

패스트푸드와 가공식품의 엽산 함량*

지현정 · 김승기 · 연미영 · 현대선[§]

충북대학교 식품영양학과

Folate Content of Fast Foods and Processed Foods*

Ji, Hyun Jung · Kim, Seungki · Yon, Miyong · Hyun, Taisun[§]

Department of Food and Nutrition, Chungbuk National University, Cheongju 361-763, Korea

ABSTRACT

A trienzyme extraction method (use of α -amylase, protease and folate conjugase) for food folate assay has been used to release folate from the food matrix. In order to reduce the incubation time with three enzymes, folate values were compared between two incubation protocols; separate incubation (SI, incubated with α -amylase and conjugase separately for 2 hours after protease treatment) and combined incubation (CI, incubated with α -amylase and conjugase together for 2 hours after protease treatment) using 88 food items from 12 kinds of fast foods and processed foods. We found that folate values by CI were comparable to or higher than those by SI, indicating that CI might be a better extraction procedure to shorten the entire incubation time. We measured folate contents in 49 fast foods and 26 processed foods by microbiological assay after CI. Mean folate contents of one serving of various burgers ranged from 43.1 to 62.0 μ g. One serving of French fries, pizza, sandwich and triangled kimbab contained a mean of 53.3, 28.4, 47.4, and 25.7 μ g of folate, respectively. Folate contents of non-alcoholic beverages were very low, ranging from 1.0 to 5.2 μ g/100 g. Some of our values were comparable to the values in the folate database published in Korean Nutrition Society, however, some of the published values were 140 times higher than the measured values in this study. Folate values measured by the more recent modifications here can be used to update Korean folate database to accurately estimate dietary folate intake (Korean J Nutr 2009; 42(4): 397~405)

KEY WORDS: folate, trienzyme, fast foods, processed foods, food folate assay.

서 론

엽산 (folate)은 체내에서 비타민 활성을 나타내는 pteric acid의 모든 유도체를 일컫는 용어로, 기본 형태는 pteric acid에 L-glutamic acid 한 분자가 결합된 pteroylmonoglutamic acid (PteGlu, folic acid)이다. 그러나 식품이나 세포내에 존재하는 엽산의 주된 형태는 dihydro- 또는 tetrahydro-와 같은 환원된 형태이며, 여기에 다양한 단일탄소 단위가 결합되고, glutamic acid가 1~6개 정도 추가로 연결된 pteroylpolyglutamic acid (PteGlu)이다.¹⁾

엽산은 주로 단백질과 결합되어 있기 때문에,²⁾ 식품 중

의 엽산을 분석하는 전통적인 방법은 먼저 엽산 결합단백질로부터 엽산을 유리시키기 위해서 가열을 하고, folate conjugase를 처리하여 polyglutamate 형태를 mono- 또는 di-glutamate 형태로 만든 후 미생물학적 분석을 하는 것이다.³⁾ 그러나 1983년 식품 중의 엽산은 탄수화물과도 결합되어 있어 탄수화물이 높은 식품의 경우 α -amylase와 folate conjugase를 함께 사용할 필요가 있다는 것이 보고되었고,⁴⁾ 1990년에는 엽산을 분석하기 전에 α -amylase, protease, folate conjugase의 세가지 효소를 식품시료에 처리한 경우 folate conjugase 만을 처리한 시료에서보다 엽산 함량이 증가된 것이 보고되었다.^{5,6)} 그 이후부터 식품 중의 엽산을 측정하기 위해서는 식품시료를 먼저 가열한 후 세가지 효소를 처리하는 trienzyme 방법이 널리 사용되고 있다.⁷⁾

그런데 엽산함량을 측정한 연구들을 살펴보면 세가지의 다른 효소를 처리함에 있어서 연구자에 따라 효소의 처리 순서와 방법을 매우 다르게 사용하고 있음을 알 수 있다.⁷⁾

접수일 : 2009년 4월 4일 / 수정일 : 2009년 5월 10일

채택일 : 2009년 5월 20일

*This work was supported by the research grant of the Chungbuk National University.

[§]To whom correspondence should be addressed.

E-mail : taisun@chungbuk.ac.kr

즉, 대부분의 실험에서는 세가지의 효소를 각각 처리하였으나, 효소 처리 시간을 절약하기 위해 그 중 두가지 효소 즉 α -amylase와 conjugase,⁸⁻¹¹⁾ 또는 α -amylase와 protease¹²⁾를 함께 처리하기도 하고, 세가지 효소를 동시에 처리하기도 하였다.¹³⁾ 그러나 protease는 다른 효소를 불활성화시킬 수 있으므로 함께 처리하는 것은 바람직하지 않을 것으로 생각되며, 실제 protease와 α -amylase를 함께 처리한 경우^{12,13)} trienzyme 방법이 folate conjugase만을 사용한 방법보다 엽산 함량을 증가시키지 못하였다.

지금까지 국내에서 trienzyme을 이용하여 식품 중의 엽산 함량을 분석한 연구로는 가임기 여성의 엽산 급원식품 70종의 식품으로부터 엽산을 분석한 연구¹⁴⁾와 한국인 상용식품 생 것 110종과 가열한 것 32종을 분석한 연구가 있다.^{15,16)} 우리나라에서 널리 사용되고 있는 식품성분표^{17,18)}의 전체 식품 수는 거의 3,000여개로 이에 비하면 엽산 함량을 실제 분석한 식품의 수는 매우 적고, 비슷한 식품의 경우 엽산 함량을 분석값으로 대체한다 하더라도 전체 2,932개 식품 중 14.4%의 식품에 불과하였다.¹⁹⁾

1999년 대학생을 대상으로 식이섭취조사를 실시한 연구에 따르면 엽산섭취에 기여도가 높은 식품 중에서 햄버거가 남자의 경우 9위, 여자의 경우 15위로 나타났다.²⁰⁾ 햄버거 등의 페스트푸드와 가공식품은 어린이, 청소년, 대학생 등 젊은 연령층에 있어서 섭취량이 점차 증가하여 2005년 국민건강영양조사 결과에 따르면 7~29세의 연령층에 있어서 햄버거/샌드위치가 에너지, 단백질, 지방, 철, 나이아신, 나트륨 각각의 급원식품 중 30위 이내에 속하는 것으로 나타났다.²¹⁾ 이들 식품으로부터의 엽산 기여도는 앞으로 점차 높아질 것으로 예상되며, 따라서 국내에서 판매되는 페스트푸드와 다양한 가공식품의 엽산 함량을 측정하여 식품영양가표에 반영할 필요가 있다.

본 연구의 목적은 두가지로 첫째는 식품 중의 엽산 함량을 측정하기 위하여 trienzyme을 처리하는 과정에서 α -amylase와 folate conjugase를 동시에 처리하는 방법과 기존의 방법대로 세가지 효소를 각각 처리하는 방법을 비교해 보아 엽산 측정 방법을 개선해 보고자 하였다. 둘째는 페스트푸드와 편의점에서 판매되는 즉석식품, 가공식품, 음료 등에 함유되어 있는 엽산 함량을 분석하여 엽산의 데이터베이스를 보완하기 위한 자료를 제공하고자 하였다.

연구방법

분석식품 구입 및 시료제조

시장점유율이 높은 페스트푸드점 5개 업체와 피자전문

점 2개 업체로부터 각 업체의 주요 메뉴 3~8가지를 선정하고, 반복 실험을 위하여 같은 제품을 3주일 간격으로 2회 구입하였다. 편의식품으로는 전국에 매장이 있는 대표적인 편의점 3곳을 선정하여 판매량이 높은 샌드위치와 삼각김밥을 구입하였고, 가공식품으로는 캔옥수수, 만두, 컵라면, 소시지, 햄, 어묵, 소스류, 음료류 등 총 26종에 대하여 제조회사가 다른 식품을 각각 3가지 이내로 구입하였다.

햄버거, 피자, 샌드위치, 김밥은 구입 후 3시간 이내에 전체중량의 1/2~1/8 정도를 잘라 중량을 측정 후 1% sodium ascorbate를 함유한 0.1 M potassium phosphate buffer (pH 4.0)로 5배 희석하여 blender (type HR 1700, Philips)를 이용하여 균질화한 후 5 mL씩 덜어 다시 buffer로 2배 희석하였다. 가공식품은 전체 중량을 측정하고 2~5 g 정도의 식품 중량을 정확히 측정 후 buffer로 2~10배 정도로 희석하였다. 희석하여 잘 섞은 시료는 소량으로 나누어 분석시까지 -70°C에 보관하였다.

효소처리

엽산을 추출하기 위해 사용한 효소용액은 다음과 같이 제조하였으며, 자세한 방법은 선행연구에 보고되어 있다.¹⁵⁾ Protease (P5147, Sigma Chemical Co. USA)와 α -amylase (A6211, Sigma Chemical Co. USA) 용액은 40 mg/mL 농도로 제조하였고, folate conjugase는 쥐의 혈청을 이용하였으며, α -amylase 용액과 쥐의 혈청은 charcoal을 넣고 교반하여 내인성 folate를 제거하였다.

균질화한 식품시료는 실온에서 해동시킨 후 두 개의 tube에 각각 일정량을 취하여 넣고, 37°C에서 2시간동안 protease 처리를 한 후, 100°C에서 10분간 끓여 protease의 효소작용을 정지시킨 후 하나는 기존의 방법처럼 α -amylase를 2시간동안 처리한 후 원심분리하여 상층액에 conjugase를 2시간 처리하였고 (separate incubation, SI), 다른 하나는 α -amylase와 folate conjugase를 함께 넣고 2시간 처리한 후 원심분리하는 방법 (combined incubation, CI)으로 처리하였다. 두가지 방법의 실험절차는 Fig. 1과 같다.

엽산 분석

효소처리 후 냉동보관 하였던 시료를 실온에서 해동한 후 *Lactobacillus casei* (ATCC 7469)를 이용한 미생물학적 방법으로 분석하였다.²²⁾

자료 분석

모든 분석 값은 평균과 표준편차로 제시하였으며, 두가지 다른 방법으로 trienzyme을 처리한 후 엽산 값에 차이

가 있는지 알아보기 위해서는 SAS program을 이용하여 paired t-test로 검증하였다.

결 과

Trienzyme 방법에서 효소처리 과정의 개선

Table 1은 식품의 엽산 함량을 분석할 때 α -amylase와 conjugase를 각각 처리하는 방법 (SI)과 α -amylase와 conjugase를 동시에 처리하는 방법 (CI)의 두가지로 나누어 분석하고 엽산 함량을 비교한 결과이다. 12종 88개 식품의 엽산 함량을 비교한 결과 식품의 종류에 따라 두 방법 간에 -6.5%에서 34.0%까지의 차이를 보였으며, 각 종류별로 paired t-test를 한 결과 9종에서는 유의적 차이를

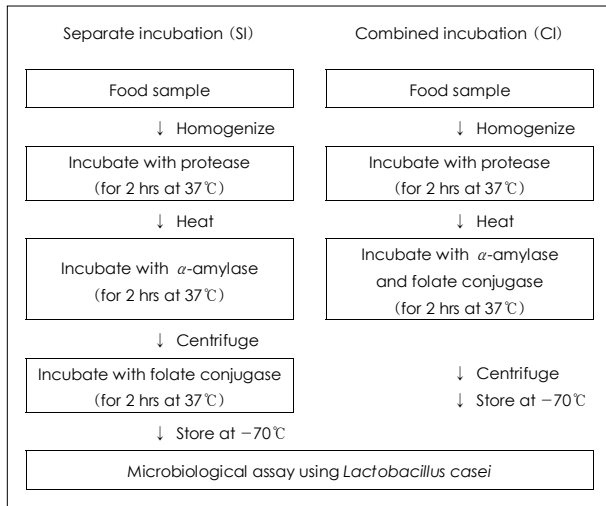


Fig. 1. Flow chart of food folate assay.

볼 수 없었고, 3종에서만 CI 방법이 SI 방법에 비해 유의적으로 높았다. 따라서 두가지 다른 방법으로 효소처리를 하여도 엽산 함량에는 큰 차이가 없었으며, 오히려 효소를 동시에 처리하였을 때 엽산 함량이 유의적으로 높은 시료가 있었다.

패스트푸드와 가공식품의 엽산 함량

Table 2는 패스트푸드의 엽산 함량을 CI 방법으로 측정하고, 식품 종류별로 평균을 구한 결과이다. 5개 패스트푸드점에서 수집한 버거의 100 g당 평균 엽산 함량은 햄버거 29.0 μ g, 치즈버거 35.6 μ g, 불고기버거 34.4 μ g, 새우버거 33.5 μ g, 치킨버거 29.3 μ g, 휘시버거 31.7 μ g 이었다. 버거 1개의 중량은 105~277 g으로 매우 차이가 많았으며, 1개당 엽산의 함량을 계산해 보면 종류에 따라 평균 43.1~62.0 μ g이었다.

비스킷의 엽산 함량은 100 g당 28.1 μ g이었으며, 1개당 14.9 μ g이었다. 5개 패스트푸드점에서 판매되는 감자튀김의 엽산 함량은 100 g당 평균 49.1 μ g이었으며, 1회 분량 당 평균 53.3 μ g이었다. 피자는 2개점 6종류의 평균 엽산 함량은 100 g당 29.7 μ g이었으며, 중간크기의 피자 한 조각당 평균 28.4 μ g이었다. 편의점에서 구입한 샌드위치와 삼각김밥은 종류가 다양하여 엽산 함량에도 차이가 많았다. 샌드위치의 엽산 함량은 100 g당 16.8~46.0 μ g이었으며, 1회 분량당 평균 47.4 μ g이었고, 삼각김밥은 대부분 1회 분량이 100 g 정도로 엽산 함량은 1회 분량당 평균 25.7 μ g이었다.

Table 3은 가공식품의 엽산 함량을 CI 방법으로 분석한 결과이다. 분석한 가공식품 중 100g 당 엽산 함량이 가장

Table 1. Mean folate content in foods measured after separate incubation (SI) or combined incubation (CI)

Food	Number of samples	Folate (μ g/100 g)		% Difference ¹⁾	t-value
		SI	CI		
Hamburger	8	25.8 \pm 5.3 ²⁾	29.0 \pm 7.6	12.4	1.55
Cheese burger	6	31.1 \pm 7.7	35.6 \pm 7.0	14.5	4.03*
Bulgogi burger	6	29.2 \pm 9.7	34.4 \pm 9.9	17.8	2.29
Shrimp burger	4	25.0 \pm 3.7	33.5 \pm 7.0	34.0	3.30*
Chicken burger	18	26.2 \pm 9.4	29.3 \pm 8.8	11.8	3.55**
French fries	10	47.2 \pm 11.6	49.1 \pm 9.1	4.0	1.24
Pizza	12	26.8 \pm 10.4	29.7 \pm 5.2	10.8	0.08
Sandwich	6	27.8 \pm 9.3	31.6 \pm 10.7	13.7	1.21
Triangled kimbab	9	23.5 \pm 2.5	24.3 \pm 5.9	3.4	0.35
Sweet corn, canned	3	80.5 \pm 11.8	89.5 \pm 24.8	11.2	0.66
Frozen dumpling	3	86.0 \pm 38.9	80.8 \pm 12.2	-6.0	-0.31
Ham	3	12.3 \pm 5.4	11.5 \pm 4.1	-6.5	-1.09

1) % Difference = (folate values after CI - folate value after SI) \div folate values after SI \times 100

2) Mean \pm SD

*: p < 0.05, **: p < 0.01 significantly different by paired t-test

Table 2. Folate content in fast foods

Food	Restaurant or store	Name	Number of samples	Folate ($\mu\text{g}/100\text{g}$)	Serving Size (g)	Folate ($\mu\text{g}/\text{servings}$)
Hamburger	Burger King	Hamburger	2	$23.3 \pm 1.0^{(1)}$	110	25.6
	McDonald	Hamburger	2	37.3 ± 1.2	105	39.2
	Burger King	Whopper	2	21.7 ± 6.0	263	57.1
	McDonald	Big Mac	2	33.7 ± 2.9	212	71.4
	Mean		(4) ^a	29.0 ± 7.7	173	48.3
Cheese burger	Burger King	Cheese burger	2	28.9 ± 1.9	123	35.5
	McDonald	Cheese burger	2	34.4 ± 4.3	120	41.3
	Lotteria	Cheese burger	2	43.5 ± 0.4	120	52.2
	Mean		(3)	35.6 ± 7.4	121	43.0
Bulgogi burger	Burger King	Bulgogi Whopper Jr	2	22.0 ± 2.2	271	59.6
	Lotteria	Bulgogi burger	2	38.3 ± 1.2	153	58.6
	McDonald	Bulgogi burger	2	43.0 ± 0.5	158	67.9
	Mean		(3)	34.4 ± 11.0	194	62.0
Shrimp burger	Lotteria	Shrimp burger	2	32.8 ± 0.6	158	51.8
	McDonald	Shrimp burger	2	34.2 ± 12.0	172	58.8
	Mean		(2)	33.5 ± 1.0	165	55.3
Chicken burger	Lotteria	Chicken burger	2	24.0 ± 6.9	141	33.8
	KFC	Chicken bulgogi burger	2	28.9 ± 5.2	163	47.1
	KFC	Chicken filet burger	2	28.9 ± 6.2	169	48.8
	KFC	Chicken zinger burger	2	22.1 ± 0.7	226	49.9
	Popeyes	Chicken burger	2	35.2 ± 5.2	145	51.0
	Popeyes	Kajun tong sandwich	2	23.1 ± 4.4	223	51.5
	Popeyes	Filet sandwich	2	34.8 ± 17.1	178	61.9
	KFC	Chicken tower burger	2	23.1 ± 3.0	277	64.0
	McDonald	McChicken	2	43.1 ± 4.9	160	69.0
	Mean		(9)	29.3 ± 7.2	187	53.0
Fish burger	McDonald	Fish burger	2	31.7 ± 3.8	136	43.1
Biscuit	Popeyes	Butter milk biscuit	2	28.1 ± 0.8	53	14.9
French fries	KFC	French fries	2	45.8 ± 6.6	101	46.3
	Lotteria	French fries	2	43.4 ± 7.7	78	33.9
	McDonald	French fries	2	46.2 ± 10.2	104	48.0
	Burger King	French fries	2	58.2 ± 15.8	125	72.8
	Popeyes	French fries	2	51.9 ± 2.1	126	65.4
	Mean		(5)	49.1 ± 6.0	107	53.3
Pizza	Domino	Super delux pizza	2	35.1 ± 0.9	63	22.1
	Domino	Bulgogi pizza	2	26.6 ± 6.5	71	18.9
	Domino	Bacon cheddar cheese pizza	2	28.1 ± 5.3	74	20.8
	Pizza hut	Rich gold II super supreme pizza	2	26.5 ± 1.7	118	31.3
	Pizza hut	Rich gold I extrima	2	29.0 ± 4.3	132	38.3
	Pizza hut	Rich gold II bulgogi pizza	2	32.9 ± 8.6	118	38.8
	Mean		(6)	29.7 ± 3.5	96	28.4
Sandwich	Buy the way	Chicken chile sandwich	1	16.8	128	21.5
	Buy the way	Kreme salad sandwich	1	22.2	103	22.9
	LG25	Bacon potato sandwich	1	31.6	149	47.1
	LG25	Sandwich	1	39.1	103	40.3
	Family mart	Sandwich	1	34.1	163	55.6
	Family mart	Ham potato salad sandwich	1	46.0	211	97.1
	Mean		(6)	31.6 ± 10.7	143	47.4

Table 2. Continued

Food	Restaurant or store	Name	Number of samples	Folate ($\mu\text{g}/100\text{ g}$)	Serving Size (g)	Folate ($\mu\text{g}/\text{servings}$)
Triangled kimbab	Buy the way	Kimchi beef	1	39.6	105	41.6
	Buy the way	Tuna mayonnaise	1	23.8	106	25.2
	Buy the way	Tuna kimchi saute	1	20.0	105	21.0
	LG25	Chunju bibimbob	1	21.9	107	23.4
	LG25	Kimchi saute	1	21.2	105	22.3
	LG25	Tuna kochujang	1	21.5	110	23.7
	Family mart	Chunju bibimbob	1	25.1	103	25.9
	Family mart	Bulgogi kimchi	1	22.5	103	23.2
	Family mart	Tuna kochujang	1	22.7	112	25.4
	Mean			(9)	24.3 \pm 5.9	106

1) Mean \pm SD

2) Mean folate content of 4 different types of hamburgers

Table 3. Folate content in processed foods

Food group	Food	Number of samples	Folate ($\mu\text{g}/100\text{ g}$)
Processed foods	Sweet corn, canned	3	89.5 \pm 24.8 ¹⁾
	Dumpling, frozen	3	80.8 \pm 12.2
	Chajang, retort pouched	2	14.9 \pm 0.6
	Curry, retort pouched	1	11.1
	Cup ramen	2	33.3 \pm 2.2
	Sausage	2	19.6 \pm 1.8
	Vienna sausage	3	11.7 \pm 1.3
	Ham	3	11.5 \pm 4.1
	Fish paste, fried	3	10.7 \pm 2.3
	File fish, dried	2	26.5 \pm 16.5
	Common squid, dried	3	13.8 \pm 0.2
	Pound cake	1	21.8
	Chocopie	2	6.3 \pm 0.0
	Cucumber, pickled	1	5.6
Sauces	Pork cutlet sauce	2	11.6 \pm 1.3
	Mustard sauce	3	6.9 \pm 0.9
	Mayonnaise	3	6.2 \pm 0.8
Beverages	Tak ju (rice liquor)	3	6.4 \pm 1.8
	Citron tea	2	5.2 \pm 1.8
	Green tea	2	4.6 \pm 0.0
	Sikhye, canned	1	3.3
	Coffee, canned	2	2.4 \pm 0.3
	Black tea, canned	1	2.2
	Rice drink	2	2.0 \pm 0.4
	Sujunggwa	1	1.0
	Aloe drink	2	1.0 \pm 0.1

1) Mean \pm SD

높은 식품은 캔옥수수였는데 89.5 μg 이었고 다음으로 냉동만두는 80.8 μg 이었다. 레포르뜨 짜장과 커리는 각각 14.9 μg 과 11.1 μg 이었고 컵라면은 33.3 μg 이었다. 소시지의 엽산 함량은 19.6 μg 이었고 비엔나소시지와 햄은

각각 11.7 μg 과 11.5 μg 이었으며 튀긴어묵의 엽산 함량은 10.7 μg 이었다. 또한 마른 식품으로 쥐포와 오징어포의 엽산 함량을 분석하였는데 쥐포는 26.5 μg 이었고 오징어포는 13.8 μg 이었다. 파운드케익은 21.8 μg 이었고 초코파이는 6.3 μg 이었다. 또한 주로 피자과 함께 섭취하는 피클의 엽산 함량은 5.6 μg 이었다. 소스 중에서는 돈까스 소스 11.6 μg , 머스터드 소스 6.9 μg , 마요네즈 6.2 μg 이었다. 주류로는 막걸리 한가지 식품을 분석하였는데 6.4 μg 이었다. 음료의 엽산 함량은 대체로 매우 낮은 것으로 나타났다. 그 중 유자차가 5.2 μg 으로 가장 높았고 녹차추출액 4.6 μg , 캔식혜 3.3 μg , 캔커피 2.4 μg , 캔홍차 2.2 μg , 쌀음료 2.0 μg 으로 엽산함량이 낮았다. 또한 수정과와 알로에 음료는 1.0 μg 으로 엽산 함량이 가장 낮았다.

Table 4는 본 연구에서 CI 방법으로 측정된 엽산 함량과 한국인영양권장량¹⁷⁾에 수록되어 있는 식품영양가표의 엽산 함량을 비교한 것이다. 소스류 중 돈까스 소스와 머스터드 소스는 식품영양가표에 969 μg 으로 매우 높게 수록되어 있었으나 실제 분석값은 11.6 μg 과 6.9 μg 으로 분석값의 83.5배, 140.4배이었다. 유자차는 분석값의 26배, 오이 피클 8.9배, 초코파이 4.8배, 오징어포 3.7배로 분석값보다 높았다. 또한 냉동만두는 식품영양가표에 4 μg 으로 수록되어 있어 분석값인 80.8 μg 에 비해 0.05배로 매우 낮았다. 캔커피는 분석값의 0.04배, 막걸리 0.06배, 마요네즈 0.06배 등으로 실제 분석값보다 매우 낮게 수록되어 있었다.

고 찰

Trienzyme 방법에서 효소처리 과정의 개선

1990년부터 2005년까지 trienzyme 처리를 한 후 식품 중의 엽산을 분석하여 보고한 35편의 논문에 기술되어

Table 4. Comparison of mean folate content in this study (CI) and in the current database¹⁾

Food group	Food	Folate ($\mu\text{g}/100\text{ g}$)		Ratio ²⁾
		CI	Current database	
Fast foods	Hamburger	27.8	12.0–28.0	0.4–1.0
	Bulgogi burger	33.0	28.0	0.8
	Shirimp burger	33.5	28.0	0.8
	Cheese burger	35.6	17.0–26.0	0.5–0.7
	Chicken burger	29.5	16.0–28.0	0.5–0.9
	Butter milk biscuit	28.1	8.0	0.3
	French fries	49.1	29.0	0.6
	Pizza	29.7	34.0–74.0	1.1–2.5
	Sandwich	31.6	25.0–49.0	0.8–1.6
Processed foods	Sweet corn, canned	89.5	38.1	0.4
	Frozen dumpling	80.8	4.0	0.05
	Chajang, retort pouched	14.9	15.0	1.0
	Curry, retort pouched	11.1	36.7	3.3
	Cup ramyun	33.3	17.6	0.5
	Sausage	19.6	4.0	0.2
	Vienna sausage	11.7	4.0	0.3
	Ham	11.5	9.0	0.8
	Fish paste, fillet, fried	10.7	1.9	0.2
	File fish, dried	26.5	49.4	1.9
	Common squid, dried	13.8	50.5	3.7
	Pound cake	21.8	30.0	1.4
	Chocopie	6.3	30.0	4.8
	Cucumber, pickled	5.6	49.8	8.9
Sauces	Pork cutlet sauce	11.6	969.0	83.5
	Mustard sauce	6.9	969.0	140.4
	Mayonnaise	6.2	1.2	0.06
Beverages	Tak ju (rice liquor)	6.4	0.4	0.06
	Citron tea	5.2	135.3	26.0
	Green tea	4.6	1.7	0.4
	Sikhye, canned	3.3	0.5	0.2
	Coffee, canned	2.4	0.1	0.04
	Black tea, canned	2.2	130.0	59.1

1) The Korean Nutrition Society¹⁷⁾

2) Ratio = folate value in the current database/folate value in this study

있는 실험방법을 조사한 결과 trienzyme 방법은 표준화된 방법이 없이 연구자에 따라 실험순서와 방법을 다양하게 사용하고 있었다.⁷⁾ 본 연구에서는 효소 처리 시간을 절약하기 위해 두가지 효소 즉 α -amylase와 folate conjugase를 동시에 처리하는 방법과 기존의 방법대로 세가지 효소를 각각 처리하는 방법을 비교해 보았으며, 그 결과 두가지 다른 방법으로 효소처리를 하여도 엽산 함량에는 큰 차이가 없음을 알게 되었다 (Table 1). 오히려 효소를 동시에 처리하였을 때 엽산 함량이 유의적으로 높은 시료가 있었는데, 이는 효소 처리시간이 단축됨으로 인해 엽산의 손실이 적었기 때문인 것으로 보인다.

또한 trienzyme 처리를 한 35편의 논문에서 실험방법의 공통점은 식품 시료를 균질화 시킨 후 효소 처리하기 전에 가열을 한 것이다.⁷⁾ 전통적인 방법에서는 엽산결합 단백질로부터 엽산을 유리시키기 위해서 가열을 하였으나, trienzyme 방법에서는 protease 처리를 하게 되므로 가열할 필요가 없을 것으로 생각되었다. 이 가열을 실험한 결과 trienzyme 처리를 할 경우에는 가열을 하지 않는 경우가 가열을 하는 경우보다 오히려 엽산 함량이 높은 것으로 나타났다.⁷⁾ 즉 가열처리를 함으로써 오히려 엽산이 파괴될 염려가 있으므로 가열하지 않고 protease만을 처리해도 된다는 것을 알게 되었다.

위의 결과를 바탕으로 본 연구에서는 지금까지의 trienzyme 방법과는 달리 식품시료를 균질화 시킨 후, 가열과정 없이 바로 protease 처리를 한 후 α -amylase와 folate conjugase를 동시에 처리하는 개선된 방법으로 패스트푸드와 가공식품 중의 엽산 함량을 분석하게 되었다. 기존의 방법은 세 개의 효소를 각각 2시간씩 처리함으로써 하루에 세가지 효소를 모두 처리하기에 시간적인 어려움이 있었으나, 개선된 방법은 식품시료를 균질화시킨 후 효소 처리 과정을 2회만 실시함으로써 하루에 효소 처리를 끝낼 수 있게 되었다.

패스트푸드와 가공식품의 엽산 함량

본 연구에서는 국내에서 trienzyme 방법으로 분석된 바가 없고 한국인이 자주 섭취하여 엽산 섭취량에 영향을 미칠 것으로 여겨지는 패스트푸드와 가공식품을 선정하여 이들 식품의 엽산 함량을 분석하였다. 5개 패스트푸드점에서 수집한 햄버거, 치즈버거, 불고기버거, 새우버거, 치킨버거, 휘시버거 등 버거 6종의 평균 엽산 함량은 100 g당 29.0~35.6 μ g으로 종류별로 큰 차이가 없었다. 그러나 버거 1개의 중량은 105~277 g으로 큰 차이를 나타내 1개당 엽산의 함량을 계산해 보면 종류에 따라 평균 43.1~62.0 μ g이었다. 피자의 경우 1 조각이 평균 28.4 μ g이었으므로 두 조각 정도를 섭취한 것으로 계산해 보았을 때 엽산 섭취량이 56.8 μ g으로 나타나 이들 식품으로 한 끼 식사를 했을 때는 성인의 엽산 권장섭취량인 400 μ g의 1/3에 훨씬 부족하게 섭취하게 된다는 것을 알 수 있다. 반면 밥 1공기 (210 g)에는 19 μ g, 김치 1접시 (40 g)에는 46 μ g의 엽산이 들어 있어 한국음식의 기본인 밥과 김치만 먹어도 65 μ g의 엽산을 섭취하게 되며, 여기에 다양한 채소를 곁들인 반찬을 함께 먹으면 한 끼에 100~150 μ g의 엽산을 쉽게 섭취할 수 있게 된다.¹⁹⁾

2002년 Johnston 등은 미국에서 판매되는 56종의 패스트푸드의 엽산 함량을 trienzyme 방법으로 분석하여 보고하였는데,²³⁾ 23종의 햄버거의 1개 중량은 88~318 g이었고, 1개당 엽산 함량은 평균 314 μ g으로 본 연구 결과보다 매우 높았다. 또한 본 연구에서 분석한 햄버거와 같은 종류의 햄버거 6종의 엽산 함량을 비교한 결과 본 연구 결과 보다 약 80~185 μ g 높은 것으로 나타났다. 또한 피자의 경우에도 같은 피자 2종에 대하여 엽산 함량을 비교한 결과 80~135 μ g 더 높았다. 이는 미국의 경우 1998년부터 밀가루 100 g 당 140 μ g의 엽산을 의무적으로 강화하고 있기 때문으로,²⁴⁾ USDA의 영양소 데이터베이스에 의하면 밀가루 100 g 당 식품 자체에는 29 μ g이 들어 있으나

folic acid 형태로 첨가된 엽산이 154 μ g으로 엽산 강화 밀가루의 총 엽산 함량은 183 μ g으로 보고되어 있다.²⁵⁾ 반면 우리나라의 밀가루에는 100 g 당 16 μ g이 들어 있다고 보고되었다.¹⁵⁾ 따라서 한국과 미국에서 판매되는 햄버거는 같은 브랜드라 하더라도 매우 큰 차이가 있음을 알 수 있다.

본 연구에서 분석한 패스트푸드 중 100 g 당 엽산 함량이 가장 높았던 것은 감자튀김이었다. 감자튀김의 평균 엽산 함량은 49.1 μ g으로 나타났는데, 이는 생감자와 삶은 감자의 엽산 함량이 각각 27.3 μ g, 21.2 μ g이었던 것에 비하면 중량 차이를 감안하더라도 높은 수준이었다.¹⁹⁾ 그런데 미생물학적 방법으로 식품의 엽산을 분석할 때 사용하는 *Lactobacillus casei*는 일부 지방산에 의해 성장이 촉진된다는 연구결과²⁶⁻²⁸⁾로 미루어 볼 때 감자튀김의 지방이 *L. casei*의 성장에 영향을 미쳐 실제 감자튀김의 엽산 함량보다 과대 평가되었을 수도 있을 것으로 생각되어 이에 대한 추가 연구가 필요할 것이다.

본 연구에서 분석한 가공식품 중 캔옥수수과 냉동만두를 제외하고는 대체로 엽산 함량이 낮은 수준이었으며, 특히 음료의 경우 100 g당 엽산 함량이 1.0~5.2 μ g 정도로 매우 낮았다.

분석한 햄버거의 엽산 함량을 한국인영양권장량¹⁷⁾에 수록되어 있는 식품영양가표의 엽산 함량과 비교하였는데, 본 연구에서 분석한 햄버거의 엽산 함량은 식품영양가표에 수록된 값과 비슷한 편이었고 피자는 약간 낮았다. 가공식품 중 식품영양가표의 엽산 함량이 분석값보다 매우 낮았던 식품은 캔커피 (0.04배), 만두 (0.05배), 마요네즈 (0.06배), 막걸리 (0.06배) 등이었고, 분석값보다 훨씬 높았던 식품은 겨자소스 (140.4배), 돈까스소스 (83.5배), 홍차 (59.1배), 유자차 (26.0배), 오이피클 (8.9배), 초코파이 (4.8배) 등이었다. 현재 사용하고 있는 식품영양가표에 포함된 가공식품의 엽산 함량이 모두 외국 자료를 대체한 값이기 때문에 실제 분석값과는 매우 다른 것을 알 수 있었으며, 보다 정확한 식품영양가표를 작성하기 위해서는 한국인이 자주 섭취하는 식품부터 엽산 함량을 실제로 분석하여 보완해 나갈 필요가 있다고 여겨진다.

요 약

본 연구에서는 식품 중의 엽산을 추출하기 위한 trienzyme 방법을 개선하기 위하여 α -amylase와 folate conjugase를 동시에 처리하는 방법 (CI)과 기존의 방법대로 protease, α -amylase, folate conjugase 세가지 효소를 각각 처리하

는 방법 (SI)을 비교해 보았으며, 개선된 방법을 이용하여 페스트푸드와 가공식품에 들어있는 엽산 함량을 분석하였다.

1) 12종 88개 식품에 대하여 엽산을 추출하기 위한 기존의 방법 (SI)과 두가지 효소를 동시에 처리하는 CI 방법으로 엽산 함량을 비교한 결과 식품의 종류에 따라 두 방법간에 -6.5%에서 34.0%까지의 차이를 보였다. 식품의 종류별로 paired t-test를 한 결과 9종에서는 유의적 차이를 볼 수 없었으며, 3종에서는 CI 방법이 SI 방법에 비해 유의적으로 높은 것으로 나타났다. 이는 효소 처리시간이 단축됨으로 인해 엽산의 손실이 적었기 때문인 것으로 보이며, 따라서 실험시간을 절약할 수 있는 CI 방법을 활용하는 것이 바람직하겠다.

2) CI 방법으로 식품 중의 엽산을 추출하고 미생물학적 방법으로 엽산 함량을 분석한 결과 햄버거의 100 g당 평균 엽산 함량은 29.0 μg , 치즈버거 35.6 μg , 불고기버거 34.4 μg , 새우버거 33.5 μg , 치킨버거 29.3 μg , 휘시버거 31.7 μg 이었다. 비스킷의 엽산 함량은 28.1 μg , 감자튀김은 49.1 μg 이었고, 피자 29.7 μg , 샌드위치 31.6 μg , 삼각김밥 24.3 μg 으로 나타났으며, 이 값을 1회 분량으로 환산하면 버거종류는 43.1~62.0 μg , 감자튀김 53.3 μg , 피자 28.4 μg , 샌드위치 47.4 μg , 삼각김밥 25.7 μg 이었다.

3) 가공식품 26종의 엽산함량을 측정된 결과 100 g 당 엽산 함량이 가장 높은 식품은 캔옥수수 89.5 μg 이었고 다음으로는 냉동만두가 80.8 μg 이었다. 그 외의 가공식품으로 소시지는 19.6 μg , 비엔나소시지 11.7 μg , 햄 11.5 μg , 튀김어묵 10.7 μg 등으로 측정되어 가공식품의 엽산 함량은 대체로 낮은 수준이었으며, 음료의 엽산 함량은 100 g당 1.0~5.2 μg 으로 매우 낮았다.

4) 본 연구에서 분석한 페스트푸드와 가공식품, 소스, 음료 등 32종의 엽산 함량을 기존의 식품영양가표와 비교하였을 때 식품영양가표의 엽산값은 분석값과 비슷한 경우도 있었으나 0.04~140배 까지 차이가 매우 큰 경우도 있었다.

본 연구에서 분석한 식품 중의 엽산 함량은 우리나라 사람들의 엽산 섭취량을 파악하고자 할 때 기초자료로 활용될 수 있을 것이며, 어린이, 청소년, 젊은 성인층에서 섭취량이 점차 증가하고 있는 페스트푸드와 새롭게 개발되는 가공식품의 엽산 함량을 앞으로도 지속적으로 분석하여 이를 데이터베이스에 반영할 필요가 있다고 여겨진다.

Literature cited

- 1) Ball GFM. Vitamins. Their role in the human body. Oxford, UK: Blackwell Publishing; 2004
- 2) Baugh CM, Krumdieck CL. Naturally occurring folates. *Ann N Y Acad Sci* 1971; 186: 7-28
- 3) Tamura T. Determination of food folate. *J Nutr Biochem* 1998; 9(5): 285-293
- 4) Černá J, Káš J. New conception of folacin assay in starch or glycogen containing food samples. *Nahrung* 1983; 27(10): 957-964
- 5) De Souza S, Eitenmiller R. Effects of different enzyme treatments on extraction of total folate from various foods prior to microbiological assay and radioassay. *J Micronutr Anal* 1990; 7: 37-57
- 6) Martin JI, Lenden WO, Soliman AGM, Eitenmiller RR. Application of a tri-enzyme extraction for total folate determination in foods. *J Assoc Off Anal Chem* 1990; 73(5): 805-808
- 7) Hyun TH, Tamura T. Trienzyme extraction in combination with microbiologic assay in food folate analysis: An updated review. *Exp Biol Med* 2005; 230(7): 444-454
- 8) Ruggeri S, Vahteristo LT, Aguzzi A, Finglas P, Carnovale E. Determination of folate vitamers in food and in Italian reference diet by high-performance liquid chromatography. *J Chromatogr A* 1999; 855(1): 237-245
- 9) Rader JI, Weaver CM, Angyal G. Total folate in enriched cereal-grain products in the United States following fortification. *Food Chem* 2000; 70(3): 275-289
- 10) Whittaker P, Tufaro PR, Rader JI. Iron and folate in fortified cereals. *J Am Coll Nutr* 2001; 20(3): 247-254
- 11) Ginting E, Arcot J. High-performance liquid chromatographic determination of naturally occurring folates during temper preparation. *J Agric Food Chem* 2004; 52(26): 7752-7758
- 12) Ndaw S, Bergaentzle M, Aoudé-Werner D, Lahély S, Hasselmann C. Determination of folates in foods by high-performance liquid chromatography with fluorescence detection after precolumn conversion to 5-methyltetrahydrofolates. *J Chromatogr A* 2001; 928(1): 77-90
- 13) Konings EJM, Roomans HHS, Dorant E, Goldbohm RA, Saris WHM, van den Brandt PA. Folate intake of the Dutch population according to newly established liquid chromatography data for foods. *Am J Clin Nutr* 2001; 73(4): 765-776
- 14) Jin HO, Lim HS. Major foods for folate and their folate contents of Korean child-bearing women. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 2001; 30(1): 152-158
- 15) Yon M, Hyun TH. Folate content of foods commonly consumed in Korea measured after trienzyme extraction. *Nutr Res* 2003; 23(6): 735-746
- 16) Han YH, Yon M, Hyun TH. Folate intake estimated with an updated database and its association to blood folate and homocysteine in Korean college students. *Eur J Clin Nutr* 2005; 59(2): 246-254
- 17) The Korean Nutrition Society, Recommended Dietary Allowances for Koreans, 7th revision, Seoul; 2000
- 18) National Rural Living Science Institute, Food Composition Table, 7th revision, Rural Development Administration; 2006
- 19) Yon M, Hyun T. Additional data for folate database for foods common in Korea. *Korean J Nutr* 2005; 38(7): 586-604
- 20) Hyun T, Han YH. Comparison of folate intake and food sources in college students using the 6th vs. 7th nutrient database. *Korean*

- J Nutr* 2001; 34(7): 797-809
- 21) Ministry of Health and Welfare, The Third Korea National Health & Nutrition Examination Survey (KNHANES III), 2005-Nutrition Survey (II); 2006
 - 22) Hyun T, Han YH, Lim EY. Blood folate level determined by microplate reader and folate intake measured by a weighed food record. *Korean J Community Nutrition* 1999; 4(4): 512-520
 - 23) Johnston KE, Lofgren PA, Tamura T. Folate concentrations of fast foods measured by trienzyme extraction method. *Food Res Int* 2002; 35(6): 565-569
 - 24) Food and Drug Administration. Food standards: amendment of standards of identify for enriched grain products to require addition of folic acid. *Federal Regist* 1996; 61(44): 8781-8797
 - 25) United States Department of Agriculture. Composition of foods, raw, processed, prepared. USDA National nutrient database for standard reference, Release 21, 2008. Available from: <http://www.nal.usda.gov/fnic/foodcomp>
 - 26) Williams WL, Broquist HP, Snell EE. Oleic acid and related compounds as growth factors for lactic acid bacteria. *J Biol Chem* 1947; 170(2): 619-630
 - 27) Partanen L, Marttinen N, Alatosava T. Fats and fatty acids as growth factors for *Lactobacillus delbrueckii*. *Syst Appl Microbiol* 2001; 24(4): 500-506
 - 28) Talon R, Walter D, Montel M. C. Growth and effect of staphylococci and lactic acid bacteria on unsaturated free fatty acids. *Meat Science* 2000; 54(1): 41-47