

변성 전분을 첨가한 식빵의 품질 특성

김효숙¹ · 이승주² · 이승주^{1*}

¹동국대학교 식품공학과, ²세종대학교 조리외식경영학과

Quality Characteristics of White Bread added Modified Starch

Hyo Suk Kim¹, Seung Joo Lee² and Seung Ju Lee^{1*}

¹Dept. of Food Science and Technology, Dongguk University, Seoul 100-715, Korea

²Dept. of Culinary and Food Service Management, Sejong University, Seoul 143-747, Korea

ABSTRACT

The textural properties of breads containing modified starches such as pregelatinized waxy corn starch, acetylated potato starch and hydroxypropylated tapioca starch, were investigated to determine the optimum addition level of modified starches. Effects of modified starches on dough properties were investigated through a farinogram and amylogram based on the different additional levels of modified starches (3%, 6%, 9%, 12% and 15% of flour content). Moisture contents and firmness values were measured to investigate the degree of retrogradation at 0 h, 36 h and 72 h after production. The levels of moisture contents were highest upon addition of pregelatinized waxy corn starch followed by acetylated potato starch and lowest upon addition of hydroxypropylated tapioca starch. Overall, higher moisture contents resulted in lower firmness levels. The preference scores by type of modified starch were highest upon addition of 9% hydroxypropylated tapioca starch, 3% pregelatinized waxy corn starch, and 6% acetylated potato starch, respectively. Preference scores were significantly correlated with textural properties such as volume, absorption, stability and weakness ($p < 0.01$).

Key words: Modified starch, dough properties, white bread, firmness, texture

서 론

전분은 옥수수, 밀, 쌀, 감자, 고구마, 타피오카와 같은 식물에서 얻어지는 가장 풍부한 천연원료의 하나로, 전 세계 인류의 섭취열량의 70~80%를 차지하고 있는 가장 중요한 식량자원이다(Lee HM *et al* 2013). 전분은 영양학적 측면뿐만 아니라, 팽윤, 호화, 겔화, 노화 등 전분이 가지고 있는 다양한 물리적 현상으로 식품산업에서 증점제, 보형제, 냉해동 안정제 및 유화안정제로 널리 사용되고 있으며, 식품의 조직감, 기호성, 품질을 향상시키는 등 기능성을 부여하는 중요한 성분이다(Mason WR 2009; Singh N *et al* 2003). 전분의 성질은 원료가 되는 식물의 종류나 품종, 생육환경, 전분의 제조조건, 순도, 전분 입자의 크기 등에 따라 많은 차이가 있으며, 그것에 따라 전분의 용도가 달라진다.

식품의 특정한 용도에 따라 천연 전분의 한계를 보완하기 위하여 천연 전분을 효소, 화학적, 물리적으로 변화시킨 변성 전분(modified starch)이 식품 전반에 사용되면서 이에 대한 다양한 연구가 이루어지고 있다(Yook C *et al* 1991; Morikawa

K & Nishinari K 2000; Choi MH & Yoo BS 2007). 변성 전분의 분류별 특징으로, 산화 전분(oxidized starch)은 호화개시 온도 저하, 호액점도 저하, 안정성 향상, 호액 투명성, 피막형성 향상, 백도 향상, 분말유동성 향상 등이 있고, 스낵제품의 광택, 간장, 된장, 캔디, 면류의 타분 등에 사용되고 있다. 치환 전분은 팽윤 촉진, 호화온도 저하, 노화내성 안정성, long body 텍스처의 특징이 있고, 제면, 제빵 등 가공식품에 널리 이용되고 있다. 특히 히드록시프로필기를 alkylation 시켜 얻어지는 변성 전분은 동결·해동 안정성, 저장성 및 투명도를 개선시키는 장점을 가지고 있어 다양하게 이용되고 있다. 이러한 치환 전분은 주로 식품의 농후제(thickening agent)로서 많이 사용되고 있다(Perera C & Hoover R 1999; Reddy I & Seib PA 2000). 가교 전분은 전분분자 내에 견고한 고분자 골격이 형성되어 전분의 내전단성, 내열성, 내산성을 높이는 특징을 갖고 있다(Banwart GJ 1998). 호화 전분은 냉수에 호화가 됨으로 가열하지 않고 점성, 보수성, 점착성, 보형성 등의 물성을 갖게 하는 특징이 있으며, 튀김용 버터, 케익용 버터, 프리믹스 등에 이용되고 있다(B&C World 2003).

치환 전분의 일종인 초산 전분(acetylated starch)은 제과제빵에서 가장 널리 사용되고 있으며, 팽윤력, 용해도, 페이스

*Corresponding author : Seung Ju Lee, Tel: +82-2-3408-3187, Fax: +82-2-3408-4313, E-mail: lseungju@dongguk.edu

트 투명도 및 냉·해동 안정성이 증가하고, 호화온도와 전분 페이스트의 이수현상은 감소하며, 점성 및 탄성이 증가하는 것으로 알려져 있다(Whistler RL & BeMiller JN 1997). 이러한 특성은 acetyl기의 치환도에 따라 차이를 보이며(Shon KJ *et al* 2006), 치환도는 전분원료, 입자 크기와 분자 구조 등에 따라 달라질 수 있는 것으로 알려져 있다(Joosten GEH *et al* 1988; Chen Z *et al* 2004). 감자 전분을 변형시킨 acetylated 전분은 견고한 망상구조를 형성하여 내열성, 내산성을 높이며, 쉘 강도를 증가시킨다(Rutenberg MU & Solarek D 1984). 이러한 특성 때문에 초산 감자 전분은 인스턴트 라면에 주로 사용되며, 감자 전분 함량이 라면의 물성에 미치는 영향에 대한 연구가 이루어졌다(Shon KJ *et al* 2006). 그 외에 치환 전분으로 히드록시프로필화 타피오카 전분(hydroxypropylated tapioca starch)의 활용도 증가하고 있으며 소맥 전분보다 호화되기 쉽고 특유의 짭짤한 맛을 부여하는 특성을 가지고 있다(B&C World 2003). 찰진 식감을 선호하는 국내 소비자의 기호에 맞게 프리믹스 제품의 찰호떡 믹스와 절편, 가래떡에도 이용되고 있다. 관련 선행연구로는 변성 전분을 첨가한 절편의 품질 특성 분석 연구(Ahan GJ 2005), 변성 전분 첨가에 따른 쌀쿠기의 조직감에 미치는 영향을 분석한 연구가 보고되었다(Lee JK *et al* 2013).

이에 본 연구에서는 제빵용 밀가루에 찰진 식감을 위해 주로 이용되는 히드록시프로필화 타피오카 전분과 점성과 보수성을 향상시키는 알파화 전분(찰옥수수 전분)과 인스턴트 면에 사용되는 초산감자 전분 3종류의 각기 다른 용도와 특성을 갖은 변성 전분을 첨가하여 식빵의 노화도, 부피, 조직감 등의 제빵특성을 파악하고, 기호도 검사를 통해 변성 전분의 최적 첨가량을 알아보려고 하였다.

재료 및 방법

1. 재료

본 실험에는 제빵용 밀가루(Daesun Flour Mills Co., Seoul, Korea), 알파화 찰옥수수 전분(Daesang Co., pre-gelatinized waxy corn starch, Seoul, Korea), 초산 감자 전분(AVEBE Co., E1420, Veendam, Netherlands), 히드록시프로필화 타피오카 전분(Siam modified starch Co., Kreation D8, Veendam, Netherlands)을 사용하였다. 제빵용 재료로는 효모(Societe Industrielle Lesaffre Co., saf instant yeast, Paris, France), 탈지분유(서울우유협동조합, Seoul, Korea), 쇼트닝(❷)오뚜기식품, 비유화성 쇼트닝, Seoul, Korea), 소금(❷)CJ 제일제당, 천일염 100%, Seoul, Korea), 설탕(❷)CJ 제일제당, 정백당, Seoul, Korea)을 사용하였다.

2. 실험방법

1) 일반성분 측정

밀가루와 각 시료의 수분측정은 AOAC 방법(1998)에 따라 각각의 시료 3 g(d.b)을 취하여 할로젠 방식 수분측정기(Moisture Analyzer, MA-100, Sartorius, Goppingen, Germany)를 사용하여 3회 반복하여 측정하였다. 조단백질 측정은 AACC 방법 46-12(AACC 2000)에 따라 단백질분석기(Kjeltec, TM-8400, FOSS Tecator, Hogana, Sweden)를 사용하여 3회 반복하여 질소계수($N \times 5.7$)를 적용하여 계산하였다. 조회분 측정은 AACC 방법 08-01(AACC 2000)에 따라 각각의 시료 3 g (d.b)을 칭량, 예열된 550~600°C의 회화로(Professional Furnaces, L-400 KISN, Vecstar Ltd, Malven, England)에서 4시간 회화한 후 2시간 방냉하여 칭량하였고, 각각 3회 반복하여 측정하였다. 조단백과 조회분 측정결과는 원물 함량으로 제시하였다.

2) Farinogram 측정

반죽시료의 Farinogram 특성은 Farinogram(M810144, Brabender Co., Ltd, Duisburg, Germany)를 이용하여, AACC 방법 54-21(AACC 1995)에 따라 시료 300 g(d.b)을 취하여 커브의 중앙이상의 500±20 BU에 도달할 때까지 흡수량을 조절하였으며, 반죽온도는 30±0.2°C가 유지되도록 하였다.

3) Amylogram 측정

각 시료의 Amylogram 특성은 AACC 방법 38-10(AACC 1995)에 따라 Visco/Amylograph(Visco graph E, Brabender, Co., Ltd, Duisburg, Germany)를 사용하여 분석하였다. 시료(수분 14% 기준) 65 g에 450 mL를 첨가한 현탁액을 제조하여 사용하였다. 30°C부터 95°C까지 75 rpm의 속도로 1.5°C/min로 가열하고, 95°C에서 20분간 유지시키고 50°C까지 냉각하면서 점도변화를 측정하였다.

4) 변성 전분을 첨가한 식빵의 품질 특성

(1) 식빵 제조

식빵 제조공정은 AACC(1995 10-09) 방법에 준하여 직접반죽법(straight-dough method)를 이용하여 소맥분 100 g용 pan을 이용한 open-top 형태의 식빵을 제조하였다. 변성 전분 첨가량은 선행연구(Choi MH & Yoo BS 2007)와 예비실험을 통해 각각의 변성 전분 첨가량을 밀가루 대비 3~15% 수준에서 결정하였다. 최종적으로 대조군과 변성 전분(Pre-gelatinized corn starch, acetylated potato starch, hydroxypropylated tapioca starch)을 각각 3%, 6%, 9%, 12%, 15%를 첨가하여 식빵을 제조하였다. 제빵에 사용된 시료별 배합비는 Table 1과 같다.

(2) 제빵 특성 분석

Table 1. White bread dough formulation
(Unit: % flour basis)

Ingredient	Percent ¹⁾	Weight(g)
Strong wheat flour	100	500
Water	63	315
Yeast (instant dry)	1	5
Salt	1	5
Shortening	4	20
Milk solid nonfat	4	20
Additives :		
	3	15
	6	30
Pre-gelatinized waxy corn starch (AC)	9	45
	12	60
	15	75
	3	15
Acetylated potato starch (AP)	6	30
	9	45
	12	60
	15	75
Hydroxypropylated tapioca starch (HT)	3	15
	6	30
	9	45
	12	60
	15	75

¹⁾ All ingredients based on flour as 100%.

수분 측정은 빵을 구운 다음 꺼내어 35℃로 냉각한 직후의 빵을 0시간으로 정하여 0시간과 72시간 후의 각각 빵의 수분을 AOAC 방법(AOAC 1998)에 의해 측정하였다. 냉각이 완료된 빵을 지퍼백에 넣고 밀폐된 플라스틱 통에 넣어 20시간 후에 유채 씨를 사용하여 빵의 부피를 측정하였다. 1,400 cm³의 부피로 된 틀 바닥에 유채 씨를 조금 깔고, 빵을 넣고 그 위에 다시 유채 씨로 덮고 다진 후 틀 위로 쌓인 유채 씨를 자로 일정하게 훑었다. 틀에 있는 유채 씨를 다시 메스실린더로 측정하여 빵의 부피를 산출하였다(Wang *et al* 2011).

(3) Firmness 측정

Texture analyzer(TA-XT2, Stable Micro System, Godalming,

England)를 이용하여 각 빵의 제조 후 0, 36, 72시간의 firmness의 변화를 AACC method 74-09에 따라 측정하였다. 먼저 빵의 중앙을 상하로 정확히 25 mm 두께로 절단하여 받침대에 올려놓았다. 36 mm 직경의 plunger를 100 mm/min(1.7 mm/sec)의 속도로 빵의 중앙 부위를 시료높이 25 mm에서 15 mm까지 40% 변형율로 압축하였다.

(4) 기호도 검사

각 시료를 35℃로 냉각시킨 후 지퍼백에 담아 빵의 수분이 전체적으로 균일하게 되도록 2시간 경과 후에 대선제분㈜(Changnyongri, Asan Chyungnam, Korea)에 근무하고 있는 직원 30명을 대상으로 9점 기호척도(대단히 싫음 1, 좋지도 싫지도 않음 5, 대단히 좋음 9)를 이용하여 기호도 검사를 실시하였다. 각 빵 시료의 두께를 1.5 cm²로 일정한 크기로 잘라, 패널에게 입가심용 물과 함께 제공하였다. 평가 항목은 맛(taste), 질감(texture), 탄력성(springness), 기호도(overall acceptance)를 평가하였다. 각 첨가 변성 전분 별로 3회에 나누어 기호도 평가를 실시하였고, 각 평가 세션에서는 변성 전분 첨가량을 달리한 6개의 시료를 제시하였다. 시료는 난수표로 표기되어 플라스틱 컵에 제시되었고, 패널은 무작위로 제시된 시료에 대해 평가하였다.

3. 통계분석

통계처리 대상 실험결과는 SPSS 18.0(SPSS Inc., Chicago, IL, USA)을 사용하여 분석하였다. 평균값의 비교는 Duncan's 다중비교검정에 의하여 유의적인 차이를 검정하였다. 또한 특성들 간의 상관관계를 알아보기 위해서 상관관계 분석을 실시해 Pearson's correlation coefficient를 산출하였다.

결과 및 고찰

1. 일반 성분

식품산업 전반에 주로 사용되는 초산감자 전분(AP), 알파화 전분(찰옥수수 전분, AC), 히드록시프로필화 타피오카 전분(HT)의 3종류의 변성 전분을 사용하여 식빵을 제조하고, 이의 품질 특성을 분석하였다. 본 연구에 사용된 밀가루의 수분 함량은 14.0%, 변성 전분인 AP 13.0%, AC 11.2%, HT 11.1%로 밀가루보다 전분의 수분함량이 낮은 것으로 측정되었다. 전분시료 중에서는 AP > AC > HT의 순서로 수분함량이 높았다. 단백질 함량은 밀가루 12.6%, AC 0.31%, HT 0.14%, AP 0.13%로 측정되었다. 밀가루의 단백질 함량이 12% 이상인 것에 비하면 전분의 단백질함량은 거의 없는 것으로 측정되었고, AC > HT > AP의 순서로 단백질함량이 높았다. 회분 함량은 밀가루 0.43%, AP 0.29%, HT 0.11%, AC 0.08%로 분

석되었고, 소맥분의 회분함량에 비해 각 변성 전분의 회분함량이 낮았으며, AP > HT > AC의 순서로 회분함량이 높게 측정되었다.

2. 반죽의 특성

각 시료의 farinograph 측정 결과는 Table 2와 같다. AC는 첨가량이 증가할수록 흡수율(absorption)이 증가되는 경향을 보였고, 9%부터는 더 이상 증가되지 않았다. 반죽형성시간(peak time)은 첨가량에 따라 계속 증가되었고, 안정도(stability), 탄력도(elasticity)는 감소하였으며, 강력도(valorimeter value), 약화도(weakness)는 증가하였다. AC의 첨가량이 증가할수록 반죽의 흡수량, peak time, 강력도가 증가된 것은 가열하지 않고도 냉수에 호화가 되는 특성으로서 보수성이 생겨 나타나는 현상과 반죽의 점착력이 높은 특성으로 수분흡수를 증가시키는 결과로 보여진다. 그러나 전체적인 반죽의 상태는 탄력이 약해지고 안정성이 떨어졌다. AP의 경우, 첨가량 증가에 따라 흡수율은 계속 떨어졌으나, 반죽형성시간은 첨가량 6%부터는 감소하지 않고 일정하게 유지되었고, 안정도, 탄력도, 약화도도 같은 경향을 보여, 첨가량 15%까지는 대부분 특성치의 큰 변화가 없는 것으로 결론을 낼 수 있다. HT는 첨가량이 증가할수록 흡수율이 떨어지는 경향을 보였으나, 큰

폭의 변화는 없었으며, 9%까지는 일정하였다. Peak time은 약간의 감소 경향이었고, 안정도는 12 %까지는 비슷한 수준이었으나, 첨가량 15%는 9분 10초로 크게 낮아졌으며, 탄력도와 약화도는 비슷한 측정값으로 큰 변화가 없었다. 이 같은 결과로부터 farinogram 특성치의 변화는 첨가량 12%까지는 거의 변화가 없다가 첨가량 15%부터 반죽의 안정성이 떨어진다는 사실을 알 수 있었다.

3. Pasting 점도 특성

각 시료를 amylograph로 측정된 결과는 Table 3과 같다. AC의 경우, 첨가량이 증가함에 따라 최고점도(peak viscosity), 최저점도(hot paste viscosity), 최종점도(cold paste viscosity), 붕괴점도(breakdown), 노화점도(setback)의 측정치는 감소하는 경향을 보였다. AP의 경우, 첨가량이 증가됨에 따라 최고점도, 최저점도, 최종점도, 붕괴점도가 증가되었고, 노화점도의 값은 감소하는 경향을 보였다. HT의 경우, AP와 유사하게 첨가량이 증가됨에 따라 최고점도, 최저점도, 최종점도, 붕괴점도 등의 측정치는 증가하였으나, 노화점도의 값은 감소하는 경향을 보였다. 노화점도는 노화 정도에서 겔구조 형성을 예측할 수 있는 지표로 전분용액의 노화점도가 낮으면 전분용액이 냉각될 때 겔 구조 형성을 위한 network 형성이 잘 이

Table 2. Farinograph parameters of bread flour added with modified starches

Additives	Additive content (%)	Absorption (%)	Peak time (m:s)	Stability (m:s)	Valorimeter value (v/v)	Elasticity (BU)	Weakness (BU)
Control	0	69.0	7:00	20:00	71	100	25
	3	71.0	6:10	14:30	69	100	35
	6	75.0	8:30	10:00	74	90	55
	9	78.0	9:00	6:30	73	80	100
	12	78.0	11:00	6:00	78	80	115
AC	15	78.0	12:00	5:20	81	70	110
	3	67.2	4:10	20:00	63	90	35
	6	66.3	2:30	20:00	61	90	35
	9	65.9	2:20	20:00	59	90	35
	12	65.6	2:30	20:00	58	85	35
AP	15	65.0	2:00	20:00	60	90	30
	3	68.2	2:40	17:00	58	90	40
	6	68.0	2:30	15:00	58	90	40
	9	67.5	2:30	18:00	58	90	37
	12	67.5	1:50	20:00	57	90	37
HT	15	67.5	1:50	9:10	56	80	40

Table 3. Pasting viscosity properties of bread flour added with modified starches

Additives	Additive content (%)	Initial pasting temperature (°C)	Initial pasting time (m:s)	Peak temperature (°C)	Peak viscosity (BU)	Hot paste viscosity at 95°C (BU)	Cold paste viscosity at 50°C (BU)	Breakdown (BU)	Setback (BU)	Total setback (BU)
Control	0	57.0	21:00	87.0	610	480	780	160	140	320
	3	56.5	21:00	87.3	590	460	770	130	180	310
	6	55.0	20:00	86.5	540	420	675	120	135	270
AC	9	54.0	20:00	85.0	470	375	605	95	135	185
	12	55.0	20:00	86.0	410	340	550	70	140	210
	15	56.5	21:00	86.5	370	305	495	65	125	190
AP	3	53.5	19:15	85.5	675	490	810	185	135	330
	6	55.0	20:00	87.3	695	525	790	170	95	265
	9	55.5	20:15	88.5	730	540	820	190	90	320
	12	53.5	19:00	85.8	760	570	835	190	75	270
	15	54.0	19:15	88.0	860	630	930	230	70	300
HT	3	55.0	20:00	86.5	635	465	750	170	115	345
	6	53.5	19:00	86.0	650	470	790	180	140	340
	9	54.5	19:00	87.0	650	470	730	180	80	285
	12	53.5	19:00	86.0	695	490	790	205	95	310
	15	55.0	20:00	87.5	730	500	790	230	60	300

루어지지 않으며, 노화가 잘 일어나지 않는다. 즉, 노화점도가 높으면 호화액이 냉각될 때 단단한 겔을 형성할 수 있다고 보고한 Choi SY & Shin MS(2009)와 동일한 결과였다. 이 결과로부터 각 전분 시료의 첨가량이 증가할수록 노화점도의 값이 대체적으로 감소함을 알 수 있었고, 이로 첨가량이 증가할수록 노화가 감소될 것이라는 결과를 유추할 수 있었다.

4. 변성 전분을 첨가한 식빵의 품질 특성

1) 수분함량

식빵 제조 시 첨가되는 변성 전분의 종류와 첨가량에 따른 노화특성과 저장기간 동안의 수분변화를 측정하기 위해 Farinogram상의 흡수율을 적용하지 않고 동일한 가수량을 적용하였다. 각 시료의 AC, AP, HT의 첨가량을 달리하여 제조한 식빵의 수분함량은 Table 4와 같다. 25°C 온도에서 72 h 동안 유지하며 수분함량을 측정하였다. 0 h에서는 각 변성 전분의 첨가량을 달리한 시료에서 모두 수분함량에서 유의적 차이를 보이지 않았으나, 72 h 후 측정하였을 때, AC의 경우 첨가량이 작을수록 수분함량이 높은 값을 나타내며, 유의적

인 차이를 보였다. AP 첨가시료의 경우, 6%와 12% 첨가 시에 높은 값을 나타냈으며, HT의 경우 6% 첨가 시 가장 높은 수분함량을 나타냈다. 또한 전반적으로 수분함량은 AC, AP, HT의 순으로 크게 측정되어 후반에 설명될 firmness와 일치하는 경향을 보였다.

2) 부피측정

각 시료별 식빵 부피를 측정한 결과는 Table 5와 같았다. AC, AP, HT 모두 첨가량 간의 유의적인 차이를 나타냈으며, 첨가량이 증가할수록 부피의 값이 낮은 값을 나타내었다. AC의 경우, 각 첨가량 간의 유의적인 차이($p < 0.05$)가 크게 나타나는 것은 첨가량이 증가할수록 부피가 낮아지는 원인으로 판단되어진다. 변성 전분 종류별로 보면 AP > HT > AC의 순서로 부피가 컸으나, 그 차이는 AP와 HT는 비슷한 수준이었고, AC가 제일 작은 결과를 보였다. AC 첨가 식빵이 부피가 제일 작은 것은 호화 전분의 점착성과 보형성의 특성으로 볼 수 있다(B&C Word 2003).

3) Firmness

Table 4. Moisture contents¹⁾ of white bread with add edmodified starches stored at 25°C for 72 hours

Storage time (h)	Additive content (%)	Additives		
		AC	AP	HT
0 h	0	41.61±0.67 ^{a2)}	41.61±0.02 ^a	41.61±0.05 ^a
	3	43.00±0.94 ^a	42.66±0.07 ^a	41.00±0.02 ^a
	6	42.67±0.52 ^a	42.00±0.09 ^a	42.00±0.08 ^a
	9	42.67±0.25 ^a	42.33±0.05 ^a	42.00±0.12 ^a
	12	41.91±0.19 ^a	42.67±0.15 ^a	41.00±0.19 ^a
	15	42.01±0.25 ^a	42.05±0.11 ^a	41.67±0.11 ^a
	<i>F</i> -value	1.718	0.323	0.130
72 h	0	40.81±0.09 ^b	40.80±0.05 ^{ab}	40.80±0.02 ^b
	3	41.07±0.05 ^b	40.33±0.09 ^{ab}	41.00±0.09 ^b
	6	41.05±0.05 ^b	41.00±0.03 ^b	41.00±0.13 ^b
	9	41.05±0.10 ^b	40.00±0.19 ^a	39.00±0.17 ^a
	12	40.02±0.15 ^a	41.00±0.02 ^b	41.00±0.11 ^b
	15	40.01±0.12 ^a	40.05±0.11 ^a	40.33±0.09 ^b
	<i>F</i> -value	5.224 ^{**3)}	3.420 [*]	6.903 ^{**}

¹⁾ Mean±S.D.

²⁾ Means within a column not sharing a superscript letter are significantly different ($P<0.05$, Duncan's multiple range test).

³⁾ * $p<0.05$, ** $p<0.01$.

Table 5. Loaf volume (cm²)¹⁾ of white breads added with modified starches

Additive content (%)	Additives		
	AC	AP	HT
0	710.00±0.08 ^{e2)}	710.00±0.08 ^{cd}	710.00±0.07 ^c
3	716.67±0.05 ^c	716.66±0.17 ^d	711.00±0.11 ^c
6	700.00±0.11 ^d	705.00±0.15 ^c	713.33±0.19 ^c
9	680.00±0.03 ^c	690.00±0.11 ^b	686.66±0.07 ^b
12	670.33±0.08 ^b	680.00±0.05 ^a	681.67±0.10 ^b
15	656.67±0.13 ^a	673.33±0.03 ^a	666.67±0.08 ^a
<i>F</i> -value	77.603 ^{***3)}	41.902 ^{***}	59.306 ^{***}

¹⁾ Mean±S.D.

²⁾ Means within a column not sharing a superscript letter are significantly different ($P<0.05$, Duncan's multiple range test).

³⁾ *** $p<0.001$.

식빵을 35°C로 냉각한 직후부터(0시간) 72시간 동안 25°C에서 보관한 식빵의 firmness를 측정하여 시간 차이에 따른

변화를 살펴보았다(Table 6). AP를 첨가한 식빵에서는 0~72 h동안 AP의 함량이 높을수록 낮은 firmness 값을 보였고, AC, HT 모두 함량이 증가할수록 유의적으로 낮은 firmness 값을 나타냈다. 3가지 시료 모두 시간이 경과할수록 유의적으로 firmness 값이 증가하였다. 식빵의 firmness는 다양한 조건에 의해서 차이를 보이나, 수분의 함량에 따라서 가장 큰 영향을 미치는 것으로 판단된다. 이 결과로 첨가된 변성 전분 시료 중에 AC가 가장 노화가 지연된다는 결과를 얻을 수 있었고, 호화 전분의 특성 중에 보수성이 크다는 것을 확인할 수 있었다. 전분은 전분입자의 크기 및 형태, 아밀로스와 아밀로펙틴의 비율, 분자량 및 사슬의 길이 등이 각기 다르므로 호화, 노화과정에서 나타나는 특성에 차이가 있다고 보고한(Tsai ML *et al* 1997; Fang JM *et al* 2002) 결과와 유사하였다.

4) 기호도 검사

시료별 식빵의 기호도 조사를 실시한 결과는 Table 7과 같다. AC, AP, HT 모두 외관의 형태가 동일하여 항목에서 제외하였다. 맛(taste) 항목에서는 HT 9% 첨가시료, AC 3% 첨가시료, AP는 6% 첨가 시료가 각 첨가량을 달리한 시료에서 가장 높은 기호도 수치를 나타내었다. 식빵의 질감(texture) 항

Table 6. Firmness(g)¹⁾ of white breads added with modified starches stored at 25°C for 72hours

Additives	Additive content (%)	Storage time (h)			F-value
		0 h	36 h	72 h	
AC	0	272.01±2.00 ^{e2)A3)}	515.33±4.11 ^{eB}	723.01±8.75 ^{fC}	3,779.72 ^{***}
	3	184.67±4.53 ^{dA}	562.33±3.21 ^{dB}	640.21±6.19 ^{eC}	7,322.22 ^{***}
	6	182.33±4.93 ^{dA}	494.67±2.95 ^{dB}	324.77±3.31 ^{dC}	5,956.34 ^{***}
	9	154.67±0.25 ^{cA}	372.67±5.93 ^{eB}	594.31±1.10 ^{cC}	11,755.41 ^{***}
	12	148.79±0.45 ^{bA}	336.67±2.59 ^{bB}	531.32±1.42 ^{bC}	12,204.05 ^{***}
	15	128.01±1.60 ^{aA}	312.33±2.73 ^{aB}	484.00±1.80 ^{aC}	19,903.00 ^{***}
	F-value	832.890 ^{***4)}	1,933.647 ^{***}	661.964 ^{***}	
AP	0	272.01±2.01 ^{eA}	514.01±5.09 ^{dB}	723.01±8.12 ^{cC}	3,939.15 ^{***}
	3	239.57±1.05 ^{dA}	523.35±2.84 ^{dB}	768.09±0.92 ^{bC}	43,353.51 ^{***}
	6	191.67±1.04 ^{cA}	443.68±1.91 ^{eB}	684.01±5.77 ^{aC}	11,284.00 ^{***}
	9	186.00±1.11 ^{bA}	444.67±0.28 ^{eB}	683.91±3.01 ^{aC}	37,150.82 ^{***}
	12	176.31±1.25 ^{aA}	433.65±2.39 ^{bB}	680.21±1.35 ^{aC}	6,982.67 ^{***}
	15	174.33±1.27 ^{aA}	419.05±2.25 ^{aB}	673.05±7.71 ^{aC}	104,494.29 ^{***}
	F-value	1,485.021 ^{***}	199.404 ^{***}	60.655 ^{***}	
HT	0	272.05±1.41 ^{fA}	511.67±3.51 ^{dB}	723.05±9.25 ^{bC}	3,473.25 ^{***}
	3	237.51±0.99 ^{eA}	512.06±1.25 ^{dB}	762.36±0.03 ^{cC}	49,673.45 ^{***}
	6	207.89±1.91 ^{dA}	466.23±3.21 ^{eB}	729.01±2.95 ^{dC}	30,876.47 ^{***}
	9	195.67±1.44 ^{cA}	444.89±3.31 ^{bB}	693.35±4.62 ^{aC}	4,266.60 ^{***}
	12	197.84±0.21 ^{bA}	438.36±1.96 ^{abB}	691.09±1.65 ^{aC}	3,231.29 ^{***}
	15	176.31±2.25 ^{aA}	434.05±2.33 ^{aB}	689.31±2.58 ^{aC}	4,293.37 ^{***}
	F-value	534.565 ^{***}	264.886 ^{***}	96.397 ^{***}	

1) Mean±S.D.

2) a~d Means within a column not sharing a superscript letter are significantly different ($P<0.05$, Duncan's multiple range test).

3) A~C Means within a row not sharing a superscript letter are significantly different ($P<0.05$, Duncan's multiple range test).

4) *** $p<0.001$.

목에서는 HT 9% 첨가 시 가장 높은 기호도를 나타내었고, 탄력성(springness) 항목에서는 HT 12% 첨가 시 가장 높은 기호도를 나타내었다. 전체적인 기호도(overall acceptance) 항목에서는 HT 9% 첨가군에서, AP 6%, AC 3% 첨가 시 다른 첨가량의 시료에 비해 유의적으로 높은 기호도 수치를 나타내었다. 이 결과로 HT > AP > AC의 순서로 변성 전분별 첨가량을 달리한 시료의 기호도가 차이를 나타내는 것으로 나타났다.

5) 변성 전분 첨가량에 따른 식빵의 텍스처 특성과 기호도의 상관관계

변성 전분의 첨가량을 달리하여 제조한 시료의 텍스처 특성과 기호도 간의 상관관계 분석결과는 Table 8과 같다. 전분 첨가량은 firmness와 유의적인 음의 상관관계를 나타냈고($p<0.01$), 기호도는 식빵의 부피, 흡수율, 약화도와는 유의적인 음의 상관관계($p<0.05$)를, 안정도와는 유의적인 양의 상관관계를 보였다($p<0.01$). 또한 반죽의 특성을 나타내는 amylogram, farinogram의 측정치들 간에 서로 높은 상관관계를 나타낼 수 있었다. 이로부터 amylogram과 farinogram 서로간의 측정치들이 서로 밀접한 상관관계를 가졌으며, firmness는 안정도와는 유의적 양의 상관관계, 흡수율과 약화도와는 유의적인 음의 상관관계를 보였다($p<0.01$). 따라서 기계적인 특성

Table 7. Sensory preference scores¹⁾ of white bread for modified starches

Sensory attributes	Additive content (%)	Additives		
		AC	AP	HT
Taste	0	3.65±0.52 ^{2)ab3)}	3.86±0.89 ^a	3.80±0.41 ^a
	3	7.28±0.23 ^d	4.07±2.21 ^b	5.00±0.14 ^b
	6	5.40±0.56 ^c	6.89±0.26 ^c	6.50±1.25 ^c
	9	4.82±0.11 ^{bc}	5.85±0.12 ^b	7.78±1.21 ^d
	12	4.05±0.07 ^{ab}	5.24±0.36 ^b	7.20±0.39 ^d
	15	3.84±0.12 ^a	4.08±0.47 ^a	4.20±0.62 ^{ab}
	<i>F</i> -value	17.250 ^{***4)}	12.524 ^{***}	25.956 ^{***}
Texture	0	3.65±1.15 ^a	3.89±1.01 ^a	3.68±0.55 ^a
	3	6.68±2.06 ^c	4.98±2.51 ^b	5.20±0.25 ^b
	6	5.42±1.25 ^b	6.05±1.62 ^c	6.10±2.15 ^{cc}
	9	5.05±1.26 ^b	5.50±1.36 ^b	7.25±1.02 ^d
	12	3.78±0.26 ^a	5.82±2.36 ^c	6.45±1.26 ^c
	15	3.68±0.24 ^a	3.84±0.26 ^a	4.10±2.03 ^a
	<i>F</i> -value	15.329 ^{***}	9.084 ^{***}	20.503 ^{***}
Springness	0	4.15±0.41 ^b	4.65±2.12 ^b	4.60±0.79 ^{ab}
	3	6.65±0.35 ^d	4.88±0.66 ^b	5.40±1.25 ^{bc}
	6	5.54±1.32 ^{cd}	6.05±0.69 ^d	5.86±2.26 ^c
	9	5.26±2.55 ^c	5.69±0.28 ^{bc}	7.05±1.32 ^d
	12	3.84±0.55 ^{ab}	5.24±0.69 ^{bc}	7.15±1.36 ^d
	15	3.21±0.17 ^a	3.52±1.15 ^a	4.50±0.29 ^a
	<i>F</i> -value	8.898 ^{***}	7.515 ^{***}	10.540 ^{***}
Overall acceptance	0	3.85±0.87 ^a	3.86±0.25 ^a	3.33±0.74 ^a
	3	7.15±1.55 ^c	4.45±0.31 ^a	5.47±1.92 ^b
	6	5.25±2.31 ^b	5.92±2.21 ^b	6.22±1.25 ^{bc}
	9	5.29±1.22 ^b	5.55±1.15 ^b	7.51±1.45 ^d
	12	3.89±1.62 ^a	4.64±1.25 ^a	6.41±2.36 ^c
	15	3.19±1.25 ^a	3.71±1.65 ^a	4.23±6.31 ^a
	<i>F</i> -value	15.522 ^{***}	6.400 ^{**}	18.947 ^{***}

¹⁾ 9 point hedonic scale (1: extremely dislike, 5: Not dislike nor like, 9: extremely like).

²⁾ Mean±S.D.

³⁾ Means within a column not sharing a superscript letter are significantly different ($P<0.05$, Duncan's multiple range test)

⁴⁾ ** $p<0.01$, *** $p<0.001$.

과 기호도 검사 특성의 상관성을 보면 부피, 흡수율, 안정도, 약화도는 기호도와 밀접한 상호관계가 있음을 알 수 있었다. 전분은 밀가루의 호화특성, 반죽의 점탄성, 수분흡수율, 가열

시의 점도 등의 변화를 가져오므로 기호성에 관련되는 성질에 영향을 미치는 것으로 보고한 Lee HM & Lee YT(2013) 결과와 일치한다. 그러므로 farinogram상의 흡수율, 안정도,

Table 8. Correlation coefficients between bread qualities farinogram and amylogram properties of bread flour with added modified starches

	Starch content	Overall palatability	Loaf volume	Peak viscosity	Break down	Firmness	Setback	Absorption	Peak time	Stability	Weakness
Starch content	1	-0.48728	-0.94341**	0.02367	0.06271	-0.78345**	-0.19644	0.11205	0.00896	-0.34731	0.38383
Overall palatability	-	1	-0.54240*	0.28788	0.31086	0.40650	-0.16093	-0.51085*	-0.48771	0.63998**	-0.58194*
Loaf volume	-	-	1	0.11060	0.05153	0.70644**	0.16980	-0.16854	-0.15662	0.33271	-0.42919
Peak viscosity	-	-	-	1	0.95862**	-0.40989	-0.74739**	-0.87273**	-0.92886**	0.64527**	-0.83424**
Breakdown	-	-	-	-	1	0.43853	-0.81030**	-0.93659**	-0.94656**	0.73547**	-0.84756**
Firmness	-	-	-	-	-	1	-0.35060	-0.55788*	-0.40166	0.68799**	-0.69747**
Setback	-	-	-	-	-	-	1	0.81503**	0.80885**	-0.65403**	0.56512*
Absorption	-	-	-	-	-	-	-	1	0.94145**	-0.89050**	0.91070**
Peak time	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-0.76540**	0.83252**
Stability	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-0.87190**
Weakness	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1

* $p < 0.05$, ** $p < 0.01$.

약화도로 빵의 기호도와 부피를 추정할 수 있을 것으로 판단된다.

요 약

밀가루에 3종의 변성 전분(초산 감자 전분, 알파화 찹옥수수 전분, 히드록시프로필화 타피오카 전분)의 첨가량(3, 6, 9, 12, 15%)을 달리하여 제조하고, 이의 텍스처 특성과 기호도를 분석하였다. 첨가한 변성 전분 종류별 기호도는 대조군에 비하여 알파화 찹옥수수 전분은 3% 이상 6% 이하 사용 시, 초산 감자 전분의 경우 사용량 6%까지, 히드록시프로필화 타피오카 전분은 9%까지 높은 결과를 보였다. 이와 같은 결과로 볼 때 밀가루에 변성 전분을 첨가할 때 사용량의 증가에 따라 식빵의 firmness가 낮아지며, 변성 전분 종류 별로 일정 사용량의 범위에서 기호도가 상승되었다. 최근 식빵 텍스처에 대한 기호도가 기존의 일반 식빵보다 찰지고 보습성이 있는 제품을 선호하는 경향으로 변하고 있어 밀가루에 변성 전분을 첨가하여 소비자들이 요구하는 텍스처의 제품을 제조할 수 있으며, 변성 전분 첨가 식빵이 대조군에 비해 firmness가 낮아짐으로서 변성 전분의 첨가가 식빵의 노화 지연에도 도움을 주는 것으로 알 수 있었다. 또한 변성 전분 첨가 시에 식빵의 텍스처는 향상될 수 있으며, 부피가 작아지는 특성이 수반됨을 알 수 있었으나, 이들 전분류의 특성을 파악하여 제

빵에 적정량을 첨가할 경우 다양한 텍스처의 빵 제품들을 만들 수 있을 것으로 기대된다.

REFERENCES

- B&C World (2003) Monthly Patisserie. June p 90.
- AACC(1995) Approved Methods of the American Association of Cereal Chemists Approved Methods 38-11, St. Paul, MN, USA.
- AOAC(1998) Official Methods of Analysis of Association of Official Chemist 16th ed., Washington DC. pp 568-580.
- Ahan GJ(2005) Quality characteristics of the *Chol-Pyon* added tapioca powder. *Korean J Culinary Res* 11:179-189.
- Banwart GJ(1998) Basic Food Microbiology. AVI Publishing Company, INC. Westport, Connecticut. pp 642-646.
- Chen Z, Schols HA, Voragen AGJ(2004) Differently sized granules from acetylated potato and sweet potato starches differ in the acetyl substitution pattern of their amylase populations. *Carbohydrate. Polymers* 56: 219-216.
- Choi SY, Shin MS(2009) Properties of rice flours prepared from domestic high amylose rices. *Korean J Food Sci Technol*

- 41:16-20.
- Choi MH, Yoo BS (2007) Dynamic rheological properties of hydroxypropylated rice starches during the aging process. *Korean J Food Sci Technol* 39:584-587.
- Fang JM, Fowler PA, Tomkinson J, Hill CA(2002) The preparation and characterization of a series of chemically modified potato starches. *Carbohydrate Polymers* 47: 245-252.
- Joosten GEH, Stamhuis EJ, Roelfceman WA(1982) Some aspects of the continuous production of low acetylated potato starch. *Starch-Stärke* 34: 402-405.
- Lee HM, Lee YT(2013) Pasting properties of potato, sweet potato starches and wheat flours with partial rice starch substitution. *Food Eng Prog* 17: 238-244.
- Lee JK, Oh SH, Lim JK(2013) Effects of tapioca starches on quality characteristics of rice cookies. *Korean J Food Cookery sci* 29: 469-478.
- Mason WR(2009) Starch use in foods. In *Starch Chemistry and Technology*. BeMiller J. Whistler R(ed). Academic Press, London, UK, pp 773-782.
- Morikawa K, Nishinari K(2000) Rheological and DSC studies of gelatinization of chemically modified starch heated at various temperature. *Carbohydrate Polymers* 43: 241-247.
- Perera C, Hoover R(1999) Influence of hydroxypropylation on retrogradation properties of native, defatted and heat-moisture treated potato starches. *Food Chem* 64: 361-375.
- Reddy I, Seib PA(2000) Modified waxy wheat starch compared to modified waxy corn starch. *J Cereal Sci* 31: 25-39.
- Rutenberg MU, Solarek D(1994) Starch derivatives production and uses. *Starch and Technology*, Academic Press New York. pp 324.
- Shon KJ, Chung MG, Kim HI, Yoo BS(2006) Physicochemical properties of acetylated rice starch as affected by degree of substitution. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 35: 487-492.
- Singh N, Singh J, Kaur L, Sodhi NS, Gill BS(2003) Morphological, thermal and rheological properties of starches from different botanical sources. *Food Chem* 81: 219-231.
- Tasi ML, Li CF, Li CY(1997) Effects of granular structures on the pasting behaviors of starches. *Cereal Chem* 74: 750-757.
- Yook C, Park UH, Park KH(1991) Physicochemical properties of hydroxypropylated corn starches. *Korean J Food Sci Technol* 23: 175-182
- Whang YY, Norajit K, Ryu GH(2011) Influence of extruded hemp-rice flour addition on the physical properties of wheat bread. *J Food Sci Nutr* 16: 62-66.
- Whistler RL, BeMiller JN(1997) Starch. In *Carbohydrate Chemistry of Food Scientists*. Eagan Press, St. Paul, MN, USA. pp 117-152.

Date Received	Apr. 29, 2015
Date Revised	May 21, 2015
Date Accepted	May 21, 2015