

옥수수의 침지조건이 전분의 성질에 미치는 영향

이은숙 · 김성곤
단국대학교 식품영양학과

Effect of Steeping Conditions of Corn on Starch Properties

Eun-Sook Lee and Sung-Koñ Kim

Department of Food Science and Nutrition, Dankook University, Seoul

Abstract

The effects of concentrations of sulfur dioxide (0.16-0.20%) and steeping times (25-50hr) at 52 °C on the changes in pH of steep water and weight and volume of corn and starch properties were investigated. The pH of steep water increased and remained constant after steeping time of 20 hours. The degree of weight or volume gain decreased as the concentration of sulfur dioxide increased. The protein content of starch increased as the concentration of sulfur dioxide increased. Water-binding capacity of starch showed the highest value at the steeping time of 35 hours. Swelling power and solubility decreased as cocentration of sulfur dioxide and steeping time increased. The initial pasting temperature and peak viscosity were increased and decreased, respectively, as the concentration of sulfur dioxide increased. At the same concentration of sulfur dioxide, the peak viscosity was increased and then decreased. Viscosity of starch in sodium hydroxide solution tended to decrease as the concentration of sulfur dioxide and steeping time increased. The gel volume of starch in 3M KSCN solution was not affected by concentration of sulfur dioxide and steeping time.

Key words: corn, corn steeping

서 론

옥수수는 가장 중요한 전분자원의 하나로서 세계적으로 생산되고 있는 전분의 75% 이상이 옥수수에서 생산되고 있다. 우리나라의 경우에는 1986년도의 전분 생산량 539,000톤 중 97%가 옥수수 전분으로서 식품가공(22.6%), 제지(18.9%), 접착제(15.9%), 맥주(11.8%), 제약(1.7%), 기타(29.1%)에 이용되고 있다⁽¹⁾. 이 중 식품가공 용도의 상당량이 당면용으로 추정되거나 정확한 통계는 없는 실정이다.

일반적으로 전분의 용도는 전분 자체의 고분자 특성을 이용하는 분야, 전분의 구성단위(글루코오스 또는 말토오스)로 분해하여 이용하는 분야와 전분을 발효원료로 이용하는 분야로 나눌 수 있는데, 전분 자체를 이용하는 경우에는 전분의 여러 특성 중 특히 호화온도, 팽윤도, 점도안정성, 호화액의 안정성 등이 중요하다

다⁽²⁾. 옥수수 전분의 생산에는 옥수수를 52°C의 아황산(sulfur dioxide)용액에 22-50시간 침지시켜 분리하는 습식도정법이 이용되고 있다⁽³⁾. 아황산용액은 단백질과 전분의 분리를 용이하게 하며, 또한 침지과정 중 발효를 억제하는 작용을 하게 된다⁽³⁾.

Anderson 등⁽⁴⁾은 일반 옥수수와 고 아밀로오스 옥수수(아밀로오스 함량 49와 57%)의 습식도정 조건에 대하여, Bychkov⁽⁵⁾는 침지 중 침지액의 조성변화에 대하여, Roushdi 등⁽⁶⁻⁹⁾은 침지조건에 따른 전분의 회수율에 대하여 보고하였다. 최근 Takada 등⁽¹⁰⁾은 옥수수를 찬물, 더운물, 아황산용액과 알칼리용액에 침지시켜 분리한 전분의 몇 가지 성질을 보고하였다. Fan 등⁽¹¹⁾은 옥수수를 물과 아황산용액에 침지시킬 때 옥수수의 수분흡수 속도를 온도별로 비교 검토하였다. 그러나 아황산용액의 농도가 옥수수의 침지에 미치는 영향과 전분의 성질에 미치는 영향 등에 대한 연구는 보고되지 않고 있다.

본 연구에서는 아황산 침지액의 농도와 침지시간이 침지 중 옥수수의 수분흡수 속도와 전분의 성질에 미치

Corresponding author: S. K. Kim, Department of Food Science and Nutrition, Dankook University, San 8, Hanam-dong, Yongsan-gu, Seoul 140-714

는 영향을 조사하고자 하였다.

재료 및 방법

재료

실험에 사용한 옥수수는 1988년 미국에서 수입된 마치종(dent corn)을 구입하여 실온에서 수분 평형을 시킨 후 4°C에서 냉장 보관하면서 사용하였다.

시료 옥수수의 일반성분은 수분 13.7%, 단백질 8.54%, 회분 0.97%, 지방질 3.80%이었다.

옥수수의 침지

옥수수는 대류 오븐을 이용하여 $52 \pm 1^\circ\text{C}$ 에서 25-50 시간 아황산용액에 침지시켰다. 아황산용액은 아황산수소나트륨(NaHSO_3 , 58.5% SO_2) 특급시약으로 0.16%, 0.18%, 0.20%의 아황산 농도가 되도록 농도를 조절하였다.

침지액의 pH 측정

침지 중 옥수수 침지액의 pH 변화는 pH meter (Model 620, Fisher Co., U.S.A.)를 사용하여 측정하였다.

침지 중 옥수수의 수분흡수 측정

일정시간 침지가 끝난 옥수수를 꺼내어 여과지로 표면수를 제거한 후, 무게 증가량으로부터 수분 증가량을 계산하였다.

수분흡수 속도는 Becker⁽¹²⁾의 개략적인 확산방정식에 의하여 다음과 같이 계산하였다.

$$\bar{m} - m_0 = k\sqrt{t} \quad (1)$$

여기에서 \bar{m} 은 일정시간 침지 후의 수분함량($\text{g H}_2\text{O/g}$), m_0 은 옥수수의 초기 수분함량($\text{g H}_2\text{O/g}$), t 는 침지시간(hr), k 는 속도상수($\text{hr}^{1/2}$)이다.

무게 측정을 한 침지 옥수수를 미리 50 ml의 물을 채운 100 ml 메스실린더에 넣고 부피증가를 측정하고 침지 전의 옥수수 부피와의 차이로부터 부피증가량을 계산하였다.

전분의 분리

침지가 끝난 옥수수를 물로 씻고 와링블랜더로 마쇄한 후 80-325 mesh 체로 계속 걸러 외피와 배아를 제거하고 4°C에서 하룻밤 방치하여 전분을 침전시켰다. 회수된 전분은 다시 증류수에 현탁시키고 원심분리하여

현탁액의 pH가 6.5-7.0이 될 때까지 증류수로 씻은 다음 상온에서 2일간 건조하여 100 mesh 체를 통과한 전분을 시료로 사용하였다.

전분의 성질 측정

전분의 수분, 회분, 조단백질 및 인은 A.O.A.C. 표준방법⁽¹³⁾으로 분석하였다. 물 결합능력은 Medcalf와 Gilles⁽¹⁴⁾의 방법으로, 팽윤력과 용해도는 Schoch⁽¹⁵⁾의 방법에 따라 85°C에서 측정하였다.

전분의 호화 특성분석

시료 전분의 열호화 성질은 Brabender/Visco/Amylograph를 사용하여 분석하였다. 전분의 농도는 8%(건량기준)이었다.

전분(3.0g)의 알칼리용액(0.2N)에 의한 호화 점도는 김 등⁽¹⁶⁾의 방법에 따라 행하였다. KSCN에 의한 호화는 Lindqvist⁽¹⁷⁾의 방법에 따라 KSCN 용액 1.5-3.0M 범위에서 겔의 부피를 측정하였다.

결과 및 고찰

침지액의 pH

침지 중 침지액의 pH는 모든 침지 농도에서 침지시간이 경과함에 따라 증가하였으나 침지 20시간부터는 비교적 일정한 pH를 유지하였다(표 1). Watson 등⁽¹⁸⁾은 침지과정 중 옥수수로부터 용해된 당에서 미생물의 발효에 의하여 젖산이 생성되는데, 이의 생성은 침지 32시간 후부터라고 하였다. 그러나 Roushdi 등⁽⁷⁾은 신선한 아황산용액(61과 122 ppm)에 옥수수를 36시간 침지하였을 때는 젖산이 생성되지 않았으며 pH는 계속 증가하다가 일정한 값에 도달하나, 묽은 아황산용액(64와 93 ppm)을 사용하는 경우에는 침지시간이 경과함에 따라 점차적으로 젖산의 함량이 증가된다

Table 1. Changes in pH of steepwater at various sulfur dioxide concentrations during steeping of corn

Steeping time(hr)	SO ₂ concentration (%)		
	0.16	0.18	0.20
0	4.24	4.07	3.86
5	4.85	4.75	4.60
10	5.20	5.22	5.23
15	5.30	5.19	5.16
20	5.18	5.18	5.13
30	5.18	5.18	5.13
50	5.18	5.18	5.13

고 보고하였다.

침지 중 무게와 부피의 변화

옥수수의 수분함량은 침지 5시간 동안 급격히 증가하였으며 그 이후에는 완만하게 증가하여 20시간 이후에는 평형에 도달하였다. 평형수분함량은 아황산 농도가 높아질수록 낮아져서, 아황산 농도 0.16%에서는 0.57, 0.18%에서는 0.53, 0.20%에서는 0.51g H₂O/g 이었다. Anderson 등⁽⁴⁾은 0.25% 아황산 농도에서 48시간 침지시킨 옥수수의 수분함량은 45%이었으며, 고 아밀로오스 옥수수의 경우는 52-54%이었다고 하였다. 옥수수의 침지 중 부피의 변화도 무게증가와 비슷한 경향을 보였으며, 침지완료 후 부피증가율은 아황산 농도 0.16%에서는 50%, 0.18%에서는 47.5%, 0.20%에서는 45%이었다. 옥수수의 수분흡수에 의한 부피증가율은 일반 옥수수가 55-65%, 고 아밀로오스 옥수수는 100-128% 정도로 보고⁽¹⁹⁾되어 있다.

초기 흡수단계에서의 수분 증가는 식 (1)에 의하여 침지시간의 평방근과 비례관계를 보여(그림 1), 옥수수의 침지 중 수분증가는 기본적으로 확산에 의함을 가리킨다. 초기 흡수단계에서의 부피증가(ml/g)도 침지시간의 평방근과 직선적인 관계를 보였다. 침지시간이 0일 때의 수분 증가량은 이론적인 값 0과 일치하지 않았는데(그림 1), 이러한 현상은 곡류의 외피층이 다공질 조직을 이루고 있어 모세관 흡수에 의하여 수분이 쉽게 포화되어 초기 흡수가 빨리 일어나기 때문으로 알려져 있다^(12,20). 그러므로 그림 1의 직선의 기울기로부터 수분흡수 속도상수(k)를 구한 결과는 표 2와 같으며, 아황산 농도가 낮을수록 흡수속도는 빨라졌다. 부피증가 속도상수도 같은 경향이었다(표 2).

전분의 이화학적 성질

시료 전분의 일반성분은 표 3과 같다. 조단백질은 아

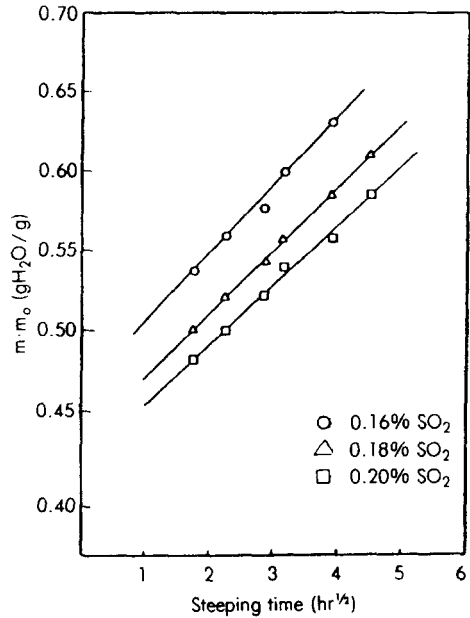


Fig. 1. Relationship between moisture gain and the square root of the steeping time at various sulfur dioxide concentrations

Table 2. Water uptake and volume increase rate constants of corn during steeping at various sulfur dioxide concentrations

SO ₂ concentration (%)	Water uptake rate constant (hr ^{1/2})	Volume increase rate constant (hr ^{1/2})
0.16	0.0435	0.0355
0.18	0.0393	0.0320
0.20	0.0373	0.0311

황산의 농도가 증가할 수록 증가하는 경향을 보였으나 침지시간에는 크게 영향을 받지 않았다. 조지방분은 아황산 농도에 따라 큰 변화를 보이지 않았다. 전분의 인함량은 아황산 농도 0.16%에서는 큰 변화가 없었으나

Table 3. Proximate composition of corn starches isolated from various steeping conditions

Steeping time (hr)	Crude Protein (N x 6.25)(%, db)			Crude Ash (%, db)			Phosphorous (%, db)		
	SO ₂ concentration (%)								
	0.16	0.18	0.20	0.16	0.18	0.20	0.16	0.18	0.20
25	0.291	0.402	0.616	0.099	0.111	0.116	0.014	0.015	0.016
30	0.288	0.396	0.587	0.106	0.108	0.122	0.012	0.012	0.015
35	0.289	0.396	0.594	0.104	0.111	0.108	0.013	0.013	0.015
40	0.293	0.386	0.600	0.100	0.113	0.112	0.014	0.013	0.013
45	0.288	0.398	0.592	0.102	0.119	0.123	0.014	0.013	0.012
50	0.286	0.389	0.616	0.109	0.109	0.110	0.014	0.013	0.013

0.18 및 0.20%에서는 침지시간이 길어짐에 따라 감소하는 경향이였다. Anderson 등(4)은 0.25% 아황산 용액에 48시간 침지한 옥수수로부터 분리한 전분의 단백질 함량은 0.51%라고 보고하였다. Takada 등(10)은 옥수수를 찬물(8-10°C), 더운물(52°C, pH 4-5), 0.5% Na₂SO₃용액(52°C, pH 4-5)과 알칼리용액(0.3% NaOH)에 침지한 경우, 전분의 인 함량은 각각 111, 218, 101과 10 ppm 이라고 하였다.

전분의 물 결합 능력은 아황산 농도에 관계없이 침지 35시간까지 증가하다가 이후 감소하였다(표 4). 물 결합 능력은 아황산 농도 0.16%에서 가장 낮았고, 0.18과 0.20%에서는 서로 큰 차이를 보이지 않았다.

전분의 팽윤력은 모든 아황산 농도에서 침지 30시간에서 가장 높았으며 그 후에는 직선적으로 감소하였다(표 5). 그러나 팽윤력의 감소 정도는 아황산 농도가 높을 수록 증가하였으며 전분의 용해도(표 5)도 팽윤력과 같은 결과를 보였다. 양 등(21)은 0.3% 아황산수소나트륨 용액으로 50°C에서 24시간 침지한 한국산 옥수수로부터 분리한 전분의 팽윤력과 용해도는 85°C에서 각각 약 17과 9% 정도라고 보고하였다.

아밀로그래프에 의한 호화 특성

전분용액의 아밀로그래프 특성값은 표 6과 같다. 호화

Table 4 Water binding capacity of corn starches isolated from various steeping conditions

Steeping time (hr)	SO ₂ concentration (%)		
	0.16	0.18	0.20
25	81.9%	85.4%	85.7%
30	85.7	88.1	88.8
35	89.3	91.0	91.4
40	87.0	88.6	91.3
45	85.1	87.7	88.0
50	83.3	84.6	84.2

Table 5. Swelling power and solubility of corn starches

Steeping time (hr)	Swelling powder			Solubility		
	SO ₂ concentration (%)					
	0.16	0.18	0.20	0.16	0.18	0.20
25	14.04	13.93	13.78	8.76	8.68	8.63
30	14.17	14.02	13.93	8.84	8.71	8.65
35	13.95	13.67	13.49	8.77	8.57	8.44
40	13.71	13.23	12.98	8.69	8.42	8.18
45	13.57	12.89	12.60	8.64	8.22	8.05
50	13.43	12.64	12.20	8.58	8.07	7.84

개시 온도는 아황산 용액의 농도가 0.16%일 때 침지시간에 관계없이 일정하였으나, 0.18과 0.20% 경우에는 40시간과 35시간 이상 침지한 전분의 호화 개시 온도는

Table 6. Amylogram indices of corn starches (8%, db) isolated from various steeping conditions

SO ₂ concentration (%)	Steeping time (hr)	Initial pasting temperature (°C)	Peak viscosity (B.U.)	Temperature at 1000B.U. (°C)	Viscosity at 50°C (B.U.)	Breakdown ratio ^{a)} (%)
0.16	25	72.0	830	77.0	1030	28.9
	30	72.7	860	72.5	1050	30.2
	35	72.7	810	71.0	1050	29.6
	40	72.7	830	71.0	1070	27.7
	45	72.0	820	71.0	1080	26.8
	50	72.0	800	69.5	1060	26.2
0.18	25	72.7	790	77.0	1030	25.3
	30	72.7	820	74.0	1070	26.8
	35	72.7	840	74.0	1070	28.5
	40	73.5	810	72.5	1020	26.5
	45	73.0	790	69.5	1020	25.5
	50	74.0	760	68.0	1040	25.0
0.20	25	72.0	790	77.0	1060	24.0
	30	72.7	820	74.0	1090	25.6
	35	73.5	840	72.5	1120	26.1
	40	73.5	780	71.9	1070	25.6
	45	73.5	770	69.5	1020	24.6
	50	73.5	760	68.0	1010	24.3

^{a)} Peak viscosity - Viscosity at 95°C after 15 min / Peak viscosity × 100

73.5°C로 증가하였다.

최고 점도는 0.16% 아황산 용액의 경우 침지 30시간에, 0.18과 0.20%의 경우에는 침지 35시간에 가장 높은값을 보였고 이후에는 감소하였다. 1000 B.U.에 도달하는 온도는 아황산 농도에 관계없이 침지시간이 길어질수록 낮아졌다. 냉각점도는 아황산 농도가 0.16%일 때는 침지시간에 따라 큰 차이를 보이지 않았으나, 0.18과 0.20%에서는 최고 점도와 같이 침지 35시간에서 가장 높은 값을 보였다.

Breakdown ratio는 아황산 농도가 증가할 수록 감소하는 경향을 보였으나 아황산 농도별 침지시간에 따른 변화는 최고 점도의 변화와 같은 경향이었다.

알칼리에 의한 호화 특성

시료 전분(6%)을 호화시키는데 필요한 NaOH 용액의 임계농도는 아황산 농도에 관계없이 0.20 N이었다. 따라서 0.20 N NaOH 용액에서의 전분의 최대 점도를 측정할 결과는 표 7과 같다. 점도는 아황산 농도가 증가할 수록 감소하는 경향이었으며, 동일한 아황산 농도에서는 침지시간이 길어질 수록 감소하였다.

전분을 KSCN 용액에 처리하였을 때 겔의 부피는 3.0M에서 가장 컸으므로 이 때의 결과를 보면 표 8과 같다. 전분 겔의 부피는 아황산 농도 0.18%에서 처리

한 것이 0.16과 0.20%에서 보다 높았다. 모든 아황산 농도에서 전분 겔의 부피는 침지 30시간에서 가장 높았으며, 그 이후에는 감소하였다.

요 약

옥수수를 아황산의 농도(0.16-0.20%)와 침지시간(25-50시간)을 달리하여 52°C에서 침지하면서 침지액의 pH, 옥수수의 흡수성질 및 전분의 성질을 분석하였다. 침지액의 pH는 침지 5시간까지 급격히 증가하였고 20시간 이후에는 일정한 값을 유지하였다. 침지 중 옥수수의 수분 및 부피증가는 아황산 농도가 증가할 수록 감소하였다. 전분의 단백질 함량은 아황산 농도가 증가할 수록 증가하였으나, 조회분이나 인은 큰 차이를 보이지 않았다. 전분의 물 결합 능력 및 아밀로그래프의 점도지표는 모두 아황산 농도에 관계없이 침지 35시간에서 가장 높은 값을 보였다. 전분의 팽윤력과 용해도 그리고 NaOH 용액에 의한 호화점도는 아황산 농도가 증가할 수록 감소하였다.

문 헌

1. 구천서 : 옥수수 가공 산업사, 단국대학교 부설 식량개발연구소(1988)
2. 具沼圭二, 澱粉の利用工業, 澱粉科學ハンドブック, 二國二郎, 朝倉書店, p.413(1980)
3. May, J.B.: Wet milling: process and products. in *Corn: Chemistry and Technology*, Watson, S.A. and Ramstad, P.E. (ed.), American Association of Cereal Chemists, Inc., St. Paul, MN, Chap. 12 (1987)
4. Anderson, R.A., Vojnovich, C. and Griffin, E.L.: Wet milling of high amylose corn containing 49- and 57-percent-amylose starch, *Cereal Chem.*, 37, 334 (1960)
5. Bychkov, B.K.: Changes in the steep water composition during the steeping of corn. *Sakharnaya Prom.*, 35(9), 62 (1961) [*Chem. Abstr.*, 10434f (1962)]
6. Roushdi, M., Fahmy, A.A. and Mostafa, M.: Role of lactic acid in corn steeping and its relation with starch isolation. *Stärke*, 33, 426 (1981)
7. Roushdi, M., Ghali, Y. and Hassanean, A.: Factors improving the steeping process of corn grains. Part 3. Conditions favouring lactic acid formation during

Table 7. Alkali viscosity (cp × 10³) of corn starches isolated from various steeping conditions

Steeping time (hr)	SO ₂ concentration (%)		
	0.16	0.18	0.20
25	22.0	21.6	21.0
30	22.5	21.0	20.7
35	21.3	21.0	20.5
40	21.0	21.0	20.2
45	20.5	20.2	20.0
50	19.3	19.0	18.7

Table 8. Gel volume of corn starches (0.6%) treated with 3M KSCN after 24 hours at 25°C

Steeping time (hr)	SO ₂ concentration (%)		
	0.16	0.18	0.20
25	16.5 ml	16.5 ml	16.3 ml
30	17.5	18.0	17.7
35	17.3	17.5	17.0
40	17.0	17.5	17.0
45	17.3	17.5	16.5
50	17.3	17.0	16.5

- corn steeping and its effect. *Stärke*, **33**, 49 (1981)
8. Roushdi, M., Ghali, Y. and Hassanean, A. : Factors improving the steeping process of corn grains. Part 2. Effect of enzyme addition. *Stärke*, **33**, 7 (1981)
 9. Roushdi, M., Ghali, Y. and Hassanean, A. : Factors improving the steeping process of corn grains. Part 1. Effect of steeping process, artificial drying, scratching and storage. *Stärke*, **31**, 78 (1979)
 10. Takada, Y., Suzuki, A. and Hizukuri, S. : Influence of steeping conditions for kernels on some properties of corn starch. *Stärke*, **40**, 132 (1988)
 11. Fan, L.T., Chen, H.C., Shellenberger, J.A. and Chung, D.S. : Comparison of the rates of absorption of water by corn kernels with and without dissolved sulfur dioxide. *Cereal Chem.*, **42**, 385 (1965)
 12. Becker, H.A. : On the absorption of liquid water by the wheat kernel. *Cereal Chem.*, **37**, 309 (1960)
 13. A.O.A.C. : Official Methods of Analysis, 14th ed., Association of Official Analytical Chemists, Washington, D.C. (1984)
 14. Medcalf, D.G. and Gilles, K.A. : Wheat starches. I. Comparison of physicochemical properties. *Cereal Chem.*, **42**, 558 (1965)
 15. Schoch, T.J. : Swelling power and solubility of granular starches. in *Methods in Carbohydrate Chemistry*, Whistler, R.L. (ed.), Academic Press, New York, Vol. 4, p.106 (1964)
 16. 김성곤, 정혜민, 조만희 : 쌀, 옥수수, 칩 및 생강 전분의 알칼리 호화. *한국농화학회지*, **27**, 214 (1984)
 17. Lindqvist, I. : Cold gelatinization of starch. *Stärke*, **31**, 195 (1979)
 18. Watson, S.A., Yoshiro, H. and Williams, C.B. : A study of the lactic acid fermentation in commercial corn steeping. *Cereal Chem.*, **32**, 382 (1955)
 19. Anderson, R.A. : A note on the wet-milling of high-amylose corn containing 75-percent-amylose starch. *Cereal Chem.*, **39**, 406 (1962)
 20. Fan, L.T., Chung, D.S. and Shellenberger, J.A. : Diffusion coefficients of water in wheat kernels. *Cereal Chem.*, **38**, 540 (1961)
 21. 양영국, 이신영, 최국지 : 발아 옥수수 전분의 이화학적 성질. *한국농화학회지*, **29**, 333 (1986)
-
- (1989년 12월 1일 접수)