

고아밀로즈 옥수수전분의 압출성형에 의한 난소화성화

김지용 · 이철호

고려대학교 생명공학원 식품가공핵심기술연구센터

Formation of Enzyme Resistant Starch by Extrusion Cooking of High Amylose Corn Starch

Ji Yong Kim and Cherl Ho Lee

Center for Advanced Food Science and Technology (CAFST)
Graduate School of Biotechnology, Korea University

Abstract

Extrusion cooking treatment was compared with autoclaving/cooling treatment for formation of enzyme resistant starch of high amylose corn starch (HACS). Effects of barrel temperature (100°C, 120°C, 140°C) and feed moisture content (25%, 35%, 45%) on extrusion processing in a co-rotating twin-screw extruder under fixed screw speed (100 rpm) were investigated by measuring enzyme resistant starch (RS) yield. RS yield were estimated by in-vitro pancreatin digestion method and enzymatic-gravimetric method using termamyl. Barrel temperature and yield of RS were negatively correlated and feed moisture content and yield of RS was positively correlated as determined by in-vitro pancreatin method. The highest yield (38.4%) of RS was obtained from HACS extrudate processed at the barrel temperature of 100°C and the feed moisture content of 45%, while the yield of RS by 5 times of autoclaving/cooling was 25%. The yield of RS by *in vitro* pancreatin digestion method was 20.7% with high amylose corn starch and 8.2% with ordinary corn starch (CS), respectively, under the same extrusion condition (barrel temperature 120°C, feed moisture content 35%). At the same condition, the yields of RS by enzyme-gravimetric method were 14.6% with HACS and 6.8% with CS, respectively. The yield of RS increased during the storage at 4°C for 4 weeks and the highest yield (60%) was obtained by the storage of HACS extrudates extruded at 100°C and 45% feed moisture content.

Key words: High amylose corn starch, twin-screw extruder, enzyme resistant starch, Termamyl, pancreatin

서 론

전분은 곡류를 주식으로 하는 우리나라에서는 식품에너지원이 되고 있으나, 최근 영양파이프 비만이 세계적인 병리현상으로 나타남에 따라 난소화성 저열량 전분 소재의 개발이 관심을 끌고 있다.

난소화성 전분은 다이어트용 저열량 식품제조에 식이섬유와 유사한 용도로 사용되는 것 이외에 insulin 요구량 감소, 혈압강하 효과 등 에너지 활성기능도 가지고 있음이 보고되고 있다^(1,2).

이러한 기능성을 가지는 난소화성 전분은 주로 고아밀로즈 전분의 고압가열과 냉각을 반복하는 방법으로 제조되고 있으며 이렇게 형성된 난소화성 전분형

성특성에 관한 연구들이 주로 진행되어 왔다^(4,5). 그러나 이러한 고아밀로즈 전분의 고압가열과 냉각의 반복에 의한 난소화성 전분 형성은 많은 시간과 노동력이 요구되는 단점이 있다.

Triveni 등⁽⁷⁾은 압출성형 공정에 의한 난소화성 전분의 대량 생산의 가능성을 제시한 바 있다. 이에 본 연구에서는 현재 식품산업에 널리 이용이 되고 있는 압출성형기를 이용하여 난소화성 전분을 생산하는 조건과 효율을 조사하고 난소화성 전분 제조에 가장 많이 이용이 되는 고아밀로즈 옥수수 전분의 난소화성화를 일반 전분의 난소화성화와 비교하였다.

재료 및 방법

재료

실험에 사용한 옥수수 전분(두산 곡산)과 고아밀로

Corresponding author: Cherl-Ho Lee, Center for Advanced Food Science and Technology (CAFST), Graduate School of Biotechnology, Korea University, Seoul 136-701, Korea

즈 옥수수 전분(선일포도당)의 일반성분 조성은 다음 Table 1과 같다.

실험방법

회분식 가열 냉각에 의한 난소화성 전분 제조: Sievert 등⁽⁴⁾의 방법으로 난소화성 전분(RS)을 제조하였다. 옥수수 전분과 물을 1:3.5의 비율로 조절하여 121°C에서 1시간 동안 가압 열처리하였다. 가열 호화된 전분액을 방냉하여 실온까지 냉각시킨 후 4°C로 조정된 냉장고에서 1일간 저장하고, 이와 같은 가열냉각 싸이클을 5회 반복한 후 동결 건조하였다.

건조된 시료를 분쇄기로 분쇄하여 60 mesh 체를 통과시킨 후 통과한 분말을 모아 테이크레이터 안에서 보관하면서 실험재료로 사용하였다.

연속식 압출성형에 의한 난소화성 전분 제조: 동방향(co-rotating) 쌍축형(twin-screw) 압출성형기(백상기계)를 사용하였으며 제원은 L/D ratio 24, 스크류 직경은 31 mm이며 원료투입 장치는 분말원료를 위한 투입장치인 Hopper를 사용하였다. 원료 투입 수분함량 조절을 위하여 water pump를 feeding 바렐에 연결, 설치하여 일정량의 수분이 투입되도록 조절하였다. 직경 4 mm의 die (1 hole)를 사용하였고 스크류 조합의 압축비는 2.25:1이었다. 전기히터를 바렐에 장착하여 바렐의 온도를 조절하였다. 스크류 조합은 Fig. 1과 같다.

압축성형 작동조건: Screw 회전속도는 100 rpm으로 고정하였다. 바렐 온도는 첫번째 바렐을 50°C로 고정시키고, 두번째와 세번째 바렐의 온도는 동일하게 3가지 온도수준(100, 120, 140°C)으로 조절하여 실험하였

Table 1. Proximate composition of raw starch (unit : %)

	Corn starch	High amylose corn starch
Moisture	14.5	13.7
Protein	0.18	0.15
Lipid	0.1	0.1
Ash	0.1	0.1
Carbohydrate	85.1	86.0
Amylose/Amylopectin ratio	25/75	60/40

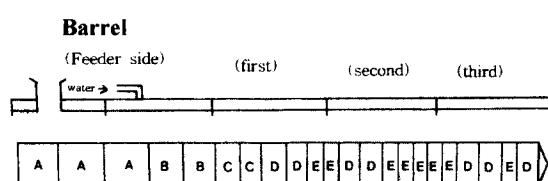


Fig. 1. The screw configuration of the co-rotating twin-screw extruder used for this study (L/D=44, screw diameter 31mm).

다. 투입원료 수분함량은 25, 35, 45%의 3수준으로 조절하였다.

바렐온도(100, 120, 140°C) 3가지 조건과 투입원료 수분함량(25, 35, 45%) 3가지 조건으로 총 9가지 조건에서 압출성형 실험을 행하였다.

압출성형후 1시간 동안 방치하여 방냉한 후 일부는 즉시 동결시키고 일부는 저장성 실험을 위하여 플라스틱 밀폐백에 넣어 4°C로 조정된 냉장고에 1주와 4주간 각각 저장한 후 동결시켰다. 동결된 압출성형물을 동결건조 후에 분쇄기로 분쇄하여 60 mesh 체를 통과한 분말을 모아 테이크레이터 안에서 보관하면서 실험재료로 사용하였다.

전분의 소화성 측정법: 전분의 소화성 측정법에는 생체반응과 유사한 조건에서 전분의 소화속도를 측정하는 방법과 식이섬유 함량측정 방법의 변형된 방법으로 생체반응과 다른 조건인 고온에서의 내열성 효소를 이용한 방법이 있다. 즉, 생체와 유사한 조건과 고온처리 과정이 병행되는 조건에서의 소화성을 비교하고자 2가지 실험방법을 병행하였다.

Pancreatin에 의한 *in vitro* 측정

이 방법은 Englist 등⁽⁵⁾에 의한 방법으로 생체내 효소반응과 유사한 조건에서 전분의 소화속도를 측정하는 것이다. 반응시간에 따라 급속 소화성 전분(Rapid Digested Starch, RDS), 완만 소화성 전분(Slow Digested Starch, SDS), 난소화성 전분(Resistant Starch, RS)으로 분류한다.

Pancreatin (sigma, P-1750) 3 g을 4개의 원심분리기 용기(50 mL)에 각각 넣은 뒤 20 mL의 중류수를 첨가하고 10분간 stirring한 후 다시 10분간 1500×g에서 원심분리하여 4개의 원심분리 용기에서 상등액 13.5 mL을 취하여 합한 전체 54 mL의 pancreatin 효소액에 amyloglucosidase (sigma, A-3042I) 6 mL을 첨가하여 전체 60 mL의 효소혼합액을 만들어 실험하였다.

시료 1 g(건물 기준)을 삼각 flask에 넣은 후 20 mL 0.1 M sodium acetate buffer (pH 5.2)를 넣은 뒤 효소 혼합액 5 mL을 첨가하여 37°C 진탕항온수조(160 stoke/min)에서 반응시켰다. 반응시간 20분과 120분에 각각 반응액 1 mL을 취하여 50 mL 용 원심분리병에 넣고 여기에 66% ethanol 19 mL을 첨가하여 혼합한 후 1500×g, 10분간 원심분리하였다.

여기에서 상등액 1 mL을 취하여 환원당의 양은 DNS 방법⁽⁶⁾으로 측정하였다. 급속 소화성 전분(RDS)은 효소반응시간 20분 동안 가수분해된 전분의 양이며, 완만 소화성 전분(SDS)은 반응시간 20분부터

120분 사이에 가수분해된 전분의 양이다.

난소화성 전분(RS)은 전체 전분에서 RDS와 SDS의 양을 뺀 나머지 전분을 의미한다. 즉 *in vitro* 시험에서 pancreatin과 amyloglucosidase 혼합 효소 반응에서 120분 동안 소화되지 않는 부분을 난소화성 전분으로 측정한다. Englert 등⁽⁸⁾의 방법에 의한 전분의 소화성 측정방법을 요약하면 Fig. 2와 같다.

내열성 아밀라제(Termamyl)에 의한 난소화성 전분 생성율 측정: 내열성 아밀라제(Termamyl)에 의한 enzymatic-gravimetric 분리방법은 total dietary fiber 측정방법(AOAC, 1985)⁽¹⁰⁾을 변형 이용한 것으로 Sievert 등⁽⁴⁾에 의한 실험방법이다.

시료(건물 기준) 0.5 g에 0.2 mL Termamyl (120 L, Novo)을 첨가하고 여기에 citric acid buffer (pH 6.0) 20 mL 더한 뒤 95°C 진탕항온수조(160 stroke/min)에서 30분간 반응시킨 후 1 N HCl을 첨가하여 pH 4.5로 조정하였다. 여기에 amyloglucosidase (sigma, A-3042)를 0.5 mL 첨가한 후 다시 60°C 진탕항온수조(160 stroke/min)에서 30분간 반응시킨 후 여과지(Whatman No. 4)를 사용하여 여과, 불용성 잔사를 105°C에서 건조하여 무게를 측정하였다.

난소화성 전분의 생성율은 다음과 같은 방법으로 계산하였다.

*난소화성 전분 생성율(%)

$$= \frac{\text{불용성 잔사의 무게(g)}}{\text{시료의 무게(g)}} \times 100$$

Sievert 등의 방법에 의한 전분의 소화성 측정방법을 요약하면 Fig. 3과 같다.

Sample (D.M. 1 g)+20 mL 0.1 M sodium acetate buffer (pH 5.2)

↓
37°C Water bath

5 mL Enzyme addition (Pancreatin+Amyloglucosidase) solution addition

↓
Shaking (160 stroke/min) for 20 min (RDS) or 120 min (SDS)

↓
1 mL hydrolyzate+19 mL Ethanol (66%)

↓
Centrifuge for 10 min at 1500×g

↓
Supernatant 1 mL

↓
Measurement of reducing sugar (DNS method)

Fig. 2. The schematic diagram for the measurement of RDS (Rapid Digested Starch), SDS (Slow Digestive Starch), RS (Resistant Starch) by *in vitro* digestion test using pancreatin and amyloglucosidase.

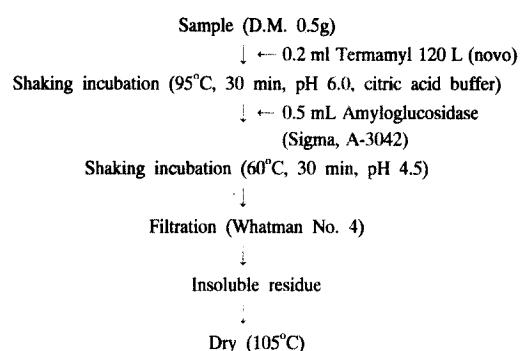


Fig. 3. The Schematic diagram for the measurement of enzyme resistant starch by enzymatic gravimetric method using termamyl.

결과 및 고찰

회분식 가열냉각에 의한 전분의 소화성 변화

열처리를 받지 않은 생전분의 *in vitro* pancreatin 소화율은 Table 2에 표시한 바와 같다. 여기서 RDS는 20분 안에 가수분해되는 전분의 양이며 SDS는 20분부터 120분 사이에서 가수분해되는 전분의 양이며, 또한 RS는 전체전분에서 RDS와 SDS를 뺀 나머지 전분으로 일반적으로 RS를 난소화성 전분으로 분류한다. 일반 옥수수 전분에서는 20.2%, 고아밀로즈 옥수수 전분에서는 50.4%의 난소화성을 나타내었다. 120°C 회분식에서 1회 가열 냉각한 경우 소화성은 급격히 증가하여 일반전분의 난소화성율이 3.6%, 고아밀로즈 옥수수 전분은 20.0%로 감소하였다. 회분식 가열 냉각을 5회 반복 하였을 경우 난소화성 전분함량은 일반 전분인 경우 9.8%, 고아밀로즈 전분인 경우 22.5%로 증가하였다.

Table 2. Changes in the *in-vitro* pancreatin digestibility of ordinary corn starch and high amylose corn starch by conventional autoclaving/cooling treatment (unit : %)

Treatment	Corn starch			High amylose corn starch		
	RDS (%) ⁽¹⁾	SDS (%) ⁽²⁾	RS (%) ⁽³⁾	RDS (%)	SDS (%)	RS (%)
Raw starch	42.1	37.7	20.2	43.2	6.4	50.4
Number of repeat of autoclaving at 120°C and cooling						
1 times	93.5	2.9	3.6	79.1	0.9	20.0
5 times	77.6	12.6	9.8	46.0	31.5	22.5

⁽¹⁾ RDS : Rapid Digestion Starch

⁽²⁾ SDS : Slow Digestion Starch

⁽³⁾ RS : Resistant Starch

한편 전분용액을 95°C로 가열하면서 내열성 효소 처리하는 termamyl digestion에서는 Table 3에 표시한 바와같이 일반전분의 난소화성율이 9%, 고아밀로즈 전분의 난소화성율은 17%에 불과하였다. 이 경우 1회 회분식 가열처리로 소화율에 큰 변화를 보이지 않는다. 5회 가열 냉각에 의하여 난소화성 전분이 19%와 27%로 각각 증가하였다. 즉, 난소화성율은 일반전분보다 고아밀로즈 전분이 높은 값을 보였으며, 가열 냉각 사이클이 증가할수록 수율이 증가하였다. 이러한 결과는 Sievert 등⁽⁴⁾과 문 등⁽¹¹⁾의 보고와 일치하는 것이다.

압출성형 조건에 의한 전분의 소화성 변화

압출 성형기의 온도와 사입원료의 수분함량에 의한 압출조리 고아밀로즈 옥수수 전분의 소화율 변화는 Table 4와 같다. 바렐온도가 높아질수록, 투입원료 수분함량이 낮아질수록 팽화율은 높아지는데 이러한 결과는 Mercier 등⁽¹²⁾의 결과와 일치하는 일반적인 경향이며, 동시에 전분의 *in vitro* pancreatin 소화율은 높아지는 경향을 보이고 있다. 이는 압출성형물의 팽화율 증대에 따른 전분의 부분적인 dextrin화에 의해 난소

Table 3. Changes in the resistant starch yield determined by Termamyl digestibility of ordinary corn starch and high amylose corn starch by autoclaving/cooling treatment (unit : %)

Treatments	Corn starch	High amylose corn starch
Raw starch	9	17
Number of repeat of autoclaving at 120°C and cooling		
1 time	12	19
5 times	19	27

Table 4. Changes in the digestibility of high amylose corn starch by extrusion temperature and feed moisture content (FMC)

Extrusion condition	Extrudate		Pancreatin digestibility				
	Temperature	FMC	ER ⁽¹⁾	EMC ⁽²⁾	RDS (%)	SDS (%)	RS (%)
100°C	25%	1.35	22.2	45.6	19.7	34.7	
	35%	1.40	25.5	40.2	22.4	37.4	
	45%	1.03	31.6	41.5	20.1	38.4	
120°C	25%	1.45	15.0	46.5	36.1	17.4	
	35%	1.53	19.4	52.3	27.0	20.7	
	45%	1.25	27.6	45.1	26.4	28.5	
140°C	25%	2.45	15.5	55.8	32.7	11.5	
	35%	1.94	20.2	55.6	33.2	11.2	
	45%	1.16	28.2	47.2	27.9	24.9	

⁽¹⁾ER : extrudate expansion ratio

⁽²⁾EMC : extrudate moisture content (%)

화성 전분 수율이 감소되는 것으로 사료된다. 이러한 결과는 Jian 등⁽¹³⁾의 실험에서 팽화율 증가시 전분 분자가 degradation되는 결과와 일치하는 것이다. 즉 난소화성 전분 수율이 바렐온도 100°C인 경우(34~38%)와 투입원료 수분함량이 45%인 경우(24~38%)에서 상대적으로 높은 수율을 보였다.

일반옥수수 전분의 압출성형시(바렐온도 120°C, 투입 원료수분함량 35%) 난소화성 전분수율은 8.2%로 고아밀로즈 전분(20.7%)보다 낮은 값을 보였다.

한편, Termamyl digestion에 의한 난소화성 전분생성율은 Table 5에 나타난 바와 같이 11~15% 수준으로 압출성형 조건에 관계없이 낮은 수준을 보이고 있다. 전체적으로 바렐온도 상승시 난소화성 전분수율이 약간 감소하였고 원료수분함량 증가시 약간 증가하였다. 이는 *in vitro* pancreatin 소화율에서와 같이 팽화율 증가시 전분의 degradation이 증가한다는 Jian⁽¹³⁾의 연구결과와 같이 팽화율 증가시 전분의 소화성은 증가하며, 반대로 팽화율이 감소되는 조건에서는 난소화성이 증가 되는 것으로 사료된다(Table 5 참조). 일반 옥수수 전분의 압출성형전분(바렐온도 120°C, 투입원료 수분함량 35%)의 난소화성 수율은 6.8%로 고아밀로즈 옥수수전분의 압출성형시 난소화성 수율(14.6%)보다 낮은 값을 보였다. Sivert 등⁽⁴⁾의 연구에서 회분식 가열 냉각시 아밀로즈 함량이 높을수록 난소화성이 증가하는 결과와 일치된다.

저온 저장에 의한 고아밀로즈 옥수수전분 압출성형물의 소화성 변화

고아밀로즈 압출성형물을 4°C 냉장고에서 1주, 4주 저장시에 *in vitro* pancreatin에 의한 난소화성 전분의 수율 비교는 Table 6과 같다.

Table 5. Changes in the resistant starch yield determined by Thermamyl digestibility of high amylose corn starch by extrusion temperature and feed moisture content (FMC)

Extrusion Temperature	Condition FMC	Resistant starch yield (%)			
		25%	35%	45%	55%
100°C	25%	13.8			
	35%	14.8			
	45%	15.4			
	55%	13.6			
120°C	25%	14.6			
	35%	15.0			
	45%	11.6			
	55%	12.0			
140°C	25%	14.0			
	35%				
	45%				
	55%				

Table 6. Changes in the content of resistant starch of high amylose corn starch extrudates by the storage time at 4°C (*in vitro* pancreatin digestibility) (unit : %)

Extrusion conditions		Storage Time		
barrel temp.	F.M.C	no storage	1 week	4 weeks
100°C	25%	34.7	35.4	59.0
	35%	37.4	41.6	60.7
	45%	38.4	41.3	60.0
120°C	25%	17.4	18.0	25.7
	35%	20.7	22.6	35.1
	45%	28.5	30.3	40.9
140°C	25%	11.5	16.2	33.8
	35%	11.2	15.8	40.9
	45%	24.9	27.5	50.1

바렐온도가 100°C인 경우 4주 저장시에 3가지 투입 원료 수분함량 모두에서 유사한 높은 수율(59, 60.7, 60%)을 보였으며, 바렐온도가 120, 140°C인 경우는 4주 저장시에 투입원료 수분함량 증가에 따라 25.7%에서 40.9%로, 33.8%에서 50.1%로 각각 높은 수율을 나타내었다. 이는 4°C 저장중에 노화현상과 유사한 과정의 진행이 생긴것으로 사료된다. 특히 바렐온도가 140°C인 경우 4주 저장시에 그 증가율이 높게 나타났는데, 이러한 결과는 가열온도가 증가할수록 생전분의 구조가 붕괴되어 아밀로즈가 자유로운 상태가 되어 재결합이 용이하게 되기 때문이라는 Berry⁽¹⁴⁾의 견해로 설명될 수 있다.

고아밀로즈 압출성형 전분의 4°C 냉장고에서의 저장시 내열성 아밀라제(Termamyl)에 의한 난소화성 전분 수율의 결과는 Table 7과 같다. 바렐온도 100°C에서는 1주 저장시 13~15%에서 18~20%로 증가하였고 4주 저장시 1주와 비교하여 거의 유사한 값을 보였으며, 바렐온도 120°C에서는 약간의 증가, 바렐온도 140°C에서는 거의 증가현상이 나타나지 않았다.

Table 7. Changes in termamyl resistant starch of high amylose corn starch extrudates by the storage time at 4°C (unit : %)

Extrusion conditions		Storage Time		
barrel temp.	F.M.C	no storage	1 week	4 weeks
100°C	25%	13.8	18.8	19.0
	35%	14.8	20.4	20.0
	45%	15.4	20.0	22.0
120°C	25%	13.6	16.2	17.1
	35%	14.6	15.6	17.0
	45%	15.0	17.4	18.0
140°C	25%	11.6	11.2	11.4
	35%	12.0	14.0	14.2
	45%	14.0	13.6	14.0

두가지 난소화성 전분 측정법 결과 비교

Table 2와 Table 3 비교시 생전분인 경우 pancreatin을 사용한 경우가 높은 값을 보였으며 특히 high amylose corn starch가 매우 높은 값을 보인다. 이는 Englert 등⁽⁸⁾의 결과와 일치하는 것이다. 이러한 결과는 일반 전분이 X-선 회절시 A type을 나타내는 반면, 고아밀로즈 전분은 체장 amylase에 분해가 되기 어려운 B type을 가지기 때문이다⁽¹⁵⁾. 또한 회분식 압력솥에 의한 가열 냉각에 의한 난소화성 전분 수율을 비교하여 보면 일반전분은 pancreatin을 사용한 경우보다 내열성 아밀라제를 사용한 경우에서 더 높은 난소화성 수율을 보였으며 고아밀로즈 전분에서도 약간 증가한 결과를 나타내었다. 이는 pancreatin 소화효소보다는 내열성 아밀라제에 의한 분해에 더욱 저항성을 가지는 부분이 회분식 가열 냉각과정에서 생성됨을 알 수 있다. 고아밀로즈 압출성형 전분의 pancreatin을 이용한 난소화성 수율을 비교인 Table 4와 고아밀로즈 압출성형 전분의 내열성 아밀라제에 의한 난소화성 수율을 비교한 Table 5를 비교시, pancreatin을 사용한 난소화성 전분수율이 내열성 아밀라제인 경우보다 전체적으로 높은 수율을 보였으며 특히, 바렐온도가 100°C인 경우, 120°C인 경우와 투입원료 수분함량 45%인 경우에서 높은 값을 나타내었다. 이러한 난소화성 수율의 차이는 측정방법의 차이에서 그 원인이 있다고 사료된다.

내열성 아밀라제를 이용한 난소화성 측정법에서는 140°C 바렐온도 처리에 비해 100°C, 120°C의 바렐온도에서 처리한 압출성형물의 난소화성수율이 pancreatin을 사용한 *in vitro* 방법에서 보다 매우 낮게 나타났는데 이는 95°C 30분간의 가열처리 과정을 거치면서 다시 한번 시료가 충분히 호화되기 때문인 것으로 사료된다.

Table 6과 Table 7을 비교하여 보면 Table 6에서는 pancreatin을 이용하여 반응시간에 따른 난소화성 전분 수율을 측정하였는데 저장과 함께 큰 증가율을 나타되었으나, Table 7의 내열성 아밀라제를 이용한 경우 저장에 따른 난소화성 전분수율의 증가가 매우 적게 나타남을 알 수 있다. 이는 pancreatin을 이용한 효소반응에서 측정된 난소화성 전분이 95°C 30분간의 열처리 과정에 의해 상당량 호화됨과 함께 내열성 아밀라제에 의한 작용을 받아 분해성 전분으로 전환되었음을 의미하는 것이다. 즉, 4°C 저장중에 호화전분의 재결정화로 인해 형성된 난소화성 전분은 완전한 결정성을 가진 구조라기 보다는 95°C 30분간의 열처리 및 내열성 아밀라제에 의해 분해 가능한 구조인 것

으로 사료된다.

즉, 소화성과 연관된 고아밀로즈 옥수수전분의 압출성형시와 저장중에 전분의 결정구조에 관한 연구가 필요하다고 사료된다.

요 약

압출성형에 의한 난소화성 전분형성효과를 알아보자 식품산업에 널리 이용되는 쌍축형(twin-screw) 압출성형기(extruder)를 사용하여 일반적으로 난소화성 전분 형성에 많이 사용되는 고아밀로즈 옥수수 전분의 압출성형 실험을 행하였다. 압출성형시 압출조건에 따른 난소화성 전분수율을 회분식 고압가열과 냉각에 의한 난소화성 제조방법과 비교, 실험하였다. 압출성형 조건은 스크류 회전 속도를 100 rpm으로 고정하여 바렐온도(100, 120, 140°C) 3가지 조건과 투입원료 수분함량(25, 35, 45%) 3가지 조건으로 총 9가지 조건에서 압출성형하였다. 또한 압출성형 전분의 4°C 저장시의 난소화성 수율 변화를 측정하였다. 난소화성 전분 측정법으로는 생체내 소화효소 반응과 유사한 pancreatin을 이용한 방법과 내열성 아밀라제(Termamyl)에 의한 방법 2가지를 비교 실험하였다. Pancreatin을 이용한 난소화성 전분 수율 비교시 바렐온도가 낮을 때(100°C)와 원료수분함량이 높을 때(45%)의 압출성형 전분이 가장 높은 수율(38.4%)을 나타내어 회분식 가열 냉각 5회 반복 처리한 시료의 난소화성 수율(25%) 보다 높았다. 같은 압출성형조건에서는 일반 전분의 압출성형전분이 고아밀로즈 압출성형 전분보다 낮은 난소화성 전분수율을 나타냈다. 내열성 아밀라제(Termamyl)에 의한 전분 수율 비교시, 회분식 가열 냉각 5회 처리 시료는 27.5%의 수율을 보였으며 이는 압출 성형 전분의 난소화성 수율(11.6~15.4%)보다 다소 높은 값을 보였으며 같은 압출성형 조건에서 일반전분의 압출성형전분이 고아밀로즈 압출성형 전분보다 낮은 난소화성 전분수율을 나타냈다. 압출성형 고아밀로즈전분의 4°C 저장실험에서 4주 저장후 난소화성 수율은 pancreatin을 이용한 경우에는 바렐온도가 낮은 경우(100°C) 3가지 투입원료 조건(25, 35, 45%) 모두에서 60% 수준의 높은 난소화성 수율을 보였으나 내열성 아밀라제를 사용한 난소화성 수율은 상대적으로 낮은 값을 나타내었다. 이는 압출성형 전분의 4°C 저장시 호화된 전분의 일부 재결정화로 형성된 난소화성 전분이 95°C 30분간의 열처리 및 내열성 아밀라제의 처리에 의해 분해가능한 전분으

로, 완전한 결정성구조를 가진 전분이 아닌 것으로 사료된다.

문 헌

- Ranhotra, G.S. and Gelroth, J.A.: Effect of resistant starch on blood and liver lipids in hamsters. *Cereal Chem.*, **73**(2), 176-182 (1996)
- Ranhotra, G.S. and Gelroth, J.A.: Energy value of resistant starch. *J. Food Sci.*, **61**(2), 453-460 (1996)
- Wakabayashi, Shigera and Obkuma: Food composition having hypotensive effect, European Patent 0470895A1 (1991)
- Sievert, D. and Pomeranz, Y.: Enzyme-resistant starch. I. characterization and evaluation by enzymatic, thermo-analytical and microscopic method. *Cereal Chem.*, **66**(4), 342-347 (1989)
- Czuchajowska, Z. and Sievert, D.: Enzyme-resistant starch. IV. effects of complexing lipids. *Cereal Chem.*, **68**(5), 537-541 (1991)
- Eerlingen, R.C. and Vandebroeck, I.: Enzyme-Resistant starch. V. influence of sugar on resistant starch formation. *Cereal Chem.*, **71**(5), 472-477 (1994)
- Triveni, P.: Enzyme Resistant starch. A new specialty food ingredient. *Cereal Food World*, **40**(11), 882-883 (1995)
- Englist, H. N. and Cumming, J.H.: Classification and measurement of nutritionally important starch fraction. *Eur. J. Cli. Nutr.*, **46**, 533-550 (1992)
- Chaplin, M.F. and Kennedy, J.F.: *Carbohydrate analysis*, IRL Press, p. 3 (1986)
- American Association of official Analytical Chemists.: Changes in methods. total dietary fiber in foods. enzymatic gravimetric method. First action. *J. Assoc. Off. Anal. Chem.*, **68**, 399-406 (1985)
- Mun, S.H., Baik, M.Y. and Shin, M.S.: Effect of amylose content on the physical properties of resistant starches (in Korean). *Korean. J. Food. Sci. Technol.*, **29**(3), 516-521 (1997)
- Mercier, C. and Linko, P.: *Extrusion cooking*, American Association of Cereal chemists. Inc. Minnesota, USA, p. 134 (1989)
- Jian, T. and Xiao, L. D.: Relationship between functional properties and macromolecular modifications of extruded corn starch. *Cereal Chem.*, **71**(4), 364-369 (1994)
- Berry, C.S.: Resistant starch: formation and measurement of starch that survives exhaustive digestion with amylolytic enzyme during the determination of dietary fiber. *J. Cereal Sci.*, **4**, 301-305 (1986)
- Fuwa, H., Takuya, T. & Sugimoto, Y.: Degradation of various starch granules by amylases. In *Mechanism of Saccharide polymerization and depolymerization*, ed. JJ Marshall, Academic Press, New York, p.73-100 (1980)