

상업용 메디컬푸드 및 탄수화물 급원의 발효성 당류 함량에 관한 연구

신희창 · 강남희 · 이장운 · 이윤복 · 이균희 · 오승현

(주)정식품 중앙연구소

Fermentable Sugar Contents of Commercial Medical Foods and Carbohydrate Ingredients

Hee-Chang Shin, Nam-Hee Kang, Jang-Woon Lee, Yoon-Bok Lee, Kyun-Hee Lee, and Seung-Hyun Oh

Central Research Institute, Dr. Chung's Food Co. Ltd.

ABSTRACT Medical foods are enteral nutrition for patients, but they cause maladaptation symptoms like diarrhea. Although the cause of diarrhea remains unknown, some studies have indicated that the cause of diarrhea is fermentable oligosaccharides, disaccharides, monosaccharides, and polyols (FODMAP). This is a consideration for medical foods since they are easily fermented by intestinal bacterial. In this study, we estimated the FODMAP contents of commercial medical foods and carbohydrate ingredients. We measured the concentrations of FODMAP in 13 types of different medical foods and five types of carbohydrate ingredients by using high performance liquid chromatography with an evaporative light scattering detector (HPLC-ELSD). The limits of detection of FODMAP were fructose, 0.002; lactose, 0.010; raffinose, 0.003; stachyose, 0.032; 1-kestose, 0.005; nystose, 0.012; and 1-fructofuranosylnystose, 0.003 mg/kg. Limits of quantitation of FODMAP were fructose, 0.008; lactose, 0.033; raffinose, 0.009; stachyose, 0.107; 1-kestose, 0.015; nystose, 0.042; and 1-fructofuranosylnystose, 0.011 mg/kg, respectively. Concentration of FODMAP ranged from 0.428~2.968 g/200 mL. Concentrations of carbohydrate ingredients in FODMAP were chicory fiber, 278.423; soy fiber, 27.467; indigestible maltodextrin, 52.384; maltodextrin (DE10~15), 32.973; and maltodextrin (DE15~20), 50.043 g/kg. Contents of carbohydrates were 19.0~41.0 g/200 mL in commercial medical foods. We expected a correlation between contents of carbohydrates and FODMAP, as carbohydrates included FODMAP. However, we detected a low correlation ($r=0.55$). Since most commercial medical foods have a similar carbohydrate ingredients and nutritional values, the difference between products was determined by FODMAP contents of carbohydrate ingredients. In this study, we analyzed FODMAP contents of commercial medical foods and carbohydrate ingredients. These results are expected to be utilized as basic data for product development and minimizing maladaptation of medical foods.

Key words: FODMAP, medical food, fermentable sugars, fructooligosaccharide, diarrhea

서 론

메디컬푸드란 저작 및 연하 기능이 정상적이지 않아 음식을 제대로 삼킬 수 없는 경우의 환자에게 이용되는 경장영양 환자식을 말하며, 공급 방식으로는 예상 투여기간, 흡인 가능성 여부, 위장관계 기능도 등에 따라 비위관(nasogastric), 비장관(nasoduodenal/nasojejunal), 위조루술(gastrostomy), 공장조루술(jejunostomy) 경관급식 방법 등이 사용된다. 이처럼 경관급식을 공급받는 환자에게 나타나는 부작용증으로는 설사, 흡인, 복부통증 및 복부팽만 등이 있다(1). 특히 설사는 흔하게 나타나는 부작용증으로 이로 인해 환자의 30% 이상에서 영양불량이 발생된다고 보고된 바 있다(2). 따라서

경관급식에 대한 환자의 적응력을 높이는 것은 환자의 삶의 질을 높여주고 영양 상태를 개선시킴으로써 최종적으로는 질병회복에 도움을 줄 수 있다.

경관급식에서 설사를 유발시키는 원인은 세균감염, 약물 부작용, 질병부작용, 신경성, 삼투압, 영양소 흡수 및 대사장애 등 매우 다양하기 때문에 명확한 원인은 밝혀져 있지 않다. 과거에는 식이 중 섬유소 함량의 변화 및 섬유소의 종류에 따른 설사와의 상관성에 대한 연구가 많이 진행되었고, 섬유소 함량을 증가시킨 경관급식제품 투여 시 섬유소 함량이 낮은 제품에 비해서 부작용증이 호전된다는 연구가 있었으나 연구마다 결과가 다양하였다(3-5).

최근 연구들에서는 경관급식으로 인해 유발되는 설사의 원인 중 하나로 FODMAP(fermentable oligosaccharides, disaccharides, monosaccharides, and polyols)과 상관성이 높다고 지목되고 있다(6,7). FODMAP은 위장관에서 흡수되지 않는 짧은 사슬의 탄수화물 그룹으로 다양한 식품

Received 22 April 2015; Accepted 6 July 2015

Corresponding author: Seung-Hyun Oh, Central Research Institute, Dr. Chung's Food Co. Ltd., Cheongju, Chungbuk 28446, Korea
E-mail: yourhyun@vegemil.co.kr, Phone: +82-10-6789-3725

속에 존재한다. 일반적으로 FODMAP이 많이 함유된 식품은 과일(과일주스, 과일통조림 등), 채소(아티초크, 토마토, 브로콜리 등), 육류(염지육, 가공육 등), 유제품(요거트, 가공유 등) 등이 있다. 특히 이당류인 lactose는 유제품류에서 발견되며, 소르비톨, 자일리톨 같은 당알코올은 과일 및 sugar free 제품에서 발견된다. 이러한 FODMAP은 장내 세균에 의해 쉽게 발효되어 장을 자극하는 가스 생성 및 관장 팽창을 일으키고, 이차적인 소화관 운동장애와 설사를 유발한다는 연구가 보고된 바 있다(8-11). 특히 식이 불내성 환자의 70%가 FODMAP에 의해 설사와 같은 위장관 장애가 유발되었고, 그중 49%는 lactose에 의해서, 36%는 galactose, 23%는 sorbitol과 같은 당알코올에 의해서 증상이 나타났다는 연구가 보고되었다(12). 하지만 메디컬푸드 제조 시에 사용하는 원재료에는 galactose 및 당알코올이 포함되지 않으며, 기초 실험 결과 분석되지 않아 연구에서 배제하였다.

상업용 메디컬푸드는 식품공전상 같은 유형의 특수의료용도등식품으로 규격화되어 있으며, 국내에서 유통 중인 제품은 한국인 영양섭취 기준을 기초로 하여 단백질, 탄수화물, 지방, 비타민, 무기질 등 5대 영양소를 배합하기 때문에 서로 간의 영양설계가 유사하다. 따라서 탄수화물 급원에 따라 유래되는 당류의 종류 및 함량이 결정되는데, 특히 최근에는 웰빙이나 건강의 증진을 목적으로 당류 저감화 및 장내 유용미생물의 성장에 도움을 주기 위해 다양한 올리고당과 식이 섬유들이 탄수화물 급원으로 이용되고 있다(13,14).

그래서 상업용 메디컬푸드 제품과 메디컬푸드 제조 시 사용되는 탄수화물 급원에 대한 FODMAP 정량 분석은 매우 중요하다고 여겨져 본 연구에서는 메디컬푸드 13종 및 탄수화물 급원 5종의 FODMAP 함량을 조사하여 경관급식의 주요 부적응증인 설사를 최소화하는 메디컬푸드 제품개발 및 원재료 선정에 기초 자료로 활용하고자 하였다.

재료 및 방법

재료 및 시약

본 연구에 사용한 상업용 메디컬푸드 13종 및 탄수화물 급원 5종을 판매업체로부터 수집하여 4°C 냉장고에 저장하여 사용하였다. 단당류(fructose), 이당류(lactose), 삼당류(raffinose), 사당류(stachyose) 표준물질은 Sigma-Aldrich Co.(St. Louis, Mo, USA)에서 구입하였고, 프락토올리고당(1-kestose, nystose, 1-fructofuranosylnystose) 표준물질은 Junsei(Tokyo, Japan)에서 구입하였다. 그 밖의 시약은 analytical 및 HPLC 등급을 사용하였다.

FODMAP 표준물질

FODMAP 표준물질을 3차 증류수에 용해시켜 표준용액을 제조하였다. 표준용액은 70% ethanol로 희석하여 각 농도별 시험표준용액을 제조한 후 HPLC로 분석하여 피크면적으로부터 검량선을 작성하였다.

FODMAP 분석

메디컬푸드 제품 및 탄수화물 급원 0.3 g을 50 mL centrifuge tube에 담아 70% ethanol 10 g을 가하여 균질화시켰다. 균질화된 시료는 4°C에서 15분간 13,000 rpm으로 원심분리 하였다. 상등액을 0.2 µm nylon syringe filter로 여과하여 분석하였다.

HPLC 분석

전처리 시료의 분석은 ELSD(evaporative light scattering detector, Alltech, Deerfield, IL, USA)가 장착된 Agilent 1100 series HPLC system(Agilent Technologies, Wilmington, DE, USA)을 이용하였다. 분석용 칼럼은 Alltech사의 Prevail™ Carbohydrate ES(4.6×250 mm)를 이용하였고, 칼럼온도는 45°C, 검출기의 분무기(nebulizer) 가스는 질소(N₂)를 사용하여 분당 1.0~2.0 bar의 속도로 흘렸으며, 검출기 증발온도(evaporation temperature)는 90°C로 설정하였다. 분석에 이용된 이동상 용매는 acetonitrile(A 용매)과 증류수(B 용매)를 선형적 농도구배(linear gradient elution)로 분석하였으며, 이동상의 조성은 0분: 75% A 용매, 0~28분: 75% A 용매, 28~38분: 60% A 용매, 38~45분: 55% A 용매로 조절하였고, 분당 유속 1.0 mL로 분석을 실시하였다.

분석방법의 검증

FODMAP 함량 분석을 위한 HPLC-ELSD 분석의 유효성 검증을 위해 표준검량식의 직선성(linearity), 검출한계(LOD), 정량한계(LOQ)를 확인하였고, 회수율(recovery)에 따른 정확도와 정밀도를 확인하였다.

통계분석

데이터는 SAS 프로그램(Statistical Analytical System, version 9.1, SAS Institute Inc., Cary, NC, USA)의 t-test ($P < 0.05$) 분석을 이용하였고, 상관관계를 검증하였다.

결과 및 고찰

분석방법의 검증

올리고당 분석을 위한 최적의 조건은 acetonitrile(A 용매)과 증류수(B 용매)를 사용하고, 최초 0분: 75% A 용매, 0~28분: 75% A 용매, 28~38분: 60% A 용매, 38~45분: 55% A 용매로 분당 유속 1.0 mL로 분석 대상 피크들이 완전하게 baseline 분리가 유도되는 양상을 확인할 수 있었다. 하지만 Kim 등(15)이 제시한 검출기 증발온도인 45°C에서는 중첩되는 피크가 존재하였으나 고온에서는 피크의 분리능이 우수하여 90°C로 설정하고 분석을 수행하였다. 위와 같은 조건에서 단당류 및 올리고당의 용리 순서는 fructose, lactose, raffinose, stachyose 및 1-kestose, nystose, 1-fructofuranosylnystose의 순으로 용리되었다.

Table 1. The LOD, LOQ, and recovery of fermentable sugars by HPLC with evaporative light scattering detection

Carbohydrate	Certified (mg/kg)	Measured (mg/kg)	Coefficient of variation (%)	Recovery (%)	LOD (mg/kg)	LOQ (mg/kg)	Correlation (R ²)
	Mean ¹⁾	Mean±SD ²⁾					
Fructose	90	87.226±1.589	1.82	96.92	0.002	0.008	0.999
Lactose	90	81.077±0.934	1.15	90.09	0.010	0.033	0.999
Raffinose	90	84.512±1.610	1.91	93.90	0.003	0.009	0.999
Stachyose	90	82.411±2.165	2.63	91.57	0.032	0.107	0.999
1-Kestose	90	86.109±1.882	2.19	95.68	0.005	0.015	0.999
Nystose	90	86.591±1.363	1.51	96.21	0.012	0.042	0.999
1-Fructofuranosyl nystose	90	87.255±1.018	1.17	96.95	0.003	0.011	0.999

¹⁾Values are not certified and are given for information only.

²⁾Data were expressed as mean±standard deviation (n=3).

HPLC-ELSD 분석방법의 유효성 검증을 위해 각 표준물질을 4포인트 농도로 제조하여 표준검량선을 작성한 결과 표준물질의 검량선은 모두 0.999 이상의 정적 상관관계(R²)를 나타내었다.

정확도를 확인하기 위한 8종의 표준물질 회수율은 90~110% 범위 안에 포함되었으며, 정밀도의 척도인 변동계수(coefficients of variation, %)는 3% 이하로 매우 우수하였다(Table 1).

또한 HPLC-ELSD를 이용한 각각 표준물질별 측정값을 토대로 표준편차와 검량선 기울기에 근거하여 검출한계(limit of detection, LOD) 및 정량한계(limit of quantitation, LOQ)를 구한 결과 fructose, lactose, raffinose, stachyose, 1-kestose, nystose, 1-fructofuranosylnystose의 검출한계는 0.002, 0.010, 0.003, 0.032, 0.005, 0.012, 0.003 mg/kg이었고, 정량한계는 0.008, 0.033, 0.009, 0.107, 0.015, 0.042, 0.011 mg/kg이었다.

LOD=3×Standard deviation of the blank/ The slope of the calibration curve

LOQ=10×Standard deviation of the blank/ The slope of the calibration curve

메디컬푸드의 발효성 당류 함량

상업용 메디컬푸드 13종에 대해 fructose, lactose, raffinose, stachyose, 1-kestose, nystose, 1-fructofuranosylnystose 등 8종의 당류를 분석한 결과는 Table 2에 나타내었다.

단당류(fructose)와 이당류(lactose)의 평균 함량은 각각 0.032±0.061, 0.111±0.089 g/200 mL로 그 범위는 ND~0.158, ND~0.304 g/200 mL였다.

삼당류(raffinose)와 사당류(stachyose)의 평균 함량은 각각 0.294±0.241, 0.283±0.201 g/200 mL로 그 범위는 0.051~0.738, ND~0.579 g/200 mL였다.

프럭토올리고당(1-kestose, nystose, 1-fructofuranosylnystose)의 평균 함량은 0.678±0.502 g/200 mL로 그 범위는 0.205~1.902 g/200 mL였으며, 프럭토올리고당(1-

kestose, nystose, 1-fructofuranosylnystose)의 개별 평균 함량 및 범위는 다음과 같다. 1-Kestose 0.084±0.160 g/200 mL(ND~0.413), nystose 0.295±0.363 g/200 mL(ND~1.239), 1-fructofuranosylnystose 0.299±0.075 g/200 mL(0.205~0.458).

Halmos 등(6)의 연구 결과에 따르면 호주에서 판매되는 메디컬푸드의 발효성 당류 평균 함량은 fructose 0.429 g/200 mL, lactose ND, raffinose 1.563 g/200 mL, stachyose ND, 프럭토올리고당 2.254 g/200 mL였다. 본 연구에서 분석한 메디컬푸드는 Halmos 등(6)의 연구 결과와 비교하여 발효성 당류 함량이 낮은 수준이었으나 이당류(lactose)와 사당류(stachyose)는 검출 여부의 차이를 보였다. 이와 같은 차이는 본 연구에서 분석한 발효성 당류의 경우 검출한계와 정량한계 값을 설정하여 제시하였으나 Halmos 등(6)의 연구에서는 검출한계와 정량한계 값이 제시되지 않아 검출 여부에 대한 차이가 발생한 것으로 사료된다.

탄수화물 급원의 발효성 당류 함량

탄수화물 급원으로 주로 사용되는 5종의 식이섬유 및 말토덱스트린의 fructose, lactose, raffinose, stachyose, 1-kestose, nystose, 1-fructofuranosylnystose 등 8종의 당류를 분석한 결과는 Table 3에 나타내었다.

탄수화물 급원 중 단당류(fructose)는 치커리 식이섬유(18.877 g/kg)를 제외한 급원에서는 검출되지 않았으며, 모든 탄수화물 급원에서 이당류(lactose)가 검출되지 않았다.

삼당류(raffinose)의 함량은 치커리 식이섬유 61.523 g/kg, 대두 식이섬유 3.273 g/kg, 난소화성 말토덱스트린 5.430 g/kg이고, 말토덱스트린(DE10~15)과 말토덱스트린(DE15~20)에서는 검출되지 않았다. 사당류(stachyose)의 함량은 치커리 식이섬유 78.817 g/kg, 대두 식이섬유 5.547 g/kg, 난소화성 말토덱스트린 13.180 g/kg, 말토덱스트린(DE10~15) 16.440 g/kg, 말토덱스트린(DE15~20) 22.553 g/kg이었다.

프럭토올리고당(1-kestose, nystose, 1-fructofuranosylnystose)의 함량은 치커리 식이섬유 29.369, 39.430, 50.407 g/kg, 대두 식이섬유 ND, ND, 18.647 g/kg, 난소

Table 2. The carbohydrate, fermentable sugars, and FODMAP content in commercial medical food

Sample	Carbohydrate ¹⁾ (g/200 mL)		Fructose (g/200 mL)		Lactose (g/200 mL)		Raffinose (g/200 mL)		Stachyose (g/200 mL)		1-Kestose (g/200 mL)		Nystose (g/200 mL)		1-Fructofuranosyl nystose (g/200 mL)		FODMAP ²⁾ (g/200 mL)		
	Mean	Mean±SD ³⁾	Mean±SD	Mean±SD	Mean±SD	Mean±SD	Mean±SD	Mean±SD	Mean±SD	Mean±SD	Mean±SD	Mean±SD	Mean±SD	Mean±SD	Mean±SD	Mean±SD	Mean±SD	Mean±SD	Mean±SD
A	31.0	ND ⁴⁾	ND	0.241±0.021	0.466±0.012	ND	ND	0.218±0.014	0.218±0.014	0.218±0.014	0.218±0.014	0.218±0.014	0.218±0.014	0.218±0.014	0.218±0.014	0.218±0.014	0.218±0.014	0.218±0.014	0.218±0.014
B	28.0	ND	0.151±0.001	0.051±0.002	ND	ND	ND	0.385±0.010	0.385±0.010	0.385±0.010	0.385±0.010	0.385±0.010	0.385±0.010	0.385±0.010	0.385±0.010	0.385±0.010	0.385±0.010	0.385±0.010	0.385±0.010
C	19.0	ND	ND	0.219±0.014	ND	ND	ND	0.209±0.004	0.209±0.004	0.209±0.004	0.209±0.004	0.209±0.004	0.209±0.004	0.209±0.004	0.209±0.004	0.209±0.004	0.209±0.004	0.209±0.004	0.209±0.004
D	29.0	ND	0.304±0.015	0.060±0.004	0.149±0.001	0.149±0.001	0.149±0.001	0.205±0.013	0.205±0.013	0.205±0.013	0.205±0.013	0.205±0.013	0.205±0.013	0.205±0.013	0.205±0.013	0.205±0.013	0.205±0.013	0.205±0.013	0.205±0.013
E	23.0	ND	0.191±0.001	0.081±0.001	0.303±0.020	0.303±0.020	0.303±0.020	0.281±0.010	0.281±0.010	0.281±0.010	0.281±0.010	0.281±0.010	0.281±0.010	0.281±0.010	0.281±0.010	0.281±0.010	0.281±0.010	0.281±0.010	0.281±0.010
F	28.0	ND	0.073±0.005	0.738±0.024	0.579±0.020	0.579±0.020	0.579±0.020	0.407±0.003	0.407±0.003	0.407±0.003	0.407±0.003	0.407±0.003	0.407±0.003	0.407±0.003	0.407±0.003	0.407±0.003	0.407±0.003	0.407±0.003	0.407±0.003
G	29.0	ND	0.125±0.007	0.216±0.008	0.270±0.011	0.270±0.011	0.270±0.011	0.350±0.002	0.350±0.002	0.350±0.002	0.350±0.002	0.350±0.002	0.350±0.002	0.350±0.002	0.350±0.002	0.350±0.002	0.350±0.002	0.350±0.002	0.350±0.002
H	41.0	0.146±0.010	0.210±0.010	0.366±0.005	0.469±0.007	0.469±0.007	0.469±0.007	0.775±0.008	0.775±0.008	0.775±0.008	0.775±0.008	0.775±0.008	0.775±0.008	0.775±0.008	0.775±0.008	0.775±0.008	0.775±0.008	0.775±0.008	0.775±0.008
I	32.0	ND	ND	0.236±0.004	0.043±0.001	0.043±0.001	0.043±0.001	0.330±0.009	0.330±0.009	0.330±0.009	0.330±0.009	0.330±0.009	0.330±0.009	0.330±0.009	0.330±0.009	0.330±0.009	0.330±0.009	0.330±0.009	0.330±0.009
J	25.0	ND	0.087±0.002	0.233±0.003	0.163±0.008	0.163±0.008	0.163±0.008	0.251±0.006	0.251±0.006	0.251±0.006	0.251±0.006	0.251±0.006	0.251±0.006	0.251±0.006	0.251±0.006	0.251±0.006	0.251±0.006	0.251±0.006	0.251±0.006
K	35.1	ND	0.082±0.003	0.570±0.043	0.414±0.014	0.414±0.014	0.414±0.014	0.250±0.007	0.250±0.007	0.250±0.007	0.250±0.007	0.250±0.007	0.250±0.007	0.250±0.007	0.250±0.007	0.250±0.007	0.250±0.007	0.250±0.007	0.250±0.007
L	33.0	0.110±0.017	0.102±0.013	0.726±0.075	0.535±0.014	0.535±0.014	0.535±0.014	0.338±0.001	0.338±0.001	0.338±0.001	0.338±0.001	0.338±0.001	0.338±0.001	0.338±0.001	0.338±0.001	0.338±0.001	0.338±0.001	0.338±0.001	0.338±0.001
M	40.9	0.158±0.003	0.113±0.001	0.134±0.015	0.286±0.004	0.286±0.004	0.286±0.004	0.339±0.015	0.339±0.015	0.339±0.015	0.339±0.015	0.339±0.015	0.339±0.015	0.339±0.015	0.339±0.015	0.339±0.015	0.339±0.015	0.339±0.015	0.339±0.015
Average	30.308±6.348 (19.0~41.0) ⁵⁾	0.032±0.061 (ND~0.158)	0.111±0.089 (ND~0.304)	0.294±0.241 (0.051~0.738)	0.283±0.201 (ND~0.579)	0.283±0.201 (ND~0.579)	0.283±0.201 (ND~0.579)	0.295±0.363 (ND~1.239)	0.295±0.363 (ND~1.239)	0.295±0.363 (ND~1.239)	0.295±0.363 (ND~1.239)	0.295±0.363 (ND~1.239)	0.295±0.363 (ND~1.239)	0.295±0.363 (ND~1.239)	0.295±0.363 (ND~1.239)	0.295±0.363 (ND~1.239)	0.295±0.363 (ND~1.239)	0.295±0.363 (ND~1.239)	0.295±0.363 (ND~1.239)

¹⁾Represents only the value of the information marked on the product.

²⁾FODMAP: fermentable oligosaccharides, disaccharides, monosaccharides, and polyols.

³⁾Data were expressed as mean±standard deviation (n=3).

⁴⁾ND: not detected.

⁵⁾(Minimum ~ maximum).

Table 3. The fermentable sugars and FODMAP content in carbohydrate ingredient

Sample	Fructose (g/kg)		Lactose (g/kg)		Raffinose (g/kg)		Stachyose (g/kg)		1-Kestose (g/kg)		Nystose (g/kg)		1-Fructofuranosyl nystose (g/kg)		FODMAP (g/kg)	
	Mean±SD ¹⁾	Mean±SD	Mean±SD	Mean±SD	Mean±SD	Mean±SD	Mean±SD	Mean±SD	Mean±SD	Mean±SD	Mean±SD	Mean±SD	Mean±SD	Mean±SD	Mean±SD	Mean±SD
Chicory fiber	18.877±4.320	ND	ND	61.523±3.014	78.817±5.483	29.369±2.553	39.430±6.740	50.407±2.642	50.407±2.642	50.407±2.642	50.407±2.642	50.407±2.642	50.407±2.642	50.407±2.642	50.407±2.642	278.423
Soy fiber	ND	ND	3.273±0.499	5.430±0.671	5.547±0.822	ND	17.107±1.814	18.647±0.397	18.647±0.397	18.647±0.397	18.647±0.397	18.647±0.397	18.647±0.397	18.647±0.397	18.647±0.397	27.467
Indigestible maltodextrin	ND	ND	5.430±0.671	ND	13.180±1.165	ND	16.667±1.719	17.107±1.814	17.107±1.814	17.107±1.814	17.107±1.814	17.107±1.814	17.107±1.814	17.107±1.814	17.107±1.814	52.384
Maltodextrin (DE10~15)	ND	ND	ND	16.440±0.370	16.440±0.370	ND	ND	16.533±2.083	16.533±2.083	16.533±2.083	16.533±2.083	16.533±2.083	16.533±2.083	16.533±2.083	16.533±2.083	32.973
Maltodextrin (DE15~20)	ND	ND	ND	22.553±1.491	22.553±1.491	ND	ND	27.490±1.783	27.490±1.783	27.490±1.783	27.490±1.783	27.490±1.783	27.490±1.783	27.490±1.783	27.490±1.783	50.043

¹⁾Data were expressed as mean±standard deviation (n=3).

화성 말토텍스트린 ND, 16.667, 17.107 g/kg, 말토텍스트린(DE10~15) ND, ND, 16.533 g/kg, 말토텍스트린(DE15~20) ND, ND, 27.490 g/kg이었다. 본 연구에서 분석된 탄수화물 급원 중 치커리 식이섬유에서 가장 많은 발효당이 분석된 것은 치커리 식이섬유의 50% 이상이 당의 중합도 20 이하인 프럭토올리고당으로 구성되었기 때문이다(8,9). 인위적으로 제조된 말토텍스트린은 10~20 사이의 당의 중합도로 인해 10 이하의 중합도를 가진 당은 거의 검출되지 않았다. 하지만 당의 중합도가 10~15인 원료보다 15~20 사이의 중합도를 가진 원료에서 상대적으로 프럭토올리고당(1-fructofuranosyl-nystose) 함량이 증가하였다. 이는 말토텍스트린 제조 시 효소반응에 의해 당의 중합도를 조절하기 때문에 특정 중합도만을 생산하지 못하고 낮은 중합도의 산물도 함께 포함되어 있는 것으로 생각된다(16-20).

탄수화물 급원별 총 FODMAP 함량은 치커리 식이섬유 278.423 g/kg, 대두 식이섬유 27.467 g/kg, 난소화성 말토텍스트린 52.384 g/kg, 말토텍스트린(DE10~15) 32.973 g/kg, 말토텍스트린(DE15~20) 50.043 g/kg이었다. 탄수화물 급원 중 대두 식이섬유는 가장 낮은 FODMAP 함량을 가졌으며, 치커리 식이섬유보다 대두 식이섬유를 사용한 상업용 메디컬푸드에서 설사 개선 효과가 뛰어나다는 Yim 등(3)과 Han 등(21)의 연구 결과는 FODMAP 함량 차이에 의해 일부 영향을 받았을 것으로 생각된다.

탄수화물과 FODMAP 함량의 상관성

상업용 메디컬푸드의 영양표시 기준에 따른 탄수화물의 평균 함량은 30.308 ± 6.348 g/200 mL로 그 범위는 19.0~41.0 g/200 mL였다. 상업적 메디컬푸드의 FODMAP 평균 함량은 1.397 ± 0.835 g/200 mL로 그 범위는 0.428~2.968 g/200 mL였다.

FODMAP은 탄수화물의 일종으로 메디컬푸드 제품의 탄수화물과 FODMAP 함량 간에 양의 상관관계를 가질 것으로 예상하였으나 $r=0.55$ 로 밀접한 상관성을 나타내지는 않

았다(Fig. 1). 국내의 메디컬푸드는 모두 유사한 원재료와 영양설계로 구성되어 있으나 사용되는 원재료의 종류에 따라 유래되는 FODMAP 함량이 다르기 때문에 제품에 따라 FODMAP 함량의 차이가 발생하며, 이러한 이유로 메디컬푸드의 탄수화물과 FODMAP 함량 간의 상관성이 떨어지는 것으로 보인다.

발효성 당류와 메디컬푸드 부적응증

일반적으로 발효성 당류는 prebiotics로 장내 유익균의 영양원으로 사용되지만, 장내 균 총이 불안정하면 유해균에 의해 수소가스와 메탄가스가 발생하여 설사를 유발하게 된다. 그렇기 때문에 발효성 당류 종류에 대한 영향은 매우 미미한 수준이며, 메디컬푸드 부적응증은 총 FODMAP 함량에 의존적으로 발생된다. Halmos 등(6)의 연구 결과에 따르면 FODMAP 함량이 6.2 g/200 mL인 메디컬푸드와 비교하여 2.1 g/200 mL로 FODMAP 함량을 제한한 메디컬푸드에서 부적응증인 설사의 발생 빈도가 약 42% 이상 감소되었다고 보고하였다. 본 연구에서 분석된 상업용 메디컬푸드의 FODMAP의 평균 함량은 1.397 ± 0.835 g/200 mL로 Halmos 등(6)의 연구와 비교하여 낮은 수준이었으며, 일부 제품의 경우는 FODMAP 함유량이 1.0 g/200 mL 이하인 제품도 존재하였다.

요 약

본 연구에서는 최근 연구 결과들에 기초하여 발효성 당류인 FODMAP(fermentable oligosaccharides, disaccharides, monosaccharides, and polyols)이 설사와 높은 상관성을 가지고 있을 것이라 판단하였다. 따라서 상업용 메디컬푸드와 탄수화물 급원으로부터 FODMAP 함량을 측정하였다. 상업용 메디컬푸드의 단당류(fructose)와 이당류(lactose)의 함량 범위는 각각 ND~0.158, ND~0.304 g/200 mL였다. 삼당류(raffinose)와 사당류(stachyose)의 함량 범위는 각각 0.051~0.738, ND~0.579 g/200 mL였다. 또한 프럭토올리고당의 함량 범위는 1-kestose ND~0.413 g/200 mL, nystose ND~1.239 g/200 mL, 1-fructofuranosyl-nystose 0.205~0.458 g/200 mL였다. 탄수화물 급원 중 단당류(fructose)는 치커리 식이섬유(18.877 ± 4.320 g/kg)에서만 검출되었으며, 이당류(lactose)는 모든 급원에서 검출되지 않았다. 삼당류(raffinose)의 함량은 치커리 식이섬유 61.523 ± 3.014 g/kg, 대두 식이섬유 3.273 ± 0.499 g/kg, 난소화성 말토텍스트린 5.430 ± 0.671 g/kg, 말토텍스트린(DE10~15, DE15~20)에서는 검출되지 않았다. 사당류(stachyose)의 함량은 치커리 식이섬유 78.817 ± 5.483 g/kg, 대두 식이섬유 5.547 ± 0.822 g/kg, 난소화성 말토텍스트린 13.180 ± 1.165 g/kg, 말토텍스트린(DE10~15) 16.440 ± 0.370 g/kg, 말토텍스트린(DE15~20) 22.553 ± 1.491 g/kg이었다. 프럭토올리고당(1-kestose, nystose, 1-fruc-

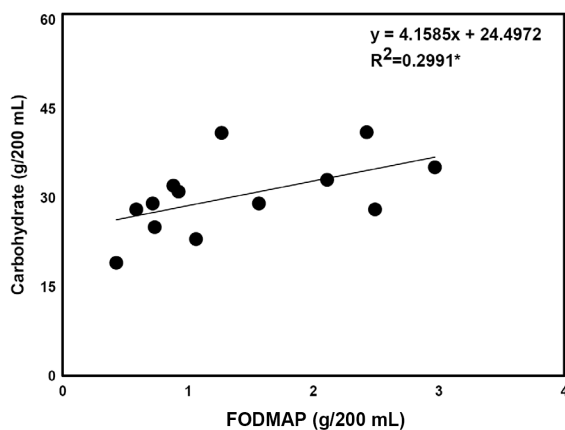


Fig. 1. Relation of carbohydrate and FODMAP content for 13 types of medical food. *Significant at the 0.05 probability level.

tofuranosylmaltose)의 함량은 치커리 식이섬유 29.369±2.553, 39.430±6.740, 50.407±2.642 g/kg, 대두 식이섬유 ND, ND, 18.647±0.397 g/kg, 난소화성 말토덱스트린 ND, 16.667±1.719, 17.107±1.814 g/kg, 말토덱스트린 (DE10~15) ND, ND, 16.533±2.083 g/kg, 말토덱스트린 (DE15~20) ND, ND, 27.490±1.783 g/kg이었다. FODMAP은 탄수화물의 일종으로 메디컬푸드 제품의 탄수화물과 FODMAP 함량 간에 양의 상관관계를 가질 것으로 예상하였으나 r=0.55로 밀접한 상관성을 나타내지는 않았다. 국내의 메디컬푸드는 모두 유사한 원재료와 영양설계로 구성되어 있으나 사용되는 원재료의 종류에 따라 유래되는 FODMAP 함량이 다르기 때문에 제품 간의 함량 차이가 있는 것으로 생각된다. 본 연구에서 측정된 상업용 메디컬푸드 제품 및 탄수화물 급원의 FODMAP 함량 분석은 상대적으로 부족한 FODMAP 정량 분석 연구에 활용될 것으로 생각되며, 나아가 경관급식의 주요 부적응증인 설사를 최소화하는 메디컬푸드의 제품개발 및 원재료 선정에 기초 자료로 활용될 것이다.

감사의 글

본 연구는 산업통상자원부와 한국산업기술진흥원의 지역특화산업육성사업으로 수행된 연구 결과입니다.

REFERENCES

- Barrett JS, Gibson PR. 2012. Fermentable oligosaccharides, disaccharides, monosaccharides and polyols (FODMAPs) and nonallergic food intolerance: FODMAPs or food chemicals?. *Therap Adv Gastroenterol* 5: 261-268.
- Guenter PA, Settle RH, Perlmutter S, Marino PL, DeSimone GA, Rolandelli RH. 1991. Tube feeding-related diarrhea in acutely III patients. *J Parenter Enteral Nutr* 15: 227-280.
- Yim JH, Cheong IH, Park TH, Lee YB, Han JH, Park JS, Lee KH, Lee SH, Ahn JB, Kim KY, Lee KH, Sohn HS. 2007. Effect of dietary fiber from soybean hull on the recovery of diarrhea in rats. *Korean J Food Sci Technol* 39: 588-592.
- Nakao M, Ogura Y, Satake S, Ito I, Iguchi A, Takagi K, Nabeshima T. 2002. Usefulness of soluble dietary fiber for the treatment of diarrhea during enteral nutrition in elderly patients. *Nutrition* 18: 35-39.
- Spapen H, Diltoer M, Van Malderen C, Opdenacker G, Suys E, Huyghens L. 2001. Soluble fiber reduces the incidence of diarrhea in septic patients receiving total enteral nutrition: a prospective, double-blind, randomized, and controlled trial. *Clin Nutr* 20: 301-305.
- Halmos EP, Muir JG, Barrett JS, Deng M, Shepherd SJ, Gibson PR. 2010. Diarrhoea during enteral nutrition is predicted by the poorly absorbed short-chain carbohydrate (FODMAP) content of the formula. *Aliment Pharmacol Ther* 32: 925-933.
- Halmos EP, Christophersen CT, Bird AR, Shepherd SJ, Gibson PR, Muir JG. 2015. Diets that differ in their FODMAP content alter the colonic luminal microenvironment. *Gut* 64: 93-100.
- de Roest RH, Dobbs BR, Chapman BA, Batman B, O'Brien LA, Leeper JA, Hebblethwaite CR, Geary RB. 2013. The low FODMAP diet improves gastrointestinal symptoms in patients with irritable bowel syndrome: a prospective study. *Int J Clin Pract* 67: 895-903.
- Geary RB, Irving PM, Barrett JS, Nathan DM, Shepherd SJ, Gibson PR. 2009. Reduction of dietary poorly absorbed short-chain carbohydrates (FODMAPs) improves abdominal symptoms in patients with inflammatory bowel disease—a pilot study. *J Crohns Colitis* 3: 8-14.
- Park KS. 2014. Can low FODMAP diet be considered as first-line therapy in the management of irritable bowel syndrome?. *Korean J Gastroenterol* 64: 311-314.
- Gibson PR, Shepherd SJ. 2009. Evidence-based dietary management of functional gastrointestinal symptoms: The FODMAP approach. *J Gastroenterol Hepatol* 25: 252-258.
- Fedewa A, Rao SS. 2014. Dietary fructose intolerance, fructan intolerance and FODMAPs. *Curr Gastroenterol Rep* 16: 370.
- Mussatto SI, Mancilha IM. 2007. Non-digestible oligosaccharides: A review. *Carbohydr Polym* 68: 587-597.
- Bankhead R, Boullata J, Brantley S, Corkins M, Guenter P, Krenitsky J, Lyman B, Metheny NA, Mueller C, Robbins S, Wessel J. 2009. Enteral nutrition practice recommendations. *J Parenter Enteral Nutr* 33: 122-167.
- Kim GH, Hwang YS, Ahn KG, Kim GP, Kim MJ, Hong SB, Moon JK, Choung MG. 2014. Determination of soluble carbohydrates in soybean seeds using high performance liquid chromatography with evaporative light scattering detection. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 43: 1062-1067.
- van Loo J, Coussement P, de Leenheer L, Hoebregs H, Smits G. 1995. On the presence of inulin and oligofructose as natural ingredients in the western diet. *Crit Rev Food Sci Nutr* 35: 525-552.
- Pollock CJ, Hall MA, Roberts DP. 1979. Structural analysis of fructose polymers by gas-liquid chromatography and gel filtration. *J Chromatogr A* 171: 411-415.
- Ganaie MA, Lateef A, Gupta US. 2014. Enzymatic trends of fructooligosaccharides production by microorganisms. *Appl Biochem Biotechnol* 172: 2143-2159.
- Kim JW, Shin HH, Kim JM, Kim YS, Pyun YR. 1994. Preparation and characterization of rice starch maltodextrin. *Korean J Food Sci Technol* 26: 819-823.
- Yook C, Kim JS, Kim JR. 1999. Production and characterization of branched maltodextrin. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 28: 172-177.
- Han JH, Lee KH, Sohn HS, Lee YB, Park JS, Oh MJ. 2008. Evaluation of enteral foods prepared with soybean dietary fiber for patients with diarrhea. *J Agri Sci Chungnam Nat'l Univ* 35: 41-51.