

마이크로파 가열방법에 따른 감자전분의 이화학적 특성변화

최옥자 · 고무석*

순천대학교 식품영양학과, *진남대학교 가정교육과

Changes in Physico-chemical Properties of Potato Starch by Microwave Heating Methods

Ock-Ja Choi and Moo-Seok Koh*

Department of Food and Nutrition, Suncheon National University, Suncheon

*Department of Home Economics Education, Chonnam National University, Kwangju

Abstract

The purpose of this study was to investigate the physico-chemical properties of potato starch heated with microwave. Two types of potato starches are prepared; in group A raw potato starch was heated with microwave and in group B potato starch was isolated from potato heated with microwave. Both groups were exposed to the microwave energy in a 560 W, 2,450 MHz oven for 60, 120, 180 and 300 seconds. As the microwave heating time took longer, free lipid decreased and bound lipid increased in both groups. The shape of starch granules, birefringence and X-ray diffraction pattern were not changed much by microwave heating in both groups. Water binding capacity increased, but amylose content, swelling power and solubility decreased as the microwave heating time took longer. It was also found that the extent of decreases in swelling power and solubility were different between group A and group B.

Key words: microwave, potato starch, physico-chemical properties

서 론

감자전분은 식품, 제지, 방직 및 접착제 등의 산업에 주로 이용되고 있으나 천연전분에서 얻을수 있는 용도에는 한계가 있으므로 전분을 여러가지 방법으로 처리하여 바람직한 특성을 나타낼 수 있도록 연구하고 있다⁽¹⁻⁴⁾. 그 중 가열방법으로 수분-열 처리와 건열처리를 주로 하고 있으며, 이와같은 열처리를 하였을 때 수분함량, 처리시간, 처리온도 등에 따라 차이는 있으나 물결합력의 증가, 팽윤도의 감소, 호화온도 상승 등의 특성이 나타났다고 보고하고 있다^(2,5,6). 그러나 마이크로파로 전분을 가열하면 마이크로파 가열 특성에 의하여 열전도에 의한 가열과는 다른 결과가 나타난다⁽⁷⁻¹⁶⁾. 특히 마이크로파 가열시 시료의 중량, 형상, 크기 및 전자레인지의 출력 등의 영향을 받기 때문에⁽¹⁷⁻¹⁹⁾ 다양한 특성을 지닌 전분을 조제할 수 있는 가능성이 크다.

전분질 식품의 마이크로파 가열에 관한 연구로 Doty와 Baker⁽²⁰⁾는 밀에 마이크로파를 가열하여 제빵적성 및 품질을 실험한 결과, 90초 가열 후 제빵적성이 가장 높

았다고 하였고, Macarthur와 D'appolonia⁽²¹⁾은 밀가루에 있어서 마이크로파 가열시간이 길수록 고유점도 및 환원당 등이 감소 하였고 저장성이 향상되었다고 하였다. 또한 Higo 등^(7, 16)은 식빵을 전자레인지로 재가열하면 전분성분의 변화, 지질의 추출율의 저하, 아밀로오스와 지방산 복합체 형성, gel화 촉진, 결합수의 변동 등으로 경화가 촉진 된다고 하였다. 그의 마이크로파 가열에 관한 연구는 많으나 마이크로파 가열방법에 따른 전분 입자의 특성변화에 관한 연구는 거의 없는 실정이다.

따라서 전보⁽²²⁾의 마이크로파 가열방법에 따른 감자전분의 산 가수분해 특성에 이어 마이크로파 가열방법에 따른 감자전분의 이화학적 성질을 각각 비교 분석하였기에 보고 하고자 한다.

재료 및 방법

재료

경기도 수원시 원예시험장에서 재배된 수미(Superior) 품종의 감자를 사용 하였다.

감자전분의 마이크로파 가열방법

감자전분 분리 후 마이크로파 가열 : 감자를 박피하고 세척한 후 알칼리 침지법⁽²³⁾에 의하여 전분을 조제하여

Corresponding author: Ock-Ja Choi, Department of Food and Nutrition, Suncheon National University, Suncheon city, Chonnam 540-070, Korea

건조한 다음 마이크로파로 가열하였다. 마이크로파 가열은 250 ml 비이커 내부를 여지로 둘러싸고, 전분 100g을 넣어 여지로 덮은 후 polyethylene film으로 밀봉하여 전자레인지(금성사, ER-5000, 2,450 MHz, 560W) 중앙에 위치한 다음 0초, 60초, 120초, 180초, 300초 동안 각각 가열하여 P₂O₅하의 데시케이터에서 냉각한 후, 100 mesh 체를 통과시키고 각 시료를 포화염 용액이 들어있는 데시케이터에 방치하여 시료의 수분함량을 13%로 조절하여 사용하였다. (이하 A군이라 칭함)

시료의 내부온도 측정은 250 ml 비이커에 5개의 구멍을 뚫어 유리관을 연결한 다음 유리관을 통하여 열전대를 넣고 선을 전자레인지 밖으로 유도하여 온도를 3회 측정하여 평균값으로 하였다.

마이크로파 가열 후 전분의 분리: 동일한 크기의 감자(개당 약 100g) 1,000g을 0초, 60초, 120초, 180초, 300초 동안 각각 마이크로파(2,450 MHz, 560W)로 가열한 후 알칼리 침지법에 의하여 위의 앞의 방법과 동일하게 전분을 분리하였다(이하 B군이라 칭함).

시료의 내부온도 측정은 감자의 중앙 및 가장자리 등 5개 점에 열전대를 끼워 넣고 선을 전자레인지 밖으로 유도하여 온도를 3회 측정하여 평균값으로 하였다.

이화학적 성질 분석

전분의 수분, 단백질, 회분은 A.O.A.C법⁽²⁴⁾에 준하여 정량하였으며, 인은 Molybden blue 비색법⁽²⁵⁾으로 측정하였다. 유리지질은 ethyl ether를 용매로 하여 Soxhlet 추출장치에 의하여 추출하였고, 결합지질은 유리지질을 제거한 시료에 85% methanol로 85°C water bath상에서 환류추출하여 각각 Folch법⁽²⁶⁾으로 정제하여 정량 하였다. 전분입자의 형태는 광학현미경과 편광현미경(Nikon AFX II, Japan)으로 200배 확대하여 관찰하였고, 표면형태는 주사전자현미경(SEM, JEOL, JSM-35, Japan)으로 1,000

배 확대 관찰하였다⁽²⁷⁾. 물결합능력은 Medcalf와 Gilles⁽²⁸⁾의 방법에 의하였으며, 팽윤력 및 용해도는 Schoch 방법⁽²⁹⁾에 따라 50°C ~ 90°C 온도범위에서 5°C 간격으로 측정하였다. amylose 함량은 Williams 등⁽³⁰⁾의 비색법에 의하여 정량 하였고, Montgomery와 Senti⁽³¹⁾의 방법에 의하여 아밀로오스와 아밀로펙틴 으로 분리한 다음 일정비율로 혼합하여 아밀로오스 표준곡선을 구한 후 계산 하였다. 요오드반응은 Gilbert와 Spragg⁽³²⁾의 방법에 따라 측정하였다. X-ray 회절도는 Diffractometer(Rigaku Co, Japan)를 사용하여 회절각도(2θ) 4° ~ 40°까지 회절하여 상대적 결정화도를 구하였다⁽³³⁾.

결과 및 고찰

Table 1. Changes in temperature and moisture content of potato starch and potato during microwave heating

Sample	Heating time(sec.)	Sample quantity (g)	Microwave energy* (cal/g)	Temperature** (°C)	Moisture** (%)	
potato	0	100	0.0	26.5	13.0	
	60	100	80.3	73.5	11.2	
	starch	120	100	160.6	89.0	9.0
		180	100	240.9	101.0	7.2
	300	100	401.5	130.0	5.9	
potato	0	1,000	0.0	26.5	81.8	
	60	1,000	8.0	32.0	79.4	
	120	1,000	16.1	38.3	78.0	
	180	1,000	24.1	45.2	76.5	
	300	1,000	40.2	60.5	74.2	

*Calculated by the total watt input(560 W) multiplied by seconds of time and divided by sample weight(g)

**Values are mean of triplicate determinations

Table 2. Changes in chemical components of potato starch upon microwave heating

Sample	Heating time(sec.)	Moisture (%)	Protein (%)	Lipid(%)		Ash (%)	Phosphorus (mg %)
				Free lipid	Bound lipid		
A*	0	13.00	0.23	0.10	0.12	0.24	56.97
	60	12.78	0.24	0.09	0.13	0.24	55.98
	120	12.56	0.23	0.09	0.14	0.23	54.27
	180	12.50	0.23	0.07	0.16	0.23	52.60
	300	12.50	0.23	0.07	0.17	0.23	50.29
B**	0	13.00	0.23	0.10	0.12	0.24	56.97
	60	12.76	0.23	0.08	0.14	0.25	49.47
	120	12.80	0.23	0.08	0.17	0.25	46.73
	180	13.07	0.23	0.07	0.17	0.26	46.32
	300	13.00	0.23	0.06	0.19	0.26	43.29

*Potato starch heated with microwave after isolation.

**Potato starch isolated from potato heated with microwave.

마이크로파 가열에 의한 감자전분 및 감자의 온도와 수분 함량의 변화

감자전분 및 감자를 마이크로파로 가열하였을 때 온도와 수분함량 변화를 나타낸 결과는 Table 1과 같다. 마이크로파 가열시간이 길어짐에 따라 감자전분과 감자의 내부온도는 상승하였고, 수분함량은 감소하여 300초 동안 마이크로파 가열을 하였을 때 감자전분 및 감자의 온도와 수분함량은 각각 130℃, 5.9%와 60.5℃, 74.2%로 나타났다. 감자전분 및 감자의 온도와 수분함량의 차이는 시료의 중량, 재질, 형상, 크기 뿐만 아니라⁽¹⁷⁾ 마이크로파 에너지, 수분함량 등에 기인하는 것으로 생각된다. 마이크로파 가열속도의 지표로써 Maheshwari 등⁽³⁴⁾은 마이크로파 가열 중에 나타나는 수분함량 손실을, Pour El 등⁽³⁵⁾은 흡수된 에너지를 제시 하였는데, 감자전분은 감자보다 수분함량 손실율과 흡수된 에너지가 더 높았다.

화학적 성분

감자의 화학성분은 Table 2와 같다. 감자전분의 단백질과 회분 함량은 각각 0.23%, 0.24%로 나타났으며 마이크로파 가열방법과 시간에 따른 영향은 거의 없었다.

감자전분의 유리지질 및 결합지질의 함량은 각각 0.10%, 0.12%였으며, 마이크로파 가열시간이 길어짐에 따라

유리지질은 감소한 반면, 결합지질은 증가하여 300초 가열시 A군은 유리지질과 결합지질이 각각 0.07%, 0.17%였고, B군은 0.06%, 0.19%였다. Higo 등^(8-11,14)은 유리지질의 감소와 결합지질의 증가는 마이크로파의 비전열적 효과로서 분자의 회전운동, 미세조직의 공진현상 등의 물리적인 반응촉진 효과와 전분분자가 물의 영향을 받아 전분과 지방산간에 복합체가 형성되기 때문이라고 하였고, 증가된 결합지질은 지질의 산화억제 및 물성에 영향을 미친다고 하였다. 이러한 결과로 볼때 적정량의 마이크로파 가열은 전분의 저장중 품질유지에 유효한 효과를 줄 것으로 생각된다.

인의 함량은 56.97 mg으로 이와 이⁽³⁶⁾가 보고한 62.60 mg 보다 약간 낮은 경향이였다. 마이크로파 가열에 의한 인의 함량은 가열시간이 길수록 감소하였고, B군이 A군보다 감소하는 경향이 뚜렷 하였다. 인의 함량 감소는 마이크로파 가열에 의하여 전분입자 내에 ester 결합이 많이 형성되었기 때문이라고 생각된다.

전분 입자의 형태

전분 입자를 광학, 편광현미경 및 SEM으로 관찰한 형태는 Fig. 1과 같다. 광학현미경으로 관찰한 전분 입자의 크기는 일정하지 않으나, 둥근형, 타원형으로 나타

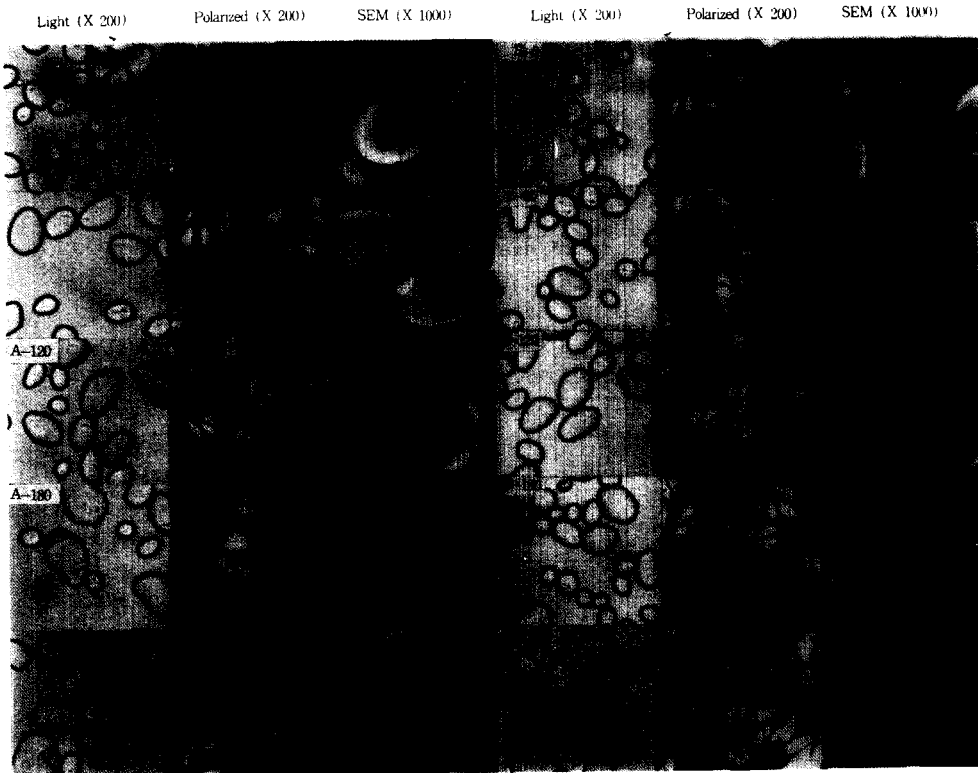


Fig. 1. Light, polarized and SEM micrographs of potato starch heated with microwave
 A; potato starch heated with microwave after isolation, B; Potato starch isolated from potato heated with microwave

Table 3. Water binding capacity of potato starch heated with microwave

Sample	Heating time(sec.)	Water binding capacity (%)
A group	0	87.21
	60	92.36
	120	98.58
	180	103.00
	300	141.23
B group	0	87.21
	60	90.72
	120	92.11
	180	98.06
	300	113.29

났고, hilum은 뚜렷하였으며, 중심부분은 한쪽으로 치우쳐 있었다. 편광현미경으로 전분 입자를 관찰하였을 때 복굴절현상이 선명하게 나타났으며 마이크로파 가열방법과 가열시간에 따른 감자전분의 외관상 형태 변화는 나타나지 않았다.

SEM으로 전분의 표면형태를 관찰하였을때 A군에서는 300초 가열시 부풀 모양의 변형된 입자가 나타났고, B군은 180초 때 표면에 결이 생겼으며, 300초 가열시 입자의 형태는 약간 부풀 모양으로 변화하였다. 이러한 입자의 변화양상은 B군이 A군 보다 먼저 나타났으나, 변형의 정도는 더 적었고, 작은 입자보다 큰 입자에서 형태의 변화가 먼저 관찰되었다. 그러나 원래 입자 모양을 그대로 유지하고 있는 것으로 보아 마이크로파 가열에 의한 입자의 변화는 매우 작다고 생각된다.

물결합 능력

감자전분의 물결합 능력은 Table 3과 같다. 생전분의 물결합능력은 87.21%로 강(37)이 보고한 88%와 거의 같으며 곡류전분인 쌀전분 100~134%(38) 보다는 낮고, 근경전분인 고구마전분 69~75%(39) 보다는 높게 나타났다. A군과 B군은 마이크로파 가열시간이 길수록 물결합능력은 증가 하였는데 특히 300초 가열시 A군의 물결합능력은 현저히 증가하였다. 밀가루(40), 고구마 가루(41)의 경우에도 마이크로파 가열에 의하여 물결합 능력은 증가한다고 하며, 서(6)는 열처리 하였을 때 온도가 높을수록 물결합능력은 증가한다고 하였다. Beleja 등(12)에 의하면 물결합능력은 전분입자의 결정부분과 비결정부분의 비율에 따라 결정된다고 하였다.

팽윤력 및 용해도

감자전분의 팽윤력 및 용해도를 측정한 결과는 Fig. 2, 3과 같다. 감자전분의 팽윤력과 용해도는 60C 이상에서 급격히 증가하였고, 마이크로파 가열방법에 따라 팽윤력과 용해도의 양상은 차이가 있었다.

A군의 팽윤력과 용해도는 생전분에 비하여 62C 이

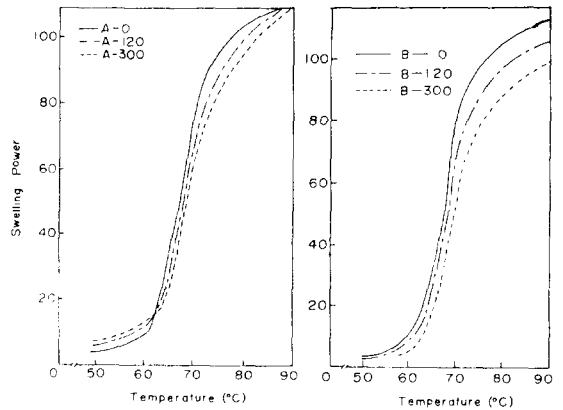


Fig. 2. Swelling power of potato starch heated with microwave

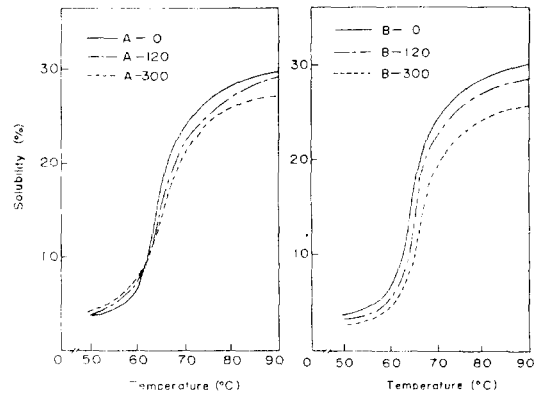


Fig. 3. Solubility of potato starch heated with microwave

하에서는 마이크로파 가열시간이 길수록 약간 높았으나 62C 이상에서는 약간 감소 하였다. Higo 등(7,8)은 전분에 마이크로파 가열을 하였을 때 짧은 가열시간에도 불구하고 전분성분의 변화가 크게 나타났음을 보고 하였는데, 파손된 전분입자, 80C 에서도 팽화되지 않은 입자 및 불균일한 입자 등이 동시에 존재하여 비중이 다른 2층의 전분액으로 존재한다고 하였으며 저온에서 팽화능력이 있다고 하였는데, A군은 손상된 전분입자로 인하여 62C 이하에서 팽윤력과 용해도가 높고, 그 이상의 온도에서는 고온에서도 팽화되지 않는 입자들 때문에 팽윤력과 용해도가 낮다고 생각된다.

B군의 팽윤력과 용해도는 마이크로파 가열시간이 길어짐에 따라 감소하는 경향을 보였다. Kuge와 Kitamura(6)은 온수처리 및 수분-열처리의 경우 열과 수분의 작용에 의하여 annealing이 형성된 결과, 분자의 회합이 강하게 되기 때문에 팽윤력과 용해도가 감소되며 온수처리는 호화온도 부근에서, 수분-열처리는 용융온도 부근에서

Table 4. Changes in λ_{max} , absorbance at λ_{max} , blue value and amylose content of potato starch upon microwave heating

Sample	Heating time(sec.)	λ_{max} (nm)	A λ_{max}	Blue value	Amylose content(%)
A group	0	604	0.372	0.341	22.63
	60	602	0.356	0.334	20.57
	120	602	0.353	0.332	20.47
	180	601	0.335	0.325	19.24
	300	600	0.320	0.302	18.25
B group	0	604	0.372	0.341	22.63
	60	602	0.351	0.328	20.94
	120	601	0.346	0.320	20.40
	180	601	0.328	0.300	19.26
	300	598	0.308	0.291	17.59

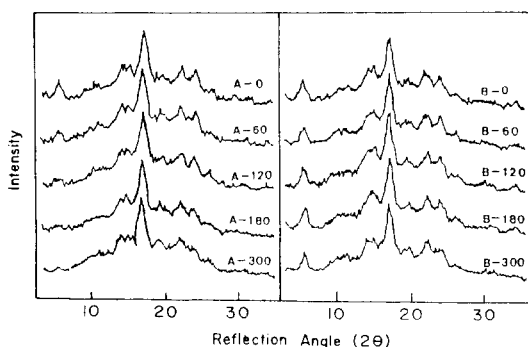


Fig. 4. X-ray diffraction patterns of potato starch heated with microwave

제조직화 및 불완전 결정의 용해와 재결정화가 일어난다고 하였다. 따라서 감자를 마이크로파로 가열할 때 감자내 수분의 이동과 열에 의하여 전분입자 내에 annealing이 형성되어 보다 강한 구조로 변화되었다고 생각된다.

요오드 반응 및 아밀로오스 함량

감자전분의 요오드 반응 및 아밀로오스 함량은 Table 4와 같다.

A군은 가열시간이 길어짐에 따라 최대흡수파장이 604 nm에서 600 nm로 이동되었고 최대흡수파장에서의 흡광도는 0.372에서 0.320으로 감소 되었다. Higo 등⁽¹¹⁾은 최대흡수파장 및 흡광도의 감소는 아밀로오스와 지방산의 상호작용으로 아밀로오스-지방산 복합체의 생성량이 증가하기 때문이라고 설명하였다. 생전분의 blue value는 0.341이었으며 마이크로파 가열시간이 경과함에 따라 감소하여 300초 가열시 0.302로 변화하였다. 아밀로오스 표준곡선으로부터 구한 아밀로오스함량은 22.63%이었으며 마이크로파 가열시간이 길어짐에 따라 점점 감소하였는데, 마이크로파 가열에 의한 아밀로오스 함량 감

Table 5. Relative crystallinity of potato starch heated with microwave

Sample	Heating time(sec.)	Relative crystallinity (%)
A group	0	34.7
	60	35.0
	120	35.2
	180	35.1
	300	35.0
B group	0	34.7
	60	34.9
	120	35.7
	180	36.0
	300	36.0

소는 마이크로파의 비전열적 가열효과로서 급속한 탈수 및 결합수량의 증가로 인하여 형성되는 amylose-lipid complex에 기인한다고 알려져 있다^(9-11,15).

B군의 경우에도 마이크로파 가열시간이 길어짐에 따라 최대흡수파장은 300초 가열시 604 nm에서 598 nm로 감소하였고, 그에 따른 흡광도도 감소하였으며, blue value도 0.341에서 0.291로 마이크로파 가열에 의하여 점점 감소하였다. 아밀로오스 함량은 22.63%에서 300초 가열시 17.59%로 감소하여 A군에서 보다 변화 경향이 컸다. 이와같은 요오드와 아밀로오스 함량의 감소는 감자에 마이크로파를 가열하였을 때 수분과 열의 작용에 의하여 전분 입자내의 annealing 즉 amylose-lipid complex가 형성된 결과라고 생각된다^(6,43,44).

X-ray 회절도

감자전분의 X-선 회절도는 Fig. 4와 같다. 감자전분은 회절각도(2θ) 16.9°에서 강한 peak를, 5.4°, 22.2° 및 23.8°에서 각각 중간 peak를 보이는 B도형을 나타냈다⁽⁴⁵⁾.

A군은 마이크로파 가열시간이 길어짐에 따라 회절각도 5.4°에서 나타나는 peak의 높이가 점점 감소되었으나 16.9°, 22.2° 및 23.8°에서의 peak는 안정하여 B도형을 나타냈고 회절강도도 생전분과 거의 차이가 없었다. Hagiwara 등⁽⁴⁶⁾은 마이크로파 가열에 의하여 수분함량이 감소된 전분입자와 이탈된 수증기 사이의 조건이 수분-열 처리와 유사하다고 가정하여 일정한도에 도달할 때까지 감자전분을 마이크로파로 가열하고, 항온을 유지하기 위해 수초간 단속적으로 마이크로파를 반복 가열하여 20분간 항온을 유지 하였을 때, 수분-열처리 결과와 달리 B도형을 나타냈다고 하였다.

B군의 X-선 회절도는 마이크로파 가열시간이 길어짐에 따라 회절선의 강도가 약간 강하게 나타났고 회절강도 5.4°에서 peak 높이는 감소되지 않았다.

X-선 회절도형으로 결정부분과 비결정부분의 면적비를 계산하여⁽³³⁾ 나타낸 상대적 결정화도는 Table 5와 같다. A군의 상대적 결정화도는 마이크로파 가열에 의하여

거의 변화되지 않았으며, B군은 마이크로파 가열 시간이 길어짐에 따라 약간 증가하는 경향을 보였다.

요 약

마이크로파 가열방법에 따른 감자전분의 특성을 검토 하기 위하여 마이크로파를 직접 가열한 전분(A군)과 감 자에 마이크로파를 가열하여 분리한 전분(B군)을 대 상으로 이화학적 특성을 비교분석한 결과는 다음과 같다. 감자전분의 단백질과 회분 함량은 마이크로파 가열에 의하여 거의 변화되지 않았으나, 유리지질은 마이크로파 가열시간이 길수록 감소한 반면, 결합지질은 마이크로파 가열시간이 길수록 증가하였다. 인의 함량은 마이크로파 가열시간이 길수록 감소하였으며 전분에 마이크로파를 직접 가열한 A군 보다 감자에 마이크로파를 가열하여 분리한 전분인 B군의 변화 정도가 컸다. 광학 및 편광 현미경으로 관찰한 전분입자의 형태와 복굴절현상은 마이크로파 가열방법, 가열시간에 따른 차이는 나타나지 않았으나, SEM으로 관찰한 입자의 표면형태는 A군의 경우 300초 가열시 약간의 변형이 나타났고, B군은 180 초 때부터 표면의 변화가 나타났으나 변화정도는 A군 보다 더 적었다. 물결합능력은 마이크로파 가열시간이 길수록 A군, B군 모두 증가되었고, 아밀로오스 함량 및 Blue value는 마이크로파 가열 시간이 길수록 A군, B군 각각 감소하였다. 팽윤력과 용해도는 마이크로파 가열 시간이 길어짐에 따라 각각 감소하였는데 마이크로파 가열방법에 따라 다소 차이가 있었다. 감자전분의 X-선 회절도는 A군의 경우 회절각도(2 θ) 5.4°에서의 peak 높 이가 감소되었으나, B군은 회절선의 변화가 없었고 전 체적인 결정성이 약간 증가하였다.

문 헌

1. Yamamoto, K., Kaji, M. and Onogaki, T.: Effects of warm water treatment on gelatinization properties of air-classified potato starches. *J. Jpn. Soc. Starch Sci.*, **30**, 276(1983)
2. Donovan, J.W., Lorenz, K. and Kulp, K.: Differential scanning calorimetry of heat-moisture treated wheat and potato starches. *Cereal Chem.*, **60**, 381(1983)
3. Hagiwara, S., Nishiyama, K., Fugino, H., Kitamura, S. and Kuge, T.: effect of ultrasonic irradiation on the structure of potato starch granules. *J. Jpn. Soc. Starch Sci.*, **31**, 127(1984)
4. Lorenz, K. and Kulp, K.: Physico-chemical properties of defatted heat-moisture treated starches. *Starch*, **35**, 123(1983)
5. 서정식 : 열처리가 옥수수 전분의 이화학적 성질에 미치는 영향. 효성여자대학교 가정학과, 박사학위 논문 (1989)
6. Kuge, T. and Kitamura, S.: Annealing of starch granules; Warm water treatment and heat-moisture treatment. *J. Jpn. Soc. Starch Sci.*, **32**, 65(1985)
7. Higo, A., Okubo, M. and Shimazaki, M.: Hardening of food texture induced by microwave irradiation(part 2); Changes in properties of starch in bread accompanied by hardening. *J. of Home Economics Jpn.*, **32**, 178 (1981)
8. Higo, A., Okubo, M. and Shimazaki, M.: Hardening of food texture induced by microwave irradiation(part 3) Changes in starch granules under water limited conditions. *J. of Home Economics Jpn.*, **32**, 185(1981)
9. Higo, A., Okubo, M. and Shimazaki, M.: Hardening of food texture induced by microwave irradiation(part 4) Decrease of lipid extractability caused by irradiation and its effects on food texture. *J. of Home Economics Jpn.*, **33**, 173(1982)
10. Higo, A., Shimazaki, M. and Noguchi, S.: Hardening of food texture induced by microwave irradiation(part 5) Difference of lipid extractability of some model systems with regard to the water contained. *J. of Home Economics Jpn.*, **33**, 221(1982)
11. Higo, A., Shimazaki, M. and Noguchi, S.: Hardening of food texture induced by microwave irradiation(part 6) Formation of starch-fatty acid methyl ester complexes. *J. of Home Economics Jpn.*, **33**, 297(1982)
12. Higo, A. and Shimazaki, M.: Hardening of food texture induced by microwave irradiation (part 7) Changes in starch properties and their effects on potato textures. *J. of Home Economics Jpn.*, **33**, 597(1982)
13. Higo, A., Noguchi, S., Nakazawa, F. and Shimazaki, M.: Hardening of food texture induced by microwave irradiation(part 8) Effect of starch-gel formation on bread-hardening. *J. of Home Economics Jpn.*, **34**, 83 (1983)
14. Higo, A., Noguchi, S. and Shimazaki, M.: Hardening of food texture induced by microwave irradiation(part 9) Investigation of the specific effect of microwave. *J. of Home Economics Jpn.*, **34**, 251(1983)
15. Higo, A., Shimazaki, M., Noguchi, S. and Nakawaza, F.: Hardening of food texture induced by microwave irradiation(part 10) Changes in bound water content of breads accompanied with hardening. *J. of Home Economics Jpn.*, **34**, 474(1983)
16. Higo, A. and Noguchi, S.: Process of bread hardening by microwave-heating. *Nippon Shokuhin Kogyo Gakkaishi*, **34**, 781(1987)
17. Akinaga, Y., Kasai, M., Hatae, K. and Shimada, A.: Effect of cooking condition on softening of potatoes in microwave cooking. *J. of Home Economics Jpn.*, **37**, 955(1986)
18. Nakazawa, F., Takahashi, J. and Takada, M.: Microwave heating of foods containing starch(part 1) Visualizing method temperature distribution in foods. *J. of Home Economics Jpn.*, **37**, 447(1986)
19. Nakazawa, F., Takahashi, J., Takada, M., Sugimoto, K. and Iwabuchi, K.: Microwave heating of foods containing starch(part 2); Temperature distribution in foods. *J. of Home Economics Jpn.*, **37**, 941(1986)
20. Doty, N.C. and Baker, C.W.: Microwave conditioning of hard red spring wheat. 1. Effects of wide power range on flour and bread quality. *Cereal Chem.*, **54**, 717(1977)
21. Macarthur, L.A. and D'apponia, B.L.: Effect of mic-

- rowave radiation and storage on hard red spring wheat flour. *Cereal Chem.*, **58**, 53(1981)
22. 최옥자 : 마이크로파 가열방법에 따른 감자전분의 산 가수분해 특성. 순천대학 논문집(자연과학편) 제 10집, 1(1991)
 23. Yamamoto, K., Sawada, S. and Onogaki, T.: Properties of rice starch prepared by alkali method with various condition. *J. Jpn. Soc. Starch Sci.*, **20**, 99(1973)
 24. A.O.A.C.: Official Methods of Analysis., 14th ed., Association of Official Analytical Chemists, Washington, D. C.(1980)
 25. 남궁석, 심상국 : 최신식품화학실험. 신광출판사, 72(1982)
 26. Folch, J., Lees, M. and Stanley, G.H.S.: A simplified method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues. *J. Biol.Chem.*, **226**, 497(1957)
 27. Hall, D.M. and Sayre, J.M.: A scanning electron microscope study of starches. I. Root and tuber starches. *Textile Research*, **39**, 1044(1969)
 28. Medcalf, D.G. and Gilles, K.A.: Wheat starches.I.Comparison of physicochemical properties. *Cereal Chem.*, **42**, 558(1965)
 29. Schoch, T.J.: Swelling power and solubility of granular starches. In *Methods in Carbohydrate Chemistry*, Vol. 4 ed by Whistler, R.L., Academic Press, 106(1964)
 30. Williams, P.C., Kuzina, F.D. and Hlynka, I.: A rapid calorimetric procedure for estimating the amylose content of starches and flours. *Cereal Chem.*, **47**, 411(1970)
 31. Montgomery, E.M. and Senti, F.R.: Separation of amylose from amylopectin of starch by an extraction-sedimentation procedure. *J. Polymer Sci.*, **28**, 1(1958)
 32. Gilbert, G.A and Spragg, S.P.: Iodimetric determination of amylose. In *Methods in carbohydrate chemistry*, Vol.4 ed by Whistler, R.L., Academic Press, 168(1964)
 33. Komiya, T., Nara, S. and Tsu, Mie: Changes in crystallinity and gelatinization phenomena of potato starch by acid treatment. *Starch*, **38**, 9(1986)
 34. Maheshwari, P.N., Stanley, D.W. and Van de Voort, F.R.: Microwave treatment of dehulled rapeseed to inactivate myrosinase and its effect on oil and meal quality. *J. Amer. Oil Chem. Soc.*, **57**, 194(1980)
 35. Pour-El, A., Nelson, S.O., Peck, E.E., Tjho, B. and Stetson, L.E.: Biological properties of VHF and microwave-heated soybean. *J. Food Sci.*, **46**, 880(1981)
 36. 이상영, 이해익 : 감자괴경 및 감자전분의 무기질에 대한 연구. 강원대학교 논문집 제 12집(1978)
 37. 강길진 : 감자전분의 입자별 호화 및 리올로지 특성. 전남대학교 식품공학과 석사논문 (1989)
 38. 정혜민, 안승요, 김성근 : 아끼바레 및 밀양 23호 쌀전분의 이화학적 성질 비교. 한국농화학회지, **25**, 67(1982)
 39. 임서영, 신말식, 안승요 : 세품종 고구마 전분의 이화학적 특성 및 산처리에 의한 비교. 한국농화학회지, **28**, 156(1985)
 40. Edwards, G.H.: Effects of microwave radiation on wheat and flour: The viscosity of the flour pastes. *J. Sci. Food Agric.*, **15**, 108(1964)
 41. Baba, T., Tamaru, Y., Kono, T. and Watanabe, A.: Effects of microwave irradiation on amyolytic activities in dehydrated sweet potato flour. *Nippon Shokuhin kogyo Gakkaishi*, **34**, 178(1987)
 42. Beleia, A., Varriano, M.E. and Hosney, R.C.: Characterization of starch from pearl millets. *Cereal Chem.*, **57**, 300(1980)
 43. Yost, D.A. and Hosney, R.C.: Annealing and glass transition of starch. *Starch*, **38**, 289(1986)
 44. Mikus, F.F., Hixon, R.M. and Rundle, R.E.: The complexes of fatty acids with amylose. *J. Am. Chem. Soc.*, **68**, 1115(1946)
 45. Zobel, H.F.: X-ray analysis of starch granules. In *Method in carbohydrate chemistry*, Vol.4 ed by Whistler, R.L., Academic Press, 104(1964)
 46. Hagiwara, S., Esaki, K., Nishiyama, K., Kitamura, S. and Kuge, T.: Effect of microwave irradiation on potato starch granules. *J. Jpn. Soc. Starch Sci.*, **33**, 1(1986)

(1993년 7월 9일 접수)