

고구마 분말을 첨가하여 제조한 dinner roll의 품질특성과 당뇨 유도 흰쥐의 혈당에 미치는 효과

모은경¹ · 김승미¹ · 제갈성아¹ · 최영심² · 송철석³ · 안상란³ · 이명호⁴ · 성창근^{5,*}
¹(주)대덕바이오 기업부설연구소, ²수원여자대학 식품조리과, ³한성대학교 호텔관광경영대학원,
⁴신흥대학 호텔조리과, ⁵충남대학교 식품공학과

Quality Characteristics of Dinner Roll Added with Lyophilized Sweet Potato Powder and Its Effect on the Blood Glucose Level

Eun Kyoung Mo¹, Seung Mi Kim¹, Sung A Jegal¹, Young Sim Choi², Chil Suk Song³,
Sang Lan An³, Myung Ho Lee⁴, Chang Keun Sung^{5,*}

¹Research and Development Center, DBIO Incorporation

²Department of Food and Culinary Arts, Suwon Women's College

³Department of Hotel, Tourism and Restaurant Management, Graduate School of Business Administration, Hansung University

⁴Department of Hotel Culinary Arts, Shinheung College

⁵Department of Food Science and Technology, Chungnam National University

Abstract The present study was performed to increase the availability of sweet (*Ipomoea batatas*) and to develop dinner roll with the reducing ability of blood glucose levels. Different contents of lyophilized sweet potato powder (SPP) were added in dinner roll. Compare to the control group, batter density, *a* value, hardness, and cohesiveness of the SPP-treated groups were significantly increased while dough expansion rate, baking loss rate, *L* value, and Hue angle were significantly decreased. Twenty four Sprague-Dawley rats were administered with the SPP-treated diet for 4 weeks after diabetes was induced with the injection of streptozotocin. The blood glucose concentration of the SPP-treated group was significantly lower than that of the control. Although the SPP-treated groups possessed the ability of reducing blood glucose level, the sensory qualities were inferior to the control. Thus, follow-up study was required to improve the sensory characteristics as well as the texture properties.

Keywords: Sweet potato (*Ipomoea batatas*), dinner roll, blood glucose, sensory qualities, texture property

서 론

당뇨병(diabetes mellitus, DM)은 포도당대사 이상으로 인하여 발생하는 질병으로, 인슐린의존형당뇨병(insulin-dependent DM, IDDM)과 인슐린비의존형당뇨병(non-insulin-dependent DM, NIDDM)으로 분류된다. 즉, 당뇨병(NIDDM)은 혈당이 정상 수준보다 높게 유지된 상태를 나타내는 것으로, 말초조직에서의 인슐린 작용 저하와 췌장 베타세포에서의 인슐린 분비 불균형으로 발생한다(1,2). 또한 당질 식품 섭취 후의 혈당 상승은 당질의 소화흡수와 관련되어 있으므로, α -amylase와 같은 당질 분해효소 활성의 억제 는 식후의 급격한 혈당 상승을 억제하는데 도움이 되는 것으로 보고되고 있다(3).

빵(bread)은 밀가루와 효모, 소금, 버터, 물 등을 반죽하여 발효

한 후 구운 것으로, 그 종류가 매우 많다. 이집트인들은 선사시대 때부터 저녁식사에 작은 빵 조각을 나누어 먹었다고 하는데, 이를 dinner roll의 유래로 추정하고 있다. 즉, 한 사람씩 먹기 좋게 작고 둥근 형태로 roll을 만들어 빵을 구운 것이 dinner roll의 시초인 것으로 알려져 있다(4). 현대의 dinner roll은 white flour roll의 일종으로 '저녁식사(dinner)'뿐만 아니라 아침 및 점심 식사 시에도 이용되며, 다양한 모양으로 제조되고 있으나 일반적으로 '둥근 형태(circle 또는 oval)'의 roll을 dinner roll이라한다(5).

최근에는 소비자의 건강 지향적 욕구가 증가하면서 생리활성 기능을 가진 빵의 생산이 증가하고 있다. 즉, 건강기능성·유기농 원료를 사용하거나, 질병 예방 차원에서 지방, 단순당류, 및 염분 등의 사용량을 감소시킨 '헬스빵'의 제품 생산이 증가하고 있는데(6), 이러한 제품은 맛있게 거친 맛에도 불구하고 그 소비량이 증가하고 있는 추세이다(7).

고구마(*Ipomoea batatas* L.)는 주요 식량자원으로 널리 이용되고 있으며, 다른 작물에 비하여 재배가 용이하고 단위면적당 수확량이 높은 식물이다(8). 고구마의 영양성분은 대부분이 전분이 고, 그 외에 β -carotene, ascorbic acid, 무기질 및 식이섬유 함량이 높다(9). 또한 고구마는 항암작용, 항산화작용, 변비해소, 혈압강하, 출혈방지, 골다공증 예방, 간보호기능 등을 지니고 있는 것으로 보고되고 있다(10). 그러나 고구마는 수분함량이 높고, 수확후

*Corresponding author: Chang Keun Sung, Department of Food Science and Technology, Chungnam National University, Daejeon 305-764, Korea

Tel: 82-42-821-7147

Fax: 82-42-822-2287

E-mail: ekymo@hanmail.net

Received August 28, 2012; revised December 17, 2012;

accepted December 21, 2012

생리현상에 의한 중량감소, 저장병해, 성분변화 등이 나타나 다른 작물에 비해 저장성이 낮다(10). 따라서 고구마의 가공에 대한 연구보고가 증가하고 있다. 즉, 스낵(11), 팽화과자(11), 설기떡(12), 음료(13), 및 가식성 필름 제조(14) 등이 보고되고 있으나, 고구마를 첨가한 dinner roll에 대한 보고는 찾아볼 수 없다.

따라서 본 연구에서는 건강기능성이 강화된 dinner roll을 개발하고자 하였다. 즉, 혈당상승을 억제하는 효과가 있는 고구마를 첨가하여 dinner roll을 제조한 후, 그 제빵특성을 분석하였고, 고구마 dinner roll의 혈당상승 억제 효과를 측정하였다.

재료 및 방법

실험재료

내부가 담황색을 띠는 고구마(*Ipomoea batatas*, 연황미)를 2011년 9월 충남 연기군에서 수확하여 시료로 사용하였다. 즉, 외부를 세척하여 표면의 흙과 먼지를 제거하였고, 적자색의 외피 제거 시에 나타나는 갈변현상을 최소화하기 위하여 물 속에서 박피하였고, 고구마를 3 cm 정도로 절단한 후 바로 동결건조하였다. 건조된 고구마는 분쇄하고 체(500 mesh)에 걸러 균일한 입자만을 polyethylene bag에 넣어 밀봉한 후, -20°C에 저장하면서 고구마 분말(sweet potato powder; SPP) 시료로 사용하였다.

중력분(Daehan Flour Mills Co., Ltd., Seoul, Korea), 백설탕(Samyang, Seoul, Korea), 소금(Hanju Corp., Ulsan, Korea), 무염버터(Seoul Dairy Co., Seoul, Korea), 우유(Namyang Dairy Products Co., Ltd., Seoul, Korea), instant yeast(Jenico, Societe, France), 황성글루텐(Singsong, Seoul, Korea)은 시중에서 구매하였고, 계란은 제조당일에 생산된 것을 사용하였다.

제빵조건 및 dinner roll 제조 방법

동결건조하여 일정한 크기로 균질화한 고구마 분말(sweet potato powder; SPP)을 넣은 빵(dinner roll)은 Table 1과 같은 조건으로 제조하였다. Table 1에서와 같이, 첨가되는 SPP만큼 밀가루를 감하였다. 밀가루의 양을 줄이므로 감소되는 글루텐 양은 별도로 첨가하였고, 대조구와 실험구의 열량값을 보정하기 위하여 대조구에는 글루텐 첨가량만큼의 전분을 첨가하였다. 중력분, SPP, 글루텐, 전분, 효모, 설탕, 소금을 넣고 혼합하고 체에 1회 쳤다. 소스팬에 우유와 버터를 넣고 저온(45-50°C)에서 버터가 녹고 우유의 표면이 응고되지 않도록 저어 주었다. 밀가루 혼합물에 따뜻한 우유, 버터, 및 난황을 넣고 가정용 beater로 8분간 혼합하였

Table 1. Formulas for dinner roll added with lyophilized sweet potato powder (SPP)

Ingredients	Control	SPP-1	SPP-2
All-purpose flour (g)	500	450	400
Rapid-rise yeast (g)	10	10	10
Sugar (g)	55	55	55
Whole milk (g)	180	180	180
Egg yolks (g)	60	60	60
Salt (g)	45	45	45
Unsalted butter (g)	50	50	50
SPP (mL) ^a	0	50	100
Corn starch (g)	10	5	0
Gluten (g)	0	5	10

^aSPP; lyophilized sweet potato powder was added by weight by volume.

다. 반죽은 35±3°C, 75% RH(relative humidity)에서 45분간 발효하였다. 반죽을 가볍게 눌러서 반죽 내에 형성된 공기를 제거하고 16등분으로 나누어 dinner roll 형태로 성형하여 35±3°C에서 30분간 발효하였다. 190°C로 예열한 가정용 오븐에서 20분간 구운 후, 실온에서 2시간동안 방냉한 후 시료로 사용하였다.

반죽의 물리화학적 특성

pH는 반죽 5 g에 증류수 50 mL를 가하여 균질화하여 실온에서 1분간 vortexing한 후, 균질액을 3,000 rpm에서 10분간 원심분리하여 상등액의 pH를 측정하였다.

반죽의 비용적(specific volume, SV)은 50 mL 메스실린더에 증류수 40 mL를 넣은 후 dinner roll 반죽 5 g을 넣었을 때 늘어난 증류수의 부피와 반죽의 중량비(g/mL)로 산출하였다.

$$\text{밀도(g/mL)} = \frac{\text{식빵반죽의 중량(g)}}{\text{식빵반죽의 부피(mL)}}$$

발효팽창력(dough expansion rate, DER)은 다음과 같이 측정하였다. 즉, 반죽을 50 g씩 분리하여 250 mL 메스실린더에 넣은 반죽의 표면을 편평하게 하였고, 반죽이 들어있는 메스실린더를 1차 발효온도와 습도 75%에서 40분간 1차 발효시키면서 반죽의 부피를 측정하여 발효팽창력을 산출하였다.

Dinner roll의 품질 특성

2차 발효가 완료된 dinner roll 반죽의 중량과 소성 후 dinner roll의 중량을 각각 측정하여 다음의 식으로부터 굽기손실율(baking loss rate, BLR)을 산출하였다.

$$\text{굽기손실율(\%)} = \frac{\text{반죽중량(g)} - \text{빵중량(g)}}{\text{반죽중량(g)}} \times 100$$

빵의 부피는 쪼쌀을 이용한 종자치환법으로 측정하였고, 이를 중량으로 나누어 비용적을 산출하였다.

$$\text{비용적(mL/g)} = \frac{\text{빵의 부피(mL)}}{\text{빵의 중량(g)}} \times 100$$

시료의 색도는 색차계(Color reader CR10, Konica Minolta, Tokyo, Japan)를 이용하여 측정하였고, Hunter의 L, a, 및 b 값으로 나타내었다. 이 때 사용한 표준백판의 보정치는 L=98.46, a=-0.23, 그리고 b=1.02이었다.

빵의 조직감은 빵을 3×3×3 cm의 입방체로 잘라 texture profile analysis(TPA; texture analyzer TA-XT2, Stable Microsystem, Godalming, Surrey, UK)를 이용하여 측정하였고, 분석조건은 pre-test speed; 1.0 mm/sec, test speed; 1.0 mm/sec, post test speed; 1.0 mm/sec, 10 mm DIA cylinder aluminium probe(i.d., 1.0 mm ×7 mm), sample area; 3.0 mm², contact force; 5.0 g, threshold; 20.0 g, distance; 10.0 mm, strain deformation; 90.0%로 하였다.

Dinner roll의 관능검사

20-40대 남녀 12명을 관능검사요원으로 선정하여 본 실험의 목적과 평가방법에 대해 잘 인지할 수 있도록 관능검사를 실시하기 이전에 사전교육을 실시하였다. 빵을 제조하여 실온에서 2시간 냉각한 후, 균등하게 자르고, 난수표를 이용하여 3자리 숫자로 시료번호를 지정한 후 백색접시에 담아 패널에게 제공하였다. 시료의 외관(appearance), 색(color), 향기(flavor), 맛(taste) 및 전체적인 수용도(overall acceptability)를 9점 척도법을 이용하여 좋은 것은 9점, 나쁜 것은 1점으로 하였다.

Table 2. Composition of experimental diets

Ingredients (%)	Control	SPP-1	SPP-2
Dinner roll ^a			
Control	90.0	-	-
SPP-1	-	90.0	-
SPP-2	-	-	90.0
Alpha-cellulose	5.0	5.0	5.0
Mineral mixture ^b	3.5	3.5	3.5
Vitamin mixture ^c	1.5	1.5	1.5

^aDinner roll; control, SPP-1 and SPP-2 were lyophilized and grinded, respectively.

^bMineral mixture according to AIN-76 diet (Harlan Teklad, Madison, WI, USA).

^cVitamin mixture according to AIN-76 diet (Harlan Teklad, Madison, WI, USA).

실험동물의 당뇨 유도 및 혈당 측정

성체의 Sprague-Dawley rat(180-190 g)을 (주)대한바이오텍(Eumsung, Korea)에서 구입하였다. 사육환경은 온도 20±2°C, 습도 55±1% (RH), 명암주기 12시간 간격으로 유지하였다. 설치류 표준사료와 물을 자유급이(*ad libitum*)하여 1주일간의 적응기간을 거친 후, 난피법에 따라 6마리씩 정상대조구(normal), 대조구(control), SPP-1 첨가구, 및 SPP-2 첨가구로 나누어 wire mesh bottom을 지닌 stainless steel cage에 한 마리씩 분리사육하였다. 대조구, SPP-1 첨가구, 및 SPP-2 첨가구는 0.1 M citrate buffer (pH 4.5)에 용해한 streptozotocin(Sigma-Aldrich, St. Louis, MO, USA)을 대퇴부 근육에 주사(45 mg/kg body weight)하여 당뇨를 유발하였고(15), 정상대조구는 citrate buffer(pH 4.5)를 동일한 방법으로 주사하였다. Streptozotocin을 주사한 후 48시간 후에 꼬리정맥으로부터 채혈하여 공복시 혈당(blood glucose)을 측정(Gluco-card II kit, Germany)하였을 때, 혈당이 300 mg/dL 이상인 개체를 당뇨쥐로 간주하였다. 당뇨가 유도된 것을 확인한 후 4주간을 실험식이(Table 2)로 사육하면서 꼬리정맥으로부터 채혈하여 공복시 혈당을 측정하였다.

β-carotene 함량

Dinner roll에 함유된 β-carotene은 Yildirim 등(16)의 방법에 준하여 시행하였다. 즉, 동결건조 분말 시료 5g에 acetone 25 mL를 넣고 혼합하였다. 여기에 25 mL의 acetone:petroleum ether=1:4(v/v)를 넣고 다시 혼합한 후, 여과하였다. 여액의 용매를 rotary vacuum evaporator(35°C)에서 증발시킨 후, 농축물을 petroleum ether에 재용해한 후 450 nm에서의 흡광도를 측정하였다. 시료에 포함된 β-carotene의 농도는 standard curve로부터 산출하였다.

통계분석

모든 실험은 3회 이상 반복측정하여 '평균±표준편차'로 표시하였다. 대조구와 실험구 사이의 유의적인 차이는 일원배치분산분석으로 분석하였고, 변인 간의 상관관계는 상관분석을 통해 산출된 Pearson's correlation coefficient로 나타내었다. 일원배치분산분석 후의 유의성 검정은 Duncan's multiple range test로 하였다. 통계분석에는 SPSS(Statistical Package for Social Sciences, ver. 14.0, SPSS Inc., Chicago, IL, USA) 프로그램을 사용하였다.

결과 및 고찰

SPP를 첨가한 dinner roll 반죽의 물리화학적 특성

SPP를 첨가하여 제조한 dinner roll 반죽의 pH를 측정한 결과, 대조구의 pH는 5.20±0.18이었고, SPP 첨가구의 pH도 이와 유사하였다(Table 3). Dinner roll은 효모를 사용하여 발효하는 빵으로, 효모는 pH 5.0 부근에서 잘 생육한다. 따라서 대조구 및 실험구(SPP-1, SPP-2)에서의 효모의 발효 과정은 반죽의 pH에 의해 영향을 받지 않을 것으로 사료되었다.

빵 반죽의 밀도는 반죽의 팽창 정도를 나타내고 완성된 제품의 품질에 영향을 미치는 인자로 보고되어 있다(17). 따라서 dinner roll 반죽의 밀도를 측정하였다. 대조구의 반죽 밀도는 약 1.11 g/mL이었고, SPP-1은 대조구보다 약간 더 높은 밀도를 나타내었으나 유의적인 차이는 관측되지 않았다. 반면에 SPP-2는 대조구 및 SPP-1 보다 유의적으로 높은 밀도를 나타내었다(Table 3). 따라서 소성이 완료되었을 때, SPP-2의 품질 특성은 대조구 및 SPP-1과는 다를 것으로 사료되었다. 즉, 높은 반죽 밀도에 의해 완성된 제품의 경도가 증가될 것으로 사료되었다.

효모를 이용한 발효빵을 제조할 때, 반죽의 발효팽창력은 gluten 생성량과 가스 보유력에 의해 영향을 받는데, 반죽의 발효팽창력이 높으면 소성이 완료된 제품의 부피가 증가하고 hardness는 감소하여 관능적 특성치가 향상된다. 따라서 SPP를 넣어 제조한 dinner roll 반죽의 발효팽창력을 측정하였다(Fig. 1). 1차 발효 초기(0-10분)에는 대조구와 실험구 사이에 차이가 나타나지 않았다. 즉, 발효 10분까지는 분당 0.2-0.3%의 발효팽창력을 나타내었다. 발효 10-20분 사이에는 대조구와 SSP-1의 발효팽창력이 유사하여 분당 1.1-1.2%의 발효팽창력을 나타내었으나, SSP-2는 분당 0.5%의 낮은 발효팽창력을 나타내었다. 발효 20-30분 사이에는 모든 시료에서의 발효팽창력이 급속히 증가하였다. 분당 발효팽창력은 대조구가 6.5%, SSP-1이 5.5%, SSP-2가 4.9%이었다. 발효 말기(30-40분)는 대조구의 분당 발효팽창력은 0.7%로 감소하였다. 그러나 SSP 첨가구의 분당 발효팽창력은 대조구보다 약 2-3배 정도 높은 1.3%와 2.0%의 발효팽창력을 나타내었다. 이는 대조구와 실험구(SSP 첨가구)에서의 1차 발효 속도가 다르기 때문인 것으로 사료되었다. 즉, 대조구는 발효 중기(20-30분)에 1차 발효가 완료되었기 때문에 발효 말기에서의 분당 발효팽창력이 감소된 반면에, 실험구는 발효 40분까지도 1차 발효가 계속 진행되었기 때문에 발효 말기의 분당 발효팽창력이 대조구보다 높았던 것으로 사료되었다. Fig. 1에서와 같이, 발효가 완료되었을 때의 발효팽창력은 대조구가 SPP-1 보다 약간 높았으나 유의적인 차이는 없었다. SPP-2의 발효팽창력은 대조구 및 SPP-1보다 유의적으로 낮았다.

SPP 첨가량과 발효팽창력 사이에는 강한 음의 상관관계가 나타났다(Table 4). 이는 dinner roll 제조시에 SPP를 첨가하는 양이 증가할수록 반죽의 발효팽창력이 감소하는 것이므로, SPP를 첨가하여 dinner roll을 제조할 때에는 발효시간을 증가시켜야 할 것으로 사료되었다. 발효시간을 대조구와 동일하게 할 경우는 대조구보다 높은 경도를 지닌 dinner roll이 만들어질 것으로 추정되었다.

SPP를 첨가한 dinner roll의 품질 특성

2차 발효가 완료된 일정량의 빵 반죽과 소성 후의 중량을 각

Table 3. Quality characteristics of batter and dinner roll added with lyophilized sweet potato powder (SPP)

		Control	SPP-1	SPP-2	p value	
Batter	pH	5.20±0.18	5.19±0.16	5.20±0.15	0.96	
	Density (g/mL)	1.11±0.02 ^a	1.12±0.03 ^a	1.25±0.02 ^b	0.05	
Roll	Baking loss rate (%)	10.92±0.36 ^a	10.47±0.32 ^a	9.14±0.39 ^b	0.05	
	Specific volume (mL/g)	1.97±0.11	1.99±0.11	1.97±0.13	0.95	
	Chromaticity of crust	<i>L</i> value	58.75±0.03 ^a	57.33±0.02 ^b	55.80±0.02 ^c	0.01
		<i>a</i> value	2.57±0.01 ^a	3.24±0.02 ^b	4.16±0.06 ^c	0.01
		<i>b</i> value	30.22±0.03 ^a	28.75±0.03 ^b	27.92±0.06 ^c	0.01
		Chroma	30.33±0.03 ^a	28.93±0.03 ^b	28.23±0.05 ^c	0.01
		Hue angle	85.10±0.18 ^a	83.56±0.05 ^b	81.53±0.13 ^c	0.01
	Chromaticity of crumb	<i>L</i> value	92.76±0.02 ^a	90.42±0.01 ^b	87.29±0.01 ^c	0.01
		<i>a</i> value	-11.23±0.01 ^a	-7.13±0.06 ^b	-6.83±0.01 ^c	0.01
		<i>b</i> value	25.89±0.01 ^a	29.365±0.02 ^b	38.54±0.02 ^c	0.01
		Chroma	28.22±0.01 ^a	30.21±0.01 ^b	39.14±0.01 ^c	0.01
		Hue angle	113.45±0.30 ^a	103.65±0.30 ^b	100.06±0.31 ^c	0.01
	Texture	Hardness (g)	205.89±9.27 ^a	209.77±9.31 ^{ab}	230.15±12.68 ^b	0.05
		Springiness	0.93±0.02	0.93±0.02	0.93±0.02	0.72
		Cohesiveness	0.32±0.01 ^a	0.32±0.02 ^a	0.34±0.01 ^b	0.05
		Chewiness	107.83±4.82 ^a	112.95±4.19 ^a	135.78±6.38 ^b	0.05
	β-carotene (mg/100 g dry weight)		1.73±0.27 ^a	4.39±0.42 ^b	8.78±0.51 ^c	0.05

Same superscript letters within a row denote values that were not significantly different, analyzed by ONE-WAY ANOVA and Duncan's multiple range test.

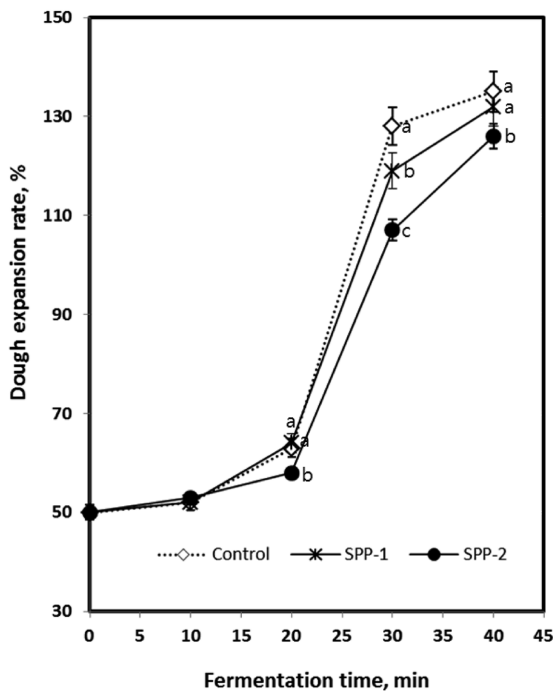


Fig. 1. Expansion rate of dinner roll dough added with lyophilized sweet potato powder (SPP). Different letters within a figure denote values that were significantly different, analyzed by ONE-WAY ANOVA and Duncan's multiple range test. The p values were 0.05, 0.01, and 0.02 at 20, 30, and 40 min, respectively.

각 측정하여 굽기손실율을 산출하였다(Table 3). 굽기손실(baking loss)은 발효산물 중의 휘발성 물질이 굽는 과정동안 열에 의해 휘발되면서 수분이 증발하는 것(18)으로, 동일한 조건하에서도 굽

기손실율이 증가할수록 전분의 호화가 양호하고 빵 표면이 착색이 좋다(19). 대조구의 굽기손실율은 가장 높았고, SPP 첨가량이 증가할수록 굽기손실율이 감소하였다. 굽기손실율과 SPP 첨가량과의 상관관계를 분석한 결과(Table 4), dinner roll 제조시에 첨가되는 SPP의 양이 증가할수록 굽기손실율이 감소하는 것으로 나타났다.

대조구와 SPP 첨가구에서의 비용적은 차이를 나타내지 않았다(Table 3). 또한 SPP 첨가량과 비용적 사이에는 상관관계가 형성되지 않았다. 실험구는 SPP를 첨가하고, 첨가된 SPP의 양만큼의 밀가루를 감하여 제조하였다. SPP는 동결건조된 고구마 분말이므로 밀가루보다 글루텐 함량이 낮은 것으로 사료되었다. 따라서 첨가된 SPP 중량에 해당하는 만큼의 중력분에 함유된 글루텐 함량(10%)만큼의 글루텐을 별도로 첨가하였다. 제빵에서의 비용적은 단백질의 양과 질, 글루텐의 발달정도, 제빵 반죽에 첨가되는 부재료에 따라 달라지는데, 반죽의 글루텐이 잘 발달되고, 글루텐 사이의 air cell이 잘 형성될수록 비용적이 높으며, 탄력성(springiness)이 높은 빵이 된다. 따라서 SPP와 글루텐을 첨가하여 dinner roll을 제조하면 완성된 빵의 비용적은 대조구와 차이가 없으며, 빵의 조직감(springiness)에도 차이가 없을 것으로 사료되었다.

대조구와 SSP 첨가구에서의 crust와 crumb 색도를 측정하였다(Table 3). Crust의 *L* value(lightness), *b* value(yellowness), chroma 및 Hue angle은 대조구보다 SPP 첨가구가 유의적으로 낮았고, *a* value(redness)는 대조구보다 SPP 첨가구가 유의적으로 높았다. Crumb의 *L* value와 Hue angle은 대조구보다 SPP 첨가구가 유의적으로 낮았고, *a* value, *b* value 및 chroma는 대조구보다 SPP 첨가구가 유의적으로 높았다. SPP 첨가량과 dinner roll crust 색도 값 사이의 상관관계를 분석한 결과는 Table 5와 같다. Table 5에서와 같이 SPP 함량과 crust의 *a* value 사이에는 강한 정의 상관관계를 나타내었고, SPP 함량과 *L* value, *b* value, chroma 및 Hue angle은 사이에는 강한 음의 상관관계를 나타내었다. 또한

Table 4. Pearson's correlation coefficients between lyophilized sweet potato powder (SPP) and quality characteristics of dinner roll added with SPP

	SPP	Hardness	Springiness	Cohesiveness	Chewiness	Dough-pH	Dough-Density	DER	BLR
SPP	1								
Hardness	0.724 ^b	1							
Springiness	-0.090	-0.154	1						
Cohesiveness	0.871 ^a	0.945 ^a	-0.188	1					
Chewiness	0.135	-0.414	-0.524	-0.15	1				
Dough-pH	0.092	0.624	-0.011	0.346	-0.823 ^a	1			
Dough-Density	0.318	0.841 ^a	-0.07	0.628	-0.721 ^b	0.914 ^a	1		
DER	-0.953 ^a	-0.662	0.102	-0.859 ^a	-0.236	0.159	-0.184	1	
BLR	-0.897 ^a	-0.496	0.161	-0.748 ^b	-0.436	0.349	0.009	0.965 ^a	1

^a; $p < 0.01$, ^b; $p < 0.05$. SPP; lyophilized sweet potato powder, DER; dough expansion rate, BLR; baking loss rate.

Table 5. Correlation coefficients between lyophilized sweet potato powder (SPP) and chromaticities of dinner roll added with SPP

	<i>L</i> value	<i>a</i> value	<i>b</i> value	Chroma	Hue angle
Crust	-0.995 ^a	0.995 ^a	-0.987 ^a	-0.982 ^a	-0.996 ^a
Crumb	-0.997 ^a	0.895 ^a	0.968 ^a	0.939 ^a	-0.966 ^a

^a; $p < 0.01$

dinner roll crumb의 *L* value와 Hue angle은 SPP 첨가량이 증가할수록 감소하는 반면에 *a* value, *b* value 및 chroma는 SPP 첨가량과 비례하여 증가하는 것으로 나타났다. Hue angle은 색상(tone)을 표시하는 것으로 '90'에 가까울수록 '황색(yellowish)'을 나타낸다. 반면에 chroma는 채도를 표시하는 것으로 '0'에 가까울수록 채도가 낮고, 숫자가 클수록 생생한 색감을 나타낸다. SPP 첨가량이 증가할수록 dinner roll crust의 색은 대조구에 비해 어둡고 채도가 낮았으나, 대조구 및 실험구 모두 황갈색 범위이었다. Dinner roll crumb의 chroma는 SPP 첨가구가 대조구보다 높고, Hue angle도 SPP 첨가구가 '90'에 가까워, SPP를 첨가할수록 dinner roll crumb의 색은 채도가 높은 황색인 것으로 나타났다.

대조구와 SPP 첨가구의 조직감을 측정하였다(Table 3). SPP 첨가구의 hardness는 대조구보다 유의적으로 증가하였으나, SPP-1과 대조구는 유의적인 차이를 나타내지 않았고, SPP-1과 SPP-2 사이에도 유의적인 차이는 관측되지 않았다. 시료의 springiness는 대조구와 실험구 사이에 차이를 나타내지 않았다. Cohesiveness와 chewiness은 SPP를 첨가할수록 증가하였으나, 대조구와 SSP-1 사이에 유의적인 차이는 없었고, SSP-2는 대조구 및 SSP-2보다 유의적으로 높았다. 상관분석 결과(Table 4), SPP 첨가농도는 hardness 및 cohesiveness와 강한 정의 상관관계를 나타내었으나, springiness 및 chewiness와는 상관관계가 형성되지 않았다. Hardness는 '시료의 내부결합력'을 나타내며, cohesiveness는 '시료의 내부결합력'을 나타낸다. 따라서 dinner roll의 hardness와 cohesiveness는 강한 정의 상관관계를 나타내었다. 또한 dinner roll의 hardness는 반죽의 밀도와 강한 정의 상관관계를 나타내어, 반죽의 밀도가 높을수록 완성된 제품의 경도가 높은 것으로 나타났다. Cohesiveness는 발효팽창력 및 굽기손실율과 강한 음의 상관관계를 나타내었다. 따라서 SSP 첨가에 의해 제품의 hardness가 증가된 것은 반죽의 밀도가 증가되고 시료 내부의 결합력(응집력)이 증가하였기 때문인 것으로 사료되었다. Chewiness는 '고형식품을 삼킬 수 있는 상태로 될 때까지 만드는 데 필요한 에너지', gumminess는 'semi-solid 식품을 삼킬 수 있는 상태로 될 때까지 만드는 데 필요한 에너지'를 나타내므로, 본 연구에서는 gumminess를 배제하였다. Chewiness 값은 texture profile analysis

(TPA)의 그래프에서 "chewiness=hardness×springiness×cohesiveness"로부터 산출된다. 본 실험에서는 SPP 첨가구의 hardness, cohesiveness가 대조구보다 높았으므로, SPP 첨가구의 chewiness도 대조구보다 높은 값을 나타낸 것으로 사료되었다.

SPP를 첨가한 dinner roll의 관능검사

대조구와 SPP 첨가구의 관능검사를 실시하였다(Fig. 2). 외관(appearance)은 대조구에 비하여 SPP 첨가구가 낮은 관능평가를 얻었으나 시료 간의 유의적인 차이는 관측되지 않았다($p = 0.239$). Dinner roll의 향(flavor)은 세 시료가 유사한 관능평가를 획득하여 시료 사이에 유의적인 차이가 없었다($p = 0.249$). 색(color)은 빵의 내부(crumb)만을 평가하였다. 대조구가 가장 낮은 관능평가를 기록하였고, SPP 첨가량이 증가할수록 "색"에 대한 관능평가가 유의적으로 높아졌다. 이는 SPP를 첨가함으로써 dinner roll의 색이 미백색에서 황색으로 변하기 때문에 관능특성이 향상된 것으로 사료되었다. SPP 첨가량과 '색' 사이에는 강한 정의 상관관계($r^2 = 0.964$, $p < 0.01$)가 성립하였다. 따라서 dinner roll을 제조할 때 SPP를 첨가하면 빵의 색감이 향상되는 것으로 사료되었다. 대조구와 SPP-1은 질감(texture) 항목에서 유사한 관능평가를 획득하였으나, SPP-2는 유의적으로 낮은 관능점을 나타내었다. 관능검사 후의 토의과정에서, 패널은 SPP-2가 대조구 또는 SPP-1보다 단단한 질감을 나타내었고, 이러한 특성 때문에 '질감' 항목에서 낮은 점수를 부여했다고 하였다. 또한 SPP 농도와 빵의 질감 사이에는 강한 음의 상관관계($r^2 = -0.843$, $p < 0.01$)가 성립하였다. 이는 texture profile analysis에서 SPP 첨가에 의해 dinner roll의 hardness와 chewiness가 상승하였던 것과 일치하는 결과이었다. 맛(taste)은 대조구보다 SPP 첨가구가 더 높은 관능평가를 나타내었으나, 시료 간에 유의적인 차이는 나타나지 않았다($p = 0.209$). 이는 중력분을 당분 함량이 높은 SPP로 대체하였기 때문에 SPP 첨가구에서 '맛' 항목에 대한 관능특성이 향상된 것으로 사료되었다. 전체적인 수용도(overall acceptability)는 대조구와 SPP-1은 유의적인 차이를 나타내지 않았으나, SPP-2는 대조구 및 SPP-1보다 유의적으로 낮은 관능특성을 나타내었다. 이는 SPP와 overall acceptability 사이에 강한 음의 상관관계($r^2 =$

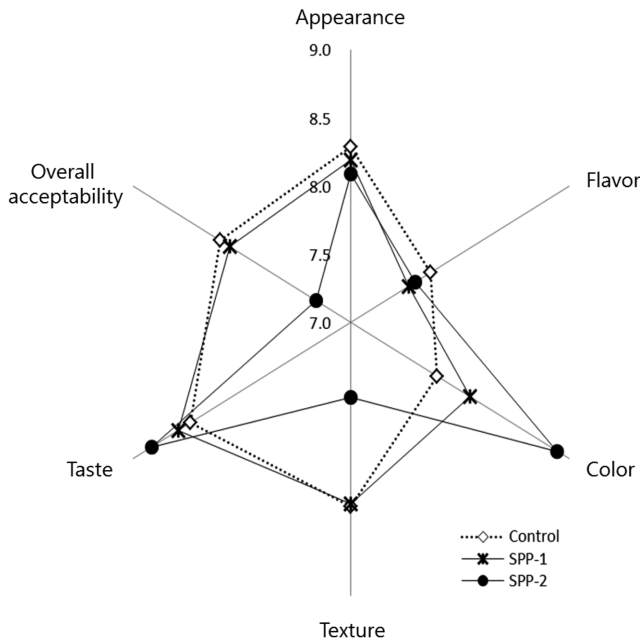


Fig. 2. Sensory evaluation for dinner roll added with lyophilized sweet potato powder (SPP). A; appearance, F; flavor, C; color, Te; texture, Ta; taste, O; overall acceptability. Significant differences ($p < 0.05$) were observed in color, texture, and overall acceptability categories.

-0.740, $p < 0.01$)가 성립되는 것으로 설명할 수 있다. 즉, dinner roll 제조시에 첨가되는 SPP 함량이 증가할수록 빵의 overall acceptability는 감소하는 것으로 나타났다.

SPP dinner roll의 섭취가 혈당 변화에 미치는 효과 및 dinner roll의 β -carotene 함량

Streptozotocin 투여로 당뇨병이 유발된 흰쥐에 Table 2와 같은 실험식이 4주간 급여하면서 공복시 혈당 변화를 측정하였고 (Fig. 3), 실험 종료 시의 체중증가량, 식이섭취량, 및 식이효율을 산출하였다(Table 6). 식이섭취량은 당뇨쥐(control, SPP-1, 및 SPP-2)와 정상대조구 사이에 차이가 없었으나, 당뇨쥐의 체중증가량 및 식이효율은 정상대조구보다 유의적으로 낮았다. 대조구 및 실험구의 혈당 수준은 실험식이 1주째에는 차이가 없었다. 실험식이 2주째는 SPP 첨가구의 혈당이 대조구보다 낮았으나 유의적인 차이는 관측되지 않았다. 실험식이 3주째 및 4주째에는 SPP-2 첨가구의 혈당 농도가 현저히 감소하여 대조구 및 SPP-1의 혈당 수준보다 유의적으로 낮았다. 실험 종료일의 SPP-1의 혈당 농도는 대조구보다 약 3% 낮은 수준이었으나 대조구와 유의적인 차이는 없었다.

Streptozotocin으로 당뇨병을 유발시킨 실험동물의 체내에는 지질 과산화물 함량이 증가되는 반면 항산화영양소 상태는 저하된다(20). 또한 streptozotocin에 의해 당뇨병이 유도된 실험동물(흰쥐)에서는 vitamin A의 대사이용성이 저하되고 retinol binding protein의 합성 및 아연의 혈중농도가 저하된다(21). 또한 β -carotene 및 vitamin A의 섭취는 당뇨 환자의 건강에 중요한 영향을 미치는 식이요인이며(22), 최근에는 혈중 carotenoids 농도가 높을수록 혈당장애 위험이 낮아지므로, 당뇨위험군 및 당뇨환자의 경우는 β -carotene 함량이 높은 식품의 섭취가 권장되고 있다(23). 따라서 대조구 및 실험구에 함유된 β -carotene의 함량을 측정하였다(Table 3). 대조구의 β -carotene 함량은 1.73 mg/100 g이었으나, SPP-1의

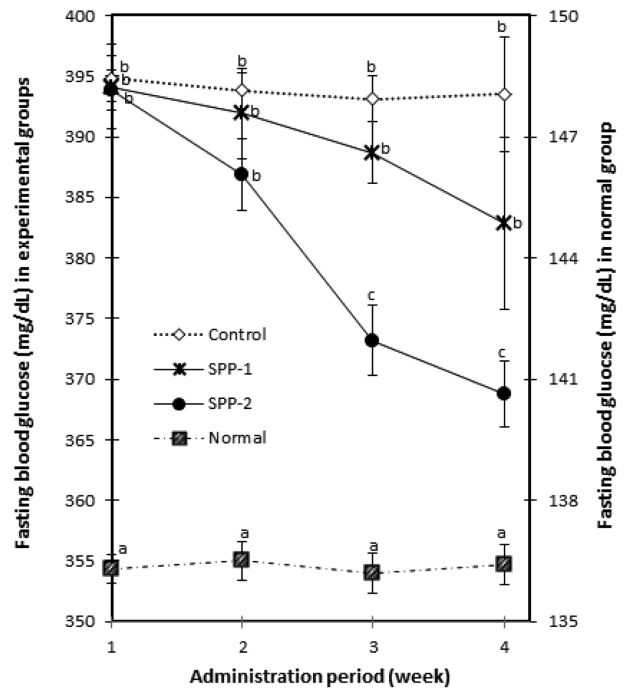


Fig. 3. Changes of plasma glucose concentrations administered with dinner roll added with lyophilized sweet potato powder (SPP). Different letters within a figure denote values that were significantly different ($p < 0.05$), analyzed by ONE-WAY ANOVA and Duncan's multiple range test.

Table 6. Effect of dinner roll administration on the body weight gain, food intake, and food efficiency ratio

Group	Body weight gain (g/day)	Food intake (g/day)	Food efficiency ratio (FER)
Normal	4.84±0.20 ^a	13.19±0.14	0.37±0.02 ^a
Control	3.69±0.25 ^b	13.98±0.14	0.26±0.15 ^b
SPP-1	3.86±0.21 ^b	13.97±0.59	0.28±0.17 ^b
SPP-2	4.28±0.06 ^c	13.94±0.35	0.31±0.37 ^c

Normal; citrate buffer (pH 4.5) injected group (n=6), control; streptozotocin injection+dinner roll (control) administration (n=6), SPP-1; streptozotocin injection+dinner roll (SPP-1) administration (n=6), SPP-2; streptozotocin injection+dinner roll (SPP-2) administration (n=6). Values shown are mean±SD. Same superscript letters within a column denote values that were not significantly different, analyzed by ONE-WAY ANOVA and Duncan's multiple range test ($p < 0.05$).

β -carotene 함량은 대조구보다 2.54배, SPP-2는 5.08배 높았다.

혈당 농도와 SPP 사이의 상관관계를 분석한 결과, 실험식이 1주째에는 상관관계가 형성되지 않았고, 실험식이 2주째부터 음의 상관관계를 나타내었다. 즉, 2주째는 $r^2 = -0.671$ ($p < 0.05$), 3주째에는 $r^2 = -0.899$ ($p < 0.01$), 4주째에는 $r^2 = -0.869$ ($p < 0.01$)이었다. 또한 dinner roll의 β -carotene 농도와 혈당 사이의 상관관계를 분석한 결과, 실험식이 2주째에는 약한 음의 상관관계($r^2 = -0.691$, $p < 0.05$)를 나타내었고, 그 이후에는 강한 음의 상관관계를 나타내었다(3주째 $r^2 = -0.921$; $p < 0.01$, 4주째 $r^2 = -0.879$; $p < 0.01$). Dinner roll에 함유된 β -carotene의 농도는 SPP 첨가량과 강한 양의 상관관계 ($r^2 = 0.988$, $p < 0.01$)를 나타내었다. Streptozotocin 유도성 당뇨병을 지닌 흰쥐에 β -carotene을 급여하면 혈당이 유의적으로 감소되는 것으로 보고되고 있다(15,24). 고구마는 β -carotene 이외에, 식이섬유소 함량이 높은 식품이다(25). 식이섬유소는 HbA1c를 낮

추는 것(26)으로 알려져 있으며, 고구마의 섭취는 glyceimic index와 insulin release를 낮추어 혈당을 조절하는 것(27)으로 보고되고 있으므로, SPP가 첨가된 dinner roll의 섭취에 의해 혈당이 감소된 것은 SPP에 함유된 β -carotene, 식이섬유소 및 고구마 자체의 특성 때문인 것으로 사료되었다.

당뇨 환자의 혈당 수준을 개선할 수 있는 건강빵을 개발하고자 수행된 본 연구의 결과, SPP 첨가에 의해 건강기능성이 향상된 dinner roll을 제조할 수 있는 것으로 나타났다. 그러나 건강기능성을 나타내는 실험구(SPP-2)는 대조구에 비하여 식품학적·관능적 품질이 낮았다. 따라서 다량의 SPP를 첨가하여도 식품학적·관능적 품질 특성을 유지할 수 있는 방법에 대한 후속연구가 필요한 것으로 사료되었다.

요 약

SPP를 첨가하여 제조한 빵(dinner roll) 반죽의 pH는 대조구와 실험구 사이에 차이가 없었다. SPP 첨가량과 반죽의 밀도 사이에는 강한 양의 상관관계를, 반죽의 발효팽창력 사이에는 음의 상관관계를 나타내었다. Dinner roll의 굽기손실율은 SPP의 첨가량이 증가할수록 감소하였으나, 비용적은 차이가 없었다. Dinner roll crust의 L value, b value, chroma 및 Hue angle은 대조구보다 SPP 첨가구가 유의적으로 낮았고, a value는 대조구보다 SPP 첨가구가 유의적으로 높았다. Crumb의 L value와 Hue angle은 대조구보다 SPP 첨가구가 유의적으로 낮았고, a value, b value 및 chroma는 대조구보다 SPP 첨가구가 유의적으로 높았다. SPP 첨가량과 dinner roll의 hardness 및 cohesiveness 사이에는 강한 양의 상관관계가 있었으나, springiness 및 chewiness와는 상관관계가 형성되지 않았다. Streptozotocin 투여로 당뇨병이 유발된 흰쥐에 SPP가 첨가된 dinner roll을 4주간 섭취시킨 결과, SPP 첨가구의 혈당 농도가 대조구보다 유의적으로 감소하였고, 이는 SPP에 함유된 β -carotene 때문인 것으로 사료되었다.

문 헌

- Miyazaki Y, Glass L, Triplitt C, Wajcberg E, Mandarino LJ, DeFronzo RA. Abdominal fat distribution and peripheral and hepatic insulin resistance in type 2 diabetes mellitus. *Am. J. Physiol. Endocrinol. Metab.* 283: E1135-43 (2002)
- Park SM. Strategies for development of anti-diabetic functional foods. *Food Sci. Industry* 40: 46-58 (2007)
- Choi SM, Kim JH, Chung JS, Kim HY, Chang HE, Hwang SJ, Hong SG. Effect of aqueous extract of Guave (*Psidium guajava* L.) leaves on the oral glucose tolerance test and inhibition of glycoside hydrolase. *Korean J. Medicinal Crop Sci.* 20: 94-100 (2012)
- What are the origins of dinner rolls? Available from: <http://answers.yahoo.com/question/index?qid=20110509012830AA08RSp>. Accessed Dec. 16, 2012.
- About dinner rolls. Available from: http://www.ehow.com/about_4759411_dinner-rolls.html. Accessed Dec. 16, 2012.
- Ko SH, Lee YL, Lee KY, Kim HY. A study on the purchasing pattern and consumer's selection factor of healthy breads. *J. East Asian Soc. Dietary Life* 19: 515-524 (2009)
- Lee YS, Hwang YK, Woo IA. A study on the preference and the actual using patterns of the bakery products using functional ingredients. *Korean J. Culinary Res.* 12: 116-130 (2006)
- Kim KE, Kim SS, Lee YT. Physicochemical properties of flours prepared from sweet potatoes with different flesh colors. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 39: 1476-1480 (2010)
- Reddy NN, Sistrunk WA. Effect of cultivar, size, storage, and cooking method on carbohydrates and some nutrients of sweet potatoes. *J. Food Sci.* 45: 682-684 (1980)
- Jeong BC, Ahn YS, Chung MN, Lee JS, Oh YH. Current status and prospect of quality evaluation in sweetpotato. *Korean J. Crop Sci.* 47: 124-134 (2002)
- Shin YS, Lee KS, Kim DH. Studies on the preparation of yogurt from milk and sweet potato or pumpkin. *Korean J. Food Sci. Technol.* 25: 666-671 (1993)
- Lee JH, Kim BK. Effect of added sweet potato flour on the quality characteristics of the Korean traditional steamed rice cake, *Backsulki*. *Food Eng. Prog.* 14: 135-145 (2010)
- Oh HE, Hong JS. Quality characteristics of *sulgidduk* added with fresh sweet potato. *Korean J. Food Cookery Sci.* 24: 501-510 (2008)
- Lee JJ, Rhim JW. Characteristics of edible films based with various cultivars of sweet potato starch. *Korean J. Food Sci. Technol.* 32: 834-842 (2000)
- Jang JH, Lee KS, Seo JS. Effect of dietary supplementation of β -carotene on hepatic antioxidant enzyme activities and glutathione concentration in diabetic rats. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 40: 1092-1098 (2011)
- Yildirim Z, Tokusoglu O, Ozturk G. Determination of sweet potato (*Ipomoea batatas* (L.) Lam.) genotypes suitable to the Aegean region of Turkey. *Turkish J. Field Crops* 16: 48-53 (2011)
- Choi SY, Sung NJ, Kim HJ. Physicochemical characteristics of traditional *Doenjang* with added *Lentinus edodes*. *Korean J. Food Cookery Sci.* 22: 69-79 (2006)
- Kim SK, Cheigh HS, Kwon TW, Marston PE. Rheological and baking studies of composite flour wheat and made barley. *Korean J. Food Sci. Technol.* 10: 247-251 (1978)
- Roles SP, Cleemput G, Vandewalle X. Bread volume potential of variable quality flours with constant protein level as determined by factors governing mixing time and baking absorption levels. *Cereal Chem.* 70: 318-323 (1993)
- Chang JH, Kim MS, Kim JY, Choi WH, Lee SS. Effects of mushroom supplementation on blood glucose concentration, lipid profile, and antioxidant enzyme activities in patients with type 2 diabetes mellitus. *Korean J. Nutr.* 40: 327-333 (2007)
- Lu J, Dixon WT, Tsin AT, Basu TK. The metabolic availability of vitamin A is decreased at the onset of diabetes in BB rats. *J. Nutr.* 130: 1958-1962 (2000)
- Hercberg S, Czernichow S, Galan P. Tell me what your blood beta-carotene level is, I will tell you what your health risk is! The viewpoint of the SUVIMAX researchers. *Ann. Nutr. Metab.* 54: 310-312 (2009)
- Akbaraly TN, Favier A, Fontbonne A, Berr C. Plasma carotenoids and onset of dysglycemia in an elderly population. *Diabetes Care* 31: 1355-1359 (2008)
- Liu S, Ajani U, Chae C, Hennekens C, Burning JE, Manson JE. Longterm β -carotene supplementation and risk of type 2 diabetes mellitus: A randomized controlled trial. *JAMA* 282: 1073-1075 (1999)
- Kim SY, Ryu CH. Studies on the nutritional components of purple sweet potato (*Ipomoea batatas*). *Korean J. Food Sci. Technol.* 27: 819-825 (1995)
- Post RE, Mainous AG 3rd, King DE, Simpson KN. Dietary fiber for the treatment of type 2 diabetes mellitus: a meta analysis. *J. Am. Board Fam. Med.* 25: 16-23 (2012)
- Allen JC, Dorbitt AD, Maloney KP, Butt MS, Truong VD. Glycemic index of sweet potato as affected by cooking methods. *Open Nutr. J.* 6: 1-11 (2012)