treated with microwave. Samples are (*) protein marker, (1) gliadin, (2) untreated medium wheat flour extracts, (3) 1 min, (4) 5 min, (5) 10 min. All samples are 1 mg/mL.

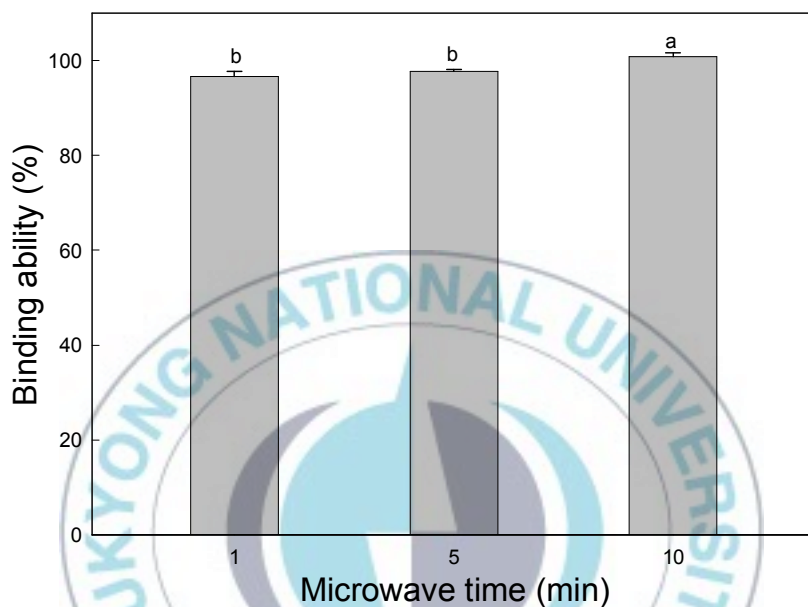


Fig. 43. Binding ability of anti-gliadin IgG to gliadin in soft wheat flour treated with microwave. The binding ability was measured by Ci-ELISA. Binding ability= $B_t/B_o \times 100$. B_t ; binding ability of IgG to gliadin in soft wheat flour treated with microwave, B_o ; binding ability of IgG to gliadin in soft wheat flour non-treated.

^{a-b}Means with different superscripts are significantly different ($p < 0.05$).

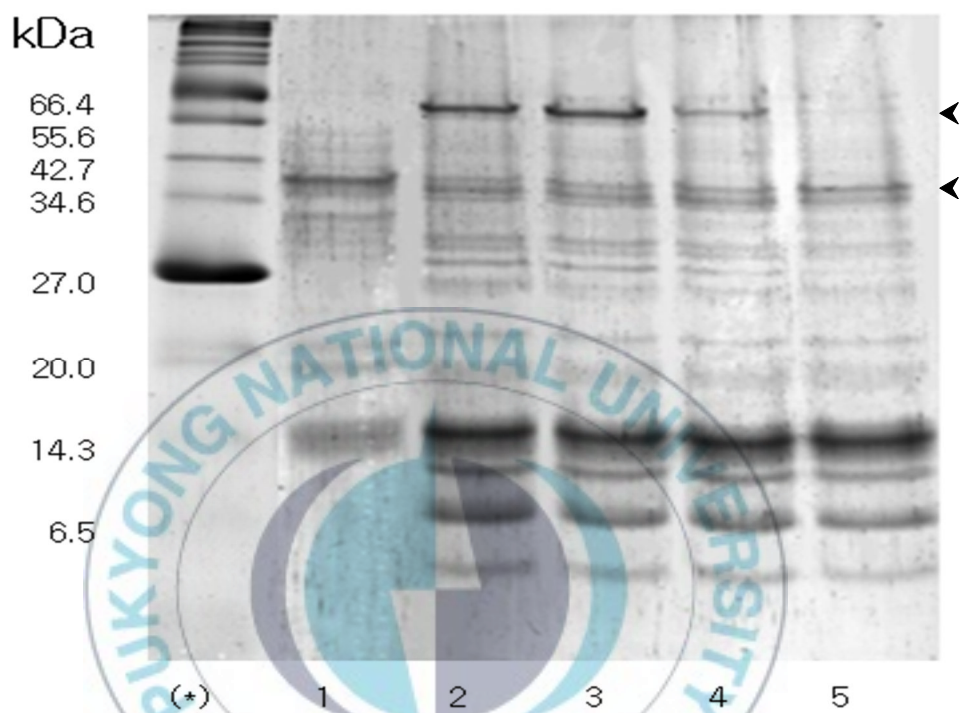


Fig. 44. SDS-PAGE of soft wheat flour treated with microwave. Samples are (*) protein marker, (1) gliadin, (2) untreated soft wheat flour, (3) 1 min, (4) 5 min, (5) 10 min. All samples are 1 mg/mL.

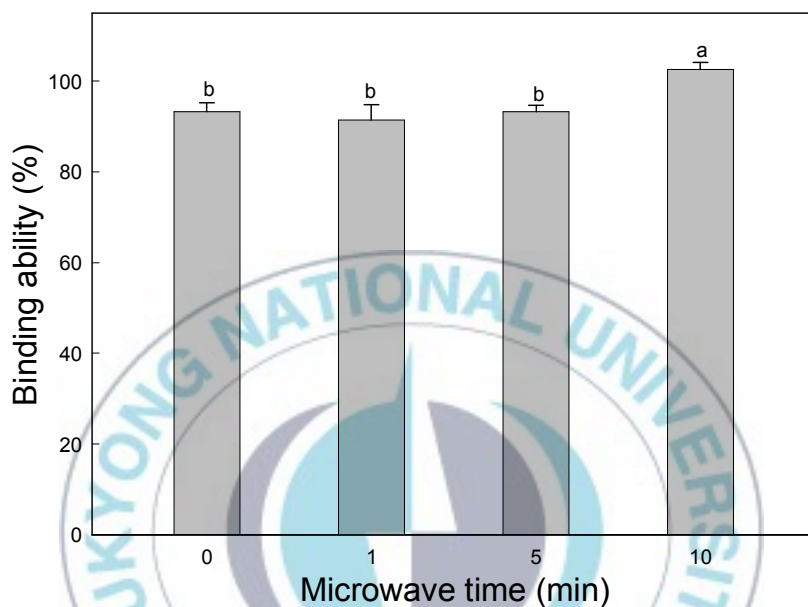


Fig. 45. Binding ability of anti-gliadin IgG to gliadin in strong wheat dough treated with microwave. The binding ability was measured by Ci-ELISA. Binding ability=Bt/Box100. Bt; binding ability of IgG to gliadin in strong wheat dough treated with microwave, Bo; binding ability of IgG to gliadin in strong wheat dough non-treated. All samples are 0.5 mg/mL.

^{a-b}Means with different superscripts are significantly different ($p < 0.05$).



Fig. 46. SDS-PAGE of strong wheat dough treated with microwave. Samples are (*) protein marker, (1) gluten, (2) gliadin, (3) untreated strong wheat dough extracts, (4) 1 min, (5) 5 min, (6) 10 min. All samples are 1 mg/mL.

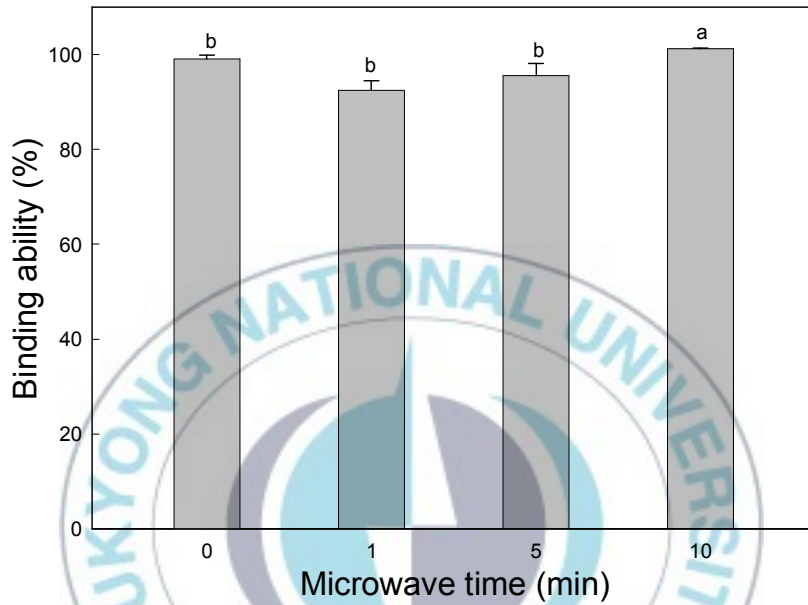


Fig. 47. Binding ability of anti-gliadin IgG to gliadin in medium wheat dough treated with microwave. The binding ability was measured by Ci-ELISA. Binding ability=Bt/Box100. Bt; binding ability of IgG to gliadin in medium wheat dough treated with microwave, Bo; binding ability of IgG to gliadin in medium wheat dough non-treated. All samples are 0.5 mg/mL.

^{a-b}Means with different superscripts are significantly different ($p<0.05$).

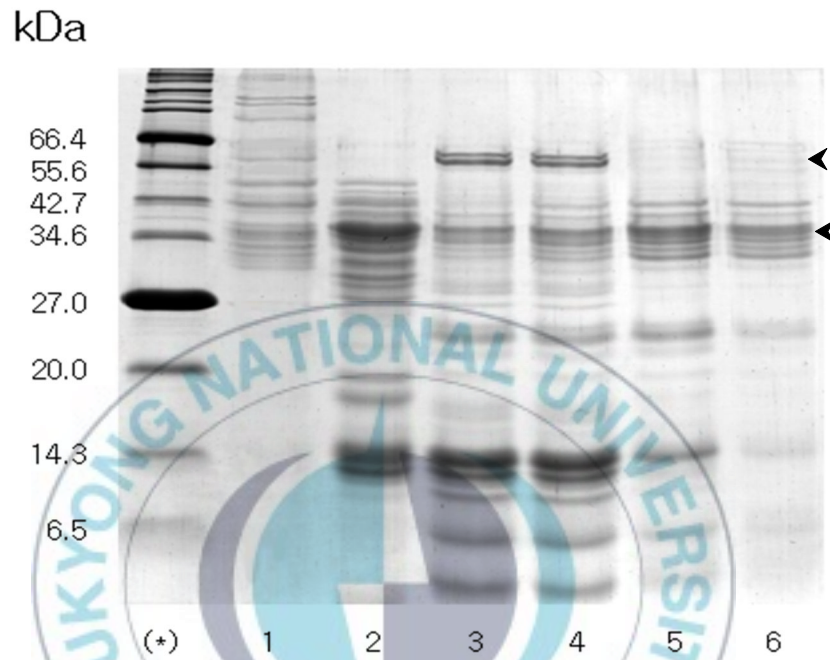


Fig. 48. SDS-PAGE of medium wheat dough treated with microwave. Samples are (*) protein marker, (1) gluten, (2) gliadin, (3) untreated medium wheat dough, (4) 1 min, (5) 5 min, (6) 10 min. All samples are 1 mg/mL.

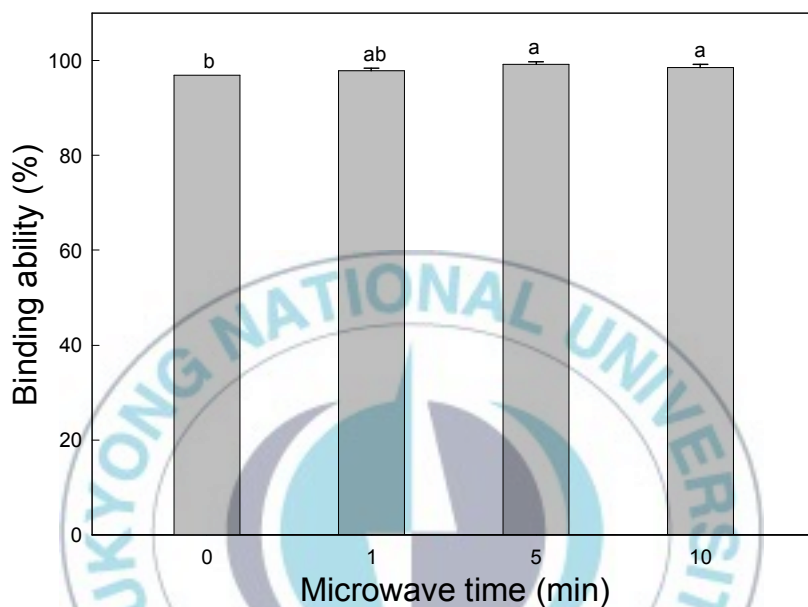


Fig. 49. Binding ability of anti-gliadin IgG to gliadin in soft wheat dough treated with microwave. The binding ability was measured by Ci-ELISA. Binding ability= $B_t/B_o \times 100$. B_t ; binding ability of IgG to gliadin in soft wheat dough treated with microwave, B_o ; binding ability of IgG to gliadin in soft wheat dough non-treated.

^{a-b}Means with different superscripts are significantly different ($p < 0.05$).

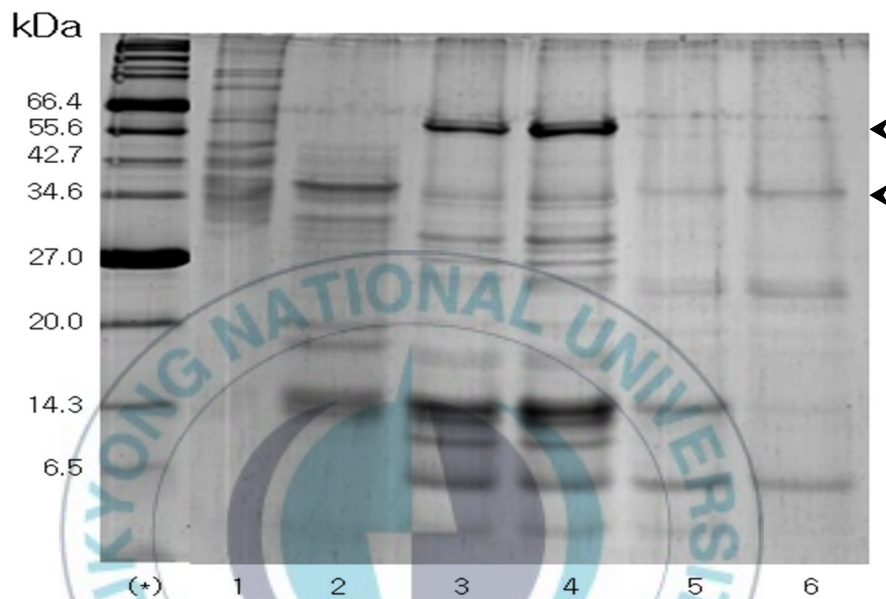


Fig. 50. SDS-PAGE of soft wheat dough treated with microwave. Samples are (*) protein marker, (1) gluten, (2) gliadin, (3) untreated soft wheat dough, (4) 1 min, (5) 5 min, (6) 10 min. All samples are 1 mg/mL.

1.5. 가압가열과 Microwave 병행 처리

강력분, 중력분, 박력분 밀가루 및 반죽에 가압가열, microwave, 감마선 및 초고압 처리의 물리적 처리 가운데 gliadin의 항원성 감소 및 단백질의 변화가 관찰된 가압가열 처리와 microwave 처리를 차례대로 병행 처리한 뒤 항원성 및 단백질의 변화를 살펴보았다. 가압가열 121℃에서 10, 30, 및 50분간의 가압가열 처리 직후 각각 5, 10분간 microwave를 처리하였으며, 항원성은 Ci-ELISA로 측정하였다. 강력분, 중력분 및 박력분은 microwave 처리 조건이 같을 때, 가압가열 처리 시간이 증가할수록 감소하였으나, 박력분의 경우 microwave 10분 처리 조건에서 가압가열 50분 처리시 30분 처리구보다 IgG와의 결합력이 증가하였다. 또한 가압가열 50분 처리시에는 microwave 5분 처리시보다 10분 처리시에 IgG와의 반응성이 오히려 증가하는 경향을 보였다(Fig. 51, 53, 55). 반죽에 가압가열 및 microwave 처리시, 강력분 반죽은 처리에 의해 결합력이 크게 감소하였으며 가압가열 30분/microwave 10분 처리시 21%의 가장 낮은 결합력을 보였다(Fig. 57). 중력분 반죽은 가압가열 처리시간이 증가함에 따라 결합력이 유의적으로 감소하였고, 가압가열 30분/microwave 10분 처리시 33%로 가장 낮은 결합력을 보였다(Fig. 59). 박력분 반죽은 가압가열과 microwave 병행 처리에 의해 항원성이 감소하였으며 특히, 가압가열 30분/microwave 5분 처리시 26%로 가장 낮은 결합력을 보였다(Fig. 61). 따라서 가압가열 및 microwave 병행 처리는 밀가루의 gliadin 항원성 감소에는 효과가 없었지만 반죽의 gliadin 항원성 감소에는 효과가 큰 것으로 나타났다. 이는 수분함량이 많은 반죽에 열처리시 밀가루 보다 반죽에서 용해도가 급격히 감소하여 반죽 gliadin의 항원성 감소가 더 큰 것으로 보인다(Rumbo et al., 1996).

밀가루에 가압가열 및 microwave 병행 처리 후 SDS-PAGE를 실시한 결과(Fig. 52, 54, 56), 강력분, 중력분 및 박력분은 약 35 kDa 단백질이 가압가열 처리 시간이 증가함에 따라 강도가 감소하였으며 그 외의 gliadin 단백질은 무처리구와 비교시 큰 차이가 나지 않았다. Immunoblotting 결과에서는 강력분 및 중력분에서는 약 35 kDa 및 30 kDa에서 반응이 일어났으며(Fig. 52, 54), 박력분에서는 약 30-35 kDa 사이에서 3개의 band가 IgG와 반응하였고(Fig. 56), 가

압가열 50분/microwave 5분 처리시에는 강력분에서 약 35 kDa 단백질이 IgG와 반응하였으며(Fig. 52), 박력분에서는 약 30-35 kDa 사이에서 3개의 band와 반응하였으나(Fig. 54), 중력분에서는 반응하지 않았다(Fig. 56). 강력분, 중력분 및 박력분 반죽의 SDS-PAGE 결과는(Fig. 58, 60, 62) 55-66 kDa 사이의 단백질이 가압가열 및 microwave 처리후에도 남아있으나 나머지 gliadin 단백질은 소실되었다. 이는 가압가열과 microwave 병행 처리에 의해 반죽내 sulfur-rich gliadin 단백질의 disulfide 결합에 대한 영향이 더 크게 일어나 내부 단백질의 응집결과로 추출 용해성이 감소한 것으로 사료된다.

Immunoblotting 결과에서는 강력분 무처리구에서는 약 34 kDa 단백질이 반응하였으며(Fig. 58), 약 30 kDa 단백질도 약하게 IgG와 반응하였으며, 중력분 및 박력분에서는 약 34 kDa에 해당하는 단백질이 약하게 반응하였다(Fig. 60, 62). 하지만 가압가열 50분/microwave 10분 병행 처리구에서는 IgG와 반응하지 않았다.

밀가루(Fig. 52, 54, 56) 및 반죽의(Fig. 58, 60, 62) Native-PAGE 결과에서는 가압가열 50분/microwave 5분, 10분 병행 처리했을때 무처리구와 비교시 단백질 band가 나타나지 않아 가압가열 및 microwave에 의해 응집이 되어 용출이 되지 않았거나 밀 단백질이 영향을 받아 분해된 것으로 사료된다.

이상으로 밀가루 및 반죽의 immunoblotting 결과를 볼 때 가압가열 및 microwave 처리 후에도 약 35 kDa의 단백질에서 반응이 일어나 이 단백질의 구조변화가 gliadin의 항원성 변화에 큰 영향을 주는 것으로 사료되며, 반죽에 단독으로 가압가열과 microwave를 처리하는 경우보다 병행 처리시 반죽의 gliadin 항원성 감소에 더욱더 효과적인 것으로 사료된다.

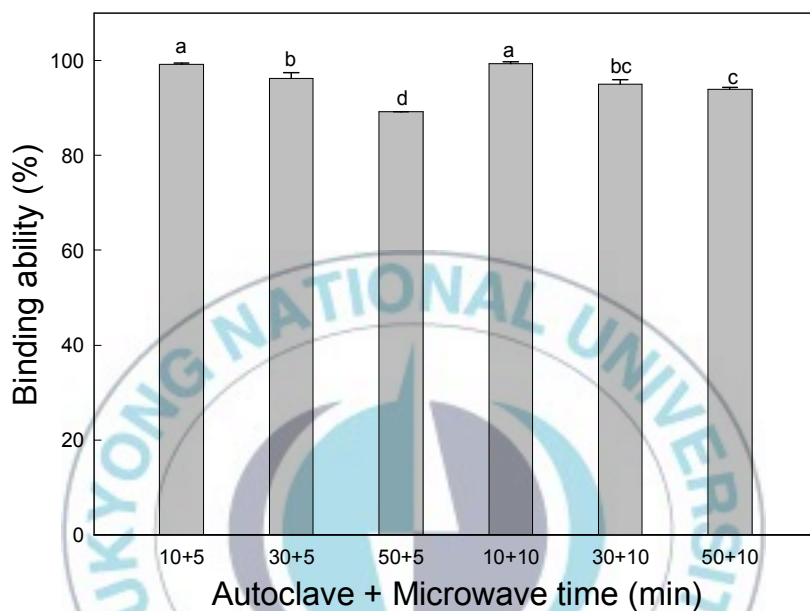


Fig. 51. Binding ability of anti-gliadin IgG to gliadin in strong wheat flour treated with autoclave and microwave. The binding ability was measured by Ci-ELISA. Binding ability= $B_t/B_o \times 100$. B_t ; binding ability of IgG to gliadin in strong wheat flour treated with autoclave and microwave, B_o ; binding ability of IgG to gliadin in strong wheat flour non-treated. All samples are 0.5 mg/mL. ^{a-d}Means with different superscripts are significantly different ($p < 0.05$).

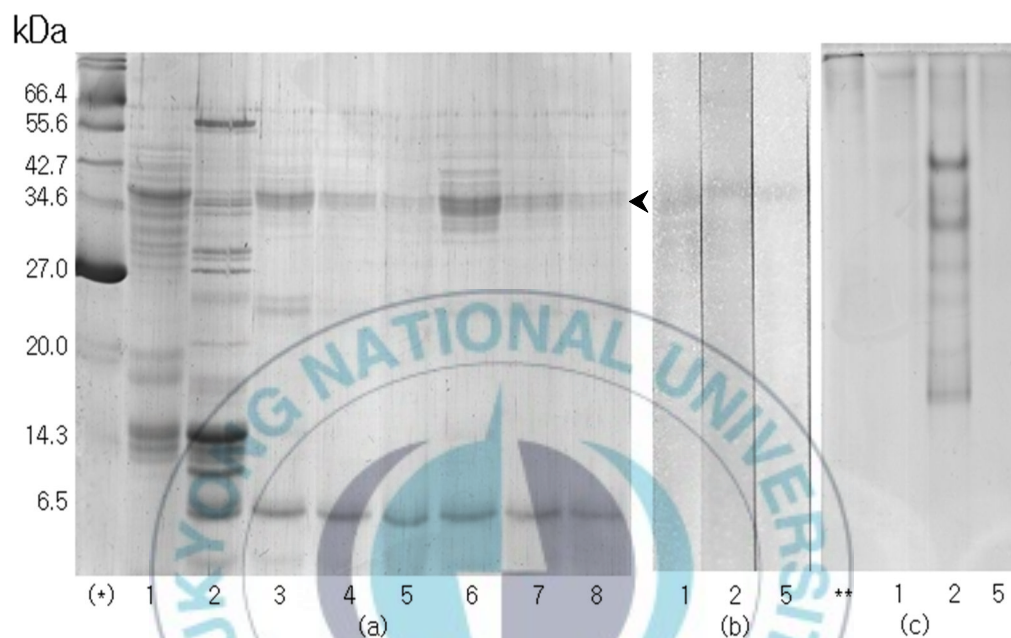


Fig. 52. SDS-PAGE (a), immunoblotting (b), and native-PAGE (c) of strong wheat flour treated with autoclave and microwave. Samples are (*) protein marker, (**) gluten (1) gliadin, (2) untreated strong wheat flour extract, (3) 10 min+ 5 min, (4) 30 min+ 5 min, (5) 50 min+ 5 min, (6) 10 min+ 10 min, (7) 30 min+ 10 min, (8) 50 min+ 10 min. All samples are 1 mg/mL.

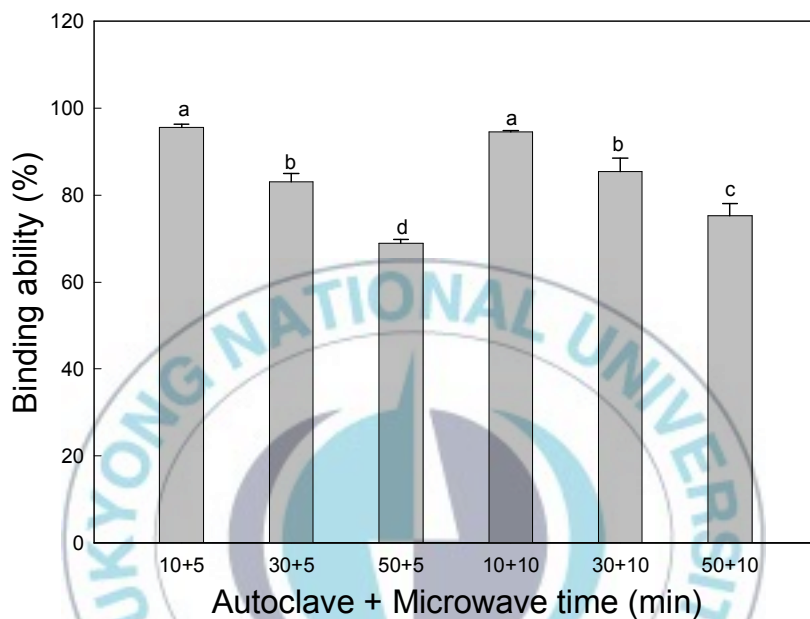


Fig. 53. Binding ability of gliadin-IgG to gliadin in medium wheat flour treated with autoclave and microwave. The binding ability was measured by Ci-ELISA. Binding ability=Bt/Box100. Bt; binding ability of IgG to gliadin in medium wheat flour treated with autoclave and microwave, Bo; binding ability of IgG to gliadin in medium wheat flour non-treated. All samples are 0.5 mg/mL. ^{a-d}Means with different superscripts are significantly different ($p<0.05$).

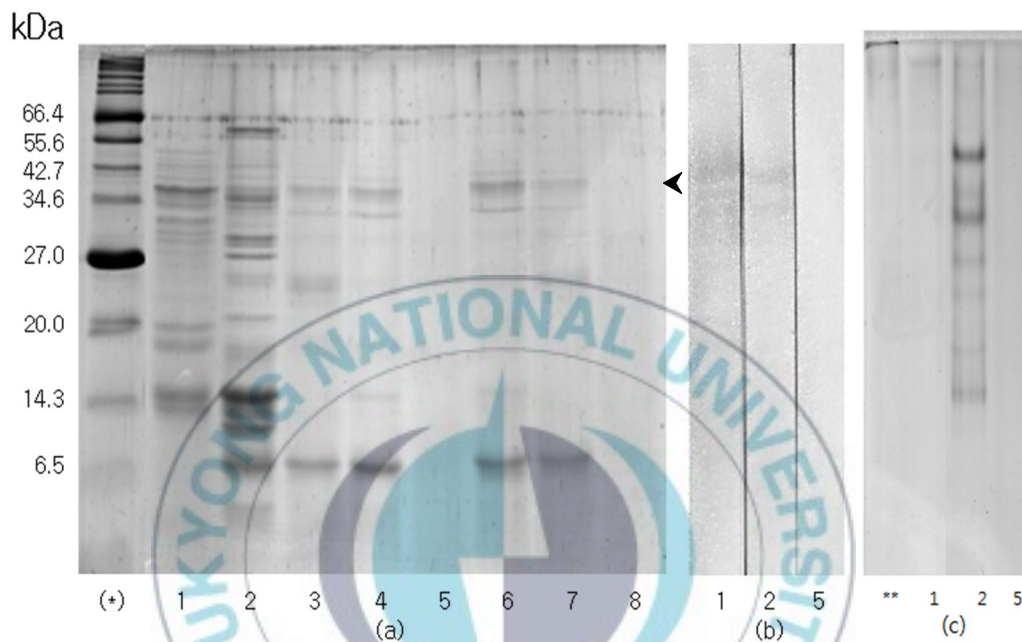


Fig. 54. SDS-PAGE (a), immunoblotting (b), and native-PAGE (c) of medium wheat flour treated with autoclave and microwave. Samples are (*) protein marker, (**) gluten, (1) gliadin, (2) untreated medium wheat flour extract, (3) 10 min+ 5 min, (4) 30 min+ 5 min, (5) 50 min+ 5 min, (6) 10 min+ 10 min, (7) 30 min+ 10 min, (8) 50 min+ 10 min. All samples are 1 mg/mL.

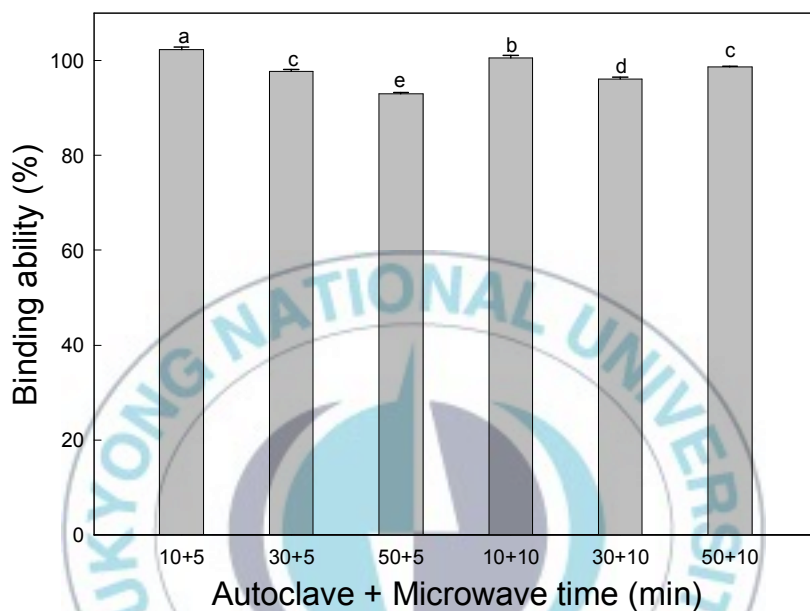


Fig. 55. Binding ability of anti-gliadin IgG to gliadin in soft wheat flour treated with autoclave and microwave. The binding ability was measured by Ci-ELISA. Binding ability= $B_t/B_o \times 100$. B_t ; binding ability of IgG to gliadin in soft wheat flour treated with autoclave and microwave, B_o ; binding ability of IgG to gliadin in soft wheat flour non-treated.

^{a-e}Means with different superscripts are significantly different ($p < 0.05$).

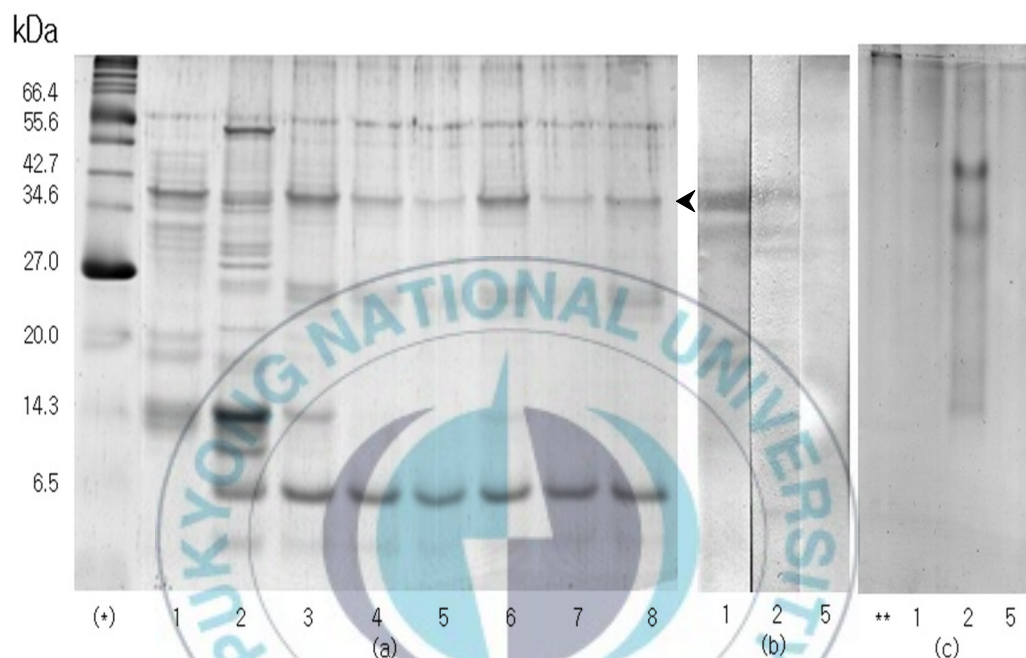


Fig. 56. SDS-PAGE (a), immunoblotting (b), and native-PAGE (c) of soft wheat flour treated with autoclave and microwave. Samples are (*) protein marker, (1) gliadin, (2) untreated soft wheat flour extract, (3) 10 min+ 5 min, (4) 30 min+ 5 min, (5) 50 min+ 5 min, (6) 10 min+ 10 min, (7) 30 min+ 10 min, (8) 50 min+ 10 min. All samples are 1 mg/mL.

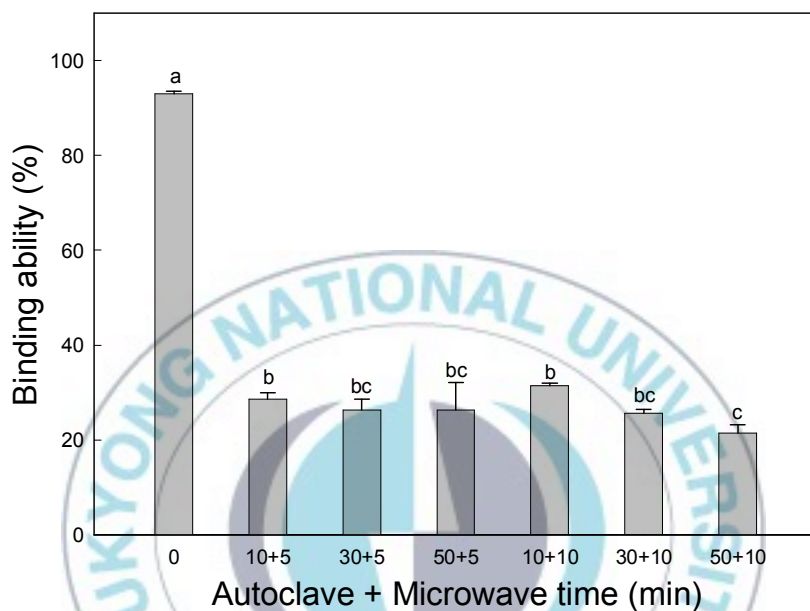


Fig. 57. Binding ability of anti-gliadin IgG to gliadin in strong wheat dough treated with autoclave and microwave. The binding ability was measured by Ci-ELISA. Binding ability=Bt/Box100. Bt; binding ability of IgG to gliadin in strong wheat dough treated with autoclave and microwave, Bo; binding ability of IgG to gliadin in strong wheat dough non-treated. All samples are 0.5 mg/mL. ^{a-c}Means with different superscripts are significantly different ($p<0.05$).

kDa

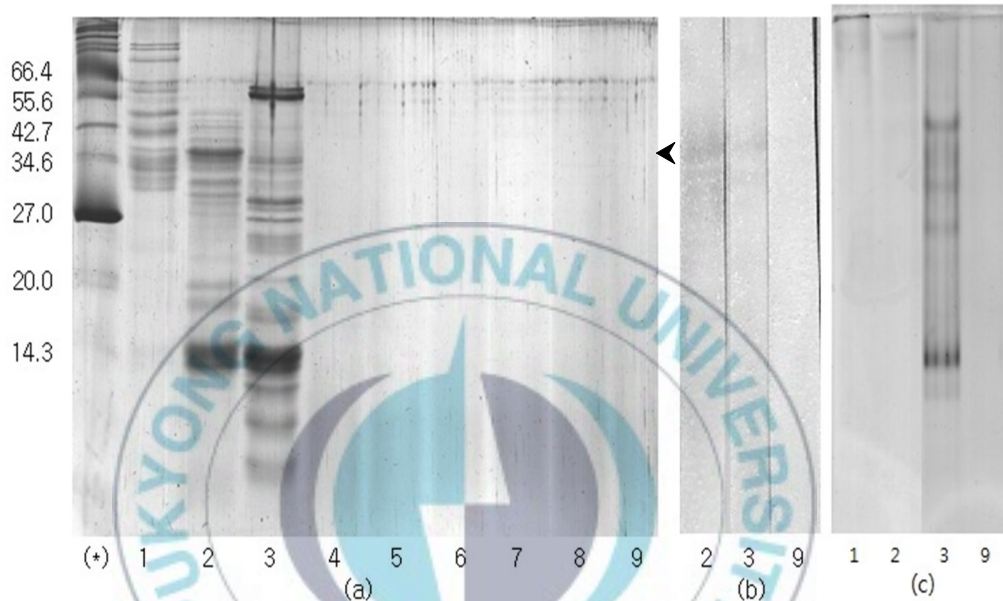


Fig. 58. SDS-PAGE (a), immunoblotting (b), and native-PAGE (c) of strong wheat dough treated with autoclave and microwave. Samples are (*) protein marker, (1) gluten, (2) gliadin, (3) untreated wheat dough extract, (4) 10 min+ 5 min, (5) 30 min+ 5 min, (6) 50 min+ 5 min, (7) 10 min+ 10 min, (8) 30 min+ 10 min, (9) 50 min+ 10 min. All samples are 1 mg/mL.

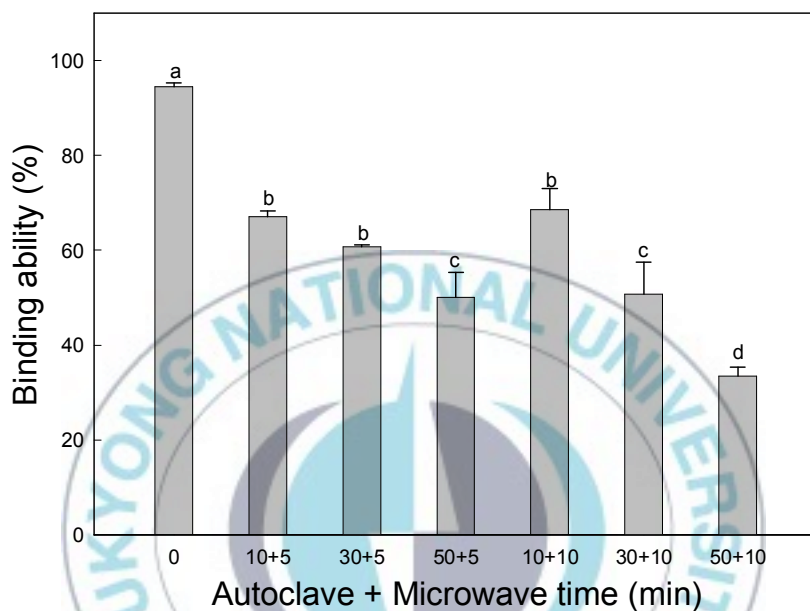


Fig. 59. Binding ability of anti-gliadin IgG to gliadin in medium wheat dough treated with autoclave and microwave. The binding ability was measured by Ci-ELISA. Binding ability = $B_t/B_o \times 100$. B_t ; binding ability of gliadin in medium wheat dough treated with autoclave and microwave, B_o ; binding ability of gliadin in medium wheat dough non-treated. All samples are 0.5 mg/mL. ^{a-d}Means with different superscripts are significantly different ($p < 0.05$).

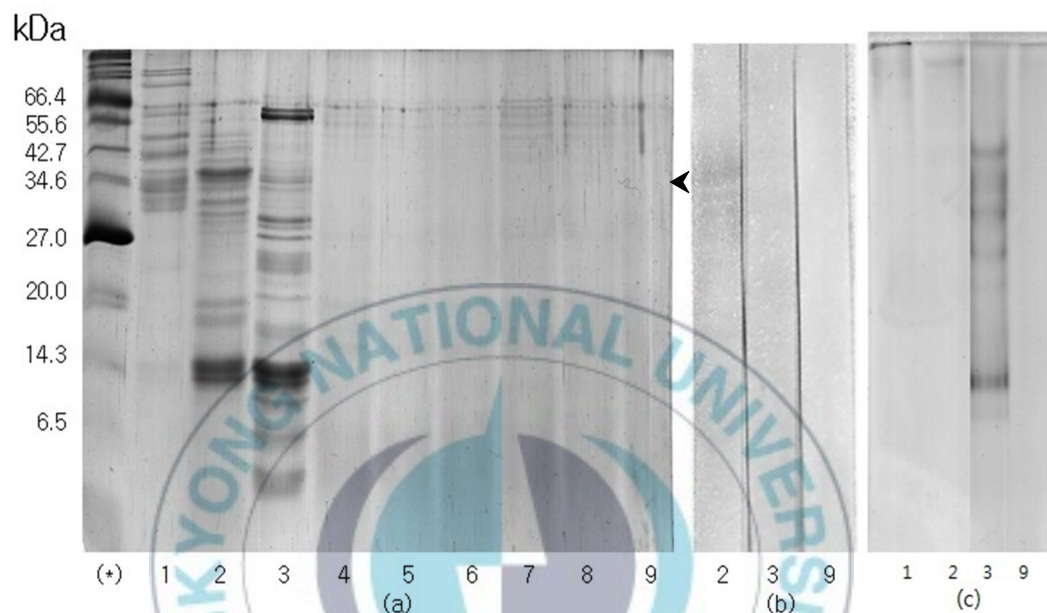


Fig. 60. SDS-PAGE (a), immunoblotting (b), and native-PAGE (c) of medium wheat dough treated with autoclave and microwave. Samples are (*) protein marker, (1) gluten, (2) gliadin, (3) untreated medium wheat dough extract, (4) 10 min+ 5 min, (5) 30 min+ 5 min, (6) 50 min+ 5 min, (7) 10 min+ 10 min, (8) 30 min+ 10 min, (9) 50 min+ 10 min. All samples are 1 mg/mL.

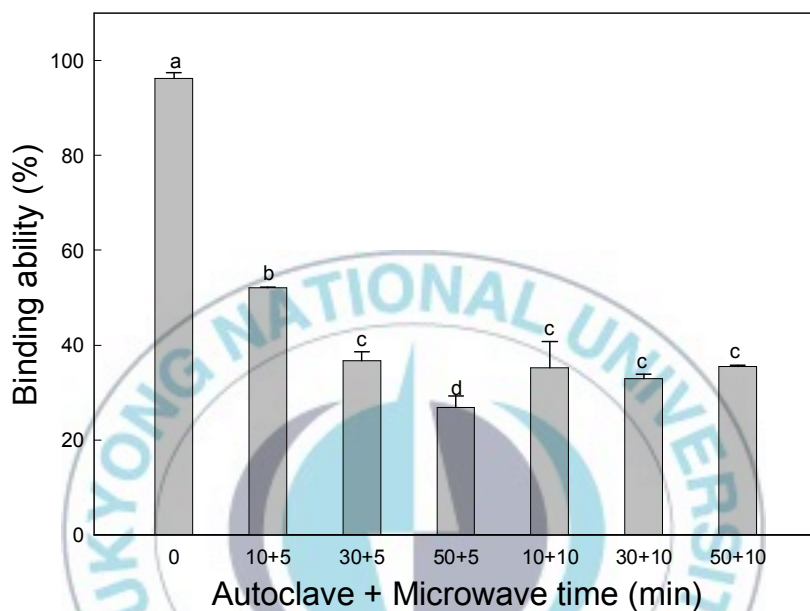


Fig. 61. Binding ability of anti-gliadin IgG to gliadin in soft wheat dough treated with autoclave and microwave. The binding ability was measured by Ci-ELISA. Binding ability= $B_t/B_o \times 100$. B_t ; binding ability of IgG to gliadin in soft wheat dough treated with autoclave and microwave, B_o ; binding ability of IgG to gliadin in soft wheat flour non-treated.

^{a-d}Means with different superscripts are significantly different ($p < 0.05$).

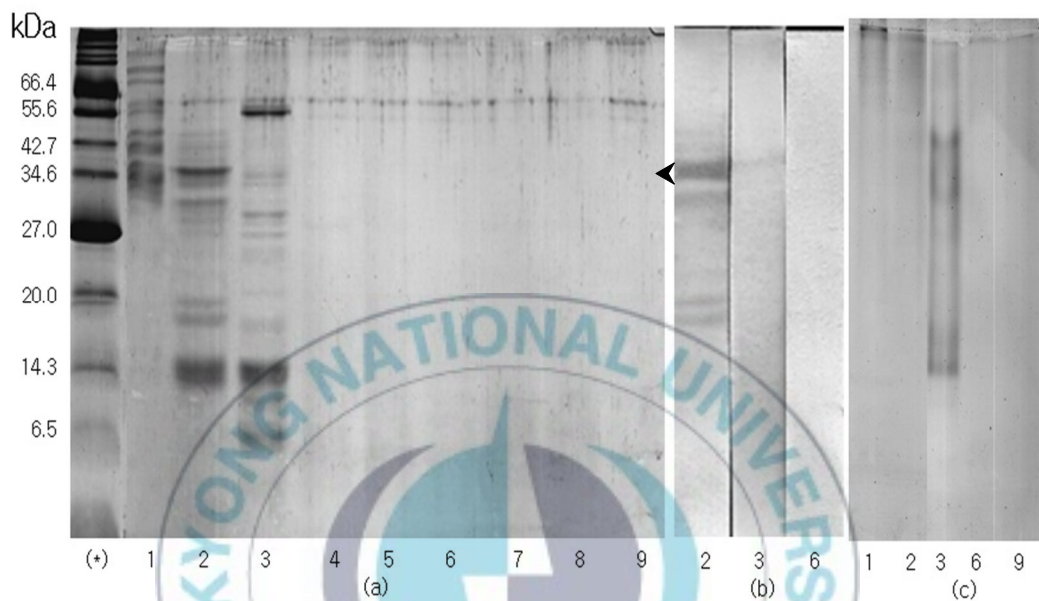


Fig. 62. SDS-PAGE (a) and immunoblotting (b), and native-PAGE (c) of soft wheat dough treated with autoclave and microwave. Samples are (*) protein marker, (1) gluten, (2) gliadin, (3) untreated soft wheat dough extract, (4) 10 min+ 5 min, (5) 30 min+ 5 min, (6) 50 min+ 5 min, (7) 10 min+ 10 min, (8) 30 min+ 10 min, (9) 50 min+ 10 min. All samples are 1 mg/mL.

1.6. Gliadin의 2차 구조 변화

Gladin을 가압가열, microwave, 및 가압가열과 microwave를 병행처리한 뒤 40% 에탄올로 추출하여 2차구조 변화를 살펴 보았다. 가압가열 처리한 CD 결과는(Fig. 63) 무처리구와 다른 패턴의 경향을 보였는데, α -helix 구조를 나타내는 파장인 207 nm의 negative maximum이 처리후에 증가하였으며, 또한 negative maximum CD가 202-204 nm로 더 낮은 파장대로 바뀌었다. 이는 ordered structure의 감소와 random coil 구조로의 증가를 의미한다. 또한 5-10분 보다 30-50분 처리시 더 낮은 파장대로 옮겨져 가압가열 시간이 증가할수록 구조변화가 더 일어난것으로 보인다. Microwave를 처리한 경우 CD 결과는(Fig. 64) 가압가열과 마찬가지로 패턴이 변화하였는데 207 nm의 negative maximum이 약간 낮은 파장대로 옮겨 졌으나 그 변화가 그리 크지 않았다. 가압가열 및 microwave 병행 처리 후 CD 결과(Fig. 65)에서도 207 nm의 negative maximum이 처리 후 증가하였으며, 또한 negative maximum CD가 201 nm로 더 낮은 파장대로 바뀌었다. 이는 가압가열 처리 결과와 유사하며 가압가열 단독 처리시 보다 병행 처리시 구조 변화가 더 심하게 일어난 것으로 보인다. 따라서 가압가열 및 가압가열과 microwave를 병행처리시 ordered structure의 감소가 가장 커 α -helix 구조가 random coil로 전환되었음을 알 수 있었다.

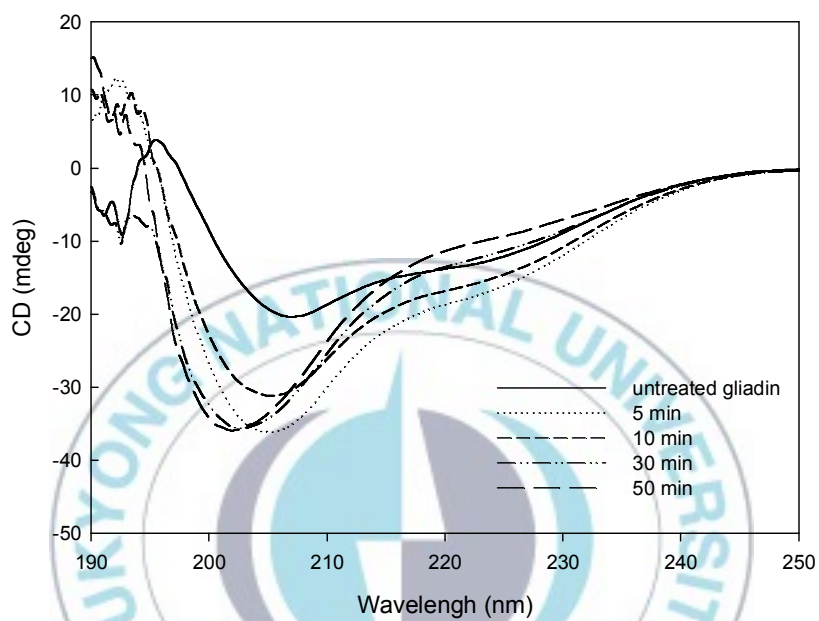


Fig. 63. CD spectra of gliadin treated with autoclave. Concentration of gliadin solution was 0.1 mg/mL.

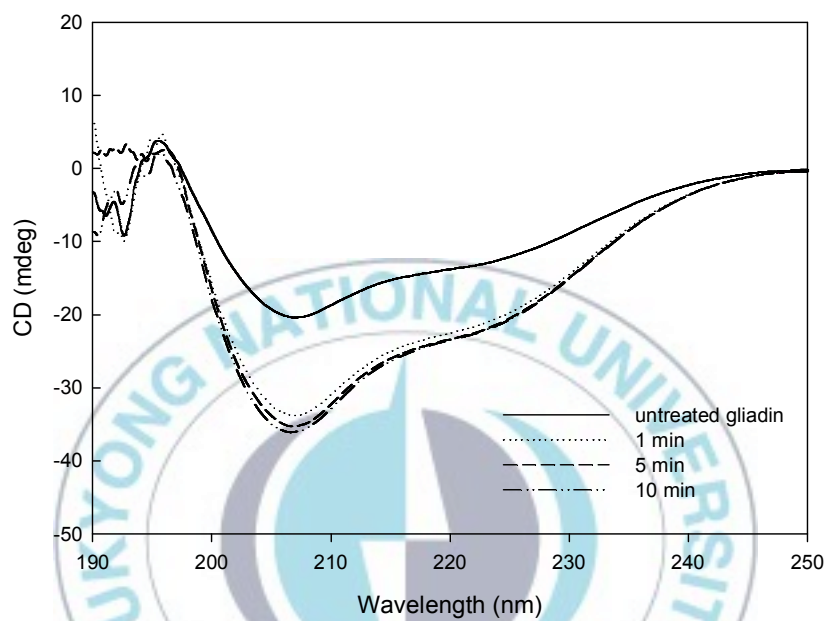


Fig. 64. CD spectra of gliadin treated with microwave. Concentration of gliadin solution was 0.1 mg/mL.

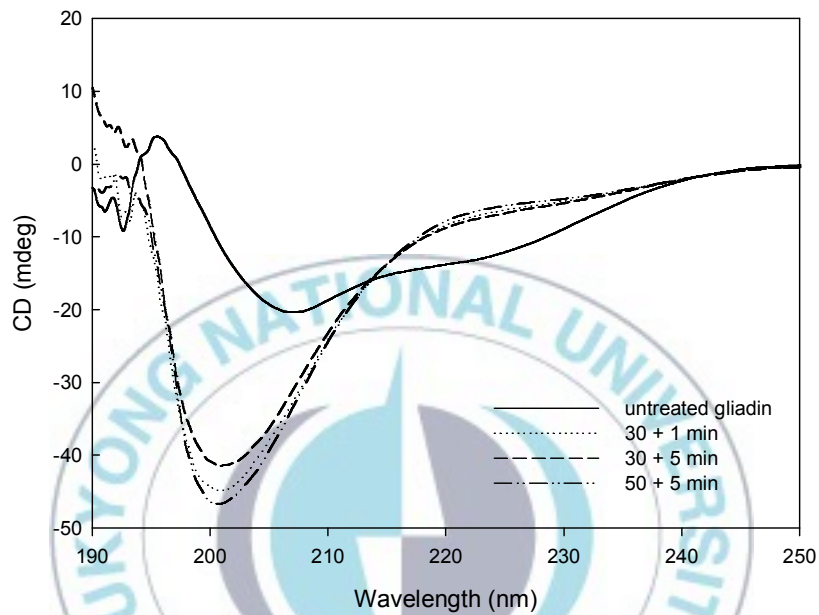


Fig. 65. CD spectra of gliadin treated with autoclave and microwave. Concentration of gliadin solution was 0.1 mg/mL.

제 2 장 가압가열, Microwave 및 가압가열과 Microwave 병행 처리에 의

한 밀 가공 제품 gliadin의 알러젠성 변화

2.1. 빵의 알러젠성 변화

밀가루 또는 반죽 발효 후에 각각 가압가열, microwave 그리고 가압가열과 microwave 병행 처리한 후 빵을 제조하고 gliadin의 항원성 및 단백질 변화를 알아보았다. 밀가루에 가압가열 및 병행 처리 후 Ci-ELISA를 통해 항원성을 알아본 결과(Fig. 66) 무처리구는 약 76%의 결합력을 보였으나, 병행 처리 후에는 약 60%로 약간 감소한 값을 보였다. 반죽 발효 후에 물리적 처리를 하고 굽기 전후의 항원성을 알아본 결과(Fig. 67) 무처리빵은 약 81%의 결합력을 보였으며, 오븐에 굽지않은 microwave 처리빵의 결합력은 약 77%로 무처리구와 유사하였으나 구운 후에는 약 91%의 값을 보여 오히려 항원성이 증가하였다. 가압가열 처리 시는 굽기전과 후 11% 및 12%의 결합력을 보였으며, 병행처리시는 굽기전은 24%, 굽기후는 15% 정도의 결합력을 보여 가압가열과 병행 처리모두 항원성이 상당히 감소하였다.

가장 효과를 보인 반죽에 물리적 처리 후 구운 빵에 대해 환자혈청으로 알러젠성을 측정한 결과(Fig. 68), 가압가열 처리구는 68%, microwave는 77%, 병행 처리시는 54%의 결합력을 보여 병행 처리에 의해 약 50% 정도의 알러젠성 감소의 효과가 있었다.

밀가루에 물리적 처리 후 빵의 SDS-PAGE 결과에서는(Fig. 69) 무처리, 가압가열 및 병행처리구에서 gliadin(분자량 30-75 kDa) 단백질 중 약 50-66 kDa, 35 kDa 부근의 단백질 band가 관찰되었다. 반죽에 물리적 처리 후 굽기 전후의 SDS-PAGE 결과는(Fig. 70) 무처리 및 microwave 처리구에서만 gliadin 단백질 중 약 35 kDa 단백질 밴드가 관찰되었다. 또한 모든 실험구에서 약 50-66 kDa 사이의 단백질이 관찰되었다. 밀가루에 가압가열 및 병행 처리 후 구운 빵의 Native-PAGE 결과(Fig. 71), 무처리구와 처리구 모두 단백질 band가 관찰되지 않았으나 반죽에 물리적 처리시는(Fig. 72), 굽기전 microwave 1분 처리구

에서(lane 7)만 lane 3의 밀가루 추출물과 유사한 band가 관찰되었다. IgG에 대한 immunoblotting 결과(Fig. 70), 빵 무처리구와 microwave 처리구에서는 약 30 및 35 kDa 부근에 IgG와의 결합이 나타났으나, autoclave 처리 및 autoclave와 microwave 병행 처리구에서는 나타나지 않았다. 환자혈청에 대한 immunoblotting 결과에서도(Fig. 70) autoclave 처리 및 microwave 병행 처리구에서 반응이 나타나지 않았다.

이상의 결과를 종합해보면, 이전 강력분 밀가루 및 밀 반죽에서의 결과와 같이 밀가루에 물리적 처리 후 빵을 제조했을 때 보다 반죽에 물리적 처리시 gliadin의 IgG와의 반응성이 더 감소하여 gliadin의 항원성 감소에 더 효과적이었으며, 반죽에 가압가열 및 microwave 병행 처리시 gliadin의 allergenicity 감소에 가장 효과적이었다.



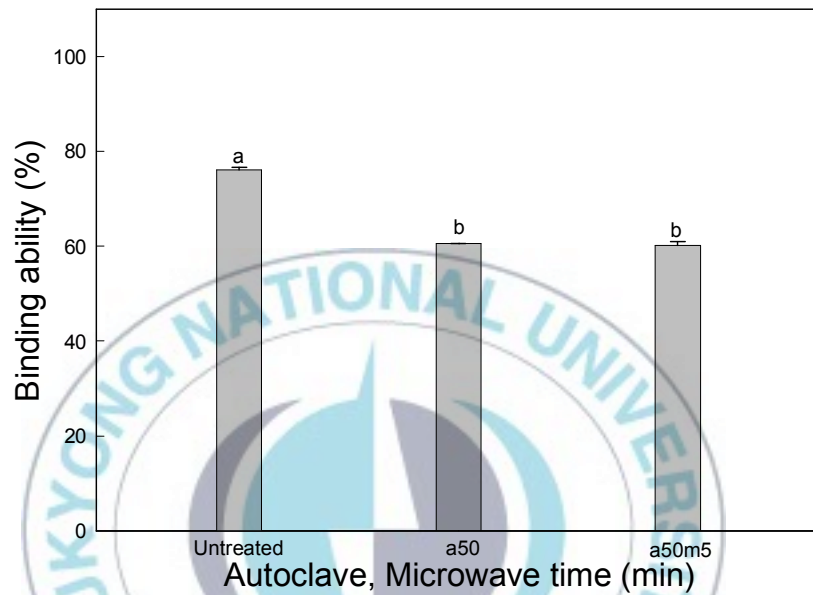


Fig. 66. Binding ability of anti-gliadin IgG to gliadin in bread treated with autoclave, autoclave and microwave. The binding ability was measured by Ci-ELISA. Binding ability=Bt/Box100. Bt; binding ability of IgG to gliadin from bread treated with autoclave or autoclave and microwave, Bo; binding ability of IgG to gliadin in strong wheat flour non-treated.

^{a-b}Means with different superscripts are significantly different ($p<0.05$).

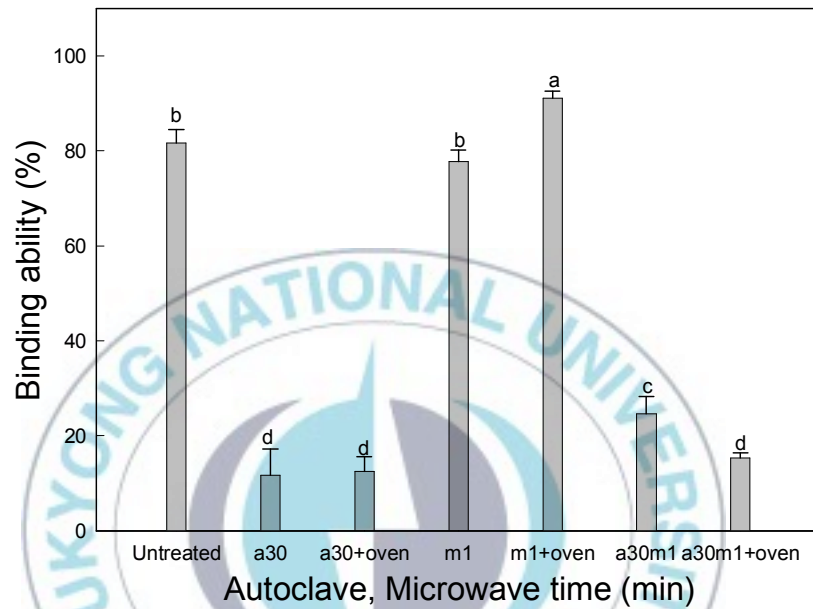


Fig. 67. Binding ability of anti-gliadin IgG to gliadin in bread treated with autoclave, microwave, autoclave and microwave. The binding ability was measured by Ci-ELISA. Binding ability=Bt/Bo x 100. Bt; binding ability IgG to gliadin from bread treated with autoclave, microwave, autoclave and microwave, Bo; binding ability of IgG to gliadin from strong wheat flour non-treated. ^{a-d}Means with different superscripts are significantly different ($p<0.05$).

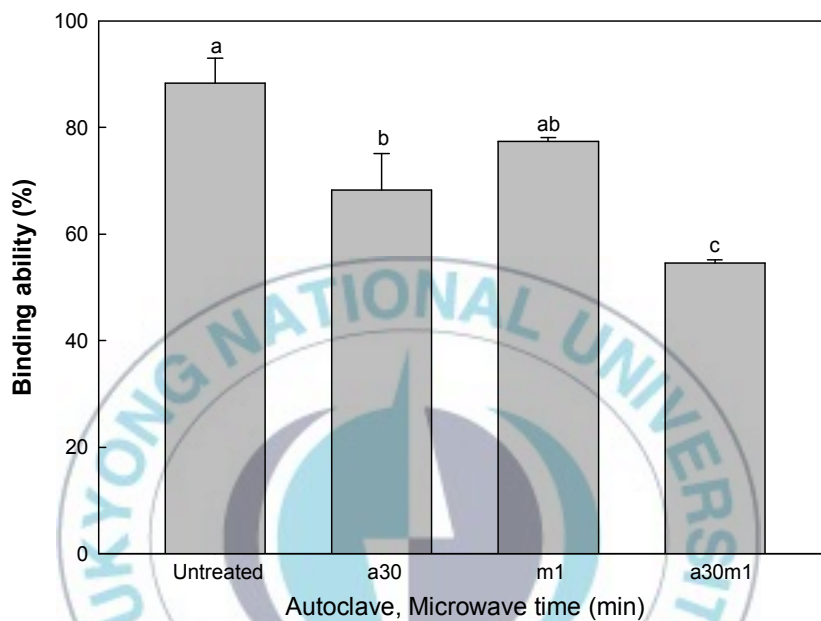


Fig. 68. Binding ability of wheat allergic patient's serum to gliadin in bread treated with autoclave, microwave, autoclave and microwave. The binding ability was measured by Ci-ELISA. Binding ability=Bt/Bo x 100. Bt; binding ability of wheat allergic patient's serum to gliadin from bread treated with autoclave, microwave, autoclave and microwave, Bo; binding ability of wheat allergic patient's serum to gliadin from wheat flour non-treated.

^{a-c}Means with different superscripts are significantly different ($p < 0.05$).



Fig. 69. SDS-PAGE of gliadin in bread made by strong wheat flour treated with autoclave, autoclave and microwave. Samples are (*) protein marker, (1) gluten, (2) gliadin, (3) untreated strong wheat flour, (4) untreated bread, (5) autoclave 50 min, (6) autoclave 50 + microwave 5 min.

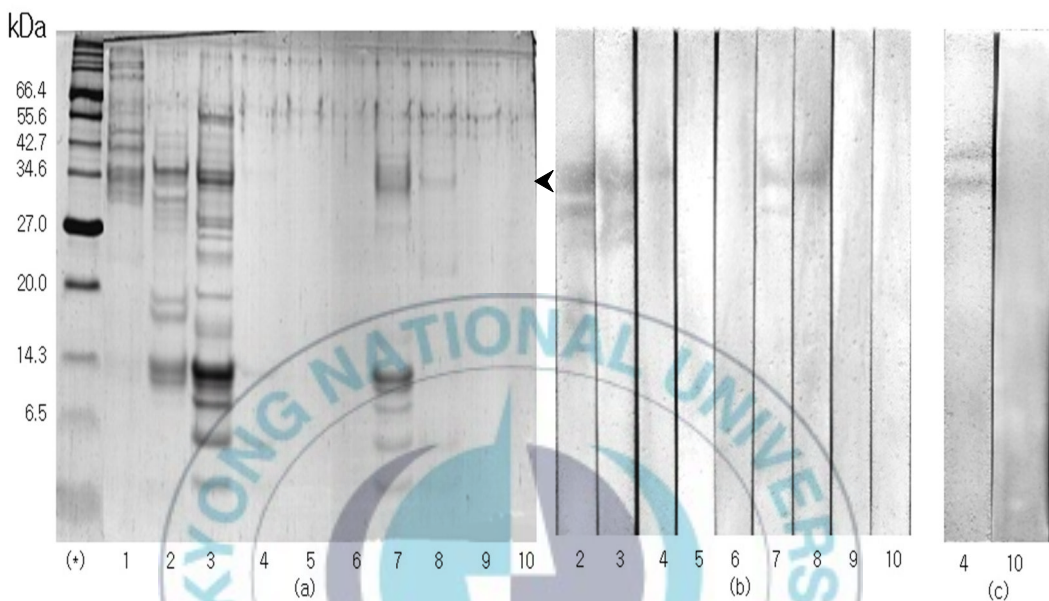


Fig. 70. SDS-PAGE (a) and immunoblotting (b, c) of gliadin in bread made by strong wheat dough treated with autoclave, microwave, autoclave and microwave. Samples are (*) protein marker, (1) gluten, (2) gliadin, (3) untreated strong wheat flour, (4) untreated bread, (5) autoclave 30 min, (6) autoclave 30 min + oven, (7) microwave 1 min, (8) microwave 1 min + oven, (9) autoclave 30 + microwave 1 min, (10) autoclave 30 + microwave 1 min + oven. (b) immunoblotting for IgG, (c) immunoblotting for patient's serum.

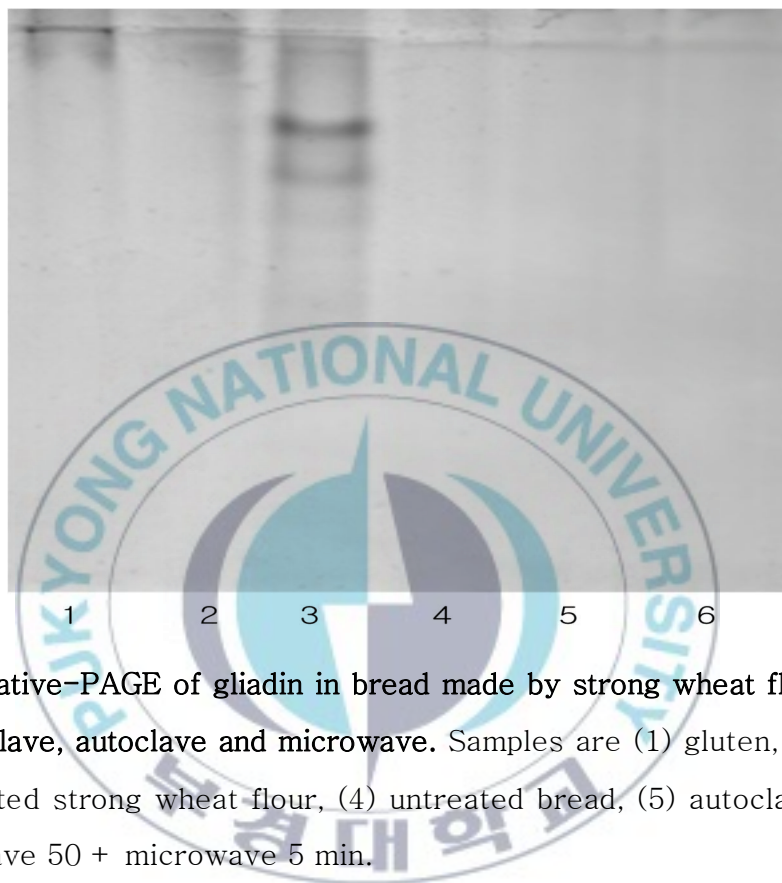


Fig. 71. Native-PAGE of gliadin in bread made by strong wheat flour treated with autoclave, autoclave and microwave. Samples are (1) gluten, (2) gliadin, (3) untreated strong wheat flour, (4) untreated bread, (5) autoclave 50 min, (6) autoclave 50 + microwave 5 min.

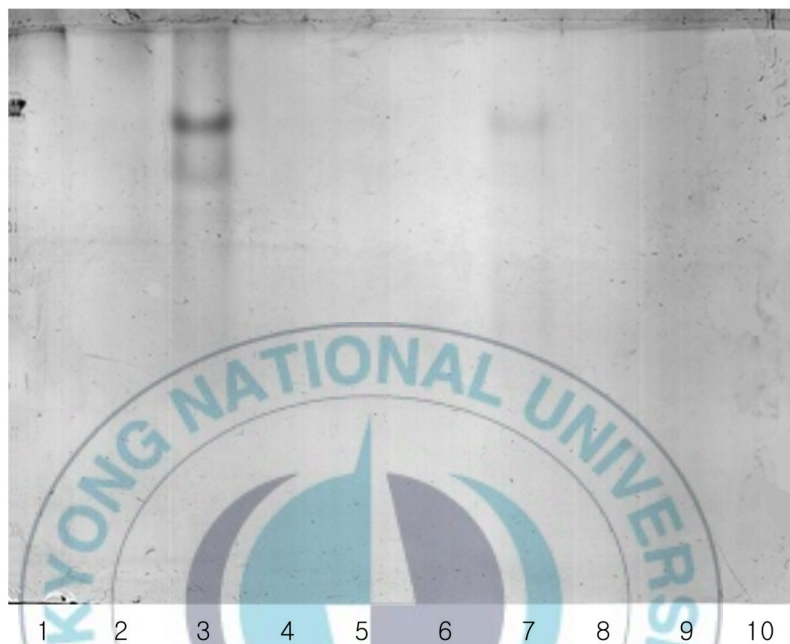


Fig. 72. Native-PAGE of gliadin in bread made by strong wheat dough treated with autoclave, microwave, autoclave and microwave. Samples (1) gluten, (2) gliadin, (3) untreated strong wheat flour, (4) untreated bread, (5) autoclave 30 min, (6) autoclave 30 min + oven, (7) microwave 1 min, (8) microwave 1 min + oven, (9) autoclave 30 + microwave 1 min, (10) autoclave 30 + microwave 1 min + oven.

2.2. 생면의 알러젠성 변화

중력분 및 생면 제조 후에 가압가열, microwave, 가압가열 및 microwave 병행 처리 후 생면의 항원성 및 단백질의 변화를 측정하였다. 중력분에 가압가열 30분, 가압가열 30분 및 microwave 5분 처리 후 면을 제조 한뒤 Ci-ELISA를 실시한 결과(Fig. 73), 무처리구와 비교시 IgG와의 반응성이 비슷하게 높게 유지되었다. 중력분에 물리적 처리했을 경우 제면이 잘 형성이 되지 않아 계란을 첨가하여 제면한 후 항원성의 변화를 살펴 보았다(Fig. 74). 계란을 첨가하지 않은 제면과 비교시 큰 차이를 보이지 않고 무처리구와 비교시 결합력이 높게 유지되었다. 생면을 제조하고 물리적 처리 후 항원성 변화를 살펴본 결과(Fig. 75), microwave 1분 처리구가 무처리구보다 다소 항원성이 증가하였으며, 가압가열 및 microwave 병행 처리시 가압가열 처리구보다 반응성이 증가하였다. 특히, 가압가열 50분 처리시에 gliadin과의 결합력이 약 46% 정도로 가장 많이 감소하였다. 생면을 삶은 후의 항원성을 살펴본 결과(Fig. 76), microwave 1분 처리시 무처리구보다 약간 증가 하였으며, 가압가열 및 microwave 병행 처리시 가압가열을 단독 처리했을 때 보다 항원성이 더 감소하였다. 특히, 가압가열 50분 및 microwave 1분 처리시에 결합력이 약 27%로 가장 많이 감소하였다. 삶은면의 항원성이 가장 많이 감소하여 환자혈청에 대해 Ci-ELISA를 실시한 결과(Fig. 77), 가압가열 50분, microwave 1분, 가압가열 50분 및 microwave 1분 처리구는 유의적으로 차이가 나지 않았지만, 가압가열 50분 및 microwave 1분 처리구에서 약 54%로 가장 많이 감소하여 가압가열 및 microwave 병행 처리시 생면 gliadin의 알러겐성 감소에 효과가 좋았다.

SDS-PAGE 결과, 중력분에 가압가열 및 병행 처리 후에 생면을 만든 경우 무처리구와 비교시 약 55 kDa에 해당하는 단백질이 약화되었으나 다른 gliadin 단백질(약 30-75 kDa)은 큰 변화를 보이지 않았다(Fig. 78). 계란을 면에 첨가하여 생면을 만든 경우, gliadin 단백질 중 약 55 kDa에 해당하는 단백질이 가압가열 및 병행 처리 후에 강도가 상당히 감소하였지만 약 35 kDa에 해당하는 단백질은 큰 차이를 보이지 않았다(Fig. 79). 생면에 물리적 처리했을 때와 처리 후 삶은면에 대해 SDS-PAGE를 한 결과(Fig. 80, 81), microwave 1분 처리구가

gliadin 단백질(약 30-75 kDa) 중 약 55 kDa band의 강도 감소 이외에는 비슷한 패턴을 보였지만 다른 처리구에서는 gliadin 단백질이 상당히 소실된 것을 확인하였다.

Immunoblotting 결과에서는(Fig. 80, 81) 생면과 삶은면의 무처리구와 microwave 1분 처리구는 IgG와의 반응이 강하게 나타났으나, autoclave 30분 처리구와 autoclave 30분/microwave 1분 병행 처리구는 약하게 IgG와 반응하였다. 하지만 autoclave 50분 및 autoclave 50분/microwave 1분 처리구에서는 반응이 나타나지 않았다. 환자혈청에 대해서는 삶은 무처리구는 약 35 kDa 단백질에서 반응이 일어났으나 가압가열 50분 및 microwave 1분 처리구는 반응이 나타나지 않았다. Native-PAGE 결과에서도 마찬가지로 autoclave, autoclave와 microwave 병행 처리구에서 단백질 band가 나타나지 않은 것으로 보아 단백질이 중합되어 용출이 되지 않았거나 분해된 것으로 생각된다(Fig. 82, 83, 84, 85).

이상으로, 제면 후 가압가열 50분 및 가압가열 50분과 microwave 1분 병행 처리시 gliadin의 항원성 감소에 효과적이었으며, 그중 가압가열 및 microwave 병행 처리시 gliadin의 allergenicity 감소에 가장 효과적인 방법으로 사료된다.

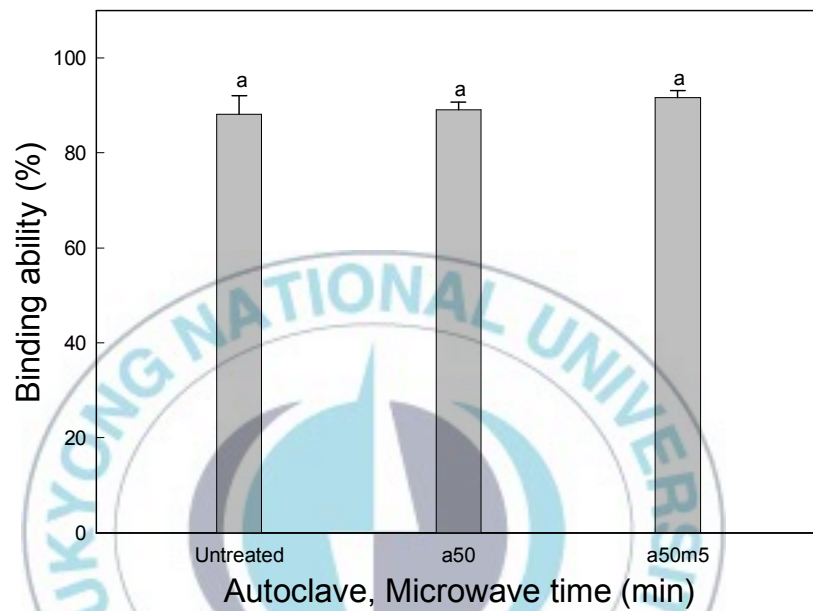


Fig. 73. Binding ability of anti-gliadin IgG to gliadin in noodles made by flour treated with autoclave, autoclave and microwave. The binding ability was measured by Ci-ELISA. Binding ability=Bt/Bo x 100. Bt; binding ability of IgG to gliadin in noodles treated with autoclave, microwave, autoclave and microwave, Bo; binding ability of IgG to gliadin in medium wheat flour non-treated. Data are not significantly different.

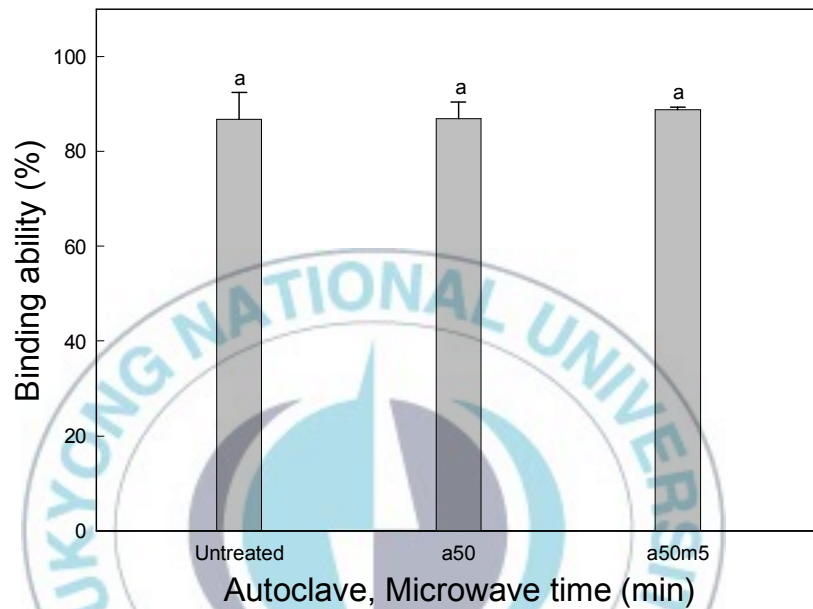


Fig. 74. Binding ability of anti-gliadin IgG to gliadin in noodles containing egg made by flour treated with autoclave, autoclave and microwave. The binding ability was measured by Ci-ELISA. Binding ability=Bt/Bo x 100. Bt; binding ability of IgG to gliadin in noodles treated with autoclave, microwave, autoclave and microwave, Bo; binding ability of IgG to gliadin in medium wheat flour non-treated. Data are not significantly different.

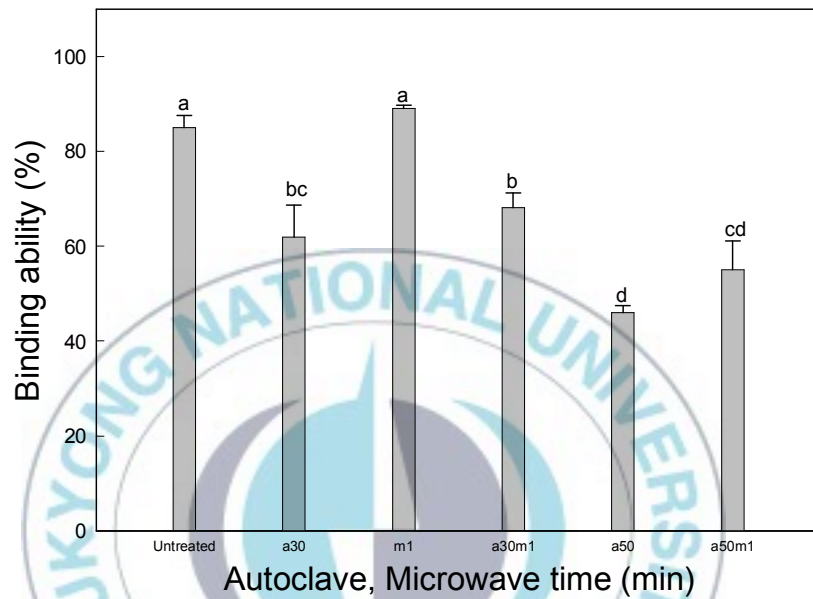


Fig. 75. Binding ability of anti-gliadin IgG to gliadin in noodles made by dough treated with autoclave, microwave, autoclave and microwave. The binding ability was measured by Ci-ELISA. Binding ability=Bt/Bo x 100. Bt; binding ability of IgG to gliadin in noodles treated with autoclave, microwave, autoclave and microwave, Bo; binding ability of IgG to gliadin in medium wheat flour non-treated.

^{a-d}Means with different superscripts are significantly different ($p<0.05$).

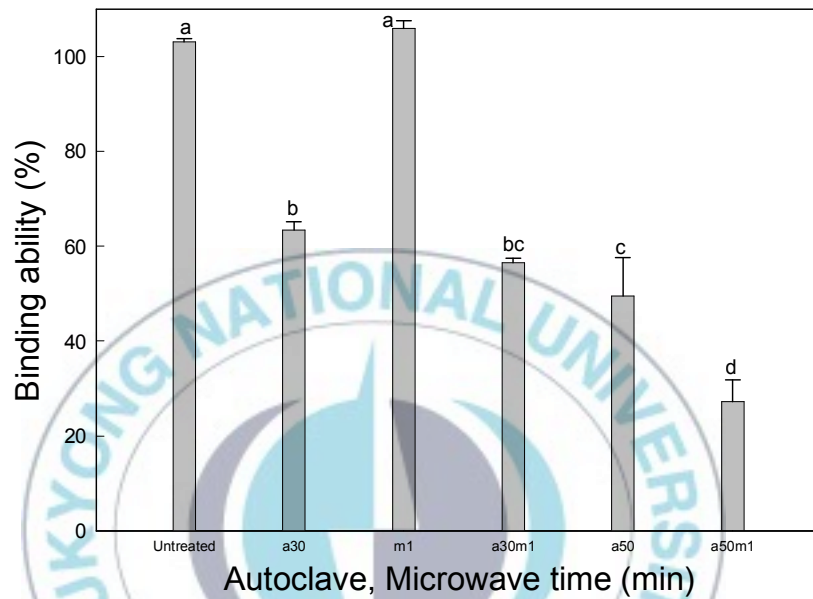


Fig. 76. Binding ability of anti-gliadin IgG to gliadin in boiled noodles made by dough treated with autoclave, microwave, autoclave and microwave. The binding ability was measured by Ci-ELISA. Binding ability=Bt/Bo x 100. Bt; binding ability of IgG to gliadin in noodles treated with autoclave, microwave, autoclave and microwave, Bo; binding ability of IgG to gliadin in medium wheat flour non-treated.

^{a-d}Means with different superscripts are significantly different ($p<0.05$).

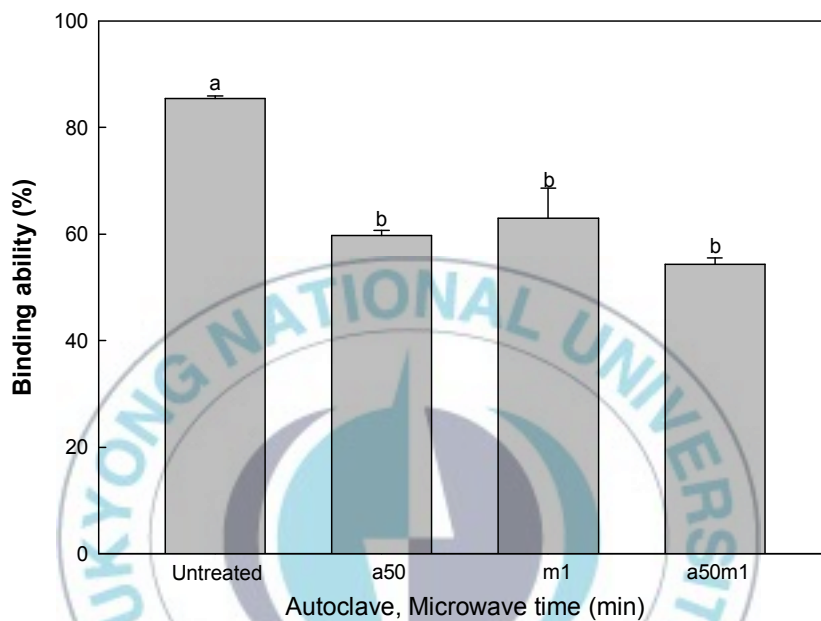


Fig. 77. Binding ability of wheat allergic patient's serum to gliadin in boiled noodles made by dough treated with autoclave, microwave, autoclave and microwave. The binding ability was measured by Ci-ELISA. Binding ability=Bt/Bo x 100. Bt; binding ability of patient's serum to gliadin in noodles treated with autoclave, microwave, autoclave and microwave, Bo; binding ability of patient's serum to gliadin in medium wheat flour non-treated.

^{a-b} Means with different superscripts are significantly different ($p < 0.05$).



Fig. 78. SDS-PAGE of gliadin in noodles made by flour treated with autoclave, autoclave and microwave. Samples are (*) protein marker, (1) gluten, (2) gliadin, (3) untreated medium wheat flour, (4) untreated noodles, (5) autoclave 50 min, (6) autoclave 50 + microwave 5 min.



Fig. 79. SDS-PAGE of gliadin in noodles containing egg made by flour treated with autoclave, autoclave and microwave. Samples are (*) protein marker, (1) gluten, (2) gliadin, (3) untreated medium wheat flour, (4) untreated noodles, (5) autoclave 50 min, (6) autoclave 50 + microwave 5 min.



Fig. 80. SDS-PAGE (a) and immunoblotting (b) of gliadin in noodles made by dough treated with autoclave, microwave, autoclave and microwave. Samples are (*) protein marker, (1) gluten, (2) gliadin, (3) untreated medium wheat flour, (4) untreated noodles, (5) autoclave 30 min, (6) microwave 1 min, (7) autoclave 30 + microwave 1 min, (8) autoclave 50 min, (9) autoclave 50 + microwave 1 min.

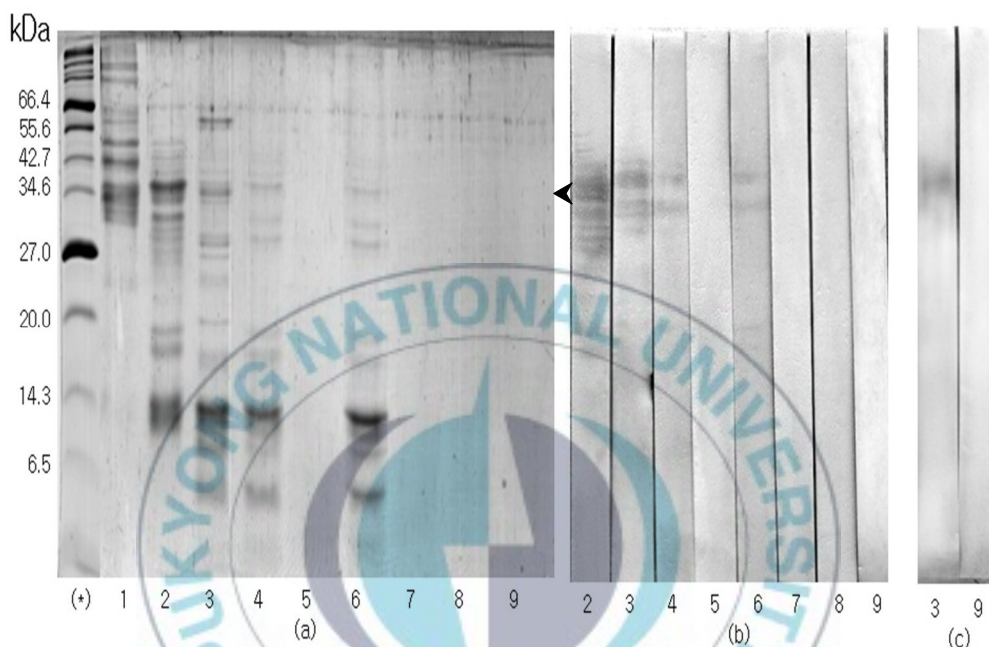


Fig. 81. SDS-PAGE (a) and immunoblotting (b, c) of gliadin in boiled noodles made by dough treated with autoclave, microwave, autoclave and microwave. Samples are (*) protein marker, (1) gluten, (2) gliadin, (3) untreated medium wheat flour, (4) untreated noodles, (5) autoclave 30 min, (6) microwave 1 min, (7) autoclave 30 + microwave 1 min, (8) autoclave 50 min, (9) autoclave 50 + microwave 1 min. (b) immunoblotting for IgG, (c) immunoblotting for patient's serum.



Fig. 82. Native-PAGE of gliadin in noodles made by medium wheat flour treated with autoclave, autoclave and microwave. Samples are (1) gluten, (2) gliadin, (3) untreated medium wheat flour, (4) untreated noodles, (5) autoclave 50 min, (6) autoclave 50 + microwave 5 min.



Fig. 83. Native-PAGE of gliadin in noodles containing egg made by medium wheat flour treated with autoclave, autoclave and microwave. Samples are (1) gluten, (2) gliadin, (3) untreated medium wheat flour, (4) untreated noodles, (5) autoclave 50 min, (6) autoclave 50 + microwave 5 min.

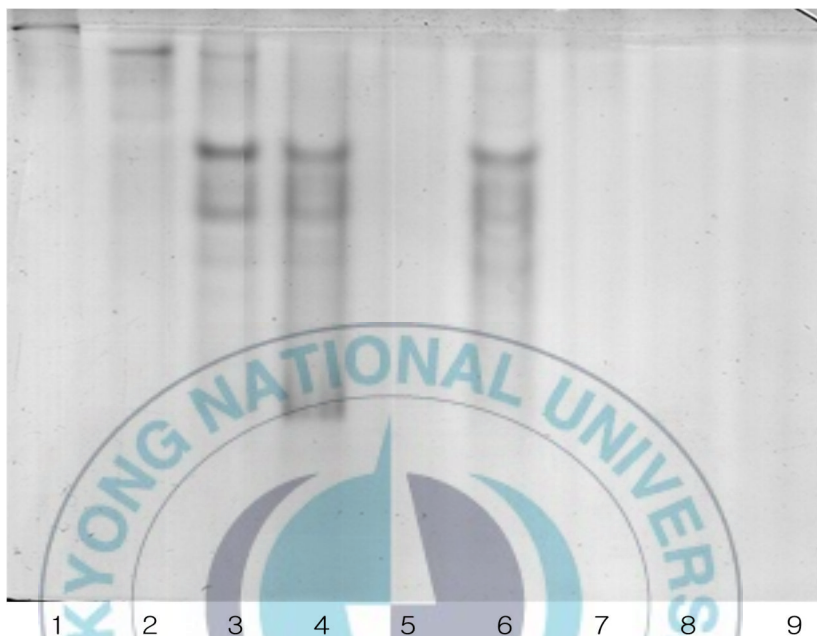


Fig. 84. Native-PAGE of gliadin in noodles made by dough treated with autoclave, microwave, autoclave and microwave. Samples are (1) gluten, (2) gliadin, (3) untreated medium wheat flour, (4) untreated noodles, (5) autoclave 30 min, (6) microwave 1 min, (7) autoclave 30 + microwave 1 min, (8) autoclave 50 min, (9) autoclave 50 + microwave 1 min.

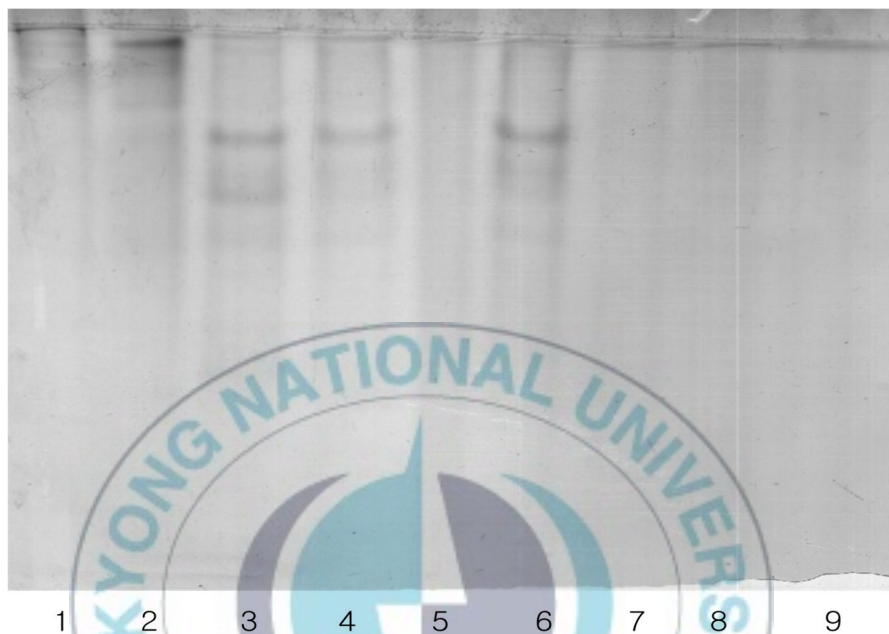


Fig. 85. Native-PAGE of gliadin in boiled noodles made by dough treated with autoclave, microwave, autoclave and microwave. Samples are (1) gluten, (2) gliadin, (3) untreated medium wheat flour, (4) untreated noodles, (5) autoclave 30 min, (6) microwave 1 min, (7) autoclave 30 + microwave 1 min, (8) autoclave 50 min, (9) autoclave 50 + microwave 1 min.

2.3. 쿠키의 알러젠성 변화

박력분 또는 반죽 후에 가압가열, microwave, 가압가열 및 microwave 병행 처리 후 쿠키를 제조하고 gliadin의 항원성 및 단백질 변화를 알아보았다. 박력분에 가압가열 및 병행 처리 후 Ci-ELISA를 통해 항원성을 알아본 결과(Fig. 86) 무처리구 및 처리구는 99%, 98%, 및 96%로 높은 결합력을 보였다. 박력분 반죽을 물리적 처리 후 굽기 전후의 항원성을 알아본 결과(Fig. 87) 무처리 쿠키는 약 100%의 결합력을 보였으며, 굽기 전후의 microwave 처리 쿠키의 결합력은 무처리구와 유사한 결합력을 보였다. 가압가열 처리 시는 굽기 전에는 약 56% 정도 굽기후에는 약 70%의 결합력을 보였다. 병행처리시는 굽기 전은 69%, 굽기 후는 61% 정도의 결합력을 보여 가압가열과 병행 처리모두 항원성이 감소하였다.

가장 효과를 보인 반죽에 물리적 처리 후 구운 쿠키에 대해 환자혈청으로 알러젠성을 측정한 결과(Fig. 88), 무처리구는 74%, 가압가열 및 microwave는 약 64% 및 63%, 병행 처리구는 58%의 반응성을 보여 병행 처리에 의해 약 40% 정도 알러젠성 감소의 효과가 있었다.

박력분에 물리적 처리 후 쿠키의 SDS-PAGE 결과에서는(Fig. 89) 무처리, 가압가열 및 병행처리구에서 gliadin(분자량 30-75 kDa) 단백질 중 약 55 kDa에 해당하는 단백질은 상당히 소실되었으나, 약 35 kDa 부근의 단백질은 큰 변화가 없었다. 또한 물리적 처리에 의해 약 42 kDa의 단백질의 강도가 증가하여 분해된 단백질이 중합된 것으로 사료된다. 반죽에 물리적 처리 후 굽기 전후의 SDS-PAGE 결과는(Fig. 90) 무처리 및 microwave 처리구에서는 단백질 패턴의 차이를 보이지 않았으며 gliadin 단백질(약 30-75 kDa) 중 약 35 kDa 단백질 밴드가 굽기 전후에도 무처리구와 비교시 변화가 없었다. 하지만 다른 처리구에서는 band의 강도가 약화되었고, 가압가열 50분 처리구가 좀 더 약해졌다. 모든 실험구에서 gliadin 단백질 중 약 50-66 kDa 사이의 단백질이 물리적 처리에 의해 영향을 거의 받지 않은 것으로 나타났다. 밀가루에 가압가열 및 병행 처리 후 구운 쿠키의 Native-PAGE 결과(Fig. 91), 박력분 무처리구에 비해 제과시, 고분자화된 것을 알 수 있으며, 처리한 쿠키에서는 무처리구와 큰 차이가

없었다. 반죽에 가압가열 및 병행 처리 후의 Native-PAGE 결과(Fig. 92), 무처리구에 비해서 autoclave, autoclave와 microwave 병행 처리구에서 변화가 일어났으며, microwave 1분 처리구는 굽기 과정을 거치지 않아서 그런지 여러 band가 관찰되었으며, microwave 1분 처리 후 구운 쿠키는 고분자 단백질이 위에 걸쳐 있어 고분자 단백질로 중합이 일어난 것으로 사료된다. Immunoblotting 결과에서는(Fig. 90) 쿠키 무처리구 및 microwave 처리구에서 약 43, 35, 및 30 kDa band가 IgG와 강하게 반응하였으며, 가압가열 및 병행 처리구는 IgG와 반응하지 않았다. 환자혈청에 대한 immunoblotting 결과에서도 쿠키 무처리구는 IgG와 유사하게 약 43, 35, 및 30 kDa 단백질에 반응하였으나 병행처리구는 반응을 하지 않았다. 이상의 결과를 종합해 보면 병행 처리에 의해 쿠키의 알러젠성 감소 효과가 가장 큰 것으로 나타났다.



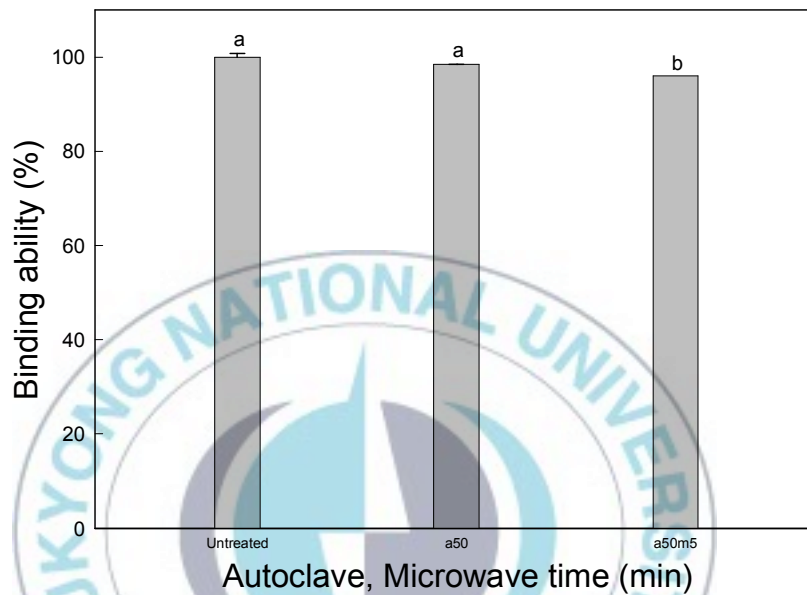


Fig. 86. Binding ability of anti-gliadin IgG to gliadin in cookies made by soft flour treated with autoclave, autoclave and microwave. The binding ability was measured by Ci-ELISA. Binding ability= $B_t/B_o \times 100$. B_t ; binding ability of IgG to gliadin in cookies treated with autoclave, microwave, autoclave and microwave, B_o ; binding ability of IgG to gliadin in soft wheat flour non-treated. Data are not significantly different.

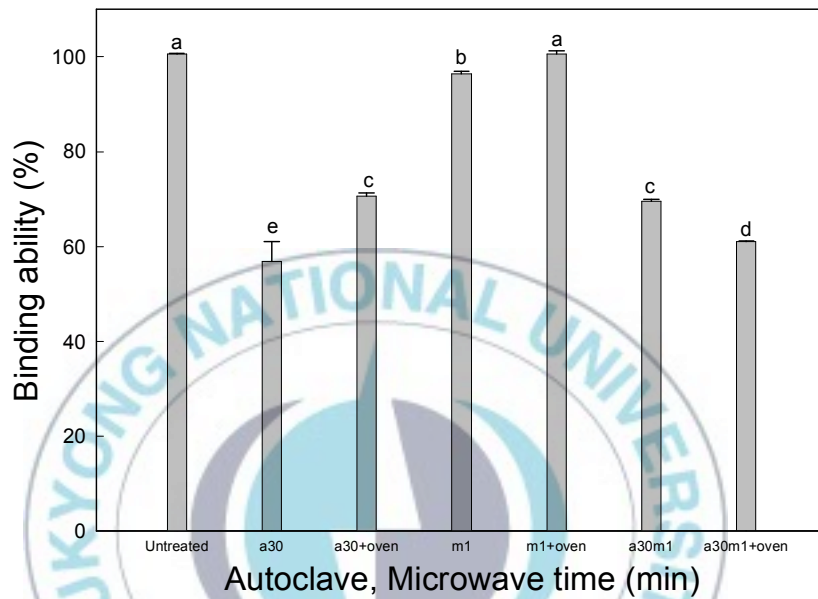


Fig. 87. Binding ability of anti-gliadin IgG to gliadin in cookies made by soft wheat dough treated with autoclave, microwave, autoclave and microwave. The binding ability was measured by Ci-ELISA. Binding ability= $B_t/B_o \times 100$. B_t ; binding ability of IgG to gliadin in cookies treated with autoclave, microwave, autoclave and microwave, B_o ; binding ability of IgG to gliadin in soft wheat flour non-treated.

^{a-e}Means with different superscripts are significantly different ($p < 0.05$).

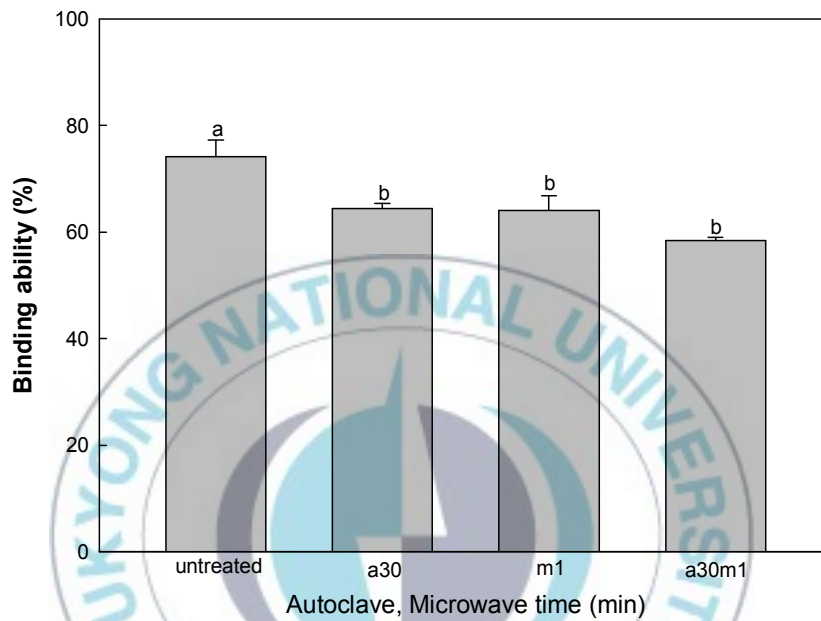


Fig. 88. Binding ability of wheat allergic patient's serum to gliadin in cookie made by soft dough treated with autoclave, microwave, autoclave and microwave. The binding ability was measured by Ci-ELISA. Binding ability= $B_t/B_o \times 100$. B_t ; binding ability of patient's serum to gliadin in cookies treated with autoclave, microwave, autoclave and microwave, B_o ; binding ability of patient's serum to gliadin in soft wheat flour non-treated.



Fig. 89. SDS-PAGE of gliadin in cookies made by soft flour treated with autoclave, autoclave and microwave. Samples are (*) protein marker, (1) gluten, (2) gliadin, (3) untreated soft wheat flour, (4) untreated cookies, (5) autoclave 50 min, (6) autoclave 50 + microwave 5 min.



Fig. 90. SDS-PAGE (a) and immunoblotting (b, c) of gliadin in cookies made by soft wheat dough treated with autoclave, microwave, autoclave and microwave. Samples are (*) protein marker, (1) gluten, (2) gliadin, (3) untreated soft wheat flour, (4) untreated cookies, (5) autoclave 30 min, (6) autoclave 30 + oven, (7) microwave 1 min (8) microwave 1 min + oven, (9) autoclave 30 min + microwave 1 min (10) autoclave 30 min + microwave 1 min + oven, (b) immunoblotting for IgG, (c) immunoblotting for patient's serum.

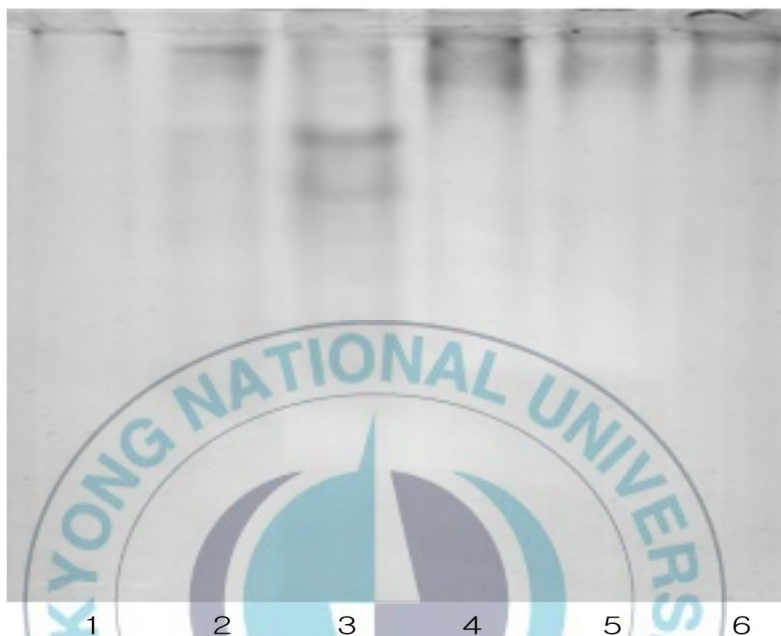


Fig. 91. Native-PAGE of gliadin in cookies extracts made by soft flour treated with autoclave, autoclave and microwave. Samples are (1) gluten, (2) gliadin, (3) untreated soft wheat flour, (4) untreated cookies, (5) autoclave 50 min, (6) autoclave 50 min + microwave 5 min.

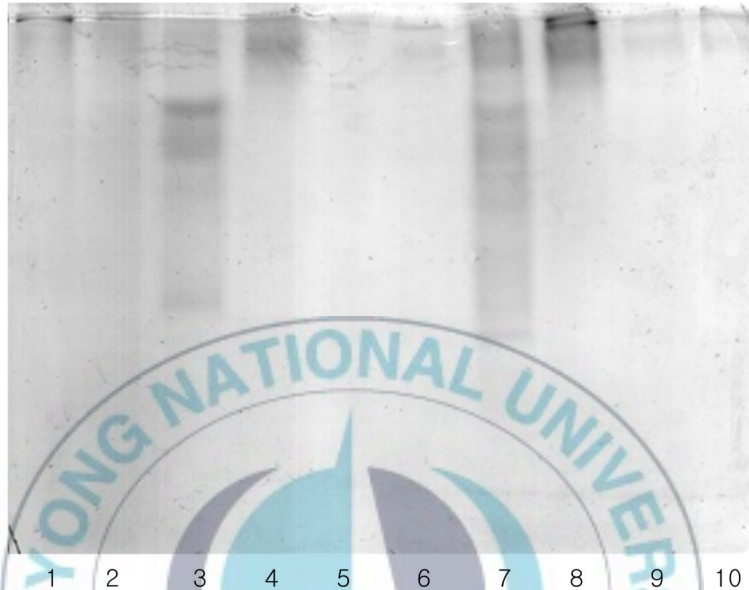


Fig. 92. Native-PAGE of gliadin in cookies made by soft wheat dough treated with autoclave, microwave, autoclave and microwave. Samples are (*) protein marker, (1) gluten, (2) gliadin, (3) untreated soft wheat flour, (4) untreated cookies, (5) autoclave 30 min, (6) autoclave 30 min + oven, (7) microwave 1 min, (8) microwave 1 min + oven, (9) autoclave 30 + microwave 1 min, (10) autoclave 30 + microwave 1 min + oven.

3.1. 강력분 밀가루 및 반죽에 물리적 처리 후 제조한 빵의 품질 변화

3.1.1. Mixograph 특성

강력분에 가압가열 처리 50분과 가압가열 50분 및 microwave 5분을 병행 처리하여 모닝빵을 제조한 후 무처리된 모닝빵과의 Mixograph를 이용하여 반죽 특성을 비교하였다(Table 5). 최고점 시간(peak time)은 mixing curve가 peak를 이룰 때까지의 시간을 측정한 것으로 반죽에서 글루텐 조직을 발전시키는 데에 필요한 시간과 관계가 있으며, 최고점의 높이(peak height)는 밀가루에 있는 밀 단백질의 품질을 측정하기 위한 지표들 중의 하나이다. 곡선의 폭(width at peak)은 반죽의 탄성과 점도를 포함한 반죽의 강도를 나타내며, 특정시각의 curve의 폭은 반죽 망상구조의 기벽 구조가 파괴되어 물성이 액상화되는 경향을 보여주며 글루텐의 파괴를 예측할 수 있게 해주는 지표로 본 실험에서는 8분 일 때의 높이를 측정하였다(Go, 2002). Peak time은 무처리구가 10, 처리구가 4.38, 2.09로 값은 감소하였으나, 유의적으로 차이가 나지 않았다. peak height는 무처리구가 10, 98.58인데 비해 처리구들은 41.53과 41.65로 유의적으로 감소하였다. Peak time과 peak height는 밀 단백질과 수분흡수율에 의해서 결정된다(Go, 2002). Peak time은 글루테닌과 글리아딘의 수화에 의한 글루텐의 망상구조를 만드는데 소요되는 시간이며, peak height는 단백질 함량과 강도(strength)와 관련이 있는데, 가압가열과 가압가열 및 microwave 병행 처리에 의해 반죽의 강도와 수분흡수율이 낮아졌기 때문으로 판단된다(Go, 2002). Peak의 폭은 무처리구가 3.63인데 반해 처리구는 27.65와 32.49로 높은 값을 나타내었으나 유의적으로는 차이가 나타나지 않는 것으로 나타났다. 8분에서의 폭도 무처리구가 7.46이고, 가압가열 처리가 15.11과 병행처리구가 8.68로 나타났으나, 유의적으로는 차이가 나타나지 않았다.

밀가루의 독특한 점탄성(viscoelasticity)에 관여하는 결합은 아미드 결합, SH 그룹(thiol 또는 sulfhydryl) 및 이황화 그룹(-SS-, disulfide), 수소결합으로 나눌 수 있다. 이 중 반죽의 구조에 중요한 역할을 하는 결합은 공유결합을 하고

있는 단백질 사이의 disulfide 결합이다. Cystine의 이황화 결합은 반죽의 경도(firmness)에 영향을 주며, 이 결합에 의하여 반죽의 점성 흐름(viscous flow)은 감소된다(Cho et al., 2000). 이러한 disulfide 결합을 촉진하기 위해 제빵개량제를 사용하는데 본 실험에 사용된 제빵개량제는 Mixograph를 통해 본 반죽의 물성 측정에서 큰 효과를 보이지 않은 것으로 나타났다. Rombouts 등(2011)은 wheat gluten에 열처리를 하면 -SS- 결합의 감소가 올 뿐만 아니라, SDS buffer에서의 추출능력도 감소한다고 보고하여 가압가열 및 Microwave 처리를 통한 열처리가 mixograph 상에서 제빵적성과 반죽의 내구성이 상당히 떨어지는 본 실험의 결과와 유사하였다.

3.1.2. 부피 팽창도

빵의 부피는 글루텐의 양과 질, 반죽 시 글루텐의 신전 정도에 영향을 받으며 발효 중 팽창에 관여하는 요인은 이스트의 양, 당의 종류와 양, 반죽온도, 반죽의 pH 등으로 이들의 복합적인 상호작용에 의한 것으로 알려져 있다(Shin 2002). 특히, 이스트에 의해 생성된 탄산가스를 글루텐이 얼마만큼 잘 포집하고 있는지에 따라 팽창도의 정도에 많은 차이가 남으로 반죽의 팽창이 잘 진행되기 위해서는 반죽 내 글루텐의 함량이 많아야 한다(Hwang et al., 2004). 강력분에 가압가열과 가압가열 및 microwave 병행 처리 후 반죽의 부피 팽창도를 측정한 결과(Table 6), 1차 발효 및 2차 발효 후에는 부피 팽창도는 유의적으로 차이가 나지 않았으며, autoclave 및 병행 처리구에서는 2차 발효 후 25 mL 및 15.84 mL로 무처리구인 82.50 mL에 비해 부피 팽창이 상당히 감소하였다. 이는 밀가루에 가압가열 및 병행 처리에 의해 반죽시 gluten 형성이 저하되어 부피 팽창이 감소한 것으로 사료된다. Prakash와 Rao(1999)의 연구결과에서도 밀가루에 15분과 30분 동안 autoclave 처리하였을때 gluten의 변성이 일어나 gluten형성이 일어나지 못했다고 하여 본 연구결과와 일치하였다.

Table 5. Mixograph characteristics of the strong flour treated with physical

treatments

	peak time (min)	peak height (mim)	width at peak (mm)	width at 8 min (mm)
Control	10.00 $\pm 0.00^A$	98.58 $\pm 0.76^A$	3.63 $\pm 1.51^A$	7.46 $\pm 1.48^A$
Autoclave 50 min	4.38 $\pm 4.18^A$	41.53 $\pm 4.34^B$	27.65 $\pm 10.80^A$	15.11 $\pm 13.85^A$
Autoclave 50 min + Microwave 5 min	2.09 $\pm 0.04^A$	41.65 $\pm 2.94^B$	32.49 $\pm 3.88^A$	8.68 $\pm 3.92^A$

^{A-B}Means with different superscripts in the same column are significantly different ($p < 0.05$).

Table 6. Volume change of dough made by the strong flour treated with physical treatments

(Unit : mL)

	First fermentation	Secondary fermentation
Control	87.50 $\pm$ 8.24 ^{Aa}	82.50 $\pm$ 15.09 ^{Aa}
Autoclave 50 min	31.67 $\pm$ 3.30 ^{Ba}	25.00 $\pm$ 0.00 ^{Ba}
Autoclave 50 min + microwave 5min	25.00 $\pm$ 0.00 ^{Ba}	15.84 $\pm$ 11.55 ^{Ba}

^{A-B}Means with different superscripts in the same column are significantly different ($p < 0.05$).

3.1.3. pH 및 수분 함량

강력분에 가압가열 처리, 가압가열과 microwave 병행처리 후 제조한 모닝빵과 pH 및 수분 함량을 측정한 결과(Table 7, 8), autoclave 처리시는 유의적으로 감소하였으며, 병행처리시는 유의적으로 증가하였으나 큰 차이를 보이지 않았다. 따라서 가압가열 및 microwave 처리가 빵 반죽의 발효 과정에 큰 영향을 미치는 pH 에는 그다지 큰 영향을 미치지 않는 것으로 나타났다. 빵의 저장성에 크게 관계하는 수분도 유의적인 변화가 없었으나, 물리적 처리구의 수분 함량이 무처리구보다 다소 높게 나타나 전분의 노화에 긍정적인 효과가 있을 것으로 사료된다.

강력분을 이용하여 모닝빵 반죽을 하여 2차 발효 후 microwave와 가압가열 처리를 하였다. 무처리와 각각의 처리구들의 pH를 측정한 결과(Table 9), 5.62~5.96의 범위로 가압가열 및 microwave 처리후 pH에는 큰 변화가 없었지만, 가압가열 처리구들의 pH가 무처리구에 비해 다소 낮은 경향을 보였다. 이는 가압가열 처리 시 일정시간 동안 온도 상승에 의한 효모의 활성화가 촉진되어 가스발생량이 많아져서 나타나는 것으로 예측된다. 수분 함량을 측정한 결과(Table 10), microwave 처리가 된 처리구들이 수분함량이 낮게 나타났는데 이는 microwave 처리시 온도 상승으로 수분이 손실된 것으로 사료된다. 가압가열 처리도 무처리구에 비해 조금 낮은 수분함량을 나타내었지만 큰 차이가 없었다.

Table 7. pH value of bread made by strong flour treated with physical treatments

Control	Autoclave 50 min	Autoclave 50 min + Microwave 5 min
5.64±0.00 ^{AB}	5.58±0.04 ^B	5.69±0.01 ^A

^{A-B} Means with different superscripts are significantly different ($p < 0.05$).

Table 8. Moisture content of bread made by strong flour treated with physical treatments

(Unit : %)

Control	Autoclave 50 min	Autoclave 50 min + Microwave 5 min
32.97±0.95 ^A	34.35±1.26 ^A	33.19±1.00 ^A

Data are not significantly different.

Table 9. pH value of bread made by strong wheat dough treated with physical treatments

Control	Microwave 1 min	Microwave 1 min + oven	Autoclave 30 min
5.83±0.05 ^B	5.96±0.04 ^A	5.82±0.00 ^B	5.68±0.04 ^C
	Autoclave 30 min + oven	Autoclave 30+ Microwave 1 min	Autoclave 30 + Microwave 1 min + oven
	5.65±0.01 ^C	5.73±0.03 ^{BC}	5.62±0.01 ^C

^{A-C} Means with different superscripts in are significantly different ($p < 0.05$).

Table 10. Moisture content of bread made by strong flour dough treated with physical treatments

(unit : %)

Control	Microwave 1 min	Microwave 1 min + oven	Autoclave 30 min
33.44±0.35 ^A	30.35±0.39 ^{BC}	25.46±0.50 ^E	32.86±2.18 ^A
	Autoclave 30 min + oven	Autoclave 30+ Microwave 1 min	Autoclave 30 + Microwave 1 min + oven
	31.37±0.33 ^B	29.78±0.35 ^C	28.25±0.08 ^D

^{A-D} Means with different superscripts are significantly different ($p < 0.05$).

3.1.4. 물성

강력분에 가압가열 처리 50분, 가압가열 50분과 Microwave 5분을 병행 처리하여 모닝빵을 제조한 후 모닝빵과의 경도(Hardness), 부서짐성(Fracturability), 부착성(Adhesiveness), 탄력성(Springiness), 응집성(Cohesiveness), 검성(Gumminess), 씹힘성(Chewiness), 복원성(Resilience) 및 전단력(Shear force)을 측정하였다(Table 11). 경도 및 부서짐성은 처리구가 무처리구에 비해 유의적으로 증가하였다. 검성과 씹힘성 및 전단력 또한 무처리구에 비해 상당히 높은 수치를 나타내었는데 처리한 빵의 높은 경도에 기인한 것으로 보여진다. 그에 따라 부착성이나 탄력성 및 응집력, 회복력은 무처리 빵에 비해 낮은 수치를 나타내어 강력분에 대한 가압가열 처리와 Microwave 처리가 빵의 물성에 영향을 크게 미치는 것을 알 수 있었다. Walde 등(2002)은 밀에 microwave로 건조시 반죽의 응집성과 탄력성이 없다고 하였으며, 이는 부드러운 질감을 갖는 빵의 경우에는 부정적인 영향을 미칠수 있다고 하였다. Prakash와 Rao(1999)는 밀가루에 autoclave 처리를 15분 하였을 때 보수력이 감소했다고 하였으며, 반죽의 경도가 증가한 반면, 응집성은 감소하였다고 하였다. 이는 autoclave 처리에 의해 gluten의 함량이 감소하였기 때문으로, 본 연구에서도 autoclave, autoclave와 microwave 병행 처리시 gluten의 함량이 낮아져 물리적 처리를 하지 않은 빵보다 경도가 증가한 것으로 보인다.

강력분을 이용하여 제조한 빵 반죽을 2차 발효 후 물리적 처리한 모닝빵의 물성을 측정한 결과(Table 12), 경도는 Microwave 처리구는 무처리구와 비교시 유의적으로 차이가 나지 않았으나, 가압가열 및 가압가열과 Microwave 병행 처리한 반죽의 경도는 아주 높게 나타났다. 그 결과에 기인하여 검성과 씹힘성 또한 유사한 결과가 나왔다. 이는 가압가열 처리 시 구조가 약화되어 있던 2차 발효 후의 반죽이 수축하여 나온 결과로 보여진다. Barcenas 등(2010)은 HPP(high hydrostatic processing) 처리에 의한 빵 반죽에의 실험에서 경도와 점착성의 증가와 점도의 감소를 보고하여 이를 뒷바침 해주고 있다. 탄력성은 시료간 큰 유의적인 차이는 보이지 않았다. 부서짐성은 무처리구와 처리구간에

유의적으로 차이가 나지 않았으며, 부착성은 무처리구에 비해 처리구들이 낮게 나타났다. 응집력과 전단력은 Microwave처리구가 낮은 값을 보였으며, 다른 처리구와 무처리구간에 유의적인 차이는 없었다. 따라서 반죽에 microwave 단독으로 처리시 보다 가압가열 처리시 gluten의 구조가 상당히 무너져(Prakash와 Rao(1999)) 처리하기 전보다 경도, 씹힘성, 검성, 전단력이 크게 증가한 것으로 보인다.

3.1.5. 색도

색은 빵의 외관평가에서 매우 중요하게 여겨지는 항목 중의 하나로 색이 좋아야 먹음직스럽게 보일 뿐만 아니라 풍미를 향상시킬수 있다(Kim. 2002). 물리적 처리한 처리구와 무처리구의 구운 빵 겉면의 색도를 비교한 결과(Table 13), 명도는 처리구가 높게 나타났으며, 그 중 가압가열 50분 처리구가 77.53으로 가장 높은 값을 보였다. 적색도는 무처리 빵에 비해 물리적 처리한 빵이 상당히 낮았으며, 황색도는 시료간 큰 차이는 보이지 않았으나 무처리구 빵에 비해 처리구 빵이 낮아지는 경향을 보였다. 빵 속의 색도의 경우(Table 14), 무처리구에 비해 처리한 빵의 명도와 적색도 및 황색도가 높은 값을 보였다.

2차 발효가 끝난 후 물리적 처리를 하여 빵을 굽기 전후의 겉표면의 색도를 측정된 결과(Table 15), 명도는 무처리구와 다른 처리구들 사이에서는 큰 차이를 보이지 않았으나 microwave 1분 처리한 반죽은 명도가 높게 나타났다. 적색도와 황색도에서는 다른 처리구에 비해 microwave 1분 처리구가 상당히 낮게 측정되었다. 속의 색도를 비교한 결과는(Table 16), 명도는 무처리구와 비교하여 가압가열 처리구들이 낮게 나왔으나 microwave를 처리한 반죽은 다른 처리구들에 비해 높게 나타났다. 적색도와 황색도는 microwave 처리구는 무처리구와 큰 차이가 없었으나, 다른 처리구는 무처리구와 비교시 증가하였다. 이상으로 밀가루 및 반죽에 가압가열 처리시 황색도의 증가는 갈변화가 진행되어 무처리 빵에 비해 증가한 것으로 사료된다. 그리고 반죽에 가압가열 처리시 밀가루에 처리시보다 빵의 색이 dark brown에 가까운 색상을 보였는데, 이는 발효과정 중

단백질의 분해로 인해 생성된 아미노산이 높은 온도에서 장시간 처리에 의한 당과의 갈변화 반응(Vadlamani and Seib, 1996)이 지나치게 진행되어 나온 결과로 보인다.



Table 11. Texture of bread made by strong flour treated with physical treatments

	Control	Autoclave 50 min	Autoclave 50 min + Microwave 5 min
Hardness	41.65±0.93 ^B	1136.46±68.49 ^A	1040.15±137.65 ^A
Fracturability	3.27±0.21 ^B	6.7±0.26 ^A	7.03±0.50 ^A
Adhesiveness	4.50±0.27 ^A	0.02±0.07 ^B	-0.24±0.06 ^B
Springiness	0.99±0.01 ^A	0.88±0.01 ^B	0.8±0.00 ^C
Cohesiveness	0.75±0.00 ^A	0.53±0.01 ^B	0.42±0.00 ^C
Gumminess	31.57±0.83 ^C	614.79±20.87 ^A	431.71±5.71 ^B
Chewiness	31.28±1.15 ^C	545.39±14.56 ^A	348.01±3.64 ^B
Resilience	0.38±0.02 ^A	0.27±0.01 ^B	0.2±0.00 ^C
Shear Force	23.61±0.65 ^C	124.08±1.25 ^A	111.26±4.10 ^B

^{A-B} Means with different superscripts in the same row are significantly different ($p<0.05$).

Table 12. Texture of bread made by strong wheat dough treated with physical treatments

	Control	M 1 min	M 1 min + oven	A 30 min	A 30 min+ Oven	A 30 min+ M 1 min	A 30 min + M 1 min + oven
Hard-ness	38.89 ±1.30 ^D	45.29 ±0.06 ^D	68.31 ±1.65 ^D	2115.95 ±3.61 ^{AB}	1379.93 ±40.68 ^C	2332.88 ±11.95 ^A	1902.21 ±161.15 ^B
Fractura-bility	7.64 ±0.04 ^A	5.91 ±0.05 ^A	5.58 ±0.15 ^A	7.05 ±1.10 ^A	5.98 ±0.70 ^A	6.99 ±0.71 ^A	6.05 ±1.07 ^A
Adhesive-ness	2.13 ±0.14 ^A	-0.23± 0.08 ^{AB}	1.22 ±0.13 ^{AB}	-1.69± 0.09 ^B	-1.30± 0.01 ^B	-1.69± 0.08 ^B	0.11 ±0.00 ^{AB}
Spring-ness	0.99 ±0.00 ^A	0.92 ±0.01 ^C	0.97 ±0.00 ^{AB}	0.94 ±0.00 ^{BC}	0.94 ±0.01 ^{BC}	0.94 ±0.03 ^{BC}	0.97 ±0.00 ^{AB}
Cohesive-ness	0.78 ± 0.00 ^{BC}	0.69 ±0.00 ^E	0.70 ±0.01 ^D	0.77 ±0.01 ^C	0.78 ±0.00 ^{AB}	0.77 ±0.00 ^{BC}	0.80 ±0.00 ^A
Gummi-ness	29.97 ±1.25 ^E	34.22 ±0.36 ^E	49.99 ±0.42 ^E	1630.40 ±9.33 ^B	1076.52 ±16.25 ^D	1804.10 ±2.17 ^A	1436.17 ±0.88 ^C
Chewi-ness	29.35 ±0.89 ^E	31.54 ±0.04 ^E	48.05 ±0.37 ^E	1539.92 ±10.68 ^B	1023.55 ±8.72 ^D	1715.84 ±54.03 ^A	1388.01 ±8.77 ^C
Resilie-nce	0.37 ±0.00 ^A	0.28 ±0.00 ^C	0.32 ±0.01 ^B	0.38 ±0.00 ^A	0.38 ±0.00 ^A	0.40 ±0.01 ^A	0.38 ±0.00 ^A
Shear Force	23.58 ±1.32 ^C	25.38 ±0.15 ^C	33.43 ±1.04 ^C	230.54 ±12.65 ^A	199.56 ±17.00 ^B	235.36 ±15.29 ^A	224.90 ±5.91 ^A

*M : microwave, A: autoclave.

^{A-E}Means with different superscripts in the same row are significantly different ($p<0.05$).

Table 13. Color of outer bread made by strong flour treated with physical treatments

	Control	Autoclave 50 min	Autoclave 50 min + Microwave 5 min
Lightness	58.84±0.13 ^C	77.53±0.12 ^A	75.25±0.11 ^B
Redness	7.05±0.19 ^A	-1.36±0.15 ^C	2.27±0.08 ^B
Yellowness	32.45±0.25 ^A	30.54±0.1 ^B	29.22±0.03 ^C

^{A-C}Means with different superscripts in the same row are significantly different ($p<0.05$).

Table 14. Color of inner bread made by strong flour treated with physical treatments

	Control	Autoclave 50 min	Autoclave 50 min + Microwave 5 min
Lightness	69.30±0.03 ^B	73.64±0.09 ^A	73.59±0.01 ^A
Redness	4.60±0.15 ^B	5.75±0.11 ^A	5.81±0.08 ^A
Yellowness	17.69±0.36 ^B	20.80±0.01 ^A	20.90±0.11 ^A

^{A-B}Means with different superscripts in the same row are significantly different ($p<0.05$).

Table 15. Color of outer bread made by strong wheat dough treated with physical treatments

	Control	M 1 min	M 1 min + oven	A 30 min	A 30 min+ oven	A 30 min+ M 1 min	A 30 min+ M 1 min + oven
Lightness	59.17 $\pm 0.00^{CD}$	79.89 $\pm$ 0.25 ^A	58.61 $\pm 0.35^D$	59.61 $\pm 0.07^C$	56.28 $\pm 0.13^F$	60.77 $\pm 0.04^B$	57.35 $\pm 0.17^E$
Redness	5.27 $\pm 0.32^{BC}$	-2.93 $\pm$ 0.06 ^D	5.98 $\pm 0.08^{AB}$	4.85 $\pm 0.17^C$	5.94 $\pm 0.24^{AB}$	4.96 $\pm 0.09^C$	6.67 $\pm 0.28^A$
Yellowness	32.89 $\pm 0.22^A$	18.02 $\pm$ 0.21 ^E	33.19 $\pm 0.12^A$	29.8 $\pm 0.10^C$	28.26 $\pm 0.17^D$	30.38 $\pm 0.04^{BC}$	30.59 $\pm 0.28^B$

*M: microwave, A: autoclave.

^{A-F}Means with different superscripts in the same row are significantly different ($p < 0.05$).

Table 16. Color of inner bread made by strong wheat dough treated with physical treatments

	Control	M 1 min	M 1 min + oven	A 30 min	A 30 min+ oven	A 30 min+ M 1 min	A 30 min + M 1 min + oven
Lightness	69.84 $\pm 0.34^B$	72.78 $\pm$ 0.32 ^A	72.66 $\pm 0.11^A$	56.43 $\pm 0.09^D$	56.84 $\pm 0.00^D$	57.84 $\pm 0.07^C$	54.64 $\pm 0.12^E$
Redness	3.84 $\pm 0.16^D$	4.30 $\pm 0.15^D$	5.81 $\pm 0.08^C$	7.71 $\pm 0.23^B$	8.57 $\pm 0.00^A$	8.65 $\pm 0.25^A$	8.59 $\pm 0.10^A$
Yellowness	16.95 $\pm 0.19^C$	17.16 $\pm$ 0.05 ^C	16.98 $\pm 0.13^C$	24.13 $\pm 0.14^B$	25.43 $\pm 0.31^A$	25.32 $\pm 0.29^A$	24.00 $\pm 0.13^B$

*M: microwave, A: autoclave.

^{A-D}Means with different superscripts in the same row are significantly different ($p < 0.05$).

3.1.6. 관능평가

강력분에 물리적 처리 후 구운 모닝빵 제조 후의 관능평가 결과는 Table 17에 나타내었다. 가압가열과 병행 처리시 무처리구보다 향을 제외하고, 색, 맛, 질감 및 전체적인 기호도에서 낮은 점수를 받았다. 이는 강력분에 물리적 처리를 하여 제조한 모닝빵의 경우 모두 부피팽창이 일어나지 않아 외관상 형태가 모닝빵이 아닌 비스킷 혹은 쿠키와 같은 형태를 나타내었으며, 씹었을 때 수분이 적고 조직이 고르지 않아 퍼석하고 텁텁하여 관능평가에서 좋지 않은 평가를 받은 것으로 사료된다. 빵 반죽의 형성은 강력분 내의 단백질인 gliadin과 glutenin의 수화에 의해 형성된 망사구조가 반죽 팽창을 지탱하는 구조를 형성하는데 가압가열 및 microwave를 이용한 물리적 처리가 강력분 내의 단백질에 영향을 미친 것으로 사료된다.

제조한 빵반죽을 2차 발효 후에 물리적 처리를 하여 빵을 굽기전 후의 각 실험구별 관능평가를 실시해 본 결과(Table 18), 가압가열 처리구들이 전체 항목에서 낮은 점수를 받았다. 이는 외, 내부색이 모두 진하고 부피팽창이 이루어지지 않아 납작하고, 반죽 후 물리적 처리에 의해 질감이 질겨져 나온 결과로 보인다. 이 결과는 습열처리(heat-moisture treatment)된 강력분의 전분입자가 모양이 납작해지고 점착성을 보인다는 Ikeda 등(2008)의 실험결과와 일치하였다. 또한 굽기전의 microwave 1분 처리구도 내부색과 질감을 제외하고는 낮은 점수를 받았는데, 외관상 갈변이 일어나지 않아 외부색이 희고 덜 익은 느낌이 들었으며, 또한 부피팽창이 충분하지 않고 표면이 쭈글쭈글하여 전체적인 항목에 있어 기호도가 떨어지는 경향을 보였다. Microwave 1 min 처리 후 구운 처리구의 경우 질감이 무처리구에 비해 낮은 점수를 받았는데, 무처리에 비해 표면이 매끈하지 않고 경도가 강해졌기 때문이다. 따라서 물리적 처리된 빵은 관능평가에서 좋지 않은 평가를 받아 품질을 개선할 수 있는 최적의 방법을 모색한다면 물리적 처리에 의한 빵의 알러젠성이 저감화된 제품을 제조하는데 적합할 것으로 사료된다.

Table 17. Sensory evaluation of bread made by strong flour treated with physical treatments

	Control	Autoclave 50 min	Autoclave 50 min + Microwave 5 min
Color-outside	5.46±0.78 ^A	3.77±0.93 ^B	3.77±0.93 ^B
Color-inside	5.38±0.87 ^A	3.77±0.83 ^B	3.77±0.83 ^B
Inner shape	5.46±0.88 ^A	3.92±1.26 ^B	4.00±1.22 ^B
Smell	5.00±1.00 ^A	4.08±1.12 ^A	4.15±1.07 ^A
Taste	5.00±1.08 ^A	3.69±0.95 ^B	3.69±1.11 ^B
Texture	5.00±0.71 ^A	3.46±0.97 ^B	3.23±0.93 ^B
Total	5.31±0.75 ^A	3.69±0.85 ^B	3.62±1.19 ^B

^{A-B}Means with different superscripts in the same row are significantly different ($p<0.05$).

Table 18. Sensory evaluation of bread made by strong wheat dough treated with physical treatments

	Control	M 1 min	M 1 min + oven	A 30 min	A 30 min+ oven	A 30 min+ M 1 min	A 30 min+ M 1 min + oven
Color- outside	5.50± 0.90 ^A	2.92± 0.90 ^B	4.83± 1.03 ^A	3.54± 0.52 ^B	2.77± 0.83 ^B	3.38± 0.65 ^B	3.00± 0.71 ^B
Color- inside	5.33± 0.89 ^A	4.50± 1.09 ^{AB}	4.67± 1.15 ^{AB}	3.69± 0.85 ^{BC}	2.85± 0.55 ^C	3.31± 0.85 ^C	2.77± 0.60 ^C
Inner shape	5.50± 0.67 ^A	3.42± 1.16 ^{BC}	4.17± 1.27 ^B	3.15± 1.07 ^{BC}	2.85± 0.90 ^C	2.77± 1.09 ^C	2.23± 0.60 ^C
Smell	5.00± 1.04 ^A	3.33± 0.98 ^B	4.83± 1.34 ^A	4.31± 0.85 ^{AB}	4.15± 0.80 ^{AB}	4.08± 0.95 ^{AB}	4.00± 0.91 ^{AB}
Taste	5.08± 1.00 ^A	3.50± 1.00 ^B	4.58± 1.08 ^{AB}	3.92± 0.95 ^{AB}	3.46± 1.05 ^B	3.77± 1.30 ^B	3.38± 0.96 ^B
Texture	4.58± 0.90 ^A	4.33± 1.50 ^{AB}	3.92± 1.24 ^{AB}	4.00± 1.53 ^{AB}	3.46± 1.66 ^{AB}	3.38± 1.39 ^{AB}	2.85± 1.21 ^B
Total	5.17± 0.83 ^A	3.25± 0.87 ^{BC}	4.50± 1.09 ^{AB}	4.00± 1.22 ^{ABC}	3.00± 0.82 ^C	3.62± 1.12 ^{BC}	3.00± 1.22 ^C

A: autoclave, M: microwave.

^{A-B} Means with different superscripts in the same row are significantly different ($p < 0.05$).

3.2. 중력분 밀가루 및 반죽에 물리적 처리 후 제조한 생면의 품질 변화

3.2.1. Mixograph 특성

중력분에 가압가열 50분, 가압가열 50분과 microwave 5분 병행처리를 한 후 무처리구와의 반죽특성을 Mixograph로 비교하였다(Table 19). Peak time은 무처리구와 가압가열 처리구는 유의적으로 차이가 나지 않았으며, 병행 처리구는 0.34로 크게 감소하였다. Peak height에서도 무처리구>가압가열>병행 순으로 감소하였다. 최고점에서의 폭과 8분에서의 폭은 가압가열 처리구가 무처리구에 비해 증가하였으나, 병행처리구는 아주 낮게 나왔다. 반죽의 구조에 있어 이황화 결합이 중요한 역할을 하는데, 가열 처리를 하게되면 이황화 결합이 감소한다는 보고가 있다(Rombouts et al., 2011). 따라서 가압가열 및 microwave 처리를 통해 gluten 형성이 상당히 저하되어 반죽의 내구성이 떨어지는 것으로 사료된다.

또한 중력분에 물리적 처리를 한 후 계란을 넣어 제조한 면의 반죽특성을 Mixograph로 알아보았다(Table 20). 그 결과, 모든 항목에서 유의적으로 차이가 나지 않았지만, peak time은 무처리구가 3.15분인데 반해 물리적 처리구는 8.45와 8.53으로 다소 시간이 오래 걸렸다. peak height는 무처리구와 처리구간의 큰 차이는 보이지 않았으나 가압가열 처리가 64.51로 다소 낮았고, 병행처리구가 70.24로 무처리구보다 낮은 경향을 보였다. peak의 넓이와 8분에서의 넓이 또한 처리구가 무처리구에 비해 높은 수치를 나타내었으며, 처리구간에는 가압가열 처리구가 병행처리구보다 높게 나왔다. 밀가루의 단백질 함량과 품질은 가공 이용시 반죽의 rheology 특성에 중요한 영향을 미치게 되고, 결국 제품의 특성에 큰 영향을 준다. 이러한 rheology 특성을 측정하기 위하여 주로 mixograph가 이용되는데(Chang et al., 2003), 물리적 처리를 한 중력분에 계란을 첨가하여 제조한 반죽에서 계란을 첨가하지 않은 반죽에 비해 반죽의 형성이 안정화 되어 물성이 개선된 것으로 나타났다.

Table 19. Mixograph characteristics of the medium flours treated with physical treatments

	peak time (min)	peak height (mim)	width at peak (mm)	width at 8 min (mm)
Control	8.25±2.48 ^A	91.04±0.69 ^A	18.86±2.52 ^B	22.45±0.33 ^B
Autoclave 50 min	9.33±0.28 ^A	63.57±1.90 ^B	44.78±1.47 ^A	54.16±1.28 ^A
Autoclave 50 min + Microwave 5 min	0.34±0.05 ^B	10.18±1.27 ^C	2.20±0.18 ^C	0.45±0.29 ^C

^{A-C}Means with different superscripts in the same column are significantly different ($p<0.05$).

Table 20. Mixograph characteristics of flours containing egg treated with physical treatments

	peak time (min)	peak height (mim)	width at peak (mm)	width at 8 min (mm)
Control	3.15±0.56 ^A	75.77±1.35 ^A	33.40±58.1 ^A	32.53±5.16 ^A
Autoclave 50 min	8.45±2.20 ^A	64.51±2.80 ^A	49.09±0.57 ^A	59.41±2.87 ^A
Autoclave 50 min + Microwave 5 min	8.53±1.90 ^A	70.24±9.88 ^A	43.86±5.51 ^A	51.20±6.67 ^A

Data are not significantly.

3.2.2. pH와 수분 함량

중력분에 물리적 처리를 하여 만든 면 반죽의 pH와 수분측정 결과, pH는 처리구에서 유의적으로 증가하였으나, 무처리구와 큰 차이는 나지 않았으며, 수분함량은 처리구와 무처리구가 유의적으로 차이가 나지 않았다(Table 21, 22). 또한 중력분에 물리적 처리를 하여 계란을 넣어 제조한 면의 pH를 무처리구와 비교한 결과 가압가열 및 microwave 병행 처리구에서 유의적으로 증가하였으나 다른 실험구와 큰 차이는 보이지 않았으며, 수분함량은 처리구에서 유의적으로 증가하였는데 이는 계란 첨가에 의한 것으로 보인다(Table 23, 24). 따라서, 가압가열 및 병행처리가 면의 pH와 수분함량에는 큰 영향을 미치지 않는 것으로 나타났다.

중력분을 이용하여 면을 제조한 후 물리적 처리를 하여 pH를 측정한 결과는 microwave 1분 처리구가 무처리구와 유의적인 차이는 보이지 않았으나, 다른 처리구들은 모두 pH가 낮아진 것으로 나타났다(Table 25). 하지만 pH 범위가 5.93-5.98로 무처리구와(6.07) 큰 차이를 보이지는 않았다. 수분을 측정한 결과 가압가열 50분 처리구를 제외하고 모든 처리구들이 무처리구에 비해 수분함량이 감소하였다(Table 26). 이는 반죽에 microwave 처리시 온도상승으로 인한 표면의 수분 증발로 인해 수분함량이 감소한 것으로 사료된다.

Table 21. pH value of made by medium flour treated with physical treatments

Control	Autoclave 50 min	Autoclave 50 min + Microwave 5 min
6.04±0.04 ^B	6.15±0.01 ^A	6.08±0.00 ^{AB}

^{A-B} Means with different superscripts are significantly different ($p<0.05$).

Table 22. Moisture of noodle made by medium flour treated with physical treatments

(unit : %)

Control	Autoclave 50 min	Autoclave 50 min + Microwave 5 min
30.13±0.31 ^A	30.78±0.21 ^A	30.00±1.54 ^A

Data are not significantly different.

Table 23. pH value of noodle containing egg made by medium flour treated with physical treatments

Control	Autoclave 50 min	Autoclave 50 min + Microwave 5 min
6.63±0.01 ^B	6.61±0.01 ^B	6.69±0.01 ^A

^{A-B}Means with different superscripts are significantly different ($p<0.05$).

Table 24. Moisture of noodle containing egg made by medium flour treated with physical treatments

(unit : %)

Control	Autoclave 50 min	Autoclave 50 min + Microwave 5 min
25.80±0.07 ^B	28.27±0.31 ^A	28.82±0.11 ^A

^{A-B}Means with different superscripts are significantly different ($p<0.05$).

Table 25. pH value of noodle treated with autoclave and microwave

Control	A 30 min	M 1 min	A 30 min+ M 1 min	A 50 min	A50 min+ M 1 min
6.07 $\pm 0.04^A$	5.94 $\pm 0.00^B$	6.08 $\pm 0.01^A$	5.95 $\pm 0.05^B$	5.98 $\pm 0.00^{AB}$	5.93 $\pm 0.00^B$

*M: microwave, A: autoclave.

^{A-B}Means with different superscripts are significantly different ($p < 0.05$).

Table 26. Moisture of noodle treated with physical treatments

(Unit : %)

Control	A 30 min	M 1 min	A 30 min+ M 1 min	A 50 min	A50 min+ M 1 min
24.73 $\pm 0.34^A$	16.27 $\pm 0.30^C$	18.36 $\pm 0.21^B$	14.99 $\pm 0.07^D$	23.89 $\pm 0.31^A$	15.97 $\pm 0.56^C$

*M: microwave, A: autoclave.

^{A-D}Means with different superscripts are significantly different ($p < 0.05$).

3.2.3. 물성

중력분에 물리적 처리를 한 면 반죽의 물성을 비교한 결과(Table 27), 경도, 응집성, 검성, 씹힘성, 복원성, 및 전단력에서 처리구가 유의적으로 감소하였으며, 탄력성은 병행 처리구에서 유의적으로 감소하였다. 부서짐성은 처리구와 무처리구간에 유의적인 차이가 나타나지 않았다. 인장력은 가압가열 처리구에서 유의적으로 감소하였으며, 병행처리구는 빨리 절단되어 전혀 측정이 되지 않았다. 낮은 경도는 Cho 등(2010)이 microwave에서 medium power로 조리한 noodle의 경도가 감소한 실험결과와 유사하였다. 물리적 처리를 한 중력분으로 면반죽을 믹싱할 때 반죽이 결착하여 응집되어 있는 상태가 무처리구에 비해 떨어졌는데, 물리적 처리가 중력분 반죽의 형성을 감소시키는 것으로 사료된다.

물리적 처리를 한 중력분에 계란을 첨가하여 만든 국수의 물성을 측정한 결과(Table 28), 경도, 부착성, 응집성, 검성, 씹힘성 및 인장력의 항목에서 처리구가 무처리구와 비교시 유의적으로 감소하였다. 깨짐성에 있어서는 가압가열 처리가 무처리구에 비해 높게 나왔으며, 탄력성 및 복원성은 처리구와 무처리구간에 유의적인 차이가 나타나지 않았다. 따라서 중력분에 물리적 처리를 하여 계란을 첨가한 후 제조한 면이 첨가하지 않은 면보다 인장력이 높아져 물리적 처리된 중력분 반죽의 물성이 개선되는 것으로 나타났다.

중력분을 가지고 만든 면에 물리적 처리하여 물성을 측정한 결과(Table 29), 경도, 부착성, 응집성, 검성, 복원성은 무처리구와 비교시 microwave 1분 처리구가 낮아졌고 다른 처리구에서는 높아진 것으로 나타났다. 탄력성과 전단력은 모든 처리구에서, 인장력은 가압가열 30분 처리구를 제외하고 모든 처리구에서 무처리구에 비해 높아진 것으로 나타났다. 면에 microwave로 열처리 하였을 때 15 mm 지름의 면 중심부는 60°C 가 되며, 표면은 40°C 가 되어 전분입자의 호화가 중심부에서만 일어난다고 보고되고 있어(Mika et al., 2005), microwave 가 면의 물성 변화에 크게 관여할 것으로 사료된다.

Table 27. Texture of noodle made by medium flours treated with physical treatments

	Control	Autoclave 50 min	Autoclave 50 min + Microwave 5 min
Hardness	3318.87±11.11 ^A	2983.48±70.88 ^B	2755.36±97.27 ^C
Fracturability	7.28±0.13 ^A	6.87±0.27 ^A	5.27±0.47 ^A
Adhesiveness	-121.16±11.20 ^A	-133.10±11.96 ^A	-230.30±18.46 ^B
Springiness	0.71±0.00 ^A	0.71±0.02 ^A	0.65±0.01 ^B
Cohesiveness	0.62±0.01 ^A	0.55±0.01 ^B	0.51±0.01 ^C
Gumminess	2003.65±71.66 ^A	1638.35±50.74 ^B	1432.71±41.57 ^C
Chewiness	1456.24±21.22 ^A	1171.40±1.97 ^B	885.32±24.11 ^C
Resilience	0.24±0.00 ^A	0.22±0.01 ^B	0.20±0.00 ^B
Shear Force	91.78±0.97 ^A	81.76±3.01 ^B	74.27±3.21 ^C
Tensile Force	9.80±0.47 ^A	6.11±0.37 ^B	- ¹⁾

¹⁾ not done.

^{A-B} Means with different superscripts in the same row are significantly different ($p < 0.05$).

Table 28. Texture of noodle containing egg made by medium flour treated with physical treatments

	Control	Autoclave 50 min	Autoclave 50 min + Microwave 5 min
Hardness	4310.56±80.17 ^A	4182.31±60.71 ^{AB}	4030.34±90.68 ^B
Fracturability	3.64±0.49 ^B	6.38±0.48 ^A	2.23±1.30 ^B
Adhesiveness	-84.49±5.25 ^A	-123.08±0.60 ^B	-142.37±8.70 ^C
Springiness	0.77±0.06 ^A	0.70±0.01 ^A	0.68±0.02 ^A
Cohesiveness	0.69±0.02 ^A	0.62±0.01 ^B	0.59±0.01 ^B
Gumminess	3045.48±7.86 ^A	2575.94±26.82 ^B	2407.82±21.85 ^C
Chewiness	2403.88±100.54 ^A	2038.42±72.18 ^B	1717.89±61.23 ^C
Resilience	0.35±0.01 ^A	0.33±0.01 ^A	0.33±0.01 ^A
Shear Force	127.29±6.90 ^A	100.66±0.86 ^B	122.53±2.91 ^A
Tensile Force	15.46±0.28 ^A	9.94±0.08 ^B	10.16±0.10 ^B

^{A-B} Means with different superscripts in the same row are significantly different ($p<0.05$).

Table 29. Texture of noodle treated with physical treatments

	Control	A 30 min	M 1 min	A 30 min+ M 1 min	A 50 min	A 50 min+ M 1 min
Hard- ness	3132.58± 19.13 ^C	5804.48± 113.47 ^A	3001.60± 29.16 ^C	5463.85± 278.55 ^A	5518.67± 116.93 ^A	5069.80± 111.83 ^B
Frac- turability	4.96± 0.66 ^A	6.80± 0.24 ^A	3.56± 0.83 ^A	6.64± 0.25 ^A	5.45± 1.95 ^A	5.01± 0.52 ^A
Adhe- siveness	-236.67± 63.16 ^{BC}	-150.77± 9.68 ^{AB}	-286.62± 4.13 ^C	-62.31± 12.23 ^A	-130.97± 33.73 ^{AB}	-67.27± 9.66 ^A
Spring- iness	0.66± 0.03 ^C	0.82± 0.00 ^{AB}	0.79± 0.00 ^B	0.83± 0.02 ^{AB}	0.85± 0.02 ^A	0.84± 0.01 ^A
Cohe- siveness	0.62± 0.00 ^{BC}	0.60± 0.01 ^C	0.57± 0.01 ^D	0.68± 0.00 ^A	0.62± 0.00 ^B	0.62± 0.00 ^B
Gumm- iness	2002.63± 139.49 ^C	3458.39± 38.83 ^{AB}	1676.10± 79.35 ^D	3560.31± 117.27 ^A	3175.53± 98.65 ^B	3255.54± 44.79 ^B
Chewi- ness	1507.71± 83.70 ^C	2815.17± 78.12 ^B	1357.59± 34.76 ^C	3215.69± 53.14 ^A	2617.68± 72.80 ^B	2614.08± 91.29 ^B
Resil- ience	0.23± 0.01 ^{CD}	0.26± 0.01 ^C	0.19± 0.01 ^D	0.41± 0.01 ^A	0.33± 0.02 ^B	0.33± 0.02 ^B
Shear Force	90.39± 0.76 ^D	211.18± 8.70 ^A	130.48± 2.97 ^C	201.78± 9.87 ^A	153.07± 2.53 ^B	128.39± 6.46 ^C
Tensile Force	9.41± 0.33 ^D	11.04± 0.00 ^D	22.48± 0.42 ^{BC}	24.99± 0.19 ^A	20.54± 0.27 ^C	23.20± 1.30 ^{AB}

*A: autoclave, M: microwave.

^{A-D}Means with different superscripts in the same row are significantly different ($p < 0.05$).

3.2.4. 색도

제면기를 이용하여 뽑은 면판의 색도를 비교한 결과(Table 30), 명도는 처리구에서 유의적으로 증가하였으며, 적색도는 무리처리구와 처리구간에 유의적인 차이가 나지 않았고, 황색도는 병행 처리구에서 유의적으로 감소하였다. 제면기를 통해 뽑은 면으로 삶은 후 색도를 비교한 결과는(Table 31) 명도는 처리구에서 유의적으로 감소하였으며, 적색도는 유의적인 차이가 나지 않았다. 황색도는 처리구가 무처리구에 비해 높아졌다. 면을 삶은 국물의 색도는 명도는 처리구에서 유의적으로 감소하였으며, 특히 병행 처리구가 9.43으로 가장 많이 감소하였다. 적색도는 처리구에서 유의적으로 낮아졌으며, 황색도는 가압가열 처리구는 증가하였으나, 병행처리구는 감소하였다(Table 32). 이는 가압가열 및 microwave 병행 처리에 의해 삶았을 때 전분의 용출도가 낮아진것에 기인한 것으로 사료된다.

계란을 첨가하여 제조한 면판의 색도를 측정한 결과(Table 33), 명도는 처리구에서 유의적으로 증가하였으며, 적색도는 유의적인 차이가 나지 않았고, 황색도는 가압가열 처리구가 다른 실험구에 비해 증가하였다. 면을 삶았을 때 색도는(Table 34) 명도와 적색도는 처리구와 무처리구간에 유의적인 차이가 없었으며, 황색도는 처리구가 무처리구에 비해 높아졌으며, 가압가열 처리구가 가장 높은 값을 보였다. 색도는 텍스처와 함께 면의 품질을 결정짓는 두가지 인자의 하나로(Mini et al., 1998) Miskelly와 Moss(1985)의 연구에서 국수의 색도에서 L^* 값, a^* 값, b^* 값 등의 모든 값이 크지면 국수의 품질이 양호하다고 하였는데 계란을 첨가하여 제조한 면이 첨가하지 않은 면보다 품질의 개선이 이루어진 것으로 보인다. 면을 삶은 국물의 명도는 처리구가 무처리구에 비해 유의적으로 감소하였으며, 적색도는 가압가열 처리구는 높아졌으나 가압가열과 microwave 병행 처리구는 무처리구와 차이가 나지 않았다. 황색도는 처리구가 무처리구에 비해 증가하였으며, 가압가열 처리구가 가장 높은 황색도를 보였다(Table 35).

중력분으로 면을 제조하여 물리적 처리를 한 후 색도를 측정한 결과(Table 36), 면판에서의 명도는 모든 처리구들이 무처리구에 비해 낮게 나타났으며, 적

색도는 microwave 1min 처리구에서 무처리구에 비해 낮았으나 다른 처리구들은 높게 나타났다. 황색도는 가압가열 50 min, 가압가열 50 min + microwave 1 min 처리구에서 높게 나타났고 다른 처리구들은 낮게 측정되었다. 삶은 면에서는 명도와 적색도 및 황색도가 무처리구에 비해 물리적 처리구들이 모든 높게 나타났다(Table 37). 특히, 가압가열 처리에 의해 황색도가 크게 증가하였는데 이는 고온, 장시간의 열처리에 의해 갈색화가 일어났기 때문이다. 면을 삶은 국물의 색도는 명도는 처리구가 증가하였으며 특히, 가압가열 50분 및 가압가열 50 분 + microwave 1분 처리구가 무처리구에 비해 가장 높았으며, 적색도 및 황색도는 처리구가 감소하였는데 특히, 가압가열 50분 및 가압가열 50 분 + microwave 1분 처리구가 가장 낮은 값을 나타내었다(Table 38). 식품의 색은 외관평가에서 매우 중요하게 평가되는 항목으로 색이 좋으면 풍미를 향상시켜 기호도를 증가시킬 수 있다. 하지만 관능평가 결과에서(Table 39, 41), 특히 가압가열 및 microwave 병행 처리시에 색의 평가에서 조리 전후 낮은 점수를 받아 생면의 외관상 품질에 좋지않은 영향을 준것으로 생각된다.

Table 30. Color of dough plate made by medium flour treated with physical treatments

	Control	Autoclave 50 min	Autoclave 50 min + Microwave 5 min
Lightness	80.73±0.34 ^C	87.26±0.1 ^B	90.82±0.07 ^A
Redness	-1.2±0.2 ^A	-1.12±0.15 ^A	-0.81±0.01 ^A
Yellowness	17.17±0.05 ^A	17.14±0.00 ^A	15.04±0.13 ^B

^{A-C}Means with different superscripts in the same row are significantly different ($p<0.05$).

Table 31. Color of boiled noodle made by medium flour treated with physical treatments

	Control	Autoclave 50 min	Autoclave 50 min + Microwave 5 min
Lightness	59.88±0.15 ^A	58.17±0.32 ^B	58.41±0.17 ^B
Redness	1.33±0.06 ^A	0.8±0.02 ^A	0.9±0.21 ^A
Yellowness	4.49±0.28 ^B	5.51±0.02 ^A	5.77±0.08 ^A

^{A-B}Means with different superscripts in the same row are significantly different ($p<0.05$).

Table 32. Color of soup of noodle made by medium flour treated with physical treatments

	Control	Autoclave 50 min	Autoclave 50 min + Microwave 5 min
Lightness	60.04±0.00 ^A	48.14±0.29 ^B	9.43±0.04 ^C
Redness	3.99±0.26 ^A	1.74±0.00 ^B	1.59±0.18 ^B
Yellowness	17.23±0.02 ^B	20.53±0.01 ^A	4.34±0.07 ^C

^{A-C}Means with different superscripts in the same row are significantly different ($p<0.05$).

Table 33. Color of dough plate containing egg made by medium flour treated with physical treatments

	Control	Autoclave 50 min	Autoclave 50 min + Microwave 5 min
Lightness	77.56±0.37 ^B	80.99±0.12 ^A	82.06±0.28 ^A
Redness	-0.95±0.06 ^A	-0.83±0.15 ^A	-0.81±0.15 ^A
Yellowness	26.89±0.22 ^B	27.98±0.34 ^A	26.79±0.08 ^B

^{A-B}Means with different superscripts in the same row are significantly different ($p<0.05$).

Table 34. Color of boiled noodle containing egg made by medium flour treated with physical treatments

	Control	Autoclave 50 min	Autoclave 50 min + Microwave 5 min
Lightness	63.35±0.24 ^A	62.84±0.33 ^A	63.07±0.28 ^A
Redness	1.59±0.02 ^A	1.27±0.18 ^A	1.79±0.27 ^A
Yellowness	9.46±0.08 ^C	12.55±0.00 ^A	11.97±0.09 ^B

^{A-C}Means with different superscripts in the same row are significantly different ($p<0.05$).

Table 35. Color of soup of boiled noodle made by medium flour treated with physical treatments

	Control	Autoclave 50 min	Autoclave 50 min + Microwave 5 min
Lightness	74.19±0.07 ^A	70.55±0.03 ^B	70.34±0.20 ^B
Redness	0.92±0.02 ^B	1.16±0.04 ^A	0.90±0.03 ^B
Yellowness	16.41±0.01 ^C	18.26±0.01 ^A	16.72±0.00 ^B

^{A-C}Means with different superscripts in the same row are significantly different ($p<0.05$).

Table 36. Color of noodle treated with physical treatments

	Control	A 30 min	M 1 min	A 30 min+ M 1 min	A 50 min	A 50 min+ M 1 min
Lightness	80.03± 0.06 ^A	58.27± 0.12 ^F	64.28± 0.02 ^D	60.27± 0.07 ^E	69.11± 0.50 ^C	71.26± 0.33 ^B
Redness	-1.08± 0.07 ^{CD}	-0.51± 0.26 ^{BC}	-1.76± 0.29 ^D	-0.87± 0.29 ^C	0.05± 0.05 ^{AB}	0.31± 0.01 ^A
Yellowness	18.41± 0.09 ^C	15.92± 0.13 ^D	10.33± 0.13 ^E	16.29± 0.12 ^D	24.70± 0.31 ^B	27.21± 0.37 ^A

*M: microwave, A: autoclave.

^{A-F}Means with different superscripts in the same row are significantly different ($p < 0.05$).

Table 37. Color of boiled noodle treated with physical treatments

	Control	A 30 min	M 1 min	A 30 min+ M 1 min	A 50 min	A 50 min+ M 1 min
Lightness	58.45± 0.14 ^E	62.89± 0.00 ^A	60.41± 0.04 ^C	62.38± 0.12 ^B	59.72± 0.18 ^D	60.59± 0.09 ^C
Redness	1.50± 0.35 ^C	2.48± 0.08 ^{AB}	1.73± 0.14 ^{BC}	2.45± 0.04 ^{AB}	2.67± 0.01 ^A	2.85± 0.33 ^A
Yellowness	4.89± 0.08 ^E	9.80± 0.28 ^C	6.25± 0.14 ^D	10.75± 0.10 ^{AB}	10.37± 0.13 ^{BC}	11.20± 0.04 ^A

*M: microwave, A: autoclave.

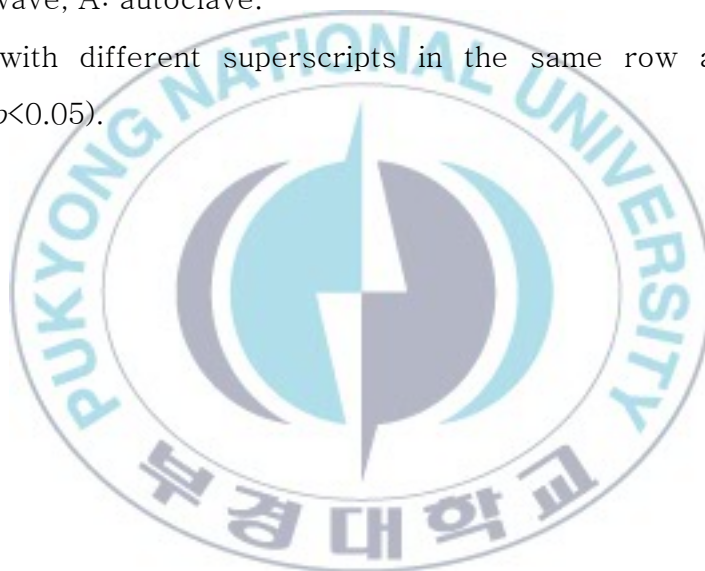
^{A-E}Means with different superscripts in the same row are significantly different ($p < 0.05$).

Table 38. Color of soup of noodle treated with physical treatments

	Control	A 30 min	M 1 min	A 30min+ M 1 min	A 50 min	A 50 min+ M 1 min
Lightness	51.96± 0.01 ^D	80.67± 0.01 ^C	80.74± 0.05 ^C	80.85± 0.00 ^C	85.54± 0.30 ^B	86.05± 0.34 ^A
Redness	1.15± 0.03 ^A	0.58± 0.01 ^B	0.53± 0.00 ^B	0.61± 0.02 ^B	0.16± 0.10 ^C	0.13± 0.04 ^C
Yellowness	17.52± 0.11 ^A	12.45± 0.01 ^B	12.26± 0.07 ^B	11.8± 0.02 ^C	9.13± 0.01 ^D	9.03± 0.07 ^D

*M: microwave, A: autoclave.

^{A-D}Means with different superscripts in the same row are significantly different ($p < 0.05$).



5.2.5. 관능평가

중력분에 물리적 처리를 한 후 체면하여 삶은면의 관능평가 결과를 Table 39에 나타내었다. 생면은 가압가열과 microwave 병행 처리시, 삶은 면의 경우 가압가열, 가압가열과 microwave 병행 처리구 모두 색에 있어서 낮은 점수를 얻은 반면, 가압가열 처리구는 향, 질감, 탄력성 및 전체적 기호도 항목에서 무처리구보다 높은 점수를 받았다. 또한 가압가열 및 microwave 병행 처리구에서 질감, 향과 맛의 항목에서 낮은 점수를 받았는데, 삶은 후 가압가열 처리구는 이취가 약해졌으나 가압가열과 microwave 병행 처리구는 이취뿐만 아니라 이미가 느껴졌기 때문이다. 이러한 결과는 full power의 microwave 처리가 instant noodles의 이취를 가져온다는 Lee 등(2010)의 결과와 유사하였다. 생면의 경우 형태적인 면에 있어서 가압가열 처리구는 무처리와 차이가 없으나 가압가열과 Microwave 병행 처리구는 가루형태로 쉽게 부서졌는데, 삶은 후에도 탄력성이 떨어져 질감에 있어 좋지 않은 평가를 받은 것으로 사료된다.

물리적 처리한 밀가루에 계란을 넣어 면을 제조한 결과(Table 40), 전체적으로 노란색을 나타내었으며, 가압가열 및 microwave 병행 처리구의 경우, 색, 향의 항목에 있어서 무처리구에 비해 높은 점수를 얻었다. 삶은 면의 경우, 향과 맛에 있어서 모든 처리구가 무처리구에 비해 높은 값을 보였으며, 가압가열 및 microwave 병행 처리구의 경우 질감 항목에서 4.38의 점수를 받아 무처리구의 4.23에 비해 높은 값을 보였다. 전체적인 기호도는 모든 처리구가 무처리구에 비해 높은 값을 받아 식품에 적용시 관능적 특성을 증가시킴을 확인할 수 있었다.

중력분을 이용하여 면을 제조한 후 물리적 처리를 한 결과(Table 41), 생면의 경우 모든 처리구가 향에서 높은 점수를 얻은 반면 색에 있어서는 다소 낮은 값을 받았다. 삶은 면의 경우에는 가압가열 30분 및 50분 처리구가 무처리구에 비해 향에서 높은 점수를 받았다. 또한 모든 처리구는 무처리구에 비해 탄력성에서 높은 점수를 받았으며, 전체적인 기호도에 있어서는

Microwave 1분 처리구가 가장 높은 값을 보였다. 질감 항목에서는 microwave 1분 처리구를 제외하고는 다른 처리구에서 무처리구에 비해 낮은 점수를 받았지만 유의적으로는 차이가 나지 않았다. 따라서 제면 후에 가압가열 및 microwave 처리시 색과 질감을 제외하고는 무처리구와 비슷한 점수를 얻어 알러젠성이 저감화된 면을 제품화 하는데 적합할 것으로 사료된다.



Table 39. Sensory evaluation of boiled noodle made by medium flour treated with physical treatments

	Control	Autoclave 50 min	Autoclave 50 min + Microwave 5 min
Color-wet noodle	4.46±0.97 ^A	4.77±1.01 ^A	3.15±1.28 ^B
Color-boiled noodle	4.85±0.69 ^A	4.31±0.85 ^A	2.85±0.80 ^B
Color-soup	4.31±0.85 ^{AB}	4.69±1.03 ^A	3.69±1.18 ^B
Smell-wet noodle	3.92±1.38 ^A	4.38±1.04 ^A	3.46±1.13 ^A
Smell-boiled noodle	4.23±1.17 ^A	4.46±1.05 ^A	3.54±1.05 ^A
Smell-soup	4.08±0.28 ^A	4.00±0.41 ^A	3.77±0.60 ^A
Taste-boiled noodle	4.31±0.85 ^A	4.15±0.90 ^A	3.62±1.04 ^A
Texture	4.08±0.95 ^A	4.85±0.80 ^A	2.92±0.64 ^B
Elasticity	3.62±1.26 ^A	4.15±1.21 ^A	3.00±1.22 ^A
Total	4.54±0.78 ^A	4.69±0.85 ^A	2.77±0.73 ^B

^{A-B}Means with different superscripts in the same row are significantly different ($p<0.05$).

Table 40. Sensory evaluation of boiled noodle containing egg made by medium flour treated with physical treatments

	Control	Autoclave 50 min	Autoclave 50 min + Microwave 5 min
Color-wet noodle	4.08±0.76 ^A	3.92±1.04 ^A	4.31±1.18 ^A
Color-boiled noodle	4.54±1.20 ^A	4.31±0.85 ^A	4.46±1.13 ^A
Color-soup	4.38±0.51 ^A	3.77±0.60 ^B	3.62±0.65 ^B
Smell-wet noodle	3.62±1.19 ^A	4.54±0.97 ^A	4.00±1.15 ^A
Smell-boiled noodle	3.69±0.63 ^A	4.31±0.95 ^A	4.00±0.82 ^A
Smell-soup	3.62±0.51 ^A	4.08±0.64 ^A	3.77±0.44 ^A
Taste-boiled noodle	4.08±1.04 ^A	4.54±0.88 ^A	4.38±1.04 ^A
Texture	4.23±1.09 ^A	4.15±1.07 ^A	4.38±0.87 ^A
Elasticity	3.85±1.07 ^A	4.00±1.08 ^A	3.77±1.30 ^A
Total	4.00±0.82 ^A	4.54±1.05 ^A	4.15±1.07 ^A

^{A-B} Means with different superscripts in the same row are significantly different ($p < 0.05$).

Table 41. Sensory evaluation of boiled noodle treated with physical treatments

	Control	A 30 min	M 1 min	A 30 min+ M 1 min	A 50 min	A 50 min+ M 1 min
Color- wet noodle	4.75 $\pm 0.97^A$	3.75 $\pm 1.06^{ABC}$	4.50 $\pm 1.00^{AB}$	3.17 $\pm 1.27^C$	3.33 $\pm 0.98^{BC}$	3.83 $\pm 0.94^{ABC}$
Color- boiled noodle	4.92 $\pm 0.90^A$	4.42 $\pm 0.90^A$	4.67 $\pm 0.98^A$	4.08 $\pm 1.38^A$	4.42 $\pm 0.90^A$	3.75 $\pm 1.14^A$
Color- soup	4.17 $\pm 0.83^{AB}$	3.75 $\pm 0.75^{AB}$	4.08 $\pm 0.51^{AB}$	3.33 $\pm 0.78^B$	4.25 $\pm 0.75^A$	3.42 $\pm 0.67^{AB}$
Smell- wet noodle	3.75 $\pm 1.14^A$	4.42 $\pm 0.67^A$	4.17 $\pm 0.94^A$	4.00 $\pm 0.74^A$	4.17 $\pm 0.72^A$	4.00 $\pm 1.04^A$
Smell- boiled noodle	4.00 $\pm 0.85^A$	4.17 $\pm 1.03^A$	3.92 $\pm 0.90^A$	3.67 $\pm 0.78^A$	4.25 $\pm 0.87^A$	4.00 $\pm 1.04^A$
Smell- soup	3.92 $\pm 0.51^A$	4.08 $\pm 0.79^A$	4.00 $\pm 0.43^A$	4.00 $\pm 0.60^A$	4.08 $\pm 0.29^A$	3.92 $\pm 0.29^A$
Taste	4.08 $\pm 0.79^A$	3.92 $\pm 1.00^A$	3.92 $\pm 0.90^A$	3.58 $\pm 1.00^A$	4.08 $\pm 1.00^A$	3.92 $\pm 0.90^A$
Texture	4.33 $\pm 0.89^A$	3.42 $\pm 0.90^A$	4.33 $\pm 1.15^A$	3.33 $\pm 0.89^A$	3.50 $\pm 1.09^A$	3.33 $\pm 1.07^A$
Elasticity	3.33 $\pm 0.78^A$	3.92 $\pm 1.38^A$	3.75 $\pm 0.97^A$	4.08 $\pm 1.51^A$	4.00 $\pm 1.13^A$	3.92 $\pm 1.24^A$
Total	4.33 $\pm 0.89^{AB}$	3.50 $\pm 0.80^{BC}$	4.58 $\pm 0.90^A$	3.25 $\pm 1.06^C$	4.33 $\pm 0.65^{AB}$	4.00 $\pm 1.04^{ABC}$

*M: microwave, A: autoclave.

^{A-C}Means with different superscripts in the same row are significantly different ($p < 0.05$).

3.3. 박력분 밀가루 및 반죽에 물리적 처리 후 제조한 쿠키의 품질 변화

3.3.1. pH 및 수분 함량

박력분에 물리적 처리를 한 후 쿠키를 제조하였을 때 수분함량을 측정한 결과 (Table 42), 처리구들이 무처리구에 비해 수분 함량이 높아졌으며 병행 처리구에 비해 가압가열 처리구가 더 높은 수치를 나타내었으나 큰 차이가 나타나지 않았다. pH는 물리적 처리를 함으로써 낮아지는 경향을 보였지만 무처리구와 큰 차이를 나타내지 않았다(Table 43).

박력분을 이용해 쿠키를 제조한 후 물리적 처리를 하여 수분함량을 측정한 결과(Table 44), microwave 1분 처리후 구운 쿠키를 제외하고는 무처리구에 비해 수분함량이 높게 나타났으며, 특히 가압가열 처리를 한 처리구들의 수분함량이 높게 나타났고 오븐에 구우므로써 수분함량이 상당히 감소하는 것으로 나타났다. pH는 가압가열 30분과 microwave 1분 및 굽기 5분 처리구가 무처리구에 비해 낮게 나타났으며 다른 처리구들은 높게 측정되었고, 특히 microwave 1분 처리구는 pH 증가가 크게 나타났다(Table 45).

Table 42. Moisture of cookies made by soft flour treated with physical treatments

(unit : %)

Control	Autoclave 50 min	Autoclave 50 min + Microwave 5 min
2.13±0.20 ^B	2.66±0.06 ^A	2.27±0.25 ^{AB}

^{A-B}Means with different superscripts are significantly different ($p<0.05$).

Table 43. pH value of cookie made by soft flour treated with physical treatments

Control	Autoclave 50 min	Autoclave 50 min + Microwave 5 min
6.12±0.04 ^A	6.01±0.01 ^{AB}	5.90±0.04 ^B

^{A-B}Means with different superscripts are significantly different ($p<0.05$).

Table 44. Moisture content of cookie made by soft wheat dough treated with physical treatments

(Unit : %)

Control	A 30 min	A 30 min + oven	M 1 min	M 1 min + oven	A 30 min+ M 1 min	A 30 min+ M 1 min + oven
2.05 $\pm 0.29^E$	15.34 $\pm 0.53^A$	8.65 $\pm 0.67^C$	7.75 $\pm 1.09^C$	2.56 $\pm 0.15^E$	13.16 $\pm 0.28^B$	4.55 $\pm 0.32^D$

^{A-E}Means with different superscripts are significantly different ($p < 0.05$).

Table 45. pH value of cookie made by soft wheat dough treated with physical treatments

Control	A 30 min	A 30 min + oven	M 1 min	M 1 min + oven	A 30 min+ M 1 min	A 30 min+ M 1 min + oven
5.81 $\pm 0.01^{BC}$	5.80 $\pm 0.01^{BC}$	5.84 $\pm 0.02^{BC}$	6.31 $\pm 0.00^A$	5.90 $\pm 0.02^B$	5.83 $\pm 0.07^{BC}$	5.75 $\pm 0.04^C$

^{A-C}Means with different superscripts are significantly different ($p < 0.05$).

3.3.2. 물성

물리적 처리를 한 박력분으로 쿠키를 제조한 후 경도, 부서짐성, 부착성, 탄력성, 응집성, 검성, 씹힘성, 복원성, 및 전단력의 물성을 측정한 결과(Table 46), 경도, 응집성, 검성, 씹힘성 및 전단력은 무처리구에 비해 유의적으로 감소하였으며, 부착성과 탄력성은 증가되었다. 부서짐성은 처리구와 무처리구간에 유의적인 차이가 나타나지 않았으며, 복원성은 병행 처리구에서 유의적으로 증가하였다.

반죽에 물리적 처리를 한 후 쿠키를 제조하여 물성을 측정한 결과(Table 47), 경도는 microwave 1분 처리후 구운 쿠키와 가압가열 및 microwave 병행처리 후 구운 쿠키가 무처리구 보다 높게 나타났으며, 다른 처리구에서는 감소되었다. 경도에 영향을 주는 원인으로는 기공의 발달정도, 비중, 수분함량 등이 있으며, 기공이 발달될수록 경도가 낮아지는 것으로 보고된 바 있다(Chabot, 1979). 따라서 본 실험에서 경도의 증가는 microwave 처리시 수분이 손실되고, 가압가열 처리에 의해 수축이 일어나면서 기공이 조밀해 짐에 따라 경도가 증가한 것으로 사료된다. 부서짐성과 복원성은 가압가열 및 microwave 병행처리 후 구운 쿠키가 무처리구보다 높게 나타났으며 복원성은 다른 처리구는 무처리구보다 감소한 것으로 나타났다. 이는 microwave 처리로 구운 쿠키에서 흡수율 15%에서 전분 호화도와 깨짐성의 증가가 시작되었다는 Atsuko 등(2005)의 실험결과와 유사하였다. 부착성은 microwave 1분 처리구만 무처리구에 비해 낮게 나타났으며 다른 처리구에서는 높은 것으로 나타났다. 탄력성과 검성, 씹힘성 역시 microwave 1분 처리구만 무처리구에 비해 낮게 나타났으며 다른 처리구에서는 높거나 큰 차이가 나타나지 않았다. 응집력은 무처리구에 비해 모든 처리구에서 높게 나타났다. 전단력은 가압가열 처리후 구운 쿠키와 가압가열 및 microwave 병행처리 후 구운 쿠키가 무처리구에 비해 높게 나타났다. 이상으로 가압가열 및 microwave 병행 처리후 구운 쿠키의 경우 물성의 변화가 가장 컸는데, 경도가 증가함으로써 부서짐성, 검성, 씹힘성, 및 전단력이 증가한 것으로 사료된다.

Table 46. Texture of cookie made by soft flour treated with physical treatments

	Control	Autoclave 50 min	Autoclave 50 min + Microwave 5 min
Hardness	7645.17±154.22 ^A	3619.38±52.84 ^B	2505.44±166.40 ^C
Fracturability	4.61±2.21 ^A	3.02±0.59 ^A	4.69±1.05 ^A
Adhesiveness	-20.26±0.50 ^B	-12.52±1.10 ^A	-13.86±0.99 ^A
Springiness	0.36±0.01 ^B	0.55±0.04 ^A	0.58±0.09 ^A
Cohesiveness	0.10±0.01 ^A	0.03±0.00 ^B	0.03±0.01 ^B
Gumminess	678.00±88.22 ^A	118.51±4.65 ^B	51.05±5.12 ^B
Chewiness	440.05±9.17 ^A	65.28±1.52 ^B	29.40±2.96 ^C
Resilience	0.70±0.09 ^B	0.62±0.00 ^B	1.71±0.25 ^A
Shear Force	1317.53±16.85 ^A	901.67±93.67 ^B	442.71±5.77 ^C

^{A-C}Means with different superscripts in the same row are significantly different ($p<0.05$).

Table 47. Texture of cookie made by soft wheat dough treated with physical treatments

	Control	A 30 min	A 30 min + oven	M 1 min	M 1 min + oven	A 30 min+ M 1 min	A 30 min+ M 1 min + oven
Hard- ness	10263.40 ±183.98 ^C	3009.27 ±182.59 ^E	7383.06 ±688.31 ^D	1591.20 ±66.89 ^F	12406.14 ±500.65 ^B	7072.50 ±9.55 ^D	14843.15 ±870.24 ^A
Frac- turability	5.74± 4.32 ^B	3.57± 0.05 ^B	5.42± 0.53 ^B	4.63± 0.36 ^B	3.48± 0.48 ^B	5.30± 0.36 ^B	11.80± 0.13 ^A
Adhe- siveness	-16.26± 0.02 ^B	-4.47± 0.30 ^A	-0.86± 0.29 ^A	-61.03± 3.37 ^C	-14.41± 0.26 ^B	-0.60± 0.04 ^A	-0.45± 0.05 ^A
Spring- iness	0.38± 0.01 ^D	0.83± 0.00 ^A	0.71± 0.02 ^C	0.35± 0.01 ^D	0.38± 0.01 ^D	0.83± 0.02 ^A	0.77± 0.00 ^B
Cohe- siveness	0.16± 0.01 ^D	0.48± 0.02 ^A	0.47± 0.01 ^A	0.19± 0.01 ^C	0.20± 0.01 ^C	0.47± 0.01 ^A	0.44± 0.00 ^B
Gumm- iness	1648.91 ±152.45 ^D	1436.42 ±68.98 ^D	3192.83 ±28.05 ^B	304.97 ±0.82 ^E	2474.85 ±175.41 ^C	3299.34 ±45.20 ^B	8392.28 ±19.87 ^A
Chewi- ness	652.82 ±3.33 ^{CD}	1198.62 ±251.86 ^C	2213.23 ±208.18 ^B	109.63 ±6.02 ^D	664.64 ±6.42 ^{CD}	2486.35 ±381.93 ^B	6191.05 ±376.94 ^A
Resil- ience	0.36± 0.05 ^B	0.23± 0.00 ^D	0.30± 0.01 ^C	0.06± 0.00 ^E	0.32± 0.00 ^{BC}	0.34± 0.02 ^{BC}	0.44± 0.00 ^A
Shear Force	1557.27 ±56.75 ^C	481.51 ±39.66 ^F	2089.46 ±250.41 ^B	152.19 ±7.86 ^G	1329.94 ±77.98 ^D	858.96 ±90.74 ^E	3701.63 ±46.62 ^A

*M: microwave, A: autoclave.

^{A-G}Means with different superscripts in the same row are significantly different ($p < 0.05$).

3.3.3. 색도

박력분에 물리적 처리를 하여 제조한 쿠키 반죽을 구운 후 색도를 측정한 결과(Table 48), 겉면의 색도 측정에서 명도는 가압가열 처리구가 유의적으로 증가하였으며, 병행처리구는 차이가 나지 않았다. 적색도와 황색도는 무처리구에 비해 물리적 처리구들이 증가하는 것으로 나타났다. 속의 색도 결과는 겉과 같이 명도는 가압가열 처리구는 증가하였으나, 병행처리구는 감소하였으며, 적색도는 유의적인 차이를 보이지 않았고 황색도는 무처리구에 비해 물리적 처리구들이 높아지는 것으로 나타났다(Table 49).

박력분을 이용하여 쿠키를 제조하여 물리적 처리를 하였을 때 색도를 비교한 결과(Table 50), 겉의 명도는 무처리구에 비해 처리구들이 낮게 나타났으며 적색도는 가압가열 30 min+oven 및 병행처리+oven 처리구가 증가하였으며, microwave 1분+oven 처리구를 제외하고 다른 처리구들은 무처리구에 비해 높게 나타났다. 황색도는 microwave 1 min+oven 처리구가 무처리구에 비해 높게 나타났으며 다른 처리구들은 낮게 나타났다. 쿠키 내부의 색도를 비교해 본 결과(Table 51), 명도는 microwave 1 min 처리구만 다른 처리구들에 비해 낮게 나타났다. 적색도는 모든 물리적 처리구들이 무처리구에 비해 낮은 것으로 나타났다. 황색도는 microwave 1 min+oven 처리구와 병행+oven 처리구가 무처리구에 비해 증가하였나 다른 처리구들은 감소한 것으로 나타났다. 쿠키의 색은 일정한 조건하에서 주로 당에 의한 영향이 크고, 환원당에 의한 비효소적 갈변인 Maillard 반응, 열에 불안정한 당에 의한 카라멜화 반응에 의해 가장 큰 영향을 받는다(Lee et al., 2011). 본 연구결과에서 가압가열 및 microwave 병행 처리후 구운 쿠키에서 무처리구에 비해 황색도가 증가하였는데 이는 가압가열 처리시 장시간의 가열처리와 오븐에서의 가열처리가 연속적으로 진행됨에 따라 증가한 것으로 사료된다. 이러한 결과는 관능평가 결과(Table 53), 색의 평가에서 낮은 점수를 얻어 과도한 Maillard 반응이 쿠키의 외관상 색에 좋지 못한 결과를 준것으로 사료된다.

Table 48. Color of outer cookies made by soft flour treated with physical treatments

	Control	Autoclave 50 min	Autoclave 50 min + Microwave 5 min
Lightness	78.07±0.33 ^B	79.90±0.01 ^A	77.24±0.10 ^B
Redness	0.72±0.26 ^B	1.36±0.05 ^B	2.37±0.08 ^A
Yellowness	28.43±0.17 ^C	30.50±0.27 ^B	33.16±0.29 ^A

^{A-C}Means with different superscripts in the same row are significantly different ($p<0.05$).

Table 49. Color of inner cookie made by soft flour treated with physical treatments

	Control	Autoclave 50 min	Autoclave 50 min + Microwave 5 min
Lightness	64.36±0.20 ^B	65.43±0.15 ^A	60.61±0.16 ^C
Redness	5.91±0.01 ^A	6.18±0.02 ^A	6.50±0.27 ^A
Yellowness	20.05±0.11 ^B	22.96±0.05 ^A	23.06±0.34 ^A

^{A-C}Means with different superscripts in the same row are significantly different ($p<0.05$).

Table 50. Color of outer cookie made by soft wheat dough treated with physical treatments

	Control	A 30 min	A 30 min + oven	M 1 min	M 1 min + oven	A 30 min+ M 1 min	A 30 min+ M 1 min + oven
Lightness	78.28 $\pm 0.14^A$	65.37 $\pm 0.00^E$	62.28 $\pm 0.16^F$	70.84 $\pm 0.07^C$	76.43 $\pm 0.01^B$	67.53 $\pm 0.18^D$	65.76 $\pm 0.02^E$
Redness	0.58 $\pm 0.04^D$	4.04 $\pm 0.14^C$	7.53 $\pm 0.10^A$	-0.58 $\pm 0.30^E$	0.93 $\pm 0.06^D$	3.82 $\pm 0.34^C$	6.24 $\pm 0.14^B$
Yellowness	29.15 $\pm 0.04^A$	19.81 $\pm 0.10^D$	18.80 $\pm 0.21^E$	21.96 $\pm 0.12^C$	29.25 $\pm 0.16^A$	21.36 $\pm 0.30^C$	26.53 $\pm 0.10^B$

*M: microwave, A: autoclave.

^{A-F}Means with different superscripts in the same row are significantly different ($p < 0.05$).

Table 51. Color of inner cookie made by soft wheat dough treated with physical treatments

	Control	A 30 min	A 30 min + oven	M 1 min	M 1 min + oven	A 30 min+ M 1 min	A 30 min+ M 1 min + oven
Light- ness	61.28 $\pm 0.12^D$	61.51 $\pm 0.02^{CD}$	65.37 $\pm 0.15^A$	57.45 $\pm 0.23^E$	61.82 $\pm 0.18^C$	65.38 $\pm 0.02^A$	62.82 $\pm 0.01^B$
Red- ness	7.52 $\pm 0.02^A$	5.61 $\pm 0.23^C$	6.37 $\pm 0.00^B$	0.96 $\pm 0.03^D$	6.63 $\pm 0.17^B$	6.42 $\pm 0.11^B$	7.33 $\pm 0.30^A$
Yellow- ness	23.33 $\pm 0.31^{ABC}$	22.40 $\pm 0.27^D$	23.19 $\pm 0.01^C$	15.42 $\pm 0.07^E$	23.99 $\pm 0.26^B$	23.10 $\pm 0.11^{CD}$	25.82 $\pm 0.12^A$

*M: microwave, A: autoclave.

^{A-E}Means with different superscripts in the same row are significantly different ($p < 0.05$).

3.3.4. 관능평가

박력분에 물리적 처리를 하여 쿠키를 제조한 후, 관능평가를 실시하였다(Table 52). 그 결과, 가압가열 50분 처리구가 무처리에 비해 외부색, 내부색, 형태, 질감 및 전체적 기호도에서 높은 값을 받았다. 반면 가압가열과 Microwave 병행 처리구는 외부색이 균일하나 그 정도가 어두워 색에 있어서 기호도가 떨어졌지만, 형태나 질감에 있어서는 무처리구에 비해 부드러워 높은 점수를 얻었다.

박력분을 이용하여 반죽에 물리적 처리를 한 후 오븐에 구워 쿠키를 제조하여 관능평가를 실시한 결과(Table 53), 가압가열 30분 처리구의 경우 색, 질감 항목에 있어 무처리구에 비해 낮은 값을 얻었다. 이는 외부색이 불균일하고 일반적인 쿠키와 달리 가압가열 처리에 의해 수분함량이 증가함에 따라 바삭한 질감이 덜했기 때문으로 사료된다. 가압가열 30분+oven 처리구의 경우 전체적으로 낮은 점수를 받았으며, 속은 부드러운데 반해 겉은 딱딱하여 질감 및 전체적 기호도가 좀더 낮은 점수를 받았다. Microwave 1분 처리구의 경우 색, 형태, 맛, 질감 등에 있어 낮은 점수를 얻었는데 이는 오븐에 구운 과정을 거치지 않아 질감이 너무 무르고 덜 익은 것처럼 보였기 때문이다. 하지만 오븐으로 5분간 구운 후에는, 색, 질감, 형태가 무처리구와 거의 유사하였고, 맛과 전체적 기호도에 있어서 높은 점수를 얻었다. 가압가열 30분+microwave 1분 병행 처리구의 경우 모든 항목에서 낮은 점수를 얻었으며 이는 외부색이 균일하지 않고 내부의 형태도 일정하지 못했기 때문이다. 또한 오븐에서 5분간 구운 후에는, 모든 항목에서 가장 낮은 점수를 얻었는데, 외부색이 진하고 식감이 고르지 않고 건조된 부분이 많았기 때문이다. 이상으로 가압가열 및 병행 처리후 구운 쿠키의 경우 가장 낮은 평가를 받았는데, 이러한 품질의 문제점을 개선할 수 있는 대책을 마련한다면, 물리적 처리에 의한 알러젠성이 저감화된 제품을 개발하는데 적합할 것으로 사료된다.

Table 52. Sensory evaluation of cookie made by soft flour treated with physical treatments

	Control	Autoclave 50 min	Autoclave 50 min + Microwave 5 min
Color-outside	4.50±1.00 ^A	4.58±1.51 ^A	4.08±1.56 ^A
Color-inside	4.58±1.00 ^A	5.00±1.21 ^A	4.33±1.37 ^A
Inner shape	5.00±1.13 ^A	5.58±0.90 ^A	5.42±1.16 ^A
Smell	5.08±0.90 ^A	5.00±1.04 ^A	5.08±0.79 ^A
Taste	5.25±0.87 ^A	5.08±1.08 ^A	4.25±1.29 ^A
Texture	4.42±1.00 ^A	4.75±1.22 ^A	5.08±1.51 ^A
Total	4.75±0.75 ^A	5.25±1.22 ^A	4.75±1.06 ^A

Data are not significantly different.



Table 53. Sensory evaluation cookie made by soft wheat dough treated with physical treatments

	Control	A 30 min	A 30 min + oven	M 1 min	M 1 min + oven	A 30 min+ M 1 min	A 30 min+ M 1 min + oven
Color- outside	5.10± 1.29 ^A	3.40± 0.84 ^{BC}	3.50± 0.97 ^{BC}	3.40± 1.35 ^{BC}	4.80± 1.23 ^{AB}	3.40± 0.70 ^{BC}	3.20± 1.14 ^C
Color- inside	5.10± 0.99 ^A	3.40± 0.84 ^B	3.40± 1.17 ^B	3.60± 1.43 ^B	4.80± 1.14 ^{AB}	3.50± 0.71 ^B	3.50± 1.08 ^B
Inner shape	5.10± 1.10 ^A	4.20± 1.32 ^A	3.80± 1.32 ^A	4.00± 1.33 ^A	5.00± 0.94 ^A	3.90± 1.29 ^A	3.70± 1.42 ^A
Smell	5.40± 0.84 ^A	3.90± 0.99 ^C	4.00± 0.00 ^{BC}	4.33± 0.67 ^{BC}	4.90± 0.88 ^{AB}	3.80± 0.63 ^C	4.10± 0.57 ^{BC}
Taste	5.40± 0.97 ^A	4.20± 0.92 ^{AB}	4.00± 0.67 ^{AB}	4.00± 1.56 ^{AB}	5.40± 1.26 ^A	3.90± 0.99 ^B	3.70± 0.95 ^B
Texture	5.10± 0.74 ^A	4.40± 1.90 ^{AB}	3.10± 1.29 ^B	3.30± 1.64 ^{AB}	5.00± 1.05 ^A	3.80± 1.40 ^{AB}	2.70± 1.25 ^B
Total	5.30± 0.82 ^A	4.10± 1.37 ^{AB}	3.60± 0.97 ^B	3.60± 1.51 ^B	5.30± 1.06 ^A	3.90± 1.10 ^{AB}	2.80± 1.03 ^B

^{A-C} Means with different superscripts in the same row are significantly different ($p < 0.05$).

요 약

1. 물리적 처리에 의한 밀가루 및 밀반죽 gliadin의 항원성 변화

밀가루 및 밀반죽에 초고압, 감마선 및 Microwave를 처리하였을 때 gliadin의 항원성은 IgG와의 반응성이 높게 유지되어 무처리구와 큰 차이가 나지 않았다. 강력분, 중력분, 및 박력분 밀가루에 가압가열 처리했을 경우, 50분 처리시 87%, 68%, 및 82%의 결합력을 보여 항원성의 감소가 가장 컸으며, 가압가열 및 microwave 병행 처리하였을 경우에는 가압가열 처리시간이 증가함에 따라 결합력이 감소하였으나, microwave 처리시간이 10분 보다 5분 처리 시 결합력이 다소 낮게 나타나, 가압가열 50분 및 microwave 5분 처리시, 89%, 73% 및 93%로 가장 낮은 항원성을 보였다.

반죽에 가압가열 처리했을 경우 강력분 및 중력분은 30분 처리시 35%, 76%, 박력분은 50분 처리시 33%의 결합력을 보여 가장 낮은 항원성을 나타내었다. 반죽에 가압가열 및 microwave 병행 처리시는 강력분, 중력분은 50분/10분 처리시 21%, 33%이었으며, 박력분은 50분/5분 처리시 26%로 가장 낮은 항원성을 보였다.

2. 물리적 처리에 의한 밀 가공제품 gliadin의 알러젠성 변화

반죽에 물리적 처리를 한 후 빵, 쿠키 및 삶은면을 제조하였을 때, 가압가열 및 microwave 병행 처리시 각각 15%(30분/1분), 61%(30분/1분), 및 27%(50분/1분)로 낮은 항원성을 나타내었다. 환자혈청에 대한 빵, 쿠키, 및 삶은면의 gliadin과의 반응성은 가압가열 및 microwave 병행 처리시 각각 56%, 54%, 및 58%로 가장 낮게 나타났다. Immunoblotting의 IgG 및 환자혈청에 대한 반응결과에서는 무처리에서 약 30-35 kDa 부근의 단백질이 반응이 강하게 나타났으나, 반죽의 경우 가압가열 및 microwave 병행 처리시 반응이 나타나지 않았다.

3. 물리적 처리에 의한 밀가루 및 밀반죽 gliadin의 단백질 및 gliadin의 2차구조 변화

SDS-PAGE 결과에서는, 강력분, 중력분 및 박력분에 초고압 및 감마선 처리 시에는 gliadin 단백질 (약 30-75 kDa)의 변화가 없었으나, 가압가열 및 가압가열과 microwave 병행 처리시에는 강력분, 중력분 및 박력분에서 약 35 kDa 부근의 단백질이 가압가열 처리시간이 증가함에 따라 강도가 약화되었다. 강력분 및 박력분 반죽은 가압가열 처리에 의해 gliadin 단백질이 상당히 소실되었다.

밀가루 및 반죽에 가압가열, microwave, 및 가압가열 및 microwave 병행 처리 후 빵, 생면, 및 쿠키를 제조한 경우, 밀가루에 물리적 처리시에는 가압가열 및 병행처리구에서 gliadin(분자량 30-75 kDa) 단백질 중 약 50-66 kDa, 35 kDa 부근의 단백질 band가 관찰되었으며, 중력분 및 박력분에서는 약 35 kDa 부근의 단백질은 큰 변화가 없었다. 반죽에 물리적 처리 후 빵 및 쿠키의 굽기 전후는 무처리 및 microwave 처리구에서만 gliadin 단백질 중 약 35 kDa 단백질 밴드가 관찰되었지만 다른 처리구는 상당히 소실되었다. 또한 모든 실험구에서 약 50~66 kDa 사이의 단백질이 관찰되었다. 생면에 물리적 처리했을 때와 처리후 삶은면은 microwave 1분 처리구가 gliadin 단백질(약 30-75 kDa) 중 약 55 kDa band의 강도 감소 이외에는 비슷한 패턴을 보였지만 다른 처리구에서는 gliadin 단백질이 상당히 소실된 것을 확인하였다.

Gliadin에 가압가열, microwave, 가압가열 및 microwave 처리시 2차구조 측정 결과, 가압가열 및 병행 처리시 207 nm의 negative maximum이 낮은 파장대로 바뀌어 ordered structure 구조가 random coil로 전환된 것을 알 수 있었으며, microwave 처리시에는 다른 처리구에 비해 그 변화가 적었다. 이상으로 물리적 처리 중 가압가열 및 microwave 병행 처리시, gliadin의 2차 구조가 가장 많이 파괴된 것으로 나타났다.

4. 물리적 처리에 의한 밀 가공제품의 품질 특성 변화

가압가열과 가압가열 및 microwave 병행 처리된 강력분 및 중력분 반죽에

대한 Mixograph 및 팽창도 측정 결과 반죽의 내구성이 저하된 것으로 나타났다.

밀가루 또는 반죽에 가압가열, microwave 및 병행 처리하여 빵 및 생면을 제조하였을 경우 pH, 수분함량, 색도는 큰 차이가 없었으나, 쿠키는 반죽에 가압가열 처리했을 경우 수분함량이 상당히 증가하였다. 물성은 물리적 처리에 의해 경도, 검성, 씹힘성, 전단력에서 빵은 밀가루 및 반죽에 처리시, 생면의 경우 반죽에 처리 시, 쿠키는 병행 처리시 오븐에 구운 후 가장 많은 증가를 보였다. 빵, 쿠키 및 생면의 관능평가에서는 알러젠성에 가장 효과를 보인 가압가열 및 microwave 병행 처리구가 빵 및 쿠키의 관능에서 질감, 형태, 색 및 전체적인 기호도에서 낮은 점수를 받았으나, 삶은면의 경우 병행 처리를 하여도 무처리구와 큰 차이를 나타내지 않았다. 이상으로 빵 및 쿠키에서의 병행 처리에 의한 품질의 문제점을 개선할 수 있는 대책을 마련한다면 병행 처리에 의해 알러젠성이 저감화된 제품 개발에 적합할 것으로 사료된다.



참고 문헌

- Álvarez-Álvarez J., Guillamón, E., Crespo, J. F., Cuadrado, C., Burbano, C., Rodríguez, J., Fernández, C., Muzquiz, M. 2005. Effects of extrusion, boiling, autoclaving, and microwave heating on lupine allergenicity. *J Agric Food Chem* 53: 1294-1298.
- American Association of Cereal Chemist (AACC). 1995. Approved methods of the AACC, Method 46-14A, 54-40. AACC, St. Paul, MN.
- American Association of Cereal Chemist (AACC). 1983. Approved methods of the AACC, Method 10-09. AACC, St. Paul, MN.
- Atsuko, H., Yoshiko, W. 2005. Features of microwave heating on breaking properties of confectionery in low moisture. *J Japanese Soc Food Sci Technol* 52: 297-305.
- Barcenas, M. E., Altamirano-Fortoul, R., Rosell, C. M. 2010. Effect of high pressure processing on wheat dough and bread characteristics *LWT-Food Sci Technol* 43: 12-19.
- Battais, F., Mothes, T., Moneret-Vautrin, D. A., Pineau, F., Kanny, G., Popineau, Y., Bodinier, M., Denery-Papini, S. 2005. Identification of IgE-binding epitopes on gliadins for patients with food allergy to wheat. *Allergy* 60, 815-821.

Chabot, J. F. 1979. Preparation of food science sample for SEM. *Scanning Electron Microscopy*. III, 279-286.

Chang, H. G., Lee, M. J. 2003. Effect of processing, formula and measurement variables on white salted noodle color. *Food Sci Biotechnol* 12: 559-564.

Cho, N. J., Kim, Y. H., Kim, S. H., Do, J. J., Bae, S. H., Shin, E. H., Sim, C. H., Lee, M. H., Jung, S. T., Cha, W. J., Hwang, Y. K. 2000. In *The ingredients of baking B&C world*, Seoul, Korea. pp. 53-86.

Cho, S. Y., Lee, J. W., Rhee, C. 2010. The cooking qualities of microwave oven cooked instant noodles. *Int J Food Sci Technol* 45: 1042-1049.

Choi, J. I., Kim, H. J., Sung, N. Y., Byun, E. B., Kim, J. H., Chun, B. S., Ahn, D. H., Cho, K. Y., Byun, M. W., Lee, J. W. 2008. Changes of the protein contents of seafood cooking drips by gamma irradiation. *Korean J Biotechnol Bioeng* 23: 489-493.

Gianibelli, M. C., Larroque, O. R., MacRitchie, F., Wrigley, C. W. 2001. Biochemical, genetic, and molecular characterization of wheat endosperm proteins. *Am Assoc Cereal Chem* 1: 158-236.

Go, W. B. 2002. Studies on gas retentivity improvement of Korean hard wheat Keumgang in bread. MS Thesis, Dongguk University, Seoul, Korea.

Han, G. D., Fan, J. P., Suzuki, T. 2006. Changes of SDS-PAGE pattern and allergenicity of BSA and BGG in beef extract treated with heat and high

pressure. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 35: 594–599.

Han, J. S., Hong, S. O., Kim, J. S., Han, J. P., Kim, N. S. 1997. Frequency of food allergy in Korea and the causative food allergens. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 26: 1–9.

Hill, A. S., Skerritt, J. H. 1990. Determination of Gluten in Foods Using a Monoclonal Antibody-based Competition Enzyme Immunoassay. *Food Agric Immunol* 2: 21–35.

Houska, M., Kminkova, M., Strohalm, J., Setinova, I., Heroldova, M., Novotna, P., Honzova, S., Vavrova, H., Kucera, P., Proskova, A. 2009. Allergenicity of main celery allergen rApi g1 and high-pressure treatment. *High Pres Res* 29: 686–694.

Hwang, Y. K., Hyun, Y. H., Lee, Y. S. 2004. Study on the characteristics of bread with Jasmin tea powder. *Korean J Food Nutr* 17: 41–46.

Ikeda, M., Matsumori, S., Akuzawa, S. 2008. Effect of heat-moisture treatment on the digestibility and viscous characteristics of hard wheat flour and separated wheat starch. *Food Preserv Sci* 34: 203–208.

Izquierdo, F. J., Penas, E., Baeza, M. L., Gomez, R. 2008. Effects of combined microwave and enzymatic treatments on the hydrolysis and immunoreactivity of dairy whey proteins. *Int Dairy J* 18: 918–922.

Kanny, G., Moneret-Vautrin, D. A., Flabbee, J., Beaudouin, E., Morisset, M., Thevenin, F. 2001. Population study of food allergy in France. *J Allergy Clin Immunol* 108: 133-140.

Kieffer, R., Schurer, F., Köhler, P., Wieser, H. 2007. Effect of hydrostatic pressure and temperature on the chemical and functional properties of wheat gluten: Studies on gluten, gliadin and glutenin. *J Cereal Sci* 45: 285-292.

Kim, J. Y. 2002. Effects of chitosan in shelf-life and quality of bread. MS Thesis. Pukyong National University, Busan, Korea.

Kim, S. H., Kang, H. L., Kim, G. M., Kim, T. B., Kim, S. S., Jang, Y. S., Kim, C. U., Ban, J. U., Kim, Y. G., Jo, S. H., Park, H. S., Lee, J. M., Min, K. U., Hong, C. S., Kim, N. S., Kim, Y. Y. 2003. The sensitization rates of food allergens in a Korean population: a multi-center study. *J Asthma Allergy Clin Immunol* 23: 502-514.

Kim, M. J., Lee, J. W., Yook, H. S., Lee, S. Y., Kim, M. C., Byun, M. W. 2002. Changes in the antigenic and immunoglobulin E-binding properties of hen's egg albumin with the combination of heat and gamma irradiation treatment. *J Food Protect* 65: 1192-1195.

Kim, K. B. W. R., Lee, S. Y., Song, E. J., Park, J. G., Lee, J. W., Byun, M. W., Kim, K. E., Ahn, D. H. 2010. Changes in allergenicity of porcine serum albumin by gamma irradiation. *Korean J Food Sci Ani Resour* 30: 397-402.

Korea food and drug administration. Labeling standards for foods etc. KFDA notification No. 2011(Amendment on Mar. 31, 2010). Accessed Jan. 1, 2011.

Laemmli, U. K. 1970. Cleavage of structural proteins during the assembly of the head of bacteriophage T4. *Nature* 227: 680-685.

Lee, E. J., Kim, H. I., Hong, G. J. 2011. Quality Characteristics of Cookies Added with *Nelumbo nucifera* G. powder. *Korean J Food Culture* 26: 394-399.

Lee, J. W., Park, J. H., Kim, S. B., Kim, C. J., Hyun, C. K., Shin H. K. 1998. Application of competitive indirect enzyme-linked immunosorbent assay (Ci-ELISA) for monitoring the degree of frozen denaturation of bovine myosin. *Int J Food Sci Technol* 33: 401-410.

Lee, J. W., Yook, H. S., Cho, K. H., Lee, S. Y., Byun, M. W. 2001. The changes of allergenic and antigenic properties of egg white albumin (*Gal d 1*) by gamma irradiation. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 30: 500-504.

Leszczynska, J., Łačka, A., Szemraj, J., Lukamowicz, J., Zegota, H. 2003. The effect of microwave treatment on the immunoreactivity of gliadin and wheat flour. *Eur Food Res Technol* 217: 387-391.

Li, Z., Lin, H., Cao, L., Khalid, J., 2007. The influence of gamma irradiation on the allergenicity of shrimp (*Penaeus vannamei*). *J Food Eng* 79: 945-949.

Mika, F., Yoshikazu, M., Chang, F. X., Takaharu, S., Noboru, S., Hisahiko, W.

2005. An innovative method for heating the core of starchy food by microwave irradiation. *J Japanese Soc Food Sci Technol* 52: 512–516.

Miskelly, D. M., Moss, H. J. 1985. Flour quality requirements for Chinese noodle manufacture. *J Cereal Sci* 3: 379–387.

Nam, S. Y. 2004. Food allergy: diagnosis and treatment. *Pediatr Allergy Respir Dis (Korea)* 14:119–1263.

Prakash, M., Rao, P. H. 1999. Effect of steaming on the rheological characteristics of wheat flour dough. *Eur Food Res Technol* 209: 122–125.

Park, J. Y. 2002. Development of hypoallergenic bread using domestic wheat. MS Thesis, Sungshin Wooman University, Seoul, Korea.

Pfister, M.K.-H., Butz, P., Heinz, V., Dehne, L.I., Knorr, D., Tauscher, B., 2001. Influence of high pressure treatment on chemical alterations in foods—a literature review. Bundesanstalt für gesundheitlichen Verbraucherschutz und Veterinärmedizin, Berlin (Ed.).

Rombouts, I., Lagrain, B., Brunnbauer, M., Koehler, P., Brijs, K., Delcour, J. 2011. Identification of isopeptide bonds in heat-treated wheat gluten peptides. *J Agric Food Chem* 59: 1236–1243.

Rumbo, M., Chiridoab, F. G., Fossatib, C. A., Añona, M. C. 1996. Influence of thermal treatment of food on the immunochemical quantification of Gliadin.

Food Agric Immunol 8: 195-203.

Rumbo, M., Chirido, F.G., Fossati, C.A., Anon, M.C. 2001. Analysis of the effects of heat treatment on gliadin immunochemical quantification using a panel of anti-prolamin antibodies. *J Agric Food Chem* 49: 5719-5726.

Schofield, J. D., Bottomley, R. C., Timms, M. F., Booth, M. R. 1983. The effect of heat on wheat gluten and the involvement of sulphydryl-disulphide interchange reactions. *J Cereal Sci* 1: 241-253.

Shin, D. H., Lee, Y. W. 2002. Quality attributes of bread with soybean milk residue-wheat flour. *Korean J Food Nutr* 15: 314-320.

Shin, J. H., Jeong, S. G., Han, G. S., Chae, H. S., Yoo, Y. M., Ahn, C. N., Lee, J. W., Jo, C., Lee, W. K., Ham, J. S. 2008. Reduction of the antigenicity of powdered milk by gamma irradiation. *Korean J Food Sci Ani Resour* 28: 306-311.

Shon, D. W. 2000. Food and Allergy. *Food Sci Indus* 33: 2-9.

Simic, M. G. 1978. Radiation chemistry of amino acids and peptides in aqueous solutions. *J Agric Food Chem* 26: 6-14.

Towbin, H. T., Staehelin, T., Gordon, J. 1979. Electrophoretic transfers of proteins from polyacrylamide gels to nitrocellulose sheets : procedure and some applications. *Proc Natl Acad Sci USA* 76: 4350-4354.

Truust, H., Johansson, G. 1996. Fractionation of wheat proteins by counter-current distribution using aqueous two-phase systems containing propionic acid. *J Chromatogr B* 680: 71-80.

Vadlamani, K. R., Seib, P. A. 1996. Reduced browning in raw oriental noodles by heat and moisture treatment of wheat. *Cereal Chem* 73: 88-95.

Waga, J., Zientarski, J., Obtulowicz K., Bilo, B., Stachowicz, M. 2008. Gliadin immunoreactivity and dough rheological properities of winter wheat genotypes modified by thioredoxin. *Cereal Chem* 85: 488-494.

Walde, S. G., Balaswamy, K., Velu, V., Rao, D.G. 2002. Microwave drying and grinding characteristics of wheat (*Triticum aestivum*). *J Food Eng* 55: 271-276.

Weegels, P. L., de Groot, A. M. G., Verhoek, J. A., Hame, R. J. 1994. Effects on Gluten of Heating at Different Moisture Contents. II. Changes in Physico-Chemical Properties and Secondary Structure. *J Cereal Sci* 19: 39-47.

Yamamoto, S., Takanohashi, K., Hara, T., Odani, S., Suzuki, A., Nishiumi, T. 2010. Effects of a high-pressure treatment on the wheat alpha-amylase inhibitor and its relationship to elimination of allergenicity. *J Phys:Conference Series* 215: 1-4.

Yook, H. S., Kim, M. R., Kim, J. O., Lim, S. I., Byun, M. W. 1998. Effects of γ -irradiation on meat proteins. *Korean J Food Sci Technol* 30: 407-412.

감사의 글

