

프락토올리고당이 숙성 중인 김치의 산도와 맛에 미치는 영향

인만진* · 채희정**

The Effects of Fructooligosaccharide on the Acidity and Taste during Kimchi Fermentation

Man-Jin In* and Hee Jeong Chae**

요 약 프락토올리고당(fructooligosaccharide, FOS)의 첨가가 숙성 중인 김치의 산도와 맛에 미치는 영향을 검토하였다. FOS를 첨가한 경우 설탕을 첨가한 경우에 비하여 숙성 중의 김치의 pH와 산도 변화에 큰 영향을 주지 않았다. 또한 FOS가 1%의 농도로 첨가된 김치는 신맛이 덜하고 전체적인 맛도 우수한 것으로 나타났으며 이취의 발생도 억제되었다.

Abstract The effects of fructooligosaccharide addition on acidity and taste of kimchi were examined. Compared to sucrose-added kimchi, FOS-added kimchi did not show significant effects on pH and acidity changes during storage. Additionally, FOS (1%)-added kimchi provided less sour taste, better overall sensory acceptance and less off-flavor.

Key Words : fructooligosaccharide, kimchi, acidity, taste

1. 서 론

삼국시대 이래 제조되기 시작한 것으로 추정되는 김치는 18세기 말엽부터 오늘날과 유사한 형태로 제조되기 시작하였다. 김치는 젖산 발효 식품으로서 신맛, 짠맛, 매운맛, 탄산미 등이 조화된 맛을 지니고 있다. 김치는 한국인에게 있어서 주요한 부식으로서 전통적으로 자가공급하였으나, 수요층의 다변화 및 국제화로 인하여 공장에서 대량으로 생산되어 유통되고 있다. 그러나 김치의 숙성과정에서 젖산균과 효모 등 수십 종의 미생물이 관여하여 혼합발효가 진행되므로 유통 중의 김치의 열악한 저장성이 산업화의 중요한 문제점이 되었다. 김치의 저장성을 향상시키기 위한 연구로는 방부제 및 약제 처리, 구연산과 같은 pH 조정제 이용, 발효당의 제거, 저온 살균, pectic acid 분해효소의 불활성화, 미생물 정균 효과가 있는 천연물의 첨가, 냉장 및 냉동 처리, 방사선 처리 등의 물리화학적 처리 방법[1-6]과 특정 starter 첨가에 의한 미생물적인 접근 방법[7] 등이 있다. 그러나 지금까지의 연구결과 어느 정도 효과를 보이고 있으나, 현재까지도 냉장저장방법 이외에 실용화된 방법은 많지 않다.

김치의 숙성에 관여하는 주요 젖산균은 *Streptococcus faecalis*, *Leuconostoc mesenteroids*, *Pediococcus cerevisae*, *Lactobacillus brevis*, *L. plantarum* 등이 있으며 발효 초기 CO₂와 젖산을 생성하여 김치 발효액을 산성화 및 혐기성 화시킨다. 김치의 발효과정에서 효모균들은 발효 후기에 김치를 숙성시키고 Alcohol을 생성하며 산과 결합하여 ester를 생성하여 특유의 향미를 증가시킨다. 김치 발효 말기에는 산막 효모가 성장하여 polygalacturonase를 분비, 김치 조직의 연부 작용을 일으키고, 호기성 세균을 증식시켜 이취를 내므로 먹을 수 없게 된다[8].

야채류의 발효는 원료에 있는 발효성 탄수화물의 농도 및 화학적, 물리적 환경에 영향을 받는다. 1차 발효 시 불완전 발효는 yeast 등에 의한 2차 발효가 쉽게 일어나게 한다. 설탕을 기질로 하여 자라는 미생물에 의해 주로 포도당이 α -D(1 \rightarrow 6)결합으로 된 골격구조(backbone)를 갖는 다당류인 텍스트란(dextran)이 생성된다. 텍스트란은 가지치기(branching) 정도와 사슬 길이만 다를 뿐 전적으로 α -D-glucopyranosyl 단위로 이루어진 고무질 물질이다. Dextran sucrose를 체외로 분비하여 설탕을 텍스트란으로 전환시키는, 김치 발효의 초기 미생물로 주요한 젖산균인 *Leuconostoc mesenteroides*와 *L. dextranicum*이 텍스트란의 상업적 생산에 이용된다. 따라서 설탕을 감미원으로 첨가하는 경우 정상적인 젖산 발효가 아닌 텍스트란이 생성될 수 있으며, 김치를

*청운대학교 식품영양학과,

**호서대학교 식품생물공학전공 및 벤처전문대학원

담글 때 설탕의 양이 많을수록, 오래 버무릴수록 텍스처란이 많이 생성될 수 있다.

프락토올리고당(fructooligosaccharides, FOS)은 포도당 한 분자에 과당이 2~4개 결합되어 설탕의 과당 잔기에 과당이 β-(2→1)-glycosidic 결합으로 결합된 올리고당이다. 천연계에 널리 분포하여 바나나, 벌꿀, 양파, 우엉, 아스파라거스, 밀, 호밀, 마늘, 토마토 등에 분포하나 소량씩 존재한다. 자연적으로 섭취하는 양은 13.7 mg/kg-체중/day(성인평균 806 mg/day)이라고 한다. FOS는 비소화성 당류로 섭취시 사람의 소화 효소로 분해되지 않고 대장에 이르러 장내 유익균인 비피더스균과 젖산균에 선택적으로 이용되어 유기산 생성, 유해부패물질의 발생 억제, 비타민류 합성, 항돌연변이 작용 등과 같은 생리활성이 있는 기능성 감미료이다[9]. 점도, 수분활성, 내열성 등의 물리적 가공 특성도 설탕과 유사하므로, 설탕을 대체하여 사용하는데 불편함이 적은 기능성 첨가물이다[10].

본 연구는 김치의 저장성을 향상하고 기능성이 강화된 김치를 개발하기 위한 연구의 일환으로 먼저 향미 증진제인 monosodium glutamate(MSG)와 기능성 당류인 FOS를 첨가한 후 pH와 총산도의 변화를 측정하여 김치의 숙성과정을 간접적으로 모니터링하였다. 동시에 이들의 첨가가 김치 숙성 과정에서 관능적인 특성에 미치는 영향을 검토하였다.

2. 재료 및 방법

2.1 재료

본 연구에 사용한 김치는 부림식품(서울, 한국)에서 다음과 같은 통상적인 방법으로 제조하였다. 배추를 잘 다듬어 깨끗이 씻은 후 4등분하여 절임수에 잠기도록 절임통에 넣었다. 절임수로 10%의 소금물에 15시간 절인 다음 흐르는 물로 2회 세척 후 1시간 탈수시켰다. 김치 제조 시 부재료는 절임 배추 1,000 g당 파, 고춧가루, 마늘을 각각 50, 30, 25 g씩 각각 첨가하여 혼합하였다. MSG와 FOS는 대성㈜(서울, 한국)에서 생산한 것을 구입하여 이용하였다.

2.2 부재료 배합 및 숙성

김치에 부재료를 첨가한 실험조건은 설탕과 MSG를 첨가한 대조구(SUC+MSG), 설탕 대신 FOS를 사용한 군(FOS+MSG), 설탕만 넣은 군(SUC), FOS만 넣은 군(FOS)으로 구분하였다. 본 연구에서 부재료로 설탕, FOS, MSG는 각각 1%, 1.6%, 0.1%의 중량비로 혼합하여 배합하였고 이를 여러 개의 플라스틱 용기에 분주한 후 즉시 5°C에서 저장·숙성시켰다.

2.3 분석

김치를 Waring blender(New Hartford, USA)로 마쇄한 후 거즈로 여과하여 얻은 여과액의 pH, 총산도와 당 함량을 측정하였다. pH는 pH meter(Orion 420A, Orion Research Inc., USA)로 측정하였고, 총산도는 여과액 중 10 ml를 취하여 자동적정기(VIT 910, RADIOMETER, Copenhagen, Denmark)를 사용하여 적정에 소모된 0.1 N NaOH의 부피(ml)를 기준으로 다음과 같이 젖산 함량(%)으로 환산하였다[11].

젖산함량(%)

$$= \frac{0.1 \times 9 \times 0.1N \text{ NaOH factor} \times \text{소요된 NaOH (ml)}}{\text{sample weight (g)}} \times 100$$

당 함량은 여과액을 적당히 희석하고 0.45 μm membrane filter로 여과하여 normal phase partition column(Econosphere NH₂, Alltech, USA)이 장착된 HPLC(Waters Co, USA)에서 이동상으로 acetonitrile : water = 75 : 25(v:v)를 이용하고 45°C에서 differential refractometer 검출기를 사용하여 분석하였다.

관능검사는 10명의 패널에 의하여 일정 기간에 따라 시료를 하나씩 꺼내어 신맛과 전체적인 맛을 5점 척도 법으로 평가하였다. 즉, 신맛이 강할수록, 전체적인 맛이 좋을수록 높은 점수로 하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1 숙성 중 pH와 산도의 변화

설탕, FOS 및 MSG의 첨가가 김치 저장 및 발효 숙성 과정에서의 pH의 경시적인 변화에 미치는 영향을 조사하였다(Fig. 1A). 김치의 pH는 모든 실험구에서 숙성 15~20일만에 pH 4.2 부근까지 하락하였다. 전체적인 실험기간(120일) 동안 MSG를 첨가한 군이 첨가하지 않은 군보다 pH가 높은 경향을 보였다. 이는 MSG의 pH 완충작용에 기인하는 것으로 사료된다. 또한 설탕과 FOS 사용군을 비교하면 pH는 FOS를 사용한 군이 숙성 초기부터 25일경까지는 약간 높은 경향을 보였으나, 저장기간이 길어질수록 FOS를 첨가한 김치의 pH가 다소 낮아졌다. 그러나 유의적인 차이를 보이지 않았다. 약 50일 경과 후 설탕을 첨가한 김치의 pH는 4.03, FOS를 첨가한 경우는 3.98이었으며 이러한 경향은 저장 120일까지 지속되었다. 김치 숙성의 초기에는 FOS가 설탕보다 미생물의 생육을 촉진하지는 않는 것으로 사료된다. 올리고당류를 김치에 첨가하고 4°C에서

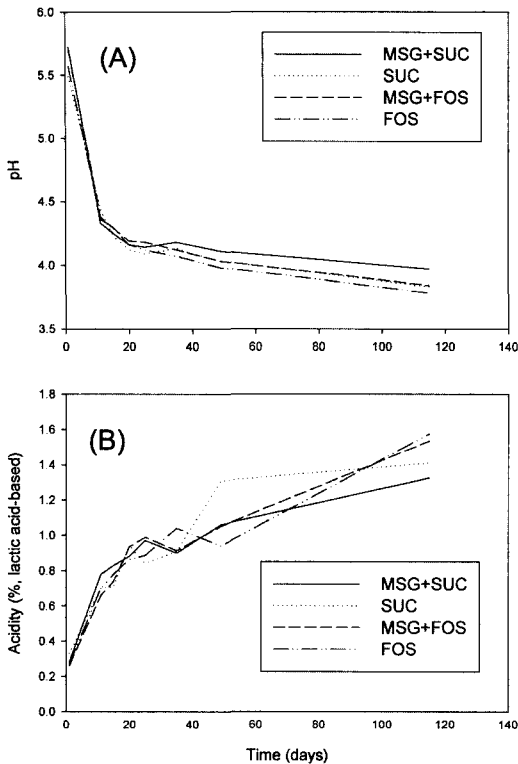


Fig. 1. The change in pH (A) and titratable acidity (B) during kimchi fermentation.

21일까지 숙성시킨 경우 올리고당류의 함량에 큰 변화가 없었다는 보고[12]는 김치 숙성 초기에 관여하는 미생물(주로 *Leuconostoc mesenteroides*)이 올리고당을 이용하지 못함을 의미한다. FOS를 첨가한 김치에서 설탕을 첨가한 경우보다 숙성 초기에 미생물의 증식이 낮아져 pH 저하 정도가 완만한 것으로 판단된다. FOS가 김치 숙성 중 pH 저하를 지연시키는 결과는 FOS의 첨가량이 작은 경우[13]에도 동일한 경향이었다. FOS를 첨가한 배지에서 24시간 배양한 결과 *Leuconostoc mesenteroides* 배양액보다 *Lactobacillus plantarum* 배양액에서 pH 감소가 크다는 보고[14]는 *Leuconostoc mesenteroides*보다는 *Lactobacillus plantarum*이 FOS를 효율적으로 이용함을 의미한다. 김치의 숙성과정에서 산도의 변화(Fig. 1B)는 pH의 변화와 동일한 경향이었다.

3.2 숙성 중 당 함량의 변화

김치의 숙성과정에서 당 함량의 변화를 초기 농도를 기준으로 상대적인 값으로 나타내었다(Fig. 2). 숙성 초기에는 설탕을 첨가한 김치에서의 당 함량 감소가 FOS 첨가 김치에서의 감소 속도보다 빠른 경향을 보였다.

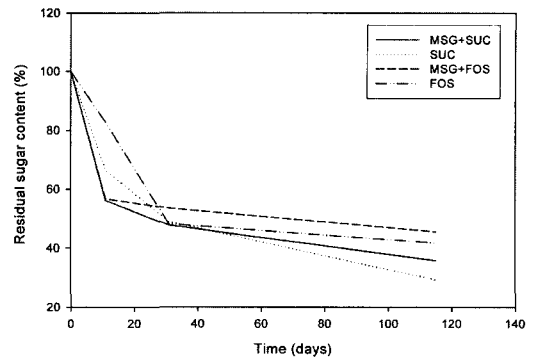


Fig. 2. The change in residual sugar content during kimchi fermentation.

숙성 11일째 FOS 첨가군은 56~82%, 설탕 첨가군은 56~66%의 잔존율을 보였으며, MSG를 첨가한 경우 당의 잔존률이 MSG를 사용하지 않은 경우보다 낮았다. 김치가 숙성됨에 따라 당이 유기산으로 전환되어 pH가 낮아지므로 FOS를 사용하는 경우 당의 잔존율이 높은 것은 pH 측정에서의 결과와 일치하는 것이다. 일반적으로 김치 발효에 관여하는 미생물이 김치 주재료와 부재료에서 유리되어 나오는 설탕, 포도당, 과당, mannose 등과 같은 발효성 당류들을 먼저 이용하므로 숙성초기에 FOS의 잔존률이 높은 것으로 생각되며, 이러한 결과는 김치에서 올리고당의 안정성을 연구한 기존의 보고[12]와 매우 유사한 결과이다. MSG를 첨가한 경우 초기에 당 함량의 감소 폭이 큰 것은 MSG가 어느 정도 김치 발효 초기 미생물의 생육에 기여했기 때문일 것으로 판단된다. 김치 발효 미생물들이 쉽게 이용할 수 없는 솔비톨, 자일리톨 등을 김치에 첨가하면 김치의 발효가 지연되어 김치의 가식기간이 연장되었다는 보고[15, 16]를 참고하면 FOS도 이와 유사한 효과를 갖는 것으로 사료된다.

3.3 숙성 중 관능적 특성의 변화

관능 검사는 패널을 대상으로 매 검사마다 하나의 실험군을 기준으로 비교 평가를 실시하였다. 숙성기간 25일까지 관능적 특성을 조사한 결과(Table 1), 김치의 관능에서 가식기간과 관련이 깊은 신맛은 MSG와 FOS의 동시 첨가군이 가장 시고 FOS만 첨가한 군이 가장 덜 신 것으로 나타났다. 전체적인 맛은 FOS만 첨가한 군이 설탕만 첨가한 군보다 높은 경향을 보였다. 그밖에, MSG 첨가시에는 초기에는 감칠맛의 차이가 많이 지적되었으나 김치가 숙성되면서 그 차이는 거의 느끼지 못하는 것으로 나타났다. 또한 설탕 첨가군은 FOS 첨가군에 비하여 숙성 초기부터 이취가 감지되어 숙성 말기

Table 1. Effect of fructooligosaccharide (FOS) and monosodium glutamate(MSG) on sensory quality of *kimchi* during fermentation at 5°C.

		Fermentation day				
		3	11	15	20	25
Sour taste	MSG+SUC	0.95	2.47	2.25	2.74	2.82
	SUC	0.86	0.13	2.86	3.44	3.18
	MSG+FOS	0.86	2.2	2.77	2.89	3.22
	FOS	0.95	2.29	2.32	3.12	3.23
Overall taste	MSG+SUC	2.39	2.55	2.93	2.60	2.37
	SUC	2.50	2.53	2.44	2.73	2.49
	MSG+FOS	2.61	1.89	2.58	3.00	2.67
	FOS	2.31	2.60	2.48	2.94	2.70

까지 계속되었는데 이는 FOS 첨가 김치에서보다 비정상적인 발효가 진행됨을 간접적으로 나타내는 것이다. 총 120일 저장 후 설탕을 첨가한 김치는 산패가 진행되어 표면에 산막 효모가 왕성하게 자라나고 조직 연부 현상이 확연하게 나타났다. 그러나 FOS를 첨가한 김치는 육안으로 산막 효모의 생장은 관찰되지 않았고 조직의 연부 현상도 거의 없었다(데이터 제시는 생략함).

이상의 결과로부터 김치 제조시 FOS의 사용은 숙성 초기에 설탕보다 pH 감소를 저해하여 가식기간 연장에 효과가 있으며, 동시에 관능적으로 이취 발생을 억제하는데 효과가 있음을 알 수 있었다. 또한 숙성기간 중 상당량의 FOS가 김치 중에 잔류하므로 김치의 여러 가지 생리활성에 FOS의 기능성을 추가하는 부수적인 효과도 기대된다.

참고문헌

- [1] M. H. Kim, S. W. Oh, S. P. Hong and S. K. Yoon, "Antimicrobial characteristics of chitosan and chitosan oligosaccharides on the microorganism related to *Kimchi*", *Korean J. Food Sci. Technol.*, vol. 30, pp. 1439-1447, 1998.
- [2] K. O. Kang, K. H. Ku, H. J. Lee and W. J. Kim, "Effect of enzyme and inorganic salts addition and heat treatment on *Kimchi* fermentation", *Korean J. Food Sci. Technol.*, vol. 23, pp. 183-187, 1991.
- [3] B. S. Cha, W. J. Byun, M. W. Kim, J. H. Kwon and H. O. Cho, "Evaluation of gamma irradiation for extending the shelf life of *Kimchi*", *Korean J. Food Sci. Technol.*, vol. 21, pp.109-119, 1989.
- [4] S. D. Kim, "Effect of pH adjuster on the fermentation of *Kimchi*", *J. Korean Soc. Food Nutr.*, vol. 14, pp. 259-264, 1985.
- [5] D. G. Kim, B. K. Kim and M. H. Kim, "Effect of reducing sugar content in Chinese cabbage on *Kimchi* fermentation", *J. Korean Soc. Food Nutr.*, vol. 23, pp. 73-77, 1994.
- [6] Y. A. Oh, S. D. Kim and K. H. Kim, "Effect of addition of water extract of pine needle on tissue of *Kimchi*", *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.*, vol. 27, pp. 461-470, 1998.
- [7] J. K. Lee, H. S. Lee, Y. C. Kim, H. K. Joo, S. K. Lee and S. M. Kang, "Effects of addition of adipic acid-resistant strains on extending shelf-life of *Kimchi*", *Korean J. Food Sci. Technol.*, vol. 32, pp. 424-430, 2000.
- [8] C. W. Lee, C. Y. Ko and D. M. Ha, "Microfloral changes of the lactic acid bacteria during *Kimchi* fermentation and identification of the isolates", *Korean J. Appl. Microbiol. Biotechnol.*, vol. 20, pp. 102-109, 1992.
- [9] H. Hidaka, T. Eida, T. Takizawa, T. Tokunaga and Y. Tashihiro, "Effects of fructooligosaccharides on intestinal flora and human health", *Bifidobacteria Microflora*, vol. 5, pp. 37-40, 1986.
- [10] J. R. Kim, C. Yook, H. K. Kwon, S. Y. Hong, C. K. Park and K. H. Park, "Physical and physiological properties of isomaltooligosaccharides and fructooligosaccharides", *Korean J. Food Sci. Technol.*, vol. 27, pp. 170-175, 1995.
- [11] W. P. Park and Z. U. Kim, "The effect of spices on *Kimchi* fermentation", *J. Korean Agric. Chem. Soc.*, vol. 34, pp. 235-241, 1991.

- [12] J. W. Yun, T. W. Ro and S. C. Kang, "Stability of oligosaccharides during fermentation of *Kimchi*", *Korean J. Food Sci. Technol.*, vol. 28, pp. 203-20, 1996.
- [13] M. K. Park, M.-J. In and Y. C. Jung, "Effect of fructooligosaccharide and chlorella powder on *Kimchi* fermentation", *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.*, vol. 31, pp. 760-764, 2002.
- [14] C. H. Lee, M. Souane, H. D. Lee and S. Y. Kim, "Studies on the functional properties of sugar derivative sweeteners", *Korean J. Dietary Culture*, vol. 5, pp. 431-43, 1990.
- [15] K. H. Ku, J. S. Cho, W. S. Park and Y. J. Nam, "Effects of sorbitol and sugar sources on the fermentation and sensory properties of *baechu Kimchi*", *Korean J. Food Sci. Technol.*, vol. 31, pp. 794-801, 1999.
- [16] D. K. Kim, S. Y. Kim, J. K. Lee and B. S. No, "Effect of xylose and xylitol on the organic acid fermentation of *Kimchi*", *Korean J. Food Sci. Technol.*, vol. 32, pp. 889-895, 2000.