

반응표면분석에 의한 생강의 분자압축탈수 방법 최적화

이현석* · 권기현 · 김병삼 · 김종훈 · 차환수 · 정강현¹

한국식품연구원, ¹서울산업대학교 식품공학과

Optimization of the Molecular Press Dehydration Method for Ginger Using Response Surface Methodology

Hyun-Seok Lee*, Ki-Hyun Kwon, Byeong-Sam Kim, Jong-Hoon Kim, Hwan-Soo Cha, and Kang-Hyun Chung¹

Korea Food Research Institute

¹Department of Food Science and Technology, Seoul National University of Technology

Abstract The purpose of this study was to determine the optimal mixing ratios for three different concentrations of maltodextrin, dehydration time, and cutting thickness to prepare gingers using molecular press dehydration (MPD) through response surface methodology (RSM) based on the dehydration rate, rehydration rate, and a sensory evaluation. As maltodextrin concentration increased, dehydration rate, rehydration rate, external, flavor, texture, overall acceptability of the gingers tended to be high, and the color tended to be low. As the dehydration time and cutting thickness increased, dehydration rate, rehydration rate and the sensory evaluation of the gingers tended to be high. The maltodextrin concentrations were 70-82%, dehydration time was 5.2-9.2 hr, and cutting thickness levels were 1.0-1.2 mm. The optimal mixing ratios, maltodextrin concentration, dehydration time, and cutting thickness for manufacturing the best quality of gingers using molecular press dehydration were 76%, 7.2 hr, and 1.1 mm, respectively.

Key words: ginger, maltodextrin, concentration, dehydration time, cutting thickness

서 론

생강(*Zingiber officinale* Roscas)은 말레이시아와 인도 등의 열대아시아 지역이 원산지로서 추정되며 생강과(Zingiberaceae)에 속하는 다년생 초본식물의 근경으로서 독특한 향기와 맛을 지니고 있어 향신료로서의 역할을 하며 여러 가지 약리작용과 생체에 대한 보호작용 등의 기능성을 지니고 있다(1,2). 생강의 국내 생산량은 약 4만여 톤으로 충청남도 서산지역과 전라북도 완주지역에서 총 생산량의 95.6%를 차지하고 있다(3). 생강은 10°C 이하에서 생리적 장애를 가지며 18°C 이상에서 발아되어 저장관리가 어려운 여러 가지 문제점을 가지고 있어서 장기간 저장을 위해 건조를 한다(4).

향신료 및 채소의 건조는 저장기간을 증대시키기 위한 방법인데 열풍건조, 동결건조, 삼투압건조 등이 대표적으로 사용된다(5). 열풍건조는 처리가 가장 간단하고 기존의 건조방법 중 경제적인 장점을 가지지만 건조 중 높은 온도에 의하여 색, 영양성분, 맛 등의 손실이 발생하며 세포조직의 급격한 수축으로 인한 복원성의 문제를 가지게 된다(6). 동결건조는 열풍건조의 단점을 보완하며 맛, 향기 성분, 기능성 성분 등의 손실이 적고 조직의 손실이 크게 파괴되지 않는다(7). 그러나 에너지 비용이 높기 때문에

저가 채소류에는 적합하지 않으며 건조시간이 길기 때문에 제한적으로 사용되고 있다(8). 고농도의 당류나 소금용액에 시료를 침지시키고 삼투압을 이용한 건조방법은 조직의 파괴와 갈변을 최소화하지만 삼투압 건조에 사용되는 용질의 크기가 시료의 세공보다 작기 때문에 plasmolysis 즉, 원형질막의 분리현상이 나타나 탈수 효율을 낮추고 시료의 품질이 나빠지는 문제가 있다(9-12). 삼투압건조의 문제가 되는 용질 침투 현상은 plasmolysis 원리에 의한 물질 이동 현상을 설명하는 것이 대부분이었고 분자량이 큰 용질에 대한 cytorrhysis 현상 즉, 세포벽의 붕괴 현상과 관련된 탈수 및 건조에 대한 연구가 부족하다(13). 최근에 기존의 건조방법과는 다르게 maltodextrin을 이용하여 건조하는 방법을 사용하여 용질 침투 현상을 보완하고 시료의 세공 크기보다 큰 용질을 사용함으로써 원형질막 분리 현상이 일어나지 않고 세포벽을 경계로 생긴 압력에 의해 탈수되는 현상(cytorrhysis)을 이용하는 분자압축탈수 방법(14)을 활용되고 있다. 삼투압의 plasmolysis 원리를 적용하여 저분자의 탈수제가 세포벽을 통과하여 세포막을 분리, 수축하면서 탈수 한다면 분자압축 탈수방법은 고분자의 탈수제가 분자운동하여 세포벽과 막을 함께 수축하면서 탈수하는 차이가 있다. 이러한 분자압축 탈수법은 Lee 등(15)의 연구에서 인삼을 적용한 인삼분말의 품질특성에 관한 연구에서도 보고되어 있다.

따라서 본 연구에서는 복수의 독립변수들이 복합적으로 작용하여 여러 개의 종속변수들의 작용관계로 통계적 분석하여 제품개발, 공정관리, 품질관리들을 활용하는 반응표면분석(16,17)을 사용하여 분자압축탈수 방법을 적용한 생강에 탈수제 첨가량, 탈수시간, 절단 두께에 따라 탈수가 최적화 될 수 있는 탈수조건을 반응표면분석법을 이용해 최적조건을 마련하고자 한다.

*Corresponding author: Hyun-Seok Lee, Korea Food Research Institute, Seongnam, Gyeonggi 463-746, Korea
Tel: 82-31-780-9150
Fax: 82-31-780-9144
E-mail: lhs820327@hanmail.net
Received November 16, 2009; revised April 29, 2010;
accepted May 19, 2010

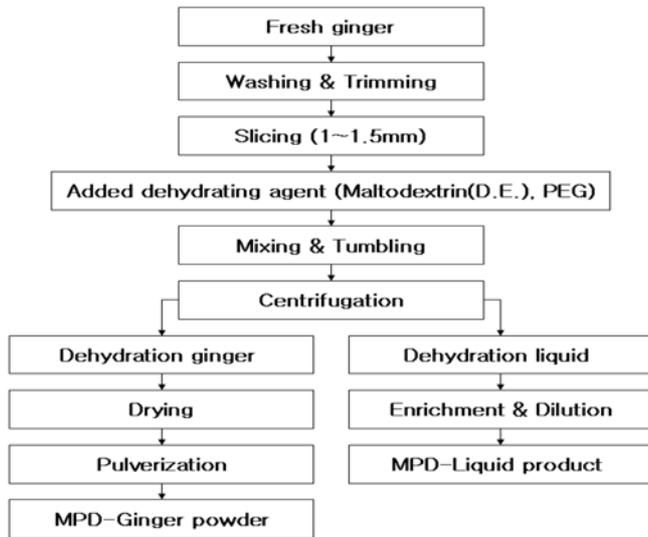


Fig. 1. Processing procedure of molecular press dehydration (MPD) drying of ginger.

재료 및 방법

실험재료

본 실험에서 사용한 생강은 충청남도 서산시에서 2009년에 수확한 것으로 서산농협에서 구입하여 외관이 양호한 상태의 생강을 구별한 후 상처와 부패가 없는 것을 선별하여 사용하였다. 탈수제로 이용된 maltodextrin(Dae Sang Co., Seoul, Korea)은 수분함량(%) 10.0 이하의 제품으로 선별 후 구입하여 사용하였다.

분자압축탈수 건조

중심합성계획(CCD, central composite design)에 따라 처리구가 16개인 생강 시료 50 g을 1, 2, 3, 4, 5 mm의 두께로 각각 절단하여 분말 형태의 탈수제 maltodextrin을 시료를 무게의 20, 40, 60, 80, 100%(w/w)씩 각각 첨가한 후, LPDE 혼합용기에 잘 혼합하여 20°C shaking incubator에서 2, 4, 6, 8, 10시간 각각 탈수를 진행 하였다. 탈수 후 시료를 3000 rpm의 고액분리기(W-100T, Hanilec Co., Seoul, Korea)를 이용하여 탈수 건조물은 20°C incubator에서 방치하여 건조하였으며 공정은 Fig. 1에 나타내었다.

탈수율

탈수율은 시료투입량과 탈수제 혼합 후 중량 대비 원심분리 후 탈수액 중량의 비율을 아래 식에 대입하여 산출하였다.

$$\text{탈수율}(\%) = \frac{\text{원심분리 후 액상}(g)}{\text{시료} + \text{탈수제}(g)} \times 100$$

복원율

복원율은 탈수건조된 시료 1 g에 증류수 50 mL를 100 mL 비커에 넣고 25°C의 항온수조에서 60분간 침지하여 재흡수 하였다. 이후 시료를 10분 주기로 꺼내어 물기를 제거한 후 무게를 측정하여 중량의 비율을 아래 식에 대입하여 산출하였다.

$$\text{복원율}(\%) = \frac{\text{재흡수된 시료무게}(g) - \text{탈수건조된 시료무게}(g)}{\text{재흡수된 시료무게}(g)} \times 100$$

관능검사

관능검사는 한국식품연구원 관능검사실 연구원 중에서 신뢰성, 건강, 실험에 대한 관심도 등을 고려하여 10명을 panel로 선정하였고 이들에게 실험의 목적과 취지를 설명하고 각각의 세부항목에 대해 잘 인지하도록 관능검사에 관한 사전 교육을 시킨 후 검사에 응하도록 하였다. 관능검사는 오후 3-4시 사이에 진행하였고 각각의 생강시료는 직경 10 cm의 흰색접시에 담아 제시하고 각 처리구별 평가항목에 대하여 아주 좋음 (9점), 좋음 (7점), 보통 (5점), 나쁨 (3점), 아주 나쁨 (1점)의 9점 척도 법으로 평가를 실시한 다음 평균치를 결과에 나타내었고 실험 처리구에 따라 탈수 건조된 상태의 외관(external), 색(color), 향기(flavor), 조직감(texture) 및 전체적인 기호도(overall acceptability)에 대하여 관능검사를 실시하였다.

통계분석

본 실험에서는 최근 식품의 제조공정이나 신제품개발 등에서 최적화 기법으로 활용되고 있는 반응표면분석법(RSM, response surface methodology)을 사용하였다. 분자압축탈수를 이용한 생강에 대한 실험계획은 중심합성계획(CCD)에 따라 독립변수(분자압축탈수 최적조건, Xn)는 탈수제 첨가량(20, 40, 60, 80, 100%), 탈수시간(2, 4, 6, 8, 10 hr), 절단 두께(1, 2, 3, 4, 5 mm)이며 각 실험조건은 -2, -1, 0, 1, 2로서 3요인 5단계로 부호화 하였다. 또한 이들 독립변수에 의해 영향을 받는 종속변수(Yn)로는 분자압축탈수를 이용한 생강의 탈수율, 복원율, 관능적 특성(external, color, flavor, texture, overall acceptability)으로 각 독립변수의 인지 수준은 Table 1과 같다. 모든 자료의 통계처리는 SAS package ver. 8.12(SAS Institute Inc., Cary, NC, USA)를 이용하여 분석하였고, 분자압축탈수의 탈수인자를 각각 독립변수로 하여 실험결과인 반응변수와의 관계를 2차 다항 회귀식으로 구하였고 1차 선형효과, 2차 곡선효과 및 각 인자간 교호작용을 살펴보았으며 독립변수에 대한 종속변수의 반응 표면상태를 3차원그래프와 등고선 분석으로 실시하였다. 회귀분석결과 임계점이 최대점이거나 최소점이 아니고 안장점일 경우 능선분석을 행하여 최적점을 구하였다.

Table 1. Experimental range and values of the independent variables in the central composite design for optimization of molecular press dehydration conditions

Independent variables	Symbol	Coded-variable levels				
		-2	-1	0	1	2
Maltodextrin concentration (%)	X1	20	40	60	80	100
Dehydration time (hr)	X2	2	4	6	8	10
Cutting thickness (mm)	X3	5.0	4.0	3.0	2.0	1.0

Table 2. Effect of drying condition of ginger using molecular press dehydration on the dehydration rate, rehydration rate and sensory evaluation to different coded values of treatment

No.	Coded level of variable ¹⁾			Responses ²⁾						
	X1	X2	X3	Y1	Y2	Sensory evaluation				
						Y3	Y4	Y5	Y6	Y7
1	40	4	4	46.73	13.03	4.7	4.5	3.5	3.5	3.5
2	40	4	2	62.31	37.33	5.2	4.6	6.5	6.8	5.9
3	40	8	4	52.99	14.83	4.9	5.5	3.8	3.9	3.6
4	40	8	2	63.37	40.66	6.0	4.5	5.9	6.8	5.7
5	80	4	4	48.66	12.96	4.5	6.7	4.0	4.0	4.6
6	80	4	2	65.50	40.71	5.7	6.7	5.7	6.9	6.7
7	80	8	4	56.03	17.36	4.6	4.2	3.3	4.8	4.3
8	80	8	2	65.26	42.02	6.2	6.4	6.5	6.8	6.5
9	60	6	3	64.91	33.62	5.6	3.1	5.1	6.9	5.6
10	60	6	3	64.23	35.53	5.7	3.5	5.5	6.9	5.5
11	20	6	3	55.08	27.44	3.5	5.2	3.2	5.4	4.1
12	100	6	3	60.25	25.55	5.2	5.9	6.7	6.5	4.9
13	60	2	3	46.83	18.71	2.8	4.2	3.2	5.2	3.5
14	60	10	3	60.71	31.35	6.1	4.5	6.4	6.0	5.8
15	60	6	5	40.18	10.18	3.1	5.4	3.3	3.0	3.2
16	60	6	1	65.41	38.15	6.4	5.5	6.6	6.9	6.1

¹⁾X1-Maltodextrin concentration (%), X2-Dehydration time (hr), X3-Cutting thickness (mm)

²⁾Y1-Dehydration rate (%), Y2-Rehydration rate (%), Y3-External, Y4-Color, Y5-Flavor, Y6-Texture, Y7-Overall acceptability

Table 3. Polynomial equation calculated by RSM program for drying of ginger using molecular press dehydration method

Responses	Polynomial equation ¹⁾	R ² ²⁾	P-value
Dehydration rate	$Y1=19.9962+0.5872X1+7.0528X2+6.4943X3-0.0040X1^2-0.0005X2X1-0.6750X2^2-0.0006X3X1+0.8006X3X2-2.9437X3^2$	0.9871	0.0001****
Rehydration rate	$Y2=-6.4618+0.6485X1+7.8862X2+5.9800X3-0.0050X1^2+0.0018X2X1-0.5965X2^2-0.0142X3X1+0.0975X3X2-2.6025X3^2$	0.9175	0.0121*
Sensory evaluation	External $Y3=-3.4250+0.1387X1+0.9812X2+1.4875X3-0.0008X1^2-0.0012X2X1-0.0437X2^2-0.0075X3X1-0.0625X3X2-0.2250X3^2$	0.8729	0.0389*
	Color $Y4=-2.4937+0.1159X1+0.9468X2+1.0062X3-0.0004X1^2-0.0053X2X1+0.0281X2^2-0.0068X3X1-0.0687X3X2-0.0875X3^2$	0.8622	0.0481*
	Flavor $Y5=8.5437-0.0618X1+0.1937X2-1.1875X3+0.0001X1^2+0.0050X2X1-0.0312X2^2+0.0087X3X1-0.0375X3X2-0.0875X3^2$	0.8717	0.0399*
	Texture $Y6=2.8500+0.0528X1+0.7593X2+0.7687X3-0.0005X1^2+0.0009X2X1-0.0812X2^2+0.0081X3X1+0.0812X3X2-0.4875X3^2$	0.9512	0.0027**
	Overall palatability $Y7=0.3187+0.0981X1+0.8375X2+0.2875X3-0.0006X1^2-0.0012X2X1-0.0562X2^2+0.0012X3X1+0.0125X3X2-0.2250X3^2$	0.8626	0.0477*

¹⁾X1-Maltodextrin concentration (%), X2-Dehydration time (hr), X3-Cutting thickness (mm), Y1-Dehydration rate (%), Y2-Rehydration rate (%), Y3-External, Y4-Color, Y5-Flavor, Y6-Texture, Y7-Overall acceptability

²⁾R² is coefficient of determination

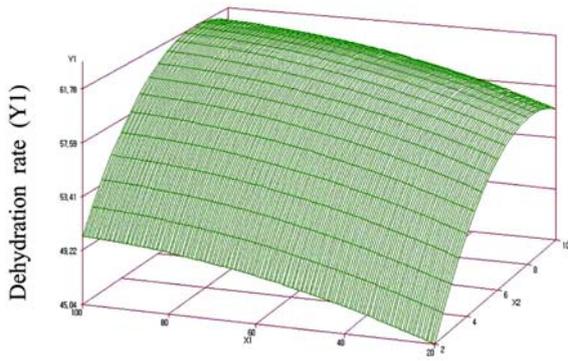
*, significant at $p<0.05$ level; **, significant at $p<0.01$ level; ***, significant at $p<0.005$ level; ****, significant at $p<0.001$ level

Table 4. Analysis of variance showing significance effects of processing variables on dehydration rate, rehydration rate and sensory evaluation properties of ginger using molecular press dehydration method

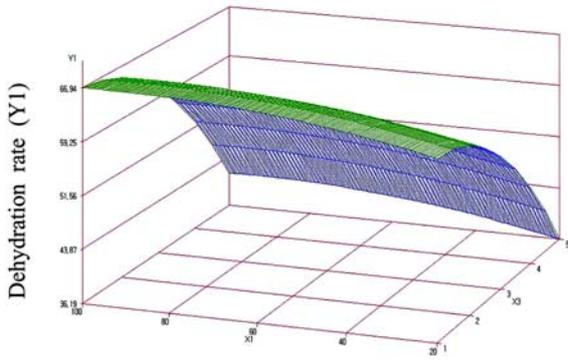
Ingredient ¹⁾	F-Ratio						
	Dehydration rate	Rehydration rate	Sensory evaluation				
			External	Color	Flavor	Texture	Overall acceptability
X1	8.60*	0.62	1.89	3.37	1.18	2.06	1.46
X2	29.01****	1.61	0.35	2.81	1.92	2.47	1.00
X3	95.22****	15.65****	4.58*	5.55*	7.24*	27.68****	7.70*

¹⁾X1-Maltodextrin concentration (%), X2-Dehydration time (hr), X3-Cutting thickness (mm)

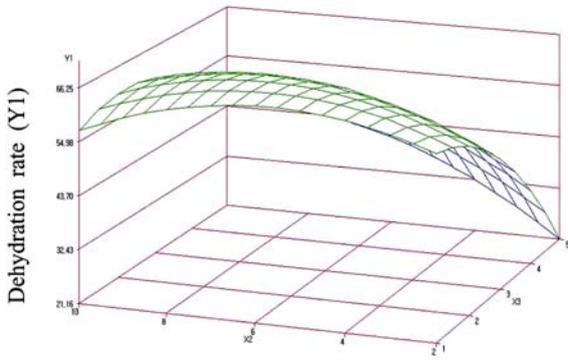
*, significant at $p<0.05$ level; **, significant at $p<0.01$ level; ***, significant at $p<0.005$ level; ****, significant at $p<0.001$ level



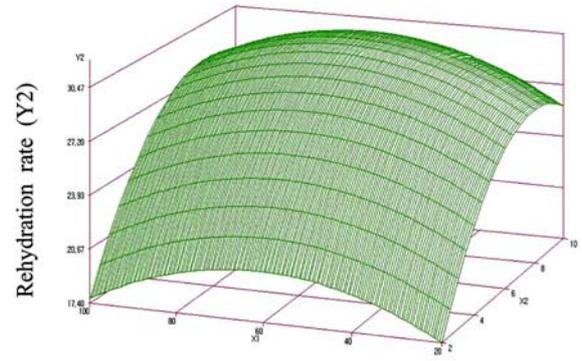
Maltodextrin concentration (X1)×Dehydration time (X2)



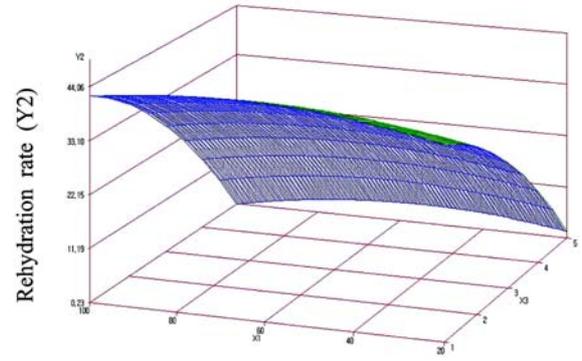
Maltodextrin concentration (X1)×Cutting thickness (X3)



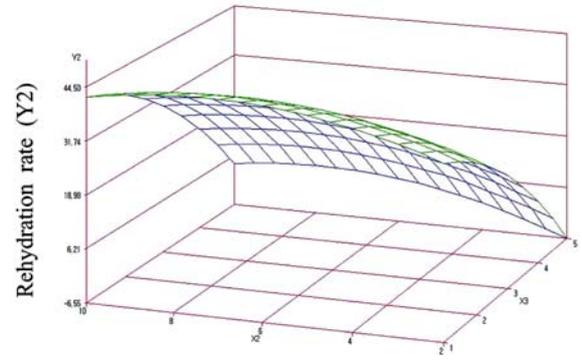
Dehydration time (X2)×Cutting thickness (X3)



Maltodextrin concentration (X1)×Dehydration time (X2)



Maltodextrin concentration (X1)×Cutting thickness (X3)



Dehydration time (X2)×Cutting thickness (X3)

Fig. 2. Response surface on dehydration ratio of ginger using molecular press dehydration method.

Fig. 3. Response surface on rehydration ratio of ginger using molecular press dehydration method.

결과 및 고찰

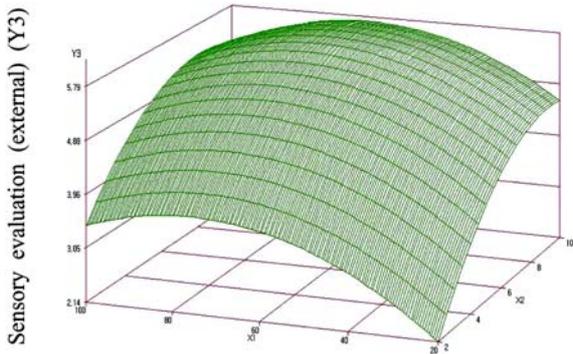
분자압축탈수 방법을 이용한 생강의 탈수 및 건조

중심합성계획법(CCD)에 의하여 5수준 3요인으로 처리한 16개 실험 처리구와 각 조건에 따른 탈수율, 복원율, 관능적 실험값인 반응변수(Y)의 평균값은 Table 2와 같다. 각각의 실험값을 살펴 보면 생강의 탈수율은 40.18-65.41%, 복원율은 10.18-42.02%의 범위를 가졌으며, 관능적 품질을 평가한 결과 탈수 건조된 상태의 외관(external)은 2.8-6.4, 색(color)은 3.1-6.7, 향기(flavor)는 3.2-6.7, 조직감(texture)은 3.0-6.9, 전체적인 기호도(overall acceptability)는 3.2-6.7의 값을 나타내었다. 분자압축탈수를 이용한 생강의 3개 독립변수에 대한 회귀분석결과는 관능검사 항목 중 외관, 색, 향을

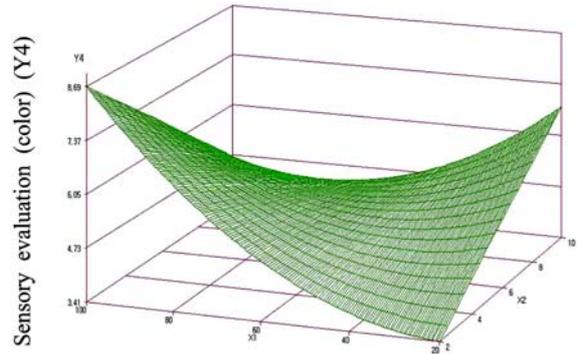
제외한 항목이 5% 이내에서 유의성이 인정되었다(Table 3). 분자압축탈수를 이용한 생강의 탈수 및 건조시 각 변수의 F-Ratio와 최적조건을 Table 4와 Table 5에 나타내었다.

탈수율

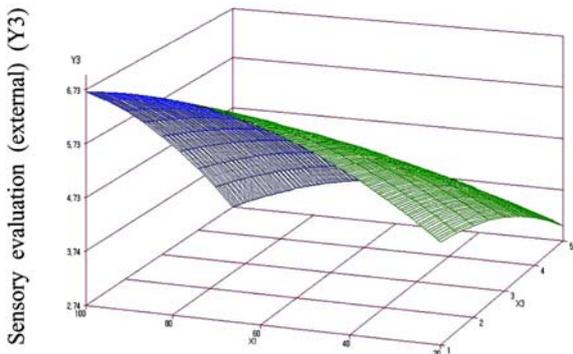
분자압축탈수를 이용한 생강의 탈수 및 건조시 독립변수(X)에 따라 달라진다. 탈수율은 P값이 0.0001로 0.1% 수준에서 유의하였고(Table 3), F-검정 결과 절단 두께는 0.1% 수준에서 유의성이 인정되었으며 탈수시간은 0.1%, 탈수제 첨가량은 5% 수준에서 유의성이 인정되었다. 절단 두께가 넓어질수록 탈수율이 높아지는 것으로 나타났다(Table 4). 또한 반응표면식의 R²값은 0.9871로 추정된 반응표면 모형이 적합하다는 것을 나타낸다. 분자압축



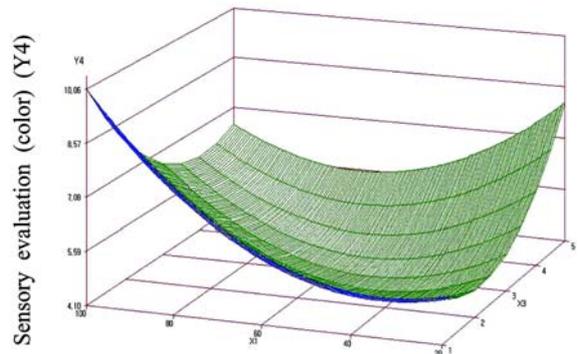
Maltodextrin concentration (X1)×Dehydration time (X2)



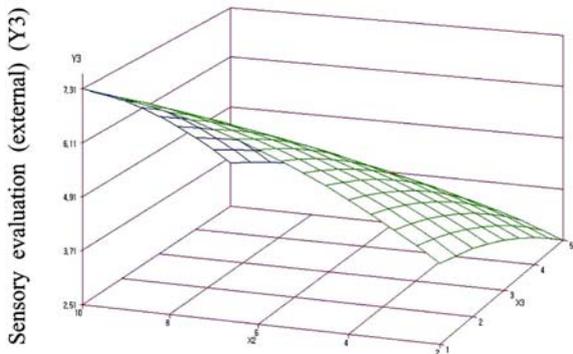
Maltodextrin concentration (X1)×Dehydration time (X2)



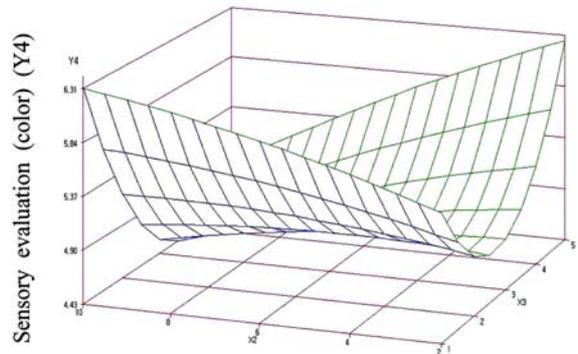
Maltodextrin concentration (X1)×Cutting thickness (X3)



Maltodextrin concentration (X1)×Cutting thickness (X3)



Dehydration time (X2)×Cutting thickness (X3)



Dehydration time (X2)×Cutting thickness (X3)

Fig. 4. Response surface on sensory evaluation (external) of ginger using molecular press dehydration method.

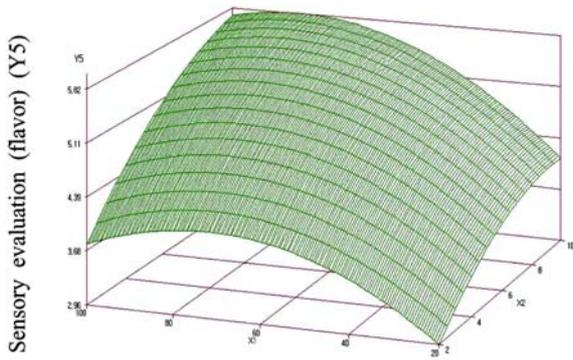
Fig. 5. Response surface on sensory evaluation (color) of ginger using molecular press dehydration method.

탈수를 이용한 생강의 탈수율에 관한 반응표면결과 얻어진 3차원 반응표면 그래프(Fig. 2)에 따르면 절단 두께가 넓어질수록 탈수율이 증가하였으며 탈수제 첨가량과 탈수시간이 증가할수록 탈수율이 높아지다가 최고지점을 지나면서 수분흡수가 일어나 낮아지는 것으로 나타났다. 이러한 결과는 Kim 등(18)의 연구에서 수분 손실이 maltodextrin 고농도 조건에서 빠르게 진행되고, 확산계수 또한 농도에 비례하는 것으로 분석된다. Mayor 등(19)의 의해 보고된 탈수제 첨가량과 침지시간에 따른 탈수속도에 관한 연구에서도 유사한 결과가 관찰되었다.

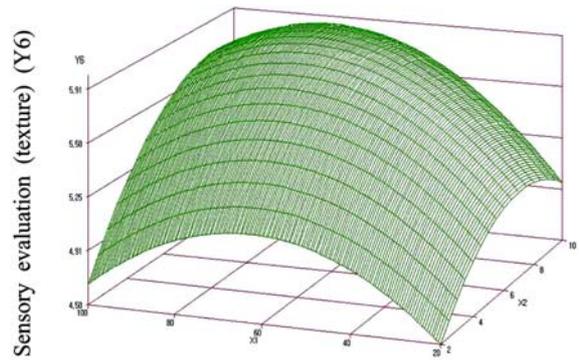
복원율

분자압축탈수를 이용한 생강의 탈수 및 건조시 복원율은 탈수

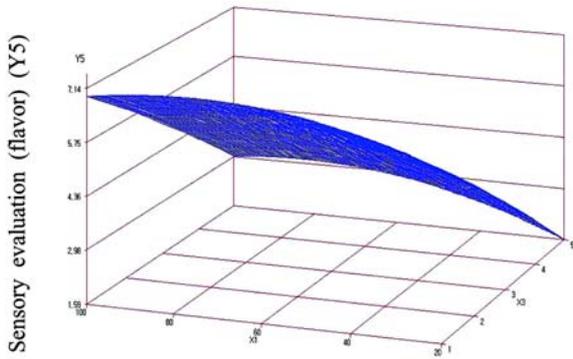
율과 같이 독립변수(X)에 따라 달라진다. 복원율의 P값이 0.0121로 5% 수준에서 유의하였고(Table 3), F-검정 결과 절단 두께는 0.5% 수준에서 유의성이 인정되어 복원율이 탈수율과 같이 절단 두께가 넓어질수록 높아지는 것으로 나타났다(Table 4). 또한 반응표면식의 R²값은 0.9175로 추정된 반응표면 모형이 적합하다는 것을 나타낸다. 분자압축탈수를 이용한 생강의 복원율에 관한 반응표면결과 얻어진 3차원 반응표면 그래프(Fig. 3)에 따르면 절단 두께가 넓어질수록 탈수율이 증가하는 탈수율의 결과 보다 더욱 증가하였고 탈수제 첨가량과 탈수시간은 뚜렷한 최적점이 나타났다. 이러한 결과는 Kim 등(20)의 연구에 의해 보고된 maltodextrin 같은 고분자 물질을 탈수제로 이용한 건조 방법이 시료의 세포 조직의 파괴를 방지하고, 또한 건조 후 친수성 감소를 최소화



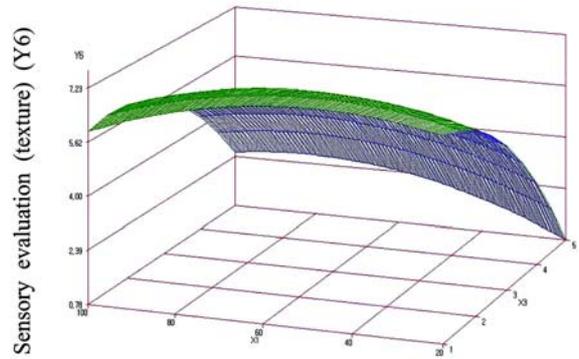
Maltodextrin concentration (X1)×Dehydration time (X2)



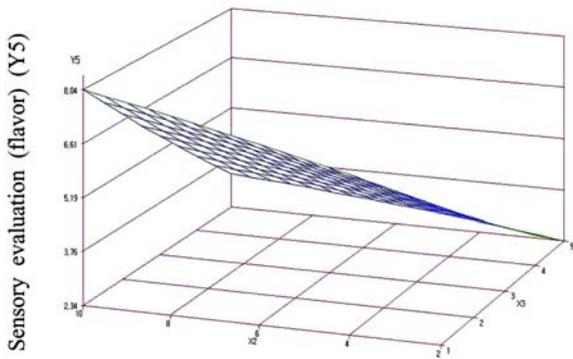
Maltodextrin concentration (X1)×Dehydration time (X2)



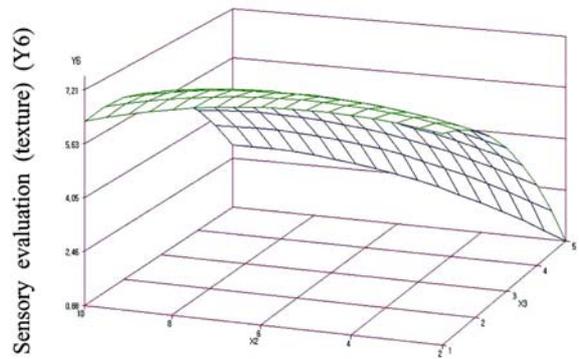
Maltodextrin concentration (X1)×Cutting thickness (X3)



Maltodextrin concentration (X1)×Cutting thickness (X3)



Dehydration time (X2)×Cutting thickness (X3)



Dehydration time (X2)×Cutting thickness (X3)

Fig. 6. Response surface on sensory evaluation (flavor) of ginger using molecular press dehydration method.

Fig. 7. Response surface on sensory evaluation (texture) of ginger using molecular press dehydration method.

하는 특성이라고 판단된다. 또한 건조 전에 당, 글리세롤 등을 처리하여 세포벽에 있는 다당류의 수소결합을 보존하여 세포벽의 파괴를 최소화한다(21).

관능검사

분자압축탈수를 이용한 생강의 탈수 및 건조시료는 외관의 P 값이 0.0389이었고 R²값은 0.8729로 5% 수준에서 유의하였다 (Table 3). 각 요인간의 관계를 보면 탈수제 첨가량, 탈수시간, 절단 두께에 따라 차이가 나타났으며 F-검정 결과 절단 두께에 의하여 탈수 및 건조된 생강의 외관이 가장 영향을 미치는 것으로 나타났다(Table 4). 반응표면결과로 얻어진 3차원 반응표면 그래프는 Fig. 4에 나타냈으며, 외관에 관한 최적점은 탈수제 첨가량

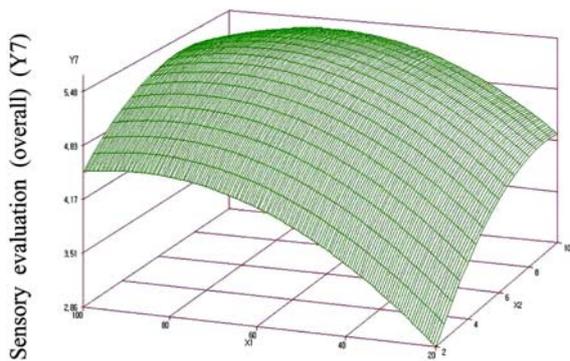
74.63%, 탈수시간 9.63시간, 절단 두께 0.72 mm로 나타났다(Table 5). 외관 평가에서 maltodextrin의 처리는 농도별로 유의적인 차이가 나타나지 않았다. 이 같은 결과는 Kim 등(22)의 연구에서 열풍건조와 동결건조한 생강과 maltodextrin의 첨가량에 따라 탈수 건조한 생강과 비교하였을 때, maltodextrin의 첨가량에 따른 생강의 외관평가의 유의적 차이는 없었지만 열풍건조와 동결건조한 시료보다는 높게 나타났다는 연구결과와 유사하였다.

분자압축탈수를 이용한 생강의 탈수 및 건조시료는 색도의 P 값은 0.0481이었고 R²값은 0.8622로 5% 수준에서 유의하였다 (Table 3). F-검정 결과 절단 두께와 탈수제 첨가량에 의하여 탈수 및 건조된 생강의 색도가 가장 영향을 받는 것으로 나타났다 (Table 4). 반응표면결과로 얻어진 3차원 반응표면 그래프는 Fig.

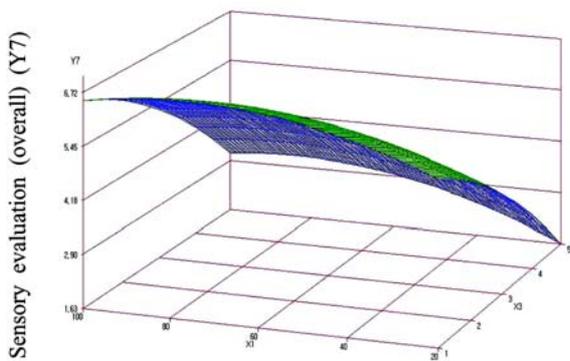
Table 5. Predicted level of optimum preparation for the maximized sensory properties of ginger using molecular press dehydration by ridge analysis and superimposing of their response surfaces

Prepare condition ¹⁾	Level for maximum responses						
	Dehydration rate	Rehydration rate	Sensory evaluation				
			External	Color	Flavor	Texture	Overall acceptability
X1	67.44	63.88	74.63	48.65	71.55	61.43	69.27
X2	6.36	6.80	9.63	5.22	5.69	5.92	6.79
X3	1.96	1.10	0.72	2.83	1.12	1.80	1.02
Morphology	Max*	Max*	Max*	Min**	Max*	Max*	Max*

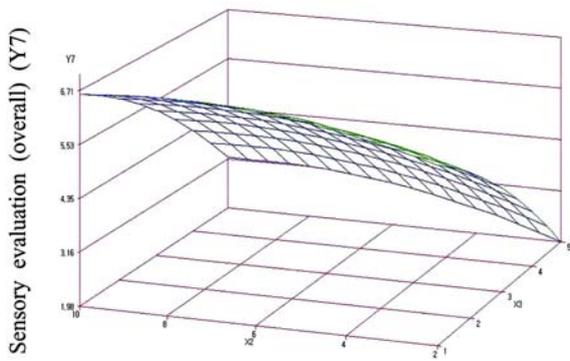
*Max, Maximum; **Min, Minimum; ***S.P., Saddle point



Maltodextrin concentration (X1)×Dehydration time (X2)



Maltodextrin concentration (X1)×Cutting thickness (X3)



Dehydration time (X2)×Cutting thickness (X3)

Fig. 8. Response surface on sensory evaluation (overall palatability) of ginger using molecular press dehydration method.

5에 나타냈으며 다른 그래프와는 다르게 최저점을 나타내었다. 이는 탈수된 생강보다는 원물의 상태를 유지하는 생강의 색도를 선호하는 것으로 판단되며 결과에서도 색도에 관한 최적점은 탈수제 첨가량 48.65%, 탈수시간 5.22시간, 절단 두께 2.83 mm로 나타나 다른 결과 값과 비교하여 탈수제 첨가량이 낮게 나타날 때 최적점을 나타내었다(Table 5). 색도의 큰 영향을 주는 것이 탈수제 첨가량이라는 결과를 나타내었다. 다른 연구(18,20,22)에서 보고된 것 같이 색도의 경우 분자압축탈수 처리에 따라 유의적인 차이는 나타나지 않았다.

분자압축탈수를 이용한 생강의 탈수 및 건조시료는 향의 P값은 0.0399이었고 R²값은 0.8717로 5% 수준에서 유의하였다(Table 3). F-검정 결과 절단 두께에 의하여 탈수 및 건조된 생강의 향이 가장 영향을 미치는 것으로 나타났다(Table 4). 반응표면결과로 얻어진 3차원 반응표면 그래프는 Fig. 6에 나타냈으며 절단 두께 1.12 mm에서 최고점을 나타내었다. 향에 관한 최적점은 탈수제 첨가량 71.55%, 탈수시간 5.69시간, 절단 두께 1.12 mm로 나타났다(Table 5).

분자압축탈수를 이용한 생강의 탈수 및 건조시 조직감은 독립변수(X)에 따라 달라진다. 조직감의 P값이 0.0027로 1% 수준에서 유의하였고(Table 3), F-검정 결과 절단 두께는 0.1% 수준에서 유의성이 인정되어 복원율, 탈수율과 같이 절단 두께가 늘어질수록 높아지는 것으로 나타났다(Table 4). 또한 반응표면식의 R²값은 0.9512로 추정된 반응표면 모형이 적합하다는 것을 나타낸다. 분자압축탈수를 이용한 생강의 조직감에 관한 반응표면결과로 얻어진 3차원 반응표면 그래프(Fig. 7)에 따라 절단 두께 1.80 mm에서 최고점을 나타내었다. 조직감에 관한 최적점은 탈수제 첨가량 61.43%, 탈수시간 5.92시간, 절단 두께 1.80 mm로 나타났다(Table 5).

분자압축탈수를 이용한 생강의 전반적인 기호도 변화는 Fig. 8에 3차원 그래프로 나타내었다. 세 요인간의 P값은 0.0477로 5% 수준에서 유의 하였고 회귀식 결정계수가 0.8626이었다(Table 3). Table 4의 F-검정결과 세 요인 중 절단 두께는 5% 수준에서 유의성이 인정되어 전체적인 기호도에 대한 영향은 절단 두께가 가장 높았고 그 다음이 탈수제 첨가량이며 가장 영향이 적은 것이 탈수시간 이었다. 전체적인 기호도에 관한 최적점은 탈수제 첨가량 69.27%, 탈수시간 6.79시간, 절단 두께 1.02 mm로 나타났다 (Table 5). 그러나 이러한 최적점을 벗어날 경우 기호도가 감소하는 경향을 보였다. 분자압축탈수를 이용한 생강의 전체적인 기호도에 있어서 모든 검사항목을 평가하는 항목으로 기호도에 관한 영향이 크을 알 수 있다. 분자압축탈수 방법이 동결 및 열풍 건조 제품과 비교한 실험결과를 나타낸 연구(18,20,22)에서도 다른 건

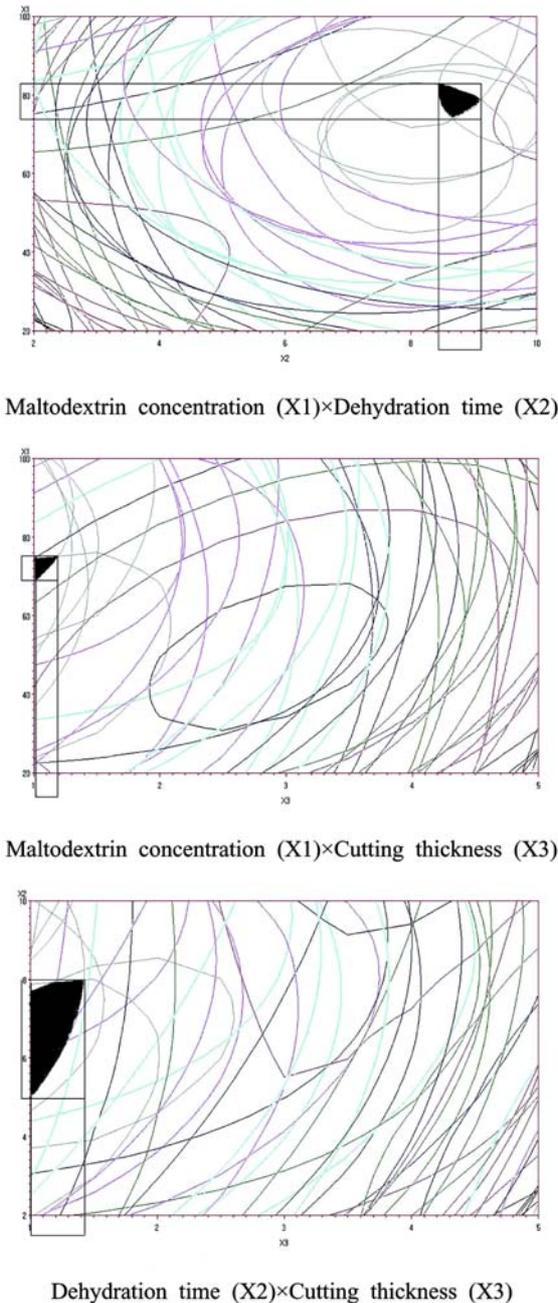


Fig. 9. Optimum condition of ginger using molecular press dehydration method.

조방식보다 품질의 우수함을 보여주었다. 본 연구를 통하여 최적화된 분자압축탈수 방법이 보다 우수한 품질을 제공할 것이라고 판단된다.

분자압축탈수를 이용한 생강의 최적화

반응표면분석 그래프로 최적조건을 결정하는 방법으로 제한변수와 등고선도를 이용하여 최적조건을 결정할 수 있다. 그러나 각 제한변수들의 반응표면은 정확하게 일치하지 않으므로 적절한 제한조건을 필요하게 한다. 앞의 탈수율, 복원율, 관능적 특성의 결과에서 나타난 제한변수로 설정하고 각 조건이 일치하는 지역을 contour map으로 구하고자 하였다. Fig. 8에서 탈수제 첨가량(X1)과 탈수시간(X2), 탈수제 첨가량(X1)과 절단 두께(X3), 탈수시간(X2)과 절단 두께(X3)의 변화에 따른 분자압축탈수를 이용한 생강의 최적조건은 Fig. 9의 어두운 부분에서 보는 바와 같이 탈수제 첨가량과 탈수시간의 경우 탈수제 첨가량이 76-82%였고, 탈수시간이 8.4-9.2시간이고 탈수제 첨가량과 절단 두께의 경우 탈수제 첨가량이 70-76%, 절단 두께가 1.0-1.2 mm이며 탈수시간과 절단 두께의 경우 탈수시간이 5.2-8.2이고 절단 두께가 1.0-1.5 mm였다. 이렇게 설정된 각 요인의 배합구간을 모두 충족시키는 부분은 탈수제 첨가량 70-82%, 탈수시간 5.2-9.2시간, 절단 두께 1.0-1.2 mm이었다. 따라서 유의성이 인정된 항목을 충족시키는 각 요인의 중앙값을 산출하여 최적점을 구하였고, 분자압축탈수를 이용한 생강의 탈수 및 건조의 최적조건은 Table 6과 같이 탈수제 첨가량 76%, 탈수시간 7.2시간, 절단 두께 1.1 mm로 결정할 수 있다.

요 약

분자압축탈수 방법을 이용하여 기존의 다른 건조방법보다 우수한 탈수 및 건조된 생강을 얻고자 생강을 이용한 분자압축탈수법에 탈수제(maltodextrin) 첨가량, 탈수시간, 절단 두께를 다르게 한 후 반응표면분석법으로 최적화하여 생강의 탈수 및 건조 최적조건을 얻고자 하였다. 분자압축탈수 방법을 이용한 생강의 탈수제 첨가량을 증가시킬수록 탈수율, 복원율, 관능적 특성의 외관(external), 향기(flavor), 조직감(texture) 및 전체적인 기호도(overall acceptability) 등은 증가하였으나 색(color)의 경우 낮아졌다. 또한 탈수시간, 절단 표면을 증가시킬수록 탈수율, 복원율, 관능적 특성이 증가하는 경향을 나타내었다. 분자압축탈수를 이용한 생강의 최적조건 범위는 탈수제 첨가량이 70-82%, 탈수시간이 5.2-9.2시간 이고 절단 두께가 1.0-1.2 mm로 설정되었다. 따라서 분자압축탈수 방법을 이용한 생강의 최적 탈수 및 건조조건은 탈수제 첨가량이 76%, 탈수시간 7.2시간, 절단 두께 1.1 mm가 적당한 것으로 나타났다.

문 헌

1. Kang JH, Ahn BW, Lee DH, Byun HS, Kim SB, Park YH. Inhibitory effects of ginger and garlic extracts on the DNA damage. Korean J. Food Sci. Technol. 20: 287-292 (1988)
2. Park KY, Kim SH, Suh MJ, Chung HY. Inhibitory effects of garlic on the mutagenicity in salmonella assay system and on the

Table 6. Optimal process conditions for maximum response of dehydration ratio, rehydration ratio and sensory evaluation superimposition their contour maps

Process conditions	Range of optimum condition	Optimum condition
Maltodextrin concentration (%)	70-82	76
Dehydration time (hr)	5.2-9.2	7.2
Cutting thickness (mm)	1.0-1.2	1.1

- growth of HT-29, human colon carcinoma cells. *Korean J. Food Sci. Technol.* 23: 370-374 (1991)
3. Chung TY, Jeong MC, Lee SE, Kim DC, Kim OW. Morphological characteristics of ginger depending on habitat. *Korean J. Food Sci. Technol.* 28: 834-840 (1996)
 4. Das P, Sarma SK. Drying of ginger using solar cabinet dryer. *J. Food Sci. Technol.* 38: 619-621 (2001)
 5. Janjai S, Srisittipokakun N, Bala BK. Experimental and modeling performances of a roofintegrated solar drying system for drying herbs and spices. *J. Food Eng.* 33: 91-103 (2008)
 6. Mazza G. Dehydration of carrots (Effects of pre-drying treatments on moisture transport and product quality). *J. Food Technol.* 18: 113-123 (1983)
 7. Krokida MK, Maroulis ZB, Saravacos GD. The effect of the method of drying on the color of dehydrated products. *Int. J. Food Sci. Tech.* 36: 53-59 (2001)
 8. George JP, Datta AK. Development and validation of heat and mass transfer models for freeze-drying of vegetable slice. *J. Food Eng.* 52: 89-93 (2002)
 9. Panagiotou NM, Karathanos VT, Maroulis ZB. Mass transfer modelling of the osmotic dehydration of some fruits. *Int. J. Food Sci. Tech.* 33: 267-284 (1998)
 10. Youn KS, Choi YH. Mass transfer characteristics in the osmotic dehydration process of carrots. *Korean J. Food Sci. Technol.* 27: 387-393 (1995)
 11. Singh B, Panesar PS, Nanda V. Osmotic dehydration kinetics of carrot cubes in sodium chloride solution. *Int. J. Food Sci. Tech.* 43: 1361-1370 (2008)
 12. Raoult-Wack AL. Recent advance in the osmotic dehydration of foods. *Trends Food Sci. Tech.* 5: 225-260 (1994)
 13. Choi DW, Shin HH, Kim JG. A study of dewatering phenomena of potato slice cytorrhysed by high molecules. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 19: 358-365 (2006)
 14. Soe HC, Yu MS. Molecular press dehydration of plant tissues using soluble high molecular weight dehydrating agent. Korean Patent 10-0444843 (2004)
 15. Lee HS, Kwon KH, Jeong JW. Quality characteristics of ginseng powder using molecular press dehydration method. *J. Biosystems Eng.* 34: 155-160 (2009)
 16. Jang DH. Maple Use for RSM Education. Korea Statistical Society, Seoul, Korea. (2005)
 17. Lee MS, Ryu GH. Optimization of hot water extraction conditions for cod byproduct by response surface methodology analysis. *Food Eng. Prog.* 10: 248-255 (2006)
 18. Kim MH, Kim MK, Yu MS, Song YB, Seo WJ, Song KB. Drying of green pepper using maltodextrin. *Korean J. Food Preserv.* 15: 694-698 (2008)
 19. Mayor L, Moreira R, Chenlo F, Sereno AM. Kinetics of osmotic dehydration of pumpkin with sodium chloride solutions. *J. Food Eng.* 74: 253-262 (2006)
 20. Kim MK, Kim MH, Yu MS, Song YB, Seo WJ, Song KB. Dehydration of carrot slice using polyethylene glycol and maltodextrin and comparison with other drying methods. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 38: 111-115 (2009)
 21. Jayaraman KSJ, Dasgupta DK, Baburao N. Effect of pretreatment with salt and sucrose on the quality and stability of dehydrated cauliflower. *Int. J. Food Sci. Tech.* 25: 47-60 (1990)
 22. Kim MH, Kim MK, Yu MS, Song YB, Seo WJ, Song KB. Dehydration of sliced ginger using maltodextrin and comparison with hot-air dried and freeze-dried ginger. *Korean J. Food Sci. Technol.* 41: 146-150 (2009)