

난소화성 전분 제조공정의 최적화 및 이화학적 특성 연구

한명륜 · 김우경* · 강남이** · 이수정*** · 김명환†

단국대학교 식품공학과, *단국대학교 식품영양학과
서울보건대학 식품영양학과, *부천전문대학 식품영양학과

Studies for Processing Condition Optimization and Physicochemical Property of Resistant Starch

Myung-Ryun Han, Woo-Kyoung Kim*, Nam-E Kang**,
Soo-Jung Lee*** and Myung-Hwan Kim†

Dept. of Food Engineering, Dankook University, Chonan 330-714, Korea

*Dept. of Food Science and Nutrition, Dankook University, Seoul 140-714, Korea

**Dept. of Food and Nutrition, Seoul Health Junior College, Sungnam 461-250, Korea

***Dept. of Food and Nutrition, Bucheon College, Bucheon 420-735, Korea

Abstract

As a result of resistant starch yield depending on heating temperature, moisture content, storage temperature and heating-cooling cycle with RSM (response surface methodology), high amylose corn starch (46%) was appeared higher than normal corn starch in the yield (22%). At the high amylose corn starch, optimum conditions for resistant starch formation were 6 times of heating-cooling cycle, 108°C heating temperature and 67% moisture content at the 20°C storage temperature, which resulted in 25% yield with these experiment conditions. Affecting factor for the resistant starch formation was arranged according to heating-cooling cycle, moisture content, heating temperature and storage temperature. Raw corn starch granule was destructive and appeared a porous reticular structure by the resistant starch formation. Color became dark and increased yellowness by caramelization during heating processing. Heating-cooling processing was the result of decreased hardness, cohesiveness, springiness and gumminess.

Key words: resistant starch, corn starch, optimization

서론

새로운 기능성 전분인 난소화성 전분(resistant starch)은 탄수화물 중에서 indigestible carbohydrates로 분류되며 인체내 소장에서는 소화·흡수되지 않는 것으로 크게 4가지의 type으로 구분된다. RS type I은 물리적으로 효소의 접근이 어려운 것으로 주로 곡류, 두류 등에 함유되어 있으며 RS type II는 호화되지 않고 전분입자내에 존재하는 것으로 미숙의 바나나나 생감자 등에 존재한다. RS type III는 전분의 호화 후 저장 또는 냉각하는 과정에서 전분의 자연적인 노화 현상에 의하여 형성되어지는 난소화성(indigestible) 전분으로 분류되며 식품의 가공·저장과정 중에 발생하는 부분으로 시리얼(breakfast cereal)이나 빵 등에서 많이 발견된다. RS type IV는 화학적인 방법으로 전분입자의 결정구조에 변화를 줌으로써 효소에 대한 내성을 갖게 한 전분이다(1,2).

식품의 가공·저장 공정 중에 발생하는 RS type III의 제조에는 extrusion, puffing, boiling, parboiling, drying 및 heat-

ing-cooling 등의 방법이 많이 이용되며 그 중 heating-cooling 방법이 가장 효과적이다(3). RS type III의 생성량은 전분의 종류(4), 아밀로오스 함량(5), 수분함량, 가열온도(6), heating-cooling cycle(4,7,8), 첨가물질(9,10) 등에 의하여 영향을 받으며 저장온도, 저장기간, 아밀로오스 사슬길이(11-13) 등으로도 영향을 받는다. 이러한 영향인자들 중에 heating-cooling cycle이 증가할수록, 수분함량이 약 67%일 때, 아밀로오스 함량이 증가할 때, 148°C의 범위 이내에서 가열 온도가 높을수록, 아밀로오스 중합도가 100이상일 때까지 난소화성 전분의 수율이 증가한다는 보고가 있다(14,15). 소장내에서는 소화·흡수되어지지 않는 난소화성 전분의 생리적인 특성(12)은 식이섬유(dietary fiber)와 유사하게 대장내의 *Bifidobacterium* 등과 같은 장내 미생물에 의하여 발효(fermentation)되어 butyrate, acetate, propionate 등과 같은 short chain fatty acid(SCFA)를 분해산물로 생산하게 된다(16). 이러한 미생물에 의한 발효로 인하여 장내환경이 낮은 pH를 띄게 되어 유해성 미생물의 성장을 억제하며 대장점막

†Corresponding author. E-mail: kmh1@dankook.ac.kr
Phone: 82-41-550-3563, Fax: 82-41-550-3566

에 발암성 물질 등이 결합하는 것을 저해하여 대장암을 예방하는 작용을 한다고 한다(17). 또한 난소화성 전분은 분변을 통한 콜레스테롤의 배설을 증가시키고 혈장 콜레스테롤과 중성지방의 농도를 감소시키므로 심혈관계의 질병의 예방 및 치료에 대한 가능성이 보고되고 있다(15,18).

본 연구는 여러 가지 인자들에 대하여 반응표면분석법(response surface methodology)(19)으로 아밀로오스 함량이 다른 두 가지 옥수수 전분을 이용하여 난소화성 전분의 수율이 최적인 조건을 분석하고 최적 제조공정 조건에서의 난소화성 전분이 포함된 호화전분 분말을 제조하여 대조구와 형태학적, 이화학적 특성을 비교·분석하는데 있다.

재료 및 방법

재료

난소화성 전분의 제조에 이용된 전분으로는 아밀로오스 함량이 22%인 옥수수전분(S-4126, Sigma Chemical Co., USA)과 46%인 고아밀로오스 옥수수전분(A-700, Honen Co., Japan)을 구입하여 사용하였다.

난소화성 전분 수율의 최적화

본 연구의 실험설계는 중심합성 설계법을 이용하였으며 옥수수 전분과 고아밀로오스 옥수수 전분에 대하여 4가지 인자로서 수분함량(40~80%), 가열온도(80~120°C), 저장(냉각)온도(0~40°C) 및 가열-냉각 회수(0~6회)를 사용하였고 5가지 수준을 이용하였으며 종속변수는 측정된 난소화성 전분의 수율(생성율)로 하였다. 각 인자의 수준 변화에 따른 난소화성 전분의 생성율의 영향을 조사하기 위하여 분산분석, 이차다항회귀곡선식 및 반응표면분석법(response surface methodology, RSM) 등의 통계방법을 이용하였으며 모든 통계 분석은 SAS로 하였다(19). 이차다항회귀곡선식은 다음과 같다.

$$Y = A_0 + A_1X_1 + A_2X_2 + A_3X_3 + A_4X_4 + A_5X_1^2 + A_6X_1X_2 + A_7X_2^2 + A_8X_3X_1 + A_9X_3X_2 + A_{10}X_3^2 + A_{11}X_4X_1 + A_{12}X_4X_2 + A_{13}X_4X_3 + A_{14}X_1^2 \quad (1)$$

여기서 Y는 종속변수로 난소화성전분 생성율이고, X₁, X₂, X₃, X₄는 독립변수이며 A_i는 계수이다. X₁, X₂, X₃ 및 X₄의 각 독립변수는 수준을 5수준으로 하고 계산의 편의를 위하여 다음 식을 사용하여 -1.482~1.482범위의 code value를 갖도록 선형화하였다.

$$X_1 = \frac{\text{water content} - 60(\%)}{20} \quad (2)$$

$$X_2 = \frac{\text{heating temp.} - 100(^{\circ}\text{C})}{20} \quad (3)$$

$$X_3 = \frac{\text{storage or cooling temp.} - 20(^{\circ}\text{C})}{20} \quad (4)$$

$$X_4 = \frac{\text{heating and cooling cycle} - 3}{3} \quad (5)$$

난소화성 전분의 제조, 분리 및 생성율 측정

난소화성 전분의 제조는 50 mL의 screw cap bottle을 이용하여 수분함량(40~80%, w/w)별로 조제한 시료를 oil bath(C-OB, Changshin Co., Korea)를 이용하여 각각의 온도(80~120°C)에서 1시간 동안 가열하여 제조하였으며 제조한 전분겔은 각 온도별로 setting된 incubator에 23시간 동안 냉각(저장)하는 방법으로 가열과 냉각(저장)을 반복하였다. 난소화성 전분의 분리는 효소중량법(20)을 변형하여 사용하였으며(Fig. 1) 분석에 사용한 효소는 α -amylase(A-3306, Sigma Co., USA)와 amyloglucosidase(A-9913, Sigma Co., USA)를 사용하였고 난소화성 전분의 생성율은 아래의 식에 의하여 계산하였다. 이화학적 특성 분석을 위하여 난소화성 전분을 동결건조한 다음 sample miller(Knifetec 1095, Tecator Co., Sweden)을 이용하여 분말화 하였다.

$$\text{난소화성 전분 생성율} = \frac{\text{건조 후 불용성 잔사의 무게}}{\text{시료의 무게}}$$

미세구조 관찰

Scanning electron microscope(S-2700, Hitachi, Japan)을 이용하여 20분간 시료 입자의 표면에 금도금을 하였으며 가속전압 10 kV의 조건에서 입자의 표면형태를 관찰하였다.

입자의 크기 측정

Laser differential particle size analyzer(8050, Amherst, USA)를 이용하여 시료 약 1 g을 증류수에 분산시켜 1분간 초음파로 처리한 다음 각 시료들 간의 입자크기 분포를 측정하였다.

색도 측정

시료를 색차계(CR 200D, Minolta Co., Japan)로 L, a, b 및 ΔE 값을 측정하였다.

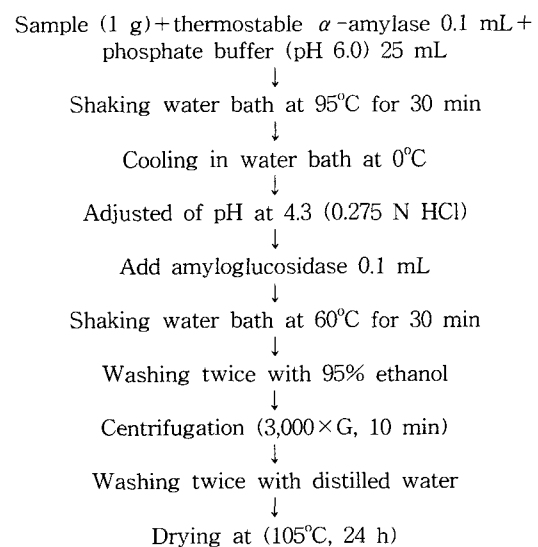


Fig. 1. Flow chart of resistant starch isolation by modified enzymatic-gravimetric method.

물성 측정

Texture analyzer(TA-XT2, Stable micro system, England)를 이용하였으며 일정한 크기의 원통용기에 시료 대 증류수의 비율 1:2(w/w)로 조절하고 vortex mixer를 이용하여 교반한 다음 90°C의 온도에서 1시간 동안 가열하여 완전 호화가 일어나게 하였다. 그 다음 25°C의 incubator에서 3시간 동안 저장하여 일정한 온도가 되게 한 다음 TPA(texture profile analysis) test를 하였다. 실험 조건은 strain 50%, test speed 2.0 mm/s이고 측정시 사용한 probe의 직경은 5 cm이었으며 시료는 원통형 형태로서 직경은 21 mm, 높이는 15 mm이었다(21).

결과 및 고찰

난소화성 전분의 수율

아밀로오스 함량이 22%인 옥수수 전분과 46%인 고아밀로오스 옥수수 전분을 이용하여 난소화성 전분의 제조공정

시 수분함량과 가열처리 온도, 저장(냉각)온도 및 가열-냉각 회수에 따른 난소화성전분의 수율에 미치는 영향을 반응표면분석법으로 나타낸 결과는 Fig. 2 및 Fig. 3과 같다. 옥수수 전분의 경우 수분함량이 70~80%구간이며 120°C의 온도의 조건으로 가열처리하였을 때 가장 높은 수율을 나타내었으며 가열-냉각 회수가 증가할수록 수율이 증가하는 양상을 볼 수 있었다. 또한 각 가열-냉각 회수에 나타난 최적 수분함량은 1회의 가열조건에서 최적 수분함량은 70%인 부근이었으며 가열-냉각회수가 증가할수록 점차적으로 증가하는 모습을 볼 수 있었다. 호화된 전분은 저장 또는 냉각하는 과정에서 재결정화가 일어나는데 수분함량과 가열온도가 복합적으로 중요한 인자로서 작용하는 것을 의미하며 가열온도가 증가할수록 생전분의 입자와 구조가 완전히 파괴되고 지방질이나 아밀로펙틴과 결합하여 있던 아밀로오스가 자유로운 상태가 되어 효소반응에 저항을 갖는 결정의 상태로의 재결합을 하게 되기 때문이다(14). 일반적으로 120°C 이상의 고온에서는 난소화성 전분의 수율에 거의 영향을 미치지 않으며

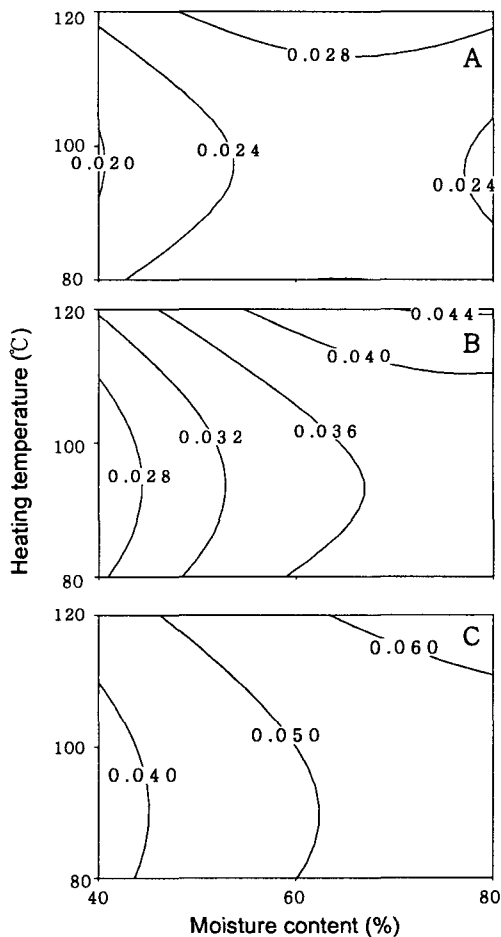


Fig. 2. Resistant starch yield of normal corn starch as related to moisture content, heating temperature and heating-cooling cycle. A: one time of heating-cooling cycle, B: three times of heating-cooling cycle, C: six times of heating-cooling cycle. Amylose content of normal corn starch was 22%.

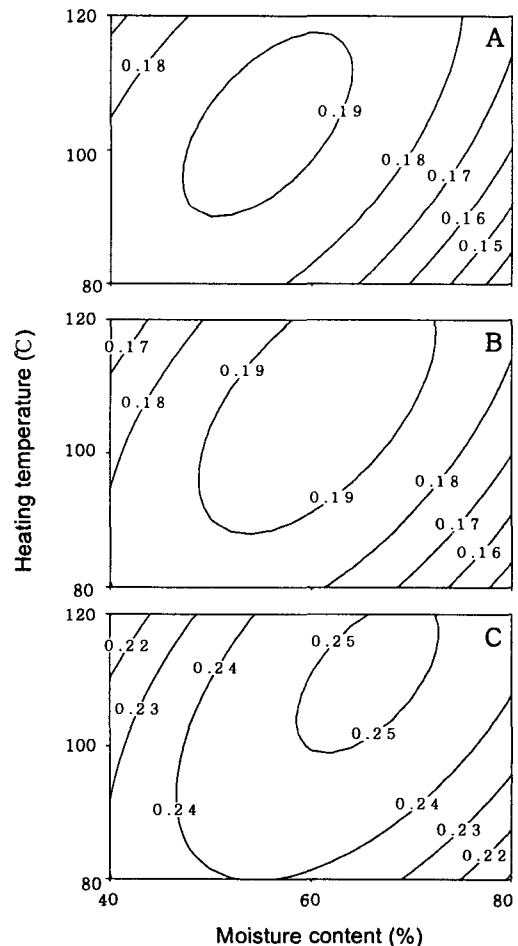


Fig. 3. Resistant starch yield of high amylose corn starch as related to moisture content, heating temperature and heating cooling cycle. A: one time of heating-cooling cycle, B: three times of heating-cooling cycle, C: six times of heating-cooling cycle. Amylose content of high amylose corn starch was 46%.

148°C 이상의 고온에서는 오히려 수율이 감소하는 현상을 나타낸다고 한다(4,7,8). 고아밀로오스 옥수수 전분의 경우 최적의 수분함량은 58~67%와 105~110°C의 사이의 온도에서 최적 조건을 형성하였으며 이는 옥수수 전분의 경우보다 수분함량과 가열온도 모두 낮은 쪽에서 최적점이 형성되었다. 고아밀로오스 옥수수 전분의 경우도 옥수수 전분의 경우와 마찬가지로 가열-냉각 회수가 증가할수록 높은 수율을 나타내었다. 고아밀로오스 옥수수 전분의 경우는 최적 가열-냉각회수에 관계없이 거의 비슷한 온도에서 최적 온도를 이룬 반면 가열-냉각회수가 증가할수록 최적 수분함량은 낮은 쪽에서 높은 쪽으로의 이동현상이 나타났다. 6회의 가열-냉각처리 후 난소화성 전분 생성율이 옥수수전분의 경우 약 0.06, 고아밀로오스 옥수수 전분의 경우 약 0.25로 나타남으로써 고아밀로오스 옥수수 전분이 옥수수 전분에 비하여 더 높은 값을 형성하였으며 이러한 경향은 1회와 3회의 가열-냉각 처리한 경우에서도 같은 양상을 나타냄으로써 아밀로오스 함량이 증가함에 따라 난소화성 전분의 수율이 증가한다는 보고와 일치하는 결과를 나타내었다(4,5). 난소화성 전분의 수율에 수분함량, 가열온도, 저장온도, 가열-냉각회수의 영향 정도를 분석하여 본 결과는 Table 1과 같다. 옥수수 전분과 고아밀로오스 옥수수 전분 모두 난소화성 전분의 수율에 미치는 영향 정도는 가열-냉각회수>수분함량>가열온도>저장온도의 순으로 나타났으며 가열온도와 저장온도는 5% 내에서 유의성 차이가 없었다.

이차다항회귀곡선식

각각의 가공처리 조건의 독립변수(요인, X)인 수분함량(X_1), 가열온도(X_2), 저장온도(X_3), 가열-냉각회수(X_4)의 변화에 대한 종속변수(반응치, Y)인 난소화성 전분의 수율을 예측하기 위하여 SAS program의 rsreg procedure를 이용하여 이차다항회귀곡선의 회귀계수값을 계산한 결과는 Table 2와 같다. 또한 난소화성 전분의 수율에 대한 이차다항회귀곡선에서의 일차다항회귀(linear), 이차다항회귀(quadratic), 교차회귀(cross product)의 기여도를 검정한 결과(Table 3) 옥수수전분과 고아밀로오스 옥수수전분 모두 일차다항회귀, 이차다항회귀, 교차회귀순으로 나타났으며 total regress는 옥수수 전분의 경우 1%, 고아밀로오스 옥수수 전분의 경우는 5% 내에서 유의성의 차이를 나타내었다.

Table 1. Analysis of variance for the effects of four process variables on the yield of resistant starch

Process variable	Normal corn starch		High amylose corn starch	
	F value	Pr>F	F value	Pr>F
Moisture content (%)	5.32	0.01	3.12	0.05
Heating temp. (°C)	2.03	0.15	1.73	0.21
Storage temp. (°C)	0.02	1.00	0.14	0.98
Heating-cooling cycle	9.48	0.00	4.16	0.02

Table 2. Regression coefficients of the second degree polynomials for the yield of resistant starch

	Normal corn starch	High amylose corn starch
A ₀	0.034895	0.193701
A ₁	0.005747	-0.003870
A ₂	0.002772	0.004910
A ₃	-0.000218	0.003562
A ₄	0.008435	0.020111
A ₅	-0.003363	-0.019517
A ₆	0.000250	0.014062
A ₇	0.004150	-0.007452
A ₈	-0.000125	0.000938
A ₉	0.000250	0.000063
A ₁₀	-0.000176	-0.001988
A ₁₁	0.002625	0.005187
A ₁₂	0.001000	-0.000687
A ₁₃	0.000125	0.001188
A ₁₄	0.001190	0.012127

Table 3. Determination coefficient of the second degree polynomials for the yield of resistant starch

Process regression	Normal corn starch	High amylose corn starch
Linear	0.7435	0.3882
Quadratic	0.0942	0.2366
Cross products	0.0419	0.1518
Total regress	0.8796**	0.7766*

*0.05, **0.01.

미세구조

옥수수전분, 6회의 가열-냉각 후 옥수수 전분 및 추출된 난소화성 전분의 개괄적인 모양과 표면의 형태를 관찰하기 위하여 주사전자현미경을 이용하여 5,000배로 관찰한 결과 Fig. 4와 같다. 생전분인 경우는 옥수수 전분과 고아밀로오스 옥수수 전분 모두 거의 비슷한 형태로 입자 대부분이 타원형이나 구형으로 매끈한 표면을 나타내고 있다(22). 반면에, 옥수수 전분과 고아밀로오스 옥수수 전분을 이용하여 각각 최적 제조공정 조건으로 6회의 가열-냉각 후 옥수수 전분과 추출된 난소화성 전분은 호화를 통하여 생전분의 모양이 깨지거나 입자가 커졌다. 생전분보다 6회의 가열-냉각 과정을 거친 전분에서 각이진 형태가 많이 관찰되었다. 생전분 입자의 경우 옥수수전분과 고아밀로오스 옥수수 전분 모두에서 입자표면에 조그마한 구멍들이 발견되었는데 이는 전분입자에서 단백질의 성분이나 수분 등이 용출되어 나타나는 것으로 알칼리 처리나 여러 가지 효소처리에 의해서 그 공간이 점차적으로 확대되어져 가는 모습으로 보고되고 있다(23).

입도분포

Laser differential particle size analyzer를 이용하여 옥수수전분, 6회의 가열-냉각 후 옥수수전분 및 추출된 난소화성 전분의 크기를 나타낸 결과 Fig. 5와 같다. 옥수수 전분은 1.5 μm와 10 μm의 두 가지의 크기로 대별되었으며 6회의 가열-냉각을 거치면서 10 μm의 큰 크기의 입자수가 줄어들었고 추출된 난소화성 전분의 크기분포는 6회 가열-냉각 후 전분

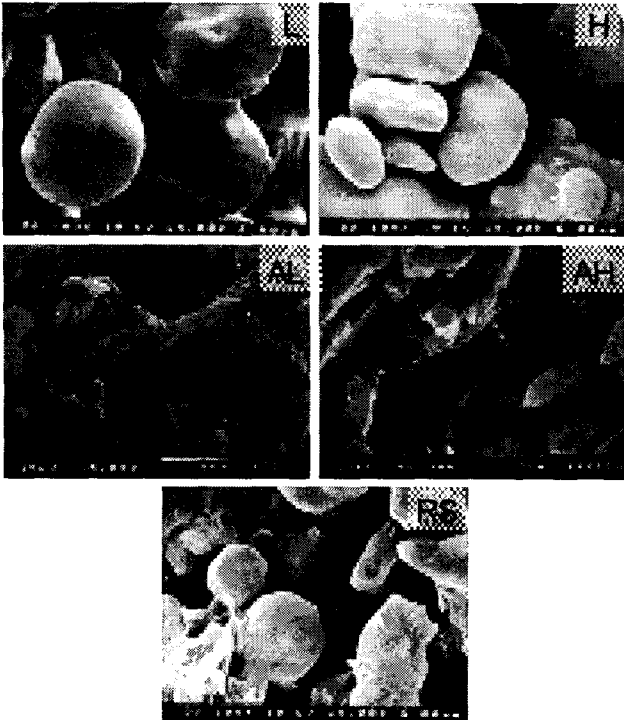


Fig. 4. Scanning electron micrographs ($\times 5000$) of corn starch, six time heating-cooling cycled corn starch and resistant starch.

L: normal corn starch, H: high amylose corn starch, AL: normal corn starch after six times of heating-cooling cycle, AH: high amylose corn starch after six times of heating-cooling cycle, RS: resistant starch.

과 비슷하였다. 고아밀로오스 옥수수전분의 경우에는 크기 분포가 1.5 μm 를 중심으로 이루어졌으며 7 μm 중심으로 언

덕을 보여주고 있고 6회 가열-냉각 후 전분에서 6~9 μm 를 중심으로 상대적으로 많은 양을 나타내었다. 추출된 난소화성 전분의 크기분포는 옥수수 전분의 6회의 가열-냉각 후와 비슷하였으며 3~5 μm 부근의 입자들이 약간 많았다.

옥수수 전분, 6회 가열-냉각 후 옥수수전분 및 추출된 난소화성 전분의 평균입자 크기와 비표면적을 나타낸 결과는 Table 4와 같다. 옥수수 전분의 평균 크기는 3.602 μm 로 고아밀로오스 옥수수 전분의 2.347 μm 보다 크게 나타났으며 6회 가열-냉각 과정에서 옥수수 전분의 평균 크기는 작아진 반면 고아밀로오스 옥수수전분 평균크기는 커졌다. 추출된 난소화성 전분의 평균입자 크기는 2.049 μm 값을 보였다. 비표면적에서는 저아밀로오스 옥수수전분은 0.277 m^2/g 이었고 고아밀로오스 옥수수전분은 0.317 m^2/g 으로 약간 높은 값을 나타내었으며 옥수수 전분이나 고아밀로오스 옥수수 전분 모두 6회 가열-냉각 과정을 거친 후 커졌으며 추출된 난소화성 전분의 경우는 작은 값(0.267 m^2/g)을 보였다.

색도측정

시료의 색도를 색차계로 측정한 결과는 Table 5와 같다. 옥수수 전분과 고아밀로오스 옥수수전분의 L값(명도)은 각각 98.06과 97.97로 거의 차이가 나타나지 않았으나 6회 가열-냉각 처리 후에는 각각 88.06과 89.36으로서 낮은 값을 나타내었다. 이는 가열-냉각과정에서 색상이 어두워졌으며 이는 Kim 등(24)의 결과와도 일치하였다. 옥수수 전분과 고아밀로오스 옥수수전분의 a값(적색도)은 각각 -1.16과 -1.26으로 큰 차이를 보이지 않았으며 6회 가열-냉각 후에는 각각 -0.06과 -1.36으로 나타났다. b 값(황색도)은 옥수수 전분과 고아밀로오스 옥수수 전분이 각각 2.94와 5.14이었으며 6회

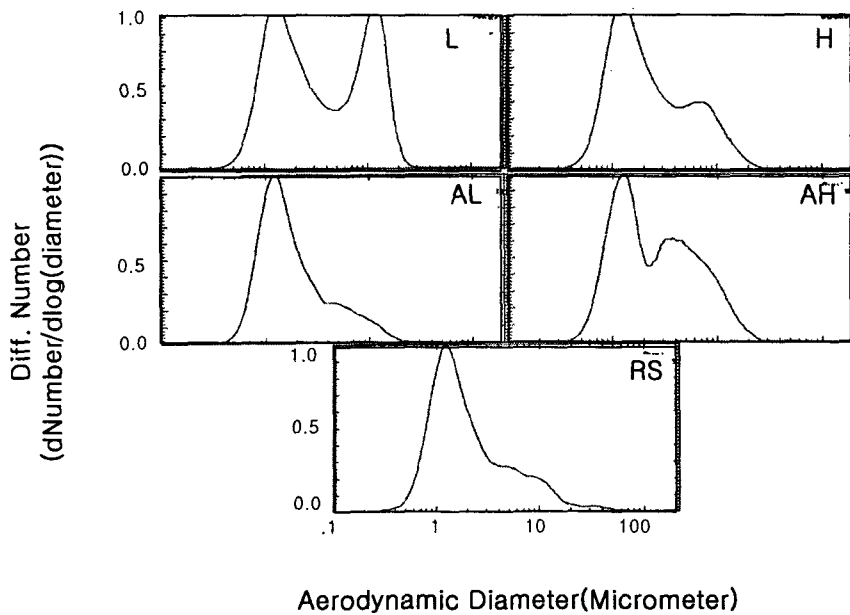


Fig. 5. Particle size distribution of corn starch, six time heating-cooling cycled corn starch and resistant starch. L: normal corn starch, AL: normal corn starch after six times of heating-cooling cycle, H: high amylose corn starch, AH: high amylose corn starch after six times of heating-cooling cycle, RS: resistant starch.

Table 4. Mean particle size and specific surface area of corn starch, six times of heating-cooling cycled corn starch and resistant starch

	Mean particle size (μm)	Specific surface area (m^2/g)
L	3.602	0.277
AL	1.833	0.390
H	2.347	0.317
AH	2.831	0.350
RS	2.049	0.267

L: normal corn starch, AL: normal corn starch after six times of heating-cooling cycle, H: high amylose corn starch, AH: high amylose corn starch after six times of heating-cooling cycle, RS: resistant starch.

Table 5. Colorimetric value of corn starch, six times of heating-cooling cycled corn starch and resistant starch

	L	a	b	ΔE
L	98.06	-1.16	2.94	2.40
AL	88.06	-0.06	12.24	13.80
H	97.96	-1.26	5.14	3.70
AH	89.36	-1.36	13.84	14.30
RS	92.66	-0.46	6.24	6.20

L: normal corn starch, AL: normal corn starch after six times of heating-cooling cycle, H: high amylose corn starch, AH: high amylose corn starch after six times of heating-cooling cycle, RS: resistant starch.

가열-냉각 후에는 12.24와 13.84로 커졌다. 이는 가열-냉각 과정에서 옥수수 전분의 색상이 노란색을 강하게 띄게 되었다는 것을 의미한다. 6회 가열-냉각 과정에서 ΔE 값의 주요 증가요인은 색상이 어둡게 되고(L값 감소) 노란 색상의 증가(b값 증가)이었다. 이러한 결과는 가열-냉각 과정을 반복하는 동안 열에 의하여 전분으로부터 분리된 당성분의 갈변화 반응이 그 원인이라 생각된다. 추출된 난소화성 전분의 L, a, b 및 ΔE 값은 각각 92.66, -0.46, 6.24 및 6.20으로 6회 가열-냉각 후 전분에 비하여 밝은 색상과 노란색상의 감소를 보였다. 이는 난소화성 전분의 추출과정에서 사용되는 ethanol과 증류수에 의하여 색소성분이 제거된 때문으로 사료된다.

물성 특성

수분함량 67%의 옥수수 전분겔 상태를 4°C의 저장과정에서의 texture profile analysis 한 결과는 Table 6과 같다. 저장 초기 옥수수 전분겔의 경도(hardness)는 5.6 kgf로 고아밀로오스 전분겔 3.7 kgf에 비하여 높은 값을 나타내었으며 6회 가열-냉각 후 각각 2.2 kgf과 1.2 kgf로 줄어들었다. 옥수수 전분과 고아밀로오스 옥수수 전분겔의 응집성은 각각 0.51과 0.13이었으며 6회 가열 냉각 후에는 각각 0.11로 낮아졌으며 가열-냉각 공정의 반복은 경도와 응집성을 감소시키는 결과를 보였다. 탄력성(springiness)에서도 옥수수 전분과 고아밀로오스 옥수수 전분겔은 각각 0.85와 0.13을 나타내었으며 6회 가열 냉각 후에는 0.52와 0.11로 탄력성 역시 낮아졌다. 옥수수 전분과 고아밀로오스 옥수수 전분겔의 껌성(gumminess)은 각각 3.0 kgf과 0.5 kgf로 나타났으며 6회 가열-냉각

Table 6. Texture profile analysis of various corn starch gels stored for three days

	Hardness (kgf)		Cohesiveness		Springiness		Gumminess (kgf)	
	Storage days							
	0	3	0	3	0	3	0	3
L	5.6	16.8	0.51	0.30	0.85	0.58	3.0	6.6
AL	2.2	2.2	0.11	0.12	0.52	0.41	0.2	0.8
H	3.7	13.3	0.13	0.07	0.13	0.43	0.5	0.9
AH	1.2	1.4	0.11	0.11	0.11	0.44	0.1	0.5

L: normal corn starch, AL: normal corn starch after six times of heating-cooling cycle, H: high amylose corn starch, AH: high amylose corn starch after six times of heating-cooling cycle.

후에는 각각 0.2 kgf과 0.1 kgf로 매우 작은 값을 보였다.

4°C에서 3일간 저장한 후의 옥수수 전분겔의 상태는 4가지의 경우에서 모두 정도의 증가현상을 보여 노화에 따라 겔 상태가 견고해진 것을 알 수 있었다. 증가의 양상에서는 생전분을 호화한 겔에서의 증가 폭이 가열-냉각 과정을 거친 후의 경우보다 훨씬 컸다.

요 약

아밀로오스 함량이 22%인 일반 옥수수전분과 아밀로오스 함량이 46%인 고아밀로오스 옥수수 전분을 이용하여 난소화성 전분의 제조과정 중 가열온도, 수분함량, 저장온도 및 가열-냉각회수 인자들이 난소화성 전분생성율에 미치는 영향을 반응표면분석법으로 분석한 결과 고아밀로오스 옥수수 전분이 옥수수 전분에 비하여 높은 난소화성 전분의 생성율을 나타내었다. 본 실험조건에서 고아밀로오스 옥수수 전분의 난소화성 전분 생성 최적 제조조건은 6회의 가열-냉각, 20°C의 저장온도, 108°C의 가열온도 및 67%의 수분함량이었으며 생성율은 25% 수준이었다. 난소화성 전분의 제조시 영향을 미치는 순서는 가열-냉각회수, 수분함량, 가열온도, 저장(냉각)온도 순이었다. 난소화성 전분의 제조과정에서 전분입자의 파괴 및 다공성 망상구조를 보였으며 비표면적의 증가와 평균직경의 감소현상이 나타났고 열처리에 의하여 색깔은 어두워지고 노란색상의 증가를 보였다. 가열-냉각 과정에서 옥수수 전분의 경도, 응집성, 탄력성 및 껌성의 감소현상이 두드러졌다.

감사의 글

본 연구는 보건복지부 보건의료기술진흥사업의 지원에 의하여 이루어진 것임(과제고유번호: 00-PJ1-PG4-PT04-0005).

문 헌

1. Asp NG. 1996. Classification by chemistry and physiology. *Food Chemistry* 57: 9-14.

2. Baghurst PA, Baghurst KI. 1996. Record dietary fibre, non-starch polysaccharides and resistant starch—a review. *Food Australia* 48: S3-S25.
3. Brown IL. 2001. Resistant starch: plant breeding applications development and commercial use. In *Advanced dietary fibre technology*. McCleary BV, Prosky L, eds. Blackwell Science, Oxford, UK. p 401-412.
4. Sievert D, Pomeranz Y. 1989. Enzyme-resistant starch I. Characterization and evaluation by enzymatic, thermoanalytical and microscope methods. *Cereal Chem* 66: 342-347.
5. Leloup VM, Colonna P, Ring S. 1992. Physicochemical aspects of resistant starch. *J Cereal Sci* 16: 253-266.
6. Alejandra GA, Fulgencio SC, Delcour JA. 1998. Influence of botanical source and processing on formation of resistant starch type III. *Cereal Chem* 75: 802-804.
7. Berry CS. 1986. Resistant starch formation and measurement of starch that survives, exhaustive digestion with amylolytic enzymes during the determination of dietary fibre. *J Cereal Sci* 4: 301-314.
8. Sievert D, Czuchajowska Z, Pomeranz Y. 1990. Enzyme-resistant starch. Part III. Characterization of heat-treated amylo maize VII starch preparations and corresponding RS fractions by X-ray diffraction and DSC. *Cereal Chem* 68: 86-91.
9. Eerlingen RC, Cillen G, Delcour JA. 1994. Enzyme-resistant starch. IV. Effect of endogenous lipids and added sodium dodecyl sulfate on formation of resistant starch. *Cereal Chem* 71: 170-177.
10. Sievert D, Czuchajowska Z, Pomeranz Y. 1991. Enzyme-resistant starch. Part. Effects of complexing lipids. *Cereal Chem* 68: 537-542.
11. Eerlingen RC, Deceuninck M, Delcour JA. 1993. Enzyme-resistant starch. II. Influence of amylose chain length on resistant starch formation. *Cereal Chem* 70: 345-350.
12. Kim JO, Kim WS, Shin MS. 1997. A comparative study on retrogradation of rice starch gels by DSC, X-ray and α -amylase methods. *Starch* 49: 71-75.
13. Zhang W, Jackson DD. 1992. Retrogradation behavior of wheat starch gels with differing molecular profiles. *J Food Sci* 57: 1428-1432.
14. Lee SK, Mun SK, Shin MS. 1997. Effect of heating conditions on the resistant starch formation. *Agric Chem Biotechnol* 40: 220-224.
15. Young GD. 1996. Prevention of colon cancer: role of short chain fatty acids produced by intestinal flora. *Asia Pacific J Clin Nutr* 5: 44-47.
16. Goni I, Alonso AG. 2000. In vitro fermentation of different types of α -amylase resistant corn starches. *Food Res Technol* 211: 311-316.
17. Ranhotra GS, Gelroth JA, Glaser BJ. 1986. Effect of resistant starch on blood and liver lipids in hamsters. *Cereal Chem* 73: 176-178.
18. Kahlon TS, Chow FI. 2000. Lipidemic response of hamsters to rice bran, uncooked or processed white and brown rice, and processed corn starch. *Cereal Chem* 77: 673-678.
19. SAS. 1993. *SAS/INSIGHT* user's guide version 6. 2nd edition, Cary, NC.
20. AOAC. 1990. *Official Methods of Analysis*. 15th ed. Association of Official Analytical Chemists, Washington, DC. p 1105.
21. Mua JP, Jackson DS. 1998. Retrogradation and gel textural attributes of corn starch amylose and amylopectin fractions. *J Cereal Sci* 27: 157-166.
22. Jung SH, Shin GJ, Choi CU. 1991. Comparison of physicochemical properties of corn, sweet potato, potato, wheat and mungbean starches. *Korean J Food Sci Technol* 23: 272-275.
23. Aggarawal P, Dollimore D. 2000. Degradation of starchy food material by thermal analysis. *Thermochimica Acta* 357: 57-63.
24. Kim MH, Kim JO, Shin MS. 2001. Effects of resistant starches on the characteristics of sponge cakes. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 30: 623-629.

(2003년 7월 10일 접수; 2003년 11월 24일 채택)