J Korean Soc Food Sci Nutr
45(10), 1453~1459(2016)

한국식품영양과학회지
http://dx.doi.org/10.3746/jkfn.2016.45.10.1453

설탕 대체제로 야콘 시럽을 이용하여 제조한 스펀지케이크의 특성

김기혁[1,2] · 이규희[2]

[1]우송대학교 외식조리학부
[2]우송대학교 조리과학연구센타

Characteristics of Sponge Cake Prepared with Yacon Concentrates as Sugar Substitute

Kee-Hyuk Kim[1,2] and Gyu-Hee Lee[2]

[1]Department of Food Science & Biotechnology and
[2]Culinary Science Research Center, Woosong University

ABSTRACT Yacon syrup, which contains fructooligosaccharides (FOS), was used as a substitute for sugar to make functional healthy sponge cake. Regarding characteristics of sponge cake with various yacon syrup concentrations, height and volume decreased while moisture content increased with increasing yacon syrup concentration. Sponge cake with increasing yacon syrup content showed a greater green-yellowish color. Springiness, cohesiveness, hardness, and brittleness decreased with increasing yacon syrup concentration. Hardness values of cakes made with 100% sugar (YS 0) and yacon syrup substitute for 10% sugar (YS 10) were not significantly different. Overall acceptance of sponge cake decreased with increasing yacon syrup content, whereas those of YS 0 and YS 10 were not significantly different. For storage period, moisture content of sponge cake with increasing yacon syrup concentration decreased during storage, whereas the decreasing moisture content was less than that of YS 0. The color of sponge cake with various yacon syrup concentrations did not change significantly during storage. Springiness and cohesiveness decreased during storage. Hardness increased with storage period, whereas that of sponge cake made with yacon syrup was lower than that of YS 0. In conclusion, sponge cake made with YS 10 is the best to make sponge cake with high consumer acceptance, reduced sugar content, and FOS.

Key words: sugar, substitute, yacon, syrup, fructooligosaccharides

서 론

야콘(*Smallanthus sonchifolius*)은 국화과에 속하는 다년초 구근작물로 단맛이 있으며 수분이 많아 배 맛처럼 시원함을 느낄 수 있는 채소와 과일의 특성이 어우러진 근채류이다(1). Andean 지역에서 야콘은 전통적으로 생식하거나 샐러드 형태의 식품으로 식용되며, 페루에서는 syrup, juice 혹은 marmalade 형태로 시중에서 판매되고 있다(2). 우리나라에는 일본을 통하여 1980년대 유입되어 강원도 지역 등에서 재배되고 주로 생 야콘의 형태로 판매되고 있다. 야콘은 plasma insulin 농도를 조정하고 hepatic gluconeogenesis를 저해하는 효과를 가지며(3), 상대적으로 저칼로리를 갖는 단맛 성분으로 인하여 diabetic 효과(4)와 항산화 효과(5,6)가 있음이 보고되었다. 야콘에는 약 85% 정도가 수분이며, 당질이 13% 함유되어 있고 당질의 약 80% 정도가 fructooligosaccharide(FOS)로 구성되어 있다(7). FOS는 말단이 sucrose로 구성된 inulin type의 당류로 non-toxic이며 non-digestible의 단맛을 갖는 물질이다(1). 따라서 FOS를 다량 함유한 야콘의 농축액을 기능성 천연감미료로 사용하여 식품에 적용하기 위한 일환으로 본 실험을 실시하게 되었다.

스펀지케이크는 난백의 기포성을 이용해 부피를 팽창시켜 고정시키는 감미료의 비율이 높은 케이크에 속한다. Kim (8)은 케이크 제조 시 사용되는 감미료인 당은 케이크에 단맛을 부여하고 굽는 과정에서 고유의 색과 향을 생성하며, gluten 형성을 저해하여 질감을 부드럽게 하고 기포 형성을 도와주며, 전분의 호화를 지연시켜 케이크의 팽창을 도와준다고 보고하였다. 따라서 스펀지케이크 제조 시 당의 첨가는 필수 불가결하며 스펀지케이크 제조 시 일반적으로 사용되는 당은 설탕을 주로 사용하고 있다. 그러나 설탕을 다량 섭취할 시 비만, 당뇨 등 질병의 원인이 될 수 있어 설탕의 섭취를 줄이고자 하는 것이 추세이다. 연구자들은 추세와 건강을 이유로 설탕이 가장 많이 사용되는 분야 중 하나인 제과에서 설탕 대신에 polydextrose(9), 과당(10), high

Received 12 April 2016; Accepted 22 August 2016
Corresponding authors: Gyu-Hee Lee, Culinary Science Research Center, Woosong University, Daejeon 34606, Korea
E-mail: gyuhee@wsu.ac.kr, Phone: +82-42-630-9744

fructose corn syrup(HFCS)(11), fructose oligosaccharides (FO)(12) 등으로 스펀지케이크를 제조하여 특성을 비교하였으나 FOS와 항산화 물질을 다량 함유한 천연당인 야콘 시럽을 설탕을 대체하여 제조한 케이크의 예는 찾아볼 수 없었다.

본 연구에서는 다량 섭취 시 성인병과 비만의 원인이 되는 설탕을 저칼로리 감미료인 야콘 시럽으로 대체하여 스펀지케이크를 제조하여 특성을 조사한 결과를 보고하는 바이다.

재료 및 방법

재료

실험에 사용된 야콘은 2014년 강릉시에서 재배한 것을 원료로 사용하였다. 구입한 야콘은 세척 후 착즙기(Hurom HF, Hurom Co. Ltd., Gimhae, Korea)로 착즙하였다. 착즙된 야콘즙은 가열 농축하여 70°Brix가 되도록 하였다. 70 °Brix 야콘 농축액의 fructo-oligo당 함량은 Megazyme fructo-oligo saccharide analysis kit(Megazyme, Wicklow, Ireland)으로 분석하였을 때 456 mg/mL였고, 상대 감미도는 0.8이었다. 설탕 대신 사용한 야콘 농축액 양은 야콘 농축액의 상대적 감미도를 고려한 고형분 함량을 반죽에 첨가하였다. 야콘 농축액을 첨가한 스펀지케이크를 제조하기 위해 밀가루((주)대한제분, 박력분), 식염(백조표, 꽃소금), 설탕(제일제당, 정백당)을 사용하였다.

케이크의 제조

케이크 제조 배합비는 Table 1과 같으며 설탕 대신 야콘 농축액을 첨가하여 제조한 스펀지케이크는 공립법으로 제조하였다. 처리구는 야콘농축액을 첨가하지 않고 설탕만 이용하여 제조한 스펀지케이크는 YS 0(control), 설탕의 10%를 야콘농축액으로 대체하여 제조한 스펀지케이크는 YS 10, 설탕의 20%를 야콘농축액으로 대체하여 제조한 스펀지케이크는 YS 20, 설탕의 30%를 야콘농축액으로 대체하여 제조한 스펀지케이크는 YS 30, 설탕의 40%를 야콘농축액으로 대체하여 제조한 스펀지케이크는 YS 40으로 표시하였다. 달걀, 설탕, 소금을 45°C로 유지하며 버티컬 믹서(NVM-12, Dae-yung Machinery Co., Gyeonggi, Korea)로 whipping 한 후 체에 친 박력분을 첨가하여 저속으로 20초 동안 믹싱하고 60°C로 녹인 버터를 넣고 믹싱 보울 바닥까지 잘 섞어준 다음, 내부 직경 18 cm의 팬에 180 g씩 넣고 윗불 180°C, 아랫불 170°C로 예열된 오븐(Dae-yung Machinery Co.)에서 25분간 구워 2시간 방랭한 후 시료로 사용하였다(13).

Table 1. Formulas for making sponge cake with various yacon syrup concentration instead of sugar (unit: g)

Ingredients	YS 0	YS 10	YS 20	YS 30	YS 40
Flour	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
Whole egg	180.0	158.5	137.0	115.0	94.0
Salt	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
Sucrose	120.0	108.0	96.0	84.0	72.0
Yacon syrup	0.0	21.5	43.0	64.5	86.0
Butter	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0

YS 0: Formulas were not substitute with yacon syrup, used only 100% sugar (control). YS 10: Formulas were substituted with yacon syrup instead of 10% of sugar. YS 20: Formulas were substituted with yacon syrup instead of 20% of sugar. YS 30: Formulas were substituted with yacon syrup instead of 30% of sugar. YS 40: Formulas were substituted with yacon syrup instead of 40% of sugar.

야콘 시럽을 첨가한 스펀지케이크의 특성

야콘 시럽을 첨가하여 제조한 스펀지케이크의 수분 측정은 상압건조법을 이용하여 측정하였으며, 케이크의 부피는 종실법으로 측정하였다. 높이 측정은 스펀지케이크의 단면을 잘라서 6곳의 높이를 측정하여 평균±표준편차로 표시하였다(14).

색도는 케이크 내부의 색도는 단면(3×3 cm)을 1 cm 두께로 자르고 CR-400 Chroma meter(Minolta Inc., Osaka, Japan)를 이용하여 L(lightness), a(redness), b(yellowness) 값을 5회 측정하고 평균±표준편차로 나타내었다.

케이크의 물성은 빵의 중심을 같은 크기(4×4×2 cm)로 잘라 레오미터(COMPAC-100Ⅱ, Sun Co., Tokyo, Japan)를 이용하여 직경이 25 mm인 원형 plunger로 최대하중 2 kg, table speed 60 mm/min, distance는 50%의 조건으로 탄력성(springiness), 응집성(cohesiveness), 씹힘성(chewiness), 경도(hardness)를 5회 반복 측정하여 평균±표준편차로 나타내었다.

케이크의 소비자 기호도 조사는 관능평가 경험이 없는 소비자 51명(남 23명, 여 28명)에게 제빵 후 2시간 동안 방랭한 케이크를 3×3×2 cm로 잘라 한 조각씩 백색 접시에 제공하여 9점 척도법을 이용하여 평가하도록 하였다(15). 평가에서 점수가 높을수록 기호도가 높은 것을 의미한다.

야콘 시럽을 첨가한 스펀지케이크의 저장 중 변화

야콘 시럽을 첨가한 케이크의 저장 특성은 제빵 후 2시간 동안 방랭한 케이크를 zipper bag에 넣어 25°C, 75% 항온항습기에서 5일간 저장하면서 수분 함량, 색도 및 물성의 변화를 측정하였다.

통계분석

통계분석에는 SPSS 프로그램(v23.0, IBM Company, Chicago, IL, USA)을 사용하였고 결과분석은 분산분석 후 Duncan's multiple range tests($P<0.05$)를 실시하였다.

결과 및 고찰

야콘 시럽을 첨가한 스펀지케이크의 특성

야콘 시럽의 첨가량을 달리하여 제조한 스펀지케이크의

Table 2. Cake volume, moisture content, color values, and rheology properties of sponge cake made with various yacon syrup concentration instead of sugar

Measuring items		Treatment[1)]				
		YS 0	YS 10	YS 20	YS 30	YS 40
Cake height (cm)		3.60±0.1[a2)3)]	3.43±0.14[ab]	3.43±0.10[ab]	3.00±0.09[b]	2.80±0.11[b]
Cake volume (cm^3)		3,662.5±288.6[a]	3,488.1±279.4[ab]	3,488.1±328.1[ab]	3,052.1±270.9[b]	2,848.6±210.8[b]
Moisture content		30.65±0.11[d]	30.91±0.21[d]	33.98±0.62[c]	38.85±0.51[b]	40.39±0.56[a]
Color	L	72.92±1.91[a]	57.43±1.24[b]	54.38±0.49[c]	51.28±1.48[d]	49.81±2.06[d]
	a	-7.83±0.15[b]	-3.34±0.51[a]	-2.46±0.51[a]	-1.91±0.58[a]	-1.44±1.60[a]
	b	35.46±1.25[a]	25.58±0.38[b]	25.94±0.54[b]	25.86±0.31[b]	25.29±0.29[b]
Rheology	Springiness	88.18±2.53[a]	81.25±5.55[ab]	79.92±2.55[ab]	76.91±1.57[b]	74.25±8.89[c]
	Cohesiveness	83.48±3.15[a]	79.61±7.10[ab]	76.78±4.69[ab]	75.66±1.75[ab]	71.00±8.80[b]
	Hardness	26.34±2.94[a]	26.28±1.01[a]	25.23±2.39[ab]	24.92±5.37[ab]	22.01±1.59[b]
	Brittleness	3,462±442[a]	2,779±382[ab]	2,517±133[b]	2,305±791[bc]	1,836±505[c]

[1)]Abbreviations are the same as in Table 1. [2)]Mean±SD (n=5).
[3)]Means with different letters in the same row are significantly different ($P<0.05$)

높이, 부피, 수분 함량 및 색도 측정 결과는 Table 2에 나타내었다.

스펀지케이크의 높이와 부피는 야콘 시럽의 첨가량이 많아질수록 감소하는 경향을 나타내었다(Fig. 1). 일반적으로 스펀지케이크를 제조할 때 달걀을 거품기로 저어줌에 따라 기포가 포집되어 거품이 형성되면서 스펀지케이크의 부피가 증가하게 된다(16). 본 실험에서는 스펀지케이크 제조 시 전체 수분 함량을 조절해야 했기 때문에 설탕 양을 줄이는 만큼 수분을 다량 함유하고 있는 달걀의 함량을 줄여야 했다. 따라서 야콘 시럽의 함량이 높아질수록 달걀의 함량이 줄었기 때문에 높이와 부피는 줄어들었으나 YS 10은 YS 0과 부피와 높이에서 통계적으로 유의차를 나타내지 않아 설탕의 감미도를 내면서 FOS가 함유된 스펀지케이크 제조가 가능할 것으로 판단된다. 스펀지케이크 제조 시 달걀은 우수한 유화능력, foam 형성능력, gelation 능력으로 스펀지케이크에서 촉촉함과 부드러움을 준다(17). 이러한 관능적인 우수함에도 불구하고 달걀의 높은 콜레스테롤 함량과 종교적인 문제, 채식주의자들의 식이문제와 더불어 높은 cost 때문에 달걀의 사용을 줄이고자 하여 유화제, 점증제, 콩단백질 및 우유단백질을 첨가하여 물성을 개선하려는 많은 연구가 진행되고 있다(18,19). Çelik 등(17)은 saponin 성분을 함유한 soapwort 추출물을 달걀 흰자를 부분적으로 대체하여 conventional oven에서 엔젤케이크를 제조하였을 때 기호성과 물리적 특성이 좋아진다고 보고하였는데 본 연구에서 YS 10의 기호성과 물리적 특성 측정 결과와 유사한 경향을 나타내었다. 그러나 스펀지케이크 제조 시 설탕을 대신하여 많은 양의 야콘 농축액을 사용하고자 할 경우에 foaming 능력을 증진하기 위한 방법의 시도가 필요하다고 생각한다. 야콘 시럽의 첨가량을 달리하여 제조한 스펀지케이크의 수분 함량은 야콘 시럽의 첨가량이 많아질수록 높아지는 경향을 나타내었다. 스펀지케이크 제조 시 달걀은 교반에 의해 단백질이 신장되고 신장된 단백질이 공기를 에워쌓아 기포를 형성하게 되며, 밀가루와 달걀의 단백질에 의해 형성된 기포는 스펀지케이크의 골격 구조를 형성하는 데 매우 중요한 역할을 한다(20). 반죽과정 중 기포는 물을 머금은 독립된 pore structure를 형성하게 되고 굽기 과정에서 온도가 상승함에 따라 pore structure가 열려 새로운 pore system을 형성한다. 새로운 pore system에서 물은 수증기 형태로 표면 쪽으로 확산되어 건조되며 스펀지케이크의 부피가 서서히 커지게 된다(21). 본 연구에서는 야콘 농축액을 설탕 대신 사용했기 때문에 거품을 잘 형성할 수 있는 달걀의 함량을 줄일 수밖에 없어 pore structure가 잘 형성되지 못하여 야콘 농축액 함량이 증가할수록 부피는 작아지고 수분 함량은 높아진 것으로 판단된다. 야콘 시럽의 첨가량을 달리하여 제조한 스펀지케이크의 색의 특징에서 명도를 나타내는 L값은 야콘 시럽의 첨가량이 많아질수록 낮아져 어두운 색을 나타내는 것을 알 수 있었다. 적색도 및 녹색도를 나타내는 a값은 야콘 시럽을 첨가하지 않은 YS 0에서만 통

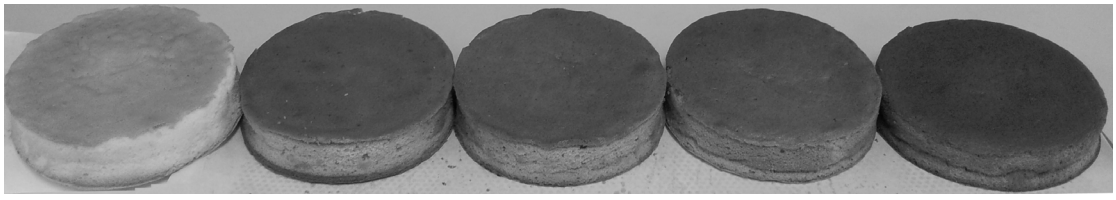

Fig. 1. Picture for sponge cake made with various yacon syrup concentration instead of sugar. YS 0～YS 40: Abbreviations are the same as in Table 1.

계적으로 유의차를 나타내며 야콘 시럽을 첨가한 스펀지케이크보다 녹색이 진하게 나타냈다. 황색도 및 청색도를 나타내는 b값은 야콘 시럽을 첨가하지 않은 YS 0에서만 통계적으로 유의차를 나타내며 야콘 시럽을 첨가한 스펀지케이크보다 황색이 진하게 나타냈으며 야콘 시럽을 첨가한 구 사이에는 통계적으로 차이가 없었다. 설탕 대신에 첨가한 야콘 시럽의 함량이 높아질수록 스펀지케이크는 녹갈색을 더 강하게 나타내었다.

야콘 시럽의 첨가량을 달리하여 제조한 스펀지케이크의 물성 측정 결과는 Table 2에 나타내었다. 야콘 시럽의 첨가량을 달리하여 제조한 스펀지케이크의 물성특성에서 변형된 시료에 힘이 제거된 후에 원상태로 돌아가려는 특성인 탄력성과 물체가 그대로 유지되려는 성질을 나타내는 응집성은 YS 0, YS 10, YS 20, 통계적 유의차를 나타내지는 않았으나 값은 낮아지는 경향을 나타내어 야콘 시럽을 많이 첨가하면 탄력성과 응집성이 낮아지는 것을 알 수 있었다. Sanz 등(22)은 탄력성의 감소는 air bubble의 감소와 관련이 있으며 좀 더 조밀한 구조를 나타낸다고 보고하여 본 실험에서 야콘 시럽의 함량이 높아질수록 조밀한 구조를 나타내어 탄력성이 감소하는 것임을 알 수 있었다. Onyango 등(23)은 응집성이 높을수록 빵을 씹을 때 부스러지는 특성보다 덩어리를 형성하려는 특성을 나타낸다는 보고와 비교해 볼 때 야콘 시럽의 첨가에 따라 응집성이 낮아지는 결과는 스펀지케이크를 씹을 때 덩어리를 형성하지 않고 쉽게 흐트러지는 특성을 나타내어 좋은 물성을 부여할 수는 없을 것으로 판단되나 YS 0, YS 10, YS 20과 YS 30 사이에는 유의차가 없음을 알 수 있었다. 일정한 형태에 도달하는 데 필요한 힘을 나타내는 경도는 다른 처리구와 비교하여 YS 0과 YS 10이 통계적으로 유의차를 나타내며 높은 값을 나타내었으며, 야콘 시럽 함량이 높아질수록 낮아지다가 YS 40에서는 통계적으로 유의차를 나타내며 가장 낮은 값을 나타내었다. Lee 등(24)이 제빵에서 부드러움이 증가하면 경도가 낮아진다고 보고하였고, Kim 등(25)이 야콘 농축액을 이용하여 제빵하였을 때 야콘 시럽의 첨가량이 증가할수록 경도가 낮아지는 경향을 나타내어 야콘 첨가량의 증가는 빵을 부드럽게 한다고 보고한 바 있어 본 실험의 결과와 유사함을 알 수 있었다. 시료가 부서지거나 깨뜨려지는 데 필요한 힘을 나타내는 깨짐성(brittleness)은 야콘 시럽을 첨가하면서 감소하는 경향을 나타내었다. 물성특성에서는 야콘 시럽의 함량을 높일수록 스펀지케이크의 원형 유지가 어렵고 쉽게 깨지려는 성질을 나타내었다. 그러나 YS 10은 비교적 YS 0과 통계적 유의차를 나타내지 않고 유사한 경향을 나타내어 스펀지케이크를 제조할 때 필요한 설탕 10%를 야콘 시럽으로 대체한다면 FOS를 함유하고 설탕 함량은 줄어든 스펀지케이크 제조가 가능할 것으로 판단되었다.

야콘 시럽 첨가량을 달리하여 제조한 스펀지케이크의 기호도 평가 결과(Table 3) 외관은 야콘 시럽을 넣지 않은 스펀지케이크를 가장 선호하였고, 야콘 시럽을 넣어 제조한 스펀지케이크는 외관에 대한 기호도는 통계적으로 유사한 값을 나타내었다. 냄새는 소비자 기호도에서는 차이가 없음을 알 수 있었고 맛과 종합적인 기호도에서는 야콘 시럽을 첨가하지 않은 YS 0이 가장 높은 값을 나타내었으나 YS 10은 YS 0과 통계적으로 유의차를 나타내지 않고 선호하는 것을 알 수 있었다.

야콘 시럽을 설탕 대체제로 첨가하여 스펀지케이크를 제조 시 기호도나 물성특성을 고려한다면 야콘 시럽을 설탕의 10%를 대체하여 제조하는 것이 바람직할 것으로 보인다.

야콘 시럽을 첨가한 스펀지케이크의 저장 중 변화

야콘 시럽을 설탕 대체제로 첨가하여 제조한 스펀지케이크 저장 중 수분 함량 변화는 Table 4에 표시하였다. 스펀지케이크는 저장 기간에 따라 모든 처리구에서 수분 함량이 감소하는 경향을 나타내었다. 저장 기간 중 수분 함량의 변화가 가장 심한 것은 야콘 시럽을 전혀 사용하지 않고 설탕만을 사용하여 제조한 스펀지케이크 YS 0의 경우였으며 야콘 시럽을 첨가한 스펀지케이크의 수분 감소는 유사한 경향을 나타내었다. 따라서 야콘 시럽의 첨가는 저장 기간 중 수분을 오래 유지해 줌을 알 수 있었다. 스펀지케이크의 저장 기간 중 수분 함량의 감소는 스펀지케이크 crumb의 수분이 crust로 이동하면서 발생하게 되며(26), Park 등(27)은 수분 함량 감소는 노화를 촉진하는 요인이 되므로 저장 기간 동안 수분 함량의 감소폭이 적은 스펀지케이크는 촉촉함을 그대로 유지시키는 것을 의미한다고 하였다. 본 실험에서는 야콘 시럽의 첨가에 따라 수분 함량의 변화가 적었으므로 야콘 시럽의 첨가는 스펀지케이크의 촉촉함을 지연시킴을 알 수 있었다.

스펀지케이크 색의 밝기를 나타내는 lightness(L)는 야콘 시럽 첨가량이 증가할수록 감소하여 색이 어두워지는 것을

Table 3. Consumer acceptance test results of sponge cake made with various yacon syrup concentration instead of sugar

Treatments[1)]	Appearance	Odor	Taste	Overall acceptance
YS 0	7.50±1.88[a2)3)]	6.31±2.45[a]	6.60±2.30[a]	6.69±2.09[a]
YS 10	5.98±1.69[b]	6.14±1.60[a]	6.07±1.73[ab]	6.10±1.62[ab]
YS 20	5.40±1.86[b]	6.38±1.68[a]	5.62±1.97[bc]	5.83±1.89[b]
YS 30	5.76±1.94[b]	6.05±1.83[a]	4.98±2.01[c]	4.95±2.01[c]
YS 40	5.21±2.18[b]	6.00±1.96[a]	3.93±1.98[d]	4.00±1.64[d]

[1)]Abbreviations are the same as in Table 1. [2)]Mean±SD (n=51).
[3)]Means with different letters in the same column are significantly different (P<0.05).

Table 4. Moisture content changes of sponge cake made with various yacon syrup concentration instead of sugar during storage

Treatments[1)]	Storage periods (days)				
	0	1	2	3	4
YS 0	30.65±0.11$^{Ad2)3)}$	29.19±0.09^{ABd}	28.32±0.32^{Bc}	27.44±0.23^{Cc}	27.49±0.29^{Cd}
YS 10	30.91±0.21^{Ad}	29.44±1.21^{ABd}	29.07±0.46^{ABbc}	28.69±0.66^{Bbc}	28.25±0.11^{Bc}
YS 20	33.98±0.62^{Ac}	33.41±0.69^{ABc}	32.71±0.50^{Bb}	32.00±0.39^{Bb}	32.78±0.45^{Bb}
YS 30	38.85±0.51^{Ab}	37.95±0.59^{Bb}	37.66±0.39^{Bab}	37.36±0.41^{Bab}	36.54±0.49^{Bab}
YS 40	40.39±0.56^{Aa}	39.37±0.49^{ABa}	38.96±0.46^{Ba}	38.49±0.36^{Ba}	38.29±0.25^{Ba}

[1)]Abbreviations are the same as in Table 1. [2)]Mean±SD (n=5).
[3)]Means with different capital letters in the same row and different small letters in the same column are significantly different (P<0.05).

알 수 있었으나 저장 기간 중에는 야콘 시럽의 첨가량과 상관없이 통계적으로 유의차를 나타내지 않았다(Table 5). 야콘 시럽 첨가량이 많아질수록 redness(a)는 증가하고 yellowness(b)는 감소하여 붉은색은 강해지고 황색은 약해지는 것을 알 수 있었으나 저장 기간 중 변화는 없었다. 야콘 시럽의 첨가량이 증가할수록 스펀지케이크의 색깔은 녹색에 가까운 황색을 나타내었다.

설탕 일부를 야콘 시럽으로 대체하여 제조한 스펀지케이크의 저장 기간 중 물성은 Table 6에 표시하였다. 탄력성은 저장 기간이 경과함에 약간씩 감소하는 경향은 보였으나 통계적 유의차는 보이지 않았다. 응집성은 저장 기간이 경과함에 따라 감소하였으며, 탄력성과 같이 야콘 시럽 첨가량이 많을수록 감소하는 경향이 늦어짐을 알 수 있었다. Onyango 등(23)이 응집성이 감소하는 것은 스펀지케이크가 잘 부스러지는 특성을 나타내기 때문에 바람직한 현상은 아니라고 보고한 바 있어, 야콘 시럽을 첨가하면 제조 직후에는 잘 부스러지는 특성을 가지나 저장과정 중에는 부스러지는 특성이 지연되는 효과를 얻을 수 있을 것으로 판단된다. 경도는 저장 기간이 지남에 따라 높아지는 경향을 나타내었다. 야콘 시럽을 첨가한 스펀지케이크는 제조 직후부터 낮은 경도를 나타내었는데 저장 기간이 경과하면서도 설탕만 이용하여 제조한 스펀지케이크보다 지속적으로 낮은 값을 나타내었다. Paraskevopoulou 등(28)이 pound cake 제조 시 달걀을 whey protein isolate(WPI)를 대체하여 케이크를 제조하였을 때 처리방법에 따라 저장 과정 중 경도가 증가하는 경향을 보였으나 달걀 일부를 대체하였을 때 경도의 변화가 적었다고 보고하여 WPI가 부드러움을 유지한다고 하여 본 연구 결과와 유사한 경향을 나타내었다. 따라서 야콘 시럽의 첨가는 저장 기간이 길어져도 스펀지케이크의 부드러움을 계속 유지할 수 있을 것으로 판단된다. 이는 야콘 시럽에는 상당히 높은 양의 FOS가 함유되어 있으므로 설탕을 대체하여 야콘 시럽을 첨가하면 FOS 함량이 높아지면서 FOS가 가지고 있는 보습성 때문에 스펀지케이크의 굳는 속도를 늦추는 것으로 판단된다. 이러한 결과는 Angioloni와 Collar(29)가 carboxy methyl cellulose(CMC)와 FOS를 사용하여 제조한 빵에서 crumb 구조를 치밀(dense)하게 만들어 초기 스펀지케이크 제조 후 식감을 좋게 할 뿐만 아니라 저장과정 중 치밀한 crumb의 구조는 노화 속도를 낮추는 효과가 있다고 보고한 내용과 유사함을 알 수 있었다.

결론적으로 야콘 시럽을 이용하여 스펀지케이크를 제조

Table 5. Color changes of sponge cake made with various yacon syrup concentration instead of sugar during storage

	Treatments[1)]	Storage periods (days)				
		0	1	2	3	4
L	YS 0	72.92±1.91$^{a2)3)}$	74.41±2.99^{a}	72.97±0.48^{a}	72.92±0.79^{a}	72.05±0.22^{a}
	YS 10	57.43±1.24^{b}	58.85±0.76^{b}	58.00±1.04^{b}	57.95±0.98^{b}	57.45±0.33^{b}
	YS 20	54.38±0.49^{c}	54.36±0.85^{c}	54.23±1.27^{c}	53.99±0.46^{c}	53.62±0.49^{c}
	YS 30	51.28±1.48^{d}	51.51±0.47^{c}	50.40±0.33^{d}	50.32±0.80^{d}	51.78±0.14^{d}
	YS 40	49.81±2.06^{d}	49.43±0.38^{c}	48.69±0.57^{e}	48.31±0.13^{e}	48.30±0.82^{e}
a	YS 0	-7.83±0.15^{b}	-6.98±1.60^{b}	-6.87±1.17^{b}	-6.79±0.48^{d}	-6.76±0.54^{d}
	YS 10	-3.34±0.51^{a}	-3.14±1.73^{ab}	-3.06±0.55^{a}	-3.07±0.78^{c}	-3.02±0.65^{c}
	YS 20	-2.46±0.51^{a}	-2.13±1.11^{ab}	-2.38±0.81^{a}	-2.32±0.87^{b}	-2.20±0.37^{b}
	YS 30	-1.91±0.58^{a}	-1.85±0.35^{a}	-1.84±0.61^{a}	-1.81±0.35^{ab}	-1.79±0.13^{ab}
	YS 40	-1.44±1.60^{a}	-1.42±0.31^{a}	-1.39±0.38^{a}	-1.28±0.50^{a}	-1.22±0.84^{a}
b	YS 0	35.46±1.25^{a}	35.31±1.31^{a}	35.26±0.89^{a}	34.92±0.40^{a}	34.86±0.68^{a}
	YS 10	25.58±0.38^{b}	25.42±1.41^{b}	25.22±0.37^{b}	25.16±0.49^{b}	25.18±0.34^{b}
	YS 20	25.94±0.54^{b}	25.12±0.16^{b}	24.96±0.35^{b}	24.86±0.28^{b}	24.51±0.05^{c}
	YS 30	25.86±0.31^{b}	25.48±0.29^{b}	25.16±0.57^{b}	24.90±0.84^{b}	24.04±0.86^{c}
	YS 40	25.29±0.29^{b}	25.21±1.45^{b}	25.14±0.62^{b}	25.08±1.44^{b}	25.02±0.98^{c}

[1)]Abbreviations are the same as in Table 1. [2)]Mean±SD (n=5).
[3)]Means with different letters in the same column are significantly different (P<0.05).

Table 6. Rheology changes of sponge cake made with various yacon syrup concentration instead of sugar during storage

	Treatment[1)]	Storage periods (days)				
		0	1	2	3	4
Springiness (%)	YS 0	88.18±2.53$^{a2)3)}$	88.11±0.47^{a}	88.09±1.21^{a}	87.68±2.61^{a}	87.43±1.30^{a}
	YS 10	81.25±5.55^{ab}	81.23±0.14^{b}	81.14±5.62^{b}	87.90±4.36^{a}	87.74±1.05^{a}
	YS 20	79.92±2.55^{ab}	79.60±1.86^{bc}	79.04±0.62^{bc}	78.98±2.92^{ab}	78.77±1.99^{ab}
	YS 30	76.91±1.57^{b}	76.63±3.21^{bc}	76.43±1.17^{bc}	76.21±1.92^{b}	76.10±2.62^{b}
	YS 40	74.25±8.89^{c}	74.10±1.54^{c}	74.03±1.40^{b}	73.94±1.13^{c}	73.66±6.39^{c}
Cohesiveness (%)	YS 0	83.48±3.15^{Aa}	83.18±0.38^{Aa}	81.40±4.53^{ABa}	80.06±2.64^{Ba}	79.50±0.88^{Ba}
	YS 10	79.61±7.10^{Aab}	78.94±2.91^{Aab}	78.31±4.78^{ABa}	77.91±4.42^{ABab}	77.20±0.82^{Bab}
	YS 20	76.78±4.69^{Ab}	76.29±3.30^{Ab}	75.98±0.93^{ABab}	75.76±2.35^{ABab}	75.58±3.31^{Bab}
	YS 30	75.66±1.75^{Abc}	75.47±1.18^{Abc}	75.40±2.47^{Ab}	74.47±2.73^{ABb}	74.24±15.51^{Bab}
	YS 40	71.00±8.80^{Ac}	70.93±0.63^{Ac}	70.74±1.85^{Ab}	70.64±1.16^{Ac}	70.32±6.98^{Ab}
Hardness (g/cm^2)	YS 0	26.34±2.94$^{Da2)3)}$	41.43±5.32^{Ca}	46.56±2.18^{BCa}	49.26±3.79^{Ba}	61.09±3.26^{Aa}
	YS 10	26.28±1.01^{Da}	41.39±6.37^{Ca}	44.41±3.43^{BCab}	46.96±3.74^{Bab}	60.81±33.15^{Aa}
	YS 20	25.23±2.39^{Dab}	36.89±5.16^{Cab}	40.96±0.80^{BCab}	46.28±2.09^{Bab}	57.00±3.65^{Aab}
	YS 30	24.92±5.37^{Dab}	30.86±3.69^{Cb}	39.48±6.28^{BCab}	46.01±0.89^{Bab}	57.60±7.50^{Aab}
	YS 40	22.01±1.59^{Db}	29.55±1.58^{Cb}	35.13±1.99^{BCb}	43.69±3.77^{Bb}	52.15±1.07^{Ab}
Brittleness (g)	YS 0	3,462±442Da	5,182±1,014^{Ca}	5,720±345^{BCa}	6,012±817^{Ba}	7,125±436^{Aa}
	YS 10	2,779±382^{Dab}	5,048±1,288^{Cab}	5,387±1,162^{BCab}	5,806±766^{Ba}	7,065±348^{Aa}
	YS 20	2,517±133^{Db}	4,929±664^{Cab}	5,263±324^{BCab}	5,499±260^{Bab}	7,010±732^{Aa}
	YS 30	2,305±791^{Ebc}	3,891±739^{Db}	4,895±891^{Cb}	5,377±863^{Bb}	7,001±208^{Aa}
	YS 40	1,836±505^{Ec}	3,101±96^{Dc}	3,971±213^{Cc}	5,242±493^{Bb}	6,973±179^{Aa}

[1)]Abbreviations are the same as in Table 1. [2)]Mean±SD (n=5).
[3)]Means with different capital letters in the same row and different small letters in the same column are significantly different (P<0.05).

할 때 기포를 형성할 기회를 갖는 달걀의 함량을 낮추었기 때문에 케이크의 부피는 작아졌으나 야콘 농축액을 첨가하면 부드럽고 저장 기간 동안 수분을 잘 함유하고 있어 노화도 지연되는 효과를 얻을 수 있었다. 이러한 장점을 지녔다 하더라도 야콘 시럽을 다량 함유할 경우 스펀지케이크의 부피가 작아지고 기호성이 떨어지는 단점이 있어 야콘 시럽을 설탕의 10%를 대체한 스펀지케이크는 기호성도 좋고 FOS를 다량 함유하며 설탕 섭취량을 줄여 기능성 스펀지케이크를 제조할 수 있는 좋은 방법임을 알 수 있었다.

요 약

다량 섭취 시 성인병과 비만의 원인이 되는 설탕의 함량을 감소하며 fructooligosaccharides(FOS)를 다량 함유하고 있는 천연당인 야콘 시럽을 첨가하여 스펀지케이크를 제조하여 특성을 조사하였다. 야콘 시럽의 첨가량을 달리하여 제조한 스펀지케이크의 높이와 부피는 야콘 시럽의 첨가량이 많아질수록 감소하는 경향을 나타내었으나 수분 함량은 높아지는 경향을 나타내었다. 설탕 대신에 첨가한 야콘 시럽의 함량이 높아질수록 스펀지케이크는 녹갈색을 더 강하게 나타내었다. 야콘 시럽의 첨가량을 달리하여 제조한 스펀지케이크의 물성 측정 결과 야콘 시럽을 많이 첨가하면 탄력성과 응집성이 낮아지는 것을 알 수 있었다. 경도는 야콘농축액을 첨가하지 않고 설탕만 이용하여 제조한 스펀지케이크(YS 0)와 설탕의 10%를 야콘농축액으로 대체하여 제조한 스펀지케이크(YS 10)가 다른 처리구와 비교하였을 때 통계적으로 유의차를 나타내며 높은 값을 나타내었고 야콘 시럽 함량이 높아질수록 낮아졌으며, 깨짐성은 야콘 시럽을 첨가하면서 감소하는 경향을 나타내었다. 야콘 시럽 첨가량을 달리하여 제조한 스펀지케이크의 기호도 평가 결과 맛과 종합적인 기호도에서 야콘 시럽을 첨가하지 않은 YS 0이 가장 높은 값을 나타내었으나 YS 10은 YS 0와 통계적으로 유의차를 나타내지 않고 선호하는 것을 알 수 있었다. 스펀지케이크는 저장 기간 중 모든 처리구에서 수분 함량은 감소하는 경향을 나타내었으나 야콘 시럽 함량이 증가할수록 수분 함량 감소폭은 낮았다. 야콘 시럽의 첨가량이 증가할수록 스펀지케이크의 색깔은 녹색에 가까운 황색을 나타내었으며 저장 기간 중 변화는 없었다. 탄력성은 저장 기간이 경과함에 따라 약간씩 감소하는 경향은 보였으나 통계적 유의차는 보이지 않았다. 응집성은 저장 기간이 경과함에 따라 감소하였으며, 탄력성과 같이 야콘 시럽 첨가량이 많을수록 감소하는 경향이 늦어짐을 알 수 있었다. 경도는 저장 기간이 경과함에 따라 높아지는 경향을 나타내었는데 야콘 시럽을 첨가한 스펀지케이크는 제조 직후부터 낮은 경도를 나타내었는데 저장 기간이 경과하면서도 설탕만 이용하여 제조한 스펀지케이크보다 지속해서 낮은 값을 나타내었다. 결론적으로 야콘 시럽을 설탕의 10%를 대체한 스펀지케이크는 기호성도 좋고 FOS를 다량 함유하며, 설탕 섭취량을 줄일 수 있고 저장 기간 동안 수분을 잘 함유하고 있어 촉촉한 스펀지케이크를 제조할 수 있는 좋은 방법임을 알 수 있었다.

REFERENCES

1. Min KJ, Cheon JU, Cha CG. 2008. Anti-oxidative and anti-cancer activities of extracting of Yacon. *J Fd Hyg Safety* 23: 163-168.
2. Ojansivu I, Ferreira CL, Salminen S. 2011. Yacon, a new source of prebiotic oligosaccharides with a history of safe use. *Trends Food Sci Technol* 22: 40-46.
3. Genta S, Cabrera W, Habib N, Pons J, Carillo IM, Grau A, Sánchez S. 2009. Yacon syrup: Beneficial effects on obesity and insulin resistance in humans. *Clin Nutr* 28: 182-187.
4. Habib NC, Honoré SM, Genta SB, Sánchez SS. 2011. Hypolipidemic effect of *Smallanthus sonchifolius* (yacon) roots on diabetic rats: Biochemical approach. *Chem Biol Interact* 194: 31-39.
5. Lobo AR, Cocato ML, Borelli P, Gaievski EHS, Crisma AR, Nakajima K, Nakano EY, Colli C. 2011. Iron bioavailability from ferric pyrophosphate in rats fed with fructan-containing yacon (*Smallanthus sonchifolius*) flour. *Food Chem* 126: 885-891.
6. Park JS, Yang JS, Hwang BY, Yoo BK, Han K. 2009. Hypoglycemic effect of Yacon tuber extract and its constituent, chlorogenic acid, in streptozotocin-induced diabetic rats. *Biomol Ther* 17: 256-262.
7. Kim AR, Lee JJ, Jung HO, Lee MY. 2010. Physicochemical composition and antioxidative effects of Yacon (*Polymnia Sonchifolia*). *J Life Sci* 20: 40-48.
8. Kim CS. 1994. The role of ingredients and thermal setting in high-ratio layer cake systems. *J Korean Soc Food Nutr* 23: 520-529.
9. Freeman TM. 1989. Sweetening cakes and cake mixes with alitame. *Cereal Foods World* 34: 1013-1015.
10. Choi YJ, Kim KO. 1990. Replacement of sucrose with other sweetener in sponge cakes. *Korean J Soc Food Sci* 6: 59-65.
11. Coleman PE, Harbers CAZ. 1983. High fructose corn syrup: Replacement for sucrose in angel cake. *J Food Sci* 48: 452-456.
12. Lee KA, Lee YJ, Ly SY. 1999. Effects of oligosaccharides on physical, sensory and textural characteristics of sponge cake. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 28: 547-553.
13. An HK, Hong GJ, Lee EJ. 2010. Properties of sponge cake with added saltwort (*Salicorniaherbacea* L.). *Korean J Food Cult* 25: 47-53.
14. Choi HS. 2007. Effects of the addition of polymannuronate on the textural characteristics of sponge cakes. *Korean J Food Nutr* 20: 47-52.
15. Stone H, Sidel JL. 1993. *Sensory evaluation*. 2nd ed. Academic Press, San Diego, CA, USA. p 202-242.
16. Kim CS, Lee YS. 1997. Characteristics of sponge cakes with replacement of sucrose with oligosaccharides and sugar alcohols. *Korean J Soc Food Sci* 13: 204-212.
17. Çelik İ, Yılmaz Y, Işık F, Üstün Ö. 2007. Effect of soapwort extract on physical and sensory properties of sponge cakes and rheological properties of sponge cake batters. *Food Chem* 101: 907-911.
18. Zhu H, Damodaran S. 1994. Protease peptones and physical factors affect foaming properties of whey protein isolate. *J Food Sci* 59: 554-560.
19. Arunepanlop B, Morr CV, Karleskind D, Laye I. 1996. Partial replacement of egg white proteins with whey proteins in angel food cakes. *J Food Sci* 61: 1085-1093.
20. Yang HY, Cho YJ, Oh SS, Park KH. 2003. Effects of ratio and temperature of soybean oil or butter on the quality of sponge cake. *Korean J Food Sci Technol* 35: 856-864.
21. Fehaili S, Courel M, Rega B, Giampaoli P. 2010. An instrumented oven for the monitoring of thermal reactions during the baking of sponge cake. *J Food Eng* 101: 253-263.
22. Sanz T, Salvador A, Baixauli R, Fiszman SM. 2009. Evaluation of four types of resistant starch in muffins. Ⅱ. Effects in texture, colour and consumer response. *Eur Food Res Technol* 229: 197-204.
23. 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 tansglutamiase. *J Food Eng* 97: 465-470.
24. Lee JY, Lee KA, Kwak EJ. 2009. Fermentation characteristics of bread added with *Pleurotus eryngii* powder. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 38: 757-765.
25. 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: 1288-1293.
26. 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: 30-36.
27. Park JH, 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 Cook Sci* 27: 507-522.
28. Paraskevopoulou A, Donsouzi S, Nikiforidis CV, Kiosseoglou V. 2015. Quality characteristics of egg-reduced pound cakes following WPI and emulsifier incorporation. *Food Res Int* 69: 72-79.
29. Angioloni A, Collar C. 2011. Physicochemical and nutritional properties of reduced-caloric density high-fibre breads. *LWT－Food Sci Technol* 44: 747-758.