

국산 식품에서 이눌린타입과 레반타입 플럭탄 정량분석 연구

장은호, 남동훈, 이재철, 장기호*
강원대학교 식품영양학과

Studies in Quantitative Analysis of Inulin-type and Levan-type Fructan in some Korean Foods

Eun Ho Jang, Dong Hoon Nam, Jae-Cheol Lee, Ki-Hyo Jang*

Department of Food Science and Nutrition, Kangwon National University

요약 플럭탄은 과당으로 이루어진 과당 중합체를 말하며 식품에서는 양파, 마늘, 치커리, 돼지감자, 바나나, 청국장 등에 존재한다. 본 연구의 목적은 레반형과 이눌린형 플럭탄의 정성분석에서 산가수분해법과 효소적 분해법을 비교하여 분석조건 최적화이다. 또한, 선정된 분석조건에서 한국인의 섭취빈도가 높은 플럭탄 함유식품을 2017년산 제품을 대상으로 플럭탄 함량을 분석하였다. 플럭탄 표준물질을 대상으로 옥살산을 사용한 산가수분해 실험에서는 옥살산 농도에 의존적으로 분해산물인 과당의 농도가 증가하였다. 이눌린나아제(inulinase) 처리시 레반형 플럭탄은 효과적으로 과당으로 분해되었다. 인버타아제(invertase) 처리시 레반형 플럭탄은 일부 분해가 진행되었으나 반응속도가 낮았다. 한국인의 섭취빈도가 높게 나타난 양파, 마늘, 바나나, 청국장을 대상으로 세 가지 방법을 적용시 옥살산 처리 시료에서 과당 함량이 가장 높게 나타났으며 청국장을 제외한 모든 시료들에서 이눌린나아제 처리시 과당 함량이 인버타아제 처리군보다 높았다. 양파, 마늘의 섭취에서 예상되는 한국인들의 플럭탄 일일섭취량은 약 1,172~3,402 mg였다. 결론적으로, 본 연구결과는 플럭탄 함유식품의 인체내 장건강에 대한 이해에 도움을 줄 것으로 기대된다.

Abstract Fructan, a fructose homopolymer, is found in various foods, including onion, garlic, chicory, Jerusalem artichoke, banana, and Cheonggukjang. This study aimed to quantitatively analyze both levan-type and inulin-type fructan using acid analysis and enzyme treatment. In order to analyze fructan contents, we applied optimized conditions to various fructan-rich foods using products from 2017. In the case of oxalic acid hydrolysis, fructose concentrations increased as oxalic acid concentration increased. Inulinase treatment was better than invertase treatment in terms of fructose liberation from fructan. We applied three different methods to fructan-rich foods, including onion, garlic, banana, and Cheonggukjang and found that fructose released from fructan-rich foods was the highest in oxalic acid hydrolysis among three different methods. Except for Cheonggukjang, inulinase treatment produced better results in terms of fructose contents than invertase treatment. From our study, estimated daily fructan intakes by Koreans were 1,172~3,402 mg from onion and garlic. In conclusion, we believe that information on fructan-rich foods may be helpful to understand their roles in the human digestive system.

Keywords : Fructan, Fructose, Inulin-type, Invertase, Levan-type

1. 서론

난소화성의 영양적특성을 갖는 비전분성 다당류

(nonstarch polysaccharides)는 음식으로 섭취시 인체의 소장내에 존재하는 소화효소에 의해 분해되지 않으며, 대장에 거주하는 장내미생물에 의하여 대사되어 장내미

본 논문은 2016년도 강원대학교 대학회계 학술연구조성비(관리번호-620160099)에 의해 수행되었습니다.

*Corresponding Author : Ki-Hyo Jang(Kangwon National Univ.)

Tel: +82-33-540-3312 email: kihyojang@kangwon.ac.kr

Received March 9, 2018

Revised (1st March 27, 2018, 2nd April 4, 2018)

Accepted May 4, 2018

Published May 31, 2018

생물들의 생육을 촉진하고 각종 대사산물 물질들을 생성한다[1].

플럭탄(fructan)은 과당(fructose)이 직선상으로 연결된 다당류로 레반형(levan-type)과 이눌린형(inulin-type)이 알려져 있다[2]. 플럭탄은 공통적으로 인체내에서 포만감을 주어 실제 흡수되는 칼로리를 낮추어주는 식이섬유의 특성이 있으며, 생체 내에서 장내 환경을 산성화시켜 급속이온인 칼슘, 철분 등의 대장에서의 흡수를 용이하게 할 수 있기 때문에 이들 이온들의 흡수를 촉진한다[2-7]. 또한, 플럭탄은 장내미생물인 비피더스균의 생육을 선택적으로 촉진하여 장내 환경을 개선한다[7]. 이눌린형 플럭탄은 과당이 beta 2,1 결합으로 구성된 반면, 레반형 플럭탄은 과당의 결합 구성이 beta 2,1 결합과 beta 2,6 결합이 공존한다. 이러한 구조적 차이로 인하여 레반형 플럭탄이 이눌린형 플럭탄에 비하여 분자량에서 훨씬 큰 반면, 물에서의 용해도가 높다[2].

이눌린형은 치커리(chicory), 돼지감자(*Jerusalem artichoke*), 마늘(garlic), 양파(onion), 바나나(banana) 등의 식물들에서 주요 탄수화물로 발견되는 반면, 레반형은 *Bacillus* 속, *Pseudomonas* 속, *Rhanelia* 속, *Zymomonas* 속 등의 미생물에 의하여 생성된다[8].

식품에서의 플럭탄을 정량분석법으로는 열추출, 초음파추출, 효소적 처리 등이 있다[9-12]. 효소적 플럭탄 정량은 이눌린을 분해하는 inulinase의 활성을 이용하는 방법과 설탕을 분해하여 포도당과 과당을 생성하는 invertase를 주로 사용한다[10]. 상기의 방법들은 이눌린형 플럭탄 분석에서는 유효한 분석법으로 입증되고 있지만, 레반형 플럭탄 정량에서는 분석법의 유효성이 검증되지 않았다. 따라서, 콩 발효식품을 섭취하는 한국인들의 식습관을 고려할 때, 콩 발효식품의 플럭탄 함량에 대한 자료확보는 국민 건강증진 차원에서 중요하다. 제6기 국민건강영양조사자료에 따르면, 한국인 다빈도 섭취식품에 백미, 파, 고추, 양파 등이 포함된다[13]. 마늘과 양파에는 다량의 플럭탄이 포함되어 있으나, 국내산 마늘과 양파에 대한 플럭탄 함량연구는 상대적으로 부족한 실정이다. 영양학적 측면에서 3대 영양소인 탄수화물, 지방, 탄수화물의 권장섭취량은 설정되어 있지만 탄수화물의 섭취량 계산근거는 쌀, 보리, 옥수수, 밀, 고구마, 감자 등에 포함된 전분(starch)을 근거로 계산되어 있으며, 국내에서는 플럭탄 함유 식품에 대한 정성적, 정량적 함량 연구, 플럭탄의 권장섭취량 및 섭취정도에 대한 정

보가 매우 부족한 실정이다.

따라서, 본 연구의 목적은 플럭탄 함량 정량에서 효소적 방법과 산가수분해법을 비교분석하여 타 연구진에 의하여 보고된 선행 연구결과와 비교함으로써, 이눌린형 플럭탄 정량을 포함한 레반형 플럭탄 정량이 가능한 분석법을 제시하는데 있다. 이를 위하여 대표적 플럭탄 함유 식품재료인 양파, 마늘, 바나나와 청국장에서 플럭탄 정량법을 비교하였다. 또한, 정량된 결과를 토대로 이들 식품에서 한국인들이 섭취하는 플럭탄 섭취량을 계산하였다.

2. 재료 및 방법

2.1 실험재료

본 실험에 표준물질로 사용된 플럭탄은 백색의 결정성 분말인 이눌린과 레반이었으며 각각 Sigma-Aldrich사 (St. Louis, MO, USA)와 RealBioTech사(Kongju, Korea)에서 구매하였다. 옥살산(oxalic acid)는 Sigma-Aldrich사에서, invertase와 inulinases는 Novozymes사(Bagsvaerd, Denmark) 제품을 사용하였다. 플럭탄 함유 식품으로 마늘, 양파, 청국장 시료를 삼척시 지역내 마트에서 2017년도에 구매하여 분석전까지 냉동보관하면서 사용하였다. 마늘과 양파의 경우 가식부를 분석하였고 청국장은 전체를 분석에 사용하였다.

2.2 산가수분해

플럭탄의 산가수분해 실험은 Kang 등[10]의 방법을 변형하여 사용하였다. 즉, 레반에 물을 가하여 최종농도 1% 수용액으로 제조한 후 옥살산의 최종농도가 0, 0.5, 1, 1.5%가 되게끔 조정하였다. 연속적으로 미리 온도가 각각 60, 70, 80, 90, 100°C로 설정된 항온수조에서 시료들을 최대 120분 동안 산가수분해하였으며, 특정 시간후에는 즉시 50 mM NaOH를 가하여 pH를 중성화시켰다. 시료의 pH는 pH meter(model 725p, Istek, Seoul, Korea)를 사용하여 측정하였다. 중성 pH로 조절된 시료는 10,000 rpm에서 10분간 원심분리(5810R, Eppendorf, Hamburg, Germany)한 후 상층액을 회수하여 0.45 µm membrane filter를 통과하여 여액을 회수하였다. 여액을 HPLC(Agilent Technologies, Wilmington, DE, USA)에 주입하여 당함량을 정량하였다. 식품시료의 경우에는 동

결건조된 시료 10 g에 증류수 10 mL, 3% 옥살산 20 mL를 가하여 혼합한 후, 90°C에서 시료들을 120분 동안 산가수분해하였다.

2.3 Invertase 효소처리

Invertase 효소반응은 Novozyme 사에서 제공된 조건에 준하여 다음과 같이 실시하였다[10]. 플러탄 표준물질로 레반을 1% 수용액(15 mL, 50 mM sodium acetate buffer, pH 4.5)으로 제조한 후 여기에 0.5 mL inulinase(6U, 50 mM sodium acetate buffer, pH 4.5)를 가하여 60°C로 설정된 항온수조에서 24시간 효소반응하였다. 이후, 효소활성을 제거하기 위하여 시료가 담긴 용기를 100°C에서 5분간 처리하고 상온으로 냉각한 후 시료를 0.45 µm filter에 통과시켜 여액을 회수하였다. Invertase에 의한 플러탄의 분해정도는 효소분해한 시료에서 정량된 과당함량에서 불활성화시킨 효소를 사용한 시료에서 정량된 과당함량을 제한 값으로 결정하였다. 식품시료의 경우에는 동결건조된 시료 5 g가 포함된 15 mL 50 mM sodium acetate buffer(pH 4.5)에 invertase 0.5 mL를 가한 후, 60°C에서 시료들을 24시간 효소반응하였다. 여액을 HPLC에 주입하여 당함량을 정량하였다.

2.4 Inulinase 효소처리

Inulinase 효소반응 조건은 효소 공급회사에서 제공된 조건에 준하여 다음과 같이 실시하였다[14]. Inulinase는 액체형태로 공급되었으며, *Aspergillus niger*에서 유래한 가루상 inulinase가 3%(w/v)를 차지하였으며 효소활성은 250 INU/g였다. 플러탄 표준물질로 레반 또는 이눌린을 1% 수용액(15 mL, 50 mM sodium acetate buffer, pH 4.5)으로 제조한 후 여기에 0.5 mL inulinase 효소액(50 mM sodium acetate buffer, pH 4.5)를 가하여 65°C에서 72시간 동안 효소반응하였다. 효소활성을 제거하기 위하여 시료가 담긴 용기를 100°C에서 5분간 처리하여 상온으로 냉각한 시료를 0.45 µm filter에 통과시켜 여액을 회수하였다. Inulinase에 의한 플러탄의 분해정도는 효소분해한 시료에서 정량된 과당함량에서 불활성화시킨 효소를 사용한 시료에서 정량된 과당함량을 제한 값으로 결정하였다. 식품시료의 경우에는 동결건조된 시료 5 g에 15 mL의 50 mM sodium acetate buffer(pH 4.5), inulinase 0.5 mL를 가한 후, 60°C에서 시료들을 24시간 효소반응하였다. 시료의 전처리와 HPLC 분석은

앞에서 언급한 방법에 준하여 실시하였다.

2.5 HPLC에 의한 플러탄 분석

HPLC에 의한 플러탄 분석은 Jang 등[15]의 방법으로 다음과 같이 실시하였다. 플러탄 정성분석을 위하여 회수한 반응액(산가수분해 또는 효소적 분해 시료)을 최종 농도 0.5-1%(w/v)로 조정된 후 10,000 rpm에서 10분간 원심분리한 후 상층액을 회수하였다. 상층액은 KS-802 (Showa Denko Company, Tokyo, Japan) column이 장착된 HPLC를 이용하였으며, 이동상으로는 HPLC급 water를 사용하였고 이동상의 유속은 0.4 mL/min였다. 시료 주입량은 20 µL였으며, 칼럼에서 분리된 시료는 30°C에서 굴절율(refractive index)에 의해 검출되었다. 표준시료(과당, 서당, 포도당, 이눌린, 레반)를 HPLC급 water를 희석액으로 사용하여 최종농도 0.5-1% (w/v)로 조정된 후 20 µL씩 HPLC에 주입하여 retention time을 확인하였으며 각 농도별 측정된 표준물질들의 면적(area)값을 이용하여 표준곡선을 작성하였다. 시료들의 측정된 면적값을 표준곡선에 적용하여 시료별 농도를 측정하였다. 플러탄의 분해율은 반응액 시료들의 전체당에 대하여 분해되어 생성된 과당의 비율로 나타내었다.

2.6 통계 분석

실험결과는 평균과 표준편차 (Mean ± SD)로 나타내었고, SPSS ver 17.0(SPSS Inc., Chicago, IL, USA) program을 이용하여 각 측정군들 간의 차이유무를 one-way ANOVA(analysis of variations) 분석을 통해 분석한 후, 통계적 유의성은 Duncan `s multiple range test를 이용하여 검증하였다.

3. 결과

3.1 산가수분해 및 효소적분해 조건 최적화

본 연구는 첫째, 플러탄을 과당으로 분해하는 조건을 최적화하고, 둘째, 확립된 조건을 사용하여 한국인 상용 주요 플러탄 함유 식품에서 플러탄 함량을 정량하는 공정으로 구분하여 진행하였다. 레반에 대한 산가수분해에서, 사용한 옥살산의 농도가 증가할수록 레반의 분해에 따른 과당 농도가 증가하였다. 레반농도 1.0%, 1.5% 옥살산, 반응온도 90°C, 반응시간 60분의 조건에서 반응시

0.97%의 과당이 정량되었다(Table 1). 선행연구자들은, 레반을 옥살산, 염산과 황산으로 처리시 산가수 분해는 레반의 구조와 크기에 큰 영향없이 진행된다고 보고하였다[16]. 황산과 염산을 레반에 처리시 과당분해가 급속하게 진행되므로, 본 연구에서는 상대적으로 반응조절이 쉬운 옥살산을 최적조건으로 선택하였다.

1% 레반용액을 기질로 사용하여 invertase 처리시 (60°C, 24시간)에서는 0.24%의 과당이 생산되었다(Table 1). 효소반응 시간을 추가적으로 연장시에도 과당의 추가적 생산은 미비하였다. 동일한 실험조건에서 1% 레반용액을 1% 설탕으로 대체시 0.99% 이상 분해되었으므로 invertase는 제한된 수준에서 레반을 분해하는 것으로 판단된다. 따라서, 추가적인 실험없이 위의 조건을 최적조건으로 선정하여 후속 실험에 사용하였다. 1% 레반용액을 기질로 사용하여 inulinase 처리시(65°C, 72시간)에는 0.88%의 과당이 생성되었다(Table 2). 동일한 조건에서 기질을 1% 이눌린용액으로 교체하여 효소반응시 0.95%의 과당이 검출되었다(Table 3). 일반적으로, 과당이 beta 2,1 결합으로 구성된 이눌린형 플럭탄은 inulinase에 의하여 분해되고, beta 2,1 결합과 beta 2,6 결합이 공존하는 레반형 플럭탄은 levanase에 의하여 분해되는 것으로 알려져 있다[8]. 본 연구에서 사용한 inulinase는 이눌린형 플럭탄과 레반형 플럭탄을 모두 분해하는 것으로 나타났다. 식품에서의 플럭탄 분석실험에서는 Table 3에 표시한 효소반응 조건을 추가적인 변화 없이 적용하였다.

본 연구에서 적용한 조건에서는 옥살산에 의한 산가수분해, inulinase 처리, invertase 처리순으로 레반에 대한 분해도가 높았다. 후속연구에서는 세 가지 방법을 플럭탄 함유식품에 각각 적용하여 비교분석하였다.

Table 1. Optimum condition for diluted oxalic acid hydrolysis of 1% levan

Oxalic acid(%)	Fructose concentration(%) ¹⁾
0	0.26±0.05 ^d
0.5	0.41±0.02 ^c
1	0.72±0.11 ^b
1.5	0.97±0.02 ^a

¹⁾1% levan in water was incubated with 0, 0.5, 1, and 1.5% oxalic acid for 60 min at 90°C, then fructose concentrations were determined using HPLC.

Table 2. Optimum temperature condition for invertase treatment of 1% levan

Temperature(°C)	Fructose concentration(%) ¹⁾
30	0.13±0.04 ^b
40	0.15±0.03 ^b
50	0.17±0.03 ^b
60	0.24±0.01 ^a
70	0.14±0.01 ^b

¹⁾1% levan in water was incubated with invertase for 24 h at 60°C, then fructose concentrations were determined using HPLC.

Table 3. Optimum temperature condition for inulinase treatment of levan and inulin

Substrate	Fructose concentration(%) ¹⁾
1% levan	0.88±0.04 ^{ab}
1% inulin	0.95±0.05 ^{ab}

¹⁾1% substrate in water was incubated with inulinase for 72 h at 65°C, then fructose concentrations were determined using HPLC.

세 가지 전처리 방법으로 처리한 청국장, 마늘, 돼지감자, 양파에서 정량된 과당함량을 Table 4에 표시하였다. 제조사를 달리한 3개 청국장 제품들의 평균 플럭탄 함량은 옥살산 처리시 8 mg/g, invertase 처리시 3 mg/g으로 나타났으며 inulinase 처리시에는 검출되지 않았다. 타 연구진에 의하여 보고된 청국장의 플럭탄 함량은 5~20 mg/g 수준으로 보고되어 본 연구에서는 옥살산 처리와 invertase 처리된 청국장 시료들이 이 범위에 포함되었다[17]. 마늘의 경우, 2개 품목을 분석하였으며, 정량된 평균 플럭탄 함량은 옥살산 처리시 286 mg/g, invertase 처리시 72 mg/g, inulinase 처리시 194 mg/g였다. 타 연구진에 의하여 보고된 마늘의 플럭탄 함량은 258 mg/g 수준으로 나타났다[11]. 양파의 경우, 4개 품목을 분석하였으며, 정량된 평균 플럭탄 함량은 옥살산 처리시 68 mg/g, invertase 처리시 28 mg/g, inulinase 처리시 54 mg/g였다. 타 연구진에 의하여 보고된 양파의 플럭탄 함량은 76.5 mg/g였다[18].

제 6기(2013-2015) 국민건강영양조사에 따르면, 한국인들의 청국장, 마늘과 양파의 일일섭취량은 각각 1, 5와 29 g으로 나타났다[13]. 본 연구에서 이들 식품에 포함된 플럭탄 함량은 각각 8, 72~286와 28~68 mg/g으로 나타나서(Table 4), 한국인들의 청국장, 마늘과 양파를 통한 예상 플럭탄 일일섭취량은 각각 0~8, 360~1,430와

812~1,972 mg에 달하며, 이들을 합산할 경우에는 1,172~3,410 mg으로 추정된다(Table 5).

Table 4. Fructan contents in various foods

Foods	Fructose concentration(mg/g)			Data from other's (mg/g)
	Inulinase	Invertase	Oxalic acid	
Chunggukjang	ND	5±3	8±4	5~20
Garlic	194±4	72±14	286±10	258
Onion	54±8	28±3	68±16	76.5

Table 5. Estimated daily fructan intake by Koreans

Foods	Fructan conc. (mg/g) ¹⁾	Daily intakes(g) ²⁾	Estimated daily fructan intake(mg)
Chunggukjang	ND~8	1	ND~8
Garlic	72~286	5	360~1,430
Onion	28~68	29	812~1,972

¹⁾Data are from inulinase analysis or invertase analysis seen in Table 4.

²⁾Data are from KNHANES[13]

4. 고찰

본 연구는 레반형 플럭탄과 이눌린형 플럭탄 함유식품의 플럭탄 함유량 계산에 적용 가능한 정량법을 확립하기 위하여 옥살산 가수분해법, invertase 효소처리법, inulinase 효소처리법을 비교분석하였다. 또한, 이들 세 가지 분석법을 한국인 다빈도 섭취식품인 마늘과 양파를 포함한 플럭탄 함유식품에 적용함으로써 한국인들이 식품으로 섭취하는 플럭탄 함량을 조사하였다.

플럭탄을 정량한 연구[9-11,16,19]에서 황산, 염산, 옥살산 처리에 의하여 플럭탄이 분해되는 것으로 보고되었으며, 옥살산을 사용한 본 연구에서도 이와 유사한 결과가 나타났다. 본 연구에서는 황산, 염산, 옥살산 중에서 상대적으로 반응액의 pH 조절이 용이한 옥살산이 레반타입 플럭탄의 산가수분해에 적합한 방법으로 판단하였다.

표준물질로 사용한 레반이 98% 이상 옥살산처리에 의하여 과당으로 분해되는 결과를 보여(Table 1), 옥살산 처리법은 레반형 플럭탄의 정량에 적용가능한 방법으로 나타났다. 하지만, 식품의 경우, 플럭탄 이외에도 다른 탄수화물들이 복합적으로 존재하므로 옥살산에 의한

산가수분해 공정전에 식품시료에서 플럭탄을 추출하여야 하는 번거로운 과정이 필요하다. 레반형 플럭탄과 이눌린형 플럭탄은 공통적으로 70% 에탄올에서 침전되며 뜨거운 물에서는 용해되는 특성이 있으므로[2], 이러한 플럭탄의 용해특성을 이용하여 식품시료에서 플럭탄을 선별적으로 회수한 후 옥살산 산가수분해공정을 적용하는 것이 바람직한 것으로 판단된다. Glibowska와 Bukowska의 연구[20]에 따르면, 이눌린형 플럭탄은 pH 5 이상에서는 거의 분해되지 않지만 pH 4 이하에서는 분해되며, 온도가 60°C 이상에서는 산가수분해가 촉진되었다. 산가수분해법은 과정의 편리함에도 불구하고, 식품에 존재하는 플럭탄 함량보다 더 많은 플럭탄이 존재하는 것으로 계산될 수 있다. 이러한 산가수분해 방법을 보완하는 방법으로 기질에 대한 특이성이 높은 효소적 분해법을 적용할 수 있다.

본 연구에서는 플럭탄 표준물질들과 플럭탄 함유식품들에 대하여 invertase와 inulinase를 직접처리시 inulinase가 invertase에 비교하여 효과적인 것으로 나타났다. 다만, 예외적으로 청국장 시료의 경우에는 invertase 처리가 inulinase 처리보다 과당함량이 높았다. 본 연구에서 사용한 inulinase는 2,1-β-D-fructan fructanohydase(E.C. 3.2.1.7)로 endoinulinase이다. 청국장에서 플럭탄은 청국장의 표면에 존재하는 청국장 점질물 구성물질이므로 청국장 점질물과 inulinase의 반응에는 문제가 없을 것으로 추측된다. 그럼에도 불구하고, 청국장 점질물에 대한 inulinase 효소활성이 낮은 이유는 이눌린형 플럭탄으로 구성된 마늘, 양파, 바나나 등과 달리 청국장 점질물은 레반타입 플럭탄으로 구성된 구조적 차이에서 설명된다[21,22]. 또 다른 이유로는 청국장의 다른 성분들이 inulinase 효소활성을 억제할 가능성이 있다. 따라서, inulinase 효소활성을 방해하는 성분을 식품에서 제거한 후 효소활성을 측정할 수 있다. Shin 등 [9]은 이눌린형 플럭탄을 식품에서 정량시, 물리적인 파쇄공정, 파쇄된 식품에 70% 이상의 에탄올을 가하여 플럭탄을 침전시키는 공정, 침전된 플럭탄을 HPLC로 정량하는 과정을 제시하였다. 이러한 방법을 레반형 플럭탄 함유 식품에 적용한다면 효과적으로 플럭탄 함유량을 정량할 수 있다고 판단된다.

국민건강영양조사는 한국인들의 건강 및 영양상태를 파악하기 위하여 질병관리본부에서 실시하고 있으며 각종 학술연구에 기초자료로 활용된다[23,24]. 제 6기

(2013-2015) 국민건강영양조사에 따르면 액체류 식품을 제외한 약 300종의 식품군(곡류, 감자류, 당류, 두류, 견과류, 채소류, 버섯류, 과일류, 해조류, 조미료류, 육류, 난류, 어패류, 유지 등)들 중에서 한국인들의 1인 1일 섭취량이 백미(148.5 g), 배추김치(62.5 g), 사과(52.1 g)을 이어 양파(28.5 g)가 높다. 본 연구에서 측정된 플러ktan 함유식품의 플러ktan 함유량 결과(Table 4)와 제 6기 (2013-2015) 국민건강영양조사에서 나타난 1인 1일 섭취량 결과[13]를 토대로 계산한 한국인들의 마늘, 양파 및 청국장으로부터 계산된 1인 1일 플러ktan 섭취량은 약 1,172~3,402 mg에 달하는 것으로 나타났다.

플러ktan은 과당으로 구성되어 있지만 섭취시 인체에서 플러ktan을 분해하는 효소의 부재로 상당량이 대장으로 이동하여 일부 장내미생물에 의하여 대사되어 단쇄지방산(short-chain fatty acid) 및 유기산을 생성한다[25,26]. 생성된 장내 단쇄지방산은 맹장벽과 대장벽을 통하여 체내로 흡수되어 장세포에서 이용되거나 말초조직으로 이동한다[6]. 동물실험에서 5-10% 플러ktan 식이의 3주간 섭취로 맹장내 pH는 5.0로 산성화되었고, 맹장과 대장에서 인체에 유익균으로 분류되는 유산균과 비피더스균의 수가 증가되었으며, 장내유해균의 지표효소인 β -glucuronidase 활성이 감소되었다[25]. 단쇄지방산, 초산과 젖산과 같은 유기산에 의한 장내 pH 감소는 장내 유해균의 생육을 억제하고, 면역능을 촉진하고 미네랄의 흡수를 증가시켜 인체의 건강을 유지하는데 도움을 준다 [27].

이상의 결과에 의하면 한국인들의 플러ktan 함유 식품 섭취에 따른 장내 환경 개선 효과가 매우 클 것으로 예상된다. 따라서, 본 연구 결과에서 제시한 한국인들의 플러ktan 함유 식품섭취에 따른 플러ktan의 인체내 대사와 장내환경에 대한 효과 규명을 통하여 플러ktan 함유식품들이 한국인들의 장 건강에 유익한 기능성 식품소재로 사용될 수 있을 것으로 기대된다.

References

- [1] V. Kumar, A. K. Sinha, H. P. Makkar, G. de Boeck, K. Becker, "Dietary roles of non-starch polysaccharides in human nutrition", *Crit Rev Food Sci Nutr*, vol. 52, no. 10, pp. 899-935, 2012.
DOI: <https://doi.org/10.1080/10408398.2010.512671>
- [2] S. A. Kang, K. H. Jang, "Research and market trends in levan", *Food Sci Ind*, vol. 36, no. 2, pp. 85-91, 2003.
- [3] A. R. Lobo, J. M. Filho, E. P. Alvares, M. L. Slocato, C. Colli, "Effects of dietary lipid composition and inulin-type fructans on mineral bioavailability in growing rats", *Nutrition*, vol. 25, no. 2, pp. 216-225, 2009.
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.nut.2008.08.002>
- [4] M. J. Peinado, A. Echávarri, R. Ruiz, E. Suárez-Pereira, C. Ortiz Mellet, J. M. García Fernández, L. A. Rubio, "Effects of inulin and di-D-fructose dianhydride-enriched caramels on intestinal microbiota composition and performance of broiler chickens", *Animal*, vol. 7, no. 11, pp. 1779-1788, 2013.
DOI: <https://doi.org/10.1017/S1751731113001572>
- [5] J. M. Campbell, G. C. Fahey Jr, B. W. Wolf, "Selected indigestible oligosaccharides affect large bowel mass, cecal and fecal short-chain fatty acids, pH and microflora in rats", *J Nutr*, 127(1) pp. 130-136, 1997.
DOI: <https://doi.org/10.1093/jn/127.1.130>
- [6] G. Jakobsdottir, C. Jädert, L. Holm, M. E. Nyman, "Propionic and butyric acids, formed in the caecum of rats fed highly fermentable dietary fibre, are reflected in portal and aortic serum", *Br J Nutr*, vol. 110, no. 9, pp. 1565-1572, 2013.
DOI: <https://doi.org/10.1017/S0007114513000809>
- [7] G. R. Gibson, M. B. Roberfroid, "Dietary modulation of the human colonic microbiota: introducing the concept of prebiotics", *J Nutr*, vol. 25, no. 6, pp. 1401-1412, 1995.
- [8] S. K. Rhee, K. B. Song, C. H. Kim, B. S. Park, E. K. Jang, K. H. Jang, "Levan. In: S. Baets, E. J. Vandamme, A. Steinbuchel (ed.). Biopolymers. vol 5. Wiley-VCH Verlag GmbH, Germany. pp. 351-377, 2002.
- [9] S. H. Shin, S. J. Kwon, H. J. Jo, D. Go, J. Han, "Extraction and analysis of inulin from Jerusalem artichoke", *Food Sci Ind*, 45, pp. 50-58, 2012.
- [10] S. A. Kang, E. Y. Lee, S. J. Jung, S. M. Kim, J. C. Lee, K. H. Jang, "Characterization of formation of fructose during acid hydrolysis and enzyme treatment of fructose saccharides", *Korean J Biotechnol Bioeng*, 21, pp. 140-143, 2006.
- [11] I. G. Hwang, K. C. Kim, S. G. Chol, J. S. Lee, H. S. Jeong, "Change in fructan content and antioxidant activity of garlic treated acid and heat", *J Agric Life Sci*, 44, pp. 61-67, 2010.
- [12] E. Milani, A. Koocheki, Q. A. Golimvahhed, "Extraction of inulin from Burdock root(*Arctium lappa*) using high intensity ultrasound", *Int J Food Sci and Tech*, 46, pp. 1699-1704, 2011.
DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2011.02673.x>
- [13] Korea Centers for Disease Control and Prevention. Guide to the utilization of the data from the sixth KNHANES(2013-2015). Cheongwon: Korea Centers for Disease Control and Prevention, cited 2018 Feb 13. Available from: <http://knhanes.cdc.go.kr>.
- [14] T. Nakamura, Y. Ogata, A. Shitara, A. Nakamura, K. Ohta, "Continuous production of fructose syrups from inulin by immobilized inulinase from *Aspergillus niger* mutant 817", *J Ferment Bioeng*, vol. 80, no. 2, pp. 164-169, 1995.

DOI: [https://doi.org/10.1016/0922-338X\(95\)93213-4](https://doi.org/10.1016/0922-338X(95)93213-4)

- [15] K. H. Jang, E. K. Jang, S. H. Kim, I. H. Kim, S. A. Kang, I. Koh, Y. I. Park, Y. J. Kim, S. D. Ha, C. H. Kim, "High-level production of low-branched levan from *Pseudomonas aurantiaca* S-4380 for the production of di-β-D-fructofuranose dianhydride IV", *J Microbiol Biotechnol*, vol. 16, no. 1, pp. 102-108, 2006.
- [16] T. H. Kang, S. J. Jung, S. A. Kang, E. K. Jang, S. H. Kim, I. H. Kim, C. H. Kim, S. K. Rhee, U. H. Chun, "Preparation of levan oligosaccharides by acid hydrolysis and its application in growth of lactic acid-producing bacteria", *Korean J Biotechnol Bioeng*, 17, pp. 137-141, 2002.
- [17] Y. L. Lee, S. H. Kim, N. H. Choung, M. H. Yim, "A study on the production of viscous substance during the Chungkookjang fermentation", *Hanguk Nonghak Hoechi*, vol. 35, no. 3, pp. 202-209, 1992.
- [18] B. Darbyshire, R. J. Henry, "The distribution of fructans in onions", *New Phytol*, 81, pp. 29-344, 1978.
DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1469-8137.1978.tb01600.x>
- [19] Z. Zhu, X. Luo, F. Yin, S. Li, J. He, "Clarification of Jerusalem artichoke extract using ultrafiltration: effect of membrane pore size and operation conditions", *Food Bioprocess Technol*, vol. 11, no. 4, pp. 864-873, 2018.
DOI: <https://doi.org/10.1007/s11947-018-2054-0>
- [20] P. Glibowski, A. Bukowska, "The effect of pH, temperature and heating time on inulin chemical stability", *Acta Sci Pol Technol Aliment*, vol. 10, no. 2, pp. 189-196, 2011.
- [21] G. H. Ho, T. I. Ho, K. H. Hsieh, Y. C. Su, P. Y. Lin, J. Yang, K. H. Yang, S. C. Yang, "γ-Polyglutamic acid produced by *Bacillus subtilis*(natto): structural characteristics, chemical properties and biological functionalities", *J Clin Chem Soc*, 53, pp. 1363-1384, 2006.
- [22] Y. J. Lee, N. Y. Kim, U. S. Kim, M. J. Han, "Development of lentil Cheonggukjang fermented by *Bacillus subtilis* isolated from traditional soy sauce", *J Korean Soc Food Cult*, vol. 32, no. 6, pp. 566-575, 2017.
- [23] H. Min, M. Kang, "Relationship between drinking patterns and metabolic syndrome among Korean adolescents: analysis of the sixth(2013-2015) Korea National Health and Nutrition Examination Survey", *J Korea Aca-Ind coop Soc*, 18(9) pp. 258-266, 2017.
- [24] H. S. Kim, Y. J. Han, B. C. Kim, S. Y. Ryu, "Relevance of vitamin D and dyslipidemia among Korean adults-using data from the sixth Korea National Health and Nutrition Examination Survey", *J Korea Aca-Ind coop Soc*, 18(3) pp. 647-656, 2017.
- [25] K. H. Jang, S. A. Kang, Y. H. Cho, Y. Y. Kim, Y. J. Lee, K. H. Hong, E. K. Jang, C. H. Kim, R. W. Choue, "The effects of levan and inulin on the growth of lactic acid-producing bacteria and intestinal conditions in rats", *Kor J Nutr*, 35, pp. 912-918, 2002.
- [26] J. M. Campbell, G. C. Fahey Jr, B. W. Wolf, "Selected indigestible oligosaccharides affect large bowel mass, cecal and fecal short-chain fatty acids, pH and microflora in rats", *J Nutr*, vol. 127, no. 1, pp. 130-136, 1997.

DOI: <https://doi.org/10.1093/jn/127.1.130>

- [27] K. Kimura, A. L. McCartney, M. A. McConnell, G. W. Tannock, "Analysis of fecal populations of bifidobacteria and lactobacilli and investigation of the immunological responses of their human hosts to the predominant strains" *Appl Environ Microbiol*, vol. 63, no. 9, pp. 3394-3398, 1997.

장 은 호(Eun Ho Jang)

[준회원]



- 2009년 3월 : 강원대학교 식품영양학과 입학
- 2015년 2월 : 강원대학교 식품영양학과(식품영양학 학사)
- 2017년 8월 : 강원대학교 식품영양학과(식품영양학 석사)

<관심분야>
발효식품학, 식품영양학

남 동 훈(Donghun Nam)

[준회원]



- 2009년 3월 : 강원대학교 식품영양학과 입학
- 2015년 2월 : 강원대학교 식품영양학과(식품영양학 학사)
- 2017년 8월 : 강원대학교 식품영양학과(식품영양학 석사)

<관심분야>
발효식품학, 식품영양학

이 재 철(Jae-Cheol Lee)

[정회원]



- 1986년 2월 : 영남대학교 이학석사 (유기 및 생화학 전공)
- 1991년 2월 : 영남대학교 이학박사 (유기 및 생화학 전공)
- 1995년 3월 ~ 2006년 2월 : 삼척대학교 전임강사, 조교수, 부교수
- 2006년 4월 ~ 현재 : 강원대학교 식품영양학과 교수

<관심분야>
식품화학

장 기 효(Ki-Hyo Jang)

[정회원]



- 1993년 2월 : 경희대학교 식품가공학과(식품미생물학 석사)
- 1998년 10월 : 호주 빅토리아대학교 CBFT(식품미생물학박사)
- 2003년 9월 ~ 현재 : 삼척대학교, 강원대학교 식품영양학과 교수

<관심분야>

발효식품학, 식품미생물학