

## 화학적 변성전분 및 라면 전분질의 *In Vitro* 소화율

김수연 · 이서래

이화여자대학교 식품영양학과

### *In Vitro* Digestibility of Chemically Modified Starches and Ramen Starches

Sue-Yeon Kim and Su-Rae Lee

Department of Food & Nutrition, Ewha Womans University

#### Abstract

The hydrolyzability of chemically modified starches and ramen starches was determined by hog pancreatic  $\alpha$ -amylase *in vitro* test. The extents of hydrolysis were 64.5% and 59.3% in native and acetylated potato starch, 70.5% and 60.4% in native and hydroxypropylated corn starch, and 65.2% and 57.3% in native and hydroxypropylated high amylose corn starch, respectively. The hydrolysis extents of waxy corn starch derivatives were shown in the descending order of pregelatinized (74.3%) > native (72.1%) > acetylated (66.5%) > acetyl distarch adipate (56.4%) > hydroxypropyl distarch phosphate (50.7%). In the test on starches of container and regular ramen cooked by practical way, no significant difference was observed between ramen products of five different makers. Although the hydrolysis rate and extent of chemically modified starches were lower than those of native starches, the digestibility of ramen seemed to be not affected in the common diet as the use level of modified starch was relatively low.

Key words: chemically modified starch, ramen starch, *in vitro* digestibility

## 서 론

전분은 오랫동안 우리의 식생활에서 열량의 주요 공급원으로 사용되어 왔으며 그의 물리적 특성으로 인해 식품의 조리, 가공에서 여러가지 형태로 사용되어 왔다<sup>(1)</sup>. 한편 화학적 변성전분(chemically modified starch)을 식품에 많이 사용함에 따라 그들의 소화율에 대하여 많은 관심을 끌게 되었다.

*In vitro*에 의한 소화율 실험에서 cross-link된 것은 천연전분과 비슷한 값을 보이나 acetyl 그룹 또는 hydroxypropyl 그룹으로 치환된 것은 낮은 소화율을 보였으며 쥐와 인간의 소화기관에서는 cross-link된 것과 acetyl화된 것이 천연의 것과 차이가 없었으나, hydroxypropyl화된 것은 소화율이 낮았다<sup>(2)</sup>. 식이중에 변성전분이 너무 많이 함유되면 맹장확대, 설사, 성장지연 등이 나타난다는 실험결과가 있고<sup>(3)</sup> hydroxypropyl distarch phosphate starch는 Ca, Fe 등 양이온의 흡수 이용에 영향을 미칠 지도 모른다는 보고가 있다<sup>(4,5)</sup>. 우리나라의 경우 변성전분은 제빵, 제면에 사용되고 있으며 식품첨가물 공전에 그 종류와 성분규격은 고시되어 있으나, 사용기준이 설

정되지 않고 있다.

본 실험은 modification 된 전분류가 식품제조에 이용될 때 소화율에 영향을 미칠 것으로 예상하여 현재 식품에 첨가되고 있는 화학적 변성전분과 시중에 유통되고 있는 라면에 대하여  $\alpha$ -amylase를 사용한 *in vitro* 소화율을 실험하였다.

## 재료 및 방법

### 시료의 입수 및 전처리

본 실험에 사용한 전분 및 그 유도체는 국내 식품산업계에서 사용하고 있는 제품으로서 native potato starch(PS), acetylated potato starch(APS)는 N(주), native corn starch(CS), hydroxypropylated corn starch(HCS), native high amylose corn starch(HACS), hydroxypropylated high amylose corn starch(HHACS), native waxy corn starch(WCS), acetylated waxy corn starch(AWCS), pregelatinized waxy corn starch(PWCS)는 M(주), acetyl distarch adipate waxy corn starch(ADA-WCS)는 D(주), hydroxypropyl distarch phosphate waxy corn starch(HDPWCS)는 S(주)에서 각각 분양받았다.

라면 시료는 국내에서 생산, 판매되고 있는 보통면(봉지라면)과 즉석면(용기라면)으로서 5개 회사의 것을 각각 구입하였다. 밀가루 시료는 라면에 사용되고 있는

Corresponding author: Su-Rae Lee, Department of Food & Nutrition, Ewha Womans University, Seodae-mun-gu, Seoul 120-750, Korea

중력분을 N(주)로 부터 분양받았다. 포장재에서 꺼낸 라면은 분쇄기를 사용하여 3분 정도 갈은 후 20메쉬 체를 통과시켰으며 Soxhlet 추출장치를 사용하여 ether로 16시간 동안 추출함으로써 조지방분을 제거하였다.

#### 전분류의 가수분해율 측정법<sup>(6)</sup>

전분류 각 2.2g을 0.1 M phosphate buffer(pH 6.9) 187 ml에 분산시킨 후 dimethyl sulfoxide 22 ml를 넣었다. 이것을 30분 동안 boiling water bath에서 가열한 후 30분 동안 130°C autoclave에서 끓였다. 이 용액을 37°C 까지 식힌후 19 ml를 덜어내고 그 중 12.5 ml를 취하여 Schoorl법으로 환원당을 정량하였다(0 tirae 값).

준비된 전분용액에 hog pancreatic  $\alpha$ -amylase 용액 (Sigma No. T-3176, 0.1% in 0.1 M phosphate buffer) 10 ml를 첨가하여 37°C water bath에서 incubation 하였다. 효소반응이 진행되는 동안 1/2, 1, 2, 5, 6시간 간격으로 일정량을 취하여 환원당을 정량하고 maltose 당량으로 표현하였다. 가수분해율은 전분질이 맥아당으로 완전 가수분해되었을 때에 대비한 %비율로 표현하였으며 모든 결과는 3반복 실험의 평균치이다.

#### 라면 및 밀가루의 가수분해율 측정법

탈지한 라면과 밀가루를 실제 이용하는 가열 조건으로 처리한 후 전분의 가수분해율을 측정하였다. 즉 봉지라면은 탈지시료 2.2g을 0.1 M phosphate buffer(pH 6.9) 209 ml에 분산시킨 후 직접 가열하여 약 5분간 끓인후 37°C로 식힌 다음에, 용기라면은 탈지시료 2.2g에 0.1 M phosphate buffer(pH 6.9)를 직접 끓여서 209 ml씩 바로 부어 약 5분간 방치한 후 37°C로 식혀서 전분류에서와 같은 방법으로 가수분해율을 측정하였다. 밀가루 시료는 전분함량을 74.6%로 간주하고 봉지라면에서와 같이 처리하였다. 탈지한 라면은 완전소화를 가져오기 위하여 30분간 끓인 후 다시 130°C에서 30분간 autoclaving 한 것을 37°C로 식힌 다음에 효소분해를 시켰다.

## 결과 및 고찰

#### 전분류의 가수분해율

Potato starch와 corn starch의 여러가지 유도체들을 pancreatic  $\alpha$ -amylase와 6시간 반응시키면서 가수분해율을 비교한 결과는 Table 1과 같다. PS는 64.5%의 최종소화율로 APS의 59.3%보다 높았으며 분해속도도 빨랐다. Native starch와 acetylated starch의 소화율에 관한 비교 실험으로는 smooth pea starch(DS, degree of substitution, 치환도 0.06)<sup>(6)</sup>, wheat starch(DS 0.07)<sup>(7)</sup>, pinto bean starch(DS 0.05), navy bean starch(DS 0.055), black bean starch(DS 0.053)<sup>(8)</sup>에 관한 보고들이 있는데 본 실험과 비슷한 경향을 보여주고 있다. Acetyl화 전분에서 보여진 낮은 가수분해율은 bulky acetyl 그룹에 의해 효소의 접근이 steric hindrance를 받기 때문이라 생각

**Table 1. Percent hydrolysis of native and substituted starches from potato and corn by hog pancreatic  $\alpha$ -amylase**

Incubation time(hour)	Potato starch		Corn starch			
	PS	APS	CS	HCS	HACS	HHACS
0	3.0	2.5	1.4	2.8	3.0	3.9
1/2	25.5	24.0	40.1	35.2	35.4	32.6
1	48.4	44.5	52.9	42.1	49.4	39.2
2	58.0	51.6	56.9	50.0	55.9	47.5
5	61.7	57.4	68.1	59.2	64.2	56.4
6	64.5	59.3	70.5	60.4	65.2	57.3

PS : native potato starch

APS : acetylated potato starch

CS : native corn starch

HCS : hydroxypropylated corn starch

HACS : high amylose corn starch

HHACS : hydroxypropylated high amylose corn starch

**Table 2. Percent hydrolysis of various derivatives of waxy corn starch by hog pancreatic  $\alpha$ -amylase**

Time(hour)	WCS	PWCS	AWCS	ADAWCS	HDPWCS
0	1.7	1.3	1.2	1.7	1.1
1/2	35.5	37.2	28.5	25.0	22.7
1	45.2	50.0	35.4	37.1	31.2
2	61.2	65.2	50.2	46.9	45.1
5	70.5	72.1	65.4	54.2	49.6
6	72.1	74.3	66.5	56.4	50.7

WCS : native waxy corn starch

PWCS : pregelatinized waxy corn starch

AWCS : acetylated waxy corn starch

ADAWCS : acetyl distarch adipate waxy corn starch

HDPWCS : hydroxypropyl distarch phosphate waxy corn starch

된다. CS에서는 native한 것 보다 hydroxypropyl화 된 것들이 모두 낮은 소화율을 보였다. 이러한 결과는 wheat starch<sup>(9)</sup>, tapioca starch<sup>(10)</sup>, pea starch<sup>(11)</sup>, waxy corn starch<sup>(12)</sup>에 대한 연구와 비슷하며 옥 등<sup>(13)</sup>은 hydroxypropyl 그룹의 치환도가 증가함에 따라 steric hindrance로 인하여 소화율이 감소했다고 하였다.

Waxy corn starch에서의 가수분해율을 비교해본 결과는 Table 2와 같다. PWCS만이 native starch 보다 조금 높은 소화율을 보였고 다른 변성전분은 모두 낮은 소화율을 보였다. Acetyl 그룹으로 ester화만 된 AWCS보다 ester화 또는 ether화와 cross-link가 함께 된 ADAWCS와 HDPWCS가 더 낮은 소화율을 보였다. 이것은 Biliaderis<sup>(6)</sup>가 smooth pea starch에서 acetyl화만 시킨 것과 acetyl distarch phosphate된 것의 소화율에 관한 결과와 비슷하다. 그리고 acetyl 그룹으로 ester화된 ADAWCS가 hydroxypropyl 그룹으로 ether화된 HDPWCS보다 높은 소화율을 보였다. Gunnarsson 등<sup>(14)</sup>은 acetyl distarch phosphate potato starch와 hydroxypropyl distarch phosphate potato starch를 비교했을 때

**Table 3. Percent hydrolysis of ramen starch under exhausted and normal cooking\***

Incubation time(hour)	Common ramen					Container ramen				
	A-1	A-2	A-3	A-4	A-5	B-1	B-2	B-3	B-4	B-5
<b>&lt;Normal cooking&gt;<sup>1)</sup></b>										
0	3.0	2.1	4.0	2.0	2.0	4.0	4.1	6.0	2.5	2.8
1/2	30.8	25.7	27.5	33.0	25.2	26.2	22.0	26.6	30.1	25.7
1	45.2	41.5	38.2	42.8	40.6	36.4	40.1	42.2	42.4	42.8
2	48.0	46.6	44.7	47.4	43.3	41.5	42.9	46.1	45.6	45.2
5	51.7	48.0	50.3	50.8	49.5	46.1	44.2	48.0	47.5	49.2
6	51.9	48.2	50.4	51.7	51.2	46.2	46.4	48.3	50.2	49.3
<b>&lt;Exhausted cooking&gt;<sup>2)</sup></b>										
0	4.9	4.2	5.1	2.0	2.3	4.7	3.4	6.1	2.1	2.5
1/2	31.5	33.0	39.2	36.8	35.7	32.9	35.9	33.1	28.0	32.2
1	42.6	45.2	45.2	45.2	42.2	42.1	45.2	44.3	45.6	37.9
2	46.6	46.2	47.5	46.2	50.0	44.5	48.4	47.5	46.6	44.2
5	51.2	49.8	52.2	48.4	52.7	49.4	50.3	48.9	48.9	47.1
6	52.9	53.6	52.2	51.2	52.9	49.5	50.5	48.9	49.9	47.3

<sup>1)</sup>Common ramen(A) was boiled for 5 min and container ramen(B) was cooked by adding boiling water, followed by standing 5 min.

<sup>2)</sup>Boiling 30 min and autoclaving 30 min at 130°C

후자의 소화율이 더 낮음을 보였고, phosphate에 의해서만 cross-link된 potato starch가 native potato starch와 비교해 소화율에 차이를 가져오지 않았다고 하였으며 Wootton 등<sup>(7)</sup>은 acetylated wheat starch(DS 0.07)보다 hydroxypropylated wheat starch(DS 0.06)의 소화율이 더 낮음을 보여주었다. 결국 ADAWCS 보다 HDPWCS의 낮은 소화율은 hydroxypropyl 그룹이 acetyl 그룹 보다 더 bulky 해서 steric hindrance가 더 크게 나타난 결과라고 생각된다.

화학적 변성전분의 안전성에 관한 연구는 여러 측면에서 행해졌다. Filer<sup>(15)</sup>는 현재 식품에 사용되는 수준에서 급성적으로는 영양가와 안전성에서 별 영향을 보이지 않지만 오랜기간 여러 세대에 걸쳐 계속적으로 먹인 경우 만성독성, 영양가, 발암성, 생식능력에 어떠한 영향을 미치는지 지속적인 연구가 요구된다고 하였다.

**라면중 전분의 가수분해율**

라면 중 전분의 소화율 측정에 앞서 라면에 사용되고 있는 소맥분 2가지를 탈지한 다음 hog pancreatic  $\alpha$ -amylase로 6시간 가수분해 시킨 후 중력분의 당질함량 74.6%를 기준으로 계산한 가수분해율을 보면 소맥분 I은 63.1%, 소맥분 II는 68.1%이었다.

라면을 Soxhlet 추출법으로 탈지시킨 후(평균 지방함량 18.1%) 전분질의 가수분해율을 측정한 결과는 Table 3과 같다. 즉 라면을 실제로 섭취하는 조건에서 조리한 후의 소화율은 5개회사 제품에서 보통면(A)은 평균 50.7%로서 즉석면(B)의 평균 48.1%보다 약간 높았으나 유의적 차이는 보이지 않았다. 한편 이들 라면을 완전 호화시킨 후의 소화율은 실제적인 가열조건에서의 소화율

보다 1~2% 높았으나 유의성은 인정할 수 없었다.

식품첨가물 공전에 의하면 변성전분에서 acetyl 그룹은 2.5% 이하여야 하며 acetyl화 전분의 사용량은 라면의 종류에 따라 비록 그 양에 차이가 있다 하여도 많지 않을 것이므로 전분질의 소화율에 차이를 주지 못하게 되는 것으로 여겨진다. 라면전분의 소화율이 소맥분 전분의 소화율인 63~68% 보다 낮았으나 이에 대해서는 더 구체적인 실험이 요구된다.

**요 약**

식품에 사용되는 화학적 변성전분류와 acetyl화 전분이 사용된 라면의 돼지 췌장  $\alpha$ -amylase에 의한 *in vitro* 소화율(37°C 에서 6시간)을 비교하였다. Native potato starch와 acetylated potato starch의 가수분해율은 각각 64.5%와 59.3%, native와 hydroxypropylated corn starch는 70.5%와 60.4%, 그리고 native와 hydroxypropylated high amylose corn starch는 65.2%와 57.3%로서 native한 것들이 유도체들보다 높았다. Waxy corn starch들의 소화율은 pregelatinized(74.3%)>native(72.1%)>acetylated(66.5%)>acetyl distarch adipate(56.4%)>hydroxypropyl distarch phosphate(50.7%)의 순으로 감소하였다.

국내에서 생산, 판매되고 있는 5개 회사의 봉지라면과 용기라면에 대한 실험에서는 실제 조리조건에서 소화율에 유의적 차이를 보이지 않았다. 결론적으로 화학적 변성전분의 소화율은 천연전분보다 낮지만 상용식품에서의 사용량이 매우 낮으므로 식품 섭취에 따른 전분질의 소화율에는 큰 영향을 미치지 않을 것으로 판단된다.

## 문 헌

1. Rogols, S.: Starch modifications-A view into the future. *Cereal Foods World*, **31**, 869(1986)
2. Gunnarsson, A., Bjork, I. and Ostergard, K.: A study of native and chemically modified potato starch II. *Starch/Stärke*, **40**, 58(1988)
3. Seib, P.A. and Maningat, C.C.: Modified starches for food. In *Starch; Structure, Properties and Food Uses*. Kansas State Univ. AACC Short Course, Chicago, March 4-5, 1982.
4. Hood, L.F. and O'shea, G.K.: Calcium binding by hydroxypropyl distarch phosphate and unmodified starch. *Cereal Chem.*, **54**, 266(1977)
5. Hood, L.F., Vancampen, D.R., House, W.A. and Szat Kowski, E.: Effect of modified and unmodified tapioca starches on Fe retention in rats. *J. Nutr.*, **106**, 1766 (1976)
6. Biliaderis, G.: Physical characteristics, enzymatic digestibility, and structure of chemically modified smooth pea and waxy maize starches. *J. Agric. Food Chem.*, **30**, 925(1982)
7. Wootton, M. and Chaud, M.A.: Enzymic digestibility of modified starch. *Starch/Stärke*, **31**, 224(1979)
8. Hoover, R. and Sosulsk, F.: A comparative study of the effect of acetylation on starches of *Phaseolus vulgaris* biotypes. *Starch/Stärke*, **37**, 397(1985)
9. Wootton, M. and Chaudhry, M.: *In vitro* digestion of hydroxypropyl derivatives of wheat starch I. *Starch/Stärke*, **33**, 135(1981)
10. Leegwater, D.C. and Luten, J.B.: A study on *in vitro* digestibility of hydroxypropyl starches by pancreatin. *Stärke*, **23**, 430(1971)
11. Hoover, R. and Hannouz, D.: Effects of hydroxypropylation on thermal properties, starch digestibility and freeze-thaw stability of field pea starch. *Starch/Stärke*, **40**, 383(1988)
12. Hahn, D.E. and Hood, L.F.: Physical characteristics of  $\alpha$ -amylase hydrolysates from unmodified and chemically modified waxy maize starches. *J. Food Sci.*, **45**, 518(1980)
13. 옥철, 백운화, 박관화 : 하이드록시 프로필화 옥수수전분의 이화학적 특성. 한국식품과학회지, **23**, 175(1991)
14. Gunnarsson, A., Bjork, I. and Ostergaard, K.: A study of native and chemically modified potato starch I. *Starch/Stärke*, **40**, 58(1988)
15. Filer, L.J.: Modified food starches for use in infant foods. *Nutr. Rev.*, **29**, 55(1971)

---

(1994년 4월 18일 접수)