

시판 표준 생식의 전분 가수분해지수에 열처리가 미치는 영향

†한성희 · 한상윤* · 이철**

고려대학교 생명자원연구소, *㈜ 오행생식, **고려대학교 식품공학부

Effect of Heat Treatment on *In Vitro* Hydrolysis Index of Commercial *Saengshik*

†Sung-Hee Han, Sang-Yoon Han* and Chul Rhee**

Institute of Life Science and Natural Resources, Korea University, Seoul 136-701, Korea

**Ohaeng Saengshik Co, Ltd, Inc, Wookwang Bldg, Seoul 156-090, Korea*

***Divisions of Food Bioscience and Technology, College of Life Sciences and Biotechnology, Korea University, Seoul 136-701, Korea*

Abstract

In this study, we assessed the effects of heat treatment on the *in vitro* hydrolysis indices of commercial *Saengshik*. Thermal treatment on grain flour and commercial *Saengshik* increased soluble dietary fiber(SDF) and insoluble fiber(IDF), while total dietary fiber(TDF) content remained nearly constant regardless of thermal treatment. Among the samples, COS(Commercial *Ohaeng Saengshik*) showed the highest TDF and IDF content in raw and heated samples. Additionally, the resistant starch(RS) contents in unheated samples were shown to be high. After heating, the RS levels of all the samples were reduced significantly, by over 12%. The degree of gelatinization in the unheated samples was lower than that of the heated samples, whereas the degree of retrogradation in the unheated samples was higher than that of the heated samples. The hydrolysis indices(HI) of the unheated samples were relatively low, whereas the heated group evidenced high levels. The HI must be affected by content of RS and IDF in samples.

Key words: *Saengshik*, resistant starch, water insoluble dietary fiber.

서론

현대 사회의 사람들은 비만, 암, 심장병 등의 질병 발병율이 매우 빠르게 급증하고 있는 추세이다. 이러한 질병의 원인은 여러 가지 요인들이 있겠지만 그 중에서도 가장 먼저 손꼽을 수 있는 것이 식생활의 변화에서 비롯된다고 볼 수 있다. 과학과 사회가 발전함에 따라 많은 사람들이 인스턴트 음식과 패스트 푸드를 즐겨 먹게 되었고, 특히 지방 함량이 높은 이러한 식품들을 과다하게 섭취할 경우에 여러 가지 질병에 노출될 확률이 매우 높아진다. 따라서 많은 사람들이 비전분 다당류, 비타민 및 미네랄 함량이 풍부한 식품을 선호하는 추세이다. 특히 우리 나라에서는 생식에 대한 관심과 이용이 지속적으로 늘고 있다. 생식(生食)의 사전적 의미는 “열을 가하

지 않은 음식”으로 화식(火食)과 상반된 개념의 식품으로 비전분 다당류와 난소화성 전분으로 이루어진 난소화성 분획물 함량이 높아 고지혈증, 대장암¹⁾, 동맥경화²⁾ 및 비만³⁾ 등에 효과가 있다는 연구가 보고된 바 있다. 특히 이러한 기능성을 나타내는 난소화성 분획물 중에서도 비전분 다당류인 식이 섬유보다는 난소화성 전분의 함량이 크게 영향을 미칠 것이라고 보고되고 있다⁴⁾. 난소화성 전분은 크게 다음의 4가지로 나뉜다. 비전분 다당류와 강하게 결합되어 있어 전분 가수분해 효소에 의하여 18시간 이상 반응시킨 후에도 분해되기 어려운 난소화성 전분 1(RS1), 생전분을 일컫는 난소화성 전분 2(RS2), 노화된 전분을 의미하는 난소화성 전분 3(RS3) 및 변성 전분을 뜻하는 난소화성 전분 4(RS4)로 구분할 수 있다. 그 중에서도 RS1은 고지혈증 억제에 큰 효과가 있다고 알려

† Corresponding author: Chul Rhee, Division of Food Bioscience and Technology, College of Life Sciences and Biotechnology, Korea University, Seoul 136-701, Korea.

Tel: +82-2-3290-3023, Fax: +82-2-928-1351, E-mail: rhee2@korea.ac.kr

져 있다⁹⁾.

그러나, 기존의 연구들은 대부분이 여러 가지 원료 자체에 대한 연구 또는 시판 생식 제품의 미생물에 대한 오염도 및 가공 방법에 따른 비전분 다당류 함량과 효능에 대한 연구들이 대부분이다^{6,7)}. 따라서 실제로 시장 유통되고 있는 시판 제품의 불용성 및 수용성 식이섬유 함량 또는 난소화성 전분 함량에 대한 연구는 매우 부족한 실정이다. 더구나 시판 생식과 화식의 난소화성 전분 함량과 전분 가수분해 지수와의 상관관계에 대한 연구는 매우 불충분한 실정이다.

그러므로, 본 연구에서는 시장 유통되고 있는 시판 생식 제품과 몇 가지 일반 곡류 및 혼합 곡류들의 난소화성 분획물 함량과 전분 가수분해 지수에 열처리 유무가 미치는 영향에 대하여 알아보고자 한다. 더 나아가 시중에 유통되는 시판 생식 제품이 나타내는 기능성에 대한 우월적인 원인 물질의 규명에 필요한 기초 자료를 제시하고자 한다.

재료 및 방법

1. 재료 및 시료 준비

본 실험에 사용한 시판 생식 시료는 (주) 오행생식에서 공급받아 표준 생식시료로 사용하였고, 시판 생식에 이용되는 곡류인 옥수수, 수수 및 현미는 충남 태안 농협에서 구입하여 시료로 사용하였다. 그리고, 각 옥수수, 수수 및 현미를 혼합하여 혼합곡류(옥수수 : 수수 : 현미=44 : 28 : 28) 시료로 하였다. 또한, 생식 시료를 기열한 화식 시료는 다음과 같이 준비하였다. 시판 표준 생식, 옥수수, 수수, 현미 및 혼합곡류 시료와 물의 비율이 1 : 2의 비율로 되도록 하여 autoclave(JK-AT-60, JK TRADING Corp, Seoul, Korea)를 이용하여 121°C에서 1시간 동안 열처리한 후, 송풍건조기(VS-1202D3N, Vision Scientific, Seoul, Korea)에서 송풍건조(55°C, 8시간)하여 화식 시료로 사용하였다. 또한 실험에 모든 시약은 시약급으로 구입하여 사용하였다.

2. 일반성분분석

실험에 사용한 모든 시료들의 수분 함량, 조지방 함량, 조단백질 함량, 및 회분 함량 등은 AOAC⁸⁾법에 따라 측정하였다.

3. 식이섬유 함량

식이섬유 함량 분석은 Prosky⁹⁾법에 준하여 수용성 식이섬유 함량과 불용성 식이섬유 함량을 다음과 같이 측정하였다. 탈지시킨 시료 0.5 g에 50 ml의 phosphate buffer(pH 6.0)와 내열성 α -amylase(Sigma A-3306, Sigma Chemical Co, St Louis, MO, USA)를 첨가하여 95°C 항온 수욕조에서 15분 동안 교반하면서 반응시켰다. 반응이 완료된 시료는 냉각시킨 후, 0.275

N NaOH를 이용하여 pH 7.5±0.2로 조정하여 pancreatic protease (50 mg/ml, Sigma P-3910, Sigma Chemical Co, St Louis, MO USA) 0.1 ml를 첨가하고 60°C 항온수욕조에서 30분 동안 교반하면서 반응시켰다. 이후, 0.325 M HCl을 이용하여 pH 4.0으로 조정하고 amyloglucosidase(Sigma A-9913, Sigma Chemical Co, St Louis, MO, USA)를 첨가하여 60°C 항온수욕조에서 30분 동안 교반하면서 반응시켜서 전분을 모두 제거하였다. 반응이 끝난 후, 95% 에탄올을 부가하여 실온에서 24시간 동안 침전시킨 후, 식이섬유용 유리여과기를 이용하여 여과하였다. 여과한 여과액은 건조하여 수용성 식이섬유 함량을 분석하였고, 침전물은 불용성 식이섬유로 그 함량을 분석하였다.

4. 난소화성 전분

각 시료들의 난소화성 전분 함량은 Goni 등¹⁰⁾의 방법을 이용하여 측정하였다. 즉, 탈지된 시료 25 mg에 0.1 M HCl KCl(pH 1.5) 완충용액 10 ml를 부가하고, 0.1 ml의 pepsin(10 mg/ml, Sigma P-7012, Sigma Chemical Co, USA)를 반응시켜 단백질을 제거하였다. 그리고 α -amylase(40 mg/ml, Sigma A-3176, Sigma Chemical Co, St Louis, MO USA)를 첨가하여 37°C 항온수욕조에서 18시간 동안 반응시켜서 소화성 전분을 제거하였다. 이후, 분해되지 않은 불용성의 난소화성 전분 침전물은 2 M KOH에 용해시켜 80 μ l의 amyloglucosidase(140 U/ml, Sigma A-7255, Sigma Chemical Co, St Louis, MO, USA)를 첨가하여 가수분해(60°C, 45 min)시켰다. Glucose 함량은 Glucose assay kit(Sigma GAGO-20, Sigma Chemical Co, St Louis, MO, USA)을 이용하여 측정하였다.

5. 호화도

각 시료들의 호화도 측정은 이¹¹⁾ 등의 방법에 따라 측정하였다. 20 mg의 분말시료에 증류수 5 ml를 첨가하여 분산시킨 후, 각각의 시험관에 glucoamylase solution(20.1 units/g solid, acetate buffer, pH 4.5) 25 ml를 넣어 40°C에서 1시간 동안 반응시켰다. 반응시킨 후 25% TCA(trichloroacetic acid, Sigma Chemical Co, St Louis, MO, USA) 2 ml를 넣어 반응을 정지시킨 후 원심분리(16,000×g, 5 min)하여 상정액을 취하여 phenol-sulfuric acid 방법을 이용하여 구하였다¹²⁾. 즉, 원심분리한 후 취한 상정액내에 10~70 γ 의 환원당을 함유하도록 증류수로 희석하여 이 중에서 2 ml를 취하여 시험관에 넣은 후, 5% phenol 용액 1 ml를 가하여 잘 혼합하였다. 여기에 5 ml의 진한 H₂SO₄를 혼합액 표면에 직접적으로 부가하고 혼합이 잘 되도록 하여 10분 동안 방치한 후 적당히 흔들어 섞은 후 30°C의 항온 수욕조에서 20분 동안 정지시켜 발색반응을 유도한 후 흡광기(Spectronic 20D+, Spectronic Instruments, Seoul,

Korea)를 사용하여 490 nm에서 흡광도를 측정하였다.

한편, 시료의 호화도(A')는 시료의 초기 흡광도(A)를 기준으로 하여 저장하면서 구한 시료의 흡광도(B)와의 비를 통해 상대적으로 구하였다. 각 시료의 호화도(A')는 다음 식에 의하여 산출하였다.

$$\text{노화도} = 100 - A'$$

$$A'(\%) = \frac{B}{A} \times 100$$

이때, A' : 시료의 호화도 (%)

B : 일정기간 경과 후 시료의 호화도

A : 시료의 초기 호화도

6. 전분 가수분해지수

각 시료의 전분 가수분해지수(Hydrolysis index, HI)는 Goni 등¹⁰⁾의 방법을 이용하여 다음과 같이 측정하였다. 시료 100 mg에 0.1 M HCl-KCl(pH 1.5) 완충용액 10 ml를 첨가하고, pepsin 효소 용액 0.2 ml(0.1 g/ml, Sigma P-7012, Sigma Chemical Co, St Louis, MO, USA)를 첨가하여 40°C 항온 수욕조에서 1시간 동안 반응시켰다. 그리고 0.1 M tris-maleate 완충용액 9 ml를 첨가한 후, α -amylase(40 mg/ml, A-3176, Sigma Chemical Co, St Louis, MO, USA)를 부가하고 37°C 항온 수욕조에서 일정 시간(0, 30, 60, 180 min) 반응시키면서 각 반응시간 후에 1 ml의 시료를 채취하였다. 각 반응시간 후 채취한 1 ml의 시료에 증류수 3 ml를 첨가하고 4 M KOH 3 ml를 부가한 후 30분 동안 방치하였다. 그 후, 2 M HCl 용액 5.5 ml를 첨가하고, 0.4 M sodium acetate(S-5889, Sigma Chemical Co, St Louis, MO, USA) 완충용액을 3 ml를 첨가하여 amyloglucosidase(A-3306, Sigma Chemical Co, St Louis, MO, USA) 80 μ l를 첨가하여 60°C 항온 수욕조에서 45분 동안 반응시켰다. 반응이 완료된 시료는 원심분리기(CR-21G, Hitachi, Tokyo, Japan)로 원심 분리하여(3,000 \times g, 15 min) 상등액 중의 포도당 함량을 측정하여 전분 가수분해 지수를 분석하였다.

7. 통계적 분석

SAS(Statistical Analysis System, ver. 9.13, SAS Institute, GA) 통계 package를 사용하여 분산 분석 및 Duncan 다범위 검증(Duncan's multiple range test)을 실시하였다.

결과 및 고찰

1. 일반성분

시료로 사용한 옥수수, 수수, 현미, 혼합곡물 및 시판 표준 생식의 일반성분 함량은 Table 1과 같다. 시판 표준 생식 시료를 제외한 모든 시료들의 수분 함량이 9% 이상으로 나타났다. 조단백질 함량은 시판 표준 생식이 13.6%로 가장 높은 함량을 나타내었고, 현미의 조단백질 함량이 8.7%를 나타내어 가장 낮은 값을 나타내었다. 조지방 함량은 시판 표준 생식과 옥수수의 경우 4% 이상으로 다른 시료들에 비하여 높은 함량을 나타내었다. 또한, 시판 생식 시료와 옥수수는 조회분 함량도 다른 시료들에 비하여 높은 값을 나타내었다. 반면에 탄수화물 함량은 수수와 현미가 다른 시료들에 비하여 상대적으로 높은 값을 나타내었다. 이러한 결과는 일반적으로 알려진 각 곡류의 일반성분비와 같은 경향으로 나타났다.

2. 식이섬유 함량

각 생식과 화식 시료들의 불용성 식이섬유, 수용성 식이섬유 및 총 식이섬유 함량은 Table 2에 나타내었다. 총 식이섬유 함량에 열처리 유무가 미치는 영향을 살펴보면, 전반적으로 열처리하지 않은 생식 시료들과 열처리를 한 화식시료들의 총 식이섬유 함량은 유의적으로 큰 차이를 나타내지 않았다. 그러나, 열처리 유무가 수용성 식이섬유 함량과 불용성 식이섬유 함량에는 유의적으로 영향을 미치는 것으로 나타났다. 불용성 식이섬유 함량의 경우, 시료 종류에 관계없이 생식 시료들이 화식 시료들에 비하여 높게 나타났다. 반면에 수용성 식이섬유 함량은 열처리하지 않은 생식 시료들에 비하여 열처리한 화식 시료들이 더 높은 값을 나타내었다. 이러한 결과

Table 1. Chemical compositions of raw and cooked corn, sorghum, brown rice, cereal mixtures, and COS

Samples	Constituents(%)				
	Moisture	Crude protein ¹⁾	Crude lipid	Ash	Carbohydrates ²⁾
Corn	8.9	12.6	4.1	1.8	72.6
Sorghum	9.6	10.3	1.9	1.7	76.5
Brown rice	10.9	8.7	2.4	1.2	76.8
Cereal mixture ³⁾	9.6	10.8	3.0	1.4	75.2
COS ⁴⁾	3.0	13.6	4.5	3.1	75.8

¹⁾ Calculation of protein content=Nitrogen(%) \times 5.95, ²⁾ Calculated by difference, ³⁾ Corn : sorghum : brown rice=44 : 28 : 28,

⁴⁾ Commercial Ohaeng Saengshik.

Table 2. Contents of total dietary fiber(TDF), water insoluble dietary fiber(IDF) and water soluble dietary fiber (SDF) of raw and heated corn, sorghum, brown rice, cereal mixtures, and COS (%)

Sample	IDF		SDF		TDF	
	Raw	Heated	Raw	Heated	Raw	Heated
Corn	4.27±0.01 ^{b3)}	4.16±0.02 ^c	0.12±0.05 ^c	0.24±0.02 ^c	4.39±0.02 ^c	4.40±0.03 ^c
Sorghum	3.71±0.03 ^c	3.53±0.05 ^d	0.17±0.01 ^b	0.37±0.05 ^b	3.88±0.02 ^d	3.90±0.02 ^d
Brown rice	3.55±0.02 ^d	3.51±0.03 ^d	0.24±0.03 ^b	0.50±0.05 ^a	3.79±0.01 ^d	3.75±0.01 ^d
Cereal mixture ¹⁾	4.81±0.01 ^b	4.59±0.07 ^b	0.20±0.01 ^b	0.41±0.01 ^a	5.01±0.01 ^b	5.00±0.02 ^b
COS ²⁾	15.42±0.01 ^a	16.04±0.04 ^a	0.37±0.01 ^a	0.23±0.05 ^c	15.79±0.02 ^a	16.27±0.01 ^a

¹⁾ Corn:sorghum : brown rice=44 : 28 : 28, ²⁾ Commercial *Ohaeng Saengshik*,

³⁾ Superscripts in a low indicated significant difference at $p<0.05$ by Duncan's multiple comparison.

는 열처리에 의하여 식이섬유들의 조직이 연화되는 것으로 사료된다. 즉, 세포벽내의 펙틴이 β -elimination에 의하여 붕괴되어 용해성이 증가되는 결과로 판단된다¹³⁾. 또한, 시료들 중에서는 열처리 유무에 관계없이, 시판 표준 생식 시료가 가장 높은 불용성 식이섬유 함량(4.8%)을 나타내었고, 수용성 식이섬유의 경우에는 열처리 유무에 관계없이 현미가 유의적으로 가장 높은 값을 나타내었다.

3. 난소화성 전분

난소화성 전분 함량에 열처리 유무가 미치는 영향에 대한 결과는 Table 3에 나타내었다. 시료의 종류에 관계없이 열처리하지 않은 생식 시료들이 열처리한 화식 시료들에 비하여 2~6배 정도 난소화성 전분 함량이 높게 나타났다. 생식 시료들을 살펴보면, 시판 표준 생식, 혼합곡물 및 수수가 19% 이상으로 가장 높은 난소화성 전분 함량을 나타내었으며, 이들 시료간의 유의적인 차이는 나타나지 않았다. 반면에 현미와 옥수수는 다른 시료들에 비하여 유의적으로 낮은 난소화성 전분 함량을 나타내었으며, 그 중 옥수수는 모든 생식 시료들

중에서 가장 낮은 난소화성 전분 함량을 나타내었다. 또한, 화식 시료들의 난소화성 전분 함량을 비교해 보면, 역시 시판 표준 생식과 혼합 곡물의 난소화성 전분 함량이 7% 이상으로 높게 나타났다. 이에 반해, 현미, 수수, 및 옥수수는 유의적으로 낮은 난소화성 전분 함량을 나타내었고, 그 중에서도 현미는 가장 낮은 난소화성 전분 함량을 나타내었다. 이와 같은 결과는 각 시료들의 원료특성에 기인한다고 사료되며, 특히 시판 표준 생식과 혼합 곡류 시료는 높은 불용성 식이섬유 함량과 난소화성 전분 함량과의 관계 또한 배제할 수 없다고 본다. 난소화성 전분의 종류에서도 특히 난소화성 전분 1(RS1)의 경우에는 그 특성상 불용성 식이섬유 등의 비전분 다당류와 아주 단단하게 결합되어 있으므로, 불용성 식이섬유 함량과 난소화성 전분 중에서 RS1이 밀접하게 관련하고 있을 가능성이 높다고 판단된다^{5,14)}.

4. 호화도 및 노화도

생식 시료들과 화식 시료들의 호화도와 노화도에 대한 결과는 Fig. 1과 2에 나타냈다. 우선 모든 시료들의 호화도에 대한 결과를 살펴보면, 전반적으로 시료의 종류에 관계없이 열처리하지 않은 생식 시료들의 호화도가 열처리한 화식 시료들의 호화도보다 현저히 낮은 값을 나타내었다. 생식 시료들의 호화도는 대략 23~35% 수준으로 나타났고, 생식 시료들 중에서 시판 표준 생식이 35%의 호화도를 나타내어 유의적으로 가장 높은 값을 나타내었고, 혼합 곡류 시료의 호화도가 22.5%로 유의적으로 가장 낮은 값을 나타냈다. 그러나, 이들을 열처리한 화식 시료들의 호화도를 살펴보면, 생식 시료들을 열처리한 화식 시료들은 시료 종류에 관계없이 모두 호화도가 크게 상승하였다. 그리고 각 시료들의 호화 상승 정도는 시료마다 차이가 크음을 알 수 있었다. 예를 들어, 시료 중의 수수의 결과를 살펴보면, 생식인 상태에서는 25.1%의 호화도를 나타내어 모든 시료들 가운데 유의적으로 가장 낮은 호화도를 나타내었으나, 열처리를 한 화식 상태에서는

Table 3. Degree of resistant starch of raw and heated corn, sorghum, brown rice, cereal mixture, and COS

Samples	Resistant starch(%)	
	Raw	Heated
Corn	17.9±0.2 ^{c3)}	5.2±1.5 ^{ab}
Sorghum	19.1±0.6 ^a	5.1±1.8 ^{ab}
Brown rice	18.2±0.2 ^b	3.0±2.8 ^b
Cereal mixture ¹⁾	19.1±0.6 ^a	6.6±0.5 ^a
COS ²⁾	19.1±0.5 ^a	7.8±0.8 ^a

¹⁾ Corn : sorghum : brown rice=44 : 28 : 28,

²⁾ Commercial *Ohaeng Saengshik*,

³⁾ Superscript letter in a low indicated significant difference at $p<0.05$ by Duncan's multiple comparison.

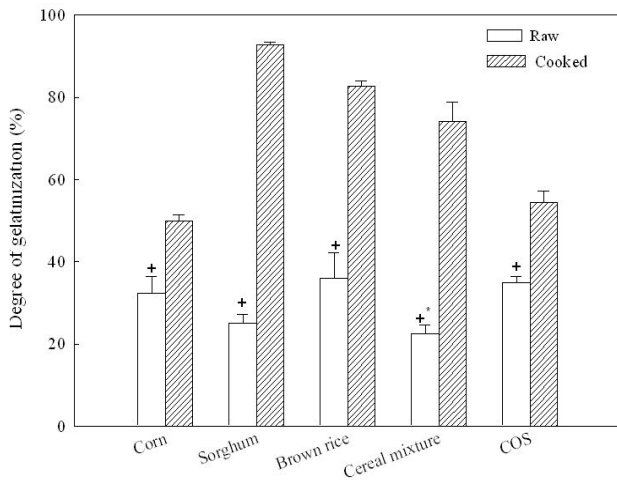


Fig. 1. Degree of gelatinization of raw and heated corn, sorghum, brown rice, cereal mixture, and COS. COS; Commercial *Ohaeng Saengshik*. +, $p < 0.05$ compared between each raw and heated corn, sorghum, brown rice, cereals mixture, and COS; *, $p < 0.05$ compared among the raw samples of corn, sorghum, brown rice, cereal mixture (corn : sorghum : brown rice=44 : 28 : 28), and COS.

92.7%의 호화도를 나타내어 화식 시료들 중에서도 가장 높은 호화도를 나타내었다. 따라서, 열처리에 의하여 수수의 호화도는 무려 67.7%나 상승하였다. 이와 반대로 시판 표준 생식 시료의 경우에는 열처리하지 않은 생식 상태에서는 35%의 가장 높은 호화도를 나타내었으나, 열처리를 한 화식상태의 호화도는 54.4%를 나타내어 호화도가 19.4% 증가한 것으로서, 비교 시료 가운데 가장 낮은 호화도 증가를 보였다. 이러한 결과는 전술한 내용과 같이 전분의 호화에 있어서 불용성 식이섬유와 난소화성 전분 함량이 크게 영향을 미치는 것으로 판단된다^{15,16}. 특히, 열처리를 한 후에도 난소화성 전분의 함량이 높으면 동일한 시간 동안 효소의 작용을 받기가 용이하지 않으므로 호화도에 영향을 미친 것으로 볼 수 있다.

그리고, 각 시료들의 노화도 결과는 Fig 2에서 나타난 것과 같이 호화도의 결과와 상반된 결과를 나타내었다. 즉, 전반적으로 열처리하지 않은 생식 시료들의 노화도가 열처리한 화식 시료들보다 높은 결과를 보였고, 각 생식 시료들 혹은 화식 시료들 중에서 호화도가 가장 낮았던 수수 등과 같은 시료들이 높은 노화도를 나타내었다. 이렇게 노화도가 높고 호화도가 낮은 전분질 식품을 섭취했을 때, 결정성 영역이 많으므로 효소 작용이 쉽지 않고, 이는 낮은 소화율을 나타내어 혈중 콜레스테롤 함량 저하, 대장암 억제 및 비만 억제 등의 효과를 나타낼 수 있다¹⁷.

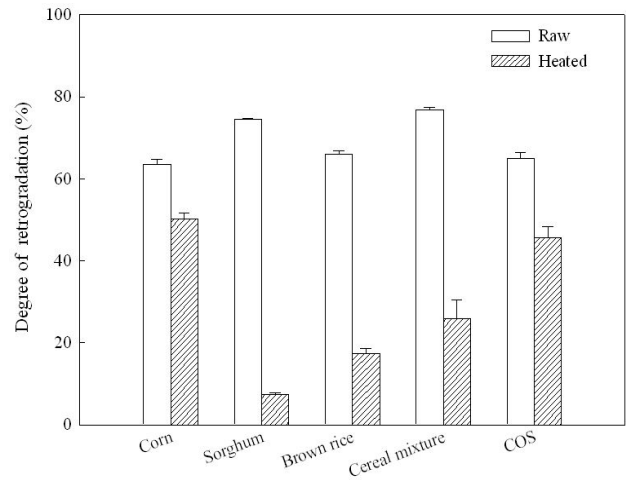


Fig. 2. Degree of retrogradation of raw and heated corn, sorghum, brown rice, cereal mixture, and COS. COS; Commercial *Ohaeng Saengshik*. *, $p < 0.05$ compared between each raw and heated corn, sorghum, brown rice, cereal mixture, and COS; +, $p < 0.05$ compared among the heated samples of corn, sorghum, brown rice, cereal mixture (corn : sorghum : brown rice=44 : 28 : 28), and COS.

5. 전분 가수분해 지수

열처리하지 않은 생식 시료들과 열처리한 화식 시료들의 전분 가수분해 지수에 대한 결과는 Fig. 3에 나타내었다. 각 시료들의 전분 가수분해 지수는 International Glycemic Index¹⁸에서 기준으로 하고 있는 식빵을 100으로 보았을 때 상대적인 전분 가수분해 지수를 분석하였다¹⁹. 결과에서 보는 것과 같이 열처리하지 않은 생식 시료들의 전분 가수분해 지수가 열처리한 화식 시료들에 비하여 현저하게 낮게 나타난 것을 알 수 있었다. 그리고 생식 시료들간에는 수수, 현미 및 시판 표준 생식이 가장 낮은 전분 가수분해 지수를 나타내었다. 이는 각 시료의 총 식이섬유 중에 함유되어 있는 수용성 식이섬유 절대량이 높은 것과 밀접한 관계가 있을 것이라고 보여진다. 또한, 시판 표준 생식 시료의 경우에는 성분 특성과 수용성 식이섬유 함량보다는 시료 중에 다량 함유하고 있는 불용성 식이섬유와 난소화성 전분의 역할이 크게 작용함을 예측할 수 있었다^{17~20}. 그리고, 열처리한 화식 시료들의 경우에는 식빵과 비교했을 때 모두 낮은 전분 가수분해 지수를 나타냈으나, 시료들간의 유의적인 차이는 크게 나타나지 않았다.

6. 전분 가수분해 지수, 난소화성 전분 및 불용성 식이섬유의 상관관계

앞에서 살펴본 전분 가수분해 지수와 난소화성 전분 및 불용성 식이섬유의 결과를 통하여 그들간의 상관관계를 분석한

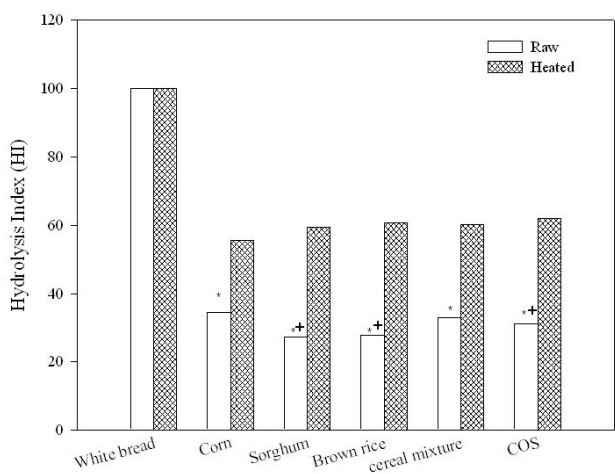


Fig. 3. Effect of heating on hydrolysis index(HI) of corn, sorghum, brown rice, cereal mixture(corn : sorghum : brown rice=44 : 28 : 28), and COS. COS: Commercial *Ohaeng Saengshik*, *, $p < 0.05$ between heated samples and raw samples, +, $p < 0.05$ among the raw samples.

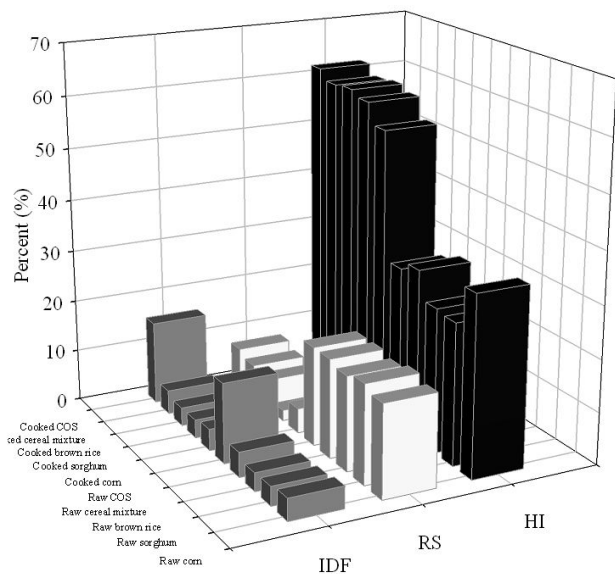


Fig. 4. Comparison of hydrolysis index(HI), resistant starch(RS), and water insoluble dietary fiber(IDF).

결과는 Fig. 4에 나타내었다. 열처리한 화식 시료들은 열처리하지 않은 생식 시료들보다 전분 가수분해 지수가 높게 나타났다. 이는 열처리를 통하여 전분의 소화 기작이 이루어지고 소화된 전분은 전분 가수분해 효소의 분해작용을 상대적으로 수월하게 하기 때문인 것으로 판단된다. 반면에 열처리하지 않은 시료들은 전분 가수분해 지수가 상대적으로 아주 낮은 값을 나타내었는데, 이는 불용성 식이섬유뿐만 아니라 난소화성 전분 함량과 매우 밀접한 상관관계를 나타내었다. 즉,

불용성 식이섬유 함량보다 난소화성 전분 함량이 높게 나타난 시료가 가장 낮은 전분 가수분해 지수를 나타냈다. 이러한 결과는 한²³⁾ 등의 보고에서도 비슷한 결과를 나타내었다. 그의 보고에 따르면 열처리 유무에 관계없이 난소화성 전분과 불용성 식이섬유 함량이 높은 경우 전분 가수분해 지수가 낮게 나타났고, 특히 그 중에서도 난소화성 전분 함량이 높은 시료의 전분 가수분해 지수가 불용성 식이섬유 함량이 높은 시료의 전분 가수분해지수보다 낮게 나타났다.

요약 및 결론

시판 표준 생식 및 곡물 시료들의 열처리 유무가 전분 가수분해 지수에 미치는 영향에 대하여 알아보기 위하여 총 식이섬유 함량, 불용성 식이섬유 함량, 수용성 식이섬유 함량, 난소화성 전분 함량 및 전분 가수분해율을 조사하였다. 총 식이섬유 함량은 열처리 유무에 따라 유의적인 차이를 나타내지 않았으나, 수용성 식이섬유 함량과 불용성 식이섬유 함량에는 크게 영향을 미치는 것으로 나타났다. 그렇지만 시판표준 생식 시료는 열처리에 의한 불용성 식이섬유 함량 변화가 크게 나타나지 않았다. 그리고, 시료들 가운데 시판표준생식의 총 식이섬유 함량과 불용성 식이섬유 함량은 모든 생식 시료들과 모든 화식 시료들 전체에서 높은 값을 나타내었다. 그리고 난소화성 전분 함량은 생식 시료들인 경우 높은 값을 나타냈으나, 열처리 후에는 상대적으로 그 난소화성 함량이 12% 이상 감소되는 것으로 나타났다. 호화도는 생식 시료들이 화식 시료들에 비하여 현저히 낮은 값을 나타내었다. 반면에 노화도는 생식 시료들이 화식 시료들에 비하여 높은 값을 나타내어 호화도와 노화도는 서로 반비례 관계를 나타내었다. 전분 가수분해 지수는 생식 시료들이 화식 시료들보다 낮은 값을 나타내었고, 이것은 난소화성 전분 함량과 불용성 식이섬유 함량의 영향을 받는 것으로 보여진다.

감사의 글

본 연구는 (주)오행생식의 연구지원에 의하여 이루어진 결과이며 이에 감사를 드립니다.

참고문헌

- Reddy, BS, Hirose, Y, Cohen, LA, Simi, B, Cooma, I and Rao, CV. Preventive potential of wheat bran fractions against experimental colon cancer prevention. *Cancer Res.* 60:4792-4797. 2000
- Anderson, JW and Hanna, TJ. Impact of nondigestible carbo-

- hydrates on serum lipoproteins and risk. *J. Nutr.* 129:1457S-1466S. 1999
3. Ludwing, DS. Dietary glycemic index and obesity. *J. Nutr.* 130:280-283S. 2000
 4. Baghurst, PA, Baghurst, KI and Record, SJ. Dietary fiber, non-starch polysaccharides and resistant starch-a review. *Suppl. Food Aust.* 48:S3-S35. 1996
 5. Han, SH, Chung, MJ, Lee, SJ and Rhee, C. Digestion-resistant fraction from soybean *Glycine max*(L.) Merrill] induces hepatic receptor and *CYP7A1* expression in apolipoprotein E-deficient mice. *J. Nutr. Biochem.* 17:682-688. 2006
 6. Chang, TE, Moon, SY, Lee, KW and Park, JM. Microflora of manufacturing process and final products of *Saengsik*. *Kor. J. Food Sci. Technol.* 36:501-506. 2004
 7. Jin, TY, Oh, DH and Eun, JB. Change of physicochemical characteristics and functional components in the raw materials of *Saengsik*, uncooked food by drying methods. *Kor. J. Food Sci. Technol.* 38:188-196. 2006
 8. AOAC. Official method of analysis of AOAC Int. 13th ed. Method 31-55. Association of official analytical chemists, Washington, DC. USA. 1980
 9. Prosky, L, Asp, N, Schweizer, T, Deveries, J and Furda, I. Determination of insoluble, soluble and total dietary fiber in foods products, interlaboratory study. *J. Assoc. Off. Anal. Chem.* 71:1017-1025. 1988
 10. Goni, I, Garcia-Diz, L, Manas, E and Saura-Calixto, F. Analysis of resistant starch: A method for foods and food products. *Food Chem.* 56:45-449. 1996
 11. Lee, SW, Han, SH and Rhee, C. Effects of salts and emulsifiers on retrogradation rate of rice starch gel. *Food Sci. Biotechnol.* 11:48-54. 2002
 12. Tsuge, H, Hishida, M, Iwaski, H, Watanabe, S and Goshima, G. Enzymatic evaluation for the degree of starch retrogradation in foods and foodstuffs. *Starch/stärke.* 4:213-216. 1990
 13. Kim, DH. Food Chemistry, pp.330-331. Seoul. Korea. Tamgudang. 2001
 14. Kendall, CWC, Emam, A, Augustin, LSA and Jenken, DJA. Resistant starch and health. *J. AOAC. Int.* 87:769-774. 2004.
 15. Eggum, BO, Juliano, BO, Perezze, CM and Acedo, EF. The resistant starch, undigestible energy and undigestible protein contents of raw and cooked milled rice. *J. Cereals. Sci.* 18: 159-170. 1993
 16. Wolf, BO, Bauer, LL and Fahey, GC Jr. Effects of chemical modification on *in vitro* rate and extent of food starch digestion: An attempt to discover a slowly digested starch. *J. Agric. Food Chem.* 47:4178-4183. 1999
 17. Heijnen, MLA, Amelvoort JMM, Deurenberg, P and Beynen, AC. Limited effect of consumption of uncooked(RS) or retrograded(RS3) resistant starch on putative risk factors for colon cancer in health men. *Am. J. Clin. Nutr.* 67:322-331. 1998
 18. Foster-Powell, K, Holt, SHA and Brand-Miller, JC. International table of glycemic index and glycemic load values: 2002. *Am. J. Clin. Nutr.* 76:5-56. 2002
 19. Goni, I, Garcia-Alonso, A and Saura-Calixto, F. A starch hydrolysis procedure to estimate glycemic index. *Nutr. Res.* 17:427-437. 1997
 20. Garcia-Alonso, A, Goni, I and Saura-Calixto, F. Resistant starch and potential glycemic index of raw and cooked legumes (lentils, chickpeas and beans). *Z. Lebensm Unters Forsch A.* 206:284-287. 1998
 21. Bravo, L, Siddhuraju, P and Saura-Calixto, F. Effect of various processing methods on the *in vitro* starch digestibility and resistant starch content of Indian Pulses. *J. Agric. Food Chem.* 46:4667-4674. 1998
 22. Kim, SL, Chi, HY, Son, JR, Park, NK and Ryu, SN. Physicochemical characteristics of soybean seed coat and their relationship to seed luster. *J. Crop. Sci.* 50:123-131. 2005
 23. Han, SH, Lee, SG and Rhee, C. Effects of cooking methods on starch hydrolysis kinetics and digestion-resistant fractions of rice and soybean. *Eur. Food Res. Technol.* 227:1315-1321. 2008

(2008년 10월 28일 접수; 2008년 12월 18일 채택)