

비압착식 SPI 두부의 제조를 위한 가열 및 수분, 기름, 덱스트린 첨가의 최적화

김우정 · 구경형*

세종대학교 식품공학과, *한국식품개발연구원

Optimization of Heating and Addition of Water, Oil and Dextrin for Uncompressed SPI Tofu Preparation

Woo-Jung Kim and Kyung-Hyung Ku*

Department of Food Science and Technology, Sejong University, Seoul

*Korea Food Research Institute, Sungnam

Abstract

Optimization study was conducted for preparation of uncompressed soy protein isolate(SPI) tofu in the aspects of water addition ratio, second heating temperature and amounts of oil and dextrin added. The SPI tofu was prepared without compression step with SPI-oil-dextrin mixture and CaSO_4 -GDL mixed coagulants. The data were statistically analyzed by multiple regression and response surface methodology(RSM). Addition of dextrin increased the hardness of tofu, particularly for the second heating at 85°C and 8 times of water to SPI. RSM figure showed that the effect of dextrin on hardness became to be less as the heating temperature increased. The hardness increase effect was no significant except addition of 25% oil and 8 times of water and second heating at 85°C . The addition of 25% oil and 10~15% dextrin and second heating at 90°C for 45~60 minutes resulted hardness and cohesive tofu. The optimal method proposed for uncompressed SPI tofu on the basis of textural and sensory properties was first heating of homogenized SPI-oil-dextrin(100:25:15) with addition of 8 times of water(on the basis of SPI) at 100°C for 6 minutes, cooling to 40°C , addition of mixed coagulants of CaSO_4 -GDL(0.07 g, 0.0075 g/SPI) and second heating at 90°C for 45 minutes.

Key words: soy protein isolate, tofu, texture, optimization

서 론

대두는 양질의 단백질과 지방질을 함유하고 있고, 최근 대두에 의한 콜레스테롤 저하효과가 확인되면서 대두 섭취를 더욱 권장하고 있다. 분리대두단백은 탈지대두박에서 단백질만을 분리시킨 것으로 단백질함량이 90% 이상이고, 육가공품이나 제과, 제빵 등 여러식품에 이용되고 있으며, 계속 사용량이 증가되고 있다⁽¹⁾. 본 연구실에서 분리대두단백을 이용하여 두부를 제조하고자 하는 시도는 대두 가공 부산물 활용과 두부공정중 침지와 마쇄, 압착과정을 제외시켜 공정을 단순화할 수 있다. 또 제조시 순물과 침지수 등이 생기지 않아 두부제조에 의한 환경오염을 방지할 수 있는 장점이 있다.

현재까지 두부에 관한 연구는 대두를 원료로 하는 압착두부에 관한 것으로 끓임시간⁽²⁾, 응고제의 종류⁽³⁾,

응고제의 첨가온도에 따른 두부의 수율과 텍스처 특성⁽⁴⁾ 등이 발표되어 있다. 그러나 분리대두단백으로 두부를 제조한 연구는 고 등⁽⁵⁾과 김⁽⁶⁾의 분리대두단백으로 제조한 압착식두부에 관한 논문이 있을 뿐 비교적 보고되지 않은 실정이다.

본 연구에서는 분리대두단백을 주원료로 하고 전보⁽⁷⁾에서 결정된 응고제 종류, 응고방법의 조건, 수분첨가량, 2차 가열온도 및 시간을 제조조건으로 하였다. 또 각 조건에 따라 기름과 탄수화물의 첨가가 비압착식 분리대두단백 두부의 수율과 탄력성, 조직의 균일성 및 부드러움성에 미치는 영향을 조사하여, 이들 비압착식 분리대두단백 두부의 최적조건을 찾고자 하였다.

재료 및 방법

재료

분리대두단백(Soy protein isolate, SPI, PPTM500E, Protein Technol., Co., U.S.A.)과 응고제인 CaSO_4 와 glucono-delta-lactone은 전보⁽⁷⁾와 동일한 것을 사용하였다

Corresponding author: Woo-Jung Kim, Department of Food Science and Technology, Sejong University, Kungja-Dong 98, Sungdong-Ku, Seoul 133-747, Korea

며, 식용유는 콩기름(동방유량)을, 덱스트린은 DE 25인 것을 사용하였다.

비압착 두부의 제조

분리대두단백(SPI) 10g에 전보⁽⁷⁾에서 결정된 SPI무게의 7~8배 수분을 넣고, 덱스트린과 기름 및 이들의 혼합물을 첨가하여 2분간 균질화시킨 다음, 100°C에서 6분간 1차 가열하였다. 1차 가열한 SPI분산액을 40°C로 냉각시켜 CaSO₄-GDL(0.07g, 0.0075 g/g SPI) 혼합응고제를 첨가한 다음 homogenizer(SCM Co. Illinois)로 균질화시킨 후 75~95°C 범위에서 30분간 2차 가열시키고 상온에 방치하여 비압착식 두부를 제조하였다. 이때 각 조건에 따른 두부제조는 3회 반복하였다.

덱스트린 및 기름의 첨가

덱스트린과 기름의 첨가는 분리대두단백의 5~30%의 범위로 하였고, 혼합첨가는 수분 첨가량은 SPI의 8배, 2차 가열온도 85°C에서, 기름 첨가량은 SPI의 20~30% 범위로 하였고, 각 조건에 따라 덱스트린 함량을 5~30%까지 첨가 비율을 달리하였으며, 가열시간은 15, 30, 45분으로 하였다. 이때 부재료가 첨가된 두부제조는 비압착두부 제조와 동일하게 하였으며, 각 조건에서 제조된 두부의 물리적 특성을 측정하였다. 또 각 조건에서의 두부 견고성을 다중회귀분석하여 model식 유도하고, 반

응표면분석법(RSM, response surface methodology)을 실시하였으며, 비압착 분리대두단백의 최적 부재료 첨가량과 가열온도, 수분첨가량은 등고선(contour plot) 작도와 3차원 분석을 통하여 최적화⁽⁸⁾하였다.

텍스처 측정

전보⁽⁷⁾와 같은 조건으로 Rheometer(Sun Rheometer CR-2000D., Sun Scientific, Co., Japan)를 사용하여 견고성, 부착성, 응집성 및 껌성을 측정하였다.

결과 및 고찰

전보⁽⁷⁾에서 압착과정이 없는 비압착 두부의 최적 수분첨가량은 8배였고, 2차 가열온도와 시간은 85°C에서 30~60분의 범위였다. 그러나 이들 조건에서 제조된 두부의 조직은 거칠어 이의 개선을 위하여 텍스틴, 기름 및 이들의 혼합물을 첨가하였다.

덱스트린 첨가의 영향

수분첨가량과 2차 가열온도에 따른 덱스트린의 첨가가 비압착식 SPI두부의 텍스처 특성에 미치는 영향을 조사하였다(Table 1). 가열온도 75°C의 경우 수분첨가량이 증가함에 따라 견고성이 증가하였는데, 7배의 수분첨가구는 덱스트린 첨가량이 증가하면서 견고성은 125~142

Table 1. Effects of dextrin addition on the textural properties of uncompressed SPI tofu prepared with different ratios of water addition and second heating at 75, 85, 95°C for 30 minute

Water/ SPI (v/w)	Dextrin (%)	75°C				85°C				95°C			
		H. (g)	Adhes. (dyne/cm ²)	Cohes. (g)	Gumm. (g)	H. (g)	Adhes. (dyne/cm ²)	Cohes. (g)	Gumm. (g)	H. (g)	Adhes. (dyne/cm ²)	Cohes. (g)	Gumm. (g)
7.0	0	140	5.38	0.23	28.13	175	9.85	0.12	21.77	124	5.13	0.14	20.64
	5	125	4.31	0.18	22.56	174	5.51	0.13	22.56	130	5.13	0.19	24.96
	10	130	3.04	0.12	15.69	169	5.03	0.13	15.69	135	4.24	0.14	19.21
	15	134	4.47	0.11	14.39	170	5.42	0.12	14.39	140	5.19	0.18	25.59
	20	140	5.61	0.12	18.54	172	5.11	0.11	18.54	144	5.42	0.15	20.10
	25	138	4.03	0.12	16.15	168	5.04	0.14	16.15	142	5.24	0.13	19.34
	30	142	4.45	0.13	18.52	165	4.75	0.12	18.52	139	5.20	0.12	17.64
7.5	0	155	5.63	0.19	29.33	179	4.25	0.19	34.08	156	4.92	0.19	29.12
	5	162	5.69	0.16	25.98	161	6.08	0.18	28.70	160	4.98	0.16	25.03
	10	165	5.48	0.17	27.18	233	6.01	0.15	35.60	180	5.12	0.20	35.58
	15	166	5.62	0.17	28.51	212	5.01	0.17	36.20	184	5.13	0.18	32.72
	20	166	5.71	0.17	28.35	225	5.19	0.17	37.25	179	4.69	0.19	34.28
	25	180	5.03	0.16	28.22	179	5.51	0.16	29.09	189	5.17	0.18	33.18
	30	165	4.57	0.15	24.78	175	5.28	0.18	32.34	185	5.03	0.17	32.11
8.0	0	164	5.63	0.19	29.82	175	4.92	0.22	39.05	168	4.19	0.19	31.12
	5	180	7.15	0.19	33.94	215	6.14	0.30	51.39	168	4.13	0.15	26.57
	10	200	5.33	0.14	31.76	222	6.10	0.26	58.19	195	4.19	0.18	35.63
	15	207	5.67	0.17	39.54	221	5.97	0.17	37.91	195	5.11	0.18	35.85
	20	180	8.68	0.15	26.17	189	8.08	0.15	27.81	200	5.80	0.19	38.53
	25	189	5.11	0.17	30.36	185	5.66	0.15	28.47	190	5.12	0.22	40.90
	30	186	7.65	0.17	30.74	192	7.65	0.16	29.66	194	5.10	0.19	37.31

H; hardness, Adhes; adhesiveness, Cohes; cohesiveness, Gumm; gumminess, The CaSO₄ 0.07 g and GDL 0.0075 g/ISP was used for coagulants

g의 비교적 낮은 값으로 증가하는 경향이었다. 7.5배 수분첨가구는 25% 첨가구의 180g을 제외하면 162~166g의 값을 보였고, 8배의 수분첨가구의 경우 덱스트린 10~15% 첨가범위에서 현저히 증가하여 200~207g의 최고값을 나타내었다가 그 이상 첨가시에는 견고성이 감소하였다. 부착성은 덱스트린 첨가량이 증가함에 따라 경향이 없었고 점성도 8배 수분첨가구의 15% 덱스트린 첨가구 외에는 대조구보다 낮게 측정되었다.

2차 가열온도 85°C로 하였을 때 견고성은 덱스트린 소량 첨가량시에는 증가하다가 첨가량이 증가함에 따라 감소하였는데, 최고의 견고성은 전반적으로 덱스트린 10~20% 첨가구에서 나타났으며, 이들의 값은 동일 조건에서 2차 가열온도가 다른 75°C나 95°C의 것들보다 높은 값이었다. 또 부착성과 응집성, 점성은 덱스트린 첨가에 의한 영향이 거의 없었으나, 8배의 수분첨가구에서 낮은 범위의 첨가가 이들 특성을 향상시켰다.

한편 95°C 가열구의 견고성은 전반적으로 75°C의 견고성과 비슷한 경향으로 수분 첨가량이 증가함에 따라 증가하였다. 부착성과 응집성은 덱스트린 첨가량에 따라 차이가 없었다. 이는 비교적 낮은 DE 값의 덱스트린은 분자량이 큰 polysaccharide이므로 수분을 보유하여 synerisis를 막고, 부착성을 감소시킨다는 보고⁽⁹⁾와 비교하여 부착성, 응집성에는 큰 영향이 없었으나, SPI에 첨가된 수분을 잘 보유하여 견고성과 점성에는 차이를

보였다. 이상의 결과에서 비압착 SPI두부의 텍스처 특성중 수분과 가열온도, 및 덱스트린 첨가량은 견고성과 점성에 영향을 주었고, 비교적 높은 값의 견고성과 점성은 7.5~8배 수분 첨가, 2차 가열온도 85°C, 덱스트린 5~15% 첨가범위였다.

기름첨가의 영향

SPI분산액에 콩기름을 첨가하고 유헤시킨뒤 제조한 SPI 두부의 텍스처 특성을 측정된 결과는 Table 2와 같다.

2차 가열온도가 75°C일 때 7배의 수분 첨가구는 같은 조건에서 기름을 첨가하지 않은 대조구의 견고성인 140g에 비해 101~142g 범위의 낮은 값을 나타내었으며 7.5배 첨가구와 8배 첨가구는 대조구의 견고성과 거의 비슷하였다. 부착성은 기름 첨가량이 증가함에 따라 별다른 경향이 없는 값이었으나, 대조구나 덱스트린 첨가구에 비하여, 전반적으로 비교적 낮은 값을 보였고, 응집성과 점성도 큰 변화가 없었다. 85°C 가열구의 경우 견고성은 8배 수분, 25% 이상 기름 첨가구를 제외하고 수분 첨가량에 큰 영향이 없었고, 부착성과 응집성에 있어서도 기름첨가의 영향을 나타나지 않았다.

한편 가열온도 95°C에서는 수분 첨가량이 증가함에 따라 다른 가열온도구와 비슷한 값의 견고성을 보였으며 부착성과 응집성도 수분첨가와 기름첨가에 뚜렷한 영향

Table 2. Effects of oil addition on the textural properties of uncompressed SPI tofu prepared with different ratios of water addition and second heating at 75, 85, 95°C for 30 minute

Water/ SPI (v/w)	Oil (%)	75°C				85°C				95°C			
		H. (g)	Adhes. (dyne/cm ²)	Cohes. (g)	Gumm. (g)	H. (g)	Adhes. (dyne/cm ²)	Cohes. (g)	Gumm. (g)	H. (g)	Adhes. (dyne/cm ²)	Cohes. (g)	Gumm. (g)
7.0	0	140	5.38	0.23	28.13	175	9.85	0.12	21.77	124	5.13	0.14	20.64
	5	118	2.36	0.25	29.75	132	1.89	0.25	33.58	115	2.29	0.25	28.83
	10	137	3.77	0.24	32.55	135	3.71	0.21	28.51	137	3.62	0.27	37.31
	15	126	2.87	0.21	26.02	121	3.17	0.20	25.33	141	1.96	0.20	27.51
	20	142	2.17	0.22	31.22	147	2.27	0.30	43.42	154	1.83	0.20	31.40
	25	123	2.87	0.24	29.11	133	3.44	0.24	31.63	147	2.87	0.25	36.79
	30	101	0.22	0.22	20.61	128	3.60	0.21	26.95	128	3.60	0.21	26.95
7.5	0	155	5.63	0.19	29.33	179	4.25	0.19	34.08	156	4.92	0.19	29.12
	5	152	4.79	0.22	34.96	167	3.64	0.17	27.32	134	5.71	0.22	29.29
	10	142	5.98	0.20	28.19	166	5.23	0.17	27.41	135	6.92	0.21	27.89
	15	159	3.67	0.19	33.41	178	8.01	0.23	40.83	162	3.27	0.19	30.40
	20	157	3.96	0.18	28.90	178	7.98	0.22	38.83	164	3.37	0.20	33.07
	25	142	3.61	0.22	31.22	164	4.26	0.18	30.07	168	2.50	0.23	38.95
	30	170	3.61	0.25	32.29	176	8.08	0.16	28.95	143	5.03	0.21	29.42
8.0	0	164	5.63	0.19	29.82	175	4.92	0.22	39.05	168	4.19	0.19	31.12
	5	161	3.13	0.22	35.21	171	7.31	0.17	29.44	170	1.76	0.19	32.33
	10	162	2.32	0.24	38.64	184	7.04	0.19	34.43	164	3.78	0.17	27.66
	15	171	3.17	0.19	32.76	168	6.78	0.19	32.01	169	5.66	0.19	32.95
	20	154	3.63	0.14	21.90	166	4.60	0.16	26.47	175	6.04	0.17	29.58
	25	165	4.23	0.23	38.59	240	5.90	0.15	36.04	177	8.04	0.19	33.45
	30	172	2.15	0.21	35.29	239	6.03	0.15	36.63	188	5.10	0.19	36.58

H; hardness, Adhes.; adhesiveness, Cohes; cohesiveness, Gumm; gumminess

Table 3. Effects of dextrin addition on the texture properties of uncompressed 20%, 25%, 30% oil tofu prepared by second heating at 85°C for 15~45 minute

Heating time (min)	Oil(%) Dextrin (%)	20				25				30			
		H. (g)	Adhes. (dyne/cm ²)	Cohes. (g)	Gumm. (g)	H. (g)	Adhes. (dyne/cm ²)	Cohes. (g)	Gumm. (g)	H. (g)	Adhes. (dyne/cm ²)	Cohes. (g)	Gumm. (g)
15	0	130	2.07	0.23	30.07	166	5.69	0.15	24.97	159	5.74	0.18	28.68
	5	132	4.22	0.24	31.07	147	4.15	0.16	23.99	138	4.15	0.14	19.69
	10	131	4.27	0.20	26.19	145	6.34	0.13	19.25	156	5.25	0.16	25.25
	15	137	7.44	0.14	19.25	153	3.63	0.13	19.69	149	3.52	0.14	19.24
	20	123	7.14	0.12	15.18	169	3.61	0.16	26.99	186	4.17	0.16	30.18
	25	125	4.66	0.12	16.00	153	6.95	0.17	25.90	153	5.32	0.19	29.90
30	30	138	7.13	0.15	20.87	168	5.60	0.16	25.44	175	3.82	0.15	25.87
	0	168	4.60	0.17	32.06	236	5.88	0.17	39.43	230	6.05	0.16	34.03
	5	189	7.20	0.20	29.64	223	3.45	0.30	52.28	160	7.26	0.19	29.69
	10	138	4.15	0.14	19.65	230	2.92	0.25	55.61	173	2.69	0.15	27.30
	15	145	6.34	0.13	19.25	223	2.83	0.24	54.84	184	8.13	0.16	28.71
	20	186	4.17	0.16	30.18	200	1.88	0.25	49.97	179	2.36	0.18	30.81
45	25	153	6.95	0.17	25.81	207	3.10	0.21	43.14	175	7.98	0.16	27.81
	30	156	3.82	0.15	27.87	205	3.03	0.17	33.55	164	2.10	0.19	30.96
	0	169	3.61	0.17	27.45	240	1.63	0.16	39.46	217	7.39	0.15	32.78
	5	190	4.47	0.17	31.45	231	2.10	0.20	51.25	179	8.79	0.15	51.25
	10	198	4.44	0.16	32.10	242	3.59	0.21	51.25	181	9.12	0.12	21.75
	15	182	4.66	0.21	31.13	233	5.67	0.18	41.87	193	9.66	0.11	21.13
45	20	170	8.44	0.14	24.20	237	4.75	0.22	49.76	204	2.44	0.15	30.55
	25	172	3.41	0.12	22.94	227	2.02	0.23	51.94	196	1.27	0.20	35.94
	30	166	6.33	0.16	27.02	211	2.79	0.18	37.40	205	5.04	0.17	35.24

H; hardness, Adhes.; adhesiveness, Cohes.; cohesiveness, Gumm; gumminess

을 받지 않았다. 이상의 결과는 지방함량이 많아질수록 응고시간이 길어지고 응고가 잘 형성되지 않지만 적당한 기름함량과 가열온도 응고시간을 조정하면 미세한 구조가 형성되어 단단한 gel이 형성된다는 연구보고(10-12)를 미루어 보아 비교적 단단한 겔 형성 조건은 8배 수분 첨가와 SPI의 25% 이상 기름첨가시 임을 알 수 있었다.

혼합첨가에 따른 영향

덱스트린과 기름의 혼합첨가시 각 조건에 따른 비압 착식 두부의 물리적 특성변화를 조사한 결과(Table 3), SPI의 20% 기름 첨가구는 덱스트린 첨가량이 증가함에 따라 15분 가열에서는 견고성이 거의 비슷한 값을 보였으나, 30분 이상에서는 증가하다가 감소하였다. 또 부착성과 응집성은 가열시간에 따라 일관성이 없는 값을 나타내었고, 점성도 비슷한 경향이였으나 덱스트린을 첨가하지 않고 기름만 첨가한 구에 비해서 전체적으로 낮은 값이었다. 25% 기름첨가구의 견고성은 전반적으로 20% 기름첨가구보다 현저히 높은 값을 보였고, 가열시간 15분 이상인 경우 덱스트린 첨가량이 많을수록 견고성의 감소가 완연하였다. 또 부착성과 응집성은 가열시간에 따라 값의 차이는 있었으나, 덱스트린의 첨가 영향이 없었으며, 점성은 견고성과 비슷하게 덱스트린 첨가량이 증가함에 따라 약간 증가하다가 다시 감소하였다. 또한 30% 기름 첨가구의 견고성은 전체적으로 20%와 25%

Table 4. Values of regression coefficients calculated for optimal condition of second heating temperature and water ratio according to dextrin addition

Ind. variable	Coefficient	Std.error	t-value
Constant	201.07	7.16	28.08*
X ₁	11.28	3.31	3.40*
X ₂	6.78	3.31	2.05*
X ₃	20.56	3.31	6.20*
X ₁ X ₂	-8.67	4.06	-2.13*
X ₂ X ₃	8.58	4.06	2.11*
X ₁ X ₃	-2.33	4.06	0.57
X ₁ ²	-18.39	5.74	-3.20*
X ₂ ²	-24.22	5.74	-4.22*
X ₃ ²	-5.89	5.74	-1.03

R-SQ=0.8450, R-SQ(Adj. for d.f.)=0.7630

*Significance at p<0.05, X₁=Dextrin, X₂=Temperature, X₃=Water addition

기름의 중간값을 보였으며 가열시간에 따른 영향은 거의 없었다. 부착성, 응집성 및 점성의 경우도 각 조건별로 거의 비슷한 값을 보였다.

최적 수분첨가량, 가열시간 및 부재료 첨가량 결정

두부의 품질향상을 위하여 각각의 부재료 첨가와 조건에 따른 두부의 품질측정을 한 결과 두부의 텍스처

특성중 가장 크게 영향을 받은 것은 견고성과 쫄림율을 알 수 있었다. 쫄림은 견고성과 응집성을 꺾한 값으로 견고성에 의해 크게 영향을 받으므로 견고성만을 중심으로 수분 및 부재료 첨가량(덱스트린, 기름)과 가열온도의 영향을 조사하여 최적 2차 가열온도, 수분 첨가량을 결정한 후 혼합 첨가량의 영향을 조사하여 각각의 조건에 따른 식을 다음과 같이 구하였다.

덱스트린의 경우 두부의 견고성(Y)을 X_1 =덱스트린, X_2 =가열온도, X_3 =수분첨가량으로 하여 다중회귀분석

(Table 4)한 다음 독립변수간의 교호작용을 나타내는 2차항 중 P값이 0.05 이상인 X_1X_3 항과 X_3 항을 기각시켜 계산된 model식은 $Y=201.1+11.3X_1+6.8X_2+20.6 X_3-8.7X_1X_2+8.6X_2X_3+8.4X_1^2-24.2X_2^2(r=0.87)$ 이었다.

또 최적 기름 첨가량의 경우 각 조건에서 제조된 비압착 두부의 견고성(Y)을 X_1 =기름, X_2 =가열온도, X_3 =수분첨가량으로 하여 다중회귀분석하고(Table 5), 독립변수중 P값이 0.05 이상인 독립변수 기름함(X_1)과 2차항 중 X_1X_2 , X_1X_3 , X_1^2 , X_3 을 기각시켜 계산된 model식은 $Y=$

Table 5. Values of regression coefficients calculated for optimal condition of second heating temperature and water ratio according to oil addition

Ind. variable	Coefficient	Std.error	t-value
Constant	176.30	8.00	22.03*
X_1	4.61	3.70	1.25
X_2	7.72	3.70	2.08*
X_3	22.56	3.70	6.09*
X_1X_2	7.58	4.54	-1.67
X_2X_3	16.50	4.53	3.64*
X_1X_3	-2.33	4.54	-0.51
X_1^2	0.94	6.41	0.15
X_2^2	-23.06	6.41	-3.59*
X_3^2	-8.89	6.41	-1.39*

R-SQ=0.8134, R-SQ(Adj. for d.f.)=0.7147

*Significance at $p<0.05$, X_1 =Oil, X_2 =Temperature, X_3 =Water addition

Table 6. Values of regression coefficients calculated for optimal condition of mixed material and heating time at 85°C

Ind. variable	Coefficient	Std.error	t-value
Constant	207.84	8.38	24.79*
X_1	9.93	4.01	2.48*
X_2	-7.41	4.01	-1.85*
X_3	20.37	4.01	5.08*
X_1X_2	-3.94	5.03	-0.78
X_2X_3	-7.86	5.03	-1.56
X_1X_3	4.64	5.03	0.92
X_1^2	-31.96	6.70	-4.76*
X_2^2	4.04	6.70	0.60
X_3^2	-9.96	6.70	-1.49

R-SQ=0.8142, R-SQ(Adj. for d.f.)=0.7098

*Significance at $p<0.05$, X_1 =Oil, X_2 =Dextrin, X_3 =Heating time

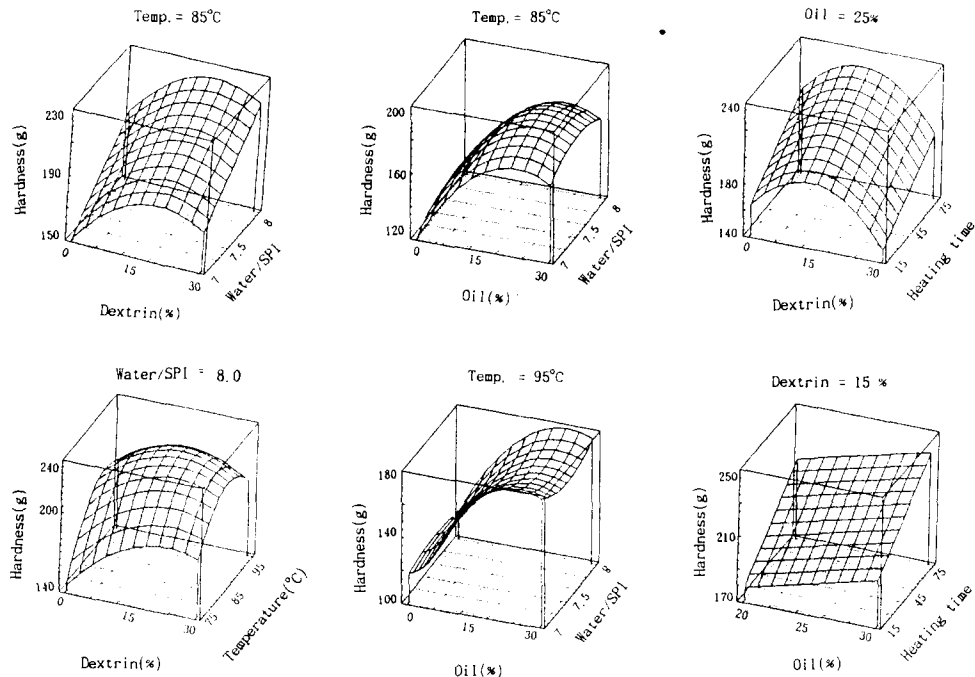


Fig. 1. Contour plots and response surfaces of hardness of SPI tofu as affected by ratio of water/SPI, second heating time, temperature, amounts of dextrin and oil added

Table 7. Effects of heating time at various temperature on the textural properties uncompressed 15% dextrin-25% oil ISP tofu

Temp. (°C)	Heating time	Textural properties			
		H. (g)	Adhes. (dyne/cm ²)	Cohes. (g)	Gumm.
85	15	199	4.32	0.23	50.03
	30	233	2.40	0.21	54.75
	45	240	4.23	0.22	47.68
	60	224	6.56	0.25	57.00
	75	248	2.04	0.21	51.20
90	15	197	6.18	0.18	35.46
	30	256	4.41	0.21	53.54
	45	259	7.72	0.19	49.70
	60	245	5.03	0.16	40.28
	75	224	4.82	0.24	56.64
95	15	130	7.97	0.29	36.19
	30	157	9.63	0.33	51.31
	45	196	8.57	0.44	86.39
	60	198	6.99	0.37	73.17
	75	210	7.98	0.34	83.93

H; hardness, Adhes; adhesiveness, Cohes; cohesiveness, Gumm; gumminess

$176.3 + 7.7X_2 + 22.6X_3 + 16.5X_2X_3 - 23.1X_2^2 - 8.9X_3^2$ ($r = 0.72$)이었다.

한편 최적 2차 가열온도, 최적 수분첨가량에 따른 혼합첨가량의 경우 각 조건에서 제조된 비압착 두부의 견고성(Y)을 $X_1 =$ 기름 첨가량, $X_2 =$ 덱스트린 첨가량, $X_3 =$ 가열시간으로 하여 다중회귀 분석(Table 6)하고, 독립변수간의 교호작용을 나타내는 2차항중 P값이 0.05이상인 항을 기각시켜 계산된 model 식은 $Y = 207.8 - 9.9X_1 - 7.4X_2 + 20.4X_3 - 31.9X_2^2$ ($r = 0.71$)이었다.

각각의 model식을 반응표면 분석법(RSM)으로 각 조건에 따라 고정화하여 도시한 후 견고성에 큰 영향을 끼친 것을 추려내어 도시하였다(Fig. 1). 덱스트린 첨가의 경우 가열온도를 고정하여 견고성을 조사한 결과 15%의 덱스트린 첨가가 가장 높은 견고성을 보여주었고, 수분첨가량의 영향은 가열온도가 높을수록 더욱 현저하였으며, 85°C 가열구에서 가장 높은 견고성을 보였다. 수분첨가량을 고정하는 경우는 덱스트린 15% 이상 첨가는 견고성에 큰 영향이 없었으며, 8배 수분첨가량이 가장 높은 견고성을 보였다. 온도영향은 앞의 결과와 마찬가지로 각 수분첨가구 별로 85°C에서 가장 높게 나타나 비압착두부 제조를 위한 덱스트린의 최적 첨가량과 조건은 덱스트린 15%, 가열온도 85°C, 수분첨가량은 8배임을 알 수 있었다. 기름 첨가는 각 독립변수별로 고정하여 도시한 결과 85°C, 기름 첨가량 20%에서 가장 높은 견고성을 보였고, 수분첨가량의 영향은 거의 없었으며, 95°C에서도 견고성에 미치는 영향은 85°C와 거의 동일하였으나, 전반적으로 약간 감소한 견고성을 나타내었다. 이상에서 기름 첨가시 최고의 견고성을 나타내었던 시

료는 8배 수분 첨가, 가열온도 85°C, 기름 첨가량 20~25%이었다.

한편 혼합첨가는 기름을 고정하는 경우 기름 첨가량이 증가할수록 견고성이 증가되었고 덱스트린 15% 이상 첨가시에는 기름 첨가량에 관계없이 견고성이 다시 감소되었으며, 가열시간이 증가할수록 견고성이 증가함을 보였다. 덱스트린을 고정하여 반응값을 도시한 결과 기름첨가량과 가열시간이 증가함에 따라 증가되었는데, 기름첨가의 영향보다 견고성 증가에 가열시간의 영향이 더 크게 나타났다. 이상의 결과에서 비압착두부의 혼합첨가 비율 및 가열시간 범위는 기름 함량 25% 이상, 덱스트린 15%, 가열시간 45분 이상이 압착두부와 비슷한 견고성을 보였다.

혼합첨가시 가열온도의 영향

앞의 결과에서 결정된 수분첨가량 8배와 부재료인 기름 25%, 덱스트린 15%를 첨가시 2차 가열온도 85~95°C의 범위에서 제조한 SPI두부의 텍스처 특성은 Table 7과 같다. 그 결과 85°C와 90°C에서의 가열은 95°C보다 높은 견고성을 보였으며, 30분 이상에서 더욱 현저하였다. 각 온도에서의 최고값을 나타낸 가열시간은 90°C에서의 45분 가열이 가장 높은 259g을 보여주었고, 85°C와 95°C는 75분으로 각각 248g과 210g으로 측정되었다. 전반적으로 높은 온도에서 60분 이상 가열은 견고성의 감소를 보였는데, 이는 높은 온도에서 장시간 가열시 견고성이 낮은 두부를 얻었다는 Hashizume 등⁽¹³⁾의 결과와 비슷하였다. 또 부착성은 가열온도와는 상관없는 값을 보였고, 응집성의 경우는 가열온도 75°C, 95°C 처리구가 비교적 높은 값을 보였으며, 점성의 경우는 가열온도가 증가함에 따라 증가하는 값을 보였다. 이상의 결과에서 기름과 덱스트린은 각각 25%, 15% 첨가하고 90°C에서 30~45분간 가열함이 85°C의 경우보다 견고성과 부착성, 응집성이 향상되었음을 알 수 있었다. 따라서 비압착식 SPI두부의 최적 제조조건은 수분첨가량, 기름, 덱스트린의 첨가는 각각 SPI 무게의 8배, 25%, 15%이고, 2차 가열조건은 90°C에서의 30~45분이 적절하다고 사료되었다.

요 약

비압착 SPI두부의 제조조건의 결정을 위하여 수분첨가량, 2차 가열온도, 기름 및 덱스트린 첨가량에 따른 물리적 특성을 조사하였고, 각 조건에서 얻어진 견고성을 기준으로 다중회귀분석과 반응표면분석을 통하여 최적화하였다. 그 결과 덱스트린 첨가량 10~15% 범위에서 두부의 견고성이 증가하였고, 2차 가열온도 85°C, 수분은 8배 첨가하였을 때 최고의 견고성을 보였다. 종속변수를 견고성으로 하여 RSM 도시한 결과 덱스트린 첨가량 견고성에 미치는 영향은 가열온도의 영향보다 비교적 적었다. 기름첨가의 영향은 2차 가열온도 85°C, 8배 수분,

25% 이상 기름 첨가구를 제외하고 제조 조건에 큰 영향을 받지 않았고 혼합첨가의 경우 25% 기름첨가구가 비교적 높은 값을 보였고, 가열시간 15분 이상인 경우 덱스트린 첨가량이 많을수록 견고성의 감소를 보였다. 비교적 견고하고 응집성있는 제조조건은 기름 25%, 덱스트린 15~20% 첨가와 2차 가열온도 90℃에서 45~60분이었다. 물리적 특성과 관능검사에 의해 결정된 비압착 SPI 두부제조를 위한 최적 조건은 균질화한 SPI-oil-dextrin(100 : 25 : 15)에 SPI무게의 8배 수분을 첨가한 다음 100℃에서 6분간 1차 가열을 하고 40℃로 냉각시킨 용액에 혼합응고제(SPI : CaSO₄ : GDL = 1g : 0.07g : 0.0075g)를 첨가하여 균질화한 다음 90℃에서 45분간 2차 가열하여 상온으로 냉각시키는 것임을 알 수 있었다.

감사의 글

본 연구는 1993년도 세종대학교 대양학술연구비 지원에 의해 수행되었기에 이에 감사를 드립니다.

문헌

- 장천일, 이정근, 구경형, 김우정 : 콩 품종에 따른 두부의 수율 및 화학적, 관능적 특성의 비교. 한국식품과학회지, 22(4), 439(1990)
- 문수재, 손경희, 김영희 : 각종 응고제에 따른 Texture 특성에 관한 연구. 대한가정학회지, 17(1), 7(1982)
- Wang, H.L. and Hesseltine, C.W.: Coagulation condition in Tofu processing. *Process Biochem.*, 17(1), 7 (1982)
- Saio, K.: Tofu relationships between texture and fine structure. *Cereal Foods World*, 24(8), 342(1979)
- 고순남, 김우정 : 분리대두단백 두부의 물리적 특성에 미치는 응고온도 및 응고 제의 영향. 한국식품과학회지, 24(2), 154(1992)
- 김동원 : 분리대두단백 두부의 제조 조건에 관한 연구. 세종대학교대학원 박사학위 논문(1992)
- 구경형, 김우정 : 비압착 분리대두단백 두부의 물리적 특성에 미치는 가수량과 가열조건의 영향. 한국식품과학회지 투고중(1993)
- Static Graphics Corporation: User's guide Statgraphics Statical Graphics System. STSC Inc., U.S.A.(1987)
- Encyclopedia of Food Science and Technology, A Wiley Interscience John Wiley & Sons Inc. Volume I, 279(1991)
- 山野善正 : 大豆蛋白質-油-水係の gel形成と 物性. *New Food Industry*, 31(5), 65(1989)
- 山野善正, 三本英三, 福井義明 : 大豆蛋白質-油-水係 gel의 texture와 gel形成. *日本食品工業學會誌*, 28(3), 131 (1981)
- 山野善正, 田村成正, 三本英三 : 粉末 palm-oil 添加 蛋白質 gel texture의 油脂 融点의 影響. *日本食品工業學會誌*, 34(3), 507(1987)
- Hashizume, K., Maeda, M. and Watanabe, T.: Relationship of heating and cooling condition to hardness of Tofu. *日本食品工業學會誌*, 27(7), 387(1978)

(1993년 10월 21일 접수)