

가열조리에 따른 올리고당 첨가 식품의 특성 및 당 안정성 비교

신장호¹ · 이재은² · 장진희² · 한정아^{2,*}

¹상명대학교 대학원 외식영양학과, ²상명대학교 식품영양학과

Physical properties and sugar composition stability of food containing different oligosaccharides

Jang-Ho Shin¹, Jae-Eun Lee², Jin-Hee Chang², and Jung-Ah Han^{2,*}

¹Department of Foodservice Management and Nutrition, Sangmyung University

²Department of Food and Nutrition, Sangmyung University

Abstract Three kinds of foods (strawberry jam, J; braised lotus root, B-LR; stir-fried anchovies, SF-A) containing fructooligosaccharide (FOS) or isomaltooligosaccharide (IMO) were prepared, and the changes of physical properties and sugar composition were compared with control (sample containing sucrose). For the samples containing oligosaccharides, a* value increased, and b* value decreased after cooking. The sample with sucrose showed higher hardness than those with FOS or IMO. For sugar composition and stability of the oligosaccharides after cooking, the amount of IMO was almost remained in each food, however, that of FOS decreased from 47.2, 49.5, 48.9 to 20.5, 49.0 and 28.8%, for J, B-LR and SF-A, respectively. Based on the above results, softer cooked food could be prepared with oligosaccharide than sucrose, and when considering to functionality, IMO is more suitable for general cooking at home than FOS.

Keywords: fructooligosaccharide, isomaltooligosaccharide, hardness, sugar composition, cook

서 론

식품에 함유되어 있는 당류는 원료에 자연적으로 존재하거나 가공 중 첨가되는 것으로, 체내에서 중요한 에너지원으로 작용할 뿐 아니라 식품의 풍미 증진이나 저장 및 유통기간 연장에 관여한다(Matthews 등, 1987; Havel, 2005). 그러나, 최근 식생활에서 가공식품 및 패스트푸드의 소비량이 증가하면서 당류의 과잉 섭취로 인한 질병의 위험성이 크게 증가하고 있다(Chung 등, 2004). 특히 과거와 비교해 볼 때 국내 전체가구 중 가공식품의 소비량이 큰 1인가구의 비율이 높아지면서(Kim 등, 2017), 우리나라 국민의 당류 과잉 섭취에 대한 위험성은 더욱 증가할 것으로 예상된다.

가공식품의 단맛을 내기 위해 사용되는 감미료 중 가장 많이 사용되는 설탕은 식품의 당지수를 높여 혈당을 급격히 높이고, 비만과 이상지혈증을 유도하는 등의 다양한 성인병 원인으로 보고되면서 칼로리 저하, 충치 예방, 저당지수 등의 효과가 있는 대체 감미료에 대한 소비자들의 요구가 증가하고 있다(Kim과 Lee, 2016). 대체 당중의 하나로 주목받고 있는 올리고당은 2-8개 정도의 포도당, 과당과 같은 단당류가 결합한 난소화성 탄수화물을 총칭하며(Fiordaliso 등, 1995), 섭취 시 소화 흡수되지 않고 대장에 도달해 비피더스와 같은 장내 유익균이 선택적으로 이용해 장

내 균총을 개선하고(Rousseau 등, 2005), 대장 내 pH를 저하시키며(Kang 등, 1996), 혈중 콜레스테롤 수치와 혈압을 낮추며 칼슘 흡수를 돕는 등(Modler, 1994)의 기능을 함으로써 설탕섭취로 인한 단점을 보완하도록 개발되었다(Hidaka 등, 1987). 국내에서 주로 소비되는 올리고당의 종류로는 설탕으로부터 효소반응을 통해 생산되는 프락토올리고당(fructooligosaccharide, FOS)과 전분을 가수분해하여 생산하는 이소말토올리고당(isomaltooligosaccharide, IMO) 등이 있다.

설탕을 대체하여 식품에 올리고당을 사용한 국내연구는 주로 당 저감화에 초점을 맞추어 보고되었다. 예로 설탕을 100% 올리고당으로 대체한 복숭아 당절임의 경우 설탕 첨가군에 비해 높은 항산화 활성과 산도, 낮은 당 함량을 나타낸 반면, 관능검사에서는 낮은 감미도로 인해 선호도가 낮았기 때문에 결과적으로 완전대체 보다는 40 또는 60% 대체군이 바람직하다고 보고되었다(Jung 등, 2017). 올리고당을 설탕 대체로 약 70% 첨가한 도라지 정과의 경도와 부착성이 감소하였다는 연구결과(Kim 등, 2017), 올리고당만 100% 첨가해 제조한 수삼정과가 설탕으로 제조한 대조군보다 당도는 낮고, 관능적 특성에서 높은 점수를 얻었다는 결과(Jo 등, 2015), 올리고당 첨가량에 따라 한라봉 잼의 수분함량과 명도가 증가하고 발림성이 감소하였으며, 전체적 기호도에서는 올리고당 40% 첨가군이 가장 높은 값을 나타냈다는 결과(Choi 등, 2014) 등이 보고된 바 있다.

올리고당의 안정성과 관련한 연구로 이소말토올리고당은 설탕과 유사한 수준의 열안정성을 지니고 있으며, 주성분인 panose 성분으로 인해 산에 있어서도 매우 안정된 상태를 유지한다고 보고된 바 있으며(Kweon과 Yook, 1994), pH 3.0의 산성조건 및 140°C의 가열조건에서 이소말토올리고당은 안정하나 프락토올리고당은 불안정하였다는 보고(Kim 등, 1995), 올리고당을 첨가한

*Corresponding author: Jung-Ah Han, Department of Food and Nutrition, Sangmyung University, Seoul 03016, Korea
Tel: +82-2-2287-5357
Fax: +82-2-2287-0104
E-mail: vividew@smu.ac.kr
Received September 26, 2019; revised October 16, 2019;
accepted October 17, 2019

김치의 발효과정 중 프락토올리고당과 대두 올리고당은 미생물에 의해 대부분이 분해되었으나, 이소말토올리고당의 경우 안정적이었던 결과(Yun 등, 1996) 등이 있다. 또한 pH 4.0, 온도 120°C에서 가열 시, 프락토올리고당이 완전히 분해되었다는 결과(L'Homme 등, 2003) 이외에도 최근 매실청 제조에 사용한 프락토 올리고당이 산성조건에서 저장 중 함량이 크게 감소되었다고 보고된 연구결과(Bae와 Yoo, 2019) 등을 통해 일부 올리고당은 열과 산 등에 취약해 식품의 조리 및 가공, 저장 단계에서 일부 분해될 수 있다는 문제점이 제기된 바 있다. 이는 올리고당의 활용과 기능성에 한계가 있음을 의미하므로 올리고당을 설탕 대체 감미료로서 폭넓게 활용하면서도 그 기능적 효과를 얻기 위해서는 일반 가정에서의 조리 조건에서 올리고당의 안정성을 확인할 필요가 있다. 따라서 본 연구에서는 설탕, 프락토올리고당, 이소말토올리고당을 첨가당으로 하여 일반 가정의 조리조건에서 첨가당에 따른 식품의 물리적 특성을 비교하였고, 조리한 식품에서 올리고당의 함량을 분석하여 그 안정성을 확인하였다.

재료 및 방법

실험재료

본 실험에 사용된 딸기는 서울 소재의 한 마트에서 구입하여 세척 후 꼭지를 제거하고 소분하여 -18°C에 보관하며 실험에 사용하였고, 멸치는 수협중앙회의 국내산 볶음용 멸치를, 연근은 국내 밀양산 제품을 구입하여 밀폐 용기에 보관하며 사용하였다. 조리를 위한 식재료로는 프락토올리고당(FOS, CJ Cheiljedang Co., Seoul, Korea), 이소말토올리고당(IMO, Daesang Co., Seoul, Korea), 설탕(Samyang Co., Seoul, Korea), 대두유(Chungjungone, Seoul, Korea)를 구입하였다. 당 분석용 용매인 Acetonitrile은 Acros Organics (NJ, USA)의 HPLC등급을 사용했으며, IMO 정량을 위한 표준물질 fructose, glucose, maltose, maltotriose, maltotetraose, maltopentose, maltohexaose, maltoheptaose 및 D-pasnose, isomaltose, isomaltotriose는 Sigma (St. Louis, MO, USA)에서, 프락토 올리고당 정량을 위한 표준시료인 GF2 (1-kestose), GF3 (nystose), GF4 (1F-β-fructofuranosyl nystose)는 Wako Pure Chemical Industry Ltd. (Osaka, Japan)에서 구입하였다.

시료 제조 및 조리 중 온도 측정

세 종류의 조리방법에 따른 음식 제조의 배합비는 Table 1에 제시하였다.

딸기잼은 냉동상태의 딸기와 당류(정백당, FOS, IMO), 구연산과 펙틴을 믹서(MCH-B607, SK magic, Seoul, Korea)를 사용해 5분 간 혼합한 후, 중불에서 가열을 시작하여 10분 간격으로 적외선 온도계(Fluke-62 Max, Fluke, Guangdong, China)를 사용해 잼의 온도를 측정하였다. 약 40분간 가열하면서 당도가 70°Brix가 되도록 농축하였다. 완성점에 이르면 용기에 담아 냉각한 후, 냉장고에 보관하며 시료로 사용하였다.

멸치볶음은 프라이팬에 분량의 대두유(100 g)와 멸치(90 g)를 약불에서 2분간 볶은 뒤, 각 분량의 다진 마늘, 참기름, 참깨와 당류를 첨가한 후 중불에서 20분간 가열해 멸치볶음을 완성하였다. 조리 중 5분 간격으로 적외선 온도계(Fluke-62 Max, Fluke)를 사용해 멸치볶음의 온도를 측정하였으며, 완성된 멸치볶음은 분할하여 -18°C 이하에서 냉동 보관하며 시료로 사용하였다.

연근조림은 식초 1g을 첨가한 물 1L에 연근 270g을 7분간 데친 후 연근조림의 원료로 사용하였다. 프라이팬에 각 중량의 간장, 설탕, 참기름, 참깨, 데친 연근과 각각의 당류를 혼합한 후

Table 1. Recipe of each food containing different sweeteners

Sample	Ingredient (g)	Sucrose	IMO	FOS
Strawberry jam	Strawberry	298.8	298.8	298.8
	Sugar	299.4	-	-
	IMO (75°Brix)	-	299.4	-
	FOS (75°Brix)	-	-	299.4
	Citric acid	1.2	1.2	1.2
	Amidated Pectin	0.6	0.6	0.6
	Total	600	600	600
Stir-fried anchovies	Soybean oil	100	100	100
	Anchovies	90	90	90
	Chopped gallic	25	25	25
	Sesame oil	10	10	10
	Sesame	10	10	10
	Sugar	180	-	-
	IMO (75°Brix)	-	180	-
FOS (75°Brix)	-	-	180	
Total	415	415	415	
Braised lotus root	Blanched lotus root	270	270	270
	Soybean sauce	36	36	36
	Sugar	112.5	4.5	4.5
	IMO (75°Brix)	-	108	-
	FOS (75°Brix)	-	-	108
	Sesame oil	2.7	2.7	2.7
	Sesame	2.7	2.7	2.7
Total	423.9	423.9	423.9	

중불에서 10분 간격으로 가열하며, 적외선 온도계(Fluke-62 Max, Fluke)를 사용해 연근조림의 온도를 측정하였다. 30분 동안 가열하여 완성된 연근조림은 분할하여 -18°C 이하에서 냉동 보관하며 시료로 사용하였다.

수분함량 측정

각 시료를 3-5 g씩 취하여 상압건조법을 이용해 3회 반복하여 수분함량을 측정하였다.

색도 측정

각 시료를 일정량 취하여 투명 petri-dish에 담고 색차계(CR 300, Minolta Co., Ltd, Osaka, Japan)를 이용하여 L* (lightness), a* (redness) 및 b* (yellowness)값을 5회 반복 측정하였다. 이때 사용된 표준 백색판의 L*, a* 및 b*값은 각각 96.79, -0.16, 2.86이었다.

조직감 측정

예비실험을 통해 각 시료의 조직감 측정조건을 설정하고, 각 시료를 5회 반복 측정하여 평균값을 제시하였다. 딸기잼의 경우, 시료 45g을 150 mL 용량의 비커에 담아 texture profile analysis (TPA) mode에서 가열 전 시료는 20 mm plunger (P/20)를, 조리 후 시료는 50 mm plunger (P/50)를 사용하였다. 측정 조건으로 pre, test, post-test speed는 각각 3.0, 1.0, 10.0 mm/s, strain은 70%로 설정한 후 경도와 부착성을 측정하였다. 연근조림은 직경 5 mm probe (P/5)를, 멸치볶음은 Warner Bratzler blade cutter를 사용하였으며 두 시료 모두 75% strain에서 pre-, test-, post-test

Table 2. HPLC condition for the determination of sugar composition

Column	Aminex HPX-42A	μ-Bondapak-NH ₂
Mobile phase	Water	Acetonitrile:water=3:1
Column temperature	65°C	35°C
Detector	RID	RID
Flow rate	0.8 mL/min	0.8 mL/min
Injection volume	10 μL	10 μL

speed를 각각 2.0, 2.0, 5.0 mm/s로 설정한 후 경도를 측정하였다.

당 성분 분석

각 시료의 특성에 따라 1-4배의 증류수를 가하여 균질기(SH-2M, Elmex limited., Tokyo, Japan)를 이용해 5분간 균질화 및 희석 한 후, 여액을 0.22 μm syringe filter (Millipore, Burlington, MA, USA)를 사용해 여과하여 당 성분 분석을 위한 시료로 사용하였다. 당 성분 분석에 사용한 HPLC는 Dionex Ultimate 3000 HPLC system (Thermo Fisher Scientific Inc., Waltham, MA, USA)이며, 칼럼은 각각 Aminex HPX-42A (300×7.8 mm, BioRad Lab., Richmond, CA, USA)과 μ-Bondapak-NH₂ (10 μm 125Å 3.9×300 mm, Waters, Milford, MA, USA)를 사용하였다. 각 칼럼의 분석 조건은 Table 2에 나타내었다.

통계처리

본 연구에서 시행한 모든 실험은 3회 이상 반복 측정하였고, 측정 결과는 SPSS (Statistical Package for Social Sciences, Version 23.0, IBM-SPSS Inc., Chicago, IL, USA)를 이용하여 분산분석을 실시하였다. 각 시료 간의 유의적 차이가 있는 항목에 대해서는 던컨시험으로 $p < 0.05$ 수준에서 유의차를 검정하였다.

결과 및 고찰

시료의 온도와 수분함량

첨가당을 달리하여 조리한 시료의 조리과정 중 온도변화는 Fig. 1에 나타내었다. 딸기잼의 시작 온도는 10.85°C로 멸치볶음과 연근조림에 비해 낮은 온도였는데, 이는 냉동된 딸기를 원료로 사용하였기 때문이며, 조리 40분 후 잼을 완성하였을 때의 온도는 약 114°C였다. 설탕을 첨가해 제조한 연근조림의 조리시간에 따른 온도변화는 0, 10, 20, 30분이 각각 49.35, 100.30, 110.70, 120.65°C로 나타났으며 FOS 및 IMO를 첨가해 제조한 연근조림과 유의적인 차이는 없는 것으로 나타났다. 멸치볶음 역시 조리과정 중 온도변화는 첨가당에 따른 유의적인 차이는 없었으나, 부재료를 첨가하기 전 기름을 이용해 멸치를 볶는 과정이 있어 조리시작 온도(84.30-86.30°C)는 다른 음식들과 비교해 높은 값을 나타내었다. 본 연구에서 첨가당으로 가루상태의 설탕과 액상인 올리고당을 각각 첨가한 시료 간 조리과정에서 온도상승의 유의적 차이는 나타나지 않았다.

첨가당을 달리한 시료의 조리 전후 수분함량은 Table 3에 제시하였다. 딸기잼의 경우, 조리 전 수분함량은 43.20-56.16%의 범위로 설탕 첨가군이 올리고당 첨가군에 비해 유의적으로 낮았으나 올리고당 첨가군 간에 유의적인 차이는 없었다. 조리 후 설탕 첨가군의 수분함량은 20.43%로, 농촌진흥청의 국가표준식품성분 DB 9.1(2019)에 제시된 잼의 수분함량(24%)보다 다소 낮은 수치였으며, 올리고당 첨가군보다 유의적으로 낮은 결과를 나타내었

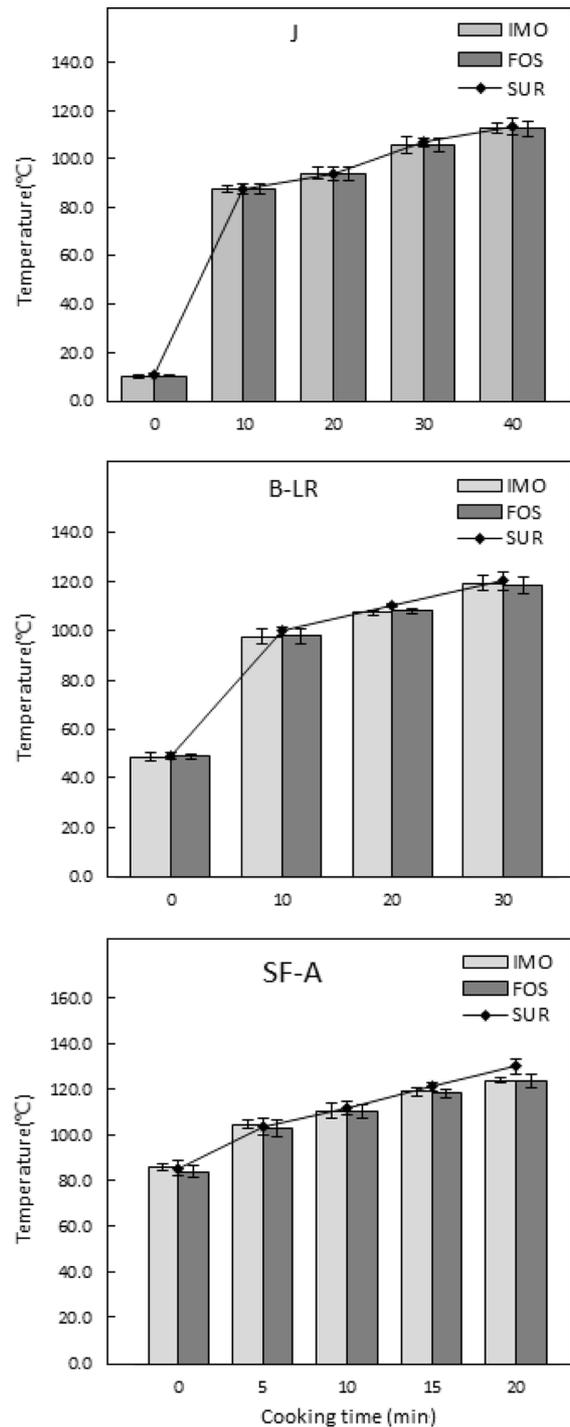


Fig. 1. Changes in temperature of each food with different sweeteners according to cooking time. J: strawberry jam, B-LR: braised lotus root, SF-A: stir fried anchovies, IMO: isomaltoligosaccharide, FOS: fructooligosaccharide, SUR: sucrose. All values are mean±SD (n=3).

다. 이는 첨가당의 형태에 따른 차이로 액상의 올리고당이 첨가된 시료는 가루상태의 설탕이 첨가된 시료보다 수분함량이 높기 때문으로 생각된다. Jo 등(2015)은 올리고당을 첨가해 제조한 수삼 정과의 수분함량이 설탕으로 제조한 수삼정과보다 높았다고 보고하였으며, Choi 등(2014)도 한라봉잼 제조 시 프락토올리고당의 설탕 대체 비율이 높을수록 잼의 수분함량이 높아진다고 보

Table 3. Moisture content and color profile of each food containing different sweeteners

Sample ¹⁾	Moisture content (%)	Color properties				
		L* (lightness)	a* (redness)	b* (yellowness)		
J	Raw	SUR	43.20±0.05 ^b	60.81±4.26 ^b	20.62±1.51 ^a	20.97±1.35 ^a
		IMO	55.84±0.04 ^a	70.98±5.30 ^a	14.21±1.50 ^c	15.21±1.57 ^c
		FOS	56.16±0.05 ^a	69.04±1.63 ^a	13.31±0.62 ^c	15.23±0.86 ^c
	Cooked	SUR	20.43±0.81 ^c	57.80±0.47 ^b	18.51±0.72 ^b	13.03±0.75 ^d
		IMO	34.15±0.09 ^d	58.83±2.19 ^b	18.95±0.23 ^b	16.39±0.90 ^c
		FOS	37.50±0.24 ^c	59.73±1.68 ^b	21.32±0.78 ^a	18.62±1.08 ^b
B-LR	Raw	SUR	63.91±0.04 ^c	50.29±0.46 ^a	4.85±0.22 ^b	19.79±0.13 ^a
		IMO	73.41±0.47 ^a	47.67±0.51 ^a	6.08±0.05 ^a	23.43±0.49 ^a
		FOS	72.55±0.40 ^b	52.05±0.4 ^a	4.53±0.14 ^b	23.53±0.12 ^a
	Cooked	SUR	18.39±0.75 ^c	51.56±2.38 ^a	5.65±0.72 ^{ab}	15.32±3.45 ^b
		IMO	31.39±0.14 ^d	49.71±4.73 ^a	6.80±1.25 ^a	14.66±3.66 ^b
		FOS	31.26±0.09 ^d	49.25±1.82 ^a	6.58±0.49 ^a	15.80±1.21 ^b
SF-A	Raw	SUR	6.36±0.25 ^b	49.89±1.23 ^{cd}	0.37±0.25 ^b	12.80±0.92 ^a
		IMO	17.59±0.24 ^a	48.01±2.57 ^d	0.66±0.09 ^b	10.85±0.44 ^a
		FOS	17.86±0.04 ^a	52.30±2.47 ^{bc}	1.10±0.46 ^b	13.64±1.99 ^a
	Cooked	SUR	1.32±0.15 ^c	55.05±2.19 ^b	3.63±0.97 ^a	11.77±4.54 ^a
		IMO	1.49±0.26 ^c	58.37±1.69 ^a	2.93±0.18 ^a	7.20±0.98 ^b
		FOS	1.46±0.13 ^c	53.37±0.44 ^b	1.03±0.28 ^b	7.08±0.71 ^b

¹⁾J: strawberry jam, B-LR: braised lotus root, SF-A: stir fried anchovies, IMO: isomaltooligosaccharide, FOS: fructooligosaccharide, SUR: sucrose. All values are mean±SD (n=3).

고한 바 있다. 조리 후 FOS와 IMO 첨가군은 각각 37.50, 34.15%로 FOS 첨가군이 유의적으로 높은 결과를 보였다. 이는 두 올리고당의 수분보유력의 차이에 기인한 것으로 Kim 등(1995)의 IMO보다 FOS의 수분보유력이 더 높다는 연구결과와 일치하였다.

연근조림의 조리 전후 수분함량은 각각 63.91-73.41%, 18.39-31.39%로 설탕 첨가군의 경우 약 72% 감소하였으며, 올리고당 첨가군도 약 절반 정도 감소하였다. 조리 전, 후 모두 올리고당 첨가군이 대조군인 설탕 첨가군보다 유의적으로 높은 수분함량을 보였는데, 이는 첨가당의 수분함량의 차이뿐 아니라 Kim 등(1995)이 보고한 바와 같이 설탕보다 올리고당의 수분보유력이 높기 때문이다. 멸치볶음의 경우, 조리 전 수분함량이 6.36-17.86%로 설탕 첨가군이 유의적으로 낮았고 올리고당 첨가군 간에는 유의적인 차이가 없는 결과를 보였는데, 이는 건멸치를 원료로 사용하였기 때문에 올리고당 자체의 수분함량의 영향을 받은 것으로 생각된다. 조리 후에는 1.32-1.49%로 시료간 유의적인 차이는 없었다.

시료의 색도 변화

첨가당을 달리한 시료의 조리 전후 색도 결과는 Table 3에 제시하였다. 올리고당을 첨가한 딸기잼의 경우, 조리 후 명도는 낮아지고 적색도는 높아졌다. 황색도는 시료간 일정한 경향을 보이지는 않았다. 설탕첨가군의 경우 적색도와 황색도가 올리고당 첨가군과는 달리 유의적으로 감소하였는데, 이는 Choi 등(2014)이 보고한 설탕과 FOS, IMO를 각각 첨가하여 제조한 한라봉잼의 색도특성과 같은 결과였다. 가열 후 딸기잼의 적색도는 FOS첨가군이 21.32로 가장 높은 값을 보였고, 황색도는 올리고당 첨가군이 설탕첨가군보다 높았으며, 특히 FOS 첨가군이 18.62로 유의적으로 가장 높았다. 이는 첨가한 FOS가 가열 중 일부 분해되면서 카라멜화 반응에 관여한 것으로 생각되며 Kim과 Chun (2000)

의 프락토올리고당의 설탕 대체량이 증가할수록 적색도가 증가하였다는 연구결과와 같은 경향을 보였다.

연근조림의 경우, 명도는 조리 전 47.67-52.05, 조리 후 49.25-51.56으로 조리 전후에 따른 유의적인 색의 변화는 나타나지 않았다. 적색도는 조리 전에 4.53-6.08, 조리 후에 5.58-6.80의 범위로 조리 전에 비해 조리 후 FOS 첨가시료에서만 유의적 증가가 관찰되었으며, 황색도의 경우 조리 전 19.79-23.53, 조리 후 14.66-15.80의 범위로 나타나 모든 시료에서 조리 후 유의적 감소를 보였고, 첨가당에 따른 유의적 차이는 없었다. 멸치볶음의 경우, 명도나 적색도는 대조군과 IMO 첨가군에서 조리 후 유의적으로 증가하였으며, 황색도의 경우 올리고당 첨가군에서 유의적으로 감소하는 경향을 나타냈다.

감미료를 달리하여 제조한 시료의 조직감 특성

첨가당을 달리하여 제조한 시료의 조리 전후 조직감 측정결과는 Fig. 2에 나타내었다. 딸기잼의 경도는 조리 전 130.59-167.65 g/cm², 조리 후 67.29-212.63 g/cm²의 범위로 나타났다. 설탕을 첨가한 딸기잼이 조리 전후 가장 높은 값을 보였으며, 올리고당 종류에 따른 시료 간 유의적인 차이는 없었다. 올리고당 첨가시료는 조리 후 경도가 각각 67.29, 80.45 g/cm²로 감소하면서 설탕 첨가 시료군과 큰 차이를 나타내었는데, 이러한 차이는 올리고당이 함유하고 있는 수분과 올리고당의 수분 보유력에 의한 것으로 생각된다. 부착성의 경우 모든 시료에서 조리 후 증가되는 경향을 보였으며, 설탕을 첨가한 딸기잼의 조리 전후 부착성이 각각 94.5, 255.3으로 올리고당 첨가시료보다 유의적으로 높은 값을 나타내었다. 이러한 조직감의 차이는 첨가당의 수분함량 뿐 아니라 가열 후 수분의 증발 및 결정화 정도에 따른 수분 보유력 차이로 인해 설탕첨가 시료군이 올리고당 첨가시료 군보다 2 배 이상 높은 부착성을 갖는 것으로 생각된다.

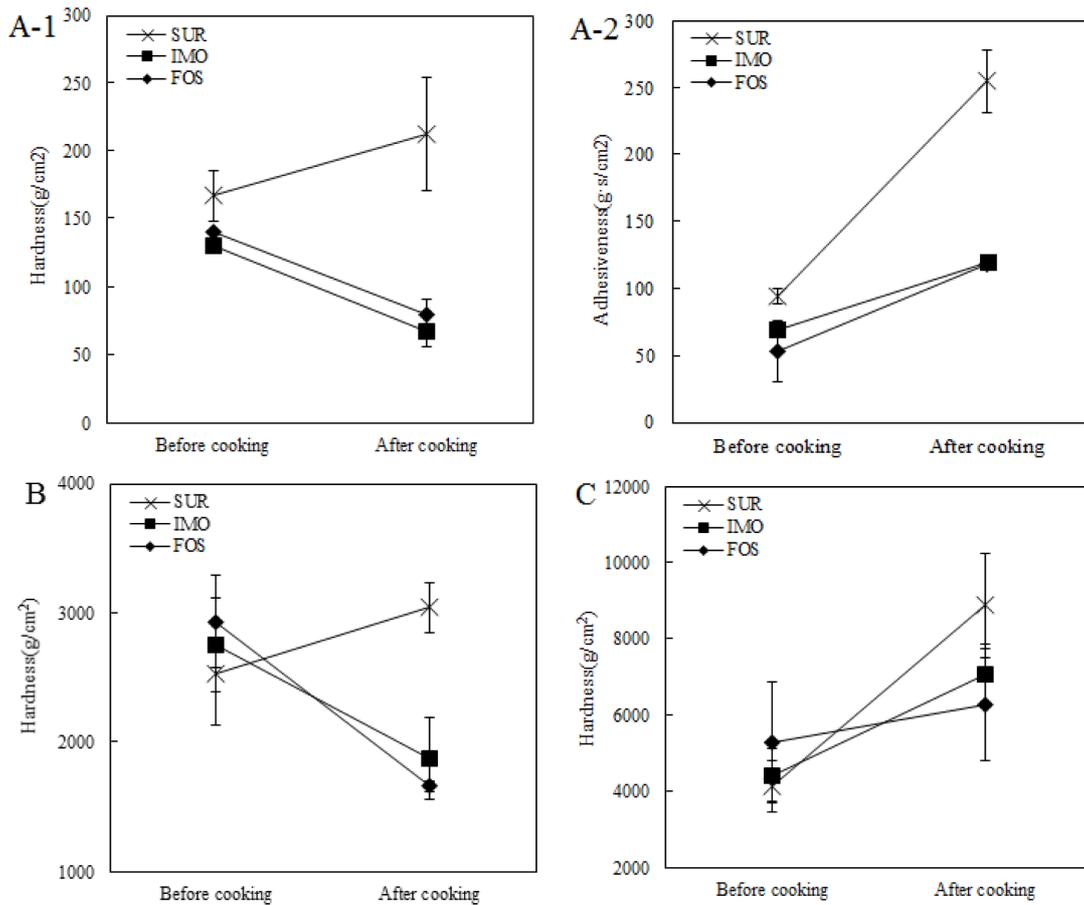


Fig. 2. Textural properties of samples containing different sweeteners before and after cooking. A-1: hardness of strawberry jam; A-2: adhesiveness of strawberry jam; B: hardness of braised lotus root; C: hardness of stir-fried anchovies. All values are mean±SD (n=3).

연근조림의 경우, 조리 전 경도가 2,531.7-2,936.4 g/cm², 조리 후 경도는 1,688.9-3,044.0 g/cm² 으로 나타나 조리 전에는 첨가 당에 따른 유의적인 차이를 보이지 않았지만, 조리 후에는 설탕 첨가시료의 경도가 올리고당 첨가시료와 비교해 유의적으로 높은 경도를 나타내었다. Chiang과 Luo(2007)는 연근의 조리온도 및 압력이 증가할수록 연근 자체의 펙틴질 감소로 인해 식이 섬유질 함량이 감소하여 연근의 경도가 낮아진다고 보고하였는데, 본 연구에서도 조리과정 중 연화현상으로 인하여 올리고당 첨가군의 경도가 낮아진 것으로 생각된다. 반면 설탕 첨가군의 경우 올리고당과 비교해 낮은 수분 보유력으로 인해 수분이 증발하여 설탕의 결정화가 진행됨에 따라 경도가 증가한 것으로 보여진다.

멸치볶음의 경우, 조리 전 경도는 4,139.10-5,299.43 g/cm²의 범위로 시료 간 유의적 차이를 보이지 않았다. 조리 후 경도는 6,285.10-8,896.12 g/cm²로, 설탕 첨가시료의 경도가 가장 높았고, 올리고당 종류에 따른 시료 간 유의적 차이는 없었다. Kim 등(2017)에 따르면 도라지 정과의 경도는 수분함량에 영향을 받으며, 서로 반비례 관계를 보인다고 보고한 바 있다. 즉, 설탕을 첨가해 제조한 도라지 정과의 수분함량이 가장 낮으며 경도는 가장 높았고, FOS와 IMO를 첨가해 제조한 시료의 수분함량은 설탕보다 높았고 경도는 낮았으나, 올리고당 종류에 따른 유의적인 차이는 없었다고 하여 본 연구결과와 유사한 결과를 보였다. Kim 등(1995)은 FOS와 IMO의 수분 보유력이 설탕보다 높으며, 특히 FOS의 수분 보유력이 IMO보다 높았다고 보고하였다. 본 실험에서 올리고당 첨가 멸치볶음의 수분함량이 설탕 첨가 멸치볶음과

비교하여 유의적인 차이는 없었으나, 설탕을 올리고당으로 대체함으로써 시료의 경도를 낮출 수 있기 때문에 올리고당의 체내에서의 유익성 이외에도 저작이 불편한 사람들을 위한 메뉴 개발 시에도 유용할 것으로 기대된다.

시료 내 프락토올리고당 함량 변화

시료의 조리 전후 FOS와 유리당의 함량 변화는 Fig. 3에 나타내었다. FOS를 첨가한 잼, 멸치볶음의 조리 전 FOS 함량은 각각 47.2, 48.9%였으며, 조리 후에는 20.5, 28.8%로 FOS의 함량이 절반가량 감소하였다. 연근조림의 경우는 FOS함량의 변화가 거의 없었다. 조리 후 FOS를 첨가한 시료의 glucose, fructose, sucrose의 함량 변화는 FOS 잔존량과 반비례하는 경향을 보였다. 즉, FOS를 첨가해 제조한 딸기잼과 멸치볶음의 조리 전후 glucose와 fructose 함량의 합은 각각 34.4, 31.1%에서 48.6, 41.6%로 조리 후 유의적으로 증가하였으며, sucrose 함량 역시 각각 18.4, 20.1%에서 30.9, 29.7%로 조리 후 유의적으로 증가하는 결과를 나타냈다. Gourineni 등(2018)은 FOS는 산성 조건에서 불안정하다고 보고하였으며, Bae와 Yoo(2019)는 FOS를 첨가한 매실청의 환원당과 프락토올리고당 함량을 측정된 결과, 90일 이후 매실청의 FOS 잔존 함량은 2% 내외였고, FOS의 분해로 인해 환원당 함량이 증가하였다고 보고한 바 있다. 또한 Kim 등(1995)은 FOS는 내열성이 약해 100°C 이상의 고온에서 가열 시 94%가 분해된다고 보고하여 FOS의 열, 산에 의한 불안정성이 보고된 바 있다. 본 연구에서도 일반 가정에서 잼이나 볶음과 같은

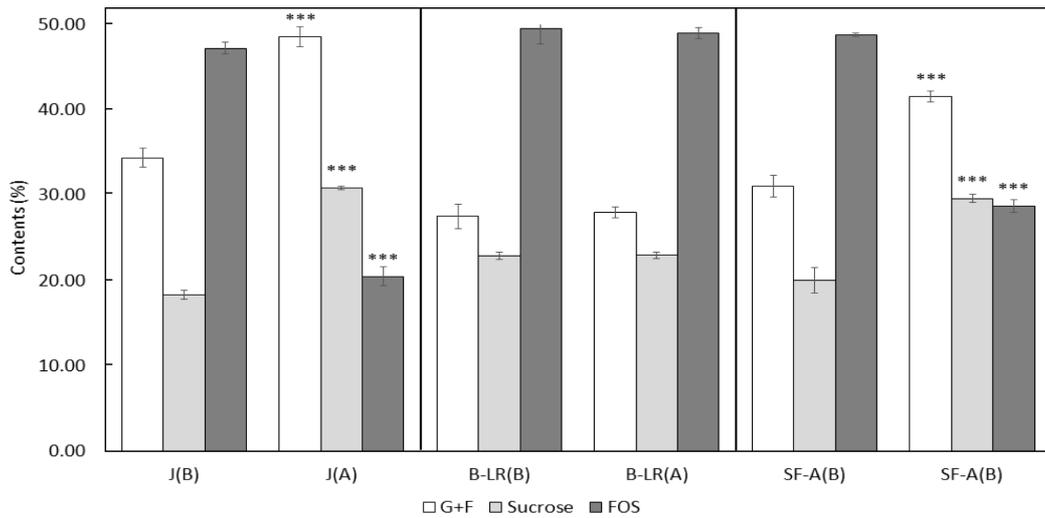


Fig. 3. Total sugar contents of each food added fructooligosaccharide. J: strawberry jam, B-LR: braised lotus root, SF-A: stir fried anchovies, (B): before cooking, (A): after cooking. All values are mean±SD (n=3). **p*<0.05. ***p*<0.01, ****p*<0.001.

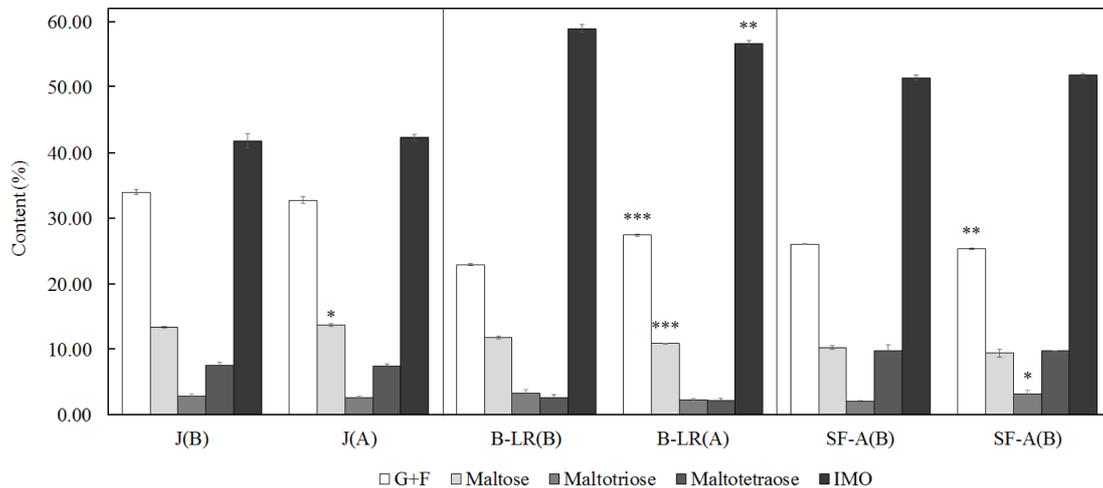


Fig. 4. Changes of sugar composition of each food containing Maltotriose. J: strawberry jam, B-LR: braised lotus root, SF-A: stir fried anchovies, (B): before cooking, (A): after cooking. G+F: sum of glucose and fructose content. IMO: isomaltooligosaccharide. All values are mean±SD (n=3). **p*<0.05. ***p*<0.01, ****p*<0.001.

조리법에 사용할 경우 FOS의 안정성이 매우 낮은 것으로 나타났다.

시료 내 이소말토올리고당 함량 변화

시료의 조리 전후 IMO와 유리당의 함량 변화는 Fig. 4에 나타내었다. 조리 전 시료의 IMO 함량은 41.9-59.0%의 범위였으며, 조리 후에는 42.4-56.8%로 대부분 잔존하여, 약 50%가 감소하였던 FOS와 다른 경향을 나타내었다. 단, 연근조림의 경우 조리 후 glucose와 fructose의 함량의 합과 maltose 함량이 각각 4.5, 0.9% 유의적으로 증가하였고 이에 상응하여 IMO 함량은 59.0%에서 56.8%로 유의적으로 감소함을 보였다. Han과 Koo (1993)는 연근 내의 sucrose, fructose, glucose를 포함하는 총유리당 함량이 56.1%로 죽순 및 우영과 비교해 월등히 높았으며, 그 중 56.7%가 sucrose라고 보고한 바 있다. 본 실험에서 연근조림의 유리당 함량이 증가한 것은 가열 과정 중 연근 자체의 유리당이 용출되어 나온 것으로 볼 수 있으며, 따라서 조리 후 연근조림의 IMO 함량이 감소한 것은 IMO의 분해라기보다는 용출된 당으로 인한 유

리당 함량의 증가에 따른 IMO의 상대적인 비율의 감소로도 볼 수 있을 것이다.

Kim 등(1995)은 IMO가 140°C의 고온에서 1시간 가열하여도 소량(5%)만이 분해되며 내열성이 우수하다고 보고하였다. IMO는 된장, 간장 등의 전통 발효식품에도 존재하며(Tungland와 Meyer, 2002), 식품 및 음료 가공에 있어서 높은 안정성을 나타내는데(Gourineni 등, 2018), 체내에서는 소장의 isomaltase와 대장의 미생물들에 의해 maltose보다 낮은 속도로 일부만 소화되는 slowly digestible oligosaccharides (SDO)이자 slowly fermentation prebiotics (SFP)로 알려져 있다(Sorndech 등, 2017). 반면, FOS는 내열 및 내산성이 없으며 안정하지 않은 RFP (rapidly fermentable prebiotic)로 분류된다(Gourineni 등, 2018). 따라서 잼, 볶음 및 조림류 같이 일반 가정에서 고온 가열조리에 사용할 경우 FOS보다 IMO를 사용하는 것이 올리고당이 기능성 섭취에 바람직할 것으로 제안하는 바이다.

요 약

설탕을 대체하여 프락토올리고당과 이소말토올리고당을 첨가당으로 딸기잼, 연근조림, 멸치볶음 세 시료를 일반 가정의 조리 조건에서 조리한 후, 첨가당의 종류에 따른 식품의 물리적 특성 및 조리식품에서 올리고당의 함량을 비교하였다. 수분함량은 올리고당 첨가시료가 설탕첨가 시료보다 유의적으로 높았으나 올리고당 종류에 따른 차이는 없었다. 색도는 딸기잼과 연근조림의 경우, 프락토올리고당 첨가시료에서 조리 후 적색도가 유의적으로 증가함을 보였다. 세 시료 모두 올리고당 첨가군이 설탕첨가 시료보다 낮은 경도를 보였는데, 이는 첨가당의 수분함량 뿐 아니라 가열 후 수분의 증발 및 결정화 정도에 따른 수분 보유력 차이에 기인한 것으로, 올리고당을 첨가하여 조리할 경우, 올리고당의 체 내에서의 유익한 효과 이외에도 저작이 불편한 사람들을 위한 메뉴 개발 시 유용할 것으로 기대된다. 조리 후 올리고당의 안정성을 비교했을 때 딸기잼과 멸치볶음에서 프락토올리고당의 함량은 조리 전에 비해 약 1/2로 감소하였으나 이소말토올리고당은 세 시료 모두 조리 전과 차이를 보이지 않아 안정성을 나타내었다. 이상의 결과로 잼, 볶음 및 조림류 같이 일반 가정에서 고온 가열조리 시에는 이소말토올리고당을 사용하는 것이 올리고당의 기능성 효과를 얻는 데에 바람직할 것이다.

References

- Bae MJ, Yoo SH. Changes in oligosaccharide content during the storage period of maesil cheong formulated with functional oligosaccharides. *Korean J. Food Sci. Technol.* 51: 169-175 (2019)
- Chiang PY, Luo YY. Effects of pressurized cooking on the relationship between the chemical compositions and texture changes of lotus root (*Nelumbo nucifera* Geartn). *Food Chem.* 105: 480-484 (2007)
- Choi SR, Park HJ, Jin HH. Quality characteristics of tangor jam including fructo oligosaccharide and isomalto oligosaccharide. *Korean J. Culin. Res.* 20: 223-234 (2014)
- Chung SJ, Kim JH, Lee JS, Lee DH, Yu CH. A suggestion to develop a nutrition policy on food and nutrition labelling and education systems for fast food and carbonated soft drinks in Korea. *Korean J. Nutr.* 37: 394-405 (2004)
- Fiordaliso M, Kok N, Desager JP, Goethals F, Deboysier D, Roberfroid M, Delzenne N. Dietary oligofructose lowers triglycerides, phospholipids and cholesterol in serum and very low density lipoproteins of rats. *Lipids*, 30: 163-167 (1995)
- Gourineni V, Stewart ML, Icoz D, Zimmer JP. Gastrointestinal tolerance and glycemic response of isomaltooligosaccharides in healthy adults. *Nutrients*. 10:301 (2018)
- Han SJ, Koo SJ. Study on the chemical composition in Bamboo shoot, Lotus root and Burdock. *Korean J. Soc. Food Sci.* 9: 82-87 (1993)
- Havel PJ. Dietary fructose: implications for dysregulation of energy homeostasis and lipid/carbohydrate metabolism. *Nutr. Rev.* 63: 133-157 (2005)
- Hidaka H, Eida T, Adachi T, Saitoh Y. Industrial production of fructooligosaccharides and its application for human and animals. *Nippon Nogeikagaku Kaishi*. 61: 915-923 (1987)
- Jo EH, Kim HA, Kim YS. Quality characteristics of JungKwa made with ginseng and the effects of different types of sweeteners. *Korean J. Culin. Res.* 21: 248-258 (2015)
- Jung KM, Choi MA, Park SI. Effect of oligosaccharides on quality characteristics and antioxidant activities of *Prunus persica* Batsch var. *dauidiana* Max. preserved in Sugar. *Culi. Sci. Hos. Res.* 23: 163-172 (2017)
- Kang KH, Kim KM, Choi SG. Effects of the fructooligosaccharide intake on human fecal microflora and fecal properties. *Korean J. Food Sci. Technol.* 28: 609-615 (1996)
- Kim EJ, Baek SY, Li FY, Choi HJ, Kim MR. Physicochemical characteristics and antioxidant activities of 'Etteum' doraji jungkwa substituted sucrose with oligosaccharides. *Korean J. Food Cook Sci.* 33: 625-635 (2017)
- Kim HK, Lee GH. Characteristics of sponge cake prepared with yacon concentrates as sugar substitute. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 45: 1453 - 1459 (2016)
- Kim JR, Yook C, Kwon HK, Hing SY, Park CK, Park KH. Physical and Physiological Properties of Isomaltooligosaccharides and Fructooligosaccharides. *Korean J. Food Sci. Technol.* 4: 170-175 (1995)
- Kim MY, Chun SS. The effects of fructooligosaccharide on the quality characteristics of strawberry jam. *Korean J. Soc. Food Sci.* 16: 530-537 (2000)
- Kweon HK, Yook C. Physicochemical properties of isomaltooligosaccharide and its application to food. *Bioind. News.* 7: 26-30 (1994)
- L'Homme C, Arbelot M, Puigserv A, Biagini A. Kinetics of hydrolysis of fructooligosaccharides in mineral-buffered aqueous solution: Influence of pH and temperature. *J. Agric. Food Chem.* 51: 224-248 (2003)
- Mattews R, Pehrsson P, Farhat-Sabet M. 48:1. In Home Economics Research Report. Hyattsville, MD. U.S Department of Agriculture (USDA). Washington, D.C. (1987).
- Modler HW. Bifidogenic factors-sources, metabolism and applications. *Int. Dairy J.* 4: 383-407 (1994)
- Rousseau V, Lepargneur JP, Roques C, Remaud-Simeon M, Paul F. Prebiotic effects of oligosaccharides on selected vaginal lactobacilli and pathogenic microorganisms. *Anaerobe*, 11: 145-153 (2005)
- Rural Development Administration. Food Nutrient Data Base Version 9.1. basehttp://koreanfood.rda.go.kr/kfi/fct/fctFoodSrch/list (accessed Aug 2019)
- Sorndech W, Sagnelli D, Blennow A, Tongta S. Combination of amylase and transferase catalysis to improve IMO compositions and productivity. *LWT-Food Sci. Technol.* 79: 479-486 (2017)
- Tunland BC, Meyer D. Nondigestible oligo- and polysaccharides (dietary fiber): Their physiology and role in human health and food. *Compr. Rev. Food Sci. Food Safety.* 1: 90-109 (2002)
- Yun JW, Ro TW, Kang SC. Stability of oligosaccharides during fermentation of Kimchi. *Korean J. Food. Sci. Technol.* 28: 203-206 (1996)