

마이크로파 가열이 감자가루 저장중 지방산 조성에 미치는 영향

최옥자¹ · 고무석*

순천대학교 가정교육과

*전남대학교 가정교육과

The Effects of Microwave Heating on the Fatty Acid Composition of Potato Flour in Storage

Ock-Ja Choi¹ and Moo-Seok Koh*

Dept. of Home Economics Education, Suncheon National University, Suncheon 540-070, Korea

**Dept. of Home Economics Education, Chonnam National University, Kwangju 500-757, Korea*

Abstract

For the purpose of improving storability and process adaptability of potato, we carried out an experiment to investigate the effects of microwave heating on the total lipid content and fatty acid composition of the potatoes in storage. The samples were made by powdering potatoes exposed to the microwave energy in a 560W, 2,450 MHz oven for 0, 60, 120 and 180 seconds respectively. From the examination of the samples stored at the temperature of $25 \pm 1^\circ \text{C}$ for 12 months, the following results were obtained. As an over-all tendency, the longer the samples were heated and the longer they were stored, the total lipid content decreased but the microwave-heated samples showed decreasing rates less than those of the controls for the whole storage periods. As major fatty acids of the potato flour, linoleic acid (30.92%), palmitic acid (29.35%), linolenic acid (8.90%) and stearic acid (8.23%) were detected from the samples. The longer the samples were exposed with microwave, unsaturated fatty acids like 18:2, 18:3 increased. Generally with the lapse of storage time, saturated fatty acids increased while unsaturated ones decreased. But in the samples heated with microwave, we observed an apparent suppression of the increasing rate of the saturated fatty acids and the decreasing rate of the unsaturated fatty acids, and the suppressing effects turned out to be proportional to the length of microwave heating.

Key words : microwave, potato flour, storage, fatty acid

서 론

저온성 작물인 감자는 생육기간이 짧고 단위면적당 생산량이 많으며, 토질에 대한 적응성이 커서 전세계적으로 재배되고 있다¹⁾. 또한 칼륨, 인, 마그네슘 등의 무기질과 비타민 B군 및 C의 함량이 높으며, 주

식뿐만 아니라 가공식품에도 다양하게 이용되고 있다. 감자의 가공품으로는 potato chip, frozen fry, potato flakes, potato flour 등이 있다. 그러나 감자는 수분함량이 높기 때문에 저장에 어려움이 많고, 감자 중에 소량 함유된 지질은 가공 및 저장 중에 자동산화에 의하여 갈변 및 이취를 발생하고 물성의 변화를 일으키는 요인이 되고 있다. 그러므로 감자의 가공

¹To whom all correspondence should be addressed

개발품의 효율적인 이용을 위해서는 이취와 갈변, rheological한 특성 등에 영향을 미치는 지질의 산화를 억제시키는 것이 중요하다고 생각된다.

최근 식품공업에 많이 이용되고 있는 마이크로파는 식품의 심층부까지 단시간 가열이 가능하고 영양성분의 파괴도 억제되므로 식품의 조리, 가공, 건조, 살균, 보존 및 효소의 불활성화를 위해 다양하게 사용되고 있다³⁾. 즉 고구마 가루를 마이크로파로 가열하였을 때 α , β -amylase 효소의 불활성화, 환원당 및 phenoloxylase 활성감소, 갈변억제 등으로 가공적성이 개선 되었으며³⁾, 콩류에서는 지질산화 효소인 lipoxygenase 활성 저하^{4,5)}, trypsin inhibitor 억제효과⁶⁾가 나타난 것으로 보고되었고, 그의 전분성 식품의 살균효과⁶⁾, 마이크로파에 의한 potato chip 건조⁷⁾ 등 마이크로파를 이용한 보고가 많으며, 감자에 마이크로파를 가열하여 전분을 분리한 결과 산과 효소에 의한 분해율이 낮아 저장에 유리하다고 하였다⁸⁾.

본 연구에서는 감자의 저장성과 가공적성 개선의 일환으로, 감자에 마이크로파를 일정시간 가열하여 가루상태로 만든 다음, 12개월 동안 저장하면서 지방산 변화를 관찰하여 마이크로파 가열에 따른 효과를 검토하였다.

재료 및 방법

재 료

1988년 6월 경기도 수원시 원예시험장에서 수확한 수미(Superior) 품종의 감자를 사용 하였다.

시료의 조제

개당 100g 내외의 감자 1,000g에 마이크로파(금성 전자레인지, ER-5,000, 2,450 MHz, 560 W)를 0초, 60초, 120초, 180초 동안 각각 가열한 다음 박피하고

0.2cm 두께로 썰어, 30℃ 오븐에서 풍건한 후 40 mesh로 마쇄 하였다. 저장은 200ml 비이커에 시료 100g씩 넣어 폴리에틸렌 필름으로 밀봉한 다음 25±1℃ 어두운 곳에서 12개월 까지 저장하면서 분석시료로 하였다. 마이크로파 가열시 감자의 내부온도는 열전대를 사용하여 5점을 3회 측정한 후 평균값으로 나타냈다.

일반성분의 분석

시료의 수분, 단백질, 조지방 및 회분함량은 AOAC 법⁹⁾에 준하여 분석하였다.

지질의 추출

시료 20g에 chloroform : methanol (2:1, v/v) 혼합용매 200ml를 넣고 30℃에서 12시간 환류냉각한 후 잔사도 같은 방법으로 2회 추출하여 합한 다음 진공회전증발기로 질소 기류하에서 용매를 제거 하였고, 여기서 얻어진 지질은 중량법으로 계산, 지질함량으로 표시 하였다.

지방산의 분석

지방산은 추출된 지질을 methylation한 다음 산성이 나타나지 않을 때 까지 수세하고, 무수황산나트륨으로 탈수하여 농축한 다음 diethyl ether에 용해시켜¹⁰⁾

Table 1. Instrument and operating condition for gas chromatography

Instrument	Varian Aerograph 2,700
Detector	Flame Ionization Dectector (FID)
Column	6 feet × 1/4 inch 10% EGSS-X Glass
Carrier gas	He 30 ml/min, H ₂ 30 ml/min, Air 350 ml/min
Column temp.	170℃
Detector temp.	230℃
Injector temp.	220℃
Chart speed	5 mm/min

Table 2. Changes in temperature and moisture content of potatoes during microwave heating

Microwave heating time (sec.)	Sample quantity (g)	Microwave energy* (cal/g)	Temperature (℃)**	Moisture content** (%)
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

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

**Values are mean of triplicate determinations

Table 3. Effect of microwave heating on proximate composition of potato flour

Storage period (month)	Microwave heating time (sec.)	Moisture (%)	Protein (%)	Crude lipid (%)	Ash (%)
0	0	11.12	8.22	0.26	2.86
	60	11.08	8.23	0.22	2.87
	120	11.02	8.23	0.23	3.02
	180	11.04	8.23	0.22	3.12
5	0	11.10	8.20	0.26	2.98
	60	11.06	8.20	0.23	3.12
	120	11.09	8.21	0.22	3.21
	180	11.10	8.20	0.22	3.30
12	0	11.00	8.20	0.25	3.05
	60	11.06	8.22	0.23	3.13
	120	11.09	8.23	0.21	3.20
	180	11.05	8.21	0.20	3.38

gas chromatography (Varian 2,700)로 분석하였으며 그 분석조건은 Table 1과 같다.

결과 및 고찰

마이크로파 가열에 의한 감자의 온도와 수분함량의 변화

감자를 마이크로파로 가열 하였을때 감자의 온도와 수분함량의 변화는 Table 2와 같다.

마이크로파 가열시간이 길어짐에 따라 감자의 온도는 상승하였고, 수분함량은 감소하여 180초 가열 하였을때 온도와 수분함량은 각각 45.2℃, 76.5%로 나타났다. 이와같이 마이크로파 가열시에 나타나는 급격한 온도의 상승과 수분함량의 감소는 마이크로파의 유전자열 효과에 의한 분자의 회전운동과 미세조직의 공진현상 때문이며, 이로 인하여 효소의 불활성화 및 물성의 변화가 일어난다고 알려져 있다^{4,11-16)}. 또한 온도와 수분함량 변화 정도의 차이는 시료의 중량, 재질, 형상, 크기, 전자레인지의 출력, 기압 등의 여러 요인에 영향을 받는다고 보고 되었다¹⁷⁻²⁰⁾.

일반성분 분석

마이크로파 가열에 의한 감자가루 일반성분은 Table 3과 같다.

감자가루의 수분, 단백질, 조지방 및 회분 함량은 각각 11.12%, 8.22%, 0.26%, 2.86%로 나타났다. Winton 등²¹⁾은 감자분말의 일반성분 분석 결과 그 평균값으로 수분 7.1%, 단백질 8.5%, 조지방 0.4%,

Table 4. Effect of microwave heating on the total lipid content of potato flour

Storage period (month)	Microwave heating time (sec.)	Total lipid content (%)
0	0	0.66
	60	0.59
	120	0.54
	180	0.49
5	0	0.64
	60	0.56
	120	0.53
	180	0.50
12	0	0.57
	60	0.54
	120	0.50
	180	0.50

회분 3.1%를 제시 하였는데 수분함량을 일정하게 환산한 경우 본 실험의 결과와 비슷하나 조지방의 함량은 약간 낮았다.

마이크로파 가열을 하였을 경우, 단백질의 함량은 거의 변화가 없었고, 조지방은 마이크로파 가열시간이 길수록 감소하였으며, 회분함량은 마이크로파 가열시간이 길수록 약간 증가하는 경향을 나타냈다.

감자가루 저장 중 일반성분의 변화는 단백질과 조지방 함량은 거의 변화가 없었으나 회분함량은 저장기간이 길어짐에 따라 약간 증가되었다. 마이크로파로 가열하여 저장한 감자가루의 경우 마이크로파를 가열하지 않은 때와 같은 변화 경향을 나타내 저장기간 동안 일반성분에 미치는 마이크로파 가열효과는 거의 없는 것으로 나타났다.

Table 5. Effect of microwave heating on the fatty acid composition of the total lipid in potato flour

Storage period(month)	0				5				12			
	M.H.T.*(sec.)				M.H.T.*(sec.)				M.H.T.*(sec.)			
Fatty acid	0	60	120	180	0	60	120	180	0	60	120	180
12 : 0	3.70	1.66	1.45	1.07	4.77	3.80	3.54	3.09	9.27	5.47	4.48	4.34
14 : 0	2.15	0.86	0.70	0.54	3.50	2.86	2.90	2.20	5.63	3.60	3.60	3.01
16 : 0	29.35	28.18	28.06	27.64	31.08	31.20	29.94	28.81	32.15	31.80	31.69	30.75
18 : 0	8.23	7.32	7.18	6.35	8.40	8.26	8.00	7.77	8.90	8.82	8.80	7.85
18 : 1	3.03	3.38	3.78	4.80	2.77	2.83	3.37	4.65	2.67	2.88	2.87	3.32
18 : 2	30.92	37.27	38.89	40.79	26.74	29.22	29.69	31.16	13.26	18.31	19.63	24.53
20 : 0	2.93	2.61	2.46	2.12	3.63	3.51	3.39	2.24	3.66	3.58	3.48	2.69
18 : 3	8.90	10.03	10.17	11.52	6.49	7.04	7.02	7.83	2.42	4.64	4.72	4.78
22 : 0	2.20	2.11	2.08	1.72	3.00	2.94	2.48	2.07	3.01	2.98	2.96	1.97
Others	8.59	6.58	5.23	3.45	9.62	8.34	9.67	10.18	19.03	17.92	17.77	16.76
Saturated fatty acid	42.85	42.74	41.93	39.44	54.38	52.57	50.25	46.18	62.62	56.25	55.01	50.61
Unsaturated fatty acid	48.56	50.68	52.84	57.11	36.00	39.09	40.08	43.64	18.35	25.83	27.22	32.63

*M.H.T. ; Microwave heating time

총지질의 함량

Chloroform : methanol (2:1, v/v) 혼합용매로 추출한 총지질의 함량은 Table 4와 같다.

감자가루 총지질의 함량은 0.66%로 이²⁸가 보고한 0.57% 보다는 더 높은 함량을 나타냈다. 감자가루 총지질의 함량은 지질의 정제유무, 감자의 품종, 추출용매 등에 따라 다소 차이가 있는 것으로 알려졌다^{22,29}. 윤 등²⁸은 감자가루 지질을 용매를 다르게 하여 추출한 바 chloroform : methanol (2 : 1, v/v) 혼합용매의 경우 diethyl ether 용매로 추출 하였을 때의 3배량이 추출되었는데 이는 지질 이외의 성분이 용출되기 때문이라고 하였다. 그러나 본 실험에서는 diethyl ether로 추출한 조지방량 0.26% (Table 2)의 약 2.5배가 추출된 결과를 얻었다.

마이크로파로 가열하였을 경우, 총지질 함량은 마이크로파 가열시간이 길수록 점점 감소되어 180초 가열시 0.49%로 나타났다. 마이크로파 가열에 의한 총지질 추출량의 저하는 마이크로파 가열에 의하여 감자 중에 함유된 전분과 지질이 복합체를 형성하기 때문이며^{13,16}, 급속한 탈수로 인하여 추출용매가 침투하기 어려운 구조로 변화하는데 기인한다고²⁰ 생각된다. 그러나 Yoshida 등²⁰은 대두와 같은 단백질 식품에 있어서는 단백질의 변성으로 인하여 총지질의 추출량이 증가한다고 하였다.

저장에 따른 총지질의 함량 변화는 5개월 저장시 0.64%로 저장전 0.66%에 비하여 거의 변화가 없으나 12개월 저장 하였을 때는 0.57%로 현저하게 감소

하였다. 따라서 감자가루를 장시간 저장할 경우 지질이 산화됨을 알 수 있다. 그러나 Table 3에 나타난 바와 같이 저장기간 중 조지방 함량은 변화가 없는 것으로 보아 주로 조지방 이외의 부분에서 변화한다고 생각된다. 竹永 등²⁰은 대두가루를 5개월 저장하였을 때 중성지질 함량은 약간 증가하나 극성지질은 감소하므로 극성지질이 중성지질 보다 산화되기 쉽고 하였다. 그러나 마이크로파로 60초, 120초, 180초 가열하여 저장한 감자가루 총지질의 함량은 저장기간 동안 감소하는 양이 적었고, 마이크로파 가열시간이 길어짐에 따라 효과가 크게 나타났다.

지방산의 조성

마이크로파 가열에 의한 감자가루 총 지질의 지방산 조성은 Table 5와 같다.

감자가루 주요 지방산은 linoleic acid(30.92%), palmitic acid(29.35%), linolenic acid(8.90%), stearic acid(8.23%)로 나타났다. 이 결과는 다소 함량 차이는 있으나 이²²의 보고와 동일하다.

마이크로파로 가열하였을 경우, 지방산 조성은 마이크로파 가열시간이 길어짐에 따라 16 : 0, 18 : 0 등의 포화 지방산들은 감소하고, 18 : 2, 18 : 3 등의 불포화 지방산들은 증가하는 경향을 보였다. 이와같은 현상은 마이크로파 가열에 의하여 전분과 지방산이 복합체를 형성할 때 포화 지방산이 불포화 지방산 보다 복합체 형성이 용이한데 기인한다고 알려져 있다²⁰. 감자와 같은 서류에 다량 함유되어 있는 palmitic

acid는 amylose와 복합체를 형성하기 쉬운 분자의 움직임을 억제한다고 하며 amylose함량과 palmitic acid는 높은 상관관계가 있다고 하였다²⁷⁾.

저장기간 중 감자가루의 지방산 함량 변화는 저장기간이 길수록 포화 지방산들의 비율은 증가하고, 불포화 지방산들의 비율은 감소하는 경향을 나타냈다. 즉 palmitic acid와 stearic acid는 12개월 저장 후 각각 29.35%에서 32.15%로, 8.23%에서 8.90%로 소량 증가하였고, 불포화 지방산인 linoleic acid는 저장 전, 5개월 저장, 12개월 저장시에 각각 30.92%, 26.74%, 13.26%로, linolenic acid는 각각 8.90%, 6.49%, 2.42%로 감소하였는데 특히 5개월 이후의 저장기간 동안에 현저한 차이를 나타냈다. 이와같은 결과는 식물계에 널리 분포되어 있는 lipoxygenase가 1, 4-cis cispentadiene구조를 지닌 지방산인 linoleic acid와 linolenic acid에 작용하여 산화를 촉진하는데 기인한다²⁸⁾. 그러나 마이크로파로 가열하여 저장하였을 때 마이크로파 가열시간이 길어짐에 따라 저장시에 나타나는 포화 지방산들의 증가와 불포화 지방산들의 감소현상은 상당히 억제되는 것으로 나타났다. 12개월 저장하였을 경우, 마이크로파로 180초 가열한 감자가루는 가열하지 않은 것에 비하여 linolenic acid, linoleic acid의 함량은 각각 1.85배, 1.97배 정도 증가되어 감자가루 저장시 마이크로파 가열은 지방산 조성에 유효한 결과를 가져온 것으로 생각된다.

요 약

감자의 저장성과 가공적성 개선을 목적으로 감자에 마이크로파로 0초, 60초, 120초, 180초 동안 각각 가열한 다음 가루로 만들어 12개월 동안 저장하면서 마이크로파 가열효과를 실험한 결과는 다음과 같다.

감자가루 총지질의 함량은 마이크로파 가열시간이 길수록 감소되었고, 12개월 저장하였을 경우, 저장기간이 길수록 총지질의 함량은 감소하였으나 마이크로파로 가열하여 저장한 감자가루는 저장기간 동안 총지질의 감소량이 적었다. 감자가루 주요 지방산은 linoleic acid(30.92%), palmitic acid(29.35%), linolenic acid(8.90%), stearic acid(8.23%)로 나타났다. 마이크로파 가열을 하였을 때 마이크로파 가열시간이 길수록 18:2, 18:3 등의 불포화 지방산들의 비율은 증가하고, 16:0, 18:0 등의 포화 지방산들의 비율은 상대적으로 감소하였다. 저장기간 동안 지방산의

조성은 저장기간이 길수록 포화 지방산들의 비율은 증가하고 불포화 지방산들의 비율은 감소하였는데 마이크로파로 가열한 경우 저장시에 나타나는 포화 지방산의 증가와 불포화 지방산의 감소현상이 현저하게 억제되었고 마이크로파 가열시간이 길수록 억제효과가 크게 나타났다.

문 헌

1. 농촌 진흥청 : 감자재배 표준 영농 교본, p.31 (1977)
2. 露木英男 : 食品工業における高周波およびマイクロ波加熱の利用. 日本食品工業學會誌, 29, (2), 123(1982)
3. 馬場 透, 田丸保夫, 河野利治, 渡邊敦夫 : いも粉の α -および β -アミラーゼにおよぼすマイクロ波照射の影響. 日本食品工業學會誌, 34(3), 178(1987)
4. Wang, S. H. and Toledo, M. C. F. : Inactivation of soybean lipoxygenase by microwave heating; Effect of moisture content and exposure time. *J. Food Sci.*, 52(5), 1344(1987)
5. Esaka, M., Suzuki, K. and Kubota, K. : Effects of microwave heating on lipoxygenase and trypsin inhibitor activities and water absorption of winged bean seeds. *J. Food Sci.*, 52(6), 1738(1987)
6. 江坂宗春, 岡田貴代美, 鈴木寛一, 久保田清, 川上英之 : マイクロ波加熱によるデンプン性食品の殺菌. 日本食品工業學會誌, 34(2), 69(1987)
7. Porter, V. L., Neison, A. I., Steinberg, M. P. and Wel, L. S. : Microwave finish drying of potato chips. *J. Food Sci.*, 34, 583(1973)
8. 최옥자 : 마이크로파 가열에 의한 감자전분의 특성. 전남대학교 박사학위 논문 (1989)
9. A. O. A. C. : *Official methods of analysis*, 13th ed., Association of official analytical chemists, Washington, D. C., p.211 (1980)
10. 油脂および油脂製品試験法會 : 油化學, 19, 337 (1970)
11. 肥後温子, 大久保路子, 島崎桶夫 : マイクロ波加熱による食品の硬化現象について (第3報). せんぶん粒の變化と水環境. 家政學雜誌, 32(3), 185 (1981)
12. 肥後温子, 大久保路子, 島崎通夫 : (第4報) 油脂抽出率の低下と物性の影響. 家政學雜誌, 33(4), 173 (1982)
13. 肥後温子, 島崎通夫, 野口 駿 : (第5報) 油脂抽出率の變化と試料の水分. 家政學雜誌, 33(4), 221 (1982)
14. 肥後温子, 野口 駿, 島崎通夫 : (第9報) マイクロ波の特殊効果の検討. 家政學雜誌, 34(5), 251 (1983)
15. 肥後温子, 島崎通夫, 野口 駿, 中沢文子 : (第10報) パジの硬化に伴う結合水量の變動. 家政學雜

- 誌, 34(8), 474(1983)
16. 肥後温子, 島崎通夫, 野口 駿 : (第6報) でんぷん-脂肪酸 メチル 複合體の生成. 家政學雜誌, 33(6), 297(1982)
 17. 秋永優子, 香西 みどり, 畑江敬子, 島田淳子 : 電子レンジ調理における ジャガイモの軟化に及ぼす調理條件の影響. 家政學雜誌, 37(11), 955(1986)
 18. Carlin, F., Zimmerman, W. and Sundberg, A. : Destruction of trichina larvae in beef-pork loaves cooked in microwave ovens. *J. Food Sci.*, 47, 1096(1982)
 19. Zimmerman, W. J. : Power and cooking time relationships for devitalization of trichinae in pork roasts cooked in microwave ovens. *J. Food Sci.*, 49, 824(1984)
 20. Lorenz, K. and Dilsaver, W. : Microwave heating of food materials at various altitudes. *J. Food Sci.*, 41, 699(1976)
 21. Winton, A. L. and Winton, K. B. : The structure and composition of foods. Vol. II, John Wiley & Sons, Inc., New York, p.153 (1935)
 22. 이상영 : 감자의 지방질 성분에 관한 연구. 동국대학교 대학원 박사학위 논문 (1977)
 23. 윤정원, 홍범식, 양한철, 김동훈 : 감자분말의 지방질 조성과 저장 중의 변화에 관한 연구. 한국식품과학회지, 10(3), 320(1978)
 24. 肥後温子, 島崎通夫 : 青短紀要. 32, 77(1987)
 25. Yoshida, H. and Kajimoto, G. : Effects of microwave heating on the molecular species of soybean triacylglycerols. *J. Food Sci.*, 51(6), 1476(1986)
 26. 竹永章生, 伊藤眞吾, 露木英男 : 貯藏中におけるきな粉および大豆粉の脂質の變化. 日本食品工業學會誌, 33(1), 28(1986)
 27. 藤本滋生 : 甘藷澱粉の 内部油分に 關する 研究. 澱粉科學, 19(4), 169(1972)

(1991년 4월 10일 접수)