

아밀로오스 함량이 다른 옥수수 전분의 겔 형성과 특성

Formation and Properties of Gel from Maize Starches with
Different Amylose Content

문세훈* · 신말식 (전남대학교 식품영양학과)

Abstract

To study the effect of amylose on the mechanism of gel formation, swelling power, water solubility, the pattern of alkali gelatinization and gel properties were investigated. The swelling power of waxy maize starch(Amioca) was the highest and followed by those of PFP > Amaizo > Amylomaize VII. Amioca showed higher iodine affinity of soluble amylose than other maize starches. The apparent viscosity of alkali gelatinization measured by Brookfield viscometer for Amaizo was 70×10^3 cp which was higher than Amylomaize VII. The apparent viscosity of PFP was increased to 70×10^3 cp and then decreased. As maize starches were autoclaved at 121°C with starch : water ratio (1:9) and autoclaving-cooling cycle were up to 4 times, gel properties were measured by rheometer. Amaizo showed the highest value for hardness, adhesiveness, springiness, cohesiveness, and hardness of gel after two times of autoclaving-cooling cycles was the highest. Gel properties was thus affected by the chain length of amylose rather than amylose content.

서 론

전분은 부분적 결정성 고분자로 충분한 물이 있을 때 호화온도 이상으로 가열하면 전분 입자내로의 수분흡수로 인하여 팽윤할 뿐만아니라 결정부분이 소실되는데, Tester와 Morrison¹⁾은 전분의 팽윤되는 정도는 아밀로오스와 아밀로펙틴의 양과 형태에 따라 달라질 수 있다고 보고하였다. 팽윤과 동시에 아밀로오스의 용출이 일어나며 이때 전분 농도가 충분히 높으면 냉각시에 겔화가 이루어진다. 이러한 전분의 겔화는 전분 함유 식품의 텍스처나 품질을 조절하는 중요한 요인이 되며, 전분의 농도, 팽윤된 전분입자의 구조, 입자로부터 용출된 아밀로오스의 양과 형태, 아밀로오스나 아밀로펙틴과 입자간의 결합, 가열온도, 가열시간 등이 영향을 주게 된다²⁾. 전분의 노화과정은 아밀로오스 나선형 사슬간의 회합에 의해 이중나선구조를 이루면서 빠른 아밀로오스 겔화가 진행되고, 짧은 사슬의 아밀로펙틴이 느리게 재결정화되면서 이루어지는데 이는 저장기간과 온도에 의존적인 특성을 보인다^{3,4)}. 일반적으로 전분겔 형성의 첫단계는 용출된 직선상의 긴사슬구조로 이루어진 아밀로오스의 겔화에 의해 크게 영향을 받으며 가열 중에 젓는 속도에 의해서도 전분의 구성성분 중 용출되는 부분이 달라져 형성된 겔의 성질이 달라질 수 있다고 한다⁵⁾. Svegmak 등⁶⁾의 보고에 의하면 감자 전분겔에서는 아밀로오스가 겔 형성에 관여하지 않았고, 팽윤된 전분 입자가 높은 shear resistance를 나타내고 겔 구조를 형성했다고 보고하였으며, Leloup 등⁷⁾은 혼합겔의 내부구조는 상이 분리된

(phase-separated)구조로, 하나의 고분자의 미세구조(microdomain)가 다른 고분자의 연속적인 매트릭스에 끼워있는 상태로 존재한다고 하였다. 따라서 겔구조를 이루는 성분의 겔형성 기작에 대한 연구는 앞으로도 계속 진행되어야 한다고 생각되어진다.

특히 옥수수전분은 유전자 조작을 통해 아밀로오스 함량이 다양하게 제조되고 있는데 이를 이용하여 전분겔 형성에 아밀로오스와 아밀로펙틴의 영향뿐만 아니라 그들의 상호작용에 관한 연구를 함으로써 겔형성 기작과 겔 성질간의 영향을 이해할 수 있을 것이다.

그러므로 본 연구에서는 아밀로오스 함량이 다른 옥수수전분 호화액의 특성을 비교하고 가열-냉각 과정을 반복하면서 겔을 제조하여 그 성질의 변화를 조사하였다.

재료 및 방법

재 료

아밀로오스 함량이 다른 찰옥수수 전분(Amioca), 보통 옥수수 전분(PFP), 高아밀로오스 옥수수 전분(Amaizo, Amylomaize VII)를 사용하였으며, 시료의 아밀로오스 함량은 Amioca 0%, PFP 29%, Amaizo 55%, Amylomaize VII 70% 이었다. 아밀로오스 함량이 높을수록 총지방질 함량과 단백질 함량은 더 높아져 총지방질은 0.39~1.04%, 단백질 함량은 0.14~0.57%를 나타내었다.

방 법

팽윤력과 용해도

팽윤력과 용해도는 Schoch⁸⁾의 방법을 수정하여 측정하였다. 전분 0.5g(건물당)을 100ml의 비이커에 넣고 증류수 40ml로 잘 분산시킨 다음 121℃에서 30분간 가열한 후 15000rpm에서 15분간 원심분리하였다. 원심분리한 후 상등액은 취하여 페놀-황산법⁹⁾에 의해 총당을 측정하여 용해도로 나타내었고, Williams 등¹⁰⁾의 방법을 이용하여 용출된 겔보기 아밀로오스 함량을 조사하였다.

알칼리 호화

알칼리 호화는 Maher¹¹⁾의 방법에 따라 전분 3g을 50ml 실린더에 취하고 적당량의 증류수를 넣어 1분간 교반시킨 다음 1.0N NaOH 용액을 가하여 최종농도 0.25N NaOH 8.0%(w/w)전분 용액 40ml가 되도록 하여 실시하였다. 이것을 Brookfield 점도계(Brookfield Viscometer, model LVF, U.S.A)를 사용하여 spindle No. 4, 회전속도 12rpm으로 1분간격으로 15분간 점도 변화를 측정하였다.

겔 형성 및 특성 측정

전분과 물의 비율이 1 : 9가 되게 멸균병에 담고, 121℃에서 1시간동안 가열하였다. 가열한 후 호화액을 직경 2.0cm, 높이 2.0cm의 둥근 구리 용기에 기포가 형성되지 않도록 붓고, 유리판으로 덮은 다음 실온에서 4시간 방치시킨 후 Rheometer(Sun Scientific Co., Compact-100, Japan)에 의해 겔 특성을 조사하였다.

통계처리

실험군별 SAS package를 이용하여 평균치와 표준편차를 계산하고 분산분석을 한 후 $p < 0.05$ 수준에서 유의성을 검증하였다.

결과 및 고찰

팽윤력과 용해도

고아밀로오스 옥수수전분의 경우에는 100℃ 이하에서 호화되지 않으므로 시료 전분들의 팽윤력과 용해도를 비교하기 위해 121℃에서 가열하였는데 측정된 팽윤력과 용해도 및 용출된 아밀로오스의 요드 친화력은 표 1에 나타내었다.

Table 1. Swelling power and solubility of maize starch suspensions at 121℃

Starch	Swelling power	Solubility (%)	Iodine affinity of soluble fraction	λ_{\max} (nm)
Amioca	27.1	16.8	0.0249	530
FPF	26.9	44.8	0.3554	592
Amaizo	11.1	34.0	0.4146	606
Amylomaize VII	5.6	25.6	0.3484	610

알칼리 호화양상

0.25N NaOH용액을 이용하여 FPF, Amaizo, Amylomaize VII를 알칼리 호화시킬 때의 양상은 그림 1과 같다.

전분겔의 성질

전분과 물의 비율을 1 : 9로 하고 121℃에서 가열-냉각 횟수를 4회 반복하면서 각각 단계의 호화액을 4시간 방치하여 겔을 형성시키고, 측정된 겔 성질은 표 2에 나타내었다.

Table 2. Characteristics of gels from autoclaved maize starches with different amylose content and autoclaving-cooling cycle

No. of autoclaving-cooling cycle	Starch	Maximum load(g)	Hardness	Adhesiveness	Spriness	Cohesiveness
1	PFP	19.8±1.79 ^{c)}	2.0±0.00	-2.3±0.84	0.85±0.06	0.82±0.09
	AV ^{a)}	41.0±2.55	4.8±0.45	-15.6±1.67	1.65±0.10	1.37±0.11
	AVI ^{b)}	19.3±3.07	3.0±0.63	-10.7±1.97	1.45±0.13	1.13±0.19
2	PFP	25.8±4.76	2.4±0.55	-4.6±1.52	0.85±0.08	0.66±0.08
	AV	63.2±6.98	7.0±0.00	-21.8±8.58	1.16±0.16	0.67±0.18
	AVI	40.2±8.32	5.0±0.71	-20.0±2.92	1.64±0.36	1.18±0.36
3	PFP	19.5±1.41	2.1±0.35	-6.1±2.03	1.00±0.25	0.80±0.24
	AV	43.5±6.80	5.6±0.89	-20.8±2.68	1.53±0.19	0.81±0.18
	AVI	23.8±5.07	3.6±0.55	-15.8±2.17	1.06±0.21	0.70±0.11
4	PFP	14.7±1.51	2.0±0.00	-5.0±1.10	1.00±0.15	0.77±0.15
	AV	42.3±6.34	6.3±0.50	-26.3±4.65	1.51±0.25	0.86±0.31
	AVI	30.0±6.02	3.2±1.64	-18.8±1.48	1.14±0.34	0.85±0.16

요 약

아밀로오스 함량이 다른 옥수수 전분을 121℃에서 호화시켜 팽윤력과 용해도를 측정했을 때, 팽윤력은 찰옥수수 전분인 Amioca가 가장 컸고, PFP, Amaizo, Amylomaize VII 순이었으며 Amaizo의 경우 용출된 겔보기 아밀로오스의 요드 친화력이 가장 높았고, 용해도 역시 높게 나타났다. Brookfield viscometer을 이용하여 0.25N NaOH용액으로 측정된 알칼리 호화양상은 Amylomaize VII이 최고점도 10×10^3 cp를 나타낸 반면 Amaizo는 70×10^3 cp로 Amylomaize VII에 비해 높은 값을 나타냈고, PFP는 70×10^3 cp까지 증가했다가 감소하였다. 전분과 물을 1 : 9로 하여 121℃에서 가열-냉각 횟수를 4회 반복하며, 각 단계에서 형성된 겔의 성질을 비교하면 Amaizo로 만든 겔의 견고성, 부착성, 탄성과 응집성이 가장 컸으며, 견고성은 가열-냉각처리를 2회 반복한 경우 가장 컸고 그 후 감소하였다. 옥수수전분 겔의 성질은 아밀로오스 함량보다는 사슬길이나 가열 중 용출되는 부분의 성질에 더 상관성이 높았다.

참 고 문 헌

1. Tester, R.F. and Morrison, W.R. : Swelling and gelatinization of cereal starch. II Waxy rice starches. *Cereal Chem.*, 67 : 558(1990)
2. Lii, C.-Y., Shao, Y.-Y., and Tseng, K.-H. : Gelation mechanism and rheological properties of rice starch. *Cereal Chem.*, 72 : 393(1995)
3. Miles, M.J., Morris, V.J., Orford, P.D., and Ring, S.D.: The roles of amylose and amylopectin on the gelation and retrogradation of starch. *Carbohydr. Res.*, 135: 271(1985)
4. Gidley, M.J.: Molecular mechanisms underlying amylose aggregation and gelation. *Macromolecules*, 22 : 351(1989)
5. Gomez, M.H., McDonough, C.M., Waniska, R.D., and Rooney, L.W.: The dispersion behavior of starch granules. *Cereal Foods World*, 14 : 88(1989)
6. Svegmarm, K. and Hermansson, A.-M. : Microstructure and rheological properties of composites of potato starch granules and amylose : A comparison of observed and predicted structures. *Food Structure*, 12 : 181(1993)
7. Leloup, V.M., Colonna, P. and Buleon, A. : Influence of amylose-amylopectin ratio on gel properties. *J. Cereal. Sci.*, 13 : 1(1991)
8. Schoch, T. J. : Swelling power and solubility of granular starches. In "Methods in Carbohydrate Chemistry" ed. by Whistler, R. L., Vol. 4, pp. 106~108, Academic Press, New York (1964)
9. Dubois, M., Gilles, K.A., Mamilton, J.K., Rebers, P.A. and Smith, F. : Colorimetric method for determination of sugars and related substances. *Anal. Chem.* 28 : 350(1956)
10. Williams, P.C., Kuzina, F.D. and Hlynka, I. : A rapid colorimetric procedure for estimating the amylose content of starches and flours. *Cereal Chem.*, 47 : 411(1970)
11. Maher, G. G. : Alkali gelatinization of starches, *Stärke*, 35 : 226 (1983)
12. Tester, R.F. and Morrison, W.R. : Swelling and gelatinization of cereal starch. I. Effect of amylopectin, amylose and lipids. *Cereal Chem.*, 67 : 551(1990)
13. Lii, C.-Y., Shao, Y.-Y. and Tseng, K.-H. : Effect of amylose content on the rheological property of rice starch. *Cereal Chem.*, 73 : 415(1996)
14. Jane, J.-L. and Chen, J.-F. : Effect of amylose molecular size and amylopectin branch chain length on paste properties of starch. *Cereal Chem.*, 69 : 60(1992)
15. Takeda, C., Takeda, Y. and Hizukuri, S. : Structure of the amylopectin fraction of amylo maize. *Carbohydr. Res.*, 246 : 273(1993)
16. Sievert, D. and Pomeranz, Y. : Enzyme-Resistant Starch. I. Characterization and evaluation by enzymatic, thermoanalytical, and microscopic methods. *Cereal Chem.*, 66 : 342 (1989)
17. Russell, P.L., Berry, C.S., and Greenwell, P. : Characterization of resistant starch from wheat and maize. *J. Cereal Sci.*, 9 : 1(1989)
18. 강길진, 김관, 김성곤 : 쌀의 아밀로펙틴 분자구조와 밥의 텍스처. *한국식품과학회지*, 27(1) : 105(1995)
19. 금준석, 이상효, 이현유, 이찬 : 아밀로오스 함량과 Gel consistency의 차이에 의한 품종별 쌀전분의 노화특성. *한국식품과학회지*, 28(6) : 1052(1996)