

우유단백질과 다당류 혼합물을 첨가한 냉동반죽의 제빵특성

손진한¹ · 정정일 · 정동식 · 이홍열² · 은종방*

전남대학교 식품공학과 · 농업과학기술연구소, ¹전남대학교 기능성식품연구센터, ²동아인재대학 호텔조리제빵전공

Quality Attributes of Bread Made of Frozen Dough Added with Milk Protein-Polysaccharide Mixtures

Jinhan Shon¹, Jeung-Il Jeung, Dong-Sik Jung, Hong-Yeol Lee², and Jong-Bang Eun*

Department of Food Science and Technology and Institute of Agricultural Science and Technology, Chonnam National University

¹Functional Food Research Center, Chonnam National University

²Department of Hotel Culinary and Bakery, Dong-A Injae College

Abstract The quality attributes of bread made with milk protein (casein, C; whey protein, W) and polysaccharide (sodium alginate, A; κ-carrageenan, K) mixtures were investigated to study the method to suppressing quality deterioration during storage. Bread prepared with the CA mixture had a higher specific loaf volume compared to the control. And bread made with the WA mixture had reduced moisture loss during storage compared to the control. The hardness of control and breads containing protein-polysaccharide mixtures increased during storage, but hardness increased more in the control than the treatments. In terms of crumb color, the breads containing protein-polysaccharide mixtures had higher L* values, but lower a* and b* values than the control. Finally, there were no significant differences in sensory quality among the control and treatment breads. Overall, data indicate that the addition of CA and WA improved the baking quality of bread and retarded staling.

Key words: bread, milk proteins, polysaccharides, frozen dough, staling

서 론

냉동반죽은 소비자들에게 신선한 제품을 제공하고 노동비용의 절감으로 제빵 산업에 광범위하게 사용되고 있으며 미래에 냉동 반죽의 사용이 증가할 것이다(1). 그러나 빵 반죽의 전체 품질은 냉동저장 중 점차 저하된다(2). 냉동반죽의 품질을 저하시키는 주요요인은 반죽의 강도와 효모활성의 저하이며(3) 수송과 저장 중의 잘못된 취급 또한 냉동반죽의 품질을 저하시키는 요인이다(4). 냉동반죽의 얼음결정화는 글루텐 구조의 물리적 손상과 효모의 동결장해를 가져와 반죽강도, 가스 보유력, 발효력 저하로 인한 제빵제품의 풍미저하, 부피감소, 노화가 빠르게 진행된다(5). 이러한 가스 발생력과 보유력 저하로 인한 문제점을 보완하기 위해 글루텐 구조의 손상을 보완하거나 강화시키고 냉동반죽의 발효를 개선시킨 연구들이 보고 되었다.

Myers와 Attfield(6)은 효모에 glycerol의 첨가가 냉동반죽의 발효와 보존을 증진시킨다고 하였고, Kenny(7)는 ascorbic acid와 sodium stearoyl lactylate를 첨가한 반죽과 제빵의 발효력과 가스 보유력을 개선시켰다고 보고하였다. 그리고 Kyung과 Lee(8)는

carrageenan, xanthan gum, guar gum 등의 검류 첨가가 냉동반죽의 수명을 연장시켰으며, Lu(9)는 냉동저장 기간과 물의 이동과 얼음의 재결정에 대해 보고하였으며, Dubois와 Blockcolsky(10)는 냉동반죽에 xanthan gum과 carboxymethyl cellulose를 첨가하여 글루텐의 손상을 줄여 저장수명 기간을 연장하였다고 보고하였다. 이처럼 냉동반죽에 대한 연구들이 활발히 진행되고 있지만 친수성 콜로이드 탄수화물과 단백질의 혼합물을 냉동반죽에 첨가하여 냉동 반죽과 빵의 품질을 향상시킨 연구는 비교적 적은 실정이다.

다당류 중 친수성 콜로이드 탄수화물인 sodium alginate는 주로 얼음 결정화의 성장을 방지하는 특성이 있어 아이스크림의 안정제로 사용하며, alginate는 빵의 staling을 방지하는 첨가제로써 사용되고 있다(11). 다당류 중 κ-carrageenan은 아이스크림과 냉동제품의 안정제로 사용되며, κ-carrageenan의 첨가가 냉동저장 시 발생하는 얼음 입자의 재결정화의 지연에 효과가 있어 세포의 파괴를 감소시킨다고 하였다(12).

우유단백질인 casein과 whey protein의 첨가가 빵의 향미, 빵의 겉질의 색깔, 빵속의 구조 및 조직감, 굽는 특징(13)과 저장성(14)을 개선시키며, 반죽의 취급이 개선되고 수분흡수력이 증가한다고 하였다(15). Erdogdu-Armoczy 등(16)은 whey protein이 냉동반죽의 글루텐구조를 방지하는 효과가 있으며 acid casein은 빵의 부피에 영향을 미친다고 하였다. Kenny 등(2)은 sodium caseinate와 whey protein이 proof time을 감소시키며 빵의 부피를 증가시키고 조직감을 개선시킨다고 보고하였고, Wang 등(17)은 casein과 whey protein이 글루텐 활성을 도우며 얼음결정의 크기를 감소시킨다고 보고하였다. 이들 다당류인 alginate은 단독으로 유

*Corresponding author: Jong-Bang Eun, Department of Food Science and Technology and Institute of Agricultural Science and Technology, Chonnam National University, Gwangju 500-757, Korea
Tel: 82-62-530-2145
Fax: 82-62-530-2149
E-mail: jbeun@jnu.ac.kr
Received January 1, 2009; revised March 18, 2009;
accepted March 23, 2009

화력이 낮으나 열, pH에 안정하고 단백질인 casein은 유화력은 안정하지만 열에 약한 단점이 있다. 이들 단백질과 다당류의 기능적인 장점들을 고려하여 단백질-다당류 혼합물 첨가가 냉동·해동 과정에서 얼음 입자의 재결정화를 지연시켜 얼음 결정체가 성장하는 속도와 크기를 줄임으로써 효모와 글루텐 구조의 물리적 손상을 줄일 수 있을 것으로 생각된다.

따라서 본 연구에서는 냉동반죽에 단백질-다당류를 첨가하여 냉동·해동에 의한 변화를 줄여 제빵성 저하를 억제하고 저장기간과 빵의 품질을 개선하기 위하여 냉동반죽에 단백질-다당류 혼합물을 첨가하여 식빵을 제조한 후 식빵의 품질 특성을 조사하였다.

재료 및 방법

재료

본 실험에 사용한 우유 단백질은 casein(Meggler GMBH, Munich, Germany)과 whey protein(Borculo Domo Ingredients, Borculo, Netherland)을 다당류는 sodium alginate(Fuji Chemical Industry Co., Wakayama, Japan)와 κ -carrageenan(Korea carrageenan Co., Ltd., Suncheon, Korea)을 사용하였다. 식빵을 제조하기 위하여 사용한 제빵 원료는 제빵용 강력분 밀가루(수분 14.0%, 단백질 12.5%, 회분 0.38%, Dongah Flour Mills, Seoul, Korea), instant dry yeast(Nisshin Flour Milling Co., Ltd., Marcq, France), yeast food(Samlip Co., Siheung, Korea), 설탕(Samyang Co., Ulsan, Korea), skim milk powder(Seoul Milk Co., Seoul, Korea), ascorbic acid(Hebei welcome pharmaceutical Co., Shijiazhuang Hebei, China), 마가린(Lotte Samkang Co., Seoul, Korea), 소금(Hanju, Muan, Korea)을 이용하여 제조하였다.

실험방법

본 실험에 사용한 단백질-다당류 혼합물(protein-polysaccharide mixtures, 1:1)은 우유 단백질인 casein(C), whey protein(W)와 다당류인 κ -carrageenan(K), sodium alginate(A)를 각각 0.8%씩 혼합 첨가하였으며 그 혼합물은 casein-sodium alginate(CA), casein- κ -carrageenan(CK), whey-sodium alginate(WA) 및 whey- κ -carrageenan(WK)였다. 식빵의 원료 배합 비율은 Table 1과 같았으며

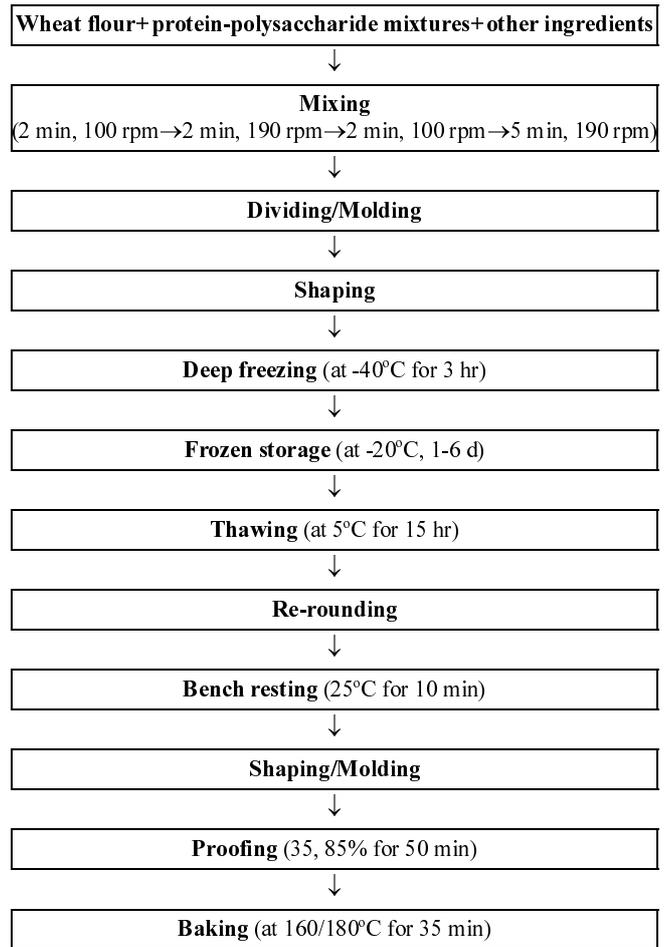


Fig. 1. Procedure for making bread from frozen dough using straight dough method.

Fig. 1과 같이 직접 반죽법(AACC Approved Method 10-10B)(18)으로 제조하였다. 제빵시 반죽은 spinal mixer(PM-250 S, Shihung, Korea)로 행하였으며 100 rpm에서 2분, 190 rpm에서 2분간 혼합

Table 1. Formulation for bread added with milk protein-polysaccharide mixtures

(Unit: % flour basis)

Ingredients	Samples ¹⁾	Control	Protein-polysaccharide mixtures ³⁾			
			CA	CK	WA	WK
Flour ²⁾		100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
Water		63.0	64.0	64.0	64.0	64.0
Instant dry yeast		2.50	2.50	2.50	2.50	2.50
Yeast food		0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
Salt		2.00	2.00	2.00	2.00	2.00
Sugar		6.00	6.00	6.00	6.00	6.00
Skim milk powder		3.00	3.00	3.00	3.00	3.00
Margarine		4.00	4.00	4.00	4.00	4.00
Ascorbic acid		1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Sodium alginate		-	0.80	-	0.80	-
Carrageenan		-	-	0.80	-	0.80
Casein		-	0.80	0.80	-	-
Whey protein		-	-	-	0.80	0.80

¹⁾Control, wheat flour 100%; CA, casein-sodium alginate; CK, casein- κ -carrageenan; WA, whey-sodium alginate; WK, whey- κ -carrageenan

²⁾Wheat flour was obtained from Hanguok milling company (protein 12.4%, ash 0.44%, moisture 14.0%).

³⁾Protein-polysaccharide mixtures was prepared in the same rate by weight of protein and polysaccharide and was used 0.8% based on wheat flour.

한 후 마가린을 첨가하고 다시 100 rpm에서 2분, 190 rpm에서 5 분간 혼합하였다. 완성된 반죽은 혼합 후 각각 430 g씩 분할하여 등글리기 한 후 폴리에틸렌 백에 넣어 -40°C의 freezer에 넣어 급속 냉동을 3시간 실시한 후 -20°C의 보관 냉동고(GC-114ADM, LG Seoul, Korea)에서 실험에 사용할 때까지 냉동 보관하였다. 6 일 동안 냉동 보관한 반죽을 사용하여 5°C에서 15시간 저온 해동 후 반죽을 -20°C 냉동고에 다시 냉동한다. 이러한 해동-냉동 과정을 총 5회 반복한다. 해동된 반죽을 성형하여 틀에 넣은 뒤 온도 38°C, 습도 85% 조건에서 50분간 2차 발효시켜 윗불 160°C, 아랫불 180°C에서 35분간 구운 다음 냉각시켜 폴리에틸렌 백에 밀봉하여 실험에 사용하였다.

단백질-다당류 혼합물을 첨가한 식빵의 특성 측정

빵의 부피는 종자치환법(AACC method 72-10)(18,19)에 의해 측정하였으며, 비용적(cm³/g)은 식빵의 무게를 측정하여 무게에 대한 부피의 비로서 표시하였다. 식빵의 저장기간별 수분함량 변화는 AACC (44-15A)(18) 방법으로 식빵의 가운데 부분에서 crumb 부분만을 잘라 시료로 사용하였고 crumb 부분을 비닐백에 담아 4°C와 20°C에서 4일간 저장 후 저장 중의 수분함량 변화를 상압 건조 가열 건조법으로 측정하였다. 빵의 텍스처 변화는 빵의 crumb 부분을 2.0×2.0×1.3 cm³ 크기로 잘라 texture analyzer(TA-XT2, Stable Micro Systems Ltd., Hasemere, England)로 측정하였다. 저장에 따른 변화는 빵을 1.3 cm 두께로 잘라 비닐백에 넣어 4°C와 20°C에서 4일간 저장한 후 2.0×2.0×1.3 cm³로 잘라서 측정하였다. 지름 20 mm인 원통형의 plunger를 이용하여 2 cm 높이에서 two bite compression test로 실행하였다. 빵의 색도측정은 6일 동안 -20°C에서 냉동 보관한 반죽을 사용하여 빵을 제조하여 지름 5 cm, 두께 1.3 cm로 자른 단면을 이용하여 색차계(Spectrophotometer, Minolta CM-3500d, Tokyo, Japan)로 측정하였으며 L*(명도), a*(적색도), b*(황색도)값을 4회 측정하여 평균값으로 나타내었다. 이때 zero calibration은 CM-A 124 box, white calibration은 CM-A 120 box를 사용하였다.

빵의 관능검사는 6일 동안 -20°C에서 냉동 보관한 반죽을 사용하여 빵을 제조하여 전남대학교 식품공학과 8명의 대학원생들을 대상으로 관능검사의 취지를 충분히 인식시킨 후 최종적으로 평가하였다. 시료는 식빵을 1.3 cm 두께로 썰어서 관능검사 10분 전에 흰 접시 5개에 각각 한 장씩 놓아 제시하였고, 평가내용은 식빵의 품질 특성에 영향을 미치는 형태(form symmetry), 껍질색(crust color), 터짐성(break-shred)의 외부평가와 내색상(crumb color), 기공(grain), 내상 막(texture)의 내부평가, 그리고 향(aroma), 맛(taste), 전체적인 기호도(overall acceptability) 등이었으며 매우 나쁘다(1점)에서 매우 좋다(5점)까지 5점 만점으로 5점 기호척도 법으로 평가하였다. 기계적 텍스처 측정 결과와 관능검사 결과는 SAS package를 사용하여 ANOVA에 의해 분석하였으며 실험군 간의 유의성 검정은 다중 범위 시험 비교법(Duncan's multiple range test)(20)으로 검증하였다.

결과 및 고찰

단백질-다당류를 첨가한 식빵의 부피 및 비용적

단백질-다당류 혼합물을 첨가한 반죽을 이용하여 제조한 빵의 비용적을 측정된 결과와 냉동-해동 cycle에 따른 비용적 결과는 각각 Table 2 및 Table 3과 같았다. 그리고 식빵 전체 외형과 내상은 Fig. 2 및 Fig. 3과 같았다. 대조 식빵의 비용적은 4.48 cm³/g을 나타냈으며 CA 첨가구는 4.61 cm³/g으로 대조 식빵과 유의

Table 2. Effect of protein-polysaccharide mixtures on volume of breads made of frozen dough

Samples ¹⁾	Total volume (cc)	Weight (g)	Specific loaf volume (cm ³ /g)
Control	1634.0±26.5 ^{a2)}	365±3.0 ^a	4.48±0.04 ^a
CA	1660.7±37.9 ^a	360±2.0 ^b	4.61±0.13 ^a
CK	1607.3±20.8 ^{ab}	360±2.0 ^b	4.46±0.07 ^{ab}
WA	1554.0±34.6 ^b	360±2.0 ^b	4.32±0.08 ^b
WK	1450.7±30.6 ^c	363±2.9 ^{ab}	4.00±0.12 ^c

¹⁾Control, wheat flour 100%; CA, casein-sodium alginate; CK, casein-κ-carrageenan; WA, whey-sodium alginate; WK, whey-κ-carrageenan
Values represent means±standard deviations.

²⁾Means within the same column with the same letters are not significantly different (*p*<0.05).

Table 3. Specific loaf volume of breads made of frozen dough at different freeze-thaw cycles

Samples ¹⁾	Cycles ²⁾		
	I	II	III
Control	4.48±0.04 ^{a3)}	4.38±0.10 ^a	4.10±0.16 ^b
CA	4.61±0.13 ^a	4.46±0.10 ^{ab}	4.28±0.10 ^b
CK	4.46±0.07 ^a	4.40±0.16 ^a	4.12±0.08 ^b
WA	4.32±0.08 ^a	4.15±0.09 ^{ab}	4.13±0.08 ^b
WK	4.00±0.12 ^a	4.10±0.09 ^a	4.17±0.13 ^a

¹⁾Control, wheat flour 100%; CA, casein-sodium alginate; CK, casein-κ-carrageenan; WA, whey-sodium alginate; WK, whey-κ-carrageenan
²⁾I, II, III: Number of freeze-thaw cycle of the dough
Values represent means±standard deviations.

³⁾Means within the same row with the same letters are not significantly different (*p*<0.05).

적인 차이를 보이지 않았고 CK 첨가구는 4.46 cm³/g으로 비슷하였고 WA와 WK 첨가구는 각각 4.32 cm³/g, 4.00 cm³/g으로 대조 식빵보다 작은 부피를 나타내어 대조 식빵과 유의적인 차이를 나타냈다. 이는 단백질-다당류 혼합물 첨가구에서 단백질과 다당류가 상호작용의 요인으로 글루텐 분자들이 망상구조를 형성하지 못하고 작은 전분 입자들이 엉켜지고 많아지는 양상으로 초기 이산화탄소 가스 포집력을 나쁘게 하여 뻣뻣한 내관을 형성하며 빵의 부피의 감소를 초래한 것으로 보인다(21). WA와 WK 첨가구가 CA와 CK 첨가구보다 부피가 작은 것은 casein 첨가로 글루텐을 강화하여 반죽의 내구성을 높이고 반죽에서 완충작용을 하는 반면 whey protein의 주 단백질인 lactoglobulin(α and β)이 열에 의해 쉽게 변화를 받아 반죽을 약하게 만들었기 때문인 것으로 생각된다.

냉동-해동 cycle별 비용적은 냉동-해동의 횟수가 증가함에 따라 대조 식빵이 4.48 cm³/g에서 4.10 cm³/g으로 감소하였다(Table 3). 냉동-해동의 횟수가 증가함에 따라 부피가 감소되는 이유는 전분의 수화로 흡수된 물이 냉동과 해동을 반복할 때 얼음으로 변화하여 형성된 글루텐의 변성 때문으로 생각되며(22) 또한 전분 입자는 글루텐 구조로부터 분리되고 반죽 matrix로부터 거의 표류하게 되며 빙결정 성장과 일치하게 보이는 더 큰 불규칙한 기공(angular void)이 생겨 부피가 감소하는 것이다(4). 본 실험에서도 Inoue와 Bushuk(23)이 언급한 것처럼 냉동-해동의 횟수가 증가함에 따라 비용적은 감소하였고 빵의 윗면은 더 평평해졌으며 두드러진 기포가 crust 표면에 나타났다. 그리고 shred(터짐성)가 점점 정상적인 shred보다 감소하였다. 반면 CA 첨가구는 4.61 cm³/g에서 4.28 cm³/g로, CK 첨가구는 4.46 cm³/g에서 4.12 cm³/g

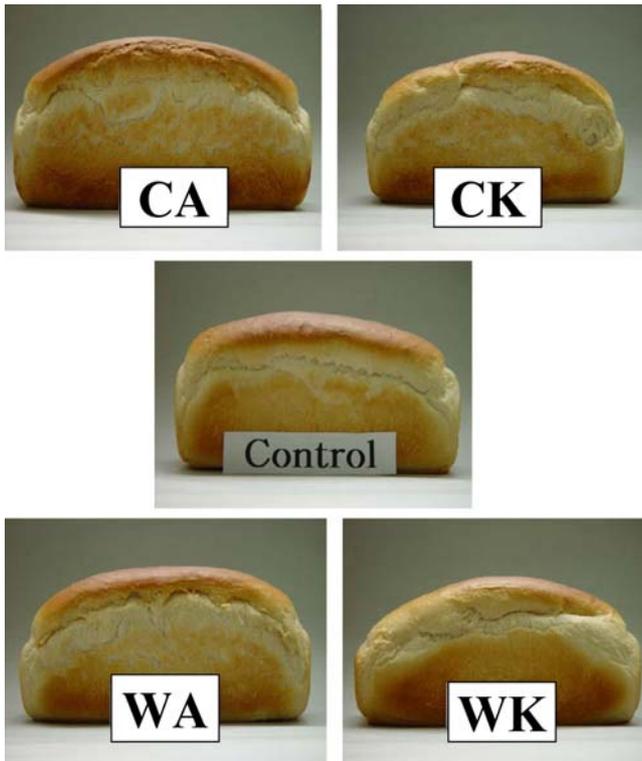


Fig. 2. External shapes of breads made of frozen dough added with protein-polysaccharide mixtures. Control, wheat flour 100%; CA, casein-sodium alginate; CK, casein-κ-carrageenan; WA, whey-sodium alginate; WK, whey-κ-carrageenan.

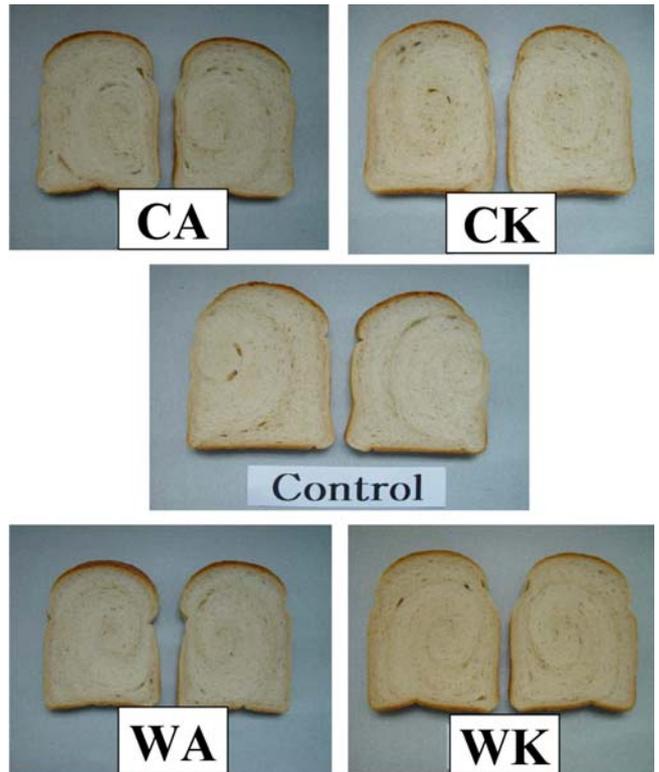


Fig. 3. Internal shapes of breads made of frozen dough added with protein-polysaccharide mixtures. Control, wheat flour 100%; CA, casein-sodium alginate; CK, casein-κ-carrageenan; WA, whey-sodium alginate; WK, whey-κ-carrageenan.

로, WA 첨가구는 4.32 cm³/g에서 4.13 cm³/g으로 그 감소율이 적었고 WK 첨가구는 유의적이진 않지만 예외로 4.00 cm³/g에서 4.17 cm³/g으로 증가하였다. 냉동-해동 횟수가 증가함에 따라 대조 식빵보다 단백질-다당류 혼합물 첨가 식빵에서 비용적의 감소율이 작아지는데 단백질-다당류 혼합물을 첨가했을 경우 다당류의 보수성과 단백질의 수화를 감소로 얼음 결정이 감소되어(24) 냉동 저장 시 영향을 덜 받은 것으로 생각된다. 빵의 부피는 단백질 함량, glutenin과 gliadin의 외부에서 첨가되는 단백질 비율이 중요하며(25) 그 외 밀가루에 함유된 전분, 극성지질과 가스 팽창제 등에 의해 영향을 받는다. 밀도는 빵을 씹을 때 씹히는 맛의 차이를 보여주며 밀도가 작을수록 쫄깃한 느낌, 밀도가 크면 부드러운 느낌을 주게 된다. 기본적으로 비용적은 빵의 밀도를 나타내는데 비용적이 큰 빵일수록 더 가볍고 팽창되어 있으며 부드러운 반면 비용적이 작은 빵은 기공이 조밀하고 딱딱한 빵임을 나타낸다.

단백질-다당류를 첨가한 식빵의 수분 함량 변화

빵의 수분함량은 노화도와 상관성이 있으며 갓 구운 빵의 겉질에 12%, 빵 속에 45% 수분을 함유하고 있는데 이를 식하면 빵 속의 수분이 바깥쪽으로 옮겨가 고른 수분 분포를 나타내게 된다. 일반적으로 빵의 냉각은 빵 속의 온도를 35-40°C로, 수분 함량을 38%로 낮추는 것이다. 빵의 저장 기간별 수분함량은 Table 4과 같았다. 제조 당일 날의 수분함량은 42.28-42.99%로 대체로 비슷하였다. 저장중의 수분함량은 대조 빵보다 단백질-다당류 혼합물 첨가 식빵이 높은 경향은 반죽 과정에서 sodium alginate와 κ-carrageenan을 첨가한 밀가루 반죽에서 수분 흡수율이 높은 것

과 같은 경향이었다. Kyung과 Lee(8)는 κ-carrageenan과 같은 검류를 밀가루에 첨가한 경우 대조구에 비해 반죽흡수율이 높았으며 검류 첨가 빵이 대조구보다 수분의 감소가 적게 나타났다고 보고하였다. 빵이 노화되는 원인은 부위별 수분의 이동과 같이 물과 관계가 있으며 호화된 전분이 노화되기 때문이라 생각된다(26). 저장동안 수분의 이동은 빵의 노화에 중요한 영향을 주는데 빵을 장기간 저장하면 저장 기간에 따라 수분함량이 감소하고 수분의 이동은 빵의 내부인 crumb 부분에서 crust로 일어나며 빵에 함유된 수분이 전분의 노화에 사용되어 수분의 이동이 감소한다. Table 4에서 보듯이 단백질-다당류 혼합물 첨가 식빵의 경우는 저장 중 수분함량이 대조 식빵보다 감소율이 적은 경향을 보여 수분 감소를 지연시키는 효과가 있어 저장 중의 품질을

Table 4. Moisture contents of breads made of frozen dough stored at 4°C and 20°C for 4 days (Unit: %)

Samples ¹⁾	Day 0	4°C	20°C
		Stored for 4 days	
Control	42.52±1.27 ²⁾	41.18±1.18 ^a	42.17±3.79 ^a
CA	42.88±0.28 ^a	41.67±2.09 ^a	43.59±1.26 ^b
CK	42.86±0.13 ^a	41.69±6.82 ^a	42.87±0.35 ^a
WA	42.28±0.26 ^a	41.41±2.97 ^a	42.95±2.14 ^a
WK	42.99±0.28 ^a	42.84±4.22 ^a	42.57±1.26 ^b

¹⁾Control, wheat flour 100%; CA, casein-sodium alginate; CK, casein-κ-carrageenan; WA, whey-sodium alginate; WK, whey-κ-carrageenan Values represent means±standard deviations.

²⁾Means within the same row with the same letters are not significantly different (*p*<0.05).

Table 5. Effect of protein-polysaccharide mixtures on the textural properties of breads stored at 4°C and 20°C for 4 days

Characteristics	Storage condition Day-temperature	Control	Samples ¹⁾			
			CA	CK	WA	WK
Hardness (kgf)	0-20 ²⁾	^z 84.0±7.6 ^{a6)}	^z 70.4±3.0 ^a	^z 75.8±11.4 ^a	^y 84.2±20.1 ^a	^z 91.0±26.4 ^a
	4-20 ³⁾	^y 254.8±40.9 ^a	^y 155.8±18.0 ^d	^y 171.6±22.4 ^{cd}	^x 208.4±32.9 ^{bc}	^y 214.6±34.0 ^{ab}
	4-4 ⁴⁾	^x 317.8±38.8 ^a	^x 226.8±64.7 ^b	^x 277.2±49.7 ^{ab}	^x 223.0±47.9 ^b	^x 304.6±25.9 ^a
Springiness	0-20	^y 138.6±30.4 ^a	^z 78.2±24.6 ^a	^z 100.4±52.3 ^a	^y 144.8±90.1 ^a	^z 140.0±91.7 ^a
	4-20	^x 616.6±62.6 ^a	^y 385.6±69.1 ^c	^y 454.6±53.8 ^{bc}	^x 503.0±76.1 ^b	^y 541.0±72.5 ^{ab}
	4-4	^x 645.0±50.4 ^a	^x 578.4±106.8 ^a	^x 653.2±102.1 ^a	^x 536.4±168.0 ^a	^x 647.2±48.0 ^a
Cohesiveness	0-20	^z 232.4±38.2 ^a	^y 143.2±36.4 ^a	^y 179.0±58.5 ^a	^y 207.6±95.8 ^a	^y 217.6±105.4 ^a
	4-20	^x 396.0±28.9 ^a	^x 361.8±432.0 ^a	^x 433.2±104.1 ^a	^x 399.8±39.7 ^a	^x 404.8±40.6 ^a
	4-4	^y 349.6±4.2 ^b	^x 378.8±27.5 ^{ab}	^x 365.2±10.8 ^{ab}	^x 412.0±74.9 ^a	^x 353.6±7.9 ^b
Chewiness	0-20	^y 2.60±1.1 ^a	^z 0.80±0.8 ^a	^z 1.60±1.3 ^a	^y 3.60±3.0 ^a	^z 4.20±4.9 ^a
	4-20	^x 63.8±20.0 ^a	^y 22.6±7.9 ^c	^y 33.8±9.0 ^{bc}	^x 43.4±13.5 ^b	^y 47.2±11.1 ^{ab}
	4-4	^x 72.0±13.2 ^a	^x 57.6±24.7 ^a	^x 67.8±21.1 ^a	^x 48.8±17.7 ^a	^x 69.8±9.8 ^a

Values represent means±standard deviations.

¹⁾Control, wheat flour 100%; CA, casein-sodium alginate; CK, casein-κ-carrageenan; WA, whey-sodium alginate; WK, whey-κ-carrageenan

²⁾0 day at 20°C; ³⁾4 days at 20°C; ⁴⁾4 days at 4°C

⁵⁾Means within the same column with the same letters are not significantly different ($p < 0.05$).

⁶⁾Means within the same row with the same letters are not significantly different ($p < 0.05$).

유지할 수 있을 것으로 생각된다.

단백질-다당류를 첨가한 식빵의 텍스처 변화

빵의 텍스처를 측정된 결과는 Table 5와 같았다. 빵의 노화가 가장 잘 일어나는 온도인 4°C에서 4일간 저장한 빵의 견고성을 측정된 결과 단백질-다당류 혼합물 첨가한 빵이 223.0-304.6로 저장하지 않았을 때(70.4-91.0)의 3-4배의 증가를 보였고 대조식빵은 84.0에서 317.8로 거의 4배의 증가를 보였다. 빵은 저장 중 견고성이 증가하며 이는 전분의 노화와 상관성이 있다. 견고성은 빵을 굽는 동안 전분의 노화 현상으로 일어나는데 본 실험의 견고성의 증가도 이러한 노화 현상에 의한 것으로 생각된다.

저장 초기의 빵의 견고성은 비용적이 가장 낮았던 WK 첨가 식빵이 가장 높았고 비용적이 가장 컸던 CA 첨가구가 가장 낮아 빵의 경도 변화는 비용적과 역의 상관관계를 나타내었음을 알 수 있다. 4°C에서 4일간 저장한 CA와 WA 첨가 빵의 경우 대조 빵 317.8과 비교할 때 226.8과 223.0으로 낮은 경도를 보였는데 이는 검류의 첨가가 반죽의 냉동 상태에서 글루텐 구조의 물리적 손상을 적게하여 경도가 감소하였다고 보고하였는데(8) 본 실험에서도 sodium alginate 첨가가 빵의 경도를 감소시켰기 때문으로 생각된다. 탄력성은 대조 빵이 138.6으로 CA와 CK 첨가 빵의 78.2, 100.4보다 높았고 WA와 WK 첨가 빵의 144.8, 140.0과

는 비슷하였으며 저장기간 중 현저히 증가하였다. 시료 간의 유의적인 차이는 제조 당일과 4°C에서 4일간 저장 시 없었지만 20°C에서 4일간 저장의 경우 첨가 빵에서 유의적인 차이를 나타냈다. 이는 검류의 첨가로 인한 압착 스트레스에 대한 복원력이 부족한 결과라 생각된다(27).

응집성은 대조 빵에서 가장 높았고, 저장 중 CK, WK 첨가 빵이 대조 빵보다 높았고 4°C에서 4일간 저장 시 모든 첨가 빵이 대조 빵보다 높았으며 시료 간 유의적인 차이는 4°C에서 4일간 저장에서만 나타났다. 씹힘성은 제조 당일에 대조 빵이 CA, CK 첨가 빵보다 높았고 WA, WK 첨가 빵보다는 낮았지만 저장에 따라 대조 빵이 가장 높았으며 시료 간 유의적인 차이는 20°C에서 4일간 저장에서만 나타났다. 20°C에서 4일간 저장 후 씹힘성의 유의적인 차이는 단백질-다당류 혼합물의 첨가로 보수성을 증진시켜 빵의 경화를 지연시켜 저장성을 증진시킴으로 대조 빵보다 저장에 따른 노화가 느리게 진행되어 상대적으로 부드러운 감을 주는 것으로 생각된다. 이는 sodium alginate와 κ-carrageenan이 빵에 있어서 경화 현상을 지연시킨 것으로 생각된다.

단백질-다당류를 첨가한 식빵의 색도

식빵 crumb의 색도를 조사한 결과는 Table 6과 같았다. 명도를 나타내는 L*값은 대조 빵이 67.6로 나타났고, 첨가 빵은 68.8에

Table 6. Crumb color of the breads made of frozen dough containing protein-polysaccharide mixtures

Samples ¹⁾	L*	a*	b*
Control	67.6±0.85 ²⁾	4.10±0.35 ^a	22.1±0.48 ^a
CA	70.0±1.28 ^b	3.12±0.29 ^b	19.4±0.52 ^b
CK	68.8±1.15 ^{bc}	3.17±0.11 ^b	20.0±0.28 ^b
WA	70.4±1.16 ^b	3.30±0.43 ^b	19.8±0.93 ^b
WK	72.4±0.78 ^a	3.10±0.42 ^b	19.3±1.20 ^b

Values represent means±standard deviations.

¹⁾Control, wheat flour 100%; CA, casein-sodium alginate; CK, casein-κ-carrageenan; WA, whey-sodium alginate; WK, whey-κ-carrageenan

²⁾Means within the same column with the same letters are not significantly different ($p < 0.05$).

Table 7. Crust color of the breads made of frozen dough containing protein-polysaccharide mixtures

Samples ¹⁾	L*	a*	b*
Control	39.1±1.52 ²⁾	18.2±0.87 ^a	24.1±2.44 ^a
CA	32.8±0.47 ^c	14.1±0.52 ^b	15.4±0.72 ^b
CK	34.2±3.34 ^c	14.9±1.87 ^b	16.8±4.61 ^b
WA	40.7±3.73 ^b	17.3±0.70 ^a	25.3±3.95 ^a
WK	50.8±1.10 ^a	17.4±0.20 ^a	35.3±0.81 ^a

Values represent means±standard deviations.

¹⁾Control, wheat flour 100%; CA, casein-sodium alginate; CK, casein-κ-carrageenan; WA, whey-sodium alginate; WK, whey-κ-carrageenan

²⁾Means within the same column with the same letters are not significantly different ($p < 0.05$).

Table 8. Sensory evaluation of breads made of frozen dough with protein-polysaccharide mixtures

Sensory	Samples ¹⁾				
	Control	CA	CK	WA	WK
Symmetry	3.00±1.07 ^{b2)}	3.63±0.52 ^{ab}	3.63±0.52 ^{ab}	3.88±0.35 ^a	3.38±0.74 ^{ab}
Crust color	3.75±0.71 ^{ab}	3.00±0.93 ^{bc}	3.00±0.93 ^{bc}	4.25±0.89 ^a	2.63±0.74 ^c
Break-shred	4.00±0.76 ^a	3.38±0.92 ^a	3.13±0.64 ^a	3.75±1.04 ^a	3.63±0.74 ^a
Crumb color	3.00±0.76 ^b	3.63±0.92 ^{ab}	3.38±0.52 ^{ab}	3.63±0.74 ^{ab}	3.88±0.83 ^a
Grain	2.88±0.64 ^c	3.25±0.71 ^{bc}	3.38±0.74 ^{abc}	4.00±0.76 ^a	3.75±0.46 ^{ab}
Texture	2.75±0.71 ^b	3.50±0.53 ^{ab}	3.13±0.64 ^{ab}	3.88±0.83 ^a	3.38±0.74 ^{ab}
Aroma	3.25±0.71 ^a	3.25±0.71 ^a	3.25±0.46 ^a	3.38±0.52 ^a	3.38±0.52 ^a
Taste	3.75±1.04 ^a	3.25±0.89 ^a	3.50±0.53 ^a	3.63±0.74 ^a	3.63±0.52 ^a
Overall acceptability	3.75±0.89 ^a	3.88±0.64 ^a	3.50±0.76 ^a	3.50±0.53 ^a	4.00±1.07 ^a

Values represent means±standard deviations.

¹⁾Control, wheat flour 100%; CA, casein-sodium alginate; CK, casein-k-carrageenan; WA, whey-sodium alginate; WK, whey-κ-carrageenan.

²⁾Means within the same row with the same letters are not significantly different ($p<0.05$).

서 72.4로 대조 빵보다 높았다. 적색도 a*값은 대조 빵이 4.10로 가장 높았고 첨가 빵은 3.10-3.30으로 낮았다. 황색도 b*값은 대조 빵에서 22.1로 가장 높았고 첨가 빵은 19.3-20.0로 대조 빵과 비교하여 낮았다. 대조 빵과 전반적으로 유의적인 차이를 나타냈고 밝기의 증가와 황색도, 적색도 값의 감소를 통해 단백질-다당류 혼합물 첨가 빵의 경우 희고 밝은 빵을 선호하는 소비자들에게 호감을 줄 것으로 기대된다. 빵 겉의 색도를 조사한 결과는 Table 7과 같았다. 껍질색의 변화는 아미노 화합물과 환원당과의 반응에 의한 메일라드 반응에 기인한다. 빵의 껍질색의 L*값은 대조 빵이 39.1로 CA와 CK 첨가 빵의 32.8과 34.2보다 높았고 WA 첨가 빵의 40.7과는 유의적인 차이가 없었다. 그리고 WK 첨가 빵이 50.8로 유의적으로 높았다. 적색도 a*값은 대조 빵 18.2와 비교하여 CA와 CK 첨가 빵이 유의적으로 낮았고 WA와 WK 첨가 빵은 유의적인 차이가 없었다. 황색도 b*값은 대조 빵 24.1와 비교하여 CA와 CK 첨가 빵이 유의적으로 낮았고 WA와 WK 첨가 빵은 대조 빵과 유의적인 차이가 없었다. 껍질색에 있어서는 WA 첨가 빵의 경우 밝기와 적색도, 황색도에서 대조 식빵과 유의적인 차이 없어 소비자들이 별다른 거부감 없이 황금 갈색의 먹음직한 빵으로 선호도를 유지시킬 것으로 생각된다.

단백질-다당류를 첨가한 식빵의 관능 검사

단백질-다당류 혼합물 첨가 빵의 관능적 특성에 대한 평가는 Table 8에 나타내었다. 내부평가에 있어서 식빵의 속 색상(crumb color)은 WK 첨가 빵이 3.88로 가장 높았는데 이는 밝고 흰 속 색상의 빵을 원하는 소비자들의 기호도와 일치한 것으로 생각되며 그 외의 단백질-다당류 혼합물 첨가 빵에서도 대조 빵 3.00과 비교하여 향상된 높은 점수를 받았다. 기공에 따른 균일성(grain)은 단백질-다당류 혼합물 첨가 빵이 3.25에서 4.00으로 대조 빵 2.88과 비교하여 비교적 좋은 평가를 받았다. 이는 κ-carrageenan과 같은 검류 첨가반죽의 미세구조의 관찰에서 대조구와 검류 첨가 반죽의 미세구조를 비교했을 때 검류를 첨가한 반죽이 대조구에 비하여 글루텐 결합이 굵고 구조적으로 안정된 공간을 많이 갖고 있다고 보고하였는데(8) 본 실험에서도 sodium alginate와 κ-carrageenan 첨가로 혼합시간이 길어져 재료 분산성에 영향을 미쳐 단백질과의 복합체를 잘 형성하였고 냉동-해동에 따른 반죽 물성의 변화를 적게하여 얼음 결정의 크기를 줄인데서 기인한 것으로 생각된다. 텍스처(texture)에서도 단백질-다당류 혼합물 첨가 빵이 3.13에서 3.88로 대조 빵 2.75보다 좋은 평가를 받았다. 외부평가의 경우 대칭형(symmetry)에 있어서 WA 첨가

빵이 3.88로 가장 높았고 그 외 첨가 빵도 대조 빵 3.00과 비교하여 향상되었다. 외부색상(crust color)에서는 WA 첨가 빵이 4.25로 대조 빵 3.75보다 높은 값을 받았는데 이는 WA 첨가 빵의 경우 밝기와 적색도, 황색도에서 대조 빵과 유의적인 차이 없어 소비자들이 거부감을 느끼지 않았기 때문이라 생각되며 나머지 첨가 빵에서는 유의적인 차이가 없었다. 터짐성(break-shred)에 있어서는 유의적인 차이가 없었다. 향(aroma)과 맛(taste)에 있어서는 유의적인 차이가 없는 것으로 나타나 단백질-다당류 혼합물 첨가가 내부 특성과 맛에 부정적인 영향을 끼치지 않는다고 생각된다. 전체적인 기호도(overall acceptability)에서도 유의적인 차이는 없었지만 대조 빵과 첨가 빵 모두 3.50 이상의 높은 점수로 좋은 평가를 받았다. 이상의 결과는 Tsen(28)이 반죽의 흡수율이 높을수록 빵 제조 시 빵 부피를 증가시키고 빵이 부드러워 진다고 보고한 것과 같이 냉동기간 동안 단백질-다당류 혼합물의 첨가로 인한 흡수율, 팽창력, 비용적 등의 물성의 개선에서 기인되는 것으로 생각된다. 이를 종합적으로 살펴볼 때 단백질-다당류 혼합물 첨가 빵이 무첨가 빵과 비교하여 소비자의 기호도에서 차이가 없음을 알 수 있었고 빵의 관능적 특성을 변화시키지 않는다는 결과를 가져왔다.

요 약

본 연구에서는 냉동반죽의 동결장해와 동결손상으로 제빵성이 저하되는 것을 막기 위한 방법의 하나로 단백질-다당류 혼합물(protein-polysaccharide mixtures, 1:1)을 냉동반죽에 첨가하여 빵을 제조하여 품질 특성을 조사하였다. CA 첨가 빵이 총 부피와 비용적에서 가장 높았고 냉동-해동 cycle별 비용적은 첨가 빵이 대조 빵보다 감소율이 작았다. 빵의 저장중 수분함량의 변화는 첨가 빵이 대조 빵보다 감소율이 작아 수분 보유력에 효과가 있음을 알 수 있었다. Crumb 색도는 첨가 빵이 대조 빵보다 L*값은 높았으나 a*와 b*값은 낮았다. Crust 색도는 CA와 CK 첨가 빵은 L*, a*, *b값 모두 대조 빵보다 낮았지만 WK 첨가 빵은 L*값이 높았다. 저장 기간중 텍스처는 대조 빵과 첨가 빵 모두 견고성과 탄력성이 저장중 증가하였다. 응집성은 저장에 따라 WK 첨가 빵이 대조 빵보다 높았고 씹힘성은 20°C에서 4일간 저장에서만 대조 빵이 CA, CK, WA 첨가 빵보다는 높았다. 관능 평가 결과, 단백질-다당류 혼합물 첨가 빵이 내부 평가와 외부 평가에서 높은 경향을 보였으나 향, 맛, 전체적인 기호도에서는 유의적인 차이를 보이지 않았다. 위의 결과들을 통해 단백질-다당류 혼

합물을 첨가할 경우 제빵 적성을 향상시켜주며 CA와 WA를 냉동반죽 제조 시 첨가하면 동결손상으로 인한 제빵성의 저하를 억제할 수 있으며 빵의 노화를 지연시켜 저장수명을 연장시킬 수 있을 것으로 생각된다.

감사의 글

본 연구는 전남대학교 농업과학기술연구소의 일부 연구비 지원으로 수행한 결과로서 이에 감사드립니다.

문헌

- Aibara S, Nishimura K, Esaki K. Effects of shortening on the loaf volume of frozen dough bread. *Food Sci. Biotechnol.* 10: 521-528 (2001)
- Kenny S, Wehrle K, Auty M, Arendt EK. Influence of sodium caseinate and whey protein on baking properties and rheology of frozen dough. *Cereal Chem.* 78: 458-463 (2001)
- Ribotta PD, Perez GT, Leon AE, Anon MC. Effect of emulsifier and guar gum on micro structural, rheological, and baking performance of frozen bread dough. *Food Hydrocolloid.* 18: 305-313 (2004)
- Berglund PT, Sheltod RN, Freeman TP. Frozen bread dough ultra-structure as affected by duration of frozen storage and freeze-thaw cycles. *Cereal Chem.* 68: 105-107 (1991)
- Kim DH, Koh BK. Freezing and fermentation curves of the dough frozen at the different freezing condition. *Food Sci. Biotechnol.* 11: 99-104 (2002)
- Myers DK, Attfield PV. Intracellular concentration of exogenous glycerol in *Saccharomyces cerevisiae* provides for improved leavening of frozen sweet doughs. *Food Microbiol.* 16: 45-51 (1999)
- Kenny S. Correlations between empirical and fundamental rheology measurements and baking performance of frozen bread dough. *Cereal Chem.* 76: 421-425 (1999)
- Kyung JH, Lee MK. Trends in technology of bakery. *Food Sci. Ind.* 36: 13-17 (2003)
- Lu W. Role of flour fractions in breadmaking quality of frozen dough. *Cereal Chem.* 76: 663-667 (1999)
- Dubois DK, Blockcolsky D. Frozen bread dough, effect of additives. *Am. Inst. Baking Tech. Bull.* 8: 1-7 (1986)
- Onsoyen E, Thomas WR. Alginates, carrageenan. pp. 1-25. In: *Thickening and Gelling Agents for Food*. Imeson A (ed). Blackie Academic & Professional Co., Inc., London, UK (1992)
- Ribotta PD, Leon AE, Anon MC. Effect of freezing and storage of doughs on bread quality. *J. Agr. Food Chem.* 49: 913-918 (2001)
- Kenny S, Wehrle K, Stanton C. Incorporation of dairy ingredients into wheat bread: Effects on dough rheology and bread quality. *Eur. Food Res. Technol.* 210: 391-396 (2000)
- Cocup RO, Sanderson WB. Functionality of dairy ingredients in bakery products. *Food Technol.* 41: 102-104 (1987)
- Gallagher E, Gormley TR, Arendt EK. Crust and crumb characteristics of gluten free breads. *J. Food Eng.* 56: 153-161 (2003)
- Erdogdu-Arnoczky N, Czuchajowska Z, Pomeranz Y. Functionality of whey and casein on fermentation and in breadbaking by fixed and optimized procedures. *Cereal Chem.* 73: 309-316 (1996)
- Wang ST, Barringer SA, Hansen PMT. Effects of carboxymethyl cellulose and guar gum on ice crystal propagation in a sucrose-lactose solutions. *Food Hydrocolloid.* 12: 211-215 (1998)
- AACC: Approved Method of the AACC, 8th ed. *Methods 10-10B and 44-15A*. American Association of Cereal Chemists. St. Paul, MN, USA (1983)
- Pyler EJ. *Baking Science and Technology*. Siebel Publishing Co., Chicago, IL, USA. pp. 586-593 (1979)
- Hwang HS, Kim GS, Kim J, Lee SH, Park JS. *SAS Statistics Analysis*. Chung-Moon Publishing Co., Seoul, Korea. pp. 84-100 (2001)
- Kim HJ, Kang WW, Moon KD. Quality characteristics of bread added with *Gastrodia elata* blume powder. *Korean J. Food Sci. Technol.* 33: 437-443 (2001)
- Zounis S, Quail KJ, Wootton, M, Dickson MR. Studying frozen dough structure using low-temperature scanning electron microscopy. *J. Cereal Sci.* 35: 135-147 (2002)
- Inoue Y, Bushuk W. Effects of frozen storage and freeze-thaw cycles on baking and rheological properties. *Cereal Chem.* 68: 627-631 (1991)
- Choi SH, Chang WK, Jung JK, Oh DK, Lee BO. Changes of rheological properties of yogurt by different kinds of stabilizers. *Korean J. Food Sci. Ani. Resour.* 18: 35-41 (1998)
- Kim BR, Choi YS, Lee SY. Study on bread-making quality with mixture of buckwheat-wheat flour. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 29: 241-247 (2000)
- Oh HK. A study on the characteristics of the bread added to samultang. MS thesis, Chonnam National University, Gwangju, Korea (2002)
- Yi SY, Kim CS. Effects of added yam powders on quality characteristics of yeast leavened pan breads made from imported wheat flour and Korean wheat flour. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 30: 56-63 (2001)
- Tsen CC. Chemical dough development. *Bakers Dig.* 47: 44-46 (1973)