

Monitoring of the Steaming and Drying Conditions for Onion Dehydration

In-Hag Choi¹ and Gee-Dong Lee^{2*}

¹Department of Companion Animal and Animal Resources Science, Joongbu University, Geumsan-gun 312-702, Korea

²Department of Food Science and Biotechnology, Joongbu University, Geumsan-gun 312-702, Korea

건조양파 제조를 위한 증숙 및 건조 조건 모니터링

최인학¹ · 이기동^{2*}

¹중부대학교 애완동물자원학과

²중부대학교 식품생명과학과

Abstract

This study was conducted to investigate the quality and organoleptic properties of dehydrated onions with steaming and heating. Sliced onions were treated as follows: steaming time (X_1 , 5~25 min); drying temperature (X_2 , 55~70°C) and drying time (X_3 , 4~20 hr). All the variables were modelled and analyzed using a central composite design and response surface methodology (RSM). The coefficients (R^2) of the water content and water activity model induced from RSM were 0.9514 ($p < 0.01$) and 0.9455 ($p < 0.01$), respectively. The water content and water activity were affected by the drying temperature and time. The R^2 on the models of Hunter's L, a, b values were 0.9419 ($p < 0.05$), 0.8818 ($p < 0.01$) and 0.9360 ($p < 0.01$), respectively. Hunter's L, a, b values were affected by the drying temperature and time, but Hunter's b value was not affected by the steaming time. In addition, the R^2 on the models of overall palatability was 0.8867 ($p < 0.05$). The maximum palatability response was 5.92 when the steaming time was 13.14 min, the drying temperature was 63.11°C and the drying time was 14.49 hr.

Key words : dried onion, steaming and drying condition, physicochemical properties, organoleptic properties, monitoring

서 론

양파는 대다수의 국가에서 그 특유의 맛과 향기로 인해 식품의 조리 및 가공 중 중요한 향신 조미료이다. 양파에는 양파 특유의 향기 성분인 allyl disulfide, diallyl disulfide, allyl propyl disulfide 등의 유기 황화합물을 가지고 있는 것으로 알려져 있다(1,2).

또한 양파의 생리활성 성분 중에는 flavonoids 화합물인 quercetin, quercetin monoglucoside, quercetin diglucoside, isorhamnetin, isorhamnetin 4'-O-glucoside, rutin, kaempferol 등(3)의 함유량 화합물이 많이 함유되어 있어 항산화 및 항노화 작용(4,5), 항암작용(6), 콜레스테롤 저하(7), 알러지

반응 억제(8), 혈액순환 증가(9, 10), 혈당강하 작용(11), 항균 작용(5), 항비만 효과(12), 알콜성 지방간 개선 작용(13) 등으로 건강증진에 크게 도움이 되는 것으로 보고되고 있다.

이와 같이 양파는 뛰어난 기능성을 가지고 있으나 우기에 주로 수확되어 비에 젖은 상태로 저장되거나 높은 수분 함량으로 인하여 저장 중 손실이 많으며, 양파 특유의 향취로 인해 젊은 층에서의 기호성이 낮아 소비형태가 생식위주로 한정되어 가공율이 떨어지므로 양파의 저장 및 가공방법에 대한 연구가 절실한 실정이다. 현재까지 양파의 가공에 대한 연구로는 강 등(14,15)이 건조방법에 따른 양파분말의 품질특성을 연구하여 -70°C 동결건조 분말이 가장 우수하다고 하였으나 효소가 살아있어 생식 등으로 물에 녹일 때 효소의 활성으로 매운맛과 향이 발현되고 있다. 또한 강 등(14,15)은 동결건조 양파분말을 첨가한 두부의 품질특

*Corresponding author. E-mail : geedlee@joongbu.ac.kr
Phone : 82-41-750-6291, Fax : 82-41-750-6160

성을 조사하여 보고하였고, 김 등(16)은 동결건조 양파분말을 흑후추가루와 혼합하여 관능적 특성의 변화를 제시하였다. 또한 박 등(17)은 발아현미쿠키를 만들고자 Canonical 모형의 수치 최적화와 모형적 최적화를 통해 양파가루, 설탕 및 버터의 양을 설정한 바 있으며, 김 등(18)이 양파분말을 국수의 제조에 첨가하여 조리면의 특성과 반죽의 성질 등을 연구하여 양파분말의 제면 첨가물로 이용가능성을 제시하였다. 그리고 최 등(19)은 양파에 대한 부정적인 이미지를 줄이고 기능성을 최대한 부각시킨 기능성 음료를 만들고자 기능성 발효 양파음료를 연구하여 그 가능성을 제시한 바 있다. 이러한 많은 연구에도 불구하고 양파 가공제품이 시중에서 활발하게 판매되지 못하고 있으며, 아직도 양파의 소비가 대부분 음식의 조리용 식재료로 이용되고 있다.

따라서 본 연구는 양파의 증숙, 건조를 통해 기호성을 증대시켜 선식용, 건강식품 소재용으로 활용 가능하도록 요인변수간의 상호작용이 있을 수 있는 증숙을 통한 효소불활성화와 건조를 조건변수로 하여 품질 및 관능적 특성을 모니터링하고 최적 증숙 및 건조 조건을 설정함으로써 수확 후 양파의 가공율을 높이고자 하였다.

재료 및 방법

실험재료

본 실험에 사용된 양파(*Allium cepa* L)는 경남 창녕에서 수확된 것으로 평균 수분함량이 88.94%였고, 양파의 껍질과 뿌리 부분을 제거한 후 세척하여 3 cm 크기로 절단한 다음 증숙 및 건조용 시료로 사용하였다.

증숙 및 건조 조건 설정을 위한 실험계획

건조양파를 제조하기 위한 실험계획은 중심합성실험계획법(20)에 따라 -2, -1, 0, 1, 2의 다섯 단계로 부호화하여 계획을 수립하였다. 양파를 수확한 후 세척하여 3cm 크기로 절단한 양파 2 kg을 100°C에서 끓고 있는 증기솥에서 일정시간(5, 10, 15, 20, 25 min) 증숙한 후 일정온도(50, 55, 60, 65, 70°C)에서 일정시간(4, 8, 12, 16, 20 hr) 건조하였다. 이들 요인변수에 의해 영향을 받는 증숙변수(Y_n), 즉 수분함량(Y_1), 수분활성도(Y_2), Hunter's L value(Y_3), Hunter's a value(Y_4), Hunter's b value(Y_5), 관능적 색상(Y_6), 관능적 향(Y_7), 관능적 단맛(Y_8), 관능적 매운맛(Y_9), 관능적 부서짐성(Y_{10}) 및 전반적인 기호도(Y_{11})로 하였으며, 이들은 3회 반복 측정하여 그 평균값을 회귀분석에 사용하였다. 반응표면 회귀분석을 위해서는 SAS(statistical analysis system) program을 사용하였으며(21), 변수들의 특성과 그에 상응하는 최적 추출조건은 Mathematica program을 이용하여 4차원 반응표면으로 나타내었다(22).

수분 및 수분활성도 측정

건조된 양파의 수분함량은 105°C 상압가열건조법(23)으로 측정하였으며, 수분활성도는 수분활성측정기(Thermoconstanter, Novasina Co, Switzerland)를 이용하여 20±2°C에서 측정하였다.

색도 측정

색도는 색차계(Chromameter, CT-310, Minolta Co, Japan)를 사용하여 건조양파를 50 mesh 이하로 분쇄하여 혼합한 후 3회 반복 측정하여 Hunter 방식인 L, a, b 값을 평균값으로 나타내었으며, 이 때 사용된 표준 백반의 L, a 및 b 값은 각각 94.2, -1.12 및 2.32이었다.

관능검사

관능적 품질평가는 연구원을 대상으로 시료에 대한 충분한 지식과 용어, 평가기준 등을 숙지시킨 후 동일한 시료를 5회 반복하여 관능검사를 행한 후 F-검정으로 차이식별 능력이 우수한 16명을 선발하여 관능검사를 실시하였다. 관능평가는 9점 채점법(24)으로 하였으며, 9점 “매우 좋다”, 1점 “매우 나쁘다”로 나타내었다. 관능검사는 한 번에 3종류의 시료를 제시하여 균형 불완전블록계획법(25)으로 색상, 향, 단맛, 매운맛, 치아에 의한 부서짐성 및 전반적인 기호도에 대하여 실시하였다.

결과 및 고찰

수분 및 수분활성도의 변화

건조양파의 수분함량 및 수분활성도를 낮추어 미생물로부터 안전하게 저장 및 유통이 가능하도록 증숙 및 건조 조건에 따라 건조양파의 수분 및 수분활성도의 변화를 모니터링 해 보았다. 중심합성계획에 의한 16구간(Table 1)의 증숙 및 건조 조건에 따른 수분함량 4.84-17.91% 및 수분활성도 0.18-0.38%로 넓은 분포를 하고 있었다(Table 2). 이를 회귀분석한 결과 수분함량 및 수분활성도의 R^2 는 각각 0.9515와 0.9445로 모두 1% 이내에서 유의성이 인정되었다(Table 3). 수분함량 및 수분활성도에 대한 회귀분석 결과 모두 안장점으로 나타났으므로 능선분석을 행하여 최대점과 최소점을 구해 보았으며, 최대점은 수분이 증숙시간 15.88 min, 건조온도 58.11°C 및 건조시간 5.61 hr, 수분활성도가 증숙시간 12.16 min, 건조온도 55.48°C 및 건조시간 6.99 hr로 나타나 유사한 경향을 나타내었으나 일치하지는 않았으며, 최소점 또한 수분이 16.03 min, 89.84°C 및 12.59 hr, 수분활성도가 14.58 min, 89.88°C 및 12.80 hr로 나타나 유사한 경향을 나타내었다(Table 4). 수분함량 및 수분활성도에 대한 변수분석 결과 모두 건조온도가 가장 크게 영향을 주었으며, 다음으로 건조시간이 영향을 미쳤으나 증숙

Table 1. Steaming and drying conditions based on central composite design for response surface analysis

Exp. No. ¹⁾	Steaming time (min)	Drying temperature (°C)	Drying time (hr)
1	10 (-1)	60 (-1)	8 (-1)
2	10 (-1)	60 (-1)	16 (1)
3	10 (-1)	80 (1)	8 (-1)
4	10 (-1)	80 (1)	16 (1)
5	20 (1)	60 (-1)	8 (-1)
6	20 (1)	60 (-1)	16 (1)
7	20 (1)	80 (1)	8 (-1)
8	20 (1)	80 (1)	16 (1)
9	15 (0)	70 (0)	12 (0)
10	15 (0)	70 (0)	12 (0)
11	5 (-2)	70 (0)	12 (0)
12	25 (2)	70 (0)	12 (0)
13	15 (0)	50 (-2)	12 (0)
14	15 (0)	90 (2)	12 (0)
15	15 (0)	70 (0)	4 (-2)
16	15 (0)	70 (0)	20 (2)

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

시간은 수분 및 수분활성도의 변화에 거의 영향을 미치지 않았다(Table 5). 수분 및 수분활성도에 대한 4차원 반응표면은 건조온도와 건조시간이 증가할수록 증가하였으며, 증숙시간의 변화에 따른 변화는 거의 없었다. 따라서 증숙은 건조양과의 수분 및 수분활성도의 변화에는 거의 영향을 주지 않는 것으로 나타났다.

색도 변화

양과의 증숙 및 건조에 따른 색도의 변화를 관찰해 본 결과, 증숙 및 건조 조건 변화에 따른 Hunter's L값 44.61-64.63, Hunter's a값 1.40-8.59 및 Hunter's b값 3.55-20.56으로 넓은 분포를 나타내었다(Table 2). 이를 회귀분석한 결과 Hunter's L, a 및 b값의 R²는 각각 0.9419, 0.8818 및 0.9360으로 L값과 b값은 1% 이내에서 유의성이 인정되었으나 a값은 5% 이내에서 유의성이 인정되었다(Table 3). Hunter's L, a 및 b값에 대한 변수분석 결과 L값과 b값은 건조온도가 가장 크게 영향을 주었으며, 다음으로 건조시간이 영향을 주었으나 a값은 건조온도와 건조시간 모두 비슷하게 영향을 받는 것으로 나타났다. 그러나 증숙 시간은 색도의 변화에 거의 영향을 주지 않았다(Table 5). 색도에 대한 4차원 반응표면은 Hunter's L, a 및 b값이 서로 상이한 형태를 나타내어 증숙 및 건조에 따른 변화가 상당히 다르게 나타났다. 명도를 나타내는 L값은 건조온도와

Table 2. Experimental data on moisture content, water activity, Hunter's color value and organoleptic properties of the dried onion under different conditions based on central composite design for response surface analysis

Exp. No. ¹⁾	Moisture content (%)	Water activity (Aw)	Hunter's color value			Organoleptic properties					
			L	a	b	Color	Flavor	Sweet taste	Hot taste	Brittleness	Overall palatability
1	16.55	0.376	63.07	7.41	20.56	7.25	6.50	5.38	3.50	3.25	5.38
2	12.67	0.316	59.68	7.20	20.41	5.38	5.88	5.25	4.25	5.38	5.88
3	9.83	0.248	52.00	8.28	12.27	3.25	4.25	4.25	3.63	6.75	4.13
4	7.69	0.213	45.40	5.36	4.93	2.50	2.50	3.25	4.25	6.75	2.75
5	17.24	0.343	64.63	2.27	18.82	6.75	4.75	5.13	3.00	2.88	4.50
6	11.89	0.275	54.12	6.56	15.60	5.63	5.00	5.38	2.88	5.38	4.88
7	8.81	0.222	45.92	6.28	6.60	2.75	3.13	3.75	3.63	6.75	3.38
8	6.89	0.201	45.29	5.32	5.51	1.63	2.50	4.13	3.63	7.38	2.38
9	13.36	0.280	55.21	8.32	14.86	5.25	6.25	5.63	4.75	6.25	6.00
10	13.59	0.276	54.86	8.43	14.28	5.00	6.00	5.50	4.63	6.00	5.75
11	14.09	0.277	56.06	8.59	16.49	4.50	5.13	4.75	4.50	4.88	4.63
12	13.55	0.286	53.77	8.37	12.93	5.63	4.88	5.25	3.50	3.88	4.63
13	16.33	0.319	63.97	1.40	18.40	5.13	5.25	4.63	3.50	2.88	3.88
14	4.84	0.178	44.61	4.13	3.55	1.50	2.25	2.13	2.75	6.00	1.75
15	17.91	0.319	61.81	2.65	16.38	6.50	4.88	4.88	3.63	3.13	4.75
16	10.62	0.218	47.81	7.19	7.19	4.38	4.88	5.38	3.88	6.50	5.38

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

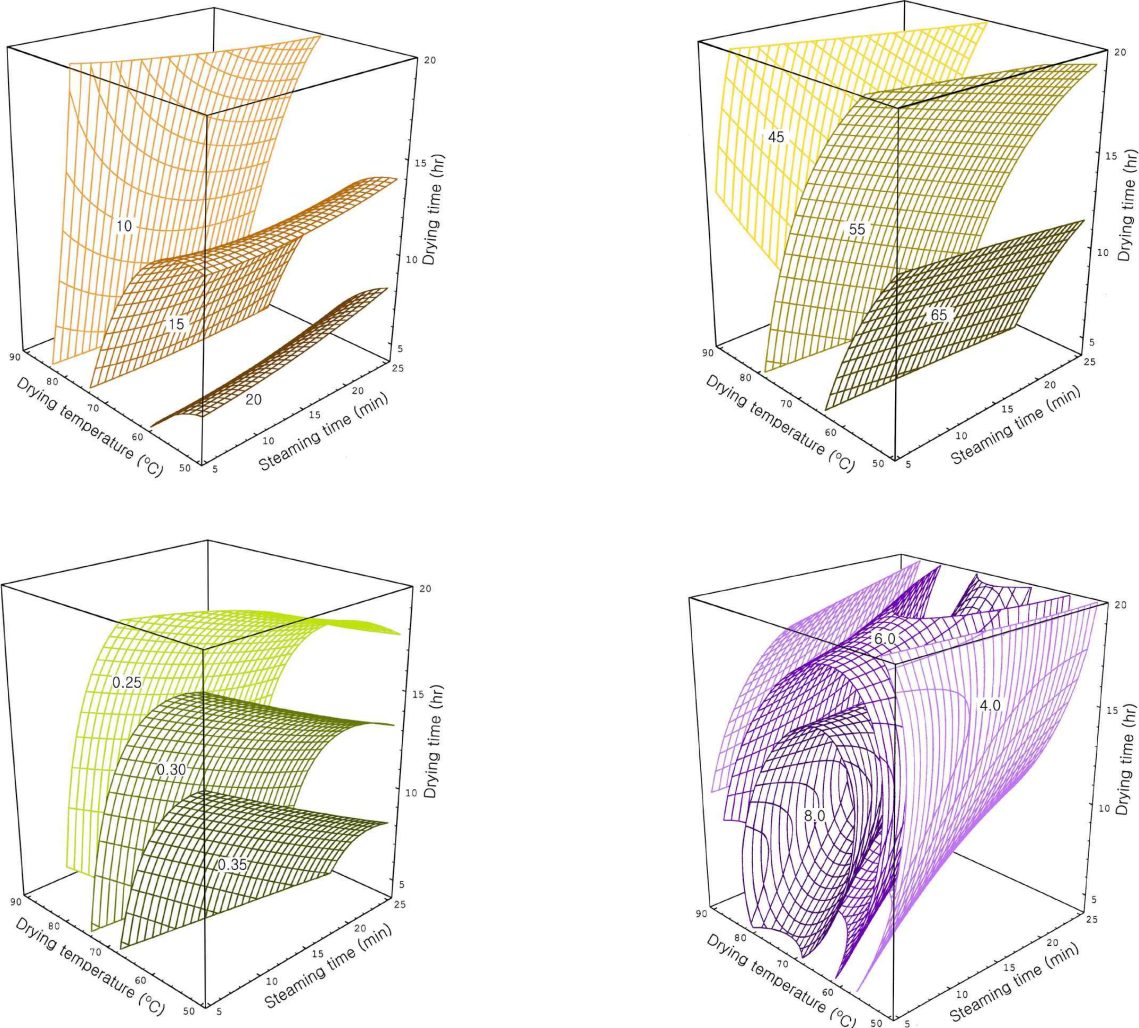


Fig. 1. Response surfaces for moisture content and water activity in dried onion at constant values as a function of steaming time, drying temperature and drying time [(top(moisture content: 10-15-20), bottom(water activity:0.25-0.30-0.35))].

건조시간이 증가할수록 감소하는 경향을 나타냈으나 김 등(26)이 동결건조 분말양파의 명도가 72 정도로 보고한 것과 비교해 볼 때 증숙 후 건조양파의 명도가 44-64 정도로 낮은 것은 증숙의 영향이 있는 것으로 여겨진다. 그러나 적색도를 나타내는 a값은 건조온도와 건조시간이 증가할수록 증가하다가 건조온도 69.95℃, 건조시간 10.22 hr 이상에서는 줄어드는 경향을 나타내어 상대적으로 고온에서 건조시간이 길면 적색도가 줄어들고 갈색화가 많이 진행되는 것으로 여겨진다. 황색도를 나타내는 b값은 70℃ 이하에서 증숙시간이 증가하고 건조 온도와 시간이 증가할수록 감소하였으나 70℃ 이상에서는 건조온도의 영향을 받아 건조온도가 증가할수록 감소하였다. 이것은 낮은 온도에서 건조 초기에는 증숙의 영향을 받아 증숙된 것이 효소적 및 비효소적 갈변을 억제시키나 고온 장시간에서는 증숙과 무관하게 건조 온도와 시간의 증가에 따라 갈변이 일어나

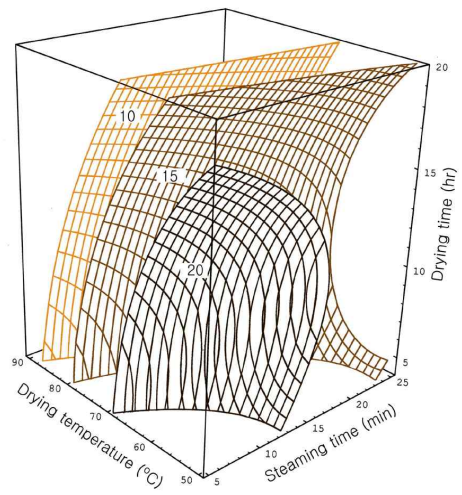


Fig. 2. Response surfaces for Hunter's L, a & b value in dried onion at constant values as a function of steaming time, drying temperature and drying time [(top(L-value:45-55-65), middle (a-value:4.0-6.0-8.0) and bottom(b-value:10-15-20))].

Table 3. Polynomial equations calculated by RSM program for steaming and drying of onion

Responses	Second order polynomials	R2	Significance	
Moisture content (%)	$Y_1 = 14.289375 + 0.255625X_1^1 + 0.581813X_2 - 1.745469X_3 + 0.00345X_1^2 - 0.004325X_1X_2 - 0.007225X_2^2 - 0.007813X_1X_3 + 0.016156X_2X_3 + 0.012344X_3^2$	0.9515	0.0027	
Water activity (Aw)	$Y_2 = 0.595687 - 0.008975X_1 + 0.001850X_2 - 0.018781X_3 + 0.000035X_1^2 + 0.00009X_1X_2 - 0.00007375X_2^2 + 0.0000375X_1X_3 + 0.000225X_2X_3 - 0.000148X_3^2$	0.9445	0.0040	
L	$Y_3 = 107.16 + 0.320875X_1 - 0.479812X_2 - 2.034531X_3 - 0.0012X_1^2 - 0.005475X_1X_2 - 0.001863X_2^2 - 0.007188X_1X_3 + 0.020844X_2X_3 - 0.003516X_3^2$	0.9419	0.0045	
Hunter's color value	a	$Y_4 = -75.0875 - 1.27375X_1 + 2.167125X_2 + 2.57625X_3 + 0.00105X_1^2 + 0.00935X_1X_2 - 0.014025X_2^2 + 0.040375X_1X_3 - 0.024875X_2X_3 - 0.053984X_3^2$	0.8818	0.0321
b	$Y_5 = 1.06125 - 0.771375X_1 + 0.919688X_2 + 1.384531X_3 + 0.0014X_1^2 + 0.003675X_1X_2 - 0.008988X_2^2 + 0.019812X_1X_3 - 0.015844X_2X_3 - 0.043516X_3^2$	0.9360	0.0059	
Color	$Y_6 = -4.945625 + 0.1935X_1 + 0.495125X_2 - 0.540937X_3 - 0.0006X_1^2 - 0.0028X_1X_2 - 0.004525X_2^2 + 0.002375X_1X_3 + 0.0035X_2X_3 + 0.004922X_3^2$	0.8881	0.0277	
Flavor	$Y_7 = -19.47375 - 0.130625X_1 + 0.751563X_2 + 0.677031X_3 - 0.0112X_1^2 + 0.003775X_1X_2 - 0.005938X_2^2 + 0.012438X_1X_3 - 0.006281X_2X_3 - 0.019453X_3^2$	0.8692	0.0520	
Sweet taste	$Y_8 = -17.825625 - 0.03425X_1 + 0.7065X_2 + 0.167813X_3 - 0.00565X_1^2 + 0.00125X_1X_2 - 0.005463X_2^2 + 0.011X_1X_3 - 0.002313X_2X_3 - 0.006797X_3^2$	0.9631	0.0012	
Organoleptic properties	Hot taste	$Y_9 = -16.1975 + 0.043875X_1 + 0.501313X_2 + 0.519844X_3 - 0.0069X_1^2 + 0.003125X_1X_2 - 0.003912X_2^2 - 0.009313X_1X_3 - 0.00003125X_2X_3 - 0.014609X_3^2$	0.8187	0.0966
Brittleness	$Y_{10} = -37.18 + 0.25175X_1 + 0.808375X_2 + 1.46X_3 - 0.01745X_1^2 + 0.0025X_1X_2 - 0.004212X_2^2 + 0.00625X_1X_3 - 0.0125X_2X_3 - 0.020469X_3^2$	0.9096	0.0155	
Overall palatability	$Y_{11} = -36.750625 + 0.1835X_1 + 1.088125X_2 + 0.98875X_3 - 0.01245X_1^2 + 0.0019X_1X_2 - 0.00765X_2^2 + 0.001625X_1X_3 - 0.010188X_2X_3 - 0.012656X_3^2$	0.8867	0.0286	

¹⁾X₁: steaming time (min), X₂: drying temperature (°C), X₃: drying time (hr)

적색도가 증가하고 지나친 고온에서는 갈변이 급격하게 일어나는 것으로 여겨진다. 이로 보아 건조양파의 밝은 색을 유지하기 위해서는 증숙의 역할이 중요한 것으로 생각된다.

관능적 특성 변화

양파는 생으로 먹을 때는 매운맛과 향으로 인하여 관능적으로 부정적인 느낌을 주므로 조리를 통해 섭취하고 있다. 건강식품이나 전식용으로 건조양파를 제조하기 위해서는 갈변 및 매운 맛과 향이 발생되지 않도록 생양파의 효소를 불활성화 시켜 가공해야 할 필요가 있다(27). 본 연구에서는 생양파의 효소를 불활성화하고 건조시 또는 건조 후 양파의 기호도를 높이고자 증숙 및 건조 조건에 따른 건조양파의 관능적 특성 변화를 모니터링 하였다.

중심합성계획에 의한 16구간(Table 1)의 증숙 및 건조 조건에 따른 관능적 색상의 관능평점의 범위는 1.50-7.25로 넓은 분포를 하고 있었으며, 향 2.15-6.50, 단맛 2.13-5.63, 매운맛 2.75-4.75, 부서짐성 2.88-7.38 및 전반적인 기호도 1.75-6.00으로 대체로 넓은 분포를 하고 있었다(Table 2). 이를 회귀분석한 결과 관능적 색상, 단맛, 부서짐성 및 전반적인 기호도의 R²는 0.88-0.96으로 모두 5% 이내에서 유의성이 인정되었으나, 관능적 향 및 단맛의 R²는 각각 0.82, 0.87로 모두 10% 이내에서 유의성이 인정되었다(Table 3).

관능적인 색상에 대한 회귀분석 결과 안장점으로 나타났

으므로 능선분석을 행하여 최대점과 최소점을 구해 보았으며(Table 4), 관능적 색상에 대한 관능평점이 가장 높은 최대점은 증숙시간 5.93 min, 건조온도 59.00°C 및 건조시간 5.36 hr로 평점이 7.37이었으나, 최소점은 증숙시간 5.73 min, 건조온도 89.99°C 및 건조시간 12.65 hr로 나타났다. 색상에 대한 변수분석 결과 건조온도가 가장 크게 영향을 미치는 것으로 나타났으며(Table 5), 온도가 증가할수록 갈변으로 인하여 색상에 대한 관능평점이 급격히 낮아지는 것을 볼 수 있었다. 건조온도가 70°C 이하의 낮은 온도에서는 건조 온도와 시간의 영향을 같이 받아 건조 온도와 시간이 경과할수록 색상에 대한 관능평점이 비례적으로 감소함을 확인할 수 있었다. 그러나 관능적 색상은 증숙의 효과가 거의 없는 것으로 나타났다(Fig. 3).

관능적인 향에 대한 회귀분석 결과 최대점의 형태로 나타났다(Table 4), 관능적 향에 대한 관능평점이 가장 높은 최대점은 증숙시간 10.07 min, 건조온도 60.53°C 및 건조시간 10.79 hr로 평점이 6.40이었다. 향에 대한 변수분석 결과 색상과 같이 건조온도가 가장 크게 영향을 미치는 것으로 나타났으며(Table 5), 관능적인 향은 최대점인 증숙시간 10.07 min, 건조온도 60.53°C 및 건조시간 10.79 hr까지는 증숙시간이 증가하고 건조 온도와 시간이 증가할수록 갈변에 따른 향의 발현으로 평점이 증가하였으나 최대점을 지나서는 갈변으로 인한 과도한 향의 발현으로 향에 대한 관능

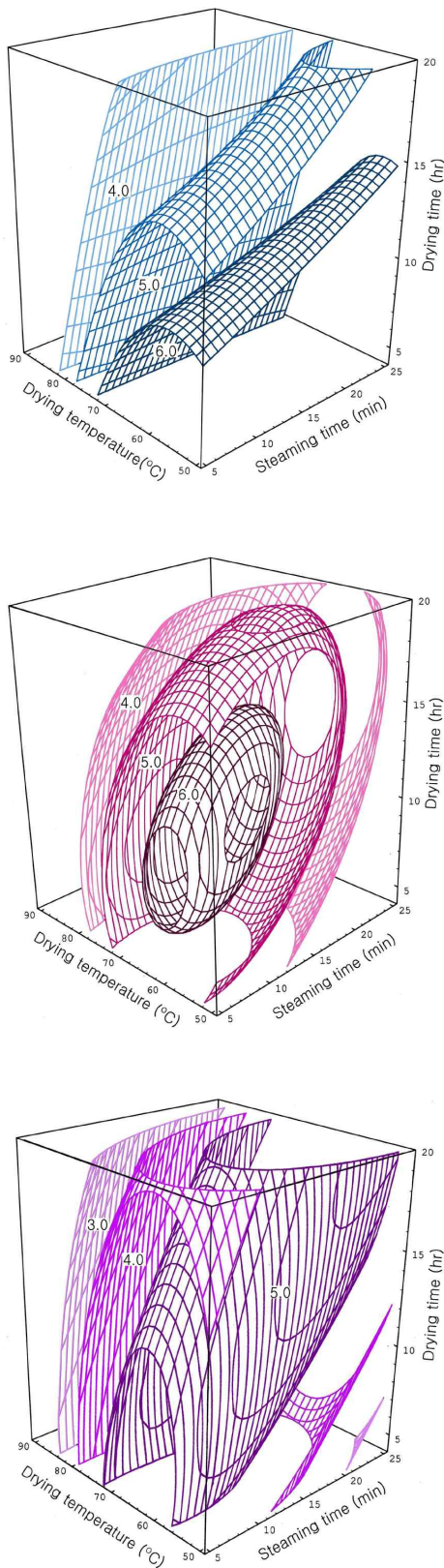


Fig. 3. Response surfaces for organoleptic properties in dried onion at constant values as a function of steaming time, drying temperature and drying time [(top(color:4.0-5.0-6.0), middle(flavor: 4.0-5.0-6.0) and bottom(sweet taste:3.0-4.0-5.0))].

평점이 낮아지는 것을 볼 수 있었다(Fig. 3). 관능적 향에는 증숙의 효과가 다소 나타났었는데, 이것은 생양과를 증숙 함으로서 효소불활성화가 일어나 매운 향이 발현되지 못하고 가열에 따른 갈변에 영향을 미치기 때문으로 여겨진다 (Fig. 3).

단맛과 매운맛에 대한 회귀분석 결과 모두 최대점의 형태로 나타났으며(Table 4), 단맛에 대한 관능평점이 가장 높은 최대점은 증숙시간 20.92 min, 건조온도 63.41°C 및 건조시간 17.88 hr로 평점이 5.80이었고, 최대 매운맛에 대한 관능평점은 증숙시간 8.16 min, 건조온도 67.26°C 및 건조시간 15.13 hr로 평점이 4.77이었고, 최소 매운맛의 관능평점은 증숙시간 20.40 min, 건조온도 53.30°C 및 건조시간 12.86 hr로 평점이 2.63이었다. 단맛과 매운맛에 대한 변수분석 결과 건조온도가 가장 크게 영향을 미치는 것으로 나타났으며, 다음으로 증숙시간이 건조시간보다 더 많이 영향을 미치는 것으로 나타났다(Table 5, Fig. 3, 4). 이러한 경향은 증숙이 맛에 대하여 중요하게 영향을 미치고 있으며, 단맛 증가와 매운맛의 감소는 증숙이 21 min 정도에서 가장 우수하였고, 매운맛은 증숙시간 8.16 min에서 가장 높게 나타났다. 이와 같이 건조양파의 제조에서 증숙은 효소를 불활성화 시켜 단맛의 유지와 매운맛의 감소에 크게 영향을 주었는데, 이것은 김 등(28)이 양파즙의 열처리 온도가 100°C에서 기호도가 가장 우수하고 100°C 이하로 낮아질수록 매운 맛이 증가한다고 하여 건조양파의 제조에서도 100°C 증기로 일정시간 증숙하는 것이 효소불활성화와 관능적 품질을 향상시키는데 크게 도움을 주는 것을 확인할 수 있었다. 4차원 반응표면분석 결과 맛의 관능적 평점이 높은 건조온도인 65°C까지는 온도가 증가할수록 단맛이 증가하고 매운 맛의 변화는 거의 없었으나 그 이상의 온도에서는 단맛 및 매운맛이 상대적으로 낮아지는 경향을 나타내었다(Fig. 3, 4).

우리의 전통 과자류인 강정, 팥튀기 등이 입안에서 치아에 의해 부서지면서 느껴지는 부서지는 소리 및 자극과 같은 특성을 나타내는 부서짐성에 대한 회귀분석 결과 최대점을 나타내었으며(Table 4), 부서짐성에 대한 관능평점이 가장 높은 최대점은 증숙시간 15.44 min, 건조온도 81.59°C 및 건조시간 13.19 hr로 평점이 7.13이었으나, 최소점은 증숙시간 17.08 min, 건조온도 54.60°C 및 건조시간 7.17 hr로 나타났다. 부서짐성에 대한 변수분석 결과 건조온도와 건조시간이 크게 영향을 미치는 것으로 나타났으며(Table 5), 건조온도 81.59°C 및 건조시간 13.19 hr까지는 건조 온도와 시간이 증가할수록 증가하는 경향이었으며, 증숙시간은 증가할수록 증가하였으나 증숙시간 15.44 min에서 가장 적당한 부서짐성을 나타내었고 그 이상의 증숙시간에서는 감소하는 경향을 나타내었다(Fig. 4).

전반적인 기호도에 대한 회귀분석 결과 최대점의 형태로 나타났으며(Table 4), 전반적인 기호도에 대한 관능평점이

Table 4. Estimated level of optimum steaming and drying conditions for the dried onion

Response	Steaming time (min)	Drying temperature (°C)	Drying time (hr)	Estimated responses	Morphology	
Moisture content (%)	15.88	58.11	5.61	19.81(Max)	Saddle point	
	16.03	89.84	12.59	3.68(Min)		
Water activity (Aw)	12.16	55.48	6.99	0.38(Max)	Saddle point	
	14.58	89.88	12.80	0.16(Min)		
Hunter's color value	L	14.59	53.69	7.38	68.44(Max)	Saddle point
		17.35	88.79	13.99	41.64(Min)	
	a	5.25	69.95	10.22	9.73(Max)	Saddle point
		17.68	54.43	7.46	-0.43(Min)	
b	8.69	55.41	9.89	22.06(Max)	Saddle point	
	15.51	87.89	15.55	-0.02(Min)		
Color	15.93	59.00	5.36	7.37(Max)	Saddle point	
	15.73	89.99	12.65	0.33(Min)		
Flavor	10.07	60.53	10.79	6.40(Max)	Maximum	
	13.98	89.83	12.64	1.90 (Min)		
Organoleptic properties	Sweet taste	20.92	63.41	17.88	5.80(Max)	Maximum
		14.03	89.01	14.36	1.25 (Min)	
	Hot taste	8.16	67.26	15.13	4.77(Max)	Maximum
		20.40	53.30	12.86	2.63 (Min)	
Brittleness	15.44	81.59	13.19	7.13(Max)	Maximum	
	17.08	54.60	7.17	1.23 (Min)		
Overall palatability	13.14	63.11	14.49	5.92(Max)	Maximum	
	14.95	89.38	13.98	0.85 (Min)		

Table 5. Analysis of variables for regression model of physicochemical and organoleptic properties in steaming and drying of onion

Responses	F-Ratio		
	Steaming time (min)	Drying temperature (°C)	Drying time (hr)
Moisture content (%)	0.17	21.51 ^{***}	7.23 ^{**}
Water activity (Aw)	0.43	19.45 ^{***}	5.92 ^{**}
Hunter's color value	L	0.50	18.56 ^{***}
	a	1.69	6.67 ^{**}
	b	1.11	17.73 ^{***}
Color	0.06	9.77 ^{***}	1.56
	Flavor	1.31	9.09 ^{**}
Organoleptic properties	Sweet taste	2.46	35.59 ^{***}
	Hot taste	3.37	4.04 [*]
	Brittleness	1.57	10.37 ^{***}
Overall palatability	1.20	11.05 ^{***}	1.09

***Significant at 1% level, **Significant at 5% level, *Significant at 10% level.

가장 높은 최대점은 증숙시간 13.14 min, 건조온도 63.11°C 및 건조시간 14.49 hr로 평점이 5.92이었다. 전반적인 기호도에 대한 변수분석 결과 건조온도가 가장 크게 영향을 미치는 것으로 나타났으며, 건조시간과 증숙시간의 영향은 크지 않는 것으로 나타났다(Table 5). 전반적인 기호도에 대한 4차원 반응표면분석 결과(Fig. 4) 관능평점이 가장 높은 조건인 증숙시간 13.14 min, 건조온도 63.11°C 및 건조시간 14.49 hr까지는 증숙시간, 건조온도 및 건조시간이 증가할수록 증가하였으나 이러한 최대점을 지나서는 증숙시간, 건조온도 및 건조시간이 증가할수록 감소하는 경향을 나타내었다.

이상의 결과를 종합해 볼 때, 동결건조 양파분말은 색상이 흰색으로 밝고 영양성분이 파괴되지 않아 우수하나 가공비용이 많이 들고 선식과 같이 우유나 물에 녹일 경우 살아있는 효소의 작용으로 매운맛과 향이 발현되어 가공적성이 낮은 반면, 본 연구를 통해 얻은 건조양파는 가공비용도 적게 들고 밝은 색상을 유지하면서 증숙에 의한 양파의 효소불활성화로 매운 맛과 향이 발현되지 않았다. 증숙처리하는 건조양파의 수분 및 수분활성도와 관능적 색상의 변화에는 거의 영향을 주지 않았으나 부서짐성에 영향을 주어

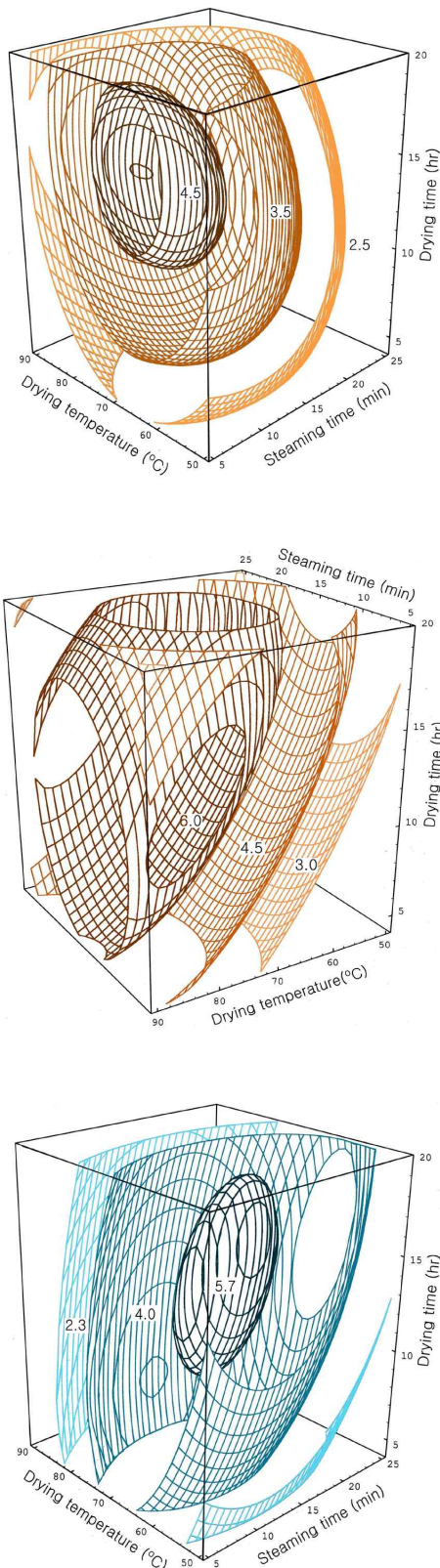


Fig. 4. Response surfaces for organoleptic properties in dried onion at constant values as a function of steaming time, drying temperature and drying time [(top(hot taste:2.5-3.5-4.5), middle (brittleness:3.0-4.5-6.0) and bottom(overall palatability: 2.3-4.0-5.7)].

양파분말의 질감을 높이는데 크게 기여하여 건조 전 전처리가 적당하였다.

따라서 양파의 증숙 및 건조 조건은 전처리로 증숙을 15분 정도 행한 후 63°C의 낮은 온도에서 14시간 건조할 경우 매운맛이 거의 없고 관능적으로 우수하며, 또한 수분활성도가 낮아 미생물학적으로 안전하여 건강식품용 및 선식용 소재로 가장 적당한 것으로 판단된다.

요 약

양파는 건강기능성이 우수한 농산물이지만 수확기가 우기와 겹쳐 비에 젖은 상태로 수확되거나 높은 수분함량으로 인하여 저장성이 낮아 양파의 저장 및 가공방법에 대한 연구가 필요하다. 본 연구는 양파의 증숙 및 건조를 위한 증숙시간(X_1 , 5~25 min), 건조온도(X_2 , 55~70°C) 및 건조시간(X_3 , 4~20 hr)을 모니터링함으로써 품질이 우수한 건조양파 소재를 얻고자 하였다. 수분함량과 수분활성도에 대한 회귀식의 R^2 는 0.9514 및 0.9455로 1% 이내에서 유의성이 인정되었으며, 건조온도와 건조시간의 영향을 받는 것으로 나타났다. 색도(Hunter's L, a & b value)에 대한 회귀식의 R^2 가 각각 0.9419, 0.8818, 0.9360으로 5% 이내에서 유의성이 인정되었으며, 모두 건조온도와 건조시간의 영향을 주로 받았으나 b값은 증숙의 영향이 다소 있는 것으로 나타났다. 관능검사 결과 전반적인 기호도에 대한 회귀식의 R^2 가 0.8867로 5% 이내에서 유의성이 인정되었다. 전반적인 기호도는 최적 증숙 및 건조 조건인 증숙시간 13.14 min, 건조온도 63.11°C 및 건조시간 14.49 hr에서 5.92로 나타났다.

감사의 글

본 연구는 창녕군 농업기술센터 연구비지원으로 수행되었으며, 이에 감사드립니다.

참고문헌

1. Griffiths G, Trueman L, Growther T, Thomas B, Smith B (2002) Onion-a global benefit to health. *Phytother Res*, 16, 603-615
2. Jakubowski H (2003) On the health benefit of *Allium sp.* *Nutrition*, 19, 167-168
3. Park YK, Lee CY (1999) Identification of isorhamnetin 4'-glucoside in onions. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 44, 34-36

4. Helen K, Krishnakumar K, Vijayammal PL, Augusti KT (2000) Antioxidant effect of onion oil on the damages induced by nicotine in rats as compared to alpha-tocopherol. *Toxicology Letters*, 116, 61-68
5. Kim JE, Kim AR, Kim MJ, Park SN (2011) Antibacterial, antioxidative and antiaging effects of *Allium cepa* peel extracts. *Appl Chem Eng*, 22, 178-184
6. Lee CJ, Kim HD, Choung EH, Suh JK, Park CW, Ha YL (2000) Reduction effect of carcinogen-induced mouse epidermal and forestomach carcinogenesis by the extract of onion wastes. *Korean Society of Food Science and Nutrition*, 29, 525-530
7. Jain RC, Vyas CR, Mahatma OP (1973) Hypoglycemic action of onion and garlic. *Lancet*, 302, 1491-1495
8. Middleton EJ, Drzeqiecki G, Krishnarao D (1981) Quercetin and inhibitor of antigen-induced human basophil histamine release. *J Immunol*, 127, 546-550
9. Haldeman JD, MacNeil JH, Yared DM (1987) Antioxidant activity of onion and garlic juice in stored cooked ground lamb. *J Food Prot*, 50, 411-413
10. Chung HK, Shin MJ, Cha YJ, Lee KH (2011) Effect of onion peel extracts on blood lipid profile and blood coagulation in high fat fed SD rats. *Korean J Food & Nutr*, 24, 442-450
11. Sheela CG, Kumud K, Augusti KT (1995) Anti-diabetic effects of onion and garlic sulfoxide amino acids in rats. *Planta Medica*, 61, 356-357
12. Kang WY, Kim MY, Jin JY, Yang H, Hong HJ (2010) Anti-obesity effects of onion juice in high fat diet-induced obese rats. *Korean J Vet Res*, 50, 1-10
13. Shin HK, Seo YJ, Kim JY, Kim CS, Noh SK (2007) Onion favorably affects serum markers of ethanol-induced fatty liver in rats. *Korean J Food Preserv*, 14, 662-668
14. Kang NS, Kim JH, Kim JK (2007) Modification of quality characteristics of onion powder by hot-air, vacuum and freeze drying methods. *Korean J Food Preserv*, 14, 61-66
15. Kang NS, Kim JH, Kim JK (2007) Quality characteristics of soybean curd mixed with freeze dried onion powder. *Korean J Food Preserv*, 14, 47-53
16. Kim HR, Lee JH (2008) Sensory and consumer perception of mixed seasoning based on onion and pepper powders. *Food Engineering Progress*, 12, 133-136
17. Park SY, Jung EK, Joo N (2010) Optimizing production conditions for germinated brown rice cookies prepared with onion powder. *Korean J Food Culture*, 25, 779-787
18. Kim JG, Shim JY (2006) Quality characteristics of wheat flour noodle added with onion powder. *Food Engineering Progress*, 10, 269-274
19. Choi YJ, Kim SW, Jang JK, Choi YJ, Park YS, Park H, Shim KS, Lee HS, Chung MS (2009) Development of fermented functional onion juice using lactic acid bacteria. *Food Engineering Progress*, 13, 1-7
20. Myers RH (1971) *Response Surface Methodology*. Allyn and Bacon Inc., Boston, p 132
21. SAS (1988) *SAS/STAT : User's Guide Version 6, Fourth Edition Vol. 2, CH.37*, SAS Institute Inc, Cary, NC p 1457-1478
22. Martha LA, James PB (1992) *The mathematica handbook, compatible with mathematica version 2.0*. An Inprint of a Division of Academic Press, Inc, Harcourt Brace & Co, Massachusetts, p 15-511
23. AOAC (1996) *Official Method of Analysis, 15th ed*, Association of Official Analytical Chemists, Washington, DC, p 210-219
24. Kim MB, Lee GD, Jeong YJ, Lee MH, Lee ST, Kwon JH (1998) Prediction of extraction conditions for the optimized organoleptic quality of *Eucommia ulmoides* leaf-tea. *J Korean Soc Food Sci Nutr*, 27, 914-919
25. Park SH (1991) *Modern experimental design*. Minyoungsa, Seoul, p 547-557
26. Kim HS, Han MR, Chang MJ, Kim MH (2008) Study of browning and caking reduction techniques in onion powder. *Food Engineering Progress*, 12, 269-274
27. Alejandra CC, Javier MF, Nieves C, Agustin O, Mar V (2005) Assessment of initial stages of maillard reaction in dehydrated onion and garlic samples. *J Agric Food Chem*, 53, 9078-9082
28. Kim HS, Kim MH (2009) Browning and pungent taste reduction techniques in onion extract. *Food Engineering Progress*, 13, 360-364