

RS-3형태의 저항전분 첨가가 제빵 및 빵의 품질에 미치는 영향

송지영 · 이신경 · 신말식

전남대학교 식품영양학과 및 가정과학연구소

Effects of RS-3 type resistant starches on breadmaking and quality of white pan bread

Ji-Young Song, Shin-Kyung Lee and Mal-Shick Shin

Department of Food and Nutrition, HERI, Chonnam National University

Abstract

Effects of native and RS-3 type resistant starches prepared from autoclaved-cooled amylo maize VII(AVII) and normal maize starches(NMS) on the rheological and baking properties of wheat flour dough and quality of breads were investigated. In farinogram, water absorption and dough development time were increased, but stability was reduced by the addition of RS. The addition of native starches or resistant starch made from AVII to wheat flour improved the total volume and specific loaf volume of bread compared with the control(no addition), but the addition of NMS-RS reduced those. During the storage of bread at room temperature, the moisture content of control was decreased but those of native starch- or RS-added breads remained constantly. AVII-RS- or NMS-RS-added bread was evaluated to have good overall acceptability compared with control by elementary school students. The addition of enzyme-resistant starch to bread regardless of botanical sources of starch not only improved the overall acceptability and nutritional benefits but also improved the sensory acceptability.

Key words : RS-3 type resistant starch, amylo maize VII, normal maize starch, baking quality, white pan bread

I. 서 론

저항전분(Resistant starch, RS)이란 건강한 인체의 소장에서 흡수되지 않는 전분과 그 분해산물을 통틀어 말하며¹⁾, 부분적으로 도정된 날알이나 종자와 같이 물리적으로 효소의 접근이 어려운 RS-1, 바나나와 감자전분처럼 효소에 의해 분해되기 어려운 전분입자인 RS-2, 전분의 노화에 의해 형성된 RS-3와 화학적으로 처리된 변성전분인 RS-4의 4가지로 구분하고 있다²⁾.

이런 저항전분은 저칼로리원으로 생리적 기능이 식이섬유소와 비슷하여 소장에서 소화 흡수되지 않고 대장에서 미생물에 의해 발효되어 뷰티릭산과 같은 단쇄 지방산을 생성함으로써 성인병과 대장암 예방에 효과가 있다고 알려져 있다^{3,4)}.

RS에 대한 연구로는 RS 형성 방법과 특성에 관한 것^{5,6)}, 분석하는 방법^{7,8)}과 동물이나 인체의 생리활성 효과^{3,6)} 등이며, 상업적으로 RS 첨가 식품이나 가공을 통해 RS가 함유된 식품을 제조하고자 이에 대한 제조방법 및 품질특성에 대한 연구가 시도되고 있다. 전분의 종류나

저항전분의 형태에 따라 그 성질이 다르므로 식품의 종류에 따라 선택하여 사용할 수 있는데, 그 중에 식이섬유소보다 수분흡수력이 낮고 입자 크기가 작은 RS는 품질 평가시 텍스쳐가 중요한 식품에 사용하는 것이 바람직하다. 특히 RS-3 형태의 전분은 식품을 가열 처리하여 얻을 수 있을 뿐만 아니라, 형성된 RS-3 전분은 열에 대해 안정하므로¹¹⁾ 총식이섬유를 증가시킬 목적으로 첨가하는 연구가 필요하다.

최근 식생활 패턴의 변화로 칼로리의 섭취증가와 운동부족 등으로 인한 동맥경화와 심장병 등의 성인병이 유발됨에 따라 식이섬유 등을 이용한 기능성 저칼로리 식품에 대한 요구가 높아지고 있다. 특히 편리한 식생활을 추구하면서 빵의 소비가 점차 증가하고 있다. 이에 따라 밀기울^{12,13)}이나, 보리가루 등^{14,15)}을 첨가한 고식이섬유 빵을 제조하려는 연구가 많이 있었으나, 식이섬유는 수분흡수력이 커서 첨가한 식품의 저장 중 품질안정성이 낮고 식품에 이용하는데 있어서 색깔이나 질감에 좋지 않은 영향을 줄 수 있다. 따라서, 이 식이섬유소와 유사한 영양생리효과를 가지며 수분흡수력이 낮고 저항전분 함량이

높은 전분을 식품에 첨가하고 품질도 증가시키려는 연구가 진행되고 있어 다양한 효소저항전분을 첨가한 식품의 개발은 매우 의의가 있다고 생각한다.

그래서 본 연구에서는 식이섬유소와 기능성 성질이 유사한 저항전분을 첨가한 식빵을 제조하고자 옥수수 전분(normal maize starch, NMS)과 고아밀로오스 옥수수 전분(Amylomaize VII, AVII)으로 가열·냉각 과정을 거쳐 RS-3 형태의 저항전분을 형성시켰다. 고아밀로오스 옥수수 전분은 RS-3 형태의 전분 제조 시 저항전분 수율이 높지만 국내에서는 생산이 안되어 수입에 의존해야 하므로 국내에서 시판되는 보통 아밀로오스 옥수수 전분과 함께 비교하였다. 밀가루의 저항전분 함량이 5%가 되도록 저항전분을 첨가하여 밀가루의 반죽특성과 제빵 특성을 비교하였고 빵을 제조하여 텍스처와 관능검사를 실시하였다.

II. 재료 및 방법

1. 재료

고아밀로오스 옥수수 전분(Amylomaize VII, AVII)은 Cerestar USA Inc.(Hammond, U.S.A)에서, 보통 아밀로오스 옥수수 전분은 삼양 제넥스(인천, 한국)에서, 제빵용 밀가루는 Dark Northern Spring Wheat를 제분한 것으로 한국제분(목포, 한국)에서 구하였다. 저항전분 함량을 측정하기 위한 효소는 total dietary fiber kit(Cat No. TDF-100A, Sigma Co. USA)를 사용하였다.

2. RS-3형 저항전분의 제조

고아밀로오스 (AVII)와 보통 아밀로오스 옥수수 전분(NMS)으로 Pomeranz 등⁷⁾의 방법을 수정하여 RS-3 형태의 저항전분을 형성하였다. 멸균병에 전분과 물을 1:3.5의 비율로 혼탁액을 만들어 고압멸균기(Autoclave, (주)비전, 한국)로 120°C에서 1시간동안 가열하였다. 전분 호화액을 실온까지 냉각시킨 후 4°C 냉장고에서 1일 저장하였고, 다시 고압살균기에서 가열, 냉장고에서 방치하는 과정을 4회 반복하였다. 이것을 냉동전조기(Freeze dryer, 일신공업, 한국)로 건조시키고 분쇄하여 100 메시 체를 통과시켜 데시케이터에 보관하면서 시료로 사용하였다. 고아밀로오스 옥수수 전분으로 제조한 저항전분은 A VII-RS라고 하고 보통 아밀로오스 옥수수 전분으로 제조한 저항전분은 NMS-RS라고 하였다.

3. 저항전분 함량의 분석

저항전분 함량은 총 식이섬유소를 분석하는 AOAC 방법¹⁰⁾에 따라 실시하였다.

4. 밀가루의 반죽특성

저항전분을 첨가한 밀가루 반죽 특성은 AACC(54-21) 방법¹¹⁾에 따라 파리노그라프(Farinograph SEW, Brabender, Germany)를 사용하여 측정하였다.

5. 빵의 제조

두 종류의 옥수수전분과 이것으로 만든 저항전분을 첨가하여 Table 1과 같은 배합비로 식빵을 만들었다. 유럽에서는 하루에 섭취해야 하는 식이섬유소 양을 20~35 g으로 권장하고 있으므로¹²⁾, 매끼 식사의 주식양의 5%씩 첨가되면 바람직한 것으로 생각되어 저항전분을 밀가루의 5%가 되도록 저항전분을 첨가하였고, 같은 양의 생전분을 첨가하여 비교하였다.

빵반죽은 AACC(10-10A) 방법의 직접반죽법¹³⁾에 준하였다. Hobart mixer(N50, Hobart, USA)로 재료를 섞고 물과 인스턴트 이스트(S.I.Lesaffre, France)를 넣어 반죽하여 젖은 행주를 덮고 온도 30°C, 습도 85%에서 55분간 1차 발효를 시킨 후 둥글리기로 1차 punch를 하고 bowl에 넣고 중간발효를 하였다가 2차 punch를 하여 발효된 반죽의 기포를 뻬 후 성형하여 식빵 틀에 넣고 2차발효를 시켜 180°C의 오븐(Forced convection drying oven, Chang Shin Scientific Co., Korea)에서 30분간 구웠다. 구운 즉시 틀에서 꺼내 실온에서 2시간 방냉시킨 후 실험하였다.

5. 수분함량 측정

수분함량은 AACC(44-15A) 방법¹⁴⁾으로 식빵의 가운데 부분에서 crumb 부분만을 잘라 시료로 사용하였으며, crumb 부분은 비닐백에 담아 20°C와 4°C에서 5일간 저

Table 1. Dough formula

	NON (%)	AVII (%)	NMS (%)	AVII-RS (%)	NMS-RS (%)
Wheat flour	100	100	100	100	100
Starch or RS	0	13.2	24.1	13.2	24.1
Sugar	8	8	8	8	8
Salt	2	2	2	2	2
NFDM ^{a)}	2	2	2	2	2
Instant yeast	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
Improver	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
Margarine	7	7	7	7	7
Water	63	81	75	85	87

NON, AVII, NMS, AVII-RS and NMS-RS mean dough prepared for only flour, amyloomaize and normal maize starch, RS made from amyloomaize and normal maize starch, added to flours, respectively.

^{a)} Nonfat dry milk.

장한 후 저장중의 수분함량 변화를 측정하였다.

6. 총 부피와 비용적

총 부피는 raspberry대신 좁쌀을 이용한 종자치환법(AACC method 72-10)¹⁷⁾으로 측정하였고, 비용적은 crumb 부분을 $1 \times 1 \times 1 \text{ cm}^3$ 크기로 잘라 무게를 측정하여 무게에 대한 부피의 비로서 표시하였으며, bulk density를 계산하였다.

7. 텍스쳐 측정

텍스쳐는 빵의 crumb부분을 $2 \times 2 \times 2 \text{ cm}^3$ 크기로 잘라 Rheometer(Sun Rheometer Compac-100, Sun Sci. Co., Japan)로 다음과 같은 조건에서 측정하였다. chart speed는 130 mm/분이었고, 시료대의 이동속도는 60.00 m/min 이었으며, load cell은 1 kg이었고, 직경 20 mm의 25번 어댑터를 사용했으며, 변형율은 50%로 하여 압착시험을 하였다. 저장에 따른 변화는 빵을 2 cm 두께로 썰어서 비닐백에 넣어 20°C와 4°C에서 5일간 저장한 후 $2 \times 2 \times 2 \text{ cm}^3$ 로 잘라서 측정하였다.

8. 관능검사

빵의 기호도 조사는 빵의 섭취율이 높은 연령층인 초등학교 4학년 학생 30명을 대상으로 관능검사 방법에 대해 설명한 다음 실시하였다. 시료는 식빵을 1 cm 두께로 썰어서 관능검사 10분전에 훤 접시 3개에 각각 한 장씩 놓아 제시하였고, 평가항목은 모양, 색, 향미, 맛, 텍스쳐 및 전체적인 맛이었으며 매우 나쁘다(1점)에서 매우 좋다(5점)까지 5점 만점으로 기호도를 평가하였다.

9. 통계처리

기계적 텍스쳐 측정 결과와 관능검사 결과는 SAS package를 사용하여 ANCOVA에 의해 분석하였으며 Duncan의 다중범위검정으로 유의성을 검정하였다. 관능검사결과는 Pearson의 상관관계분석을 하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 밀가루의 반죽특성

밀가루에 저항전분을 첨가하여 Farinograph로 반죽특성을 측정했을 때 Table 2와 같이 반죽의 수분흡수율이 크게 증가하였다. Farinograph의 수분흡수율은 밀가루의 단백질 함량, 입도, 손상분에 의해 영향을 받는데¹⁹⁾, 생전분을 첨가한 밀가루 반죽은 수분 흡수율의 변화가 적으나 저항전분을 첨가하면 두 전분 모두 수분 흡수율이 증가하여 저항전분에 포함된 호화된 전분분획이 수분 흡

Table 2. Farinograph data of dough prepared from resistant starch(RS) added flours

Samples	Water absorption (%)	Stability (min)	Development time (min)	Weakness (BU)
NON	70.3	38.0	8.0	5
AVII	71.0	34.9	3.5	10
NMS	68.8	9.3	2.7	60
AVII-RS	83.2	27.5	20.0	20
NMS-RS	83.5	16.5	10.0	50

NON, AVII, NMS, AVII-RS and NMS-RS mean dough prepared for only flour, amylomaize and normal maize starch, RS made from amylomaize and normal maize starch, added to flours, respectively.

수율에 영향을 준다고 생각되었다. 무첨가 밀가루 반죽의 안정도는 38분이었고, AVII과 AVII-RS 첨가시 34.9분과 27.5분이었으며 NMS와 NMS-RS 첨가시 9.3분과 16.5분이었다. 보통 옥수수 전분으로 만든 저항전분의 경우 RS 수율이 낮으므로 5%를 유지하기 위해 더 많은 전분이 첨가되었고(Table 1) 이로 인해 단백질이 적어 안정도가 떨어진 것으로 생각되었다. 반죽형성시간은 반죽이 최고 점도에 도달할 때까지 걸리는 시간으로, 밀가루만이 8.0분이었고 생전분을 첨가한 경우 3.5분과 2.7분으로 감소하였으나 RS를 첨가한 경우 20분과 10분으로 증가하였다. 저항전분을 첨가하였을 때 반죽 형성시간이 증가하는 것은 RS-3형 저항전분의 무정형 부분이 먼저 수화되어 글루텐 형성속도를 늦추기 때문으로 생각되었다. 김 등¹⁹⁾도 전분립의 크기에 따라 수화속도가 다르고, 반죽의 수화속도가 반죽형성 시간에 영향을 주었다고 보고하였다. 반죽이 약화되는 정도는 대조군은 5 B.U., AVII과 A VII-RS 첨가 밀가루는 10과 20 B.U.로 큰 차이가 없었으나 NMS와 NMS-RS 첨가시에는 60과 50B.U.로 증가하였다. 전분에 따라 RS함량이 차이가 나서 첨가량이 달라졌기 때문으로 (AVII-RS 38%, NMS 20.8%) 첨가된 전분으로 인해 글루텐 회석효과가 큰 이유로 생각되었다. 생전분이나 저항전분을 밀가루에 첨가했을 때 farinograph 상에서 수분흡수율과 반죽형성시간이 증가되었으나 제빵성이 감소되지 않았고 특히 AVII-RS 첨가시 안정도가 비교적 좋고 반죽의 약화되는 정도가 낮아서 좋은 제빵적성을 나타낼 것으로 예상했다.

2. 저항전분을 첨가한 식빵의 특성

Table 1과 같은 재료로 반죽을 형성한 다음 제조한 빵을 1 cm 두께로 썰어서 사진을 찍은 결과는 Fig. 1과 같다. AVII-RS나 생전분(AVII, NMS)을 첨가한 경우 무첨가빵과 유사하거나 약간 크지만, NMS-RS를 첨가하면

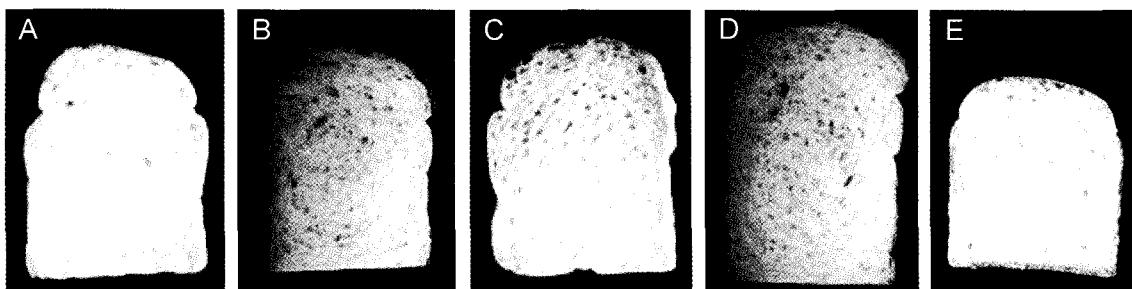


Fig. 1. Shape of bread added native starch or RS. Breads were added none(A), A(B), AVII-RS(C), NMS(D) or NMS-RS(E).

빵 부피의 증가가 적었다. NMS 첨가 비율과 같아 글루텐 회석효과는 같았지만 빵의 부피가 차이가 나는 것은 가열 냉각과정을 거쳐 만들어진 저항전분은 입자형태를 유지하지 않아 가열시 전분의 그물망 형성이 어렵기 때문으로 생각된다. 이는 RVA로 점성을 측정하면 가열로 생전분은 점성이 증가하나 저항전분은 일정한 점도를 유지하는 것과 관련이 있는 것으로 생각되었다(unpublished data). Crumb 부분도 air cell의 분포가 균일하였으며 NMS-RS를 첨가한 빵의 경우는 grain이 더 작고 밀집되어 있다.

수분함량은 Table 3과 같이 39.27~44.84%로 생전분을 첨가했을 때는 거의 비슷하였으나, AVII-RS와 NMS-RS를 첨가했을 때 높았는데 반죽과정에서 수분흡수율이 증가된 것과 같은 경향이었다. 반죽 시 저항전분을 첨가한 밀가루 반죽이 수분흡수율이 증가하는 것은 RS-3 형태의 저항전분의 구조에 기인하며, RS-3 형태의 저항전분은 효소에 저항성을 갖는 결정부분 이외는 호화된 상태로, 호화로 인해 수분 흡수율이 증가하였기 때문이다. 식빵의 전체 부피와 비용적은 Table 4와 같이 무첨가식빵은 2890 ml와 4.21로, AVII와 AVII-RS, NMS를 첨가한 경우 거의 비슷하였으나 NMS-RS를 첨가한 경우

Table 3. Moisture contents of breads for stored for 5 days at 20°C and 4°C

Samples	Storage temperature Storage day		
		20°C	4°C
	0	5	
NON	40.86	37.78	38.10
AVII	42.77	40.95	41.23
NMS	39.27	38.94	38.56
AVII-RS	44.84	43.18	44.02
NMS-RS	43.24	43.21	43.45

NON, AVII, NMS, AVII-RS and NMS-RS mean dough prepared for only flour, amyloamaize and normal maize starch, RS made from amyloamaize and normal maize starch, added to flours, respectively.

Table 4. Effect of native and resistant starches(RS) on volume of breads

	Total volume (ml)	Bulk density (g/l)	Specific loaf volume (cm ³ /g)
NON	2890	237.7	4.21
A	2860	241.7	4.14
NMS	3076	215.5	4.64
A-RS	2930	225.2	4.44
NMS-RS	2090	392.2	2.55

NON, AVII, NMS, AVII-RS and NMS-RS mean dough prepared for only flour, amyloamaize and normal maize starch, RS made from amyloamaize and normal maize starch, added to flours, respectively.

에는 감소하였다. 빵의 부피는 단백질 함량, glutenin과 gliadin의 비율이 중요하며²⁰⁾ 그외 밀가루에 함유된 전분, 극성지질과 가스팽창제 등에 의해 영향을 받는다고 알려져 있다²¹⁾. 빵의 부피를 증가시키기 위해서는 RS함량을 증가시킬 수 있는 방법이나 종류가 다른 전분으로 RS를 제조하는 방법, 또는 다른 형태의 RS를 제조하여 적용하는 방법 등이 고려되어야 할 것이다. 이에 반해 Bulk density는 빵의 무게와 부피의 비로 Fig. 1에서 보여주듯이 NMS-RS를 첨가한 빵이 가장 높았다. 밀도는 빵을 썹을 때 썹히는 맛의 차이를 주며 밀도가 작을수록 부드러운 느낌이, 밀도가 크면 쫄깃한 느낌을 주게된다.

3. 빵의 텍스처 특성

빵의 텍스처를 레오미터로 측정한 결과는 Table 5와 같다. 무첨가빵의 견고성은 464.6으로, AVII-RS와 생전분(AVII, NMS)을 첨가한 경우에는 빵의 부피나 비용적과 같이 비슷한 값을 보였으나, NMS-RS를 첨가하면 거의 2.5배에 가까운 값을 나타냈다. 견고성이 높은 것은 NMS-RS를 첨가한 빵의 밀도로 설명이 되며 이를 개선하기 위해서는 2차 발효과정에서 시간을 증가시키거나 활성글루텐을 첨가하는 방법 또는 다른 종류의 전분

Table 5. Effect of resistant starches(RS) on the textural properties of fresh and 5 day stored breads at 20°C and 4°C using rheometer

Samples	Con ^{a)}	Hardness	Adhesiveness	Springiness	Cohesiveness
NON	20-0 ^{b)}	^c 464.6± 61.2 ^b	^c 6.4± 2.3 ^a	1.0±0.0	^c 0.8±0.1 ^a
	20-5 ^{c)}	^c 965.7± 164.8 ^b	^c 10.0± 3.9 ^b	^c 0.9±0.0	^c 0.6±0.0 ^b
	4-5 ^{d)}	^c 1054.3± 175.0 ^b	^c 14.6± 5.5 ^c	^c 0.9±0.0	^c 0.5±0.0 ^c
AVII	20-0	^c 497.5± 145.8 ^b	^c 7.4± 2.7 ^a	1.0±0.0	^c 0.8±0.1 ^a
	20-5	^c 1145.1± 341.8 ^b	^c 12.0± 6.2 ^b	^c 1.0±0.0	^c 0.6±0.0 ^b
	4-5	^c 1829.8± 559.2 ^b	^c 16.4± 6.1 ^c	^c 1.0±0.0	^c 0.4±0.1 ^c
NMS	20-0	^c 524.4± 116.5 ^b	^c 10.6± 6.1 ^a	1.0±0.0 ^a	^c 0.8±0.1 ^a
	20-5	^c 1082.8± 232.0 ^b	^c 15.3± 7.5 ^a	^c 0.9±0.1 ^b	^c 0.6±0.1 ^b
	4-5	^c 2018.9± 387.1 ^b	^c 22.4± 6.3 ^b	^c 0.9±0.0 ^b	^c 0.4±0.1 ^c
AVII-RS	20-0	^c 517.6± 131.2 ^b	^c 5.4± 1.5 ^a	1.0±0.0	^c 0.8±0.0 ^a
	20-5	^c 1025.0± 208.7 ^b	^c 15.2± 8.1 ^b	^c 1.0±0.0	^c 0.6±0.0 ^b
	4-5	^c 1829.0± 794.0 ^b	^c 15.9± 7.8 ^b	^c 1.0±0.0	^c 0.5±0.1 ^c
NMS-RS	20-0	^c 1275.0± 301.7 ^b	^c 11.6± 4.0	1.0±0.0 ^a	^c 0.7±0.0 ^a
	20-5	^c 2639.9± 662.3 ^b	^c 27.5±22.7	^c 0.9±0.0 ^a	^c 0.5±0.1 ^b
	4-5	^c 2753.7± 744.2 ^b	^c 29.2±26.6	^c 0.9±0.1 ^b	^c 0.4±0.1 ^c

NON, AVII, NMS, AVII-RS and NMS-RS mean dough prepared for only flour, amylo maize and normal maize starch, RS made from amylo maize and normal maize starch, added to flours, respectively.

^{a)}Storage conditions

^{b)}at 20°C for 0 day

^{c)}at 20°C for 5 days

^{d)}at 4°C for 5 days

^{a, c, b)}* means significantly different among samples at same storage conditions.

^{a, b, c)}* means significantly different among storage conditions at same samples.

과 혼합하여 사용하는 방법을 고려할 수 있다. 부착성은 무첨가빵이 6.43으로 NMS와 NMS-RS를 첨가한 경우에 증가하였으며 이는 빵을 굽는 과정에서 호화되는 전분의 양과 관계가 있을 것으로 생각되었다. 탄성은 0.95 ~ 0.96으로 모든 시료간에 유의적인 차이가 없었으며, 응집성은 무첨가빵이 0.80이었고 NMS-RS를 첨가한 경우에 낮았으나 유의적이지 않았다. 빵의 견고성은 생전분이나 저항전분의 직접적인 영향이라기 보다는 저항전분내의 호화전분인 무정형 부분이 요구하는 수분의 양이 많으면 글루텐의 형성에 영향을 주므로 발효동안 이스트에 의해 생성된 CO₂ 가스를 잘 포집하지 못하여 빵의 전체부피가 작아지고, 밀집된 구조를 갖게 되어 더 딱딱해지는 것으로 생각되었다²³⁾. 그러나 부착성과 응집성은 빵에 첨가해 준 전분이 영향을 줄 수 있는데 AVII과 AVII-RS를 첨가한 빵은 첨가량이 양적으로 작은 것과 호화온도가 높고 호화에 필요한 수분이 많이 필요하기 때문에 주어진 조건에서 영향을 주었을 것으로 생각되었다. 빵의 기계적 텍스처는 NMS-RS를 첨가한 빵이 무첨가빵이나 다른 생전분과 AVII-RS를 첨가한 빵과 달라 유의적이었으며 이 결과는 빵의 부피나 비용적과 상관성

이 높았다.

4. 저장에 따른 빵의 텍스쳐 변화

무첨가빵은 5일간 저장하면 온도에 관계없이 수분함량이 2.7~3.1% 정도 감소하였지만, 생전분이나 저항전분을 첨가한 경우 저장 중 수분함량이 유지되었고 저항전분 첨가의 경우 그 변화가 적었다. 저장동안 수분의 이동(mobility)은 빵의 staling에 중요한 영향을 주는데 빵을 장기간 저장하면 저장 기간에 따라 수분함량이 감소했으며, 수분의 이동은 빵의 내부인 crumb부분에서 crust로 일어난다고 하였고²³⁻²⁵⁾, 빵에 함유된 수분이 전분의 노화에 사용되어 수분의 mobility가 감소한다고 하였다²⁵⁾. 즉 수분의 변화는 빵의 품질을 저하시키는데 저항전분을 첨가하면 수분 증발이 감소되어 저장 중의 품질을 유지할 수 있을 것으로 생각되었다.

빵은 저장에 따라 견고성이 증가하며 이는 전분의 노화와 상관성이 높다고 알려져 있다. 그래서 20°C와 4°C에서 5일간 빵을 저장하여 측정한 견고성은 Table 5와 같이 965.7~2753.7로 저장하지 않은 것(464.6~1275.1)보다 2~4배의 증가를 보였다. 견고성의 변화는 생전분

과 AVII-RS 첨가시 온도에 따라 크게 차이를 보였으며 4°C에서 5일간 저장한 빵을 바로 구운 후의 견고성과 비교하면 NMS-RS 첨가빵의 증가율이 가장 낮았으며 생전분이나 AVII-RS 첨가의 경우 증가율이 높았다. 이는 다른 전분과 달리 NMS-RS 첨가가 빵의 노화속도를 완만히 진행하는 것으로 생각되었다. 부착성은 저장기간에 따라 증가하였으며 탄성과 응집성을 감소하였다. 다른 보고들에서도 빵의 견고성이 증가하는 것은 굽는 동안 전분입자에서 용출된 아밀로오스와 아밀로페틴이 다른 입자에서 용출된 것들과 결합을 하기 때문이라고, 즉, 전분의 노화에 기인한다고 제안하였다^{22,26}.

5. 빵의 관능적 검사

빵의 소비가 많은 계층인 초등학교 학생을 대상으로 기호도 조사를 실시한 결과 Table 6과 같았다. 평가항목인 빵의 모양, 색, 향미, 맛, 질감, 전반적인 기호도 평가에서 모든 시료가 3점이상의 높은 점수를 받았다. AVII-RS를 첨가한 빵은 측정한 모든 항목에서 무첨가빵과 유의적인 차이가 없었고, NMS-RS를 첨가한 빵은 빵의 모양과 crust의 색을 제외하고 무첨가빵과 차이가 없었으며, 특히 다른 관능적인 특성과는 달리 텍스쳐는 NMS-RS를 첨가한 빵이 4.60으로 무첨가빵이나 AVII-RS를 첨가한 빵보다 훨씬 좋은 점수를 받았다. 전체적인 기호도에서도 무첨가 빵보다 약간 높은 점수를 받았는데 이것은 텍스쳐의 영향이 큰 것으로 생각되었다. 그래서 전체적인 맛에 대한 기호도와 각 항목간의 상관성을 알아본 결과 Table 7과 같았다.

Table 7과 같이 전반적인 기호도와 관능검사 평가 항목간의 상관성은 높지 않았지만 다른 항목에 비해 향미와 맛, 텍스쳐가 전반적인 기호도와 0.35~0.41의 상관성을 보였다. 즉 외형에서 점수가 낮은 NMS-RS를 첨가한

Table 6. Sensory test of breads

	NON	AVII-RS	NMS-RS
Shape	3.90±0.66 ^a	4.23±0.86 ^a	3.30±1.09 ^b
Crust color	4.10±0.92 ^a	4.30±0.79 ^a	3.06±1.28 ^b
Crumb color	4.16±0.83 ^{ab}	4.40±0.81 ^a	3.77±1.22 ^b
Flavor	3.53±1.67 ^{ab}	4.10±1.18 ^a	3.30±1.39 ^b
Taste	4.13±0.82	4.17±1.09	3.93±1.05
Texture	3.76±1.14 ^b	3.87±1.07 ^b	4.60±0.72 ^a
Overall acceptability	3.93±0.94	4.10±1.03	4.03±1.03

NON, AVII, NMS, AVII-RS and NMS-RS mean dough prepared for only flour, amyloamize and normal maize starch, RS made from amyloamize and normal maize starch, added to flours, respectively.

^{a,b,c} means significantly different for samples at $p < 0.05$.

Table 7. Correlation of sensory test

	Overall acceptability
Shape	0.2049
Crust color	0.2793*
Crumb color	0.2915*
Flavor	0.3673**
Taste	0.4111**
Texture	0.3530**

* means significantly different for samples at $p < 0.01$.

**means significantly different for samples at $p < 0.001$.

빵이 질감에서 좋은 점수를 받아서 전반적인 기호도에 좋은 영향을 주어서, 무첨가빵이나 AVII-RS를 첨가한 빵과 유의적인 차이가 없는 것으로 나타났다.

따라서 RS-3 형태인 AVII-RS와 NMS-RS를 첨가하여 제조한 빵이 소비자의 기호도에서 무첨가빵과 차이가 없음을 알 수 있었고, 저항전분을 첨가한 빵이 기존의 빵의 관능적 특성을 변화시키지 않았으므로 제품개발에 저항전분을 이용할 수 있다는 결론을 얻었으며, 조와 안^[14]이 보고한 결과와 같은 경향이었다. 또한 전분내의 RS함량을 증가시켜 밀가루에 첨가하는 전분의 양을 줄이면 더욱 품질이 좋은 식빵을 제조할 수 있을 것으로 생각되었다.

IV. 요 약

고아밀로오스와 보통 아밀로오스 옥수수 전분으로 가열·냉각과정을 거쳐 RS-3 형태의 저항전분을 제조하고 RS함량이 5%가 되도록 첨가하여 만든 식빵의 제빵특성과 품질을 밀가루 반죽특성과 제빵특성, 빵의 텍스처 및 관능검사를 실시하여 비교하였다. Farinograph로 측정한 반죽특성은 RS첨가시 수분흡수력과 반죽형성시간은 증가하고 안정성은 감소하였다. 생전분이나 AVII-RS첨가시 빵의 총부피와 비용적은 무첨가빵보다 향상되었으나 NMS-RS 첨가시 감소하였다. 빵을 저장했을 때, 무첨가빵은 저장시간에 따라 수분함량이 감소하였으나 RS를 첨가한 빵은 수분함량이 유지되었고, 빵의 견고성은 저장에 따라 모두 증가하였다. 초등학교 학생을 대상으로 기호도 조사를 실시한 결과, RS를 첨가한 빵의 전체적인 기호도는 무첨가 식빵보다 좋은 결과를 보였다.

감사의 글

이 논문은 보건복지부의 보건의료기술 연구개발사업으로 1997년부터 1998년까지 수행한 연구결과의 일부로서

연구비를 지원하여 준 보건복지부에 감사드리며 시료를 제공해준 (주)한국제분에 감사드립니다.

참고문헌

1. Asp, N. -G. : Resistant starch. Proceedings of the 2nd plenary meeting of EURESTA: European Flair Concerted Action No.11 on physiological implications of the consumption of resistant starch in men. *Eur. J. Clin. Nutr.*, **41**(Su2):S1, 1992
2. Englyst, H. N., Kingman, S. M. and Cumming, J. H. : Classification and measurement of nutritionally important starch fractions. *Eur. J. Clin. Nutr.*, **46**:S33, 1992
3. Sivester, K. R., Englyst, H. N. and Cummings, J. H. : Ileal recovery of starch from whole diets containing resistant starch measured *in vitro* and fermentation of ileal effluent. *Am. J. Clin. Nutr.*, **62**:403, 1995
4. Englyst, H. N., Kingman, S. M., Cumming, J. H., Beatty, E. R. and Bingham, S. A. : Digestion and physical properties of resistant starch in the human large bowel. *British J. Nutr.*, **75**:733, 1996
5. Trinidad, P. T., Thomas MS, W. and Lilian, U. T. : Effect of acetate and propionate on calcium absorption from the rectum and distal colon of humans. *Am. J. Clin. Nutr.*, **63**:574, 1996
6. De Deckere, E. A. M., Kloot, W. J. and Van Amelsvoort, J. M. M. : Effect of a diet with resistant starch in the rat. *Eur. J. Clin. Nutr.*, **46**:S121, 1992
7. Sievert, D. and Pomeranz, Y. : Enzyme-Resistant Starch. I. Characterization and evaluation by enzymatic, thermoanalytical, and microscopic methods. *Cereal Chem.*, **66**:342, 1989
8. Eerlingen R. C. and Delcour J. A. : Formation, analysis, structure and properties of type III enzyme resistant starch. *J. Cereal Sci.*, **22**:129, 1995
9. 문세훈, 백무열, 신말식 : 효소저항전분의 물리적 성질에 대한 아밀로오스 함량의 효과. *한국식품과학회지*, **29**: 516, 1997
10. Englyst, H. N., Kingman, S. M., Hudson, G. J. and Cummings, J. H. : Measurement of resistant starch *in vitro* and *in vivo*. *British J. Nutr.*, **75**:749, 1996
11. Sievert, D. and Pomeranz, Y. : Enzyme-resistant starch. II. Differential scanning calorimetry studies on heat-treated starches and enzyme-resistant starch residues. *Cereal Chem.*, **67**:217, 1990
12. Zhang, D. and Moore, W. R. : Effect of wheat bran particle size on dough rheological properties. *J. Sci. Food Agric.*, **74**:490, 1997
13. Wang, W. -M., Klopfenstein, C. F. and Jr. Ponte, J. G. : Effects of twin-screw extrusion on the physical properties of dietary fiber and other components of whole wheat bran and on the baking quality of the wheat bran. *Cereal Chem.*, **70**:707, 1993
14. 조아라, 안승요 : 효소 저항성 전분의 첨가가 옥수수빵의 텍스쳐 특성에 미치는 영향. *한국조리과학회지*, **12**:207, 1996
15. 조미경, 이원종 : 보리가루를 이용한 고식이섬유 빵의 제조. *한국식품과학회지*, **28**:702, 1996
16. American Association of Official Analytical Chemical Change in Method : Total dietary fiber in foods, enzymatic gravimetric method, First action. *J. Assoc. Anal. Chem.*, **68**:399, 1985
17. AACC : Official methods of the AACC, 8th ed., American Association of Cereal Chemists. St. Paul, M. N. 1983
18. Baghurst, P. A., Baghurst, K. I. and Record, S. J. : Dietary fibre, non-starch polysaccharides and resistant starch-A review. *Supplement to Food Australia*, **48**S1, 1996
19. 김영호, 최광수, 손동화, 김정호 : 전분립 첨가 반죽의 물리적 특성. *한국식품영양과학회지*, **25**:817, 1996
20. Lai, C. S., Hoseney, R. C. and Davis A. B. : Effects of wheat bran In breadmaking. *Cereal Chem.*, **66**:217, 1989
21. Pomeranz, Y. : Composition and functionality of wheat flour components. In Whēat : Chemistry and Technology. 3rd ed. Vol. II. Y. Pomeranz, ed. *Am. Assoc. Cereal Chem.*, St. Paul, MN, p. 219-370, 1988
22. Every, D., Gerrard, J. A., Gilpin, J. M., Ross, M. and Newberry, M. P. : Staling in starch bread: the effect of gluten additions on specific loaf volume and firming rate. *Starch*, **50**:443, 1998
23. Piazza, L. and Masi, P. : Moisture redistribution throughout the bread loaf during staling and its effect on mechanical properties. *Cereal Chem.*, **72**:320, 1995
24. He, H. and Hoseney, R. C. : Changes in bread firmness and moisture during long-term storage. *Cereal Chem.*, **67**:603, 1990
25. Ruan, R., Almaer, S., Huang, V. T., Perkins, P., Chen, P. and Fulcher, R. G. : Relationship between firming and water mobility in starch-based food systems during storage. *Cereal Chem.*, **73**:328, 1996
26. Morgan, K. R., Gerrard, J., Every, D., Ross, M. and Gil-pin, M. : Staling in starch breads: the effect of anti-staling α -amylase. *Starch*, **49**:54, 1997

(2000년 3월 21일 접수)