

효소에 의한 열처리 생대추 조직의 수용화

최정선 · 황재관 · 김종태 · 정강현* · 이동선**

한국식품개발연구원 산업화 연구부, *서울산업대학교 식품공학과

**경남대학교 식품공학과

(1996년 7월 8일 접수)

Enzymatic Solubilization of Thermally Treated Jujube Tissues

Jung-Sun Choi, Jae-Kwan Hwang, Chong-Tai Kim, Kang-Hyun Chung* and Dong-Sun Lee**

Korea Food Research Institute

**Department of Food Engineering, Seoul National Polytechnic University*

***Department of Food Engineering, Kyongnam University*

(Received July 8, 1996)

Abstract

Jujube paste was prepared by autoclaving the fresh jujube at 1.2 atm and 120°C for 30 min and removing the skin and cores. In order to increase the juice yield, the paste was treated with pectinase, cellulase and their combinations. The soluble fractions of enzymatically treated jujube paste were characterized in terms of yield, pH, titratable acidity, color, Bx, transmittance and sugar compositions. The original paste exhibited the water soluble fraction of 57.3%. Of various quality factors, the clarity was the most significantly distinguished between pectinase and cellulase treatments. The cellulase treatment produced the cloudy juice with the yield of 83.60%. On the other hand, the clear juice was produced by the pectinase and combined treatments due to degradation of pectins, whose yields were 79.47% and 85.39%, respectively. The results clearly demonstrated that the pectinase treatments improved the solubilization efficiency and clarity.

I. 서 론

식체로 시작된 전통 음료의 개발과 상품화는 예상보다 높은 성과를 얻고 있다. 현재 강세를 보이고 있는 대추 음료는 한방 음료의 개념에서 벗어나 맑고 신선한 맛으로 젊은 세대에서도 좋은 호응을 얻고 있다. 대추는 우리나라 기후 풍토에 알맞아 재배가 용이하고 수확 후 생산물의 저장이 간편하여 산간벽지나 정원 등에 약용과 식용을 겸하여 재배해 온 과수이다¹⁾.

대추 음료의 시장 규모는 수백억에 이르고 있으며, 생산업체의 수도 크게 늘어서 약 90여군데에 이르고 있다. 국내에서의 대추 가공은 주로 건대추의 추출에 의한 음료 생산이 주를 이루고 있으며, 아직 생대추를 이용한 제품은 전혀 생산되고 있지 않은 실정이다.

생대추의 가공은 대추 고유의 향과 맛을 살릴 수 있고 건조 과정이 없이 직접 가공하므로써 생산원가를 줄일 수 있다는 장점이 있다. 그런데 대추는 다른 과실에 비하여 씨앗의 중량비가 크고 매우 견고하여 실제

가공에 있어 문제점으로 대두될 수 있다. 따라서 본 연구에서는 이와 같은 문제점을 극복하기 위하여 일반적인 식품 가공 장치로써 현장 적용에 큰 부담이 없는 가압증자에 의한 생대추 전처리 기술을 개발하였으며 가압증자 처리된 대추 조직에 효소(pectinase, cellulase)를 첨가하여 수용화시켜 생산된 수용액의 품질 특성을 알아봄으로써 생대추 가공기술 개발에 따른 대추 음료 가공 공정의 간소화를 기하고자 하였다.

II. 실험 방법

1. 실험재료

본 연구에 사용된 생대추는 밀양시 산외면 및 단장면의 농가에서 익은 상태로 수확된 무등 품종의 대추를 시료로 사용하였다.

2. 생대추 페이스트 제조

상처가 없는 건전한 대추를 선별하여 깨끗이 세척한

후 물기를 제거하였다. 생대추를 120°C, 1.2기압에서 15분간 가압증자한 후 증량비로 1:1이 되도록 물과 혼합하였다. 이를 교반기로 분쇄한 후 cheese cloth로 여과하여 씨앗과 껍질을 제거하였다. 습식 균질기로 균질화하여 대추 페이스트를 제조한 후 대추 음료 제조에 이용하였다.

3. 생대추 음료 제조

앞서 제조한 대추 페이스트 100g에 물 100g을 첨가한 후 pectinase(Pectinase Ultra SP-L: Norvo Nordisk Ferment Ltd., Switzerland), cellulase(Celluclast: Norvo Nordisk Ferment Ltd., Switzerland), pectinase와 cellulase의 1:1 혼합액을 대추 페이스트 희석액에 0.05, 0.50, 2.50%(v/w)로 가한 후 상온에서 12시간 교반시키면서 수용화시켰다. 이를 5,000×g에서 10분간 원심분리시켜 상등액을 수거하여 생대추 음료를 제조하였다.

4. 생대추 음료의 총가용성 고형물의 추출 수율 측정

대추 페이스트와 효소와의 반응액을 정확하게 20g씩 2개를 채취하여 하나는 100°C에서 건조시키고 나머지 하나는 5,000×g에서 10분간 원심분리시켜 최대한 상등액을 침방병에 회수하여 100°C에서 건조시켜 항량을 구하였다.

$$\text{총가용성 고형물 추출 수율} = \frac{\text{원심분리 상등액의 건조 무게}}{\text{반응액의 건조 무게}} \times 100$$

5. pH, 산도와 당도

시료의 pH는 digital pH meter(ORION 720A)를 이용하여 측정하였다. 산도는 시료 10g에 증류수 100 ml를 첨가한 후 pH meter를 이용하여 pH 8.0이 되도록 0.1 N NaOH로 적정하였다. 산도는 % malic acid로 나타내었다. (% malic acid = ml NaOH × N NaOH × 0.067 meq × 100/wt of sample)

당도는 굴절 당도계를 이용하여 상온에서 측정하였다.

6. 투과도 및 Pectin 함량

시료의 투과도는 Krop²⁾ 등의 방법을 변형하여 Spectrophotometer를 이용하여 535 nm에서 측정하였다.

Pectin 함량은 McCready³⁾ 등의 방법으로 측정하였으며 표준곡선은 galacturonic acid를 이용하여 구하였다.

7. 색도 측정

색도계(Denshouk사, TC-1500 MC-88)를 이용하여 L, a, b값을 측정하였으며 L, a, b값으로부터 ΔE를 계산

하였다.

8. 점도 측정

모세관 점도계(Cannon-Fenske, No.100)를 이용하여 25°C에서 측정하였다.

9. 당분석

당은 Guyer⁴⁾ 등의 방법으로 HPLC(Jasco 830-RI)로 분석하였다. HPLC를 이용하여 glucose, fructose, sucrose, maltose를 분리하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 생대추 음료의 총가용성 고형물의 추출 수율

대추 페이스트에 pectinase와 cellulase의 처리에 따른 수용화 분획의 생산 수율을 Table 1에 나타내었다. 효소 처리하지 않은 시료의 수용성 고형분의 수율은 52.11%인데 반하여, 효소 처리한 경우 66.69%~85.39%로 증가한 것으로 나타났다. 특히, 수용화에는 cellulase가 pectinase보다 동일 효소 농도에서 효율적이었으며 효소 농도가 증가함에 따라 수율은 증가하는 것으로 나타났다. 이는 효소 처리를 하지 않은 경우와 비교하였을 때 pectinase처리시 152.50%, cellulase처리시 160.43%, pectinase와 cellulase 혼합 사용시 163.86%까지 증가한 것이다.

Chang⁵⁾ 등의 연구 결과에 의하면, 자두에 pectinase 처리시 쥬스의 수율은 79.48%에서 84.76%까지 증가하였으며 자두 품종에 따라 수율의 차이가 있는 것으로 나타났다. 이는 본 연구의 pectinase 첨가시와 비슷한

Table 1. Effect of enzymatic treatment on yield of juice from jujube

	Enzyme concentration (% v/w)	Yield (%)	
		Yield (%)	% Increase
Pectinase	0.00	52.11	
	0.05	66.69	127.98
	0.50	68.82	132.07
	2.50	79.47	152.50
Cellulase	0.00	52.11	
	0.05	71.01	136.27
	0.50	79.94	153.41
	2.50	83.60	160.43
Pectinase + Cellulase	0.00	52.11	
	0.05	72.21	138.57
	0.50	83.49	160.22
	2.50	85.39	163.86

결과이다.

이 결과로 부터 주스의 수율을 증가시키기 위해서는 pectinase, cellulase와 같은 효소 처리가 매우 경제적이고 생각되며 cellulase 또는 pectinase와 cellulase를 혼합하여 사용하였을 때 pectinase보다 수율이 더 좋은 것으로 나타났다.

2. pH, 산도 및 당도

생산된 수용액의 pH, 산도 및 당도 측정 결과를 Table 2에 나타내었다.

pH는 pectinase 첨가시 대조구 pH 4.25에 비하여 낮았으나 첨가된 pectinase 농도가 증가됨에 따라 증가하여 pectinase 2.50% 첨가시 pH는 4.22이었다. cellulase 첨가시 pH는 대조구보다 증가하였으며 pectinase+cellulase 첨가하였을 때는 대조구보다 낮게 나타났다.

산도는 대조구가 0.11이었으며 cellulase 첨가시 대조구와 비슷하게 나타났으나 pectinase 또는 pectinase+cellulase 첨가시 100% 이상 증가하는 것으로 나타났다. pectinase 처리시 산도의 증가는 효소에 의하여 pectin이 deesterification 되면서 분해되었기 때문인 것으로 생각된다.

당도는 효소 처리시 대조구에 비하여 높았으며 cellulase 첨가시 pectinase 처리군보다 높은 것으로 나타났다. 이는 pectinase와 cellulase에 의하여 세포벽의 pectin 물질이 분해되어 세포벽에 있는 다당류가 유출됨으로써 soluble solid가 증가된 것으로 해석된다. 상업적으로 이용되고 있는 pectinase는 사과벽으로부터

약 80%의 다당류를 유출하는 것으로 보고된 바 있다⁶⁾.

Bx/acid의 비율은 pectinase와 pectinase+cellulase 처리시 당도의 증가에 비하여 산도의 증가가 크므로 대조구에 비하여 감소하였으나 cellulase 처리시에는 Bx는 증가하나 산도의 변화가 없으므로 대조구보다 높은 값을 나타낸다. Fellers⁷⁾ 등의 연구 결과에 의하면 grapefruit 주스에서 Bx/acid의 비율이 7.0이었을 때는 소비자의 기호도가 낮았으나 11.0이상이었을 때는 기호도가 높은 것으로 나타났다. Chang⁸⁾ 등은 자두 주스 제조시 pectinase 첨가시 Bx/acid 비율이 감소되었으며 첨가된 효소 농도가 증가됨에 따라 감소율이 컸다고 보고하였다. 이는 본 실험과 일치하는 결과이다. Bx/acid의 비율은 감귤류와 다른 과일 주스에 대한 품질의 수평도를 나타내는 지표로서 Bx/acid를 조절하여 관능도를 높일 수 있으며 비율이 클수록 flavor가 높아진다고 한다. 그러나, Guyer⁴⁾ 등은 cherry에서 Bx/acid의 비율은 단맛과는 양의 상관 관계에 있으나 향미와는 밀접한 관계가 없다고 보고하였다.

3. 투과도, Pectin 함량과 점도

수용액의 투과도, Pectin 함량과 점도 측정 결과를 Table 3에 나타냈다. 투과도는 효소 처리하지 않은 시료 6.1%에 비하여 cellulase 처리시 효소 농도에 따라 2.5, 3.1, 2.8%로 감소되어 매우 탁한 현상을 보였다. 이는 cellulase가 식물 세포벽의 수용화에는 매우 효율적이거나, 이 과정에서 용출된 pectin 성분은 고분자 상태로 존재하기 때문에 탁도가 감소하는 것으로 해석된다. pectinase로 처리한 시료인 경우에는 cellulase에 비해

Table 2. Effect of enzymatic treatment on pH, titratable acid, Bx, and Bx/acid ratio on juice from jujube

	Enzyme concentration (% v/w)	pH	Titratable acid(% malic acid)		
			Bx	Bx/acid	
Pectinase	0.00	4.25	0.11	7.2	65.45
	0.05	3.68	0.18	7.4	41.11
	0.50	4.15	0.20	7.8	39.00
	2.50	4.22	0.23	8.8	38.26
Cellulase	0.00	4.25	0.11	7.2	65.45
	0.05	4.26	0.11	7.6	69.09
	0.50	4.66	0.12	8.0	66.67
	2.50	4.63	0.12	9.2	76.67
Pectinase + Cellulase	0.00	4.25	0.11	7.2	65.45
	0.05	3.74	0.16	7.8	48.75
	0.50	4.15	0.20	8.0	40.00
	2.50	4.15	0.23	9.0	39.13

Table 3. Effect of enzymatic treatment on transmittance, pectin content and viscosity of juice from jujube

	Enzyme concentration (% v/w)	Transmittance (%T)	Pectin (mg/ml)	Viscosity (cp)
Pectinase	0.00	6.1	5.21	1.78
	0.05	52.0	5.83	1.24
	0.50	62.1	4.04	1.20
	2.50	64.6	3.99	1.24
Cellulase	0.00	6.1	5.21	1.78
	0.05	2.5	5.70	1.88
	0.50	3.1	5.01	1.80
	2.50	2.8	4.71	1.65
Pectinase + Cellulase	0.00	6.1	5.21	1.78
	0.05	61.2	5.80	1.27
	0.50	58.1	5.39	1.22
	2.50	65.5	4.66	1.23

Table 4. Effect enzymatic treatment on color of juice from jujube

	Enzyme concentration (% v/w)	Color			
		a	b	L	ΔE^*
Pectinase	0.00	2.06	12.6	92.4	
	0.05	6.23	21.1	95.3	9.01
	0.50	3.99	2.41	86.6	11.88
	2.50	4.08	6.96	83.9	10.40
Cellulase	0.00	2.06	12.6	92.4	
	0.05	5.05	11.2	91.4	3.45
	0.50	8.22	11.2	89.2	7.08
	2.50	5.31	11.5	88.5	5.19
Pectinase + Cellulase	0.00	2.06	12.6	93.3	
	0.05	6.38	12.4	94.9	4.61
	0.50	3.03	5.16	84.9	11.26
	2.50	5.98	7.17	84.4	11.14

$$*\Delta E = \{(a-a_1)^2 + (b-b_1)^2 + (c-c_1)^2\}^{1/2}$$

여 수율은 낮으나 용출된 pectin·성분의 가수분해에 의하여 저분자화되면서 투과도는 52.0%~64.6%로 매우 높은 값을 나타냈다. Brown¹⁰⁾ 등의 보고에 의하면 포도에 pectinase 첨가시 평균 주스의 투과도는 4배 향상되고 여과성은 100%까지 증가되었다고 보고하였다. 이는 pectic enzyme이 주스내에 존재하는 고형분을 제거하는데 효율적이며 상업적인 제조 공정에서 pectin 물질을 분해시키는 polygalacturonase와 pectinlyase에 의하여 효소 처리시 투과도가 증가되는 것으로 생각된다.

주스내의 pectin 함량은 첨가되는 효소 농도가 증가됨에 따라 감소하였으며 이는 cellulase보다 pectinase 첨가시 더 크게 나타났다. Chang⁹⁾ 등에 의하면 자두 주스에서 pectin 함량은 효소 처리시 평균 54% 감소하였다고 보고하였다.

투과도와 pectin 함량은 음의 상관관계에 있는 것으로 나타났으며 주스의 투과도는 pectin의 분해 정도와 직접적인 관련이 있는 것으로 생각된다.

점도는 cellulase 처리한 경우가 pectinase보다 훨씬 높았다. 이는 cellulase에 의하여 수용화 분획은 상대적으로 고분자의 pectin 성분으로 구성되어 수용액에서의 수동학적 부피(hydrodynamic volume)를 증가시키기 때문이다.

4. 색도

색도는 효소 처리 농도가 증가됨에 따라 b값, L값이 감소하였으며 E는 대조구에 비하여 효소 처리시 감소하였다(Table 4). 효소 처리시 b값과 L값의 감소는 세

Table 5. Effect of enzymatic treatment on content of juice sugars (mg/ml) from jujube

	Glucose	Fructose	Sucrose	Maltose
Control	4.348	4.853	2.016	ND*
Pectinase treated juice	5.866	5.262	2.621	ND*
Cellulase treated juice	4.365	4.728	7.329	1.666
Pectinase + Cellulase treated juice	6.291	5.561	3.114	1.719

*ND: None detected

포벽이 분해됨으로써 세포벽의 색소가 유출되었기 때문인 것으로 생각된다. 효소 처리시 L값의 감소는 대조구보다 어두운 주스가 생산됨을 나타낸다. Chang⁵⁾ 등은 자두 주스 제조시 효소 처리에 의하여 b값과 hue angle value은 감소되었다고 보고하였다.

5. 당분석

Table 5는 수용액의 당분석 결과이다. 대조구에 비하여 효소 처리시 glucose, fructose, sucrose의 함량이 증가하였으며 maltose는 대조구와 pectinase 처리시에는 없었으나 cellulase 또는 pectinase + cellulase 처리시 각각 1.666, 1.719 mg/ml로 증가하였다. 즉, maltose는 cellulase 처리시 증가하는 것으로 나타났다. 효소 처리시 당의 증가는 세포벽으로부터 soluble solid가 유출되므로써 생기는 결과라고 생각된다. Gorse¹¹⁾ 등의 연구 결과에 의하면 자두 주스 제조시 효소 처리에 의하여 glucose와 fructose는 증가하였으나 sucrose는 감소하였다. 이는 효소에 의하여 세포벽이 분해되므로써 glucose, fructose가 증가하였고, 또한 과일내에 있는 invertase에 의하여 sucrose가 분해되므로 sucrose는 감소된 반면 단당류인 glucose와 fructose는 증가하였기 때문이라고 보고하였다. 그러나, 본 실험에서는 대추를 열처리하여 페이스트를 제조하는 과정에서 대추내에 있는 효소들이 불활성화되었으므로 첨가한 pectinase와 cellulase의 작용에 의해서 glucose, fructose, sucrose가 모두 증가하는 현상을 보였다.

IV. 결 론

생대추를 열처리하여 페이스트를 제조한 후 pectinase, cellulase를 첨가하여 생대추 주스 제조를 시도하였다. 이 과정에서 생대추를 가압증자하여 겹질과 씨를 쉽게 분리하므로써 간편하게 대추 페이스트 제조 방법을 개발하였다. 또한 대추 페이스트에 효소를 첨

가하여 수용화시켜 주스를 제조한 후 pectinase와 cellulase 처리에 따른 품질 특성을 비교하므로써 주스 생산 수율과 품질을 향상시키는 방법의 개발을 시도하였다. 그 결과 cellulase 첨가시 생산 수율과 당도는 pectinase에 비하여 높았으나 투과도가 매우 낮은 것으로 나타났으므로 cellulase는 혼탁 주스 제조시 적절할 것으로 생각되며 pectinase는 생산 수율과 당도는 다소 낮으나 맑은 수용액을 생산하였다. pectinase와 cellulase를 혼합하여 사용하였을 때는 생산 수율, 당도, 투과도가 높고 품질이 좋은 주스를 생산할 수 있었다. 그러므로, 청정 주스 제조시에는 pectinase와 cellulase를 혼합하여 이용하는 것이 가장 적절한 방법이라고 생각된다.

V. 감사의 글

본 연구는 1995년도 농수산 특정 연구 사업비에 의한 연구비 지원으로 수행된 연구 결과의 일부로서 이에 감사드립니다.

참고문헌

1. 김상수: 한국전통식품의 과학적 고찰, 숙명여자대학교 출판부.
2. Krop, J.J.P. and Pilnik, W.: Effect of pectic acid and bivalent cations on cloud loss of citrus juice. *Lebensm-Wiss. Technol.* 7: 62, 1974.
3. McCready, R.M. and McComb, E.A.: Colorimetric determination of pectic substances, *Anal. Chem.* 24: 1630, 1952.
4. Guyer, D.E., Sinha, N.K., Chang, T.S. and Cash, J.N.: Physicochemical and sensory characteristics of selected Michigan sweet cherry (*Prunus avium* L.) cultivars. *J. Food Quality*, 16: 355, 1993.
5. Tung-Sun Chang, Muhammad Siddiq, Nirmal K. Sinha, and Jerry N. Cash: Plum juice quality affected by enzyme treatment and fining, *J. Food Sci.*, 59(5): 1065, 1994.
6. Pilnik, W. and Voragen, A.G.J.: The Significance of endogenous and exogenous pectic enzymes in fruits and vegetable processing. In *Food Enzymology*, P.F. Fox(Ed.), Elsevier Applied Science, New York, 1993.
7. Fellers, P.J., Carter, R.D. and De Jager, G.: Influence of the ratio of degree Brix to percent acid on consumer acceptance of processed modified grapefruit juice. *J. Food Sci.*, 53: 513, 1988.
8. Tung-Sun Chang, Muhammad Siddiq, Nirmal K. Sinha, and Jerry N. Cash: Commercial pectinases and the yield and quality of stanley plum juice, *J. Food Processing Preservation* 19: 89, 1995.
9. Rommel, A., Wrolstad, R.E. and Heartherbell, D.A.: Blackberry juice and wine: Processing and storage effectson anthocyanin composition, color, and appearance. *J. Food Sci.* 57: 385, 1992.
10. Brown, M.R. and Ough, C.S.: A comparison of activity and effects of two commercial pectic enzyme preparations on white grape musts and wines, *Am. J. Enol. Vitic.* 32: 272.
11. Gorsel, H., Li, C., Kerbel, E.L., Smits, M. and Kader, A.A.: Compositional characterization of prune juice, *J. Agric. Food Chem.* 40: 784, 1992.