

초미세분쇄를 이용한 옥수수 변성전분의 물리적 특성 변화 구명

한명륜 · 김애정 · 장문정¹ · 이수정² · 김희선³ · 김명환^{3*}

혜전대학 식품영양과, ¹국민대학교 식품영양학과, ²부천대학교 식품영양과, ³단국대학교 식품공학과

Investigation of Physical Property Change in Modified Corn Starch by Ultra Fine Pulverization

Myung Ryun Han, Ae Jung Kim, Moon Jeong Chang¹, Soo Jeong Lee²,
Hee Sun Kim³, and Myung Hwan Kim^{3*}

Department of Food & Nutrition, Hyejeon College

¹Department of Food & Nutrition, Kookmin University

²Department of Food & Nutrition, Bucheon University

³Department of Food Engineering, Dankook University

Abstract

This study was performed to analyze changes in the molecular structural and physical properties of modified corn starch, in which particle structure was broken using high impact planetary mill and ultra fine pulverizing techniques. The average diameter and specific surface area of the modified corn starch after pulverization decreased 50% and increased 567%, respectively. Content of low molecular substances measured using gel permeation chromatography (GPC) increased from 21.0% to 86.5% after pulverizing corn starch. Damaged starch content also increased from 9.63% to 83.57% after pulverizing corn starch. After pulverization, gel formation capacity corn starch was reduced compared to that of control by structure breakdown.

Key words: corn starch, molecular structural property, physical property, high impact planetary mill, ultra fine pulverization

서 론

전분은 천연고분자 중 유일하게 입자형태를 가지고 있으며, 전분의 생합성은 식물체 내의 기본구성단위인 색소체(plastid) 중의 하나인 아밀로플라스트(amyloplast) 내에서 일어나는데 다양한 효소들에 의하여 포도당이 중합되어 사슬 및 가지를 형성하며 최종적인 구조가 결정된다. 전분의 입자 형태와 크기는 식물의 종류, 온도 및 기후 등 생합성 환경에 따라 달라진다고 한다(Lim, 1997).

옥수수나 소맥 등의 곡류의 종자에서 합성되는 지상전분은 대체로 크기가 작은 반면 감자, 고구마 등의 뿌리에서 얻어지는 지하전분은 덩굴고 크다. 두류식물도 전분을 많이 생산하는데 두류전분입자는 타원형, 콩팥형 등 다양한

형태를 가지고 있다. 전분의 입자크기는 약 1-150 micron 직경으로 그 범위가 넓으며 전분입자의 형태 및 크기의 분포는 옥수수 전분(3-26 micron), 쌀 전분(2-10 micron) 등과 같이 비교적 균일한 경우와 소맥 전분(1-40 micron), 감자 전분(5-100 micron) 등과 같이 두세가지의 서로 다른 전분입자가 혼합된 경우가 있다.

전분의 초미세분쇄는 전분입자크기가 작아짐에 따라서 비표면적(specific surface area) 증가효과와 모세관효과(capillary effect)가 나타나게 된다. 표면적증가효과는 표면현상과 연관성이 큰 화학반응과 촉매반응 및 이종성분의 흡탈착 거동에 큰 영향을 미친다. 또한, 모세관효과는 근본적인 물성을 변화시킴으로서 이전에 볼 수 없었던 새로운 현상들이 나타난다고 한다(Kim et al., 2003).

지금까지 식품가공공정에서 분쇄에 관한 연구로는 roller mill로 제분 공정하는 과정에서 roll의 회전비, 압력, 표면초자성 등에 의하여 생성되는 손상전분의 발생정도 및 제품이 미치는 특성에 대한 연구만 이뤄졌을 뿐 거의 연구가 이루어지지 않은 상황이다(Cho et al., 2001; Kim et al., 2009). 최근 들어 cell의 방향과 축 방향을 반대로 회전시

Corresponding author: Myung Hwan Kim, Department of Food Engineering, Dankook University, Cheonan 330-714, Korea
Tel: +82-41-550-3563; Fax: +82-41-550-3566
E-mail: krmh1@dankook.ac.kr
Received October 21, 2009; revised November 18, 2009; accepted November 18, 2009

키면서 media 상호간의 충격 및 전단운동을 이용하여 초 미세 분쇄가 가능한 high impact planetary mill이 생산되면서 세라믹 및 재료공학에서 무기물의 분쇄나 합성에 많이 이용되고 있다(Sekino et al., 1998). High impact planetary mill은 분쇄과정에서 온도조절이 가능하고 분쇄시간이 짧으므로 열에 약한 식품소재를 비롯하여 식품공업의 분쇄소재 개발에 앞으로 활용성이 높을 것으로 예상되며 이에 대한 연구가 필요하다.

따라서, 본 연구에서는 high impact planetary mill을 이용하여 초미세 분쇄를 함으로서 옥수수전분의 입자구조 파괴가 이루어졌을 때 분자구조적, 물리적 특성변화가 어떻게 이루어지는지를 구명하고자 하였다.

재료 및 방법

시료제조

High impact planetary mill(Pulverisette 6, Fritsch, Idar-Oberstein, Germany)로 cell에 10 g의 시료인 옥수수전분(S4126, Sigma Aldrich, St. Louis, USA)과 11 mm와 5 mm직径의 bead를 각각 250 g씩 넣고 300 rpm에서 30분간 분쇄하여 시료로 사용하였다.

미세구조

동결건조 시킨 시료를 SEM ion sputter coater(E1030, Hitachi, Tokyo, Japan)를 이용하여 gold-palladium으로 진공상태에서 60초간 코팅시킨 후 15 kV에서 주사전자현미경(SEM, S-4300, Hitachi, Tokyo, Japan)을 이용하여 미세구조를 관찰하였다.

입자크기분석

Particle size analyzer(10064, CILAS, Orleans, France)를 이용하여 입자직径의 분포비율, 평균입자직径, 비표면적을 측정하였다.

분자량분포 측정

시료 20 mg을 1N NaOH 1 mL에 용해한 다음 1 N HCl 용액을 이용하여 중화시켰다. 여기에 50 mM NaNO₃ 용액을 가하여 용액의 총 부피가 20 mL가 되도록하여 121°C에서 20분간 소화시킨 후 5 µm membrane filter를 통과시킨 다음 분석에 사용하였다. 이때 측정조건으로 column은 Toyppearl 65F, 이동상은 50 mM NaNO₃, flow rate는 1.5 mL/min이었다.

손상전분 함량

손상전분 함량 측정은 A.A.C.C.법(1992)을 변형하여 사용하였다. 즉 시료 1 g을 200 mL의 erlenmeyer flask에 넣

고 α-amylase(10065, Sigma-Aldrich, St. Louis, USA) 110 unit/mg 용액 45 mL을 첨가하여 혼합한 다음 30°C의 water bath에서 정확히 15분간 incubation하였다. 이 용액에 3.68 N 황산용액 3 mL와 12%(w/v) sodium tungstate 용액 2 mL를 첨가한 다음 2분간 정치시키고 Whatman No. 4 여과지를 이용하여 여과되는 초기의 8~10방울 이후의 여액 5 mL을 취하여 시험관에 넣었다. 여기에 0.1 N potassium ferricyanide 용액을 10 mL 첨가한 다음 끓는 항온수조에서 정확히 15분간 반응시켰으며 반응시킨 액을 흐르는 물로 즉시 냉각하여 100 mL의 erlenmeyer flask에 넣고 시험관의 남은 여액을 25 mL의 acetic acid salt solution으로 씻어 넣었다. 이 용액에 soluble starch-KI 용액 1 mL를 지시약으로 하여 0.1 N thiosulfate로 청색이 사라질 때까지 적정하여 maltose 함량을 구하였고 아래의 식을 이용하여 손상전분함량을 계산하였다. 이때, 효소액 중의 포함된 당의 양을 계산하기 위하여 시료를 넣지 않고 진행한 것을 blank로 사용하였다.

$$\text{Damaged starch(\%)} = 0.082 \times \frac{\text{mg maltose}}{10 \text{ g sample}} \quad (1)$$

아밀로펙틴의 분리

아밀로펙틴의 분리는 butanol 개량법(Kim, 2004)을 이용하여 분리하였다. 시료 2 g을 부탄올 10 mL와 증류수 100 mL에 혼합한 다음 80°C의 항온수조에서 30분간 소화시키고 이 호화액을 autoclave를 이용하여 121°C에서 2시간 동안 재호화하였다. 호화액을 3,000 rpm, 5°C의 조건에서 20분간 원심분리하여 침전물을 제거하고 상등액에 부탄올과 isoamyl alcohol을 각각 10 mL를 가한 후 95°C의 항온수조에서 30분간 가열한 다음 상온에서 24시간 방치하였다. 이 용액으로부터 침전물을 분리제거하고 상등액에 메탄올을 가하여 amylopectin을 침전시킨 다음 원심분리하였다. 원심분리하여 얻은 침전물을 메탄올로 2회 세척한 다음 40°C의 온도에서 열풍건조기를 이용하여 건조하였으며 건조된 시료를 분말화하여 분석에 필요한 아밀로펙틴으로 사용하였다.

아밀로오스 함량

아밀로오스 함량은 Knutson & Grove(1994) 방법을 이용하여 분석하였다. 즉 40 mg의 옥수수전분을 시험관 안에 넣고 0.006 M의 요오드를 함유한 90% DMSO(dimethylsulfoxide) 10 mL를 가하여 상온에서 24시간 방치하였다. 완전히 녹인 시료용액 1 mL를 취하여 30분간 상온에서 방치한 후 600 nm에서 흡광도를 측정하였다. 아밀로오스 함량은 amylose 표준품(A-0512, Sigma-Aldrich, St. Louis, USA)이 나타내는 흡광도를 100으로 하고 시료용액의 흡광도의 비율로 계산하였다.

β-Amylase 분해 한도(%)

β-Amylase 분해 한도는 Suzuki et al.(1981)의 방법으로 시료 3 mg을 한 방울의 에탄올로 적시고 0.5 N NaOH 용액 0.3 mL로 용해시킨 다음 0.5 M acetate buffer solution(pH 4.8) 3 mL와 β-amylase(A-7130, Sigma-Aldrich, St. Louis, USA) 100 unit를 가하였다. 이를 37°C에서 48시간 동안 반응시킨 후 끓는 수조에서 30분간 가열하여 효소를 불활성화시켰다. 이 용액중의 총당과 환원당의 양을 구한 다음 그 비율로서 β-amylolysis limit(%)를 구하였다.

아밀로펙틴 평균사슬길이

아밀로펙틴 평균사슬길이는 분리된 아밀로펙틴 200 mg을 erlenmeyer flask에 취한 다음 3%(w/v) NaCl 용액 5 mL와 0.37 M sodium metaperiodate 용액 10 mL를 넣고 밀봉한 후 광차단하에서 교반하면서 25시간 반응시켰다. 반응이 완결된 후 ethylene glycol 1 mL를 넣고 1시간 동안 상온에서 방치하고 methyl red를 지시약으로 0.01 N Ba(OH)₂를 사용하여 적정한 다음 아래의 식을 이용하여 아밀로펙틴의 평균사슬길이를 측정하였다.

Average unit of chain length (CL) =

$$\frac{\text{Sample weight}}{0.01 \times \frac{\text{Ba(OH)}_2(\text{mL})}{1,000}} \div 162 \quad (2)$$

아밀로펙틴의 바깥사슬길이(OCL)와 안쪽사슬길이(ICL)은 Lee et al.(1970)의 식에 의하여 계산하였다.

겔 경도

전분의 겔경도(gel hardness) 측정은 20%(w/v)의 농도의 전분현탁액을 95°C에서 15분간 가열하여 호화시킨 전분 gel을 실온까지 냉각한 후 texture analyser(TA-XT₂, Stable Micro System, Surrey, England)를 이용하여 “simple compression test” mode에서 경도(hardness) 및 최고 peak까지의 면적 값을 구하였다. 전분 gel의 경도 측정시 사용한 probe는 5 mm 직경의 원형이었으며 deformation은 30%, test speed는 1 mm/s의 조건이었으며 5회 측정된 다음 평균값을 기록하였다.

스폰 측정

스폰측정은 스폰을 이용하여 10%(w/v) 전분용액의 유동성에 대하여 25°C에서 관능적으로 관찰하였다.

통계분석

모든 실험은 SAS(Statistical Analysis System, Ver. 8.01) package를 이용하여 평균과 표준편차를 구하였고 초미세 분쇄처리 전·후의 효과에 대한 유의성 검정은 t-test를 이용하였다.

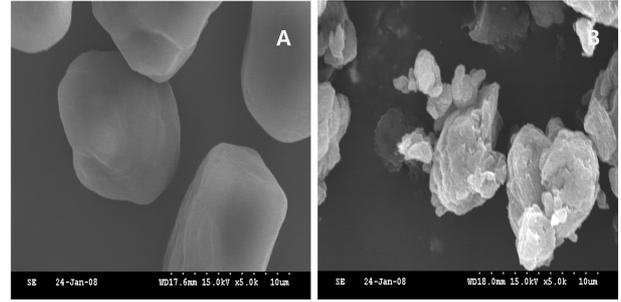


Fig. 1. Scanning electron microscope ($\times 5,000$) of corn starch (CS, A) and pulverized corn starch (PCS, B)

결과 및 고찰

미세구조

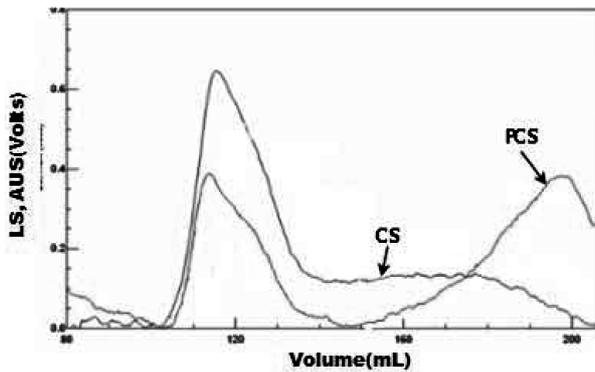
High impact planetary mill처리로 초미세 분쇄처리 전 옥수수 전분(corn starch, CS)과 초미세 분쇄처리 한 옥수수 전분(pulverized corn starch: PCS)의 미세구조를 SEM을 이용하여 5,000배의 배율로 입자표면을 관찰한 결과를 Fig. 1에 나타내었다. CS는 원형 또는 다각형의 입자형태를 이루며 불규칙적으로 섞여 있었다. 이에 반해 PCS의 미세구조에서는 CS와는 전혀 다르게 입자 표면이 늘려지거나 입자 표면에서 균열이 많이 관찰되었으며, 상대적으로 큰 입자 주변에 분쇄에 의하여 형성된 작은 입자들이 달라붙어 있는 형태의 미세구조를 나타내었다. PCS는 분쇄과정에서 마찰력, 전단력 등의 물리적인 힘이 작용하여 입자표면에 정전기가 발생하고 입자사이의 정전기적 성질로 인하여 입자가 서로 엉겨 붙는 것으로 판단되며 이와 같은 결과는 본 연구와 비슷한 연구에서도 이미 제시된 바 있다(Huang et al., 2007; Sim, 2005; Han et al., 2007). 전분 입자의 미세구조를 분석한 SEM 결과(Fig. 1)에서 전체적인 입자의 크기의 감소와 입자간의 응집현상을 시각적으로 확인할 수 있었다. 이러한 입자의 응집현상은 breakdown 방식으로 제조한 미세분말화한 식품을 크기별로 분류하는 분급과정에서의 큰 문제점을 일으키는 요소로 작용하고 있다. 현재까지 식품소재를 대상으로 하는 분급기술은 공기분급(Ku & Park, 1998)을 이용한 방법이 주로 이용되고 있지만 식품소재가 갖는 수분함유성, 점성 및 탄성 등으로 인하여 크기에 따른 입자의 분급이 잘 이루어지지 못하고 있고 현재까지의 식품소재에 대한 분급은 평균입자 직경이 30 μm 정도로 그 한계를 나타내고 있다. 이 때문에 최근의 분급기술은 에보나이트 봉을 사용하여 입자의 정전기적인 특성을 이용한 분급으로의 전환도 모색 중에 있다.

입도분석

CS와 PCS의 입도분포, 평균 입자직경 및 비표면적은 Table 1에 나타내었다. CS는 14.27 μm의 평균입자 크기를 나타내었으나 PCS는 평균입자 직경은 7.19 μm로 매우 작았

Table 1. Mean particle size and specific surface area of corn starch (CS) and pulverized corn starch (PCS)

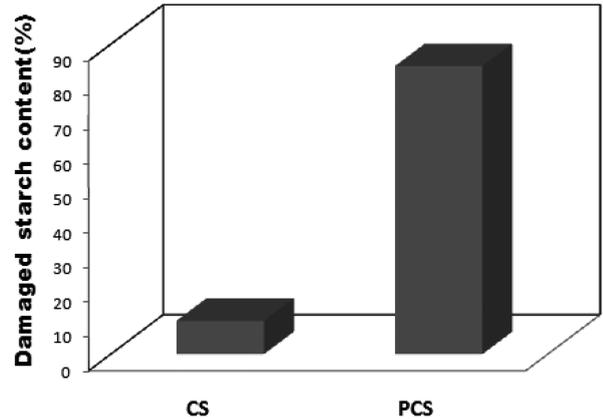
Sample	Mean diameter at 10% (μm)	Mean diameter at 50% (μm)	Mean diameter at 90% (μm)	Mean diameter (μm)	Specific surface area (m^2/g)
CS	9.713 \pm 0.10	15.176 \pm 0.24	23.307 \pm 0.89	14.266 \pm 0.12	0.421 \pm 0.00
PCS	1.19 \pm 0.19	5.58 \pm 0.28	15.57 \pm 0.45	7.19 \pm 0.11	2.386 \pm 0.02
<i>p</i> -value	*	**	**	*	*

* $p < 0.05$, ** $p < 0.01$ **Fig. 2. Molecular weight distribution diagrams of corn starch (CS) and pulverized corn starch (PCS) by HPSEC-MALLS system**

다. 이와 같은 입자직경의 감소는 10%, 50% 및 90%의 상대분포에서도 같은 양상을 나타내었다. 입자의 비표면적 또한 PCS가 $2.386 \text{ m}^2/\text{g}$, CS가 $0.421 \text{ m}^2/\text{g}$ 으로 나타나 초미세 분쇄 처리에 의하여 큰 폭의 비표면적 증가율을 보였다. 이상의 옥수수 전분의 평균 입자직경이나 상대분포별 입자크기 분석결과를 바탕으로 생각할 때 초미세 분쇄에 의하여 약 50% 이상의 직경감소를 나타낸 것으로 판단된다.

분자량 분포

초미세 분쇄처리를 전·후 한 옥수수전분에 대하여 분자량 분포를 측정한 결과는 Fig. 2 및 Table 2와 같다. Chromatogram에서 PCS는 분자량이 큰 첫 번째 peak의 intensity가 감소하면서 두 번째 peak의 intensity가 증가하는 결과를 보였다. CS의 Peak II의 면적 값은 21.0%이었고 PCS는 86.5%로 나타나 초미세 분쇄 처리에 의하여 peak II의 상대적인 면적 값이 약 4.1배 증가하였다. 이는 초미세 분쇄에 의하여 옥수수 전분이 전체적인 분자량이

**Fig. 3. Damaged starch content of corn starch (CS) and pulverized corn starch (PCS)**

저분자화 되었음을 의미하는 것으로 이러한 결과가 차후 옥수수 전분의 물성이나 전분겔의 강도에 영향을 미친 것으로 판단된다.

손상전분 함량

PCS의 손상전분함량을 측정한 결과는 Fig. 3에 나타내었다. 전분의 손상도는 전분의 추출 및 가공과정에서 물리적 또는 화학적으로 손상을 받는 입자의 함량을 효율적인 방법을 이용하여 측정하는 것으로, 최근 손상전분을 이용한 식품의 가공적성 연구, 공정개선과 제품의 품질개선 등의 가능성을 제시한 연구가 많이 수행되었다(Joo & Jung, 2001; Park et al., 1995). CS의 손상전분함량은 9.63%이었으나 PCS는 83.57%이었다. 손상전분함량은 전분입자의 내부균열 및 구조변화에 따라 효소의 접근이 보다 용이할 경우 높게 나타나는 전분의 특성으로 초미세분쇄 처리에 의하여 손상전분함량이 증가한 것은 효소의 접근이 보다 쉽게 이루어진다는 것을 의미하는 것이라 하겠다. Han et al.,

Table 2. Average molecular weight on each peak, particle size distribution and peak area of corn starch (CS) and pulverized corn starch (PCS)

	Peak I		Peak II		Area of Peak II (%)
	Mw ^a ($10^6/\text{mol}$)	Rg ^b (nm)	Mw ($10^6/\text{mol}$)	Rg (nm)	
CS	182.5 \pm 30.5	420.1 \pm 7.6	3.7 \pm 2.3	162.1 \pm 53.3	21.0 \pm 5.6
PCS	539.3 \pm 30.7	461.8 \pm 4.8	0.7 \pm 0.4	74.8 \pm 7.7	86.5 \pm 3.5
<i>p</i> -value	**	*	*	**	**

^a Molecular weight^b Radius of gyration* $p < 0.05$, ** $p < 0.01$

Table 3. β -Amylolysis limit (%) and average amylopectin chain length(glucose unit) of corn starch (CS) and pulverized corn starch (PCS)

	β -amylolysis limit (%)	CL ^a	OCL ^b	ICL ^c
CS	54.19	12.13	8.57	2.56
PCS	55.61	11.65	8.48	2.17
<i>p</i> -value	NS	NS	NS	NS

^a Average unit chain length(glucose unit)

^b Average outer chain length(glucose unit)= β -Amylolysis limit(%) \times CL+2

^c Average inner chain length(glucose unit)=CL-OCL+1

NS : not significant

(2002)의 연구에서 불밀로 처리한 옥수수 변성전분의 손상 전분 함량은 분쇄시간이 증가함에 따라 커진다고 하였는데 본 연구에서도 PCS의 경우 그와 유사한 결과를 나타내었다. 이러한 결과는 손상전분을 이용한 식품개발시 초미세분쇄 처리에 의하여 물리적으로 변성 유도된 전분의 이용가능성을 시사한다 하겠으며 PCS가 물리적으로 변성이 유도된 전분의 생산기술로서 이용도 가능한 것이라 판단된다.

아밀로오스 함량

CS의 아밀로오스 함량은 20.27%로 나타났고 PCS는 18.57%의 낮은 아밀로오스 함량을 보였고 이에 대한 결과는 나타내지 않았다. 초미세 분쇄처리를 전·후 한 두가지 전분에서 모두 20% 부근의 아밀로오스 함량을 나타내어 초미세 분쇄처리에 의한 아밀로오스 함량의 변화양상은 발견되지 않았다. Meuser et al.(1978)과 Morrison & Tester (1994)의 연구에서 아밀로오스는 아밀로펙틴에 비하여 기계적인 손상에 덜 민감하여 물리적 손상을 받은 전분에서는 아밀로오스 함량의 변화가 나타나지 않는다고 하며, Yin & Stark(1988)은 보리 전분의 경우는 기계적인 손상에 의하여 수분 용해성 아밀로펙틴의 fragment들이 증가하나 전체적인 아밀로오스 함량의 변화는 크게 발생하지 않는다고 하였는데 본 연구에서도 CS와 PCS의 아밀로오스 함량의 변화가 발견되지 않아 앞서의 연구결과와 동일한 결과를 나타내었다.

β -Amylolysis 분해한도 및 아밀로펙틴 사슬길이

Table 3에는 초미세 분쇄처리 전·후의 옥수수전분으로부터 분리한 아밀로펙틴에 대한 β -amylolysis 분해한도, 평균 사슬길이, 바깥사슬길이 및 안쪽 사슬길이를 나타내었다. 본 연구에서 초미세 분쇄처리 전·후 옥수수전분의 β -amylase 분해한도(%)는 각 옥수수전분으로부터 분리한 아밀로펙틴에 β -amylase를 처리한 다음 생성된 환원당의 양을 총당과 비교한 값으로 CS와 PCS가 각각 54.19%와 55.61%이었다. β -Amylase 분해한도의 증가는 전분이 α -1,4결합이외에도 α -1,6결합이 계속 분해가 되어 α -1,6결합

Table 4. Hardness and peak area of 20% (w/v) corn starch (CS) and pulverized corn starch (PCS) gel

	Hardness (g _f)	Peak area (g _f :s)
CS	75.41 \pm 5.95	132.19 \pm 11.26
PCS	59.62 \pm 3.26	140.76 \pm 10.25
<i>p</i> -value	*	NS

* *p*<0.05, NS : not significant

보다 α -1,4결합이 상대적으로 더 증가하는 것을 의미하며 본 실험결과에서는 아밀로펙틴의 평균사슬길이, 바깥사슬길이 및 안쪽 사슬길이에서는 현저한 차이를 나타내지는 않았으나 초미세 분쇄처리 후 약간 감소하였다.

Gel 경도

20%(w/v) 농도의 옥수수전분 gel에 대한 경도 특성을 Table 4에 나타내었다. 실험결과로 나타내지는 못하였지만 10%의 PCS gel의 경우 호화액이 gel을 형성하지 못하는 sol 형태의 물성을 보여 본 실험에는 20%(w/v) 농도의 전분 gel에 대한 경도를 분석하였다. CS와 PCS gel의 경도(hardness)는 각각 75.41 g_f와 59.62 g_f이었다. 전분의 gel 형성능력은 저분자의 아밀로오스 보다는 고분자의 아밀로펙틴의 영향을 많이 받는 성질로 분쇄에 의하여 물리적으로 손상을 받은 전분은 아밀로펙틴이 저분자화 되면서(Fig. 2) gel 형성능력이 감소된 것으로 보이며 이러한 결과는 전분의 가공과정에서의 기초자료로 활용될 수 있을 것이다. 반면, 최고 peak까지의 면적 값에서는 PCS gel의 경우 초미세 분쇄처리 전 옥수수 전분 132.19 g_f:s에 비하여 약간 높은 값인 140.76 g_f:s를 나타내었다.

스푼측정

초미세 분쇄처리 전·후 옥수수 전분용액의 유동성을 알아보기 위한 10%(w/v)의 농도조건에서의 스푼측정 결과는 Fig. 4와 같다. CS의 경우는 겔(gel)을 형성하였으나 PCS는 초미세 분쇄과정에서 전분입자파괴로 인하여 저분자 물질의 상대적인 함량이 증가되어(Fig. 2) 겔 형성능력 저하 현상이 나타난 것으로 판단되며 PCS는 방울져서 떨어지는 sol 형태의 물성을 보였다.

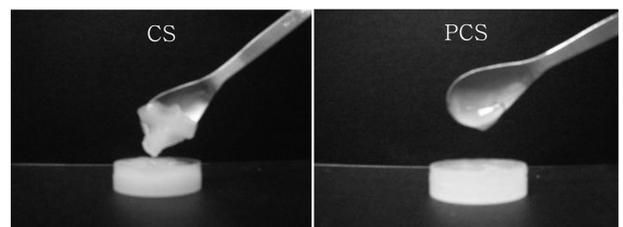


Fig. 4. Flow properties of corn starch (CS) and pulverized corn starch (PCS) gel using a spoon test at 90% (w/v) moisture content.

요 약

본 연구는 초미세분쇄기술을 이용하여 옥수수전분의 입자구조파괴가 이루어졌을 때 분자구조적, 물리적 변화가 어떻게 이루어지는지를 구명하고자 하였다. 초미세 분쇄처리 후 옥수수전분의 평균직경은 약 50% 감소가 이루어졌으며 비표면적은 567% 증가하였다. 초미세분쇄처리 전·후의 옥수수전분에 대한 분자량분포를 GPC로 측정된 결과 분쇄 후 저분자량의 Peak II의 면적이 21.0%에서 86.5%로 상승하였다. 손상전분 함량은 각각 9.63%와 83.57%로 초미세분쇄처리에 의하여 크게 증가하였다. 옥수수전분의 경우는 겔(gel)을 형성하였으나 초미세분쇄처리 후에는 전분의 분쇄과정에서 전분입자파괴와 아울러 옥수수전분의 분자량이 저분자화 되면서 겔 형성능력이 크게 저하되었다.

감사의 글

본 연구는 2006년도 한국과학재단 특정기초연구 (R01-2006-000-10857-0)에 의하여 수행된 내용의 일부로서 이에 감사드립니다.

참고문헌

- AACC. 1992. Approved Methods of Analysis of AACC. 8th ed. American Association of Cereal Chemists, St. Paul, MN, USA.
- Cho SY, Tak SH, Rhee C. 2001. Effect of extraction rate of korean wheat flour on rheological and raw noodle-making properties. *Food Sci. Biotechnol.* 10: 246-250.
- Han XZ, Campanella OH, Mix NC, Hamaker BR. 2002. Consequence of starch damage on rheological properties of maize starch pastes. *Cereal Chem.* 79: 897-901.
- Han MR, Chang MJ, Kim MH. 2007. Investigation of physical property change in modified rice starch by ultra fine pulverization. *J. Korean Soc. Appl. Biol. Chem.* 50: 160-166.
- Huang ZQ, Lu JP, Li XH, Tong ZF. 2007. Effect of mechanical activation on physico-chemical properties and structure of cassava starch. *Carbohydr. Polym.* 68: 128-135.
- Joo OS, Jung YM. 2001. Effects of attrition milling in wheat flour on starch damaged of dough and bread baking properties. *Korean J. Postharvest Sci. Technol.* 8: 434-441.
- Kim KH, Lee IH, Lee HS, Park JK. 2003. R&D trend and information analysis of nanoparticles. *Prospectives of Industrial Chemistry* 6: 46-61.
- Kim KY. 2004. A study on the molecular distribution of starch. *Korean J. Food Preserv.* 11: 496-502.
- Kim CS, Kim CS, Kim HI. 2009. Physicochemical properties of non-waxy rice flour affected by grinding methods and steeping times. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 38: 1076-1083.
- Knutson CA, Grove MJ. 1994. Rapid method for estimation of amylose in maize starches. *Cereal Chem.* 71: 469-471.
- Ku KH, Park DJ. 1998. Cowpea starch extraction process using microparticulation/air classification technology. *Korean J. Food Sci. Technol.* 30: 118-124.
- Lee EYC, Carter JH, Nielsen LD, Fischer EH. 1970. Purification and properties yeast amylo-1,6-glucosidase-oligo-1,4→1,4-glucan-transferase. *Biochemistry* 9: 2347-2355.
- Lim ST. 1997. Modified starch using a food. *Bulletin Food Technol.* 10: 51-67.
- Meuser F, Klinger RW, Niedeck EA. 1978. Characterization of mechanically modified starch. *Starch/Stärke* 30: 376-384.
- Morrison WR, Tester RF. 1994. Properties of damaged starch granules. IV. Composition of ball-milled wheat starches and of fractions obtained on hydration. *J. Cereal Sci.* 20: 69-77.
- Park DJ, Ku KH, Mok CK. 1995. Characteristics of glutinous rice fractions and improvement of yoo-gwa processing by microparticulation/air-classification. *Korean J. Food Sci. Technol.* 27: 1008-1012.
- Sekino T, Etoh S, Kondo H, Choa YH. 1998. Transition metal dispersed oxide ceramic nanocomposites with multiple functions. *Ceram. Soc. Japan Series* 2: 489-492.
- Sim CH. 2005. Change in angle of repose of potato starch by planetary milling. *Food Eng. Prog.* 9: 97-103.
- Suzuki A, Hizukuri S, Takeda Y. 1981. Physicochemical studies of kuzu starch. *Cereal Chem.* 58: 266-272.
- Yin XS, Stark JR. 1988. Molecular modification of barley starch granules by different types of physical treatment. *J. Cereal Sci.* 8: 17-28.