



Research Article

Optimization of drying conditions for steamed-dried sweet pumpkin products using response surface methodology

반응표면분석법을 이용한 증자 처리 단호박 건조품의 건조조건 최적화

Jung Mu Song¹, Young Hwang¹, Yong Sik Cho¹, Hyun Wook Jang^{1*}, Yong Suk Kim^{2*}

송정무¹ · 황영¹ · 조용식¹ · 장현욱^{1*} · 김용석^{2*}

¹Department of Agro Food Resources, National Institute of Agricultural Sciences, Rural Development Administration, Wanju 55365, Korea

²Department of Food Science and Technology, Jeonbuk National University, Jeonju 41566, Korea

¹농촌진흥청 국립농업과학원 농식품자원부, ²전북대학교 식품공학과

Abstract In this study, sensory evaluation was performed to select the pretreatment method for dried sweet pumpkin products, and the drying conditions were optimized by using response surface methodology (RSM). Based on the results of the sensory evaluation, the steaming method was selected for pretreatment. To optimize the drying conditions of the steamed sweet pumpkin products, the temperature (30, 40 and 50°C) and duration (4, 6 and 8 h) of hot-air drying were set as independent variables, and moisture content, water activity, soluble solids, strength, hardness, and free sugar contents were set as dependent variables. In the process of optimization, moisture contents, water activity, and soluble solids were designated as optimization variables by R^2 and $Pr>F$ values. The optimum drying conditions were found to be 42°C and 5.7 h. The suitability of the experimental design and model was evaluated by comparing the predicted values with the experimental values measured under optimal conditions. The moisture content and water activity were within the 95% confidence interval. Although the soluble solids contents were out of range, it was calculated to be higher than the predicted interval and appeared closer to the target value. Therefore, it was concluded that the manufacturing conditions optimized in this study were the ideal conditions for drying sweet pumpkin products.

Keywords sweet pumpkin, steamed-drying, response surface methodology, quality, sensory evaluation



OPEN ACCESS

Citation: Song JM, Hwang Y, Cho YS, Jang HW, Kim YS. Optimization of drying conditions for steamed-dried sweet pumpkin products using response surface methodology. Korean J Food Preserv, 29(3), 440-454 (2022)

Received: April 14, 2022
Revised: May 09, 2022
Accepted: May 26, 2022

***Corresponding author**
 Hyun Wook Jang
 Tel: +82-63-238-3633
 E-mail: jhj4676@korea.kr

Yong Suk Kim
 Tel: +82-63-270-2567
 E-mail: kimys08@jbnu.ac.kr

Copyright © 2022 The Korean Society of Food Preservation. This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

1. 서론

단호박은 서양계 호박으로, 원산지는 페루, 볼리비아, 칠레 북부지대이다(Jeong 등, 2008). 현재는 식용과 사료용으로 세계 각국에서 재배되고 있으며(Jung 등, 2013), 진한 녹색의 과피와 두꺼운 과육 및 높은 당도를 가지고 있는 것이 특징이다(Kim과 Kim, 2016).

영양성분으로는 가용성 고형분, 유리아미노산, 비타민 A, C 함량이 높아 영양학적으로 우수

하며(Heo 등, 1998), 같은 박과인 청등호박에 비해 아질산염 소거능과 항산화 활성이 높다고 보고되어 있다(Kim 등, 2005). 또한, yellow food의 대명사로 식욕을 자극하는 컬러푸드로도 우수한 평가를 받고 있다(Lee와 Lee, 2013).

이렇게 다양한 영양학적 장점을 가진 단호박은, 국내에서는 6-7월에 집중 출하되고 11월 이후부터 다음 해 수확기까지는 수입에 의존하고 있어 연중공급이 어려운 상황이다(Park 등, 2016). 또한, 단호박은 수분함량이 높아 장기 저장 시 세균이나 곰팡이에 의한 변질 위험이 있고(Na 등, 2004), 혐기적 호흡 과정으로 생성된 에탄올과 아세트알데히드를 비롯한 휘발성 물질로부터 이취가 발생하는 등 저장성에 문제가 있다(Kim 등, 2014). 따라서, 단호박을 가공하기에 앞서 이취를 제거하기 위한 전처리 공정과, 단호박의 품질을 보존하면서 저장성을 증진시킬 수 있는 가공기술이 필요하다. 그러나 국내 단호박 가공기술 연구는 단호박을 주체로 하기보다는, 단호박을 분말 및 페이스트 등으로 소재화하여 첨가한 제품개발 연구가 주를 이루고 있다.

농산물은 높은 수분함량으로 저장성이 낮으면서 집중적으로 출하되는 특징을 가져 이를 해결하기 위해 다양한 가공 처리가 이뤄지고 있다. 특히 가열 공정은 식품에 저장성을 부여하기 위한 가공 방법의 한 수단으로 식품의 조리뿐만 아니라, 미생물의 사멸, 효소와 독성분의 파괴 등의 효과가 있으며(Yong 등, 2020), 건조 가공은 저장성이 낮은 채소류의 보관성, 상품성을 증가시키는 방법으로(Hong과 Lee, 2004) 잘 알려져 있다. 그리고 이를 적용한 원물간식은 농산물을 가열 및 건조로 단순 처리한 가공식품으로, 한국농수산식품유통공사(2017)의 자료에 의하면 원물간식에 대한 판매 규모는 2016년 기준 5,367억 원으로 2014년의 3,826억 원에 비해 40.3% 증가하였으며, 매출 규모 또한 326억 원에서 517억 원으로 58.5% 증가하였다. 우리나라에서 현재 유통되는 원물간식의 재료로는 견과류, 맛밤류, 육포, 건조 고구마, 건조 과채류 등이 있다. 그중 고구마와 감과 같은 서류 및 과채류는 저장성이 낮아 유통 편이와 상품성을 증가시키기 위해 원물을 절단하여 건조하는 절간 건조품으로 제조되고 있다(Jung 등, 2020). 절간 건조품을 제조하는 방법으로 천일건조, 열풍건조, 냉풍건조, 동결건조 등이 이용되며 대부분이 열풍건조를 주 방법으로 사용되고 있다(Hong과 Lee, 2004; Hyun 등, 2020). 열풍건조는 건

조 방법이 간단하고, 빠르게 건조되는 장점이 있으나, 외형의 변화와 기능성 성분 감소의 단점이 있어(Maskan 등, 2002; Youn, 1998; Yun과 Kang, 2021), 그 과정에서 품질특성 변화를 이해하고 건조조건을 설정할 수 있는 기초자료와 연구가 필요하다(Oh와 Oh, 2020).

따라서 본 연구에서는 단호박의 이용성 확대를 위해 열풍건조를 통한 단호박 건조품을 제조하고자 하였다. 이를 위해, 저장성과 상품성이 향상되도록 관능평가를 통한 소비자들의 기호도를 만족하는 전처리 방법을 선정하고, 반응값을 최적화하는 요인들의 상호작용과 반응변수와의 영향을 관찰하는(Kim과 Kim, 2019; Lee, 2008) 반응표면분석법을 통해 효과적으로 단호박 건조품을 생산할 수 있는 열풍 건조 최적 조건을 도출하고자 한다.

2. 재료 및 방법

2.1. 실험재료

본 실험에 사용한 단호박은 자연마루(Seochun, Korea)에서 뉴질랜드산을 구입하여 사용하였다. 세척하고 100℃로 끓는 물의 증기에 10분간 증자하여 껍질을 제거하고 씨가 있는 속 부분을 파낸 후 10 mm의 두께로 세절하여 실험 재료로 사용하였다. Acetonitrile, water, glucose, sucrose, fructose는 Sigma-Aldrich Co.(St. Louis, MO, USA)에서 구입하여 사용하였다.

2.2. 전처리 방법별 단호박 건조품 제조

전처리 방법은 건열, 습열, 마이크로웨이브 처리 3가지를 이용하였다. 건열 처리는 180℃로 예열한 오븐(EONC 512FSMCW, SKmagic, Seoul, Korea)에 8분간 가열처리했고, 습열 처리는 증기에 단호박을 5분간 증자 처리하였다. 마이크로웨이브 처리는 전자레인지(MS23K3535AK, Samsung Electronics Co., Ltd., Seoul, Korea)를 사용하여 5분간 처리하였다. 처리한 단호박을 건조품으로 제조하기 위해 열풍 건조를 진행하였는데, 열풍 건조는 열풍 건조기(DS-240BC, Du-Seong Farm Machinery, Gwangju, Korea)를 이용하여 40℃, 6시간 동안 전처리한 단호박을 건조하였다. 건조 후에는, 데시케이터에 1시간 동안 방치하여 수분평형을 이룬 후 실험에 사용하였다.

2.3. 관능평가

관능평가는 국립농업과학원에 근무 중인 연구원 33명을 대상으로 기호도 및 감각 수용 평가를 진행하였다. 시료의 편견을 없애기 위하여 난수표를 붙인 흰색의 플라스틱 트레이에 전처리 및 건조 방법을 달리한 단호박 건조품을 담아 제공하였다. 5점 척도로 조사하였으며, 1점으로 갈수록 낮은 평가를, 5점으로 갈수록 높은 평가를 나타내도록 하였다. 관능평가를 하기 전, 패널에게 실험 목적과 주의사항 및 검사방법을 설명하였으며, 국립농업과학원 기관생명윤리위원회의 승인을 받아 수행되었다(IRB 2021-04-04).

2.4. 반응표면분석

관능평가를 통해 선정된 방법으로 처리한 단호박 건조품의 열풍 건조조건 최적화를 위해 반응표면분석법을 이용하였다. 분석 프로그램으로 Minitab 17(Minitab Inc., Centre, PA, USA)을 사용하였고, 2가지 독립변수(X_1 : 건조 온도, X_2 : 건조 시간)를 설정하여 중심합성법에 따라 13개의 실험 조건을 설계하였다(Table 1). 중심합성법은 중앙점이 있는 요인설계이며, 종속변수의 값이 곡면성을 추정할 수 있는 여러 개의 축 점을 추가하여 반응변수를 모형화하는 연구 방법이다(Lee 등, 2000). 반응변수로는 수분 함량(Y_1), 수분활성도(Y_2), 가용성 고형분 함량(Y_3), 강도(Y_4), 경도(Y_5), 과당(Y_6), 자당(Y_7), 포도당(Y_8) 함량을 측정하였다. 그중 수분 함량, 수분활성도, 가용성 고형분 함량을 최적화 반응 조건으로 설정하였다.

2.5. 이화학적 분석

열풍건조기를 이용하여 증자 처리한 단호박을, 중심합성법으로 제안된 온도(30, 40, 50°C)와 시간(4, 6, 8 h)으로 구성된 13개의 실험 조건별로 건조한 단호박의 품질분석을 진행하였다. 수분 함량은 적외선 수분 측정기(MX-50, AND, Tokyo, Japan)를 이용하여 시료 1 g을 정밀히 달아 105°C에서 항량이 될 때까지 건조하여 수분 함량으로 결정하였다. 수분활성도는 수분활성도 측정기(LabMaster-aw, Novasina AG, Lachen, Switzerland)를 이용하여 측정하였다. 가용성 고형분은 Park 등(2019)의 방법을 참고하였으며, 단호박 시료를 블렌더에 1분간 마쇄한 후, 5 g을 정량하여 증류수 45 mL로 희석한 후 균질기(T25 digital ultra Turrax,

Table 1. Drying conditions which designed by central composite design

Condition No.	X_1 ¹⁾	X_2 ²⁾
1	30	4
2	30	6
3	30	8
4	40	4
5	40	6
6	40	8
7	50	4
8	50	6
9	50	8
10	40	6
11	40	6
12	40	6
13	40	6

¹⁾Drying temperature (°C).

²⁾Drying time (h).

IKA, Staufen, Germany)에 10,000 rpm으로 1분간 균질화하고 3시간 동안 방치하여 당을 추출하였다. 당도계(PR-101a, Atago Co., Ltd., Tokyo, Japan)에 추출액을 사용하여 3회 반복 측정하였다.

2.6. 물성 측정

물리적 특성 측정은 Sin과 Lee(2011)의 방법을 참고하여 측정하였다. Rheometer(Compac-100, Sun Scientific Co., Ltd., Tokyo, Japan)를 이용하여 건조 조건별 시료를 1.5×1.5 cm로 자르고 무작위로 선택하여 강도와 경도를 측정하였다. Rheometer의 측정 조건은 직경 5 mm의 원형 adapter(No.5)를 사용하였고, 로드셀 최대 용력은 10 kg, 진입 깊이는 10 mm, 테이블 이동 속도는 60 mm/min로 하여 진입 깊이까지 가해지는 강도와 경도(kg/cm²)를 측정하였다.

2.7. 유리당 분석

유리당 분석은 Hwang 등(2012)의 방법을 참고하였으며, 가용성 고형분을 측정된 여액의 상등액을 HPLC(e-2695, Waters Co., Milford, MA, USA)를 이용하여 분

적하였다. 유리당 분석용 column은 Asahipak NH2P-50 4E(Shodex F7630001 4.6×250 mm)를 사용하였고, 이동상은 75% acetonitrile, flow rate 1.0 mL/min, column oven 35°C, injection volume은 10 μ L로 설정하여 RI detector(2414, Waters Co., Milford, MA, USA)로 검출하였다.

2.8. 통계처리

실험에서 얻어진 결과는 SPSS 25(Statistical Package for the Social Sciences, IBM-SPSS Inc., Thomwood, NY, USA)를 이용하여 분산 분석하였으며, 분석한 결과 시료 간의 차이가 있는 항목에 대해서는 Duncan's multiple range test로 사후 검정을 실시하였다($p < 0.05$).

3. 결과 및 고찰

3.1. 전처리 방법별 단호박 건조품 관능평가

관능평가는 소비자가 부가가치 부여의 목적으로 제조된 식품에 대해 어떻게 받아들이는지를 측정하는 평가 방법으로, 식품 연구와 더불어 정량적인 관능 분석 및 소비자들의 평가 결과의 필요성이 높아지고 있다(Kwak, 2016). Song 등(2021)은 건열, 습열, 마이크로웨이브 등 3가지 단호박 전처리 방법의 시간을 결정하고 처리를 통해 품질분석을 진

행하였으나, 실제 소비자가 받아들이는 평가인 관능평가는 실시하지 않아 본 연구에서 관능평가를 진행하여 소비자들의 만족도를 평가하고자 하였다.

각 전처리를 진행하고 40°C에 6시간 동안 열풍 건조한 단호박 건조품을 각각 OD(oven-dried, 건열), SD(steam-dried, 습열), MD(microwave-dried, 마이크로웨이브)로 명명하였다. 명명한 단호박 건조품에 대해 관능평가를 진행하여 감각 수용도와 기호도를 평가하고 그 결과를 Table 2, 3에 나타냈다. 감각 수용도 평가에서 SD는 향과 색에 대한 감각 수용도 평가가 각각 3.45와 4.12점으로 가장 높게 평가되었으며, 단단한 정도는 2.30점으로 가장 낮게 평가되었다. 단맛과 전체적인 맛은 유의성의 차이는 검증되지 않았으나, 각각 2.97, 3.12점으로 높은 평가를 받았다.

기호도 평가에서는 색에 대한 평가가 SD(4.25), MD(3.13), OD(2.38) 순으로 평가되었으며, 다른 평가항목에서는 유의성이 검증되지 않았다. 그러나 향, 전체적인 맛, 전반적 기호도, 재섭취 의사에 대한 평가에서 SD는 가장 높은 평가를 나타내 전반적으로 만족도가 높은 단호박 건조품으로 사료된다. Kim 등(1995)의 조리방법에 따른 버섯의 관능적 특성에 대한 연구에서도 마이크로웨이브로 처리한 시료보다 습열처리한 시료의 기호도가 높게 평가된 결과와 일치하였다. 그러나, Kim 등(2013)의 전처리 조건 및 건조방법에

Table 2. Sensory acceptance evaluation of dried sweet pumpkin by pretreatment

Test ¹⁾	Flavor	Odor	Color	Hardness	Sweet	Overall taste
OD	3.00±0.90 ^{b2)}	2.67±1.1 ^{1a}	3.09±1.13 ^b	3.79±0.99 ^a	2.67±0.96 ^a	2.85±0.71 ^a
SD	3.45±0.71 ^a	3.21±1.24 ^a	4.12±0.89 ^a	2.30±1.02 ^c	2.97±1.02 ^a	3.12±0.89 ^a
MD	2.94±1.09 ^b	2.73±1.10 ^a	3.36±1.22 ^b	3.18±1.16 ^b	2.94±0.86 ^a	3.03±0.88 ^a

¹⁾OD, oven-dried; SD, steam-dried; MD, microwave-dried.

²⁾The same superscripts (^{a-c}) in a column are not significantly different each other at $p < 0.05$ level by the Duncan's multiple range test.

Table 3. Preference evaluation of dried sweet pumpkin by pretreatment

Test ¹⁾	Flavor	Odor	Color	Hardness	Sweet	Overall taste	Overall preference	Retake opinion
OD	2.88±0.91 ^{a2)}	3.22±1.04 ^a	2.38±0.83 ^c	2.72±1.20 ^a	2.84±1.14 ^a	2.78±1.13 ^a	2.79±0.93 ^a	2.39±1.34 ^a
SD	3.13±0.94 ^a	2.91±1.12 ^a	4.25±0.84 ^a	3.25±0.92 ^a	3.28±1.28 ^a	3.31±1.03 ^a	3.33±1.05 ^a	3.07±1.44 ^a
MD	2.66±1.07 ^a	2.72±1.05 ^a	3.13±1.31 ^b	3.35±1.02 ^a	3.34±1.07 ^a	3.19±1.03 ^a	3.09±1.01 ^a	2.57±1.55 ^a

¹⁾OD, oven-dried; SD, steam-dried; MD, microwave-dried.

²⁾The same superscripts (^{a-c}) in a column are not significantly different each other at $p < 0.05$ level by the Duncan's multiple range test.

따른 건조대추에 대한 연구에서는 습열처리한 품목의 기호도가 낮게 평가된 것과 반대의 결과로 나타났다. 버섯이나 호박과 같은 재료는 섭취 전에 가열처리를 거쳐 섭취하나, 대추는 생식으로 섭취하기 때문에 이러한 결과는 실험재료로 사용된 재료의 평소 섭취 방법과 관련된 것으로 판단된다. 관능평가 결과, 향과 색에 대한 감각 수용도가 높게 평가되었고, 기호도 평가에서 색을 비롯한 다양한 항목에서 가장 높은 평가를 받은 습열 처리 방법을 단호박 건조품 제조를 위한 전처리 방법으로 선정하였으며, 반응표면분석법으로 단호박 건조품 제조를 위한 건조조건 최적화를 진행하였다.

3.2. 습열 처리한 단호박 건조품의 품질

반응표면분석법으로 제시된 13개의 건조조건(Table 1)으로 열풍 건조를 진행한 단호박 건조품의 품질 요소인 수분 함량, 수분활성도, 가용성 고형분, 강도, 경도, 과당, 자

당, 포도당을 측정하고 Table 4에 나타났다.

수분함량은 13.07-50.77%, 수분활성도는 0.676-0.908, 가용성 고형분은 22.00-47.33 °Brix, 강도는 1.87-23.72 kg/cm², 경도는 5.68-48.63 kg/cm², 과당은 19.71-81.95 mg/g, 포도당은 8.67-95.65 mg/g, 자당은 13.67-85.28 mg/g의 범위를 나타냈다. 수분함량은 30℃에서 4시간 동안 건조한 건조품이 가장 높은 수분함량을 보였고, 50℃에서 8시간 동안 건조한 건조품에서 가장 낮은 수분함량을 보였다. 또한, 같은 건조 온도에서 건조 시간이 증가할수록, 같은 건조 시간에서 건조 온도가 증가할수록 수분함량은 감소하였다. 반응표면에서도 건조 온도와 시간이 증가하면서 감소하는 모형을 보였으며, 온도보다 시간이 증가할 때 감소 곡선의 기울기가 크게 나타났다(Fig. 1). 한편, 40℃에 8시간 동안 건조한 수분함량과 50℃에 6시간 동안 건조한 수분함량이 비슷하게 나타났는데, Kim 등(2020)의 연구에서도 동일한 수분함량을 목표로 열풍건조를 진행한 결과 건

Table 4. Quality analysis of steamed sweet pumpkin for each drying condition

Exp.	Y ₁ ¹⁾	Y ₂ ²⁾	Y ₃ ³⁾	Y ₄ ⁴⁾	Y ₅ ⁵⁾	Y ₆ ⁶⁾	Y ₇ ⁷⁾	Y ₈ ⁸⁾
1	50.77±0.37 ⁹⁾	0.908±0.025	22.00±1.00	11.61±1.29	31.29±0.65	19.71±0.98	8.67±1.20	13.67±0.83
2	26.70±0.14	0.884±0.005	29.67±0.58	19.8±0.79	48.63±3.29	20.28±0.42	20.39±0.32	17.16±0.18
3	16.81±0.11	0.840±0.044	34.00±2.00	10.54±0.36	22.72±1.13	24.46±1.3	26.07±2.27	21.52±1.58
4	46.91±0.35	0.891±0.017	25.33±1.15	2.28±0.03	9.21±0.06	22.37±2.23	25.52±2.95	15.66±1.79
5	18.99±0.06	0.846±0.003	30.33±0.58	4.68±0.08	13.77±0.19	27.97±0.17	26.18±0.26	20.83±0.88
6	14.77±0.10	0.777±0.052	35.33±1.15	11.38±0.54	28.76±0.34	32.61±1.45	33.19±3.23	31.60±2.51
7	44.11±0.08	0.838±0.027	27.67±0.58	1.87±0.03	5.68±0.07	47.28±3.18	53.97±3.56	45.45±3.75
8	14.52±0.12	0.676±0.010	35.33±1.53	6.69±0.41	17.41±1.42	76.51±1.91	89.68±2.36	76.11±2.29
9	13.07±0.07	0.654±0.016	47.33±0.58	23.72±0.64	19.82±1.15	81.95±1.93	95.65±2.51	85.28±1.91
10	17.66±0.06	0.810±0.010	34.33±1.53	3.55±0.47	14.09±0.13	25.41±2.08	25.39±2.78	21.09±2.98
11	19.12±0.17	0.820±0.040	34.00±1.00	4.72±0.41	13.79±0.31	24.43±0.36	25.36±1.22	20.35±3.55
12	20.18±0.20	0.820±0.000	34.67±1.15	4.02±0.33	14.18±0.52	30.72±4.30	25.52±2.15	20.62±3.52
13	19.25±0.38	0.820±0.030	33.33±1.53	4.65±0.29	14.17±0.71	27.47±2.85	26.29±3.21	21.03±2.73

¹⁾Moisture contents (%).

²⁾Water activity (Aw).

³⁾Soluble solids (°Brix).

⁴⁾Strength (kg/cm²).

⁵⁾Hardness (kg/cm²).

⁶⁾Fructose (mg/g).

⁷⁾Glucose (mg/g).

⁸⁾Sucrose (mg/g).

⁹⁾Values are mean±standard deviations of three (n=3) measurements.

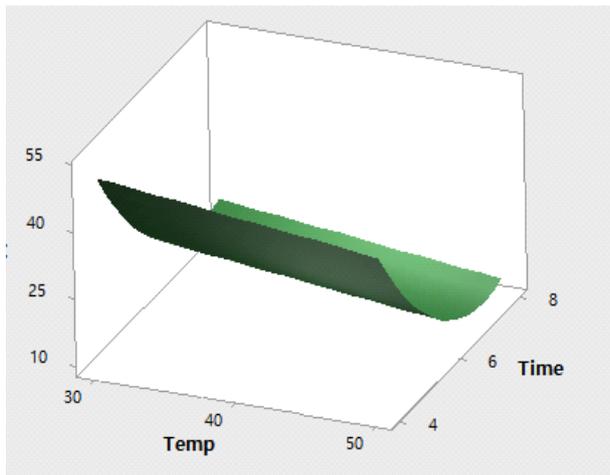


Fig. 1. Surface plot of moisture contents according to hot-air drying temperature and time of steamed sweet pumpkin.

조 온도가 증가할수록 건조 시간은 감소하였다. 따라서 적절한 건조의 온도와 시간의 설정은 비용이나 에너지를 절감할 수 있는 요인이며, 수분 함량뿐만 아니라 다양한 정보와 함께 고려되어야 한다.

수분활성도는 수분함량과 비슷하게 건조 온도와 건조 시간이 증가할수록 수분활성도는 낮아지는 경향을 보였다. 반응표면에서도 건조 온도와 건조 시간이 증가함에 따라 감소하는 모형이 나타났으며, 건조 시간보다는 건조 온도의 증가에 따른 수분활성도의 감소 폭이 크게 나타났다(Fig. 2). 채소류는 열풍 건조를 진행함에 따라 건조 특성 중 하나인 표면경화 현상이 나타난다고 보고되었다(Youn 등, 1997). 수분활성도를 측정하기 위해선 식품과 수분활성도 측정기기 내부의 수분평형이 이루어져야 하는데, 표면경화 현상이 일어난 식품은 수분평형 시 흡수하는 속도가 느리고 내부로 이동하는 수분의 양이 적어져(Kim 등, 2005), 식품의 수증기압이 낮아 수분활성도가 낮게 나타난다. 본 실험에서도 건조 온도와 건조 시간이 증가함에 따라 열풍에 대한 노출이 증가해 단호박의 표면경화의 진행이 심화되어 수분활성도가 감소하는 경향을 보이는 것으로 사료된다.

반대로 가용성 고형분은 수분의 함량과 반대로 시료에 수분이 감소할수록 증가되었는데, Kim 등(2009), Lee 등(2014), Koo 등(2019)의 감, 오미자, 참외에 대한 연구에서도 수분 함량이 감소될수록 증가되는 경향을 나타냈다. 가용성 고형분의 증가와 관련된 유리당의 함량도 같이 증가

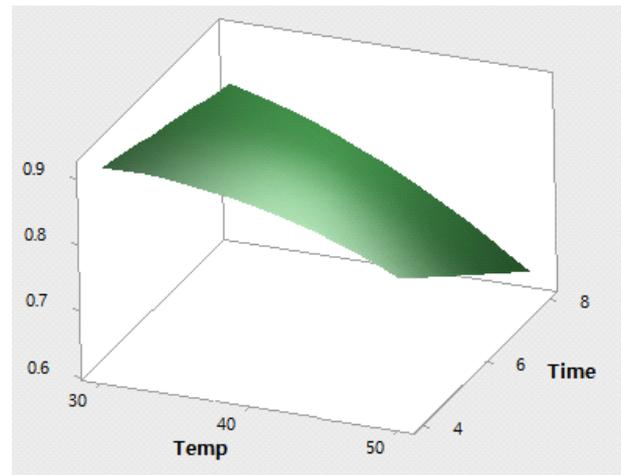


Fig. 2. Surface plot of water activity according to hot-air drying temperature and time of steamed sweet pumpkin.

하였으며, Park 등(2017)의 연구에서도 가용성 고형분의 증가 양상과 유리당의 증가 양상이 비슷하게 나타난다고 보고하였다. 반응표면에서 가용성 고형분은 건조 온도보다 건조 시간의 증가에 따른 모형의 기울기가 크게 나타났으며, 유리당인 과당, 포도당, 자당은 건조 온도의 증가에 따른 기울기가 더욱 크게 나타났다(Fig. 3).

물성을 나타내는 지표인 강도와 경도는 40, 50°C에서 건조 시간이 지날수록 증가하는 경향을 보였는데, 이는 Shin과 Lee(2011)의 습열 처리 후 말린 고구마에 대한 연구에서 밤 고구마와 호박고구마 모두 건조 시간이 지날수록 증가하는 결과와 일치하는 경향을 보였다. 이는 건조 온도와 건조 시간이 증가함에 따라 표면경화가 진행되어 강도와 경도가 높아지는 것으로 판단된다. 그러나 30°C에서 건조를 진행했을 때, 건조 시간이 증가함에 따라 강도와 경도가 증가하였다가 다시 감소하는 경향을 보였다. 또한, 40°C와 50°C에서 건조한 시료에 비해 적은 시간에 건조한 시료의 물성이 높게 나타났다. Hong과 Lee(2004)는 건조방법에 따른 단호박의 품질특성에 대한 연구에서 낮은 온도로 건조한 단호박의 다공성 조직이 덜 손상되었다고 보고하였다. 본 실험에서도 습열처리한 단호박이 비교적 낮은 온도인 30°C에서 건조가 진행되어 높은 온도에서 건조가 진행된 단호박보다 내부조직의 손상이 적어 30°C에서 4시간 동안 건조한 단호박의 강도와 경도가 40, 50°C에서 같은 건조 시간인 4시간 동안 건조한 단호박에 비해 높게 나타난 것으로 판단된다. 또한, 30°C에서

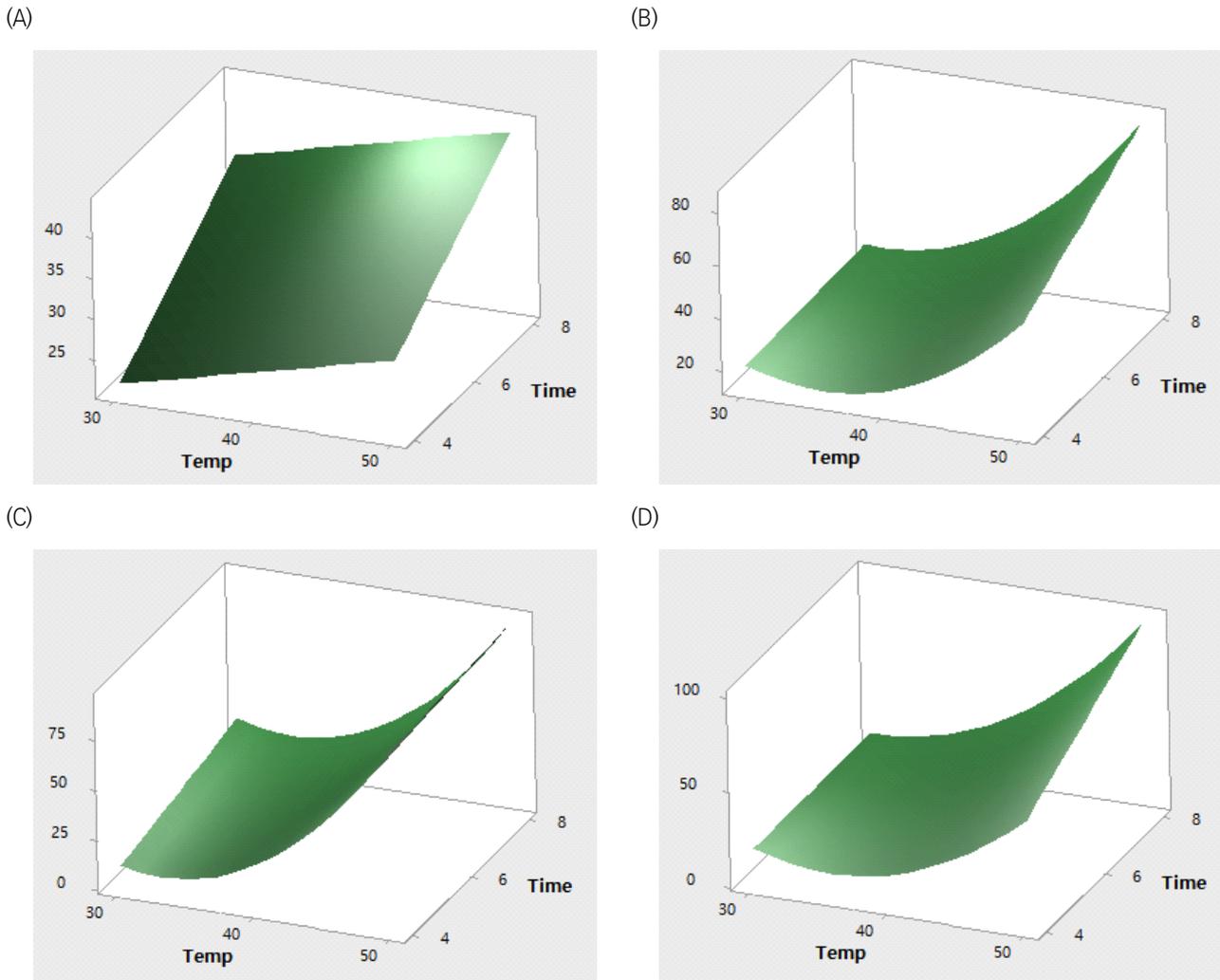


Fig. 3. Surface plot of soluble solids (A), fuctose (B), glucose (C), sucrose (D) according to hot-air drying temperature and time of steamed sweet pumpkin.

건조 시간이 증가함에 따라 내부 수분의 증발과 함께 표면경화현상이 진행되어 강도와 경도가 증가하였고, 8시간 동안 건조를 통해 수분함량이 1/3가량으로 감소하고, 수분활성도 또한 감소하면서 내부구조의 붕괴가 심화되어 강도와 경도가 감소된 것으로 사료된다. 강도의 반응표면은 온도가 증가함에 따라 감소하다가 증가하는 모형을 보였으며, 시간의 증가에 따라서는 증가하는 모형을 나타냈다(Fig. 4).

3.3. 습열 처리한 단호박 건조품의 관능평가

각 건조조건에 의해 제조된 단호박 건조품에 대한 관능평가는 Table 5, 6에 나타냈다. 감각 수용도 평가에서 단호박의 혐기적 호흡에 의해 생성된 이취가 낮은 온도인 30℃

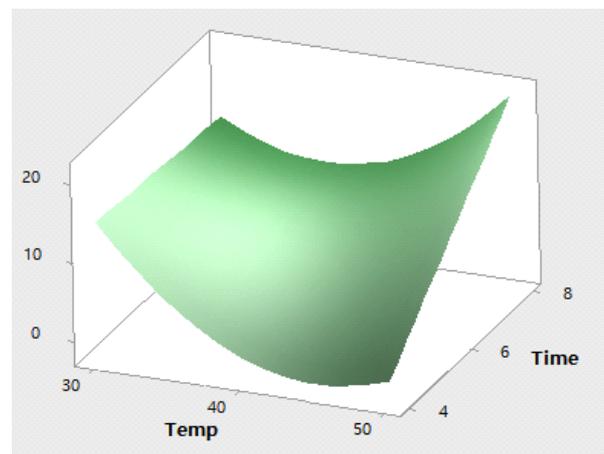


Fig. 4. Surface plot of strength according to hot-air drying temperature and time of steamed sweet pumpkin.

Table 5. Sensory acceptance evaluation of steamed-dried sweet pumpkin

Exp.	Flavor	Odor	Color	Hardness	Sweet	Overall taste
1	2.91±1.04 ^{a1)}	3.30±1.16 ^{ab}	3.76±0.90 ^a	2.15±1.15 ^f	2.76±0.97 ^a	2.82±0.77 ^{ab}
2	3.06±0.93 ^a	3.36±1.06 ^a	3.58±0.90 ^a	2.03±0.95 ^f	2.58±0.79 ^a	2.70±0.92 ^{bc}
3	2.88±1.02 ^a	2.76±1.06 ^{abc}	3.79±0.96 ^a	3.24±1.06 ^{bcd}	3.15±0.94 ^a	3.30±0.81 ^a
4	3.09±1.07 ^a	3.21±1.14 ^{ab}	3.85±0.71 ^a	2.12±1.14 ^f	3.09±0.95 ^a	3.15±0.94 ^{ab}
5	3.18±0.88 ^a	2.82±1.04 ^{abc}	3.79±0.86 ^a	2.73±0.94 ^{de}	3.06±0.97 ^a	3.33±0.99 ^a
6	3.03±0.92 ^a	2.36±1.03 ^c	3.97±1.05 ^a	3.39±0.93 ^{bc}	2.91±1.04 ^a	3.24±0.94 ^a
7	3.33±1.02 ^a	3.15±1.15 ^{ab}	3.73±0.91 ^a	3.03±1.16 ^{cd}	2.88±1.14 ^a	2.97±1.02 ^{ab}
8	2.79±1.02 ^a	2.42±1.12 ^c	3.70±0.92 ^a	3.67±1.11 ^b	2.82±0.77 ^a	2.88±0.82 ^{ab}
9	2.42±1.00 ^a	2.28±1.30 ^c	3.42±1.15 ^a	4.73±0.76 ^a	2.48±1.15 ^a	2.33±1.24 ^c
10	3.09±0.95 ^a	2.52±1.12 ^c	3.45±0.79 ^a	2.27±1.07 ^{ef}	2.85±1.00 ^a	2.82±0.85 ^{ab}
11	3.00±1.00 ^a	2.88±1.24 ^{abc}	3.61±1.00 ^a	2.73±0.98 ^{de}	2.88±0.82 ^a	2.88±0.82 ^{ab}
12	2.97±1.02 ^a	2.67±1.08 ^{bc}	3.55±1.06 ^a	2.45±0.87 ^{ef}	3.12±0.86 ^a	3.18±0.85 ^{ab}
13	2.75±0.95 ^a	2.75±1.19 ^{abc}	3.61±0.90 ^a	2.73±0.98 ^{de}	2.97±0.92 ^a	2.94±0.86 ^{ab}

¹⁾The same superscripts (^{a-f}) in a column are not significantly different each other at p(0.05 level by the Duncan's multiple range test.

Table 6. Preference evaluation of steamed-dried sweet pumpkin

Exp.	Flavor	Odor	Color	Hardness	Sweet	Overall taste	Overall preference	Retake opinion
1	2.63±0.98 ^{a1)}	2.34±1.04 ^a	4.00±0.84 ^a	2.22±1.01 ^d	2.69±1.15 ^a	2.69±0.78 ^{bc}	2.64±0.82 ^{ef}	2.26±1.26 ^{bcd}
2	2.41±0.80 ^a	2.38±0.83 ^a	3.75±1.05 ^{ab}	2.38±1.13 ^{cd}	2.67±0.96 ^a	2.7±0.98 ^{bc}	2.61±0.86 ^f	2.33±1.18 ^{abcd}
3	2.64±1.08 ^a	2.97±0.98 ^a	3.36±1.22 ^{bc}	3.12±0.93 ^{ab}	3.21±1.17 ^a	3.48±0.76 ^a	3.33±0.82 ^{ab}	3.15±1.38 ^a
4	2.58±1.03 ^a	2.45±1.03 ^a	3.55±0.83 ^{abc}	2.61±1.12 ^{abcd}	3.06±0.90 ^a	3.15±0.91 ^{ab}	3.15±0.97 ^{abcd}	2.48±1.45 ^{abc}
5	2.76±1.00 ^a	2.82±1.01 ^a	3.30±0.98 ^{bc}	2.91±1.16 ^{abc}	3.12±1.19 ^a	3.12±1.14 ^{abc}	3.21±0.93 ^{abc}	2.63±1.47 ^{abc}
6	2.91±1.01 ^a	2.97±1.13 ^a	3.58±1.06 ^{abc}	3.15±1.09 ^a	3.21±1.17 ^a	3.24±1.12 ^{ab}	3.48±0.94 ^a	2.81±1.39 ^{abc}
7	2.88±0.96 ^a	2.70±1.10 ^a	3.70±0.81 ^{ab}	2.76±1.15 ^{abcd}	2.91±1.01 ^a	3.00±1.15 ^{abc}	3.06±1.03 ^{abcdef}	2.93±1.44 ^{ab}
8	2.76±0.97 ^a	3.03±1.07 ^a	3.39±0.90 ^{bc}	2.67±1.11 ^{abcd}	2.88±0.96 ^a	2.79±0.86 ^{bc}	2.76±0.75 ^{cdef}	2.04±1.22 ^{cd}
9	2.42±0.90 ^a	2.79±1.27 ^a	2.76±1.12 ^d	1.61±0.93 ^e	2.33±1.22 ^a	1.97±1.05 ^d	2.00±1.03 ^g	1.63±0.93 ^d
10	2.94±1.00 ^a	2.85±1.15 ^a	3.33±1.08 ^{bc}	2.55±0.97 ^{bcd}	2.85±1.15 ^a	2.58±0.83 ^c	2.67±0.82 ^{def}	2.22±1.25 ^{bcd}
11	2.64±1.06 ^a	2.61±1.12 ^a	3.06±1.14 ^{cd}	2.82±1.01 ^{abc}	2.88±1.08 ^a	2.88±0.89 ^{bc}	2.88±0.93 ^{bcdef}	2.59±1.22 ^{abc}
12	2.91±1.16 ^a	2.76±1.06 ^a	3.21±1.08 ^{bcd}	3.18±1.16 ^a	3.15±1.12 ^a	3.21±1.05 ^{ab}	3.12±0.93 ^{abcde}	2.93±1.36 ^{ab}
13	2.63±0.91 ^a	2.59±0.95 ^a	3.67±0.92 ^{ab}	2.67±0.99 ^{abcd}	3.06±0.90 ^a	2.97±0.88 ^{abc}	2.91±0.91 ^{bcdef}	2.27±1.25 ^{bcd}

¹⁾The same superscripts (^{a-g}) in a column are not significantly different each other at p(0.05 level by the Duncan's multiple range test.

에서 건조한 건조품들에서 강하다고 평가되었으며, 이는 이 취를 생성하는 물질이 휘발성 성분이기 때문에(Kim 등, 2014) 건조 온도가 낮을수록 휘발되는 양이 적어 이취의 감각 수용도가 높게 평가된 것으로 판단된다. 단단한 정도

에서는 50℃에서 건조한 건조품들이 높게 평가되었고, 높은 온도에서 건조할수록 표면경화의 진행도 때문에 단단한 정도가 높게 평가된 것으로 사료된다. 전체적인 맛은 40℃에서 건조한 건조품들이 높게 평가되었다. 감각 수용도의

반응표면을 보면 향미는 건조 온도와 시간이 증가함에 따라 감소하는 경향을 보였고, 건조 시간에 대한 감소하는 그래프의 기울기가 더 크게 나타났다. 이취도 향미와 마찬가지로 건조 온도와 시간이 증가함에 따라 감소하였고, 향미에 비해 감소하는 그래프의 기울기가 크게 나타났다. 단단한 정도는 건조 온도와 시간이 증가함에 따라 증가하였으며, 건조 온도와 시간에 따른 기울기는 비슷하게 나타났다. 단 맛은 40℃ 부근에서 가장 높게 나타났으며, 건조 시간이 증가하면서는 감소하는 모형을 나타냈다. 전반적인 맛의 반응표면은 35-40℃에서 가장 높게 나타났고 건조 시간의 증가에 따라 감소하였으나 기울기가 낮게 나타났다(Fig. 5).

기호도 평가에서는 색에 대한 기호도는 30℃와 40℃에서 건조한 건조품들이 높게 평가되었다. 단단한 정도와 전체적인 맛, 전체적인 기호도, 재섭취 의사는 40℃에서 건조한 품목이 유의적인 차이는 없었으나 가장 높은 평가점수를 나타냈다. 40℃의 온도에서 건조한 단호박 건조품이 색, 단단한 정도, 전체적인 맛, 전체적인 기호도, 재섭취 의사가 높게 평가되어, 소비자의 만족도를 충족하기 위한 단호박 건조품의 제조온도는 40℃가 적합하다고 판단되었다. 기호도 평가에 대한 반응표면을 살펴보았을 때, 이취는 건조 온도와 시간이 증가함에 따라 감소 수용도 평가와 반대로 증가하는 모형을 나타냈다. 색은 건조 온도와 시간이 증가함에 따라

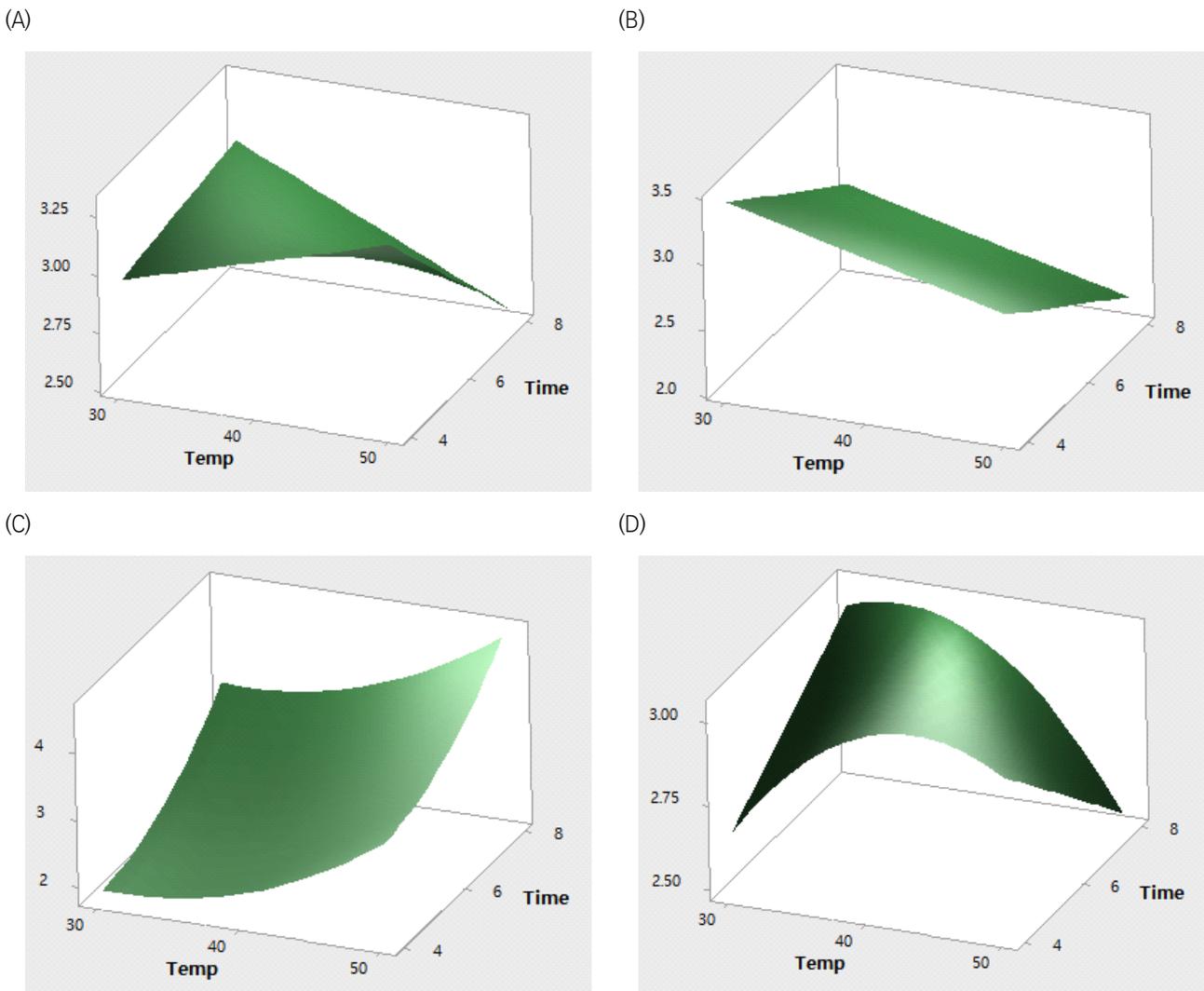
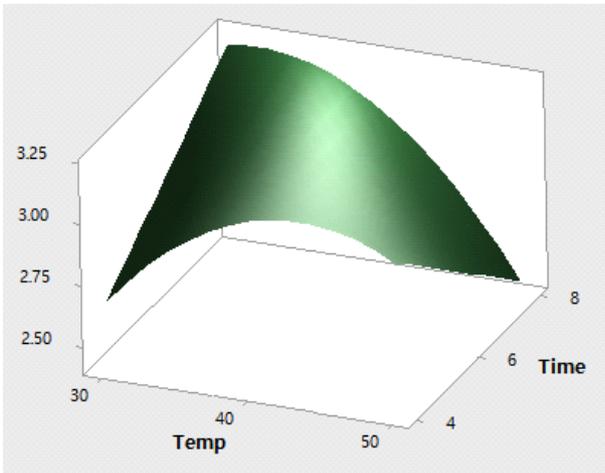


Fig. 5. Surface plot of sensory acceptance of flavor (A), odor (B), hardness (C), sweet (D), overall taste (E) according to hot-air drying temperature and time of steamed sweet pumpkin.

(E)



(continued)

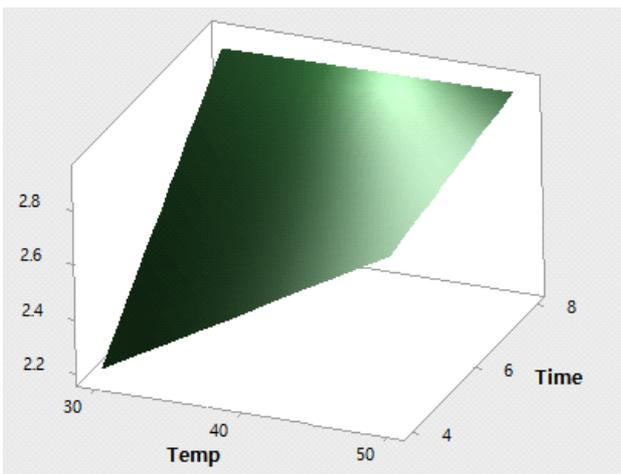
반응표면이 감소하는 모형을 나타냈다. 단단한 정도에 대한 반응표면은 40°C 부근에서 가장 높게 나타났고, 건조 시간이 증가함에 따라 증가하는 모형이 나타났다. 단맛의 반응표면은 35-40°C에서 가장 높게 나타났고, 건조 시간이 증가함에 따라 증가하는 경향을 나타냈으나 기울기가 낮게 나타났다. 전체적인 맛의 반응표면은 건조 온도와 시간이 증가함에 따라 감소하는 경향을 나타냈다. 전반적인 기호도의 반응표면은 35-40°C에서 가장 높게 나타났고, 건조 시간이 증가함에 따라 감소하는 모형을 나타냈으나 기울기가 낮게

나타났다. 재섭취 의사에 대한 반응표면은 건조 온도와 시간이 증가함에 따라 감소하는 모형을 나타냈다(Fig. 6).

3.4. 습열 처리한 단호박 건조품의 반응표면분석법을 이용한 최적 건조 조건 예측

반응표면분석을 통해 도출된 회귀식과 r^2 값, $Pr > F$ 값을 Table 7에서 나타내었다. 종속변수 중 적합성 결여(lack of fit)를 검증하는 $Pr > F$ 값이 0.05가 넘는 종속변수는 수분 함량, 수분활성도, 가용성 고형분으로, 이 3가지 종속변수가

(A)



(B)

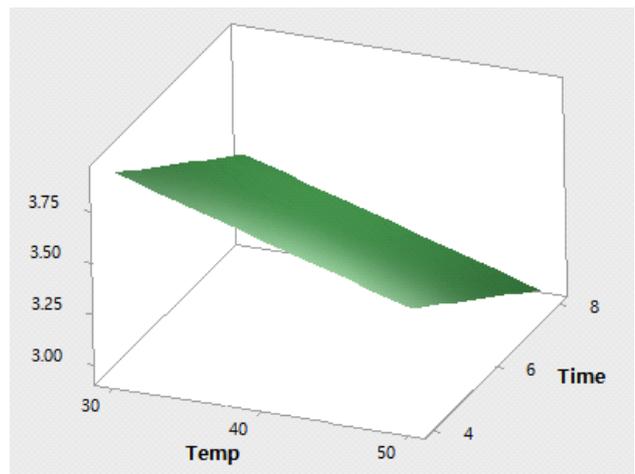
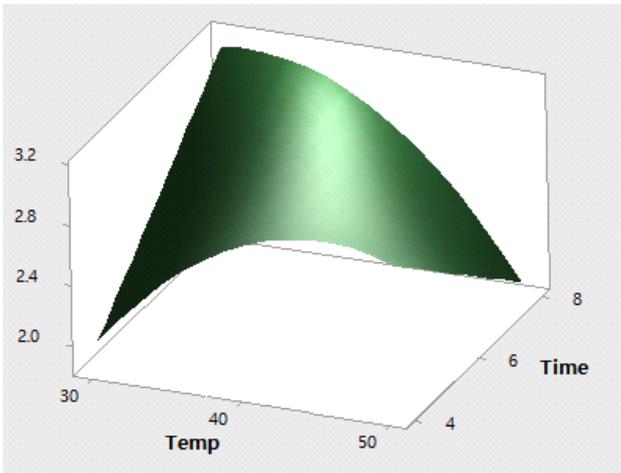
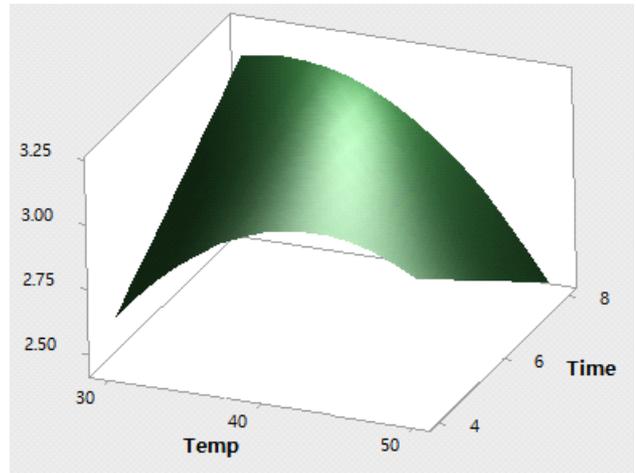


Fig. 6. Surface plot of preference of odor (A), color (B), hardness (C), sweet (D), overall taste (E), overall preference (F), retake opinion (G) according to hot-air drying temperature and time of steamed sweet pumpkin.

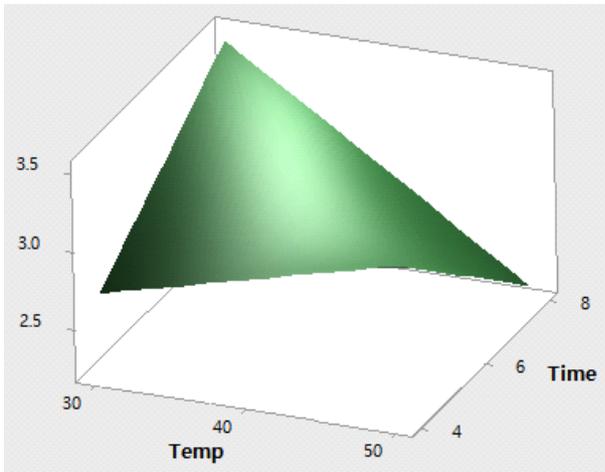
(C)



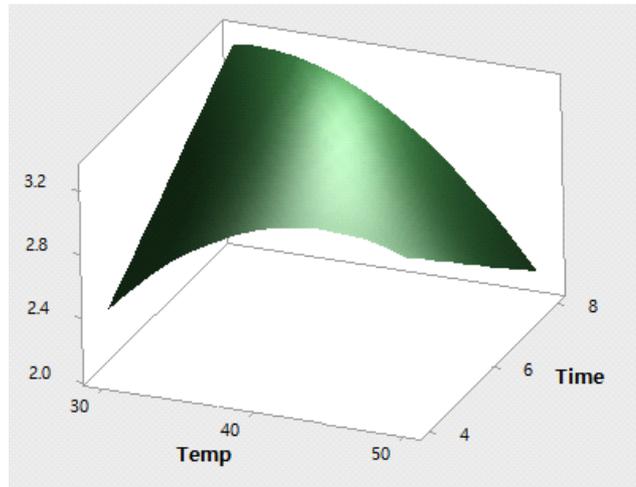
(D)



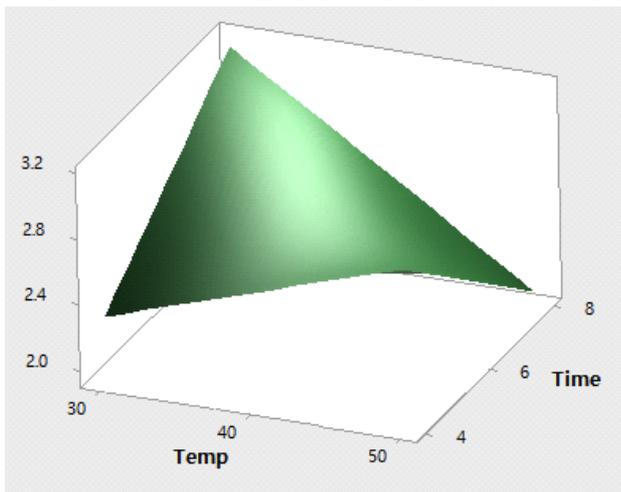
(E)



(F)



(G)



(continued)

Table 7. Regression equation of predictive quadratic polynomial model for quality factors of steamed-dried sweet pumpkin

Y _n	Response surface regression	R ² (adj)	Pr>F
Moisture contents (%)	187.37 - 0.3763 X ₁ - 42.85 X ₂ + 2.896 X ₂ ²	98.40	0.063
Water activity (Aw)	0.550 + 0.0220 X ₁ + 0.0275 X ₂ - 0.000263 X ₁ ² - 0.001450 X ₁ X ₂	90.59	0.077
Soluble solids (°Brix)	-4.71 + 0.4110 X ₁ - 3.472 X ₂	84.90	0.209
Strength (kg/cm ²)	182.6 - 7.75 X ₁ - 8.97 X ₂ + 0.0733 X ₁ ² + 0.2865 X ₂ ²	76.73	0.000
Hardness (kg/cm ²)	196.6 - 8.06 X ₁ + 0.0883 X ₁ ²	46.13	0.000
Fructose (mg/g)	282.0 - 14.09 X ₁ - 10.82 X ₂ + 0.1775 X ₁ ² + 0.374 X ₁ X ₂	95.60	0.068
Glucose (mg/g)	282.3 - 18.07 X ₁ + 8.30 X ₂ + 0.2824 X ₁ ² - 0.1429 X ₁ X ₂	99.49	0.001
Sucrose (mg/g)	-279 + 18.68 X ₁ + 16.68 X ₂ - 0.2289 X ₁ ²	80.12	0.003

$Y = b_0 + b_1X_1 + b_2X_2 + b_{11}X_1^2 + b_{12}X_1X_2 + b_{22}X_2^2.$

X₁, temperature (°C); X₂, time (h).

Pr>F: p-value>F-value

최적화 변수로서 이용되었다. 단호박 건조품과 유사한 형태를 가진 절간 건조품은 고구마말랭이, 감말랭이, 무말랭이 등이 있다. 그중 고구마말랭이는 시중에서 대표적인 절간 건조품이기 때문에 고구마말랭이의 평균치인 수분 함량 21.30%, 수분활성도 0.820, 가용성 고형분 48.00 °Brix(Hwang 등, 2020)를 목표로 최적화를 진행하였다.

최적화된 건조 조건의 온도 범위는 38.5-48.5°C로 나타났고, 시간 범위는 5.4-6.0시간으로 나타났다(Fig. 7). 최적조건의 중앙값은 42°C의 온도와 5.7시간으로 나타났으며, 이에 해당하는 예측값과 실험값을 비교하여 모델의 정확도를 검증하였고, 그 내용은 Table 8에 나타냈다. 최적 조건에서의 단호박 건조품은 수분함량 21.33%, 수분활성도 0.817, 가용성 고형분 32.46 °Brix로 예상되었고, 실제 최적조건에서 제조된 건조품의 실험값은 수분함량 22.38%, 수분활성도 0.803, 가용성 고형분 39.33 °Brix로 나타났다. 수분함량과 수분활성도는 95% 신뢰구간 범위에 들어가 있었(19.86-22.80%, 0.797-0.837)으나, 가용성 고형분은 95% 예측구간 범위(26.95-37.98)보다 더 높게 측정되었다. 그러나 가용성 고형분의 함량은 목표치인 48.00 °Brix에 더 가까이 나타나, 설계한 실험 디자인과 모델이 적합할 뿐만 아니라 이상적인 조건으로 판단된다.

4. 요약

본 연구에서는 관능평가를 통해 선정된 전처리 방법인 증

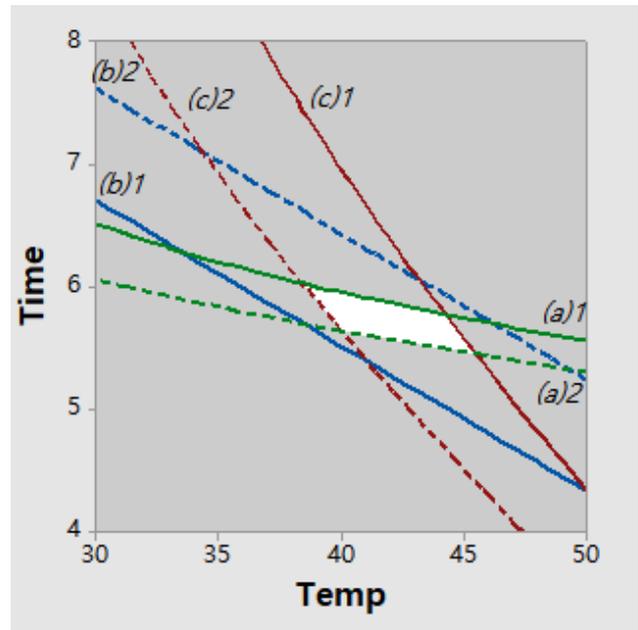


Fig. 7. Overlaid contour plot of optimized conditions. (a)1, minimum of moisture contents; (a)2, maximum of moisture contents; (b)1, minimum of water activity; (b)2, maximum of water activity; (c)1, minimum of soluble solids; (c)2, maximum of soluble solids.

자 처리한 단호박 건조품의 이화학적 특성을 비교 분석하고, 반응표면분석법을 이용하여 단호박 건조품의 건조 조건을 최적화하고자 하였다. 단호박의 전처리 방법(오븐, 증자, 마이크로웨이브)을 선정하기 위해 관능평가를 진행하였으며, 전체적인 맛에 대한 감각 수용도 평가와 기호도 평가의 다양한 항목에서 높은 평가를 받은 증자 처리를 전처리 방법으로 설

Table 8. Comparison of observed values predicting response variables according to optimal drying conditions of steamed-dried sweet pumpkin

Response variables	A	B	95% CI	95% PI
Moisture content (%)	21.33	22.38±1.08	19.86-22.80	17.26-25.40
Water activity (Aw)	0.817	0.803±0.040	0.797-0.837	0.760-0.874
Soluble solids (°Brix)	32.46	39.33±2.08	30.88-34.04	26.95-37.98

A, predicted value; B, experimental value; CI, confidence Interval; PI, prediction interval.

정하여 건조를 진행하였다. 반응표면분석은 중심합성계획법으로 실험을 디자인하였고, 독립변수로 건조 온도(30, 40, 50°C, X_1)와 건조 시간(4, 6, 8 h, X_2)을 설정하고, 종속변수로는 단호박 건조품의 수분함량, 수분활성도, 가용성 고형분, 강도, 경도, 과당, 포도당, 자당 함량을 측정하여 건조 조건을 최적화하였다. 최적화 변수로는 $P_r > F$ 값이 0.05 이상인 수분함량, 수분활성도, 가용성 고형분을 최적화 변수로 설정하였다. 최적화 결과, 42°C에 5.7시간이 최적 열풍 건조조건으로 확인되었고, 모델의 적합성을 검증하기 위해 예측값과 실험값을 비교한 결과, 수분과 수분함량은 해당하는 값이 95% 신뢰구간과 예측구간 범위 내에 나타났다. 가용성 고형분은 예측값보다 목표치에 가깝게 나타나 실험 디자인과 모델의 적합성 또한 검증되었으며, 이상적인 조건으로 판단되었다.

감사의 글

본 연구는 농촌진흥청 기관 고유 과제 연구사업(과제번호: PJ01433701)의 연구비 지원으로 수행된 과제로 이에 감사드립니다.

Conflict of interests

The authors declare no potential conflicts of interest.

Author contributions

Conceptualization: Hwang Y. Methodology: Hwang Y, Jang HY. Formal analysis: Song JM. Validation: Cho YS, Kim YS. Writing - original draft: Song JM. Writing - Review & editing: Jang HY.

Ethics approval

This research was approved by IRB (2021-04-04).

ORCID

Jung Mu Song (First author)

<https://orcid.org/0000-0002-1826-0754>

Young Hwang

<https://orcid.org/0000-0001-5687-9905>

Yong Sik Cho

<https://orcid.org/0000-0002-5485-6643>

Hyun Wook Jang (Corresponding author)

<https://orcid.org/0000-0003-1564-5939>

Yong Suk Kim (Corresponding author)

<https://orcid.org/0000-0003-1331-4175>

References

- Heo SJ, Kim JH, Kim JK, Moon KD. The comparison of food constituents in pumpkin and sweet- pumpkin. *J Korean Soc Food Cult*, 13, 91-96 (1998)
- Hong JH, Lee WY. Quality characteristics of osmotic dehydrated sweet pumpkin by different drying methods. *J Korean Soc Food Sci Nutr*, 33, 1573-1579 (2004)
- Hwang IG, Kim HY, Lee JS, Kim HR, Cho MC, Ko IB, Yoo SM. Quality characteristics of Cheongyang pepper (*Capsicum annuum* L.) according to cultivation region. *J Korean Soc Food Sci Nutr*, 40, 1340-1346 (2011)
- Hwang Y, Son YL, Kim HY, Lee HJ, Lee HW, Kim KM, Jang HW, Cho YS. Comparison of quality characteristics of dried sweet potatoes from Korea, China, and Japan. *Food Eng Prog*, 24, 366-375 (2020)

- Hyun JE, Kim HY, Kim HS, Chun JY. Drying carrot slices by combined infrared and hot air dryer and molecular press dehydration method. *J Korean Soc Food Sci Nutr*, 49, 866-875 (2020)
- Jeong KY, Kim MY, Chun SS. Quality characteristics of *Sulgidduk* with concentrated sweet pumpkin powder. *Korean J Food Cookery Sci*, 24, 849-855 (2008)
- Jung J, Jeon S, Cho H, Liu Y, Park J, Kim T. Development of machine vision system for recognition and flipping of persimmon's posture. Poster session presented at the The Korean Society of Mechanical Engineers, December, Jeongseon, Korea (2020)
- Jung SH, Ahn HK, Lee KI. The storage and quality characteristics of duteopteok added with sweet pumpkin. *Food Service Industry J*, 9, 21-33 (2013)
- Kim JG, Choi JW, Cho MA. Quality changes of fresh-cut winter squash treated with different postharvest ripening periods and packaging methods. *Korean J Food Preserv*, 21, 17-24 (2014)
- Kim JS, Han JS, Lee JS. A study for the mechanical and sensory characteristics of mushrooms by various cooking methods. *Korean J Soc Food Sci*, 11, 44-50 (1995)
- Kim JS, Kim JH, Ha YS. Absorption characteristics of soybean curd powder by drying methods. *Korean J Food Preserv*, 12, 54-61 (2005)
- Kim JW, Lee SH, No HK, Hong JH, Park CS, Youn KS. Effects of pretreatment and drying methods on quality and antioxidant activities of dried jujube (*Zizyphus jujuba*) fruit. *J Korean Soc Food Sci Nutr*, 42, 1242-1248 (2013)
- Kim KI, Hwang IG, Yoo SM, Min SG, Choi MJ. Effect of various pretreatments methods on physicochemical and nutritional properties of carrot. *J Korean Soc Food Sci Nutr*, 43, 1881-1888 (2014)
- Kim SR, Ha TY, Song HN, Kim YS, Park YK. Comparison of nutritional composition and antioxidative activity for kabocha squash and pumpkin. *Korean J Food Sci Technol*, 37, 171-177 (2005)
- Kim TH, Kim HJ. Quality characteristics of sweet pumpkin jam. *J Ind Tech Res*, 21, 35-41 (2016)
- Kim YJ, Lee S, Kim M, Kim G, Chung HS, Park HJ, Kim MO, Kwon JH. Physicochemical and organoleptic qualities of sliced-dried persimmons as affected by methods. *Korean J Food Sci Technol*, 41, 64-68 (2009)
- Kim YJ, Ma KH, Han JW, Lee SH, Chang JK, Han SH. Quality characteristics of *Rehmannia glutinosa* dried at different drying temperature. *Korean J Food Preserv*, 27, 17-24 (2020)
- Kim YS, Kim SH. Optimization of Deodeok (*Codonopsis lanceolata*) extraction condition using response surface methodology. *J Korean Soc Food Sci Nutr*, 48, 447-455 (2019)
- Koo H, Lee J, Jung H. Storage and sensory characteristics according to drying methods dried oriental melon. *Korean J Food Preserv*, 26, 606-614 (2019)
- Korea Agro-Fisheries Trade Corporation. 2017 Processed Food Segmentation Market - Raw Snack Market. 11-1543000-001893-01 (2017)
- Kwak HS. Suggestions for sensory evaluation. *Food Ind Nutr*, 1, 11-14 (2016)
- Lee JH, Lee MK. Quality characteristics of jelly incorporated with sweet pumpkin powder. *J Korean Soc Food Sci Nutr*, 42, 139-142 (2013)
- Lee KD, Lee JE, Kwon JH. Applications of response surface methodology in the food industry. *Korea Soc Food Sci Tech*, 33, 33-45 (2000)
- Lee S, Moon HK, Lee SW, Moon JN, Kim JK. Effects of drying methods on quality characteristics and antioxidative effects of Omija (*Schizandra chinensis* Bailon). *Korean J Food Preserv*, 21, 341-349 (2014)
- Lee SB. Experiments Design of Example-Oriented. Irea Tech, Korea, p 157 (2008)
- Maksan A, Kaya S, Maksan M. Hot air and sun drying of grape leather (pestil). *J Food Eng*, 54, 81-88 (2002)

- Na KM, Hong JH, Cha WS, Park JH, Oh SL, Cho YJ, Lee WY. Optimization of osmotic dehydration process for manufacturing a dried sweet pumpkin. *J Korean Soc Food Sci Nutr*, 33, 433-438 (2004)
- Oh CH, Oh NS. Manufacturing characteristics of hot-air dried apple chips at different cube size. *Culi Sci & Hos Res*, 26, 159-169 (2020)
- Park DS, Hyun JY, Kwon HS, Jeong CS. Effect of NaOCl and citric acid pre-treatment for long-term storage of winter squash 'Bochang'. *J Agric Life Environ Sci*, 28, 1-9 (2016)
- Park HS, Lee HJ, Youn KS, Kim DS, Kim HS, Lee YG, Seong JH, Chung HS. Quality comparison of hot-water leachate from teabags containing *Citrus junos* peels dried using different methods. *Korean J Food Preserv*, 24, 1088-1093 (2017)
- Shin MY, Lee WY. Physical properties and preference of a steamed sweet potato slab after mild hot air drying. *Korean J Food Cookery Sci*, 27, 73-81 (2011)
- Song JM, Kim HY, Jang HW, Cho YS, Hwang Y. Optimization of manufacturing conditions for dried sweet pumpkin using response surface methodology (RSM). *Food Eng Prog*, 25, 375-383 (2021)
- Yong HI, Kim TK, Kim YB, Jung S, Choi YS. Post COVID-19: Untact meat processing technology. *Korean Soc Food Sci Anim Resour*, 9, 2-12 (2020)
- Youn KS. Utilization of osmotic dehydration as pretreatment prior to drying. *Korean J Postharvest Sci Technol*, 5, 305-314 (1998)
- Youn KS, Bae DH, Choi YH. Effects of pretreatments on the drying characteristics of dried vegetables. *Korean J Food Sci Technol*, 29, 292-301 (1997)
- Yun JM, Kang DW. Antioxidant activity and qualitative and quantitative HPLC analyses of five types of apple blossoms prepared by two different drying methods. *Korean J Food Preserv*, 28, 780-789 (2021)