

Optimization of the Cold-air-drying Condition for a Steamed Pumpkin-Sweet Potato Slab

Mi-Young Shin¹ and Won-Young Lee^{1,2*}

¹School of Food Science and Biotechnology, Kyungpook National University, Daegu 702-701, Korea

²Food and Bio-Industry Research Institute, Kyungpook National University, Daegu 702-701, Korea

증절간 호박고구마의 냉풍건조조건 최적화

신미영¹ · 이원영^{1,2*}

¹경북대학교 식품공학부, ²경북대학교 식품생물산업연구소

Abstract

Cold-air drying was conducted for a steamed pumpkin-sweet potato slab to improve its quality, convenience, and preference as a snack. A steamed pumpkin-sweet potato slab was dried from 10 to 25°C for 48 h, and its moisture content, color, texture, and taste at different drying temperatures and drying times were evaluated. The lowest moisture content was 4.98%, at 25°C. The lightness decreased, but the other color values (a, b, and ΔE) increased with the increasing drying temperature and drying time. The reducing sugar and soluble solid ranged from 98.7 to 194.75 mg/g and 19-70 °Brix, respectively. The highest hardness of the steamed pumpkin-sweet potato slab was 23.88 kg /cm², and the springiness and cohesiveness were 91.15 and 98.36% when it was dried at 25°C for 48 h. The sensory evaluation score was high at 10°C, 40 h and at 25°C, 24 h. The optimum drying condition was predicted at 19°C, 32 h via response surface methodology (RSM).

Key words : pumpkin-sweet potato, cold air drying, RSM, optimum drying condition

서 론

고구마(*Ipomoea batatas* L.)는 열대 및 아열대지방에서 재배되는 메꽃과의 여러해살이풀로(1,2) 다른 작물에 비하여 척박한 땅에서도 잘 자라며 단위면적당 수확량이 많고 수분을 제외한 대부분이 전분으로 쌀, 보리 등의 곡류와 함께 주요 식량자원으로 이용되어 왔다(3,4). 환경적응성이 강하므로 미래식량 또는 우주식량 자원으로 기대되고 있으며, 특히 개발도상국에서 고구마는 주식대용으로 이용되고 있다(3,5). 고구마는 천연 β-carotene과 비타민, 무기성분 및 식이섬유가 많이 함유된 알칼리성 식품군에 속하며, 항암 및 항산화작용, 성인병예방 등 그 영양성과 기능성이 확인되면서 기호식품 및 건강식품의 재료로 이용되고 있으며(1,2), 18세기 중반 우리나라에 도입되어 식량이 부족할 때 주식량 또는 보조식량으로 중요한 역할을 해왔다(6).

또한 고구마는 재배과정에서 병 발생빈도가 낮으므로 화학 제재의 사용이 상대적으로 적어 건전식품을 추구하는 현대인들에게 고구마 소비를 증가시키는 요인으로 작용하고 있다(7).

일반적으로 산업적 이용이 가능한 인공건조방법으로는 열풍, 동결 및 진공건조 등의 방법이 있다. 열풍건조는 건조 시간이 빠르고 간편하지만 빠른 수분손실로 인한 수축, 표면경화, 갈변화 반응 등으로 색상, 조직감, 맛 및 영양가 등에서 품질열화가 문제될 수 있다(8,9). 동결건조는 식품 원료의 조직, 향기 및 색 등을 비교적 잘 보존하고 식품의 구조변화가 최소로 유지될 뿐 아니라, 다공성 구조로 건조되므로 복원성이 뛰어나지만 건조시간이 느리고 비용이 많이 드는 단점이 있다(10,11). 진공건조는 색깔, 풍미, 보존성, 복원성 등이 우수하지만 동결건조와 마찬가지로 비용이 많이 드는 단점이 있다(11).

그러나 냉풍건조는 저온에서 제습에 의해 건조함으로써 열에 의한 성분의 파괴가 적고, 기후에 영향을 받지 않으며, 광화학반응에 의한 변색을 방지할 수 있다. 또한 최종수분

*Corresponding author. E-mail : wonyoung@knu.ac.kr
Phone : 82-53-950-7763, Fax : 82-53-950-7762

함량의 조절이 가능하며 천일건조에 비해 건조시간이 짧은 장점이 있다(12).

한편 고구마는 수분함량이 많고 추위에 약하며 저장 중 호흡열이나 탄산가스 발생량이 많아 저장, 수송 등에 어려움이 있으며 이로 인해 생산 후 단시간 내에 가공용 또는 생식용으로 소비되어야하는 문제점이 있다(13). 국내 고구마에 대한 연구는 우수한 품종개발을 위한 육종에 집중된 경향이 있으며 가공, 유통 및 저장과 관련된 연구는 현재 전반적으로 미진한 실정이다(14,15). 고구마의 소비현황은 식용, 양조용, 그리고 전분제조용 등으로 주로 쓰이고 있고 소비자들이 간편하게 먹을 수 있는 편의식 형태의 제품개발이 드물며(4,16), 고구마의 이용률을 높이고 소비를 증가시키기 위해서는 고구마 가공에 대한 연구가 필요하다. 본 연구는 고구마를 이용하여 식감을 향상시키고자 첨가물을 사용하지 않고 증자 후 건조하여, 찐 고구마 특유의 맛과 영양을 그대로 유지시킬 수 있는 스낵형태의 가공품으로 개발하고자 냉풍건조 방법을 이용하여 건조조건별 건조특성과 물성 및 기호도를 연구하였다.

재료 및 방법

재료

본 실험에 사용한 고구마는 충청남도 태안군 안면도에서 수확한 호박고구마(주황미)를 사용하였다.

시료 전처리

수도수에 수 회 세척하여 이물질 제거하고 100℃에서 18분간 증자하고 실온에서 1시간 냉각시켜 박피 후 0.5 cm 두께로 세절하여 실험재료로 사용하였다.

냉풍건조

냉풍건조는 Fig. 1과 같은 냉풍건조기를 자체 제작하였

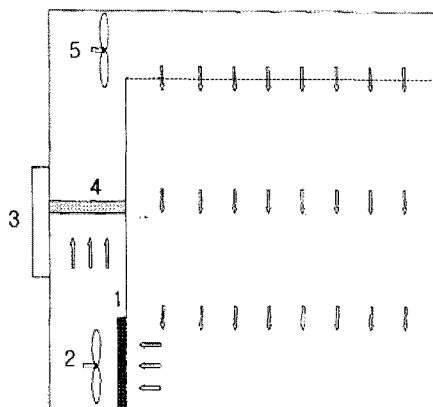


Fig. 1. Schematic diagram of cold air drying apparatus.

1. dehumidifier, 2. suction fan, 3. control box, 4. heater, 5. blower

으며 상단에 blower와 하단에 suction을 달아 3 m/sec 정도의 하강냉풍을 형성하여 증자한 고구마를 10℃, 15℃, 20℃, 25℃ 각 온도에서 총 48시간 건조시켰으며 8시간 간격으로 시료를 채취하여 각각 3회 반복 분석하였다. 이때 건조기내 초기습도는 상대습도 48%였다.

일반성분

AOAC방법(17)에 준하여 분석하였다. 수분함량은 상압 가열건조법에 따라 시행하였으며, 조단백은 Kjeldahl법으로 정량하였다. 조지방은 Soxhlet 추출법으로, 조회분은 직접회화법에 의해 550℃에서 회화한 후 평량하였고 탄수화물은 시료의 총 무게에서 수분, 조단백질, 조지방, 조섬유 및 조회분의 함량을 뺀 값으로 나타내었다.

색도 측정

색도의 측정은 색차계(Chromameter CR200, Minolta Co, Japan)를 사용하여 건조조건에 따라 L값(lightness), a값(redness) 및 b값(yellowness)을 측정하였고, 3회 반복 측정하여 평균값으로 나타내었다. 전반적인 색차 ΔE는 아래 식으로 나타내었다. 이때 standard plate의 L, a, b값은 각각 97.22, -0.02, 1.95이었다.

$$\Delta E = \sqrt{\Delta L^2 + \Delta a^2 + \Delta b^2}$$

ΔL : Difference of lightness

Δa : Difference of (redness/greenness)

Δb : Difference of (yellowness/blueness)

가용성 고형분 및 환원당함량 측정

가용성 고형분 및 환원당 측정법은 각 시료의 일정량을 취해 50 mL의 증류수를 가한 후 homogenizer (AM-11, Nihonseiki Kaisha Ltd, Japan)를 이용해 18,000 rpm으로 1분간 마쇄하여 20℃에서 2시간 동안 추출하고, 일정량을 18,000 rpm으로 10분간 원심분리 후 디지털 당도계 (PR-100, Atago, Japan)를 이용하여 측정하였고, 환원당 역시 가용성 고형분과 같은 방법으로 처리하여, DNS법 (18)에 준하여 측정하였다.

물성 측정

물성측정은 Rheometer (CR-100D, Sun Scientific Co, Tokyo, Japan)를 사용하여 경도(hardness), 탄성(springness) 및 응집성(cohesiveness)을 측정하였다. 건조조건별 시료의 중심부를 2×1.5 cm로 자르고 무작위로 5개 선택하여 측정하였다. 경도 측정조건은 직경 5 mm의 원형 adapter (No.1)를 사용하였고, 진입깊이는 2 mm, 테이블 이동속도는 60 mm/min로 하여 진입깊이까지 가해지는 compressive force

(kg_f/cm²)를 측정하였으며, 탄성과 응집성은 이빨모양의 adapter (No.17)를 사용하여 측정하였다.

관능검사

관능검사는 식품공학전공 학부생 10명으로 구성하여 충분한 훈련을 실시한 후 5점 척도법으로 3회 실시하였다. 평가항목은 색, 향, 맛, 조직감, 전반적인 기호도로 나누어 아주좋다 5점, 좋다 4점, 보통이다 3점, 나쁘다 2점, 아주 나쁘다 1점으로 하여 시행하였다.

통계처리

실험에서 얻어진 결과는 SAS(Statistical Analytical System, USA) 통계프로그램을 이용하여 분석하였으며 분산분석한 결과 시료간의 차이가 있는 항목에 대해서는 Duncan's multiple range test로 시료간의 유의차를 검정하였다 (p<0.05).

증절간 고구마제조의 건조조건 최적화를 위한 실험계획

냉풍건조를 이용한 증절간 호박고구마 스낵제조의 최적 건조조건은 최근 식품의 제조공정이나 신제품개발 등에서 최적화 기법으로 활용되고 있는 반응표면분석법(Response Surface Methodology, RSM)으로 예측하였다. 즉, 독립변수(증절간 고구마 제조를 위한 2가지 건조조건, Xn)는 건조온도 (10,15,20,25,30℃) 및 건조시간 (16,24,32,40,48 hr)이며 각 건조 조건은 -2, -1, 0, 1, 2로서 5단계로 부호화하였으며 Table 1에 나타난 바와 같다. 또한 이들 독립변수에 의해 영향을 받는 종속변수(Yn)는 수분함량, 색차, 가용성 고형분함량, 환원당함량, 경도, 전체적 기호도로 설정하여 3회 반복측정하여 다중회귀 분석 후 model 식을 만들어 독립변수에 대한 종속변수의 반응표면 상태를 등고선(contour plot)을 통하여 최적화를 수행하였다.

Table 1. Coded level of Independent variables in of experimental design

Independent variables	Level				
	-2	-1	0	1	2
X ₁ (Temp)	10	15	20	25	30
X ₂ (Time)	16	24	32	40	48

결과 및 고찰

일반성분 및 수분함량 변화

본 연구에서 시료로 사용한 생고구마의 일반성분을 AOAC방법으로 분석하였다. 수분함량은 66.87%, 탄수화물 28.32%, 조단백질 0.13%, 조지방 0.19%, 조섬유 2.09%,

조회분 1.40%를 나타내었다. 홍 등(1999)이 고구마를 이용한 식사대용 유동식 제품 개발에서 고구마의 수분함량이 60.2, 73.2%를 나타내었다는 결과와 비슷하였다(19).

Fig. 2는 호박고구마의 건조온도와 건조시간에 따른 수분함량의 변화를 나타낸 것으로 건조조건에 따른 수분함량은 건조시간이 증가함에 따라 수분함량이 감소하였으며 모든 건조 온도에서 32시간 이후 건조에 의한 수분 증발량의 변화가 크지 않은 것으로 나타나 평형 수분함량에 다다른 것으로 판단된다. 썬 고구마의 경우 항률건조기간은 나타나지 않고 감률건조기간만 나타나고 있으며, 식품의 건조는 항률건조기간은 짧거나 거의 나타나지 않고 대부분이 감률건조기간만 나타나는 것으로 보고된 결과와 일치한다 (20).

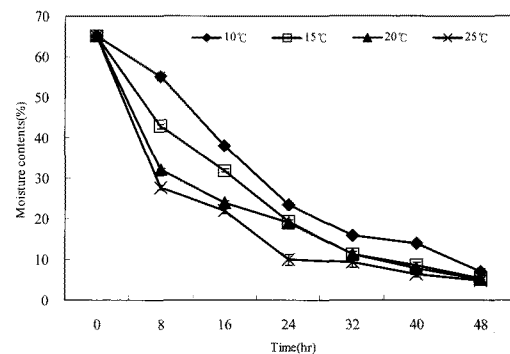


Fig. 2. Change of moisture content in dried steamed pumpkin-sweet potato depending on drying time and temperature.

Shinohara and Wada(1995)는 감자 및 고구마의 건조실험에서 두께 및 상대습도가 일정한 경우 50-90℃의 공기에서는 온도가 높을수록 건조속도가 증가한다고 보고하였다. 본 실험에서도 조건별 건조온도가 건조속도에 큰 영향을 미친다는 것과 유사한 경향을 나타내고 있다. Shin과 Lee(22)의 온풍건조 조건에 따른 증절간 고구마의 물리적 특성과 기호도에서 건조조건에 따른 수분함량은 건조시간이 증가함에 따라 급격히 감소하기 때문에 빠른 수분 손실로 인한 수축, 표면경화, 갈변화 반응의 원인이 될 수 있다고 보고한 바 있다. 반면 냉풍건조는 온도의 상승에 따른 식품의 수증기압이 증가하나 그 양이 아주 미약하기 때문에 열풍건조에 비해 수분함량이 완만하게 감소하는 현상을 보이고 있으며, 갈변이나 산화를 억제 할 수 있다.

색도측정

식품의 외부색택은 외관상의 품질을 판정하는데 중요한 요인 중의 하나로, 건조 전 증자한 고구마를 초기 값으로 정하고 건조하는 동안 일어나는 색도변화를 색차계를 이용하여 L값, a값, b값을 측정 비교한 결과는 Table 2와 같다.

Table 2. L, a, b values and ΔE of a steamed pumpkin-sweet potato depending on drying time and temperature

Temp.	Time (Hour)	Pumpkin-sweet potato			ΔE
		L^*	a^*	b^*	
10	0	59.12±1.20 ^a	-4.25± 0.83 ^c	32.14±0.61 ^b	48.80± 0.54 ^e
	2	55.53±2.24 ^{ab}	-3.44±1.20 ^c	32.42±0.42 ^b	51.75± 1.63 ^d
	4	53.82±0.96 ^b	-1.18±1.03 ^b	32.47±0.72 ^b	53.07±0.39 ^d
	6	48.79±2.13 ^b	2.18±1.35 ^a	33.12±0.82 ^b	57.63±1.42 ^c
	8	46.84±1.57 ^c	2.46±0.88 ^a	33.31±1.32 ^b	59.39±1.31 ^{bc}
	10	45.82±0.93 ^c	2.57±0.23 ^a	33.50±0.45 ^b	60.36±0.94 ^{ab}
	12	44.54±0.32 ^c	3.33±0.51 ^a	34.92±0.77 ^a	62.23±0.65 ^a
15	0	59.12±1.20 ^a	-4.25±0.83 ^e	32.14±0.61 ^b	48.80±0.54 ^d
	2	52.51±3.75 ^b	-2.09±0.34 ^d	32.87±0.88 ^b	54.40±2.81 ^c
	4	51.33±3.22 ^{bc}	-0.93±0.85 ^c	33.10±3.27 ^b	55.47±3.86 ^c
	6	48.36±1.81 ^{cd}	2.35±0.11 ^b	33.43±0.26 ^b	58.17±1.60 ^{bc}
	8	46.66±1.59 ^d	2.78±0.19 ^{ab}	34.27±0.58 ^{ab}	60.07±1.62 ^{ab}
	10	45.78±1.10 ^d	3.36±0.33 ^a	34.36±0.66 ^{ab}	60.89±1.23 ^{ab}
	12	44.39±0.87 ^d	3.46±0.48 ^a	36.32±0.66 ^a	63.13±0.40 ^a
20	0	59.12±1.20 ^a	-4.25±0.83 ^d	32.14±0.61 ^d	48.80±0.54 ^d
	2	47.26±2.44 ^b	-1.82±0.68 ^c	34.95±1.53 ^c	49.99±1.33 ^c
	4	47.50±2.13 ^b	-0.18±0.48 ^b	36.40±1.05 ^{bc}	49.73±1.83 ^c
	6	45.98±3.87 ^b	2.51±1.36 ^a	36.78±1.68 ^{bc}	51.31±2.78 ^{bc}
	8	43.77±1.59 ^{bc}	2.99±0.94 ^a	37.51±0.27 ^b	53.56±1.20 ^b
	10	40.24±1.95 ^{cd}	3.46±0.31 ^a	39.67±1.66 ^a	57.08±2.13 ^a
	12	38.91±1.22 ^d	3.90±0.66 ^a	40.78±0.73 ^a	58.45±0.79 ^a
25	0	59.12±1.20 ^a	-4.25±0.83 ^c	32.14±0.61 ^c	48.80±0.54 ^f
	2	45.25±1.25 ^b	-0.39±0.99 ^b	32.63±0.73 ^c	60.35±1.37 ^e
	4	43.39±0.95 ^{bc}	0.29±0.39 ^b	34.32±0.28 ^{bc}	62.81±0.86 ^d
	6	42.34±0.70 ^c	3.41±0.59 ^a	37.47±0.76 ^{bc}	65.46±0.6 ^c
	8	39.34±1.04 ^d	3.68±0.20 ^a	40.62±1.35 ^{abc}	69.71±1.40 ^b
	10	38.10± 2.28 ^{de}	3.92±0.94 ^a	41.06±0.40 ^{ab}	71.00±1.82 ^b
	12	36.04±1.38 ^e	4.07±0.12 ^a	42.52±0.50 ^a	73.52±0.88 ^a

* L : lightness(100, white; 0, black), a: redness (-, green ; +, red), b: yellowness (-, blue ; +, yellow)

^{a-f} Means with the same letter are not significantly different (p<0.05, Duncan's multiple range test)

L값은 건조온도가 낮을수록, 건조시간이 짧을수록 높았으며, 이러한 결과는 능이버섯의 건조과정 중 물성의 변화에서 건조가 진행될수록 L값이 대체로 감소하는 경향을 보인 것으로 보고한 Woo 등(2004)의 결과와 유사하였다(23). a와 b값은 건조온도가 높을수록, 건조시간이 길어짐에 따라 증가하는 경향을 보였으며, a값이 음의 값을 갖는 이유는 초기 측정값이 red보다 green 쪽으로 나타났기 때문이다. ΔE 값은 전체적으로 건조온도가 높아질수록 그 값이 증가하는 경향을 나타냄으로써 건조온도가 높아지고 건조시간이 길

어질수록 갈변진행 정도가 심화되는 것을 알 수 있었으며, 이는 다른 식품이나 농산물의 가온가공 시 자주 일어나는 Maillard반응에 기인하는 것으로 사료된다(24).

Shin과 Lee(22)는 온풍건조 조건에 따른 증질간 고구마의 물리적 특성과 기호도의 연구 결과에서 건조시간이 길수록 L값은 감소하였고, a, b, ΔE 값은 증가하는 경향을 보였다고 보고하였다. 온풍건조와 비교할 때 ΔE 값은 25℃의 냉풍건조의 경우가 가장 낮은 명도 값을 보여 주었으며, 적색도 값은 온풍건조에서 더 높게 나타났으며, 건조 시

갈변반응에 의해 나타나는 황색도 값은 열풍건조에 비해 25°C의 냉풍건조에서 황색도 값이 가장 높게 나타났다. 온풍건조 40~60°C에서는 갈변효소들의 작용이 적합하지 않은 온도이고 25°C 냉풍건조의 경우 상대적으로 효소들의 작용이 활발한 조건이라서 더 갈변된 것으로 생각된다.

가용성 고형분 및 환원당함량변화

Suh 등(1998)은 고구마의 기호도는 당이 지니는 단맛에 기인하므로 증자에 의해 조리하였을 때 많은 양의 유리당이 생성되므로 기호도를 높일 수 있는 조리방법이 될 것이라 보고한 바 있다(25). 따라서 본 실험에서 전처리 방법으로 시료를 증자하여 고구마 종류, 건조조건별 가용성 고형분 함량과 환원당함량을 측정하여 Fig. 3,4에 나타내었다.

초기 가용성 고형분함량은 19°Brix로 측정되었으며, 건조조건별로 19~70°Brix의 범위를 나타내었다. 초기 환원당함량은 98.7 mg/g으로 나타났고, 건조조건별로 98.7~194.75 mg/g 범위를 나타냈다. 건조온도가 낮을수록 가용성 고형분함량과 환원당함량은 낮아지고 온도가 높을수록 높아지는 경향을 보였으며, 건조시간이 길어짐에 따라 가용성 고형분함량과 환원당의 함량이 높게 나타났고, 이는 Shin과 Lee의 온풍건조 조건에 따른 증절간 고구마의 물리적 특성

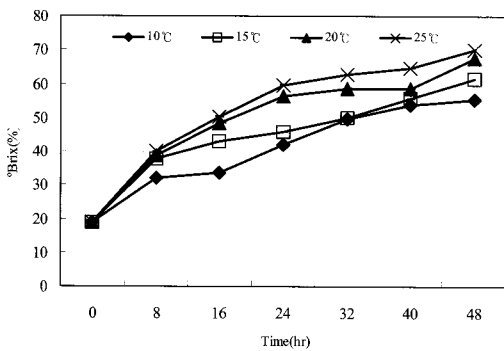


Fig. 3. Change of soluble solid in dried steamed pumpkin-sweet potato depending on drying time and temperature.

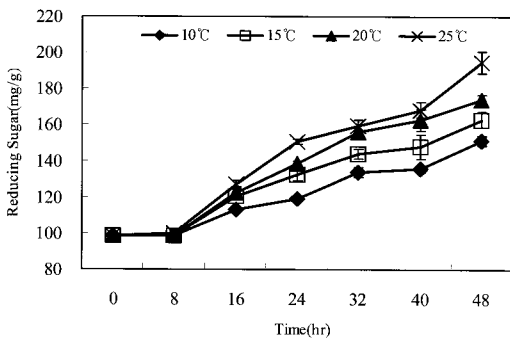


Fig. 4. Changes of reducing sugar contents in dried steamed pumpkin-sweet potato depending on drying time and temperature.

과 기호도의 연구결과와 유사하게 나타났다(22). 또한 이 범위에서 관능평가의 맛, 조직감, 전체적 기호도의 점수도 높게 나타나는 경향을 보였다.

물 성

식품의 물성은 가공적성 뿐만 아니라 식품섭취 시의 기호성에 영향을 미치는 요인 중 하나이다. Fig. 5은 건조조건별 증절간 고구마의 경도변화를 나타낸 것으로 건조온도와 건조시간이 지남에 따라 증가하는 경향을 보였고 호박고구마 25°C, 48시간에서 23.88 kg/cm²로 가장 높은 값을 나타내었다.

한편 탄성측정(Fig. 6)에서는 초기 값이 나타나지 않았으며, 25°C에서 91.15%로 가장 높은 수치를 나타내었다. 응집성 측정(Fig. 7) 역시 초기 값이 나타나지 않았고, 25°C에서 98.36%로 가장 높은 수치를 나타내었으며, 이는 Shin과 Lee의 온풍건조 조건에 따른 증절간 고구마의 물리적 특성과 기호도의 연구 결과와 유사하게 나타났다(22). 이러한 현상은 높은 온도에서 건조속도가 빨라져 표면경화 현상이 심해

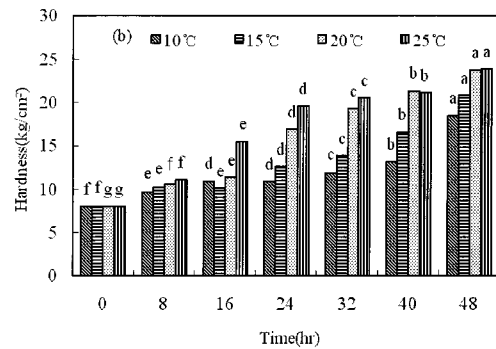


Fig. 5. Texture profile of hardness steamed pumpkin-sweet potato according to drying on drying time and temperatures.

a-g Means with the same letter are not significantly different ($p < 0.05$, Duncan's multiple range test)

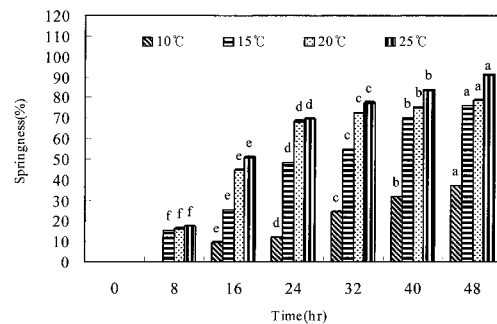


Fig. 6. Texture profile of springness steamed pumpkin-sweet potato according to drying on drying time and temperatures.

a-f Means with the same letter are not significantly different ($p < 0.05$, Duncan's multiple range test)

지고 건조에 의한 수축으로 조직이 치밀해지면서 찢고구마의 경도가 높아지는 경향을 나타내는 것으로 생각된다.

관능검사

Table 3은 건조 조건에 따른 증질간 고구마에 대한 색,

Table 3. Sensory evaluation of a dried steamed pumpkin-sweet potato according to drying time and temperatures

Time (Hour)	Sensory evaluation	10 °C	15 °C	20 °C	25 °C
0	Color	3.67±0.58 ^{ab}	3.67±0.58 ^a	3.67±0.58 ^a	3.67±0.58 ^{ab}
	Oder	4.67±0.58 ^a	4.67±0.58 ^c	4.67±0.58 ^a	4.67±0.58 ^a
	Taste	3.00±0.00 ^c	3.00±0.00 ^c	3.00±0.00 ^c	3.00±0.00 ^{cd}
	Texture	2.67±0.58 ^c	2.67±0.58 ^b	2.67±0.58 ^c	2.67±0.58 ^b
	Overall quality	3.33±0.58 ^c	3.33±0.58 ^b	3.33±0.58 ^c	3.33±0.58 ^{bc}
8	Color	3.67±0.58 ^{ab}	3.67±0.58 ^a	3.33±0.58 ^a	3.33±0.58 ^b
	Oder	4.33±0.58 ^{ab}	4.33±0.58 ^{bc}	4.00±0 ^{ab}	4.33±0.58 ^{ab}
	Taste	3.67±0.58 ^{bc}	3.33±0.58 ^{bc}	3.67±0.58 ^{bc}	3.00±0.00 ^{cd}
	Texture	3.33±0.58 ^{bc}	3.00±0.00 ^b	3.67±0.58 ^{abc}	3.33±0.58 ^b
	Overall quality	4.00±0.00 ^{abc}	3.67±0.58 ^b	4.00±0 ^{bc}	3.67±0.58 ^{bc}
16	Color	3.33±0.58 ^b	3.67±0.58 ^a	3.67±0.58 ^a	3.67±0.58 ^{ab}
	Oder	4.00±0.00 ^{ab}	4.00±0.00 ^{bc}	4.00±0.00 ^{ab}	4.00±0.00 ^{ab}
	Taste	3.67±0.58 ^{bc}	3.33±0.58 ^{bc}	3.67±0.58 ^{bc}	3.33±0.58 ^{cd}
	Texture	3.33±0.58 ^{bc}	3.33±0.58 ^{ab}	3.33±0.58 ^{bc}	3.33±0.58 ^b
	Overall quality	3.67±0.58 ^{bc}	4.00±0.00 ^{ab}	3.67±0.58 ^{bc}	3.67±0.58 ^{bc}
24	Color	4.00±0.00 ^{ab}	3.67±0.58 ^a	4.33±0.58 ^a	4.67±0.58 ^a
	Oder	4.00±0.00 ^{ab}	4.00±0.00 ^{bc}	4.00±0.00 ^{ab}	3.67±0.58 ^{ab}
	Taste	3.67±0.58 ^{bc}	3.67±0.58 ^{bc}	4.00±0 ^{ab}	5.00±0.00 ^a
	Texture	3.67±0.58 ^{abc}	3.67±0.58 ^{ab}	3.67±0.58 ^{abc}	4.67±0.58 ^a
	Overall quality	4.00±0.00 ^{abc}	4.00±0.00 ^{ab}	3.67±0.58 ^{bc}	5.00±0.00 ^a
32	Color	4.33±0.58 ^{ab}	4.00±0 ^a	4.33±0.58 ^a	4.33±0.58 ^{ab}
	Oder	4.00±0.00 ^{ab}	4.33±0.58 ^{ab}	3.67±0.58 ^b	3.67±0.58 ^{ab}
	Taste	4.33±0.58 ^{ab}	4.67±0.58 ^a	4.67±0.58 ^a	4.33±0.58 ^{ab}
	Texture	4.33±0.58 ^{ab}	4.33±0.58 ^a	4.67±0.58 ^a	4.67±0.58 ^a
	Overall quality	4.33±0.58 ^{ab}	4.67±0.58 ^a	5.00±0.00 ^{ab}	4.33±0.58 ^{ab}
40	Color	4.67±0.58 ^a	3.67±0.58 ^a	4.00±0.00 ^a	4.00±0.00 ^{ab}
	Oder	4.67±0.58 ^a	3.67±0.58 ^a	3.67±0.58 ^b	3.33±0.58 ^b
	Taste	5.00±0.00 ^a	4.00±0.00 ^{ab}	4.33±0.00 ^{ab}	3.67±0.58 ^{bc}
	Texture	4.67±0.58 ^a	3.33±0.58 ^{ab}	4.00±1.00 ^{ab}	3.33±0.58 ^b
	Overall quality	4.67±0.58 ^a	3.33±0.58 ^b	4.33±0.58 ^a	3.67±0.58 ^{bc}
48	Color	4.33±0.58 ^{ab}	3.33±0.58 ^a	3.67±0.58 ^a	3.67±0.58 ^{ab}
	Oder	3.67±0.58 ^b	3.67±0.58 ^{bc}	3.33±0.58 ^b	3.33±0.58 ^b
	Taste	4.67±0.58 ^a	3.67±0.58 ^{bc}	3.67±0.58 ^{bc}	2.67±0.58 ^d
	Texture	4.00±0.00 ^{ab}	3.33±0.58 ^{ab}	3.67±0.58 ^{abc}	2.67±0.58 ^b
	Overall quality	4.00±0.00 ^{abc}	3.67±0.58 ^b	3.67±0.58 ^{bc}	2.67±0.58 ^b

^{a-d} Means with the same letter are not significantly different (p<0.05, Duncan's multiple range test)

향, 맛, 조직감, 전체적기호도에 대한 관능평가에 대한 결과이다. 육안적 색상을 평가한 결과 유의적인 차이가 없었고, 향에서는 0시간에서 가장 높은 평가치를 나타내었다. 또한 건조 조건별 온도증가와 건조시간이 지남에 따라 낮은 점수가 나타나는 경향을 보였다. 그리고 맛과 조직감평가에서 10°C, 40시간, 25°C, 24시간에서 현저하게 높은 평가치를 나타내었고, Shin과 Lee(22)의 온풍건조 조건에 따른 증절간 고구마의 물리적 특성과 기호도의 연구 결과에서는 호박 고구마 45, 55°C 6시간에서 선호도가 가장 높게 평가된 것으로 나타났다. 전반적기호도 역시 앞서 언급한 맛과 조직감 평가와 유사한 결과를 나타내었다. 따라서 전반적으로 냉풍건조방법으로 제조한 증절간 고구마는 10, 25°C 내외의 24-32시간 건조하는 것이 기호도를 높일 수 있는 제조방법이 될 것이라 생각된다.

최적 건조 조건 예측

각 건조조건에 따른 찐고구마의 수분함량, 색도(ΔE), 가용성 고형분, 환원당, hardness, 전체적기호도를 측정 한 결과는 Table 4에 나타나 있으며, 회귀식은 Table 5와 같다. R² 값은 수분함량 0.9530, 색차 0.9381, 환원당 0.9227, 가용성 고형분 0.9720, Hardness 0.9589, 전체적 기호도 0.9785로 p<0.05 이내의 유의성이 인정되었다. 건조온도와 건조시간을 건조조건으로 최적화를 위해 moisture, °brix, reducing sugar, color ΔE, hardness, sensory characteristic의 contour map을 superimposing하여 Fig. 6과 같이 최적건조조건범위를 예측하였다. 이때, 반응표면이 중복된 부분은 Table 6에 나타난 바와 같이 건조온도 19°C, 건조시간 32 hr으로 나타났다.

Table 4. The central composite design for the optimization of steamed pumpkin-sweet potato

No. 1)	Temp. (°C)	Time (hr)	Moisture (%)	Color ΔE	°Brix (%)	Reducing sugar (mg/g)	Hardness	Overall quality
1	-1	-1	22.64	41.87	34.33	103.08	11.53	3.67
2	-1	1	10.54	40.80	42.33	121.77	18.74	4.67
3	1	-1	11.09	57.47	48.67	119.51	20.48	4.33
4	1	1	5.57	60.75	56.00	156.26	22.90	3.67
5	0	0	11.32	53.20	48.33	137.39	20.12	4.33
6	0	0	11.32	53.20	48.33	137.39	20.12	4.33
7	2	0	8.12	60.11	54.00	151.61	22.54	4.00
8	-2	0	14.85	37.62	34.33	113.00	11.90	4.00
9	0	2	7.11	55.26	55.33	141.45	24.14	4.00
10	0	-2	23.88	52.36	37.33	107.45	18.19	3.67

1) The number of experimental conditions by central composite design.

Table 5. Estimated coefficients of second order response models for steamed pumpkin-sweet potato

	Moisture (%)	Color ΔE	Reducing sugar (mg/g)	Brix(%)	Hardness	Sensory characteristics Overall quality
Intercept	84.994286	80.664286	36.518333	-3.679762	-26.092857	-5.073571
X ₁	-2.320952	-3.913619	3.502000	2.409429	1.862357	0.424905
X ₂	-2.373512	0.292530	2.76333	1.235685	0.993348	0.361399
X ₁ *X ₁	0.010707	0.101607	-0.059375	-0.013711	-0.020621	-0.007039
X ₂ *X ₁	0.044500	0.017625	0.015750	-0.031250	-0.015687	-0.004125
X ₂ *X ₂	0.014768	-0.005896	-0.026260	-0.000805	-0.005711	-0.004683
R ²	0.9747	0.7563	0.9681	0.9560	0.9460	0.5528
Pr>F	0.0027	0.1996	0.0043	0.0081	0.0121	0.5188

$$Y = b_0 + b_1X_1 + b_2X_2 + b_{11}X_1^2 + b_{21}X_2X_1 + b_{22}X_2^2$$

X₁: Temperature(°C) X₂: Time(hr)

Table. 6 The optimum extraction conditions for response variables by posing of contour maps for steamed pumpkin-sweet potato

Leaching condition	Optimum range	Optimum condition
X_1 Temperature(°C)	17-21	19
X_2 Time(min)	29-35	32

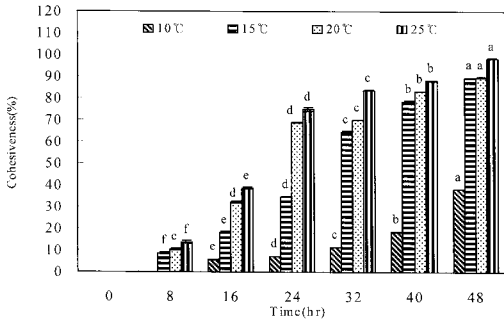


Fig. 7. Texture profile of cohesiveness steamed pumpkin-sweet potato according to drying on drying time and temperatures.

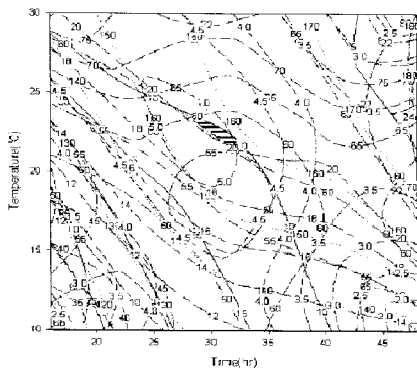


Fig. 8 Superimposing contour map of optimized conditions

— Moisture, - - - Color, ···· °Brix, --- Overall quality, -·-·- Hardness, Reducing sugar

요 약

본 연구는 증절간 고구마 제조를 위하여 냉풍건조 방법을 이용하여 건조조건별 증절간 건조 고구마의 건조특성, 물성 및 관능적 특성을 연구하였다. 건조시 수분함량은 25°C 48시간에서 4.98%로 가장 낮은 수치를 보였고, 색차에서 건조온도가 낮을수록, 건조시간이 짧을수록 L값이 높아졌으며 a, b, ΔE값은 건조온도가 높을수록 건조시간이 길어짐에 따라 증가하는 경향을 보였다. 가용성 고형분은 건조 조건별로 19~70 °Brix의 범위를 나타내었고, 환원당은 98.7~194.75 mg/g 범위를 나타내었으며, 물성측정에서 경도는 25°C, 48시간에서 23.88 kg_f/cm²로 가장 높은 수치를 나타내었으며, 탄성과 응집성은 91.15, 98.36%로 가장 높은

수치를 나타냈다. 관능평가에서 10°C, 40시간, 25°C, 24시간에서 색, 향미, 맛, 조직감, 전반적인 기호도에서 가장 높은 평가치를 나타내었으며, 반응표면분석을 통한 증절간 고구마의 최적 건조조건을 예측한 결과 19°C, 건조시간 32hr으로 예측되었다.

참고문헌

- Han JS (2004) Preparation of mixed beverages for breakfast made primarily with the hydrolysate of sweet potato and its quality characteristics. *Korean J Food cookery Sci*, 20, 271-278
- Lee HJ, Lee MK, Park IS (2006) Characterization of mushroom tyrosinase inhibitor in sweet potato. *Journal of Life Sci*, 16, 396-399
- Jung ST, Rhim JW, Kang SG (1998) Quality properties and carotenoid pigments of yellow sweet potato puree. *J Korean Soc Nutr*, 27, 596-602
- Kim JS (1995) Preparation of sweet potato drinks and its quality characteristics. *J Korean Soc Food Nutr*, 24, 943-947
- Park JW (2009) A study of preference survey on a sweet potato. MS Thesis, Mokpo National University.
- Kwon SM (2010) Development of processed food utilizing pumpkin sweet potatoes. MS Thesis, Hanseo University.
- Lee JS, Ahn YS, Kim HS, Chung MN, Jeong BC (2006) Making techniques of high quality powder in sweetpotato. *Korean J Crop Sci*, 51, 198-203
- Hong JH, Lee WY (2004) Quality characteristics of osmotic dehydrated sweet pumpkin by different drying methods. *J Korean Soc Food Sci Nutr*, 33, 1573-1579
- Lee BW, Shin GJ, Kim MH, Choi CU (1989) Effect of pretreatment before air drying on the quality of carrot flake. *Korean J Food Sci Technol*, 21, 430-434
- Kim JH, Seo HY, No KM, Han BJ (2005) Changes of volatile odor components in onion by freeze-drying. *J Korean Soc Food Sci Nutr*, 34, 230-235
- Lee SW, Lee BS, Cha WS, Park JH, Oh SL, Cho YJ, Kim JK, Hong JH, Lee WY (2004) Diffusion of salt and drying characteristics of beef jerky. *Korean J Food Preserv*, 11, 508-515
- Hong JH, Bae DH, Lee WY (2006) Quality characteristics of dried squid (*Todarodes pacificus*) by cold air drying process. *Korean J Food Sci Technol*, 38, 635-641
- Lee HH, Kang SG, Rhim JW (1999) Characteristics of

- antioxidative and antimicrobial activities of various cultivars of sweet potato. *Korean J Food Sci Technol*, 31, 1090-1095
14. Mok IG, Zhao D, Kwak SS (2009) Genetic resources of sweet potato for industrial use. *J Plant Biotechnol*, 36, 202-206
 15. Park KJ, Jeong JW, Kim DS, Jeong SW (2007) Quality changes of peeled potato and sweet potato stored in various immersed liquids. *Korean J Food Preserv*, 14, 8-17
 16. Kum JS, Silva JL, Han O (1994) Effects of microwave heating on processing of whole sweetpotatoes. *Korean J Soc Food Sci*, 10, 138-141
 17. AOAC (1984) *The official Methods of Analysis*. 14th ed, The Association of official Analysis Chemists, DC, p 362
 18. P Bernfeld (1995) *Methods in enzymology*. Academic Press New York, 1, p 149
 19. Hong HD (1999) Development of liquid food products using sweet potato. Korea Food Research Institute, E 99-12-1502
 20. Cho DB, Kim DP, Choi CS (1981) Kinetics of drying shiitake mushroom, *lentinus edodes sanryun no. 1*. *J Korean Soc Food&Nutr*, 10, 53-60
 21. Sinohara H and M Wada. 1995. Air drying of sweet potato. *Chem Eng*, 19, 568-573
 22. Shin MY, Lee WY (2011) Physical properties and preference of a steamed sweet potato slab after mild hot air drying. *Korean J Food Cookery Sci*, 27, 73-81
 23. Woo KS, Jeong HS, Lee HB, Choi WS, Lee JS (2004) Changes in rheological properties of neungee (*Sarcodon aspratus*) during dehydration. *Korean J Soc Food Sci Nutr*, 33, 1230-1236
 24. Jee JH, Lee HD, Chung SK, Choi JU (1999) Changes in color value and chemical components of hoelen by various drying methods. *Korean J Food Sci Technol*, 31, 575-580
 25. Suh HJ, Chung SH, Choi YM, Bae SH, Kim YS (1998) Changes in sugar content of sweet potato by different cooking methods. *Korean J Soc Food Sci*, 14, 182-187
 26. Kim YJ, Lee SJ, Kim MY, Kim GR, Chung HS, Park HJ, Kim MO, Kwon JH (2009) Physicochemical and organoleptic qualities of sliced-dried persimmons as affected by drying methods. *Korean J Food Sci Technol*, 41, 64-68

(접수 2010년 12월 27일 수정 2011년 6월 23일 채택 2011년 7월 1일)