

## 설탕 대체제로 야콘 농축액을 사용하여 제조한 식빵의 저장 중 물성변화

이규희<sup>1</sup> · 김원모<sup>2</sup> · 김미경<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>우송대학교 외식조리영양학부, <sup>2</sup>우송정보대학 제과제빵학과

### Quality Characteristic Changes during Storage of Bread Prepared by Addition of Yacon Concentrates as Sugar Substitute

Gyu-Hee Lee<sup>1</sup>, Won-Mo Kim<sup>2</sup>, Mi-Kyung Kim<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>School of Culinary Nutrition, Woo-Song University

<sup>2</sup>Department of Baking & Pastry, Woo-Song College

#### Abstract

Yacon (*Smallanthus sonchifolius*) is a root crop that contains high amounts of fructo-oligosaccharides (FOS). FOS has a sweet taste, is low in calories, and is known to promote intestinal tract health. In this study, various yacon concentrates were substituted for sugar in white pan bread to obtain healthy benefits from the use of FOS. The quality characteristic changes during storage of the white pan bread with 0, 25, 50, 75 and 100% of added yacon concentrates instead of sugar were investigated. During storage, the water contents and water activities of the breads made with high amounts of yacon concentrates changed less than in those made with only sugar. The hardness and chewiness of the breads made with high amounts of yacon concentrates had lower values than those made with only sugar. Thus, bread made with yacon concentrates might exhibit increased moisture retention and decreased aging velocity. The substitution of yacon concentrates for sugar in pan bread improved the bread quality.

Key Words: Yacon concentrates, bread, substitution of sugar, quality characteristics, fructo-oligosaccharides

#### 1. 서 론

야콘(*Smallanthus sonchifolius*)은 주로 안데스지역에서 재배되며 과일형태로 섭취되는 뿌리식물로 우리나라에는 1980년대에 수입되어 강원도지역을 중심으로 재배가 확대되고 있다. 야콘의 뿌리에는 다량의  $\beta$ -(2→1) fructooligosaccharides (FOS)가 함유되어 있다(Goto 등 1995). FOS는 식품에 자연적으로 여러 가지 형태로 존재하고 있으나, 야콘 만큼 FOS를 다량함유하고 있는 식물은 없다(Genta 등 2009). FOS는 사람의 위장에 있는 효소에 의해 분해되지 않기 때문에(Delzenne & Roberfroid 1994) 사람이 섭취하였을 때 칼로리를 낮출 수 있으며, 혈중 지방 및 당의 농도를 낮출 수 있다(Yang & Tsai 1993). 또한 FOS는 많은 bifidobacteria와 lactobacilli와 같은 probiotics를 선택적으로 발효시키는 특성을 가지고 있어 장의 기능을 향상시키는 능력을 가지고 있다(Ojansivu 등 2011). Genta 등(2009)은 야콘 뿌리를 착즙·농축하여 제조한 야콘 시럽은 꿀이나 사탕수수 시럽의 단맛과 같은 농도에서 FOS의 함량이 대략 40-50%로 기능

성을 가진 당대체제로 사용이 가능하다고 보고한 바 있다.

과체중이나 비만은 내장 지방을 증가시키며 인슐린 저항성 및 대사증후군을 증가시킴으로 당뇨나 심혈관질환의 중요한 위험요소가 된다. 이러한 위험 요소를 줄이기 위한 방법으로 야채, 과일 및 곡류 등을 다량 섭취하는 식습관을 갖는 것이다(Genta 등 2009). 이와 더불어 사람의 위장에서 소화가 더디며 장내의 미생물 활동을 왕성하게 하여 장의 활동을 왕성하게 하는 FOS를 다량 함유한 제품을 섭취하는 것도 과체중이나 비만을 방지하기 위한 방법 중 하나로 사료된다.

식빵은 설탕함량이 적은 제품이지만 다른 밀가루제품 보다 섭취빈도가 높기 때문에 설탕대체제를 사용한 제품개발이 건강증진에 도움이 될 수 있을 것으로 판단된다. 본 연구진의 이전 연구(Kim 등 2012)에서 설탕 대신 야콘 뿌리를 착즙·농축하여 제조한 야콘 시럽을 식빵 제조 시 첨가하여 물리적 및 관능적 특성을 살펴본 결과 제품 특성과 기호성에서 우수한 결과를 얻었다. 본 연구는 그 후속으로 설탕을 대신하여 FOS를 다량 함유하는 야콘 농축액을 첨가하여 제

\*Corresponding author: Mi-Kyung Kim, School of Culinary Nutrition, Woo-Song University, 17-2 Jayang-dong, Dong-ku, Daejeon 300-718, Korea  
Tel: 82-42-630-9863 Fax: 82-42-630-9740 E-mail: kyungdec@hanmail.net

조한 식빵의 저장 중 특성 변화를 조사하였으며 바람직한 결과를 얻었기에 보고하는 바이다.

## II. 재료 및 방법

### 1. 실험재료

야콘 뿌리는 2011년 강릉시에서 재배한 것을 시장에서 구입하여 사용하였다. 식빵을 제조하기 위하여 밀가루((주)대한제분, 강력분), 이스트(오뚜기사, 생이스트), 식염(백조표 꽃소금), 쇼트닝(롯데삼강), 설탕(제일제당, 정백당), 탈지분유(서울우유 협동조합)를 사용하였다.

### 2. 야콘 농축액의 제조

구입한 야콘 뿌리를 마쇄한 후 착즙기로 착즙하고 얻어진 착즙액을 가열 농축하여 65°Brix가 되도록 한 것을 야콘 농축액으로 하였다.

### 3. 야콘 농축액을 이용한 식빵의 제조

식빵은 AACC법(American Association of Cereal Chemists 2000)의 직접 반죽법(Straight dough method)을 일부 수정하여 <Table 1>의 배합비로 제조하였다. 설탕 사용량과 야콘 농축액의 첨가량, 그에 따른 수분 함량을 고려해 수분첨가량을 조절하여 5개의 처리구로 하였으며 각 처리구는 설탕 량의 0%(YC 0), 25%(YC 25), 50%(YC 50), 75%(YC 75), 100%(YC 100)를 야콘 농축액으로 대체하였다. 제빵과정은 <Figure 1>에 표시한 바와 같다. 반죽은 반죽기(SM 200, Sinmag, Taiwan)를 사용하여 재료 및 물과 이스트를 넣어 저속으로 3분간 혼합을 하고 유지를 투입한 다음 중속으로

<Table 1> Formulas for preparation of the bread added with yacon concentrates (g)

Ingredients	YC 0 <sup>1)</sup>	YC 25 <sup>2)</sup>	YC 50 <sup>3)</sup>	YC 75 <sup>4)</sup>	YC 100 <sup>5)</sup>
Bread flour	100	99.295	98.590	97.885	97.180
Yacon extracts	0	4.075	8.150	12.225	16.300
Water	63.00	61.13	59.26	57.39	55.52
Sugar	6	4.5	3	1.5	0
Yeast	2	2	2	2	2
Shortening	4	4	4	4	4
Skim milk powder	3	3	3	3	3
Salt	2	2	2	2	2

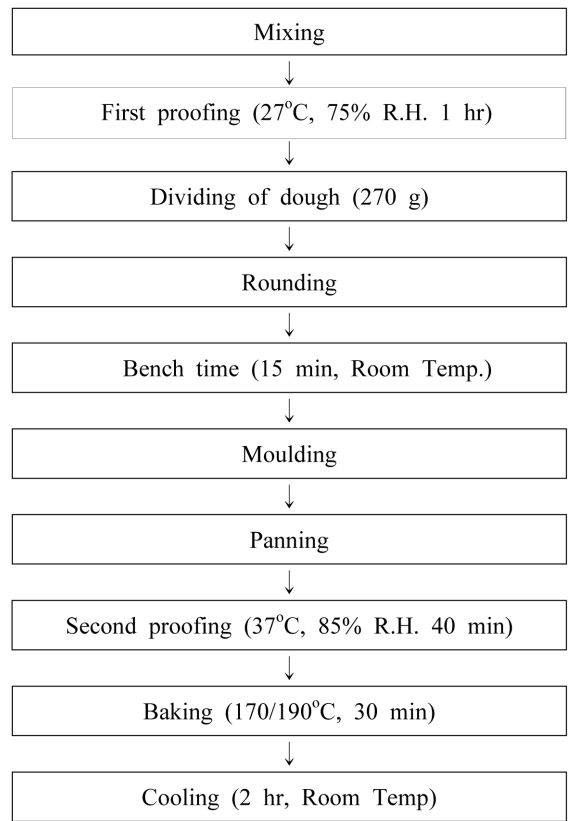
<sup>1)</sup>YC 0: Formulas were not substituted with yacon concentrates, used only 100% sugar (control)

<sup>2)</sup>YC 25: Formulas were substituted with yacon concentrates instead of 25% of sugar content

<sup>3)</sup>YC 50: Formulas were substituted with yacon concentrates instead of 50% of sugar content

<sup>4)</sup>YC 75: Formulas were substituted with yacon concentrates instead of 75% of sugar content

<sup>5)</sup>YC 100: Formulas were substituted with yacon concentrates instead of 100% of sugar content



<Figure 1> Bread making process by the straight dough method

글루텐이 잘 형성될 때까지 반죽하였다. 1차 발효는 온도 27°C, 습도 75%인 발효기(Daeheung Machinery Co., Korea)에서 60분간 실시하였다. 1차 발효 후 반죽 270 g을 분할하여 둥글리기 한 후 15분 동안 중간발효 하여 성형하고 식빵 팬(150×80×80 mm)에 넣은 다음 온도 37°C, 습도 85% 조건에서 40분간 2차 발효를 하였다. 2차 발효 후 170/190°C의 오븐에서 30분간 구웠다. 완성된 식빵을 실온(온도 22°C±2, 습도 75%±10)에서 2시간 식힌 후를 대조구로 하여 빵을 poly ethylene film bag에 넣어 밀봉한 다음 항온 항습기(온도 25°C±2, 습도 75%±10)에서 4일간 저장하면서 1일 간격으로 시료를 취하여 수분함량, 수분 활성도, 색도 및 texture를 측정하였다.

### 4. 저장 중 식빵의 수분함량 및 수분활성도의 변화

제조한 식빵의 저장기간 중 수분함량의 변화는 상압건조법을 이용하여 분석하였다(AOAC. 1995). 또한 저장기간 중 수분활성도의 변화는 수분활성측정기(Hygropalm, Rotronic, Swiss)를 사용하였으며 시료는 빵의 중심 crumb 부분을 5 g 정도 잘라 시료를 고루 분쇄한 후, 3회 측정하여 평균값을 구하였다.

### 5. 저장 중 식빵의 pH의 변화

제조한 식빵의 저장기간 중 pH는 pH meter로 측정하였다.

식빵을 각각 5 g씩 취하여 증류수 45 mL를 넣고 충분히 교반시킨 후 혼탁액 상태에서 측정하였으며 3회 반복하여 평균값을 사용하였다.

6. 저장 중 식빵의 색도의 변화

제조한 식빵의 색도는 식빵 crumb의 단면(3×3 cm)을 1 cm 두께로 slice하고 CR-400 Chroma meter(Minolta Inc., Japan)로 L, a, b 값이 각각 95.00, -0.35, 3.68인 표준 백판을 이용하여 L(명도), a(적색도), b(황색도)값을 3회 측정하고 평균값을 구하였다.

7. 저장 중 식빵의 texture의 변화

제조한 식빵의 texture는 식빵의 중심을 동일한 크기(3×3×1 cm)로 잘라 2장을 겹쳐 레오미터(Rheometer, COMPAC-100 II, Sun Co., Japan)를 이용하여 직경이 25 mm인 원통형 plunger를 사용하여 최대하중 2 kg, table speed 60 mm/min, distance 50%의 조건으로 경도(hardness), 탄력성(springiness), 응집성(cohesiveness) 및 씹힘성(chewiness)의 변화를 3회 반복 측정하여 평균값으로 나타내었다.

8. 통계 분석

통계분석에는 SPSS프로그램(v12.0, IBM Company, Chicago, USA)을 사용하였고 분산분석 후 Duncan's multiple range tests(p<0.05)로 시료 간 유의성검정을 실시하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 저장 중 식빵의 수분함량 및 수분활성도의 변화

저장 중 식빵의 수분함량변화는 <Table 2>에 표시하였다. 빵을 제조한 직후 수분함량 측정결과 야콘 농축액의 첨가에 따른 수분함량의 차이는 존재하지 않았으나 저장기간에 따라 야콘 농축액을 전혀 사용하지 않고 설탕만을 사용하여 제조한 빵(YC 0)과 설탕의 25%를 야콘 농축액으로 대체하여 제조한 빵(YC 25)의 수분함량은 저장기간이 증가할수록 감소하는 경향을 보였다. 그러나 설탕대신 야콘 농축액을 50%

이상 첨가하여 제조한 빵 (YC 50, YC 75, YC 100)에서는 수분함량의 감소는 있었으나 통계적 유의차가 없었다. 따라서 야콘 농축액의 첨가는 저장 기간 중 수분을 오래 유지시켜 줌을 알 수 있었다. 빵의 저장 중 수분함량의 감소는 빵 crumb의 수분이 crust로 이동하면서 수분함량의 감소가 발생하게 되며(Yun 등 2006), 수분함량의 감소는 노화를 촉진하는 요인이 되므로 저장 기간 동안 수분함량의 손실이 적은 빵은 신선도가 높은 것을 의미한다(Park 등 2011). 본 실험에서는 야콘 농축액의 첨가량이 높을수록 수분함량의 변화가 적었으므로 야콘 농축액의 첨가는 빵의 노화를 지연시키는 것을 알 수 있었다.

저장 중 식빵의 수분활성도의 변화는 <Table 3>에 표시하였다. 수분활성도는 저장 중 노화특성 및 안정성에 영향을 미치는 인자로, 주변 환경에 따라 변화가 심하다. 그러나 저장 조건을 같이 하였을 때에는 저장초기에는 빵 외부의 습도가 높아 빵 내부로의 수분흡수가 일어나면서 수분활성도가 다소 증가되다가 이후에는 빵 외부가 건조되면서 상대습도가 낮아져 빵 내부의 수분이 증발하면서 일반적으로 저장 기간 동안 수분활성도는 감소된다(Kim & Chun 2009). 본 연구의 결과에서도 저장 기간 동안 수분활성도는 감소하였고, 야콘 농축액의 첨가량이 증가할수록 수분활성도의 감소속도가 낮아지는 것을 알 수 있었다. Lee 등(2009)이 양파즙을 첨가하여 제조한 식빵의 저장성을 조사하였을 때 양파즙을 많이 첨가할수록 수분활성도가 높게 나타나 양파즙의 첨가량이 높을수록 저장성이 좋은 식빵을 얻을 수 있다고 보고한 결과와 같았다. 또한, 저장 기간 동안 수분활성도의 변화는 야콘 농축액의 첨가량이 많을수록 적은 것을 알 수 있었다. 저장 과정 중 수분활성도의 차이가 적다는 것은 저장 과정 중 노화가 지연되는 것을 의미한다(Miyazaki 등 2004). 따라서 야콘농축액 첨가량이 증가할수록 저장 기간 동안 수분활성도의 변화가 적으므로 노화속도 또한 지연되어 야콘 농축액 첨가가 노화를 지연시킬 수 있을 것으로 판단된다.

2. 저장 중 식빵의 pH 및 색도의 변화

제조된 식빵의 저장 중 pH변화는 <Figure 2>에, 색도의 변

<Table 2> Changes of moisture content of the bread added with yacon concentrates stored at 25°C and relative humidity 75% during 4 days

Days of storage	YC 0 <sup>1)</sup>	YC 25 <sup>2)</sup>	YC 50 <sup>3)</sup>	YC 75 <sup>4)</sup>	YC 100 <sup>5)</sup>
0	<sup>A</sup> 36.38±0.106 <sup>7)N.S8)</sup>	<sup>A</sup> 35.23±0.04	<sup>N.S</sup> 35.65±0.89	<sup>N.S</sup> 35.31±5.10	<sup>N.S</sup> 36.99±5.10
1	<sup>A</sup> 36.48±2.52 <sup>N.S</sup>	<sup>A</sup> 35.71±0.68	35.64±1.90	34.92±1.09	35.89±0.45
2	<sup>AB</sup> 34.27±3.81 <sup>N.S</sup>	<sup>A</sup> 33.25±0.18	35.24±1.74	33.87±3.10	35.01±0.56
3	<sup>B</sup> 32.05±2.93 <sup>N.S</sup>	<sup>B</sup> 31.23±3.63	34.36±3.36	33.20±0.97	34.92±4.50
4	<sup>B</sup> 30.10±0.32 <sup>a9)</sup>	<sup>B</sup> 30.39±2.36 <sup>a</sup>	32.51±0.86 <sup>ab</sup>	32.20±2.51 <sup>ab</sup>	33.68±2.17 <sup>b</sup>

1)-5) Abbreviations are the same as Table 1.

6) Values with different superscripts in the same column are significantly different at α=0.05.

7) Mean±SD

8) N.S is not significantly different at α=0.05.

9) Values with different superscripts in the same row are significantly different at α=0.05.

<Table 3> Changes of water activity of the bread added with yacon concentrates stored at 25°C and relative humidity 75% during 4 days

Days of storage	YC 0 <sup>1)</sup>	YC 25	YC 50	YC 75	YC 100
0	A <sup>2)</sup> 0.970±0.015 <sup>3)NS4)</sup>	A <sup>2)</sup> 0.970±0.004	A <sup>2)</sup> 0.973±0.018	A <sup>2)</sup> 0.974±0.005	A <sup>2)</sup> 0.970±0.008
1	B <sup>2)</sup> 0.956±0.002 <sup>ab5)</sup>	B <sup>2)</sup> 0.954±0.012 <sup>b</sup>	B <sup>2)</sup> 0.955±0.001 <sup>b</sup>	B <sup>2)</sup> 0.961±0.006 <sup>a</sup>	B <sup>2)</sup> 0.957±0.003 <sup>ab</sup>
2	C <sup>2)</sup> 0.948±0.003 <sup>b</sup>	B <sup>2)</sup> 0.949±0.006 <sup>b</sup>	BC <sup>2)</sup> 0.952±0.003 <sup>b</sup>	B <sup>2)</sup> 0.958±0.012 <sup>a</sup>	B <sup>2)</sup> 0.956±0.002 <sup>a</sup>
3	D <sup>2)</sup> 0.946±0.001 <sup>c</sup>	B <sup>2)</sup> 0.948±0.014 <sup>bc</sup>	BC <sup>2)</sup> 0.949±0.003 <sup>b</sup>	B <sup>2)</sup> 0.957±0.006 <sup>a</sup>	B <sup>2)</sup> 0.956±0.004 <sup>a</sup>
4	E <sup>2)</sup> 0.941±0.003 <sup>b</sup>	C <sup>2)</sup> 0.943±0.003 <sup>b</sup>	C <sup>2)</sup> 0.945±0.00 <sup>ab</sup>	C <sup>2)</sup> 0.950±0.004 <sup>a</sup>	C <sup>2)</sup> 0.948±0.005 <sup>a</sup>

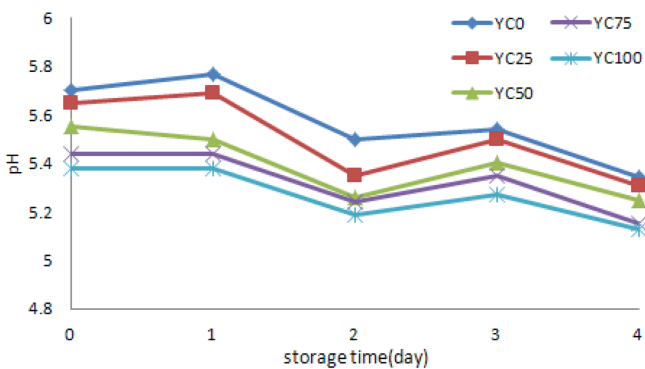
<sup>1)</sup>Abbreviations are the same as Table 1.

<sup>2)</sup>Values with different superscripts in the same column are significantly different at  $\alpha=0.05$ .

<sup>3)</sup>Mean±SD

<sup>4)</sup>N.S is not significantly different at  $\alpha=0.05$ .

<sup>5)</sup>a-c Values with different superscripts in the same row are significantly different at  $\alpha=0.05$ .



<Figure 2> Changes in pH of the bread added with yacon concentrates stored at 25°C and relative humidity 75% during 4 days

화는 <Table 4>에 나타내었다. 제조 직 후 빵의 pH는 야콘 농축액 첨가량이 많아질수록 다소 낮아졌으며 저장 중에도 같은 경향을 보였다. 낮은 pH가 미생물에 대한 안정성에 긍정적인 효과를 준다는 보고(Choi 등 2007)가 있으므로 야콘 농축액 첨가는 식빵의 저장성에 효과적일 것으로 사료된다.

빵 색의 밝기를 나타내는 lightness(L)는 야콘 농축액 첨가량이 증가할수록 감소하여 색이 어두워지는 것을 알 수 있었으나 저장기간 중에는 야콘 농축액의 첨가량과 상관없이 통계적으로 유의차를 나타내지 않았다. Redness(a)와 yellowness(b)는 야콘 농축액 첨가량이 많아질수록 증가하여 붉은색과 황색이 강해지는 것을 알 수 있었으나, 저장기간 중 변화는 없었다. 야콘 농축액의 첨가량이 증가할수록 빵의 색깔은 Munsell 색상표 7.5Y 3/6의 녹색에 가까운 황색을 나타내었다.

3. 저장 중의 식빵의 texture의 변화

제조된 식빵의 저장 중 texture변화는 <Table 5>에 나타내었다. 식빵의 경도(hardness)는 야콘 농축액의 첨가량이 증가할수록 낮아지는 경향을 나타내어 야콘첨가량의 증가는 빵을 부드럽게 한다는 것을 알 수 있었다. 저장기간이 지남에 따라 각각의 식빵의 경도는 증가하였는데 야콘 첨가량이 증

가할수록 경도의 증가폭이 적은 것을 알 수 있었다. YC 100은 4일 저장했을 때 YC 0를 2일 저장했을 때의 경도보다 낮은 값을 나타내었다. 식빵의 경도는 노화의 진행 속도를 빠르게 하고, 식빵의 노화는 shelf life를 감소시킴으로서 커다란 경제적 손실을 가져온다(Ronda 등 2011). 따라서 일반적인 식빵처럼 설탕을 사용하여 제조한 식빵(YC 0)을 설탕의 50%이상을 야콘 농축액으로 대체하여(YC 50) 야콘 농축액의 첨가량을 조절하면 저장기간이 길어져도 부드러운 빵을 공급할 수 있을 것으로 판단된다. 야콘 농축액에는 상당히 높은 양의 fructo-oligosaccharides(FOS)가 함유되어 있으므로(Kim 등 2012) 설탕을 대체하여 야콘 농축액을 첨가하면 FOS 함량이 높아지면서 보습효과를 높임으로 빵의 굳는 속도를 늦추는 것으로 판단된다. 이러한 결과는 Angioloni & Collar(2011)가 carboxy methyl cellulose(CMC)와 FOS를 사용하여 제조한 빵은 crumb 구조를 치밀(dense)하게 만들어 초기 제빵 후 식감을 좋게 할 뿐만 아니라 저장과정 중 치밀한 crumb의 구조는 노화 속도를 낮추는 효과를 갖는다고 보고한 내용과 유사함을 알 수 있었다. 식빵의 탄력성(springiness)은 야콘 농축액의 첨가량을 높여도 통계적으로 유의차가 없었으며, 4일간 저장하였을 때에도 통계적으로 유의차가 없었다. 빵의 응집성(cohesiveness)은 값이 클수록 부드럽고 큰 덩어리(bolus)를 형성하는 것을 의미하므로 제빵에서는 바람직한 현상이다(Onyango 등 2011). 또한 응집성은 저장일수가 증가할수록 감소하는 경향을 나타내는데, 응집성이 감소하는 것은 빵이 잘 부스러지는 특성을 나타내기 때문에 바람직한 현상은 아니다(Onyango 등 2010). 본 연구에서 야콘 농축액의 첨가량이 많을수록 응집성이 증가하는 경향을 나타내어 야콘 농축액의 첨가가 응집성을 높임으로써 빵이 잘 부스러지지 않는 것을 알 수 있었다. 씹힘성(chewiness)은 경도, 응집성 및 탄력성이 작용하여 발생하는 조직감으로, 경도에 의해 가장 영향을 받게 된다(Onyango 등 2011). 씹힘성은 야콘 농축액의 첨가량이 많을수록 감소하는 경향을 나타내었다. 저장기간이 길어질수록 씹힘성은 증가하는 경향을 나타내었는데, 야콘 농축액의 첨가량이 많아질수록 씹힘성은 서서히 증가하여 경도의 변화와 같은 경향을 나

<Table 4> Changes of Hunter's color value of the bread added with yacon concentrates stored at 25°C and relative humidity 75% during 4 days

Variables	Days of storage	Samples				
		YC 0 <sup>1)</sup>	YC 25	YC 50	YC 75	YC 100
L	0	<sup>NS2)</sup> 67.96±1.94 <sup>3)ab4)</sup>	<sup>NS</sup> 63.45±0.59 <sup>b</sup>	<sup>NS</sup> 61.59±0.73 <sup>bc</sup>	<sup>NS</sup> 60.80±1.13 <sup>c</sup>	<sup>NS</sup> 57.62±1.49 <sup>d</sup>
	1	69.07±1.24 <sup>a</sup>	65.72±1.65 <sup>b</sup>	61.89±1.45 <sup>c</sup>	57.94±1.91 <sup>d</sup>	58.20±1.37 <sup>d</sup>
	2	68.02±0.42 <sup>a</sup>	65.19±0.98 <sup>b</sup>	62.12±0.95 <sup>c</sup>	58.93±1.17 <sup>d</sup>	55.31±0.67 <sup>c</sup>
	3	68.77±0.24 <sup>a</sup>	63.59±1.18 <sup>b</sup>	60.62±0.45 <sup>c</sup>	58.59±0.59 <sup>d</sup>	57.12±0.72 <sup>c</sup>
	4	69.35±0.03 <sup>a</sup>	64.28±0.21 <sup>b</sup>	60.79±0.85 <sup>c</sup>	58.72±0.39 <sup>d</sup>	56.78±0.25 <sup>c</sup>
a	0	<sup>NS</sup> -1.24±0.07 <sup>d</sup>	<sup>NS</sup> -0.69±0.08 <sup>c</sup>	<sup>NS</sup> -0.39±0.04 <sup>b</sup>	<sup>NS</sup> -0.09±0.07 <sup>a</sup>	<sup>NS</sup> 0.04±0.03 <sup>a</sup>
	1	-1.30±0.01 <sup>d</sup>	-0.93±0.09 <sup>c</sup>	-0.38±0.04 <sup>b</sup>	0.14±0.02 <sup>a</sup>	0.28±0.10 <sup>a</sup>
	2	-1.29±0.04 <sup>e</sup>	-0.74±0.03 <sup>d</sup>	-0.27±0.02 <sup>c</sup>	-0.13±0.06 <sup>b</sup>	0.26±0.01 <sup>a</sup>
	3	-1.29±0.03 <sup>d</sup>	-0.59±0.04 <sup>c</sup>	-0.22±0.03 <sup>b</sup>	0.28±0.04 <sup>a</sup>	0.38±0.02 <sup>a</sup>
	4	-1.39±0.01 <sup>d</sup>	-0.61±0.01 <sup>c</sup>	-0.26±0.03 <sup>b</sup>	0.24±0.03 <sup>a</sup>	0.30±0.02 <sup>a</sup>
b	0	<sup>NS</sup> 9.33±0.73 <sup>d</sup>	<sup>NS</sup> 13.37±0.37 <sup>c</sup>	<sup>NS</sup> 13.88±0.28 <sup>bc</sup>	<sup>NS</sup> 15.91±0.23 <sup>a</sup>	<sup>NS</sup> 15.25±0.44 <sup>ab</sup>
	1	11.93±0.33 <sup>c</sup>	13.36±0.26 <sup>b</sup>	13.90±0.29 <sup>b</sup>	14.96±0.47 <sup>a</sup>	15.35±0.25 <sup>a</sup>
	2	10.76±0.62 <sup>b</sup>	13.67±0.48 <sup>a</sup>	14.45±0.45 <sup>a</sup>	13.97±0.32 <sup>a</sup>	14.13±0.50 <sup>a</sup>
	3	11.47±0.77 <sup>b</sup>	13.78±0.36 <sup>a</sup>	13.61±0.19 <sup>a</sup>	15.09±0.27 <sup>a</sup>	14.31±0.37 <sup>a</sup>
	4	11.12±0.84 <sup>b</sup>	13.82±0.15 <sup>a</sup>	13.99±0.17 <sup>a</sup>	14.61±0.10 <sup>a</sup>	14.76±0.22 <sup>a</sup>

<sup>1)</sup>Abbreviations are the same as Table 1.

<sup>2)</sup><sup>NS</sup> is not significantly different at α=0.05.

<sup>3)</sup>Mean±SD

<sup>4)</sup>Values with different superscripts in the same row are significantly different at α=0.05.

<Table 5> Changes of texture characteristics of the bread added with yacon concentrates stored at 25°C and relative humidity 75% during 4 days

Terms	Days of storage	Samples				
		YC 0 <sup>1)</sup>	YC 25	YC 50	YC 75	YC 100
Hardness	0	<sup>2)</sup> 43.11±1.96 <sup>3)ab4)</sup>	37.26±1.59 <sup>b</sup>	34.55±2.39 <sup>b</sup>	35.65±2.58 <sup>b</sup>	29.35±0.73 <sup>c</sup>
	1	95.87±3.28 <sup>a</sup>	79.60±1.02 <sup>b</sup>	74.58±1.13 <sup>c</sup>	71.63±2.79 <sup>c</sup>	58.84±0.29 <sup>d</sup>
	2	147.10±5.70 <sup>a</sup>	107.04±2.73 <sup>c</sup>	115.34±4.28 <sup>b</sup>	79.73±1.44 <sup>d</sup>	75.92±3.89 <sup>d</sup>
	3	182.47±1.48 <sup>a</sup>	135.02±5.99 <sup>b</sup>	124.83±6.58 <sup>c</sup>	111.06±4.05 <sup>d</sup>	102.28±4.65 <sup>d</sup>
	4	186.70±4.70 <sup>a</sup>	148.62±6.14 <sup>b</sup>	136.97±6.09 <sup>c</sup>	129.02±3.25 <sup>c</sup>	106.76±8.91 <sup>d</sup>
Springiness	0	100.68±0.58 <sup>NS</sup>	102.04±1.02	102.43±2.18	102.43±2.17	103.15±1.07
	1	101.06±0.23 <sup>NS</sup>	100.80±0.05	100.93±0.46	100.80±0.40	100.81±1.45
	2	101.07±0.47 <sup>NS</sup>	99.99±1.44	100.94±0.84	101.20±0.40	100.67±1.41
	3	100.66±0.23 <sup>NS</sup>	101.60±1.43	100.67±0.84	100.94±0.47	101.07±0.23
	4	100.13±1.15 <sup>NS</sup>	101.34±0.62	101.21±0.41	101.07±0.46	100.53±0.23
Cohesiveness	0	99.18±2.03 <sup>c</sup>	100.05±2.68 <sup>bc</sup>	102.49±2.93 <sup>abc</sup>	107.23±2.27 <sup>a</sup>	104.88±2.78 <sup>ab</sup>
	1	94.04±2.98 <sup>NS</sup>	93.26±1.77	93.74±2.55	95.88±4.14	97.07±3.14
	2	92.70±3.19 <sup>b</sup>	92.68±4.54 <sup>b</sup>	102.61±7.25 <sup>a</sup>	96.26±4.67 <sup>ab</sup>	95.84±2.47 <sup>ab</sup>
	3	89.18±7.80 <sup>b</sup>	107.33±13.12 <sup>a</sup>	89.65±4.87 <sup>ab</sup>	92.45±7.99 <sup>ab</sup>	96.76±9.74 <sup>ab</sup>
	4	94.16±7.14 <sup>ab</sup>	89.43±7.58 <sup>b</sup>	94.10±8.06 <sup>ab</sup>	97.44±2.14 <sup>ab</sup>	105.94±4.33 <sup>a</sup>
Chewiness	0	92.50±5.14 <sup>b</sup>	105.44±3.58 <sup>a</sup>	86.00±6.09 <sup>b</sup>	92.23±6.48 <sup>b</sup>	74.30±2.94 <sup>c</sup>
	1	220.61±6.36 <sup>a</sup>	170.01±2.24 <sup>c</sup>	182.16±4.15 <sup>b</sup>	167.28±2.58 <sup>c</sup>	139.47±5.31 <sup>d</sup>
	2	333.77±26.43 <sup>a</sup>	242.36±7.30 <sup>c</sup>	285.90±14.41 <sup>b</sup>	187.29±6.47 <sup>d</sup>	177.62±8.89 <sup>d</sup>
	3	398.43±36.24 <sup>a</sup>	355.23±35.47 <sup>a</sup>	270.93±18.14 <sup>b</sup>	249.77±29.41 <sup>b</sup>	240.31±30.91 <sup>b</sup>
	4	430.43±36.98 <sup>a</sup>	322.50±15.39 <sup>b</sup>	312.36±17.54 <sup>b</sup>	306.94±10.59 <sup>b</sup>	276.40±29.29 <sup>b</sup>

<sup>1)</sup>Abbreviations are the same as Table 1.

<sup>2)</sup>Mean±SD

<sup>3)a-d</sup> Values with different superscripts in the same row are significantly different at α=0.05.

<sup>4)</sup><sup>NS</sup> is not significantly different at α=0.05.

타내었다. 제빵 시 식이섬유 첨가는 수화능력(water hydration capacity)을 높이고 다양한 크기의 입자 분포(variable particle size distribution)와 미세구조 특성(microstructural features)을 개선시킴으로써 점탄성을 회복시키는 망상구조(restored viscoelastic network)를 형성하므로 제빵에 바람직한 현상을 나타낸다는 보고(Onyango 등 2011)가 있다. 본 연구에 사용한 야콘 농축액에는 상당히 높은 양의 fructo-oligosaccharides (FOS)가 함유되어 있고(Kim 등 2012) texture 특성에서 나타난 결과들로부터 야콘 농축액을 설탕대신 사용하여 빵을 제조하면 건강기능성과 물성면에서 바람직한 빵을 제조할 수 있음을 알 수 있었다. 야콘 농축액을 첨가하여 제조한 식빵의 특성에 대한 본 연구진의 보고(Kim 등 2012)에서 야콘 농축액의 대체 사용이 부드럽고 촉촉하며 기호성이 높은 식빵 제조에 효과적이었으며 특히 설탕사용량의 75%를 야콘 농축액으로 대체했을 때 가장 좋은 결과를 얻었음을 볼 때 식빵제조 시 설탕보다는 야콘 농축액 사용이 건강기능성, 제품 특성, 기호성, 저장성 면에서 효과적일 것으로 사료된다.

4. 곰팡이 관찰

제조한 빵을 1 cm 두께로 slice하여 poly ethylene film bag에 넣어 밀봉한 다음 6일간 실온에 방치하면서 육안으로 곰팡이 생성을 관찰하였다. 그 결과 설탕만을 사용한 YC 0는 저장 4일째 곰팡이가 보이기 시작하여 5일째 수가 증가되었던 반면 야콘 농축액을 넣은 YC 25, YC 50, YC 75, YC 100은 5일째 곰팡이가 조금씩 보이기 시작하였으며 6일째 수가 증가했고 야콘 농축액 첨가량이 많을수록 곰팡이가 적게 생성되었다. 배지를 이용한 미생물 총 균수 측정은 하지 못하였으나 육안으로 관찰한 결과로부터 야콘 농축액 첨가가 빵의 저장 시 곰팡이 생성을 다소 지연시킬 수 있을 것으로 예상되므로 더욱 정확한 연구가 필요하다고 사료된다.

IV. 요약 및 결론

본 실험에서는 FOS를 다량 함유하는 야콘 뿌리를 착즙·농축하여 제조한 야콘 시럽을 설탕중량의 0%(YC 0), 25%(YC 25), 50%(YC 50), 75%(YC 75), 100%(YC 100)만큼 대체하여 식빵을 제조한 후 항온 항습기(온도 25±2°C 습도 75±10%)에서 4일간 저장하면서 저장기간에 따른 물성변화를 조사하였다. 그 결과 야콘 농축액의 첨가량이 많을수록 수분함량과 수분활성도가 높았으며 pH는 더 낮은 값을 나타냈고 전반적으로 저장하는 동안 낮아지는 경향을 보였다. 저장 기간 동안 수분함량 및 수분활성도의 변화는 야콘 농축액의 첨가량이 많을수록 적게 나타나 보습이 오래 유지되어 노화를 줄일 수 있을 것으로 판단되었다. 색도에서는 야콘 농축액의 첨가량이 많을수록 제품의 색깔이 갈색으로 진해졌으나 저장기간 중 유의한 변화를 나타내지는 않았다. 경도

와 씹힘성은 야콘 농축액의 첨가량이 많을수록 낮은 값을 나타내었고 저장 중의 변화도 적어 설탕대신 야콘 농축액으로 대체하였을 때 노화속도가 늦어져 바람직한 제빵 특성을 나타내었다. 결론적으로 야콘 농축액을 설탕대신 사용하여 빵을 제조하고 저장하였을 때 보습이 오래 유지되어 노화속도를 늦추는 효과가 있었으며 바람직한 빵의 저장특성을 나타내었다. 미생물의 번식방지효과가 확실하게 입증된다면 노화 및 변질에 의한 경제적 손실을 줄일 수 있을 것으로 판단된다.

■ 참고문헌

American association of cereal chemists. 2000. Approved method of the AACC. Method 10-10A. The Association, St. Paul. Minn. sec.

Angioloni A, Collar C. 2011. Physicochemical and nutritional properties of reduced-caloric density high-fibre breads. LWT-Food Sci & Tech 44:747-758

AOAC. 1995. Official methods of analysis. 16th ed. Association of official analytical chemists, Washington DC, USA

Choi DM, Lee DS, Chung SK. 2007. Effects of fermentation Pine Needle extract on the quality of plain bread. Korean J Food Preserv 14(2):154-159

Delzenne N, Roberfroid MB. 1994. Physiological effects of nondigestible oligosaccharides. Lebensm Wiss Technol 27:1-6

Genta S, Cabrera W, Habib N, Pons J, Carillo IM, Grau A. 2009. Yacon syrup: Beneficial effects on obesity and insulin resistance in humans. Clinic Nutr 28:182-187

Goto K, Fukai K, Hikida J, Nanjo F, Hara Y. 1995. Iso;ation and structural analysis of oligosaccharides from yacon (*Smallanthus sonchifolius*). Biosci Biotechnol Biochem 59:2346-2347

Kim MY, Chun SS. 2009. Changes in shelf-life, water activity, and texture of rye-wheat mixed bread with naturally fermented raisin extract and rye sourdough during storage. Korean J Food Cookery Sci 25(2):170-179

Kim WM, Kim MK, Byun MW, Lee GH. 2012. Physical and sensory characteristics of bread prepared by substituting sugar with Yacon concentrate. J Korean Soc Food Sci Nutr., 41(9):1288-1293

Lee HJ, Jung SI, Whang YI. 2009. Characteristics and preservation of the plain bread added with onion juice. J Life Sci 19(6):781-786

Miyazaki M, Maeda T, Morita N. 2004. Effect of various dextrin substitutions for wheat flour on dough properties and bread qualities. Food Research Int 37:59-65

Ojansivu I, Ferreira CL, Salminen S. 2011. Yacon, a new source of prebiotic oligosaccharides with a history of safe use. Trends in Food Sci & Tech 22:40-46

Onyango C, Mutungi C, Unbehend G, Lindhauer MG. 2011. Modification of gluten-free sorghum batter and brea using

- maize, potato, cassava or rice starch. *LWT-Food Sci & Tech* 44:681-686
- Onyango C, Mutungi C, Unbehend G, Lindhauer MG. 2010. Rheological and baking characteristics of batter and bread prepared from pregelatinised cassava starch and sorghum and modified using microbial transglutaminase. *J Food Eng* 97:465-470
- Park HH, Lim CS, Kim IH, Kim MY. 2011. Effects of branched dextrin on the quality characteristics of frozen soft roll dough and its bread during storage. *Korean J Food Cookery Sci* 27(5):507-522
- Ronda F, Caballero PA, Quilez J, Roos YH. 2011. Staling of frozen partly and fully baked breads. Study of the combined effect of amylopectin recrystallisation and water content on bread firmness. *J Cereal Chem* 53:97-103
- Yang Y, Tsai CE. 1993. Effects of biosynthetic indigestible carbohydrates on digestion and lipid metabolism in rats. *Food Sci* 20:215-22
- Yun Y, Kim YH, Kim YS, Choi SH, Eun JB. 2006. Effects of milk protein-gum conjugates on the characteristics of the dough and staling of bread made of frozen dough during freeze-thaw cycles. *Korean J Food Preserv* 13(1):30-36
- 
- 2012년 10월 25일 신규논문접수, 2013년 2월 12일 수정논문접수, 2월 16일 채택