

## 김치발효중 올리고당류의 안정성

윤종원 · 노태욱\* · 강선철  
대구대학교 생물공학과, \*(주) 아진종합식품

### Stability of Oligosaccharides during Fermentation of *Kimchi*

Jong Won Yun, Tae Wook Ro\* and Sun Chul Kang

Department of Biotechnology, Taegu University

\*Ajin General Food Co., Ltd.

#### Abstract

Three major oligosaccharides, which are commercially available, including fructo-, soybean- and isomalto-oligosaccharides were added during the preparation of *kimchi* to find possibilities of improving storage stability and enriching bifidus-stimulating agents. At a refrigerated temperature, all oligosaccharides tested were very stable over three weeks; however, at higher temperatures (e.g., 25 and 37°C), oligosaccharides added were degraded by microorganisms during the fermentation period. Among the three oligosaccharides examined, isomalto-oligosaccharides showed the highest stability; i.e., around 70% of the initial amounts were maintained even at 37°C, suggesting that isomalto-oligosaccharides can be recommended as an effective ingredient in *kimchi* preparation because they have various beneficial functionalities.

Key words: ingredient, *kimchi*, oligosaccharides

#### 서 론

우리나라 사람들이 가장 오랫동안 이용해 온 발효 식품 중의 하나인 김치는 대표적인 부식으로서 뿐만 아니라, 섭취 후 많은 종류의 유산균들에 의해 장내 유용세균의 증식을 도와주는 건강식품으로 평가될 수 있다. 최근 비피더스균을 포함한 장내 유용세균들을 증식시켜 줄 수 있는 당류가 많이 개발되어 있는데, 설탕으로부터 전이효소반응에 의해 생산되는 프락토 올리고당, 전분에 여러종류의 가수분해효소들을 작용시켜 생산하는 이소말토올리고당, 대두로부터 추출된 대두올리고당 등이 대표적이다<sup>(1-7)</sup>. 그러나 이들 올리고당류들이 갖고있는 *Bifidus* 활성인자, 충치 및 당뇨 예방 등의 여러가지 유용성에도 불구하고 이들 제품의 다양한 용도개발이 뒤따라지 못하고 있다.

이들 당류들을 여러가지 식품에 첨가하여 그 식품이 갖고 있는 고유의 성질을 유지하면서 비피더스균의 활성을 증가시키는 등의 기능성을 발휘하게 하려는 건강 식품의 제조에 관해 관심이 증가되어 왔다. 김치에 이

들 유용한 당류를 설탕 대신 첨가하여 기존의 부식의 개념에 머물러 있던 김치에 새로운 기능성을 부여함으로써 건강식품으로서의 김치가 가능할 것이다.

본 연구의 목적은 사람의 장내에서 건강을 유지시켜 주는 유용세균인 비피더스균을 증식시켜 줄 수 있는 김치를 제조하는 것인데, 통상 사람의 장내에는 비피더스균이 유아의 경우는 풍부하지만 성인이 되면서 점차 줄어들게 된다<sup>(8)</sup>. 따라서 건강한 장을 유지시키기 위해서는 외부에서 비피더스균을 공급해 주거나 이를 증식시켜 줄 수 있는 물질을 많이 섭취해야 하는데, 비피더스균은 혐기성 세균이므로 외부에서 균을 보충해 주는 방법보다는 증식물질을 섭취하는 것이 보다 효과적이다. 이러한 목적을 달성하기 위해서 가장 중요한 점은 이들 증식물질들이 식품 중에서 미생물에 의해 분해되지 않아야 되고, 소장에서 소화효소에 의해 분해되지 않고 대장에 직접 전달되어야 비피더스균의 증식에 도움을 줄 수 있는 것이다.

본 연구에서는 이들 올리고당류의 용도개발의 일환으로, 대표적인 올리고당류인 프락토올리고당, 대두올리고당, 이소말토올리고당 등의 세 종류를 배추 및 무우김치 제조시에 김치중량비로 2.5-5%를 첨가하여 첨가된 올리고당이 김치의 발효기간 중 분해되지 않고

Corresponding author: Jong Won Yun, Department of Biotechnology, Taegu University, Kyungsan City, Kyungbuk 713-714, Korea

Bifidus 활성인자로서의 기능을 수행할 수 있는지를 평가하고자 하였다.

## 재료 및 방법

### 올리고당 첨가 김치의 제조

잘 정선된 배추(불암3호) 및 무우(태백무) 각각 380 g을 적당한 크기로 절단하여 넣고 20%(w/v) 염도를 5.6%로 조절하여 10-15시간 정도 침지시킨 후 수세과정을 거친 뒤 탈수시켰다. 마늘 8 g, 생강 2 g, 깻갈류 6 g, 고춧가루 15g 등을 포함한 부재료들을 첨가하는 시점에서 김치의 중량비 기준으로 프락토올리고당(제일제당) 2.5%, 이소말토올리고당(두산종합식품) 2.5%, 대두올리고당(일본 칼피스식품) 5%를 각각 첨가하여 김치를 제조한 후 유리병에 넣어 밀봉하였다. Table 1에 사용한 올리고당의 제품조성을 나타내었다.

### 김치발효

제조된 김치를 밀봉된 84개(각 올리고당 첨가군에 대해 배추김치 및 무우김치 각각 42개)의 유리용기 중에 각각 380 g씩 넣고 4, 10, 25, 37°C에서 각각 3주간 저장 또는 발효시켰다. 일정시간이 경과한 후, 김치용액 중의 잔류당류를 HPLC로 분석하였다. 첨가된 프락토올리고당에 의해 김치의 저장성이 연장되는가를 평가하기 위하여 발효기간 중 김치용액의 pH를 측정(Mettler Delta320, 영국)하였다.

### 분석방법

김치중에 존재하는 당류의 분석은 Aminex HPX-42C (300 mm×7.8 mm, Bio-rad, 미국) 컬럼이 장착된 HPLC (Varian, 미국)를 사용하였고, 검출기는 RI-4 refractive index detector, 이동상으로 초순수를 0.6 ml/min 유속으로 통과시켰고, 컬럼온도는 85°C로 일정하게 유지해 주었다<sup>(9)</sup>. 김치의 부재료로 사용된 각종 향신료들에 의해 올리고당 성분의 검출이 다소 방해받는 현상이 나타나게 되는데, 프락토올리고당의 경우 1-kestose, 대두올리고당의 경우 stachyose, 이소말토올리고당의 경우 panose는 이러한 영향을 받지 않으므로, 올리고당류들의 안정성은 이들 당들의 잔류량을 분석하여 상대농도로서 평가하였다.

## 결과 및 고찰

### 김치발효중 프락토올리고당의 안정성

제조된 배추김치 및 무우김치를 각각 4, 25, 35°C에

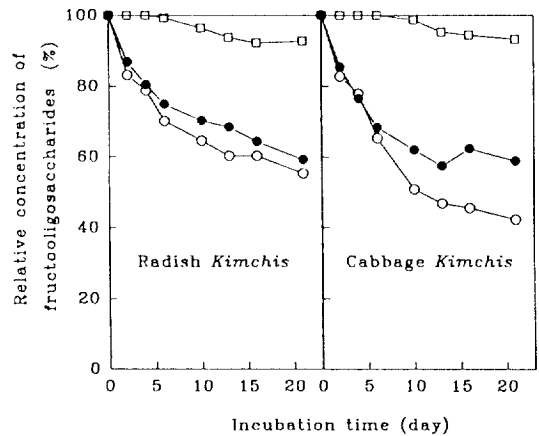


Fig. 1. Stability of fructooligosaccharides during the fermentation of kimchi □; 4°C, ●; 25°C, ○; 37°C

서 21일간 저장하면서, 2, 4, 6, 10, 13, 16, 21일 마다 김치중의 1-kestose의 양을 HPLC로 정량한 후 초기농도에 대한 농도변화를 상대농도로 환산하여 Fig. 1에 나타내었다. 4°C에서는 무우김치 및 배추김치 모두 21일동안 초기 첨가농도를 거의 유지하였으나, 25°C에서는 발효가 진행되면서 서서히 감소하기 시작하여 김치종류에 관계없이 발효종료후 초기농도의 약 60%가 잔존하였고, 35°C에서는 무우김치의 경우 55.2%, 배추김치의 경우 42.3%가 잔존하였다. 25°C에서 37°C사이의 온도범위는 김치의 발효속도가 매우 활발한 조건인데, *Leuconostoc mesenteroids*, *Lactobacillus brevis* 등의 김치발효에 관여하는 주요 미생물들이 김치재료 중에서 유리되어 나오는 포도당, 과당, mannose 등의 당류들을 모두 이용한 후부터 프락토올리고당을 분해하여 이용한다고 볼 수 있다. 그러나 통상 김치의 유효 저장기간이 상온에서 3주 정도인 점을 생각해 볼 때, 이 기간 중에 프락토올리고당의 안정성은 대체로 만족할 만한 수준으로 평가할 수도 있다. 따라서 김치 중에 프락토올리고당을 첨가함으로써, 지금까지 김치가 갖고 있던 부식(副食)의 개념에서 기능성 식품으로서의 전환은 가능할 것으로 판단된다.

### 김치발효중 대두올리고당의 안정성

대두올리고당을 김치중량비로 5% 첨가한 것을 제외하고, 전술한 방법과 동일하게 제조된 배추김치 및 무우김치에 각각 4, 25, 35°C에서 21일간 저장하면서 첨가된 올리고당의 안전성을 평가하였다. 실험에서 사용된 대두올리고당의 제품구성은 대두올리고당의 주성분인 stachyose와 raffinose가 35% 정도로서(Table 1), 다른 제품에 비해 올리고당의 함량이 다소 낮은 단점

이 있다. 본 연구에서는 stachyose의 잔류농도를 HPLC로 정량한 후 초기농도에 대한 농도변화를 상대 농도로 환산하여 Fig. 2에 나타내었다. 프락토올리고당의 경우와 마찬가지로 4°C에서는 무우김치 및 배추김치 모두 21일 동안 초기 첨가농도를 거의 유지하였으나, 25°C 이상의 고온에서는 발효가 진행되면서 미생물에 의해 분해되어 급격히 감소하기 시작하여 발효종료후 거의 잔류량이 검출되지 않았다. 일반적으로 대두올리고당은 다른 올리고당류에 비해서 pH 안정성이 우수하다고 알려져 있기도 하지만, 본 연구 결과에서처럼 김치발효에 관여하는 미생물군 중에서 특히 낮은 pH조건에서 활성이 강한 미생물군에 의해 대두올리고당이 선택적으로 잘 이용되는 것을 나타낸다. 따라서,

**Table 1. Composition of oligosaccharides used in this work**

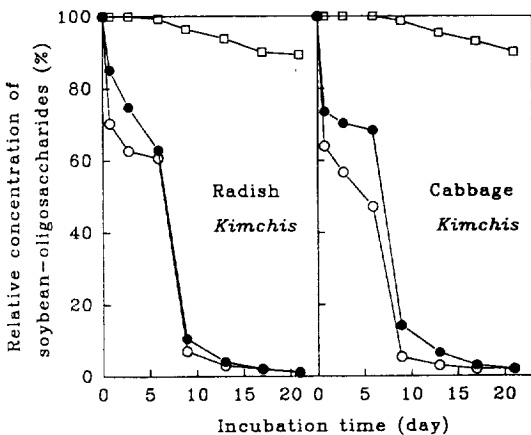
Oligosaccharides	Composition <sup>1)</sup>
Fructo-oligosaccharides	Glucose 31.3%, Sucrose 11.3%, 1-Kestose (DP3) 26.8%, Nystose (DP4) 24.6%, 1 <sup>F</sup> -Fructofuranosyl nystose (DP5) 6.0%
Soybean-oligosaccharides	Glucose and Fructose 32%, Sucrose 35%, Stachyose (DP3) 24.75%, Raffinose (DP4) 8.25%
Isomalto-oligosaccharides	Glucose 23.5%, Maltose 16.3%, Isomaltose 5.2%, Panose (DP3) 23.7%, Isomaltotriose (DP3) 4.3%, Isomaltotetraose (DP4) 8.4%, Other oligosaccharides (DP>4) 18.6%

<sup>1)</sup>DP is the abbreviation for degree of polymerization

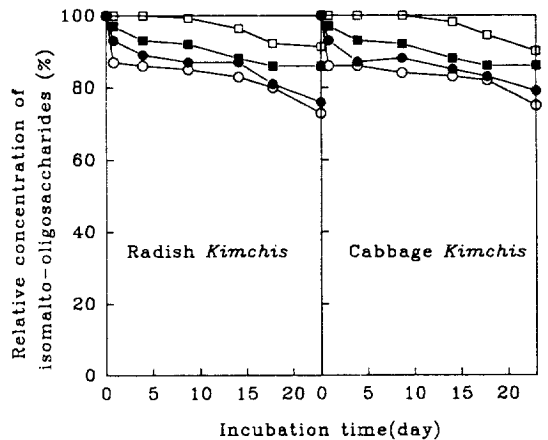
대두올리고당의 높은 pH안정성은 미생물이 관여하지 않는 조건(청량음료 등의 첨가제로 이용되는 경우)에서 평가된 결과일 것으로 추측되며, 김치 발효조건에서처럼 미생물이 관여하는 경우 이에 대한 평가가 별도로 수행되어야 할 것으로 판단된다. 대두올리고당이 김치발효 중에 현저히 낮은 안정성을 나타내는 원인은 시판되는 대두올리고당의 구성성분이 30% 정도의 설탕과 30% 정도의 과당과 포도당이 혼존해 있어, 이들이 김치발효중의 미생물군의 우점종을 변화시키는 것이 간접적인 원인을 제공한 것으로 추측되나 보다 정량적인 분석이 필요하다. 따라서 시판중인 대두올리고당 제품자체로는 김치제조시 효과적인 기능성 강화 재료로 이용하기 어렵다고 판단되지만, 저장조건이 낮은 온도범위일 경우 대단히 안정하므로 특수한 저장조건이 고려될 경우는 가능성을 인정할 수 있겠다.

**김치발효중 이소말토올리고당의 안정성**

이소말토올리고당을 김치 중량비로 2.5% 첨가한 것을 제외하고, 전술한 방법과 동일하게 제조된 배추김치 및 무우김치에 각각 4, 10, 25, 35°C에서 23일간 저장하면서 첨가된 올리고당의 안전성을 평가하였다. 이소말토올리고당의 구성성분은 제조공정에 따라 다소 다르지만<sup>10)</sup>, 본 연구에서 사용한 이소말토올리고당의 함량은 약 60%이었다. 본 연구에서의 올리고당의 안정성 평가는 가장 함량이 많은 panose의 잔류량으로 나타내었다(Fig. 3). 고중합도의 올리고당류가 김치발효중에 분해되어 유리되더라도 구조상 panose로 유리될 수 있는 올리고당류는 그 양이 극히 미량이기 때문에 panose의 안정성으로 평가하더라도 큰 문제는 없었다. Fig. 3의 결과에서 보여주는 바와 같이, 이소말토올리



**Fig. 2. Stability of soybean-oligosaccharides during the fermentation of kimchi** □, 4°C, ●, 25°C, ○, 37°C



**Fig. 3. Stability of isomaltooligosaccharides during the fermentation of Kimchi** □, 4°C, ■, 10°C, ●, 25°C, ○, 37°C

고당은 25°C 이상의 높은 온도범위에서도 앞의 두 올리고당에 비해 매우 뛰어난 안정성을 나타내었다. 이 결과는 김치발효에 관여하는 미생물 중에서 이소말토올리고당을 기질로 이용할 수 있는 미생물이 거의 존재하지 않는다는 사실을 보여 주는 것인데, 따라서 이소말토올리고당이 김치의 기능성 향상을 위해 가장 효과적인 올리고당류로 평가할 수 있었다. 특히 이소말토올리고당은 전분을 원료로 생산되므로 제조가격이 다른 올리고당류와 비교했을 때 가장 낮아서 더욱 유리하다.

## 요 약

대표적인 기능성 감미료인 프락토올리고당, 대두올리고당, 이소말토올리고당 등 세 종류의 올리고당류를 각각 김치제조시에 첨가하여 김치의 기능성 향상을 시도한 결과, 프락토올리고당과 대두올리고당은 김치발효 중에 미생물들에 의해 크게 이용되어 많은 양이 분해되었으나, 이소말토올리고당의 경우는 25°C 이상의 높은 온도에서까지 3주동안 대단히 안정하여 효과적인 당류로 인정되었다.

## 감사의 글

본 연구는 (주) 아진종합식품의 연구비지원에 의해 수행된 것으로서 이에 감사드립니다.

## 문 헌

1. Yun, J.W., Jung, K.H., Oh, J.W. and Lee, J.H.: Semibatch production of fructo-oligosaccharides from sucrose by immobilized cells of *Aureobasidium pullulans*. *Appl. Biochem. Biotechnol.*, **24/25**, 299 (1990)
2. Yun, J.W., Jung, K.H., Jeon, Y.J. and Lee, J.H.: Continuous production of fructo-oligosaccharides by immobilized cells of *Aureobasidium pullulans*. *J. Microbiol. Biotechnol.* **2**, 98 (1992)
3. Yun, J.W., Lee, M.G. and Song, S.K.: Batch production of high-purity fructo-oligosaccharides by the mixed-enzyme system of  $\beta$ -fructofuranosidase and glucose oxidase. *J. Ferment. Bioeng.*, **77**, 159 (1994)
4. Yun, J.W., Lee, M.G. and Song, S.K.: Continuous production of isomalto-oligosaccharides from maltose syrup by immobilized cells of permeabilized *Aureobasidium pullulans*. *Biotechnol. Lett.*, **16**, 1145 (1994)
5. Kuriki, T., Tsuda, M. and Imanaka, T.: Highly branched oligosaccharides production by the transglucosylation reaction of neopullulanase. *J. ferment. Bioeng.* **73**, 198 (1992)
6. Wada, K., Watanabe, J., Mizutani, J., Tomoda, M., Suzuki, H. and Saitoh, Y.: Effect of soybean oligosaccharides in a beverage on human fecal flora and metabolites. *Nippon Nogeikagaku Kaishi.* **66**, 127 (1992)
7. Hidaka, H., Eida, T. and Saitoh, Y.: Industrial production of fructo-oligosaccharides and its application for human and animals. *Nippon Nogeikagaku Kaishi*, **61**, 915 (1987)
8. Hidaka, H., Eida, T., Takizawa, T., Tokunaga, T. and Tashiro, Y.: Effect of fructooligosaccharides on intestinal flora and human health. *Bifidobact. Microf.*, **5**, 37 (1986)
9. Yun, J.W. and Song, S.K.: Production of high-content fructo-oligosaccharides by the mixed-enzyme system of fructosyltransferase and glucose oxidase. *Biotechnol. Lett.* **15**, 573 (1993)
10. 윤종원, 노지선, 송주영, 송승구: *Aureobasidium pullulans*를 이용한 maltose로 부터 isomalto-oligosaccharides의 생산. *한국생물공학회지*, **9**, 122 (1994)

(1995년 10월 9일 접수)