

비유탕 감자 칩 제조에 미치는 과열증기처리의 영향

최선영 · 최재은 · 정영아 · 이윤희 · 이재권*

경기대학교 식품생물공학과

Effect of Superheated Steam Treatment on the Production of Unfried Potato Chips

Sun-Young Choi, Jae-Eun Choi, Young-A Chung, Yoon-Hee Lee, and Jae-Kwon Lee*

Department of Food Science and Biotechnology, Kyonggi University

Abstract

Physicochemical properties of potato chip treated with superheated steam (SHS) at various temperatures (120, 150, 180, and 220°C) and durations (2, 5, 8, and 10 min) were measured to assess the potential application of SHS in the production of unfried chips. A faster drying rate was obtained at a higher SHS temperature due to a lower degree of water condensation on the surface of the potato chip. A higher temperature of SHS resulted in higher volume shrinkage, indicating the dependency of shrinkage on the volume of water loss. SHS treatment did not cause any significant defects in the appearance of potato chips although pillowing and burnt spots were observed on the surface of the sample processed at 220°C for 10 min. Damaged starch content and Rapid Visco Analyzer profiles showed that partial gelatinization occurred during SHS treatment. Potato chips treated with SHS showed the shrinkage of parenchyma cells, resulting to compressed cell layers at the surface and inside. As treatment proceeded, air cells were formed internally. These results suggested that SHS combined with post drying process would be appropriate in the production of unfried potato chips by reducing drying time without causing any deterioration in quality.

Key words: superheated steam, un-fried potato chip, physicochemical properties

서 론

감자스낵은 국내 스낵과자 시장에서 소맥, 옥수수 다음으로 높은 비중을 차지하는 대표적 유탕처리 스낵이다 (Food Information Statistics System, 2014). 최근 건강지향형 웰빙 식품에 대한 소비자 Needs와 선호도가 높아지면서, 고 당류, 고 지방 스낵 중심의 스낵시장에서 비유탕 감자스낵과 같은 저 지방, 저 열량 제품에 대한 수요는 점차 확대되고 있다.

비유탕 감자스낵은 대부분이 감자가루를 원료로 하여 반죽, 압연, 성형 후 굽기 과정을 거쳐 생산되는 성형 감자 스낵(fabricated potato snack)이다(Veldon, 2001). 일반적으로 비유탕 성형 감자스낵은 기존의 감자 칩 스낵과 비교하여 유탕과정에서 발생하는 표면의 부풀어 오름(pillowing), 구부러짐과 같은 변형 없이 균일한 크기와 형태로 가공되

는 장점이 있으나, 감자 칩 고유의 바삭거리는 조직감 (crispy texture) 보다는 푸석거리는 질감(mealy texture)을 갖는다. 이 같은 비유탕 성형 감자스낵의 상이한 질감은 생 감자 대신 감자가루를 원료로 하여 가공되기 때문이나, 현재 생 감자를 원료로 하는 비유탕 감자 칩의 제조공정에 관한 연구 및 개발은 미미한 실정이다.

과열증기(superheated steam)는 포화수증기를 가열하여 생성되는 100°C에서 370°C 범위의 완전 기체상태 물로서, 식품의 건조, 가열조리, 살균 등의 분야에서 이용되고 있다 (Karimi, 2010). 과열증기처리는 기존의 전통적인 건조, 가열공정에 비해 열 전달속도가 빠르며, 가열이 과열증기에 의한 무산소 상태에서 이루어지는 특성을 갖고 있다 (Yoshida & Hyodo, 1970). 이러한 특성으로 과열증기처리는 식품 내 유용성 영양성분의 산화손실 방지, 색도변화 억제, 이취제거 등의 측면에서 효과적인 것으로 보고되고 있다 (Yoshida & Hyodo, 1966; Bonazzi et al., 1966; Moreira, 2001; Taechapairoj et al., 2006). 과열증기처리에 관한 연구로서 토털라 칩(Li et al., 1999), 건조감자 칩(Caixeta et al., 2002), 건조고구마(Wang et al., 2012), 쌀(Taechapairoj et al., 2003) 등의 가공에서 기존 열풍건조와 건조특성을 비교한 연구결과가 보고되고 있으나, 비유탕 감자 칩 생산

*Corresponding author: Jae-Kwon Lee, Department of Food Science and Biotechnology, Kyonggi University, Suwon, Gyeonggi 443-760, Korea

Tel: +82-31-249-9654; Fax: +82-31-249-9650

E-mail: jglee@kyonggi.ac.kr

Received October 6, 2016; revised October 25, 2016; accepted October 27, 2016

을 위한 과열증기처리의 적용 가능성과 적합성에 관한 보고는 제한적이다.

따라서 본 연구에서는 과열증기처리 감자 칩의 이화학적, 구조적 특성을 검토하여 과열증기처리조건이 감자 칩의 제품품질에 미치는 영향을 규명하고, 이를 통하여 비유탕 감자 칩 제조를 위한 과열증기공정의 적용 가능성과 적합성을 검토하고자 한다.

재료 및 방법

실험재료

본 연구의 재료로는 2015년 생산된 수미종 흰 감자(해동이 영농조합법인, 강원도)를 사용하였다. 감자는 박피 후 물로 세척하고 탈수한 다음 약 1 mm 두께로 절편하여 시료로 하였다.

과열증기처리

과열증기처리는 과열수증기발생장치(QF-5100CB-L-24H, Naomoto Corp., Osaka, Japan)를 사용하여 120, 150, 180 및 220°C의 과열증기온도에서 각각 2, 5, 8 및 10분간 가열하여 수행하였다.

이화학특성

시료의 이화학특성은 생 감자 칩을 대조구로 하여 과열증기처리 감자 칩의 수분함량, 수축도, 외관특성 및 비타민 C 함량을 측정하여 평가하였다. 수분함량은 105°C 상압가열건조법(AACC 44-15, 2000)으로 측정하였으며, 외관특성은 시료의 외형과 표면색상을 육안 관측하여 평가하였다. 수축도(degree of shrinkage)는 시료의 직경(d)과 두께(L)를 caliper를 사용하여 계측한 다음 부피($V=(\pi d^2 L)/4$)를 환산하여, 아래 식에 따라 생 감자 칩의 부피 대비 처리구의 부피감소 백분율로 표시하였다.

$$S_v = \frac{V_0 - V(t)}{V_0} \times 100(\%)$$

S_v : 수축도, V_0 : 생 감자 칩 부피(m^3), $V(t)$: 과열증기처리 t시간 감자 칩 부피(m^3)

비타민 C 함량은 ascorbic acid에 의해 변색되는 2,6-dichloroindophenol의 정량분석을 측정원리로 하는 indophenol-xylene 추출법(AACC 86-10, 2000)을 사용하여 측정하였다.

호화특성

과열증기처리에 따른 시료의 전분호화도는 Megazyme kit (Megazyme, Wicklow, Ireland)를 사용하여 손상전분(enzyme susceptible starch) 함량을 측정하는 효소분해법(AACC 76-13, 2000)으로 구하였다. 호화양상은 신속점도분석기(Rapid

Visco-Analyzer 3D, Newport Scientific, Australia)를 이용하여, 시료 현탁액(10%, w/w)을 50°C에서 1분간 유지 후 4.5분 동안 95°C까지 가열한 다음 2분간 95°C 유지, 4.5분 동안 50°C로 냉각 및 3분간 50°C 유지하는 조건에서의 점도특성으로 측정하였다.

미세구조

미세구조는 시료를 2% glutalaldehyde 용액에서 24시간 고정(fixation) 후 단계별 에탄올 농도에서 탈수하고 양면카본테이프에 부착한 다음 가속전압 15 kV의 전자현미경(Scanning electron microscope, SNE 3000MB, Sec Co. Ltd., Suwon, Korea)을 사용하여 관측하였다.

통계분석

분석결과에는 3회 반복 측정된 평균과 표준편차로 표시하였으며, 처리시료의 유의 차는 분산분석(ANOVA)과 Duncan의 multiple range test로 검증하였다($p < 0.05$). 통계분석은 SPSS 통계프로그램(SPSS Statistics 21, Chicago, IL, USA)을 이용하여 수행하였다.

결과 및 고찰

건조특성

과열증기 처리한 감자 칩의 수분함량을 Table 1에 나타내었다. 시료의 수분함량은 대조구 82.8%에서 과열증기 처리에 따라 감소하여 120, 150, 180 및 220°C 과열증기 10분처리에서 77.3, 70.7, 56.6 및 37.7%로 각각 측정되었다. 또한 과열증기처리시간에 따른 시료의 수분 감소는 과열증기온도가 높을수록 상대적으로 증가하여, 건조속도는 과열증기온도가 높을수록 빠른 것으로 확인되었다. 이는 과열증기의 초기가열단계(initial heat-up phase)에서 발생하는 시료 표면에서의 과열증기응축(condensation)은 과열증기온도가 낮을수록 용이하다는 Caixeta 등의 보고와 같이(Caixeta et al., 2002), 120-150°C의 과열증기온도에서는 220°C의 처리보다 상대적으로 많은 수분이 시료표면에 응축되어 건조가 지연되는 것으로 판단된다.

과열증기처리에 따른 감자 칩 시료의 수축도는 과열증기온도와 처리시간에 비례하여 증가하여, 220°C의 10분 처리 시료에서 60.4%의 최대 부피수축을 나타내었다(Table 1). 이는 건조물의 부피수축이 건조과정에서 손실되는 수분함량에 비례하기 때문으로(Wang, 1995), 전자현미경으로 관측한 과열증기처리 시료의 수축양상을 통하여서도 이를 확인하였다(Fig. 1). 즉 120°C 과열증기처리의 경우 처리시간에 따른 부피수축이 미미한 반면 상대적으로 낮은 수분함량의 220°C 처리시료는 감소하는 수분함량에 상응하여 부피가 수축되었다.

이상의 결과로서 과열증기처리는 초기 가열단계에서 표

Table 1. Physicochemical properties of potato chips

SHS* conditions		Water content (%)	Shrinkage (%)	Vitamin C (mg/g)	Damaged starch** (%)
Temp. (°C)	Time (min)				
Control		82.8±1.2 ^m	-	1.39±0.03 ⁱ	0.59±0.01 ^a
120	2	80.2±0.2 ^k	10.3±6.1 ^a	1.09±0.01 ^c	ND
	5	80.4±0.1 ^k	14.7±11.9 ^{ab}	0.92±0.01 ^a	19.79±0.19 ^c
	8	77.7±0.1 ⁱ	34.0±12.1 ^{cd}	1.00±0.01 ^b	ND
	10	77.3±0.3 ^{hi}	27.5±13.7 ^{bcd}	1.13±0.00 ^g	20.12±0.20 ^c
150	2	81.4±0.3 ^l	26.0±9.7 ^{bc}	1.13±0.01 ^g	ND
	5	77.8±0.2 ⁱ	38.1±12.3 ^{cde}	1.05±0.01 ^d	17.10±0.20 ^b
	8	76.8±0.4 ^h	40.3±11.8 ^{def}	1.02±0.01 ^c	ND
	10	70.7±0.0 ^f	50.1±9.4 ^{efg}	1.05±0.01 ^{cd}	18.79±0.90 ^c
180	2	79.2±0.2 ^j	26.4±11.9 ^{bc}	1.12±0.02 ^{fg}	ND
	5	73.3±0.3 ^e	41.4±5.3 ^{def}	0.76±0.66 ^g	19.21±0.31 ^c
	8	66.6±0.1 ^d	51.1±9.0 ^{efg}	1.14±0.01 ^g	ND
	10	56.6±0.1 ^b	57.2±8.2 ^g	1.10±0.01 ^{ef}	18.97±0.04 ^c
220	2	77.9±0.1 ⁱ	26.2±10.5 ^{bc}	1.12±0.01 ^{fg}	ND
	5	69.3±0.3 ^c	41.0±9.2 ^{def}	1.12±0.00 ^{fg}	18.89±0.12 ^c
	8	57.3±0.2 ^c	52.7±6.0 ^{fg}	1.20±0.01 ^h	ND
	10	37.7±0.4 ^a	60.4±5.7 ^g	1.14±0.00 ^g	21.42±1.22 ^d

Values (means±standard deviation) within a column followed by different letters are significantly different ($p<0.05$)

*SHS: superheated steam

**Damaged starch (% , d.b.) = Amount of enzyme susceptible starch (mg)/Total starch (mg) × 100

ND: not detected

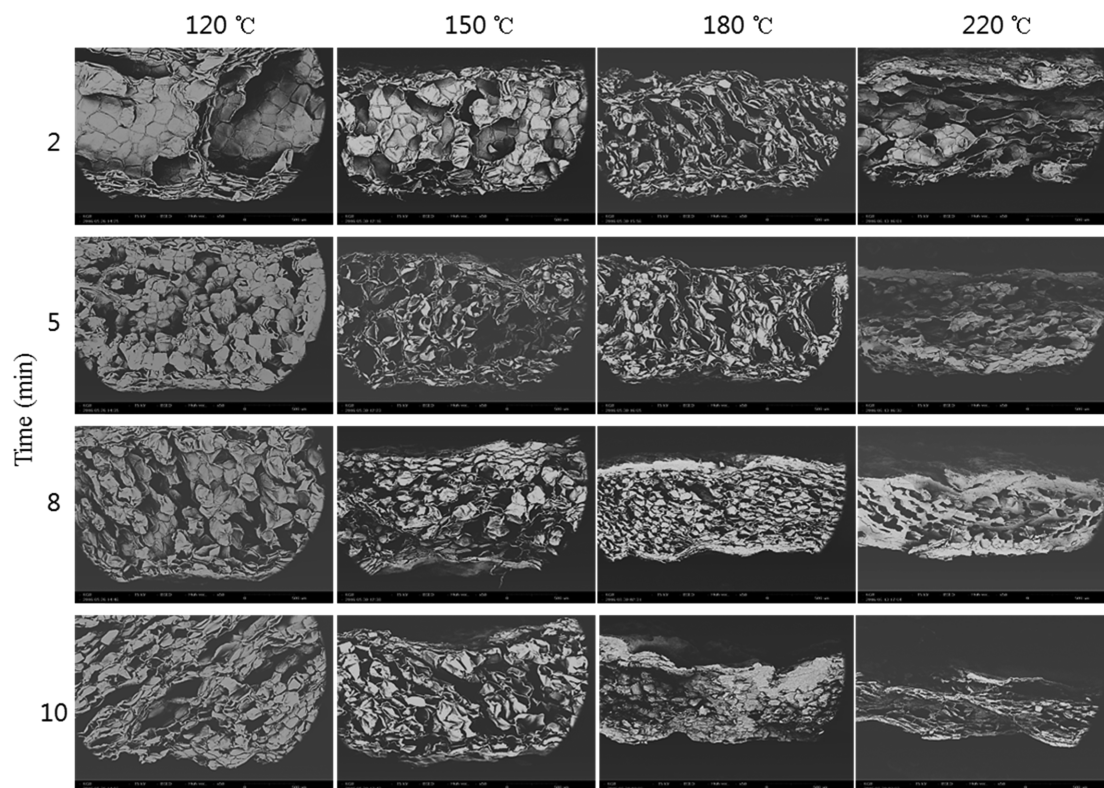


Fig. 1. Scanning electron micrographs of potato chips treated at different superheated steam temperature (top) and duration (left). (×50)

면경화가 지연되어 내부 수분의 확산속도가 높으며 이에 따라 변형 방지 및 빠른 건조속도의 장점을 갖는 것으로 확인되었다. 그러나 본 실험의 과열증기처리조건에서는 시료의 수분함량이 감자 칩 스낵제품에서 요구되는 3% 이하의 적정수분함량(Labuza, 1984)으로 건조되지 않았으며, 이에 따라 비유탕 감자 칩 제조에는 과열증기처리 후 추가 건조방법을 적용하는 복합 건조방식(combined drying process)의 형태가 효율적일 것으로 판단된다.

외관특성

과열증기처리 감자 칩의 육안관측 결과(Fig. 2), 모든 시료 외관은 기존의 열풍건조, 유탕처리 등에서 일반적으로 발생하는 비틀어짐, 구부러짐과 같은 형태 변형은 일어나지 않았다. 반면 220°C 10분 처리시료의 경우 표면 일부가 부풀어 오르는 부분 변형(pillowing)이 발생하였는데, 이는 과열증기처리과정의 표면경화(case hardening)로 인하여 내부 수분이 빠져나가지 못하기 때문으로 사료된다. 이와 같은 시료의 표면경화는 과열증기 처리시간이 길어짐에 따라 점차 두꺼운 층이 표면에 형성되는 220°C 처리시료의 표면 미세구조를 통하여 확인되었다(Fig. 1). 한편 시료의 표면색상은 220°C 10분처리를 제외한 모든 시료가 대조구와 육안으로 차이가 없었다(Fig. 2). 220°C 10분 처리시료의 경우 고온의 과도한 과열증기처리로 인한 갈변으로 다소 어두운 표면색상과 함께 모서리와 표면 일부에서 검게 탄

부분 변색이 확인되었다.

비타민 C 함량

과열증기처리가 유용성영양성분의 안정성에 미치는 영향은 비타민 중 가장 열에 불안정한 비타민 C를 지표인자로 하여 검토하였다. 시료의 비타민 C함량은 대조구의 1.41 mg/g에서 과열증기처리에 따라 0.92-1.14 mg/g 함량범위로 감소하였다(Table 1). 또한 비타민 C 손실은 대부분 과열증기온도에 관계없이 초기 2분처리에서 발생하며 이후에는 미미하였는데, 이는 과열증기처리가 진행됨에 따라 형성되는 시료 주변의 진공으로 비타민 C 산화손실이 지연, 방지되기 때문으로 예측되었다. 이러한 결과는 과열증기처리에 따른 건조감자의 비타민 C 손실률을 보고한 Caixeta et al. (2002)의 보고와도 유사하였다.

호화양상

과열증기처리에 따른 시료의 손상전분함량을 Table 1에 표시하였다. 전분호화도 지표인 손상전분함량은 과열증기처리에 따라 대조구 0.59%에서 18.8-21.4%의 범위로 증가하였으며, 220°C 10분 처리시료에서 약 21.4%의 최대 손상전분함량이 측정되었다. 그러나 이와 같은 각 시료의 손상전분함량은 과열증기온도와 시간을 고려할 때 비교적 미미하였는데, 이는 과열증기처리에 따라 전분호화에 필요한 수분함량이 점차 감소하여 전분호화가 제한적으로 진행되기 때문으로 판단된다.

시료의 전분호화 양상은 신속점도분석기 cycle에서 측정된 시료 호화액의 점도로 평가하여 그 결과를 Table 2에 표시하였다. 모든 과열증기처리 시료는 대조구에 비해 가열 시 낮은 온도에서 점도증가가 개시되어 높은 pasting 점도를 가지며 냉각에 따라 더 높은 setback 점도를 나타내었다. 이 같은 시료의 빠른 초기점도 증가는 손상전분 측정결과로 확인한 과열증기처리시료 내의 호화전분이 낮은 온도에서 수분을 빠르게 흡수, 팽윤하기 때문이다. 또한 대조구와 상이한 시료의 pasting 및 setback 점도는 과열증기처리과정에서 호화, 용출된 전분분자가 주변 호화전분을 응집(aggregate), 큰 입도의 호화전분 응집체를 형성하여 pasting 과정 중 높은 점도를 나타내는 것으로 판단되었다.

구조특성

전자현미경(SEM)으로 관측한 과열증기처리 시료의 표면 및 내부 미세구조를 Fig. 3과 4에 표시하였다. 과열증기처리에 따라 시료표면의 감자 유세포(parenchyma cell)는 수축, 변형되었으며 유세포 내의 전분입자는 그 형태가 소실되었다. 이러한 표면구조는 고온의 과열증기에서 처리시간이 길수록 확연하게 관찰되어, 180°C 10분처리 시료의 경우 표면 전체에서 수축, 압착된 유세포 층의 형태가 균일하게 형성되는 것을 확인하였다.

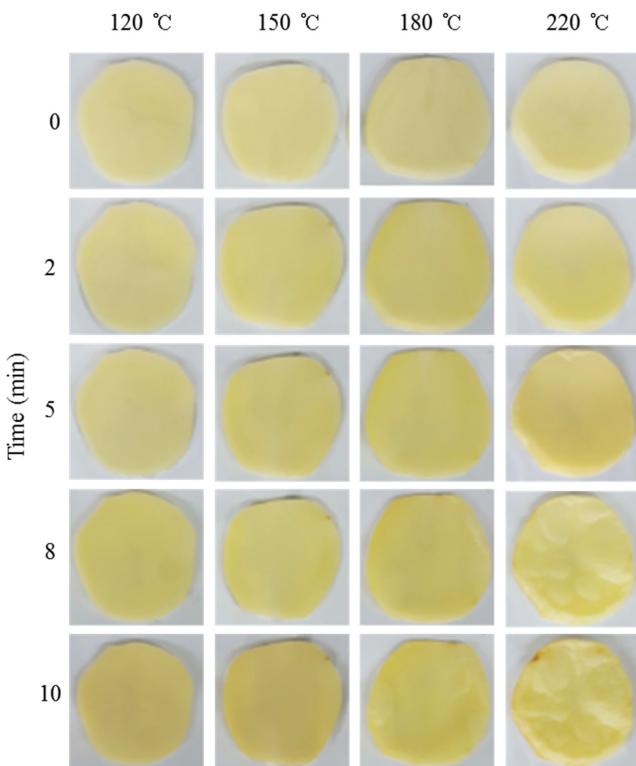


Fig. 2. Appearance of potato chips treated at different superheated steam temperature (top) and duration (left).

Table 2. Rapid Visco-Analyzer (RVA) profiles of potato chips

SHS conditions		Gelatinization Temp. (°C)	Viscosity (RVA unit)			
Temp. (°C)	Time (min)		Peak	Breakdown	Setback	Final
Control		66.5±0.5 ^e	343.5±7.8 ^a	102.0±12.7 ^a	49.0±7.1 ^a	290.5±12.0 ^d
120	5	57.0±0.6 ^a	570.5±16.3 ^c	386.5±24.7 ^d	63.5±3.5 ^{ab}	247.5±4.9 ^{ab}
	10	57.8±0.2 ^{abc}	540.5±9.2 ^{de}	433.0±15.6 ^c	129.5±9.2 ^d	237.0±15.6 ^a
150	5	57.2±0.6 ^{ab}	522.0±4.2 ^{cd}	333.0±1.4 ^e	60.5±0.7 ^{ab}	249.5±2.1 ^{ab}
	10	58.3±0.1 ^{bcd}	506.5±17.7 ^c	314.5±3.5 ^e	59.5±6.4 ^{ab}	251.5±7.8 ^{ab}
180	5	58.8±0.8 ^{cd}	566.5±6.4 ^e	377.0±25.5 ^d	82.5±24.7 ^{bc}	272.0±7.1 ^c
	10	59.2±0.4 ^d	511.5±29.0 ^{cd}	329.0±31.1 ^c	79.5±3.5 ^{bc}	262.0±1.4 ^{bc}
220	5	58.5±0.5 ^{cd}	557.0±2.8 ^e	393.0±7.1 ^d	96.0±7.1 ^c	260.0±2.8 ^{bc}
	10	58.5±0.0 ^{cd}	424.5±9.2 ^b	240.5±7.8 ^b	73.0±1.4 ^{abc}	257.0±2.8 ^{bc}

Values (means standard deviation) within a column followed by different letters are significantly different ($p < 0.05$)

*SHS: superheated steam

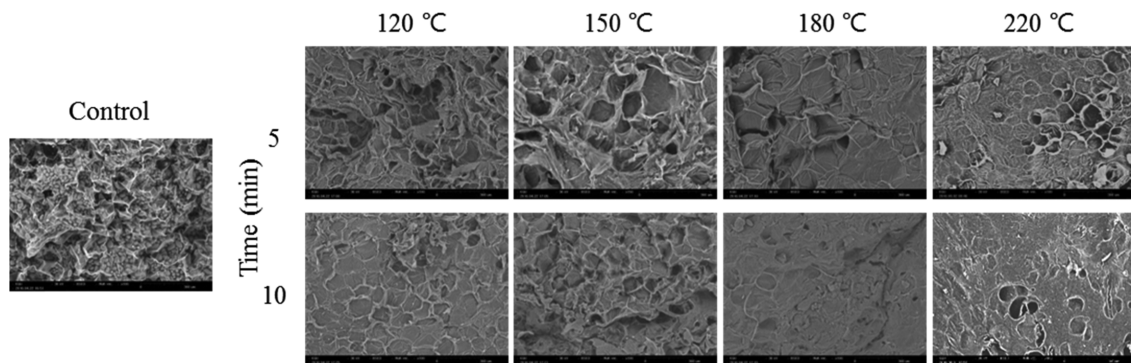


Fig. 3. Surface microstructure of potato chips treated at different superheated steam temperature (top) and duration (left). (×100)

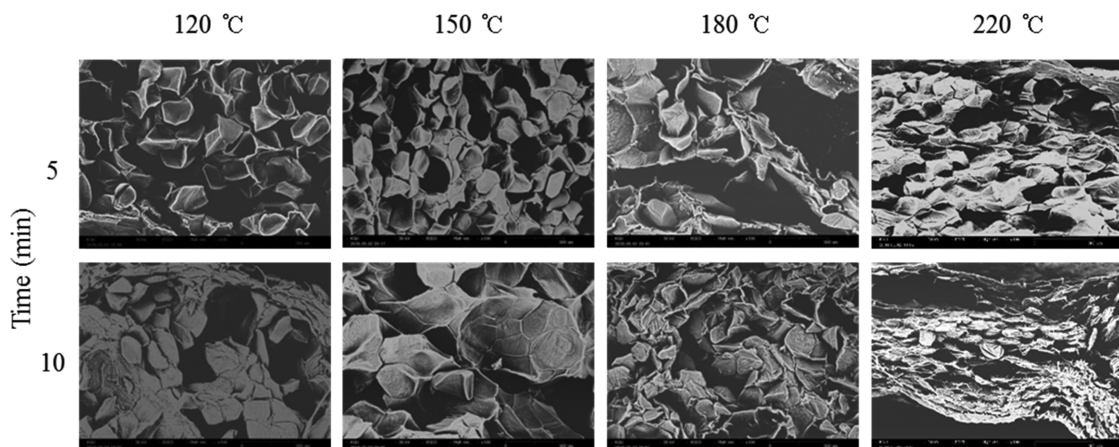


Fig. 4. Internal microstructure of potato chip treated at different superheated steam temperature (top) and duration (left). (×100)

시료의 내부 미세구조 관측결과(Fig. 4), 표면에서와 같이 내부 유세포는 과열증기처리에 따라 수축되며 유세포 사이에 빈 공간(air cell)이 형성되었다. 또한 수축된 유세포 내부에는 빈 공간 없이 전분입자가 큰 응집체 형태로 존재하였으며 이러한 내부구조는 120°C 10분 및 180°C 10분 처리시료의 내부구조 형태를 통하여 확인할 수 있었다.

요 약

과열증기처리조건에 따른 감자 칩의 건조 및 이화학특성을 조사하였다. 감자 칩의 건조속도는 과열증기온도가 높을수록 증가하였으며, 수축도 또한 과열증기온도와 처리시간에 비례하여 증가하였다. 과열증기처리 감자 칩의 육안

관측 결과, 형태 변형은 발생하지 않았으나 시료의 표면 일부에서 변형(pillowing)이 220°C 10분 처리시료에서 발생하는 것으로 관측되었다. 또한 대부분의 시료에서 표면 색상은 변색되지 않았으나 220°C의 과열증기처리에서는 어두운 색상과 함께 표면 일부가 검게 탄 변색이 발생하였다. 과열증기처리에 따른 비타민 C 손실은 과열증기온도에 관계없이 대부분 초기가열단계에서 발생하며 이후의 과열증기처리에서는 미미한 것으로 조사되었다. 손상전분함량은 과열증기처리에 따라 18.8-21.4%의 범위로 증가하였으나, 과열증기온도와 시간을 고려할 때 전분호화는 제한적으로 진행되는 것으로 나타났다. 시료의 표면과 내부구조는 과열증기처리에 따라 감자 유세포가 수축, 변형되어 밀착된 층을 이루며 내부에는 빈 공간이 분포하였다. 상기 결과를 통하여 과열증기처리는 감자 칩의 변형, 변색 없이 빠른 건조속도를 갖는 것으로 확인되었으나 최적수분함량까지의 건조에는 본 연구의 처리시간 보다는 긴 시간이 소요되는 것으로 확인되었다. 따라서 비유탕 감자 칩의 제조를 위해서는 과열증기처리 후 후속 건조를 병행하는 복합 건조방식(combined drying process)이 과열증기의 단일처리보다 효율적일 것으로 예상되었다.

감사의 글

본 연구는 농림수산식품부에서 시행한 2015년 고부가가치식품기술개발사업(과제번호: 115046-2)의 지원에 의한 연구결과의 일부로 이에 감사 드립니다.

References

AACC. 2000. Approved Methods of the American Association of

- Cereal Chemists (44-15, 86-10, 76-13), St. Paul, MN, USA.
- Bonazzi C, Dumoulin E, Raoult-Wack AL, Berk Z. 1996. Food drying and dewatering. *Drying Technol.* 14: 2135-2170.
- Caixeta AT, Moreira R, Castell-Perez ME. 2002. Impingement drying of potato chips. *J. Food Eng.* 25: 63-90.
- Food Information Statistic System. 2014. [HTTP://www.aTFIS.or.kr](http://www.aTFIS.or.kr)
- Karimi F. 2010. Application of superheated steam for the drying of food products. *Int. Agrophys.* 24: 195-204.
- Labuza PL. 1984. Moisture sorption: Practical aspects of isotherm measurement and use. American Association of Cereal Chemists, St. Paul, MN, USA, pp. 25-27.
- Li YB, Seyed-Yagoobi J, Moreira RG, Yamsaengsung R. 1999. Superheated impingement drying of tortilla chips. *Drying Technol.* 17:191-213.
- Moreira RG. 2001. Impingement drying of foods using hot air and superheated steam. *J. Food Eng.* 49: 291-295.
- Taechapairoj C, Dhuchakallaya I, Soponronnarit S, Wetchakama S, Prachayawarakorn S. 2003. Superheated steam fluidized bed paddy drying. *J. Food Eng.* 58: 67-73.
- Taechapairoj C, Prachayawarakorn S, Soponronnarit S. 2006. Modelling of parboiled rice in superheated steam fluidized bed. *J. Food Eng.* 76: 411-419.
- Veldon H. 2001. Use of dried potatoes in snack foods. In: *Snack Foods Processing*. Edmund WL, Rooney LW. (eds). Technomic Publishing Company Inc., Lancaster, PA, USA, pp. 247-259.
- Wang N, Brennan JG. 1995. Changes in structure, density and porosity of potato during dehydration. *J. Food Eng.* 24: 61-76.
- Wang TC, Chen BY, Shen YP, Wong JJ, Yang CC, Lin TC. 2012. Influences of superheated steaming and roasting on quality and antioxidant activity of cooked sweet potatoes. *J. Food Sci. Technol.* 47: 1720-1727.
- Yoshida T, Hyodo T. 1966. Superheated vapor speeds drying of foods. *J. Food Eng.* 38: 86-87.
- Yoshida T, Hyodo T. 1970. Evaporation of water in air, humid air and superheated steam. *Ind. Eng. Chem. Proc. Des. Dev.* 9: 207-214.