

마늘 착즙의 제조 및 비점 상승의 추정

김병삼 · 박노현 · 박무현 · 한봉호* · 배태진**

한국식품개발연구원, *부산수산대학교, **여수수산대학교

Manufacture of Garlic Juice and Prediction of its Boiling Point Rise

Byeong-Sam Kim, Noh-Hyun Park, Moo-Hyun Park, Bong-Ho Han* and Tae-Jin Bae**

Korea Food Research Institute

*Dept. of Food Sci. and Tech., National Fisheries University of Pusan

**Dept. of Food Sci. and Tech., Yosu National Fisheries College

Abstract

To develop a new spice material garlic juice was prepared from peeled garlic and its composition, density and boiling point rise were investigated. Major components of the garlic juice were moisture(68.01%), crude protein(6.50%) and carbohydrate(25.39%). Yield of the juice from the peeled whole garlic was 49.50%(w/w). Density of the garlic juice with solid content of 32 to 65°Brix was in the range of 1,107 to 1,243 kg/m³. Boiling point rise of garlic juice increased exponentially with the increase of solid content. In the solid content range of 32 to 65°Brix, the boiling point rise could be predicted with following experimental equation with average error of less than 7%.

$$BPR = 1.4105 \cdot P^{0.1338} \cdot \exp(0.0357 \cdot X_s - 1.3925)$$

Key words : garlic juice, boiling point rise(BPR)

서 론

마늘은 독특한 특성 때문에 각종 식품의 향신료나 masking agent로써 이용되고 있으나 수확 시기가 대개 6월에서 8월로 한정되어 있다. 따라서 장기 저장 방법이 필요하며 현재 가장 널리 이용되고 있는 방법은 수확 후 적절히 예비 건조한 다음 4℃ 부근에서 저온 저장하는 방법이다⁽¹⁾. 그러나 통마늘 상태로 저장할 경우 넓은 저장 공간과 그에 따른 많은 비용이 소요되기 때문에 새로운 저장 형태를 고려하여야 하며 또한 식품가공시 제품의 표준화와 균일한 품질관리를 위해서도 마늘은 알맞은 형태로 가공되어야 한다. 본 연구에서는 마늘을 착즙, 농축시켜 저장함으로써 저장 공간과 저장 비용을 절감시키는 물론 새로운 향신료로서의 이용성을 제고하기 위해 증발 농축공정에 대한 공학적인 기초연구를 수행코자 하였다.

일반적으로 과채류 주스는 농축함에 따라 비점의 변화를 가져오게 된다. 용액의 비점은 고형물 농도가 증가함에 따라 상승하게 되는데 순수한 용액의 비점 상승에

대한 이론식은 많이 제시되어 있으나 과채류 주스와 같은 불균일상의 혼합 용액에 그대로 적용하기에는 많은 문제점이 있는 것으로 알려져 있다. 지금까지 보고된 비점 상승에 대한 연구보고는 오렌지주스⁽²⁾, 포도주스⁽³⁾, 파인애플, 망고, 레몬⁽⁴⁾, 사과주스⁽⁵⁾ 등과 같은 일부 과일 주스에 대한 것이 몇 편 보고되어 있을 뿐 마늘과 같은 채소류에 대한 자료는 찾아보기 어렵다. 지금까지 비점 상승을 설명하는 이론식으로는 상평형과 평형상태에 존재하는 두 상의 화학적 에너지를 고려함으로써 유도된 식들이 주로 이용되어져 왔다^(6,8). 그러나 유도된 어떤 식을 이용하기 위해서는 비점 변화의 원인이 되는 식품의 특별한 성분에 관한 정보를 알아야 한다. 그런데 지금까지 제시된 이론식은 균일상의 물질에는 적용이 가능하나 과채류 주스와 같은 혼합상에는 적용이 불가능한 것으로 나타나 있다.

따라서 여러 연구자들은 개개의 식품에 대해 적용 가능한 실험식을 도출시키코자 하였는데 Moresi and Spinosi⁽³⁾는 오렌지주스의 고형물의 농도 및 압력변화에 따른 비점 상승을 非線形最適化(non-linear optimization) 방법을 이용해 다음과 같은 3차 방정식으로 나타내었다.

$$BPR = a_0 - a_1X_s + a_2X_s^2 + a_3X_s^3 \quad (1)$$

Corresponding author : Byeong-Sam Kim, Korea Food Research Institute, 148-1 Dangsoo, Panwol, Hwaseong, Kyeonggi, 445-820, Korea

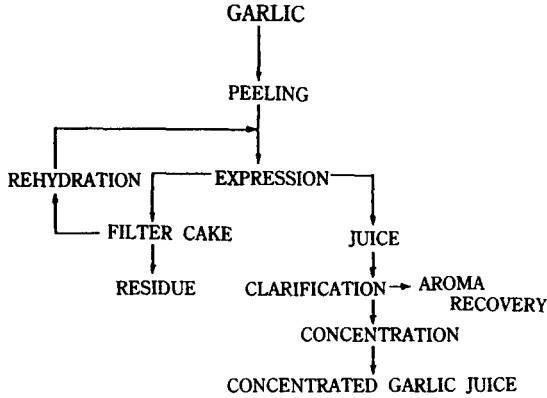


Fig. 1. Procedure for preparation of concentrated garlic juice and aroma recovery

당은 과채류 주스에서 중요한 성분의 하나로서 당의 종류와 농도가 비점 상승에 결정적인 역할을 하게 된다. 따라서 당을 pseudo-sucrose components로 간주해 해석하려하거나⁽²⁾ Crapiste and Lozano⁽⁵⁾와 같이 사과즙의 비점 상승을 예측하기 위해 sucrose와 환원당을 모델 시료로 하여 기존의 이론식⁽⁶⁻⁸⁾에 적용시키려는 시도가 행해져 왔다. 그러나 당 용액은 고형물 농도 35%까지는 거의 이상적인 거동을 나타내었으나 그 이상의 농도에서는 잘 적용되지 않아 이들은 비점 상승 예측을 위해 다음과 같은 실험식을 제시하였다.

$$BPR = \alpha X_b \beta \exp(\gamma X_b) P_b \delta \quad (2)$$

그러나 이상에서 제시된 식들은 어떤 특정 농도에서는 적용이 잘되나 일부 농도에서는 편차가 심해 마늘 착즙과 같은 과채류 주스에 일률적으로 적용시킬 수가 없다. 따라서 본 연구에서는 마늘 착즙을 증발 농축시키는 것을 전제로 거의 모든 산업적 증발기의 운전 조건하에서 비점 상승에 대한 연구를 수행하고자 하였으며 고형물 농도와 증발 압력을 함수로 하는 실험식을 유도하여 그 적용성을 검토하였다.

재료 및 방법

재료

실험에 사용한 마늘은 1989년 7월 10일 경기도 화성군에서 수확한 6쪽 마늘(*Allium Sativum*)로 日乾에 의해 예비 건조한 다음 -2°C 에 저장하여 두고 사용하였다.

마늘 착즙의 제조

마늘 착즙은 Fig. 1과 같이 제조하였다. 즉 마늘은 껍질을 벗긴 후 전기 착즙기(J-530S, 4500 rpm, 삼성전자)로 착즙한 다음 200 mesh 표준체(standard sieve)를

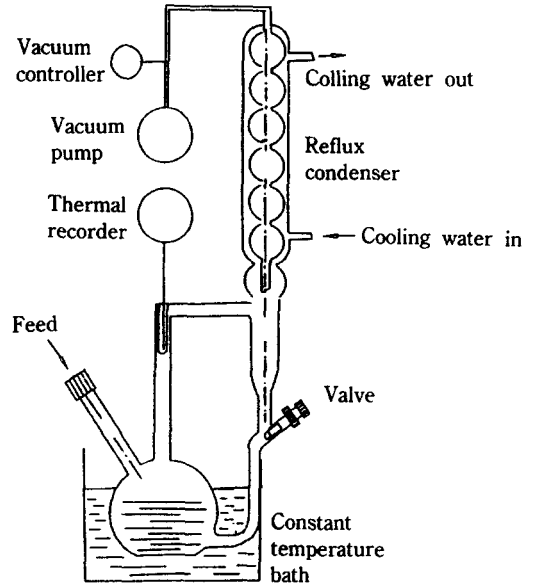


Fig. 2. Schematic diagram of experimental boiling point measuring apparatus

통과시켰다. 한편, filter cake에 증류수를 일정 비율로 가하여 재착즙하고 그 액을 처음의 착즙에 혼합하여 사용하였다. 농도는 착즙한 마늘즙을 원심식 박막증발기(Centri-Therm, a-Laval Co., Sweden)에서 증발 농축(증발 온도: 40°C , 증기 온도: 110°C , 급액 속도: 50 kg/h)시켜 $32\sim 65^{\circ}\text{Brix}$ 로 조절하였다.

일반 성분의 분석

원료 마늘, 착즙 및 filter cake의 일반 성분은 상법에 따라 분석하였다.

밀도의 측정

시료 100 ml를 정용 플라스크에 담아 $13\sim 65^{\circ}\text{C}$ 의 온도 범위에서 무게를 측정하여 환산하였다.

비점의 측정

비점 측정을 위해서는 Moresi and Spinosi⁽²⁾의 방법에 따라 Fig. 2와 같은 장치를 제작하여 사용하였다. 플라스크에 시료 120 ml를 넣은 다음 진공도를 조절하고 가열하여서 플라스크내의 압력과 증기의 온도가 5분 동안 변하지 않을 때의 온도와 압력을 측정하였다.

결과 및 고찰

마늘 搾汁의 성분 조성

원료 마늘, 마늘 搾汁 및 착즙 후의 filter cake의 성분

Table 1. Composition of peeled raw garlic, garlic juice and filter cake (unit : percentage)

	Peeled raw garlic	Garlic juice	Filter cake
Moisture	63.29	68.01	69.73
Crude protein	6.86	6.50	6.80
Carbohydrate	27.27	25.39	21.70
Crude lipid	0.52	-	0.21
Crude ash	1.26	0.10	1.29
Crude fiber	0.81	-	1.21

조성은 Table 1과 같았으며 초기 고형물 농도는 약 32°Brix 정도였다. 마늘은 대개 수확시기, 품종 및 예비건조 정도에 따라 搾汁의 고형물 농도에 약간의 차이를 보이는 것으로 알려져 있다.

수분을 제외한 마늘 搾汁의 주성분은 당과 단백질이었으며, 박⁽¹⁾에 따르면 당류는 sucrose와 fructofuranose의 β-1,2 결합으로 이루어진 fructosan이 주성분이라고 한다.

搾汁 수율은 電氣搾汁機를 1회 통과시켜 제조한 경우 剝皮한 마늘을 기준으로 49.50%(w/w)였다. 그런데 본 연구에서는 실험실 규모로 착즙을 행하였기 때문에 전기 착즙기를 이용하였으나 스크류 프레스(screw pressure)를 사용하면 실제 산업체에서는 수율을 더욱 높일 수 있을 것으로 여겨졌다. 그리고 마늘은 일단 조직이 파괴되면 그 속에 함유되어 있는 allinase에 의해 allin이 분해되면서 마늘 특유의 매운 맛과 자극취를 내게 되는데 allinase의 활성을 억제시키기 위해 가능한한 착즙은 저온에서 행하는 것이 좋을 것으로 생각되어 진다. 이는 allinase에 의한 allin의 분해를 최소한으로 억제시킴으로서 마늘의 매운 맛 성분을 최대한 유지시킬 수가 있기 때문이며 마늘을 가공할 때는 가능한한 전 공정을 효소작용을 억제할 수 있는 온도 영역에서 행하는 것이 좋으리라 여겨진다. 그리고 착즙한 마늘즙을 64°Brix로 농축하여 저장할 경우를 고려하면 박피하지 않는 통마늘 기준으로 저장 공간을 약 1/14로 줄일 수가 있었다.

마늘 착즙의 밀도

마늘 搾汁의 고형물 농도별 밀도를 Fig. 3에 나타내었다. 온도 13~65°C의 범위에서 고형물 농도를 달리하였을 때 마늘 착즙의 밀도는 고형물 농도에 따라 1,107~1,243 kg/m³의 범위내에서 식 (3)과 같이 거의 직선적으로 변화하였으며, 이는 마늘 搾汁 또는 농축액의 밀도가 13~65°C의 범위에서는 수분보다는 고형물의 양에 크게 좌우되기 때문으로 생각되었다.

$$\rho = 4.4770 \cdot X_s + 975.7303 (R=0.9945) \quad (3)$$

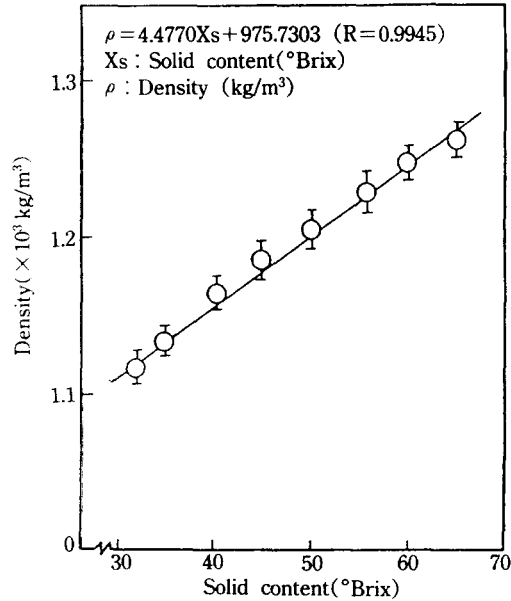


Fig. 3. Densities of garlic juice in the temperature range of 13 to 65°C

그리고 이러한 경향은 다른 연구자들이 보고한 오렌지즙⁽²⁾나 포도즙⁽³⁾에서도 비슷한 경향으로 나타났는데 이들 보고에 의하면 고형물 농도를 0~75°Brix로 변화시킨 경우 완전한 직선으로 표시하기는 어려웠으나 본 연구에서처럼 32~65°Brix 범위내에서는 역시 직선 식으로 표현이 가능했다.

마늘 搾汁의 비점 상승 및 추정

Fig. 4는 증발 압력과 마늘 搾汁의 고형물 농도에 따른 비점 변화를 나타내었다. 비점은 동일 압력에서 고형물의 농도가 증가함에 따라 거의 직선적인 증가 경향을 보였다. Varshney and Barhate⁽⁴⁾는 파인애플, 망고 및 레몬즙을 농도와 진공도를 달리하면서 비점을 측정한 결과 모두 직선적인 결과를 나타내었으며 이들은 이 때 각 진공도에 있어서의 고형물 농도와 비점간에는 선형 관계가 성립하는 것으로 보고하였는데 본 연구결과에서도 거의 직선에 가까운 형태를 나타내었다. 그리고 고형물의 농도가 동일한 경우에는 증발 압력이 높을수록 비점 상승 정도가 높았으며, 그 관계는 Fig. 4에 나타내었다. 즉 비점 상승은 농도 증가에 따라 거의指數函數적으로 증가하였으며, 8.00~101.32 kPa의 범위에서 각 압력에 있어서 고형물의 농도에 따른 비점 상승은 다음 식 (4)와 같이 지수함수 형태로 표시되었으며 각 증발 압력에 있어서의 상수 값은 Table 2와 같다.

$$BPR = aX_s^b \quad (4)$$

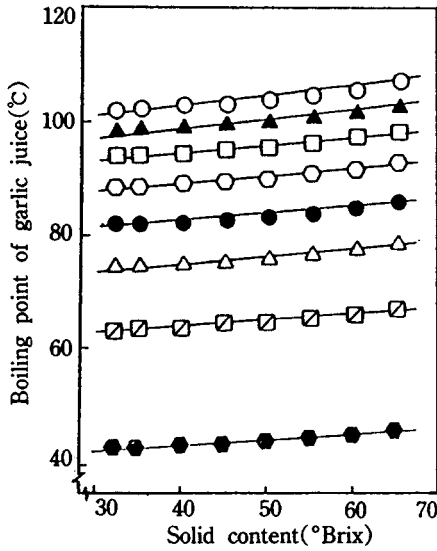


Fig. 4. Changes of boiling point of garlic juice at different pressures

—●— 8.00 kPa, —□— 21.33 kPa, —△— 34.66 kPa,
 —●— 48.00 kPa, —○— 61.33 kPa, —□— 74.63 kPa,
 —▲— 86.99 kPa, —○— 101.32 kPa

Table 2. Values of parameters for predicting boiling point rise of garlic juice with equation(4)

Pressure(kPa)	α	β	$\gamma^{2a)}$
8.00	0.5776	0.0383	0.9805
21.33	0.5786	0.0371	0.9779
34.66	0.5672	0.0336	0.9766
48.00	0.5822	0.0345	0.9739
61.33	0.5670	0.0341	0.9676
74.63	0.5392	0.0341	0.9697
87.99	0.5392	0.0341	0.9697
101.32	0.4076	0.0364	0.9633

a) determination coefficient

유체 식품으로부터 물을 증발시키게 되면 고형물의 농도 증가에 따라 증발 잠열의 변화와 함께 비점의 상승을 가져오게 된다. 이와 같은 현상은 순수한 물의 비점보다 더 높은 것으로 알려진 비점을 가진 일정한 분자량의 용질을 가진 식품 성분에 기인한다. 지금까지 비점 상승을 설명하기 위한 이론식과 실험식들이 앞에서 언급한 바와 같이 제시되어져 왔으나 실제 이들 식들은 마늘 착즙에 적용시키기가 거의 불가능하다. 그래서 본

Table 3. Comparison of measured and calculated^{a)} boiling point rise of garlic juice

Pressure (kPa)	B.P. of pure water(°C)		Concentration(°Brix)							
			32	35	40	45	50	55	60	65
101.32	100.0	M ^{b)}	2.10	2.43	2.90	3.40	3.90	4.80	5.50	6.70
		C	2.04	2.27	2.71	3.24	3.87	4.63	5.54	6.62
		% ^{c)}	-2.86	6.58	6.55	4.71	0.77	3.54	-0.74	1.19
87.99	96.1	M	2.05	2.40	2.74	3.30	3.70	4.40	5.30	6.40
		C	2.00	2.23	2.66	3.18	3.80	4.54	5.43	6.49
		%	2.44	7.08	2.92	3.64	-2.70	-3.18	-2.45	-1.41
74.63	91.7	M	2.00	2.27	2.68	3.10	3.50	4.20	5.30	6.20
		C	1.96	2.18	2.60	3.11	3.72	4.45	5.31	6.35
		%	2.05	3.96	3.00	-0.32	-6.29	-5.39	-0.19	-2.42
61.33	86.5	M	1.95	2.15	2.52	2.90	3.44	4.15	5.20	6.07
		C	1.91	2.12	2.54	3.03	3.62	4.33	5.18	6.19
		%	2.05	1.40	-0.79	-4.48	-5.23	-4.34	0.38	-2.00
48.00	79.8	M	1.86	2.10	2.41	2.80	3.34	4.02	4.85	5.85
		C	1.84	2.05	2.45	2.93	3.51	4.19	5.01	5.99
		%	1.08	2.38	-1.66	-4.64	-5.09	-4.23	-3.30	-2.39
34.66	72.5	M	1.78	1.90	2.34	2.70	3.20	3.86	4.64	5.59
		C	1.77	1.94	2.35	2.81	3.36	4.01	4.80	5.73
		%	0.56	-2.11	-0.43	-4.07	-5.00	-3.89	-3.45	-2.50
21.33	61.5	M	1.67	1.85	2.25	2.60	2.99	3.61	4.35	5.25
		C	1.65	1.84	2.20	2.63	3.15	3.76	4.41	5.37
		%	1.20	0.54	0.00	-0.76	-5.35	-4.16	-3.22	-2.29
8.00	41.5	M	1.43	1.60	1.97	2.30	2.65	3.21	3.87	4.60
		C	1.45	1.61	1.93	2.31	2.76	3.30	3.94	4.71
		%	-1.40	-0.63	2.03	-0.43	-4.15	-2.80	-1.81	-2.39

a) $BPR = 1.4105P^{0.1338} \cdot \exp(0.0357X_s - 1.3925)$: P ; kPa, X_s ; °Brix, BPR ; °C

b) Experimentally measured values

c) % deviation = $\{(M-C)/M\} \times 100$

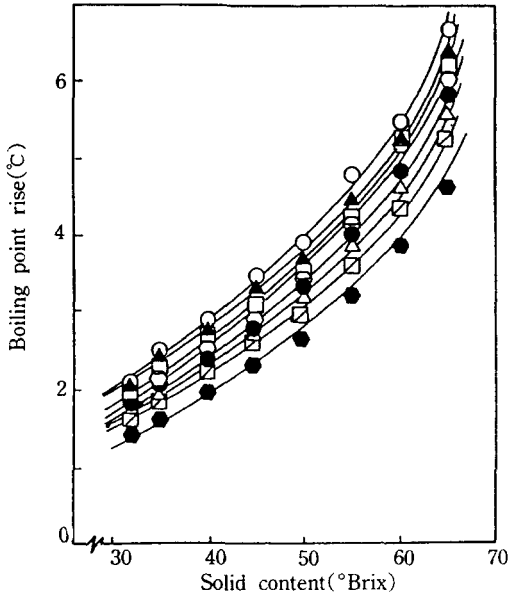


Fig. 5. Effect of solid content on the boiling point rise of garlic juice at different pressures
Legends are the same as in Fig. 4

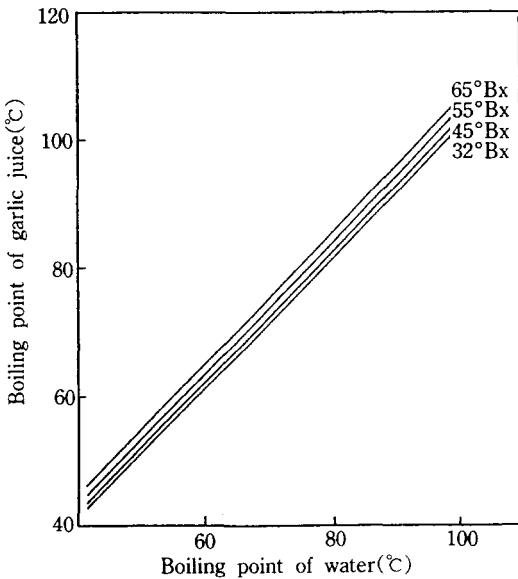


Fig. 6. Dühring diagram of garlic juice

연구에서는 마늘 착즙의 고형물 농도와 증발기의 압력에 관계없이 적용이 가능한 실험식을 도출시키고자 측정치들을 모두 통계학적 방법으로 정리함으로써 식 (5)와 같이 하나의 추정식으로 나타낼 수 있었다.

$$BPR = 1.4105 \cdot P^{0.1338} \cdot \exp(0.0357 \cdot X_s - 1.3925) \quad (5)$$

식 (5)에 의하여 구한 비점 상승 예측치와 실측치 사이에는 $\pm 0.19 \sim 7.08\%$ 의 편차를 보였으며, 실제 온도 차이는 Table 3에서 알 수 있는 바와 같이 $\pm 0.2^\circ\text{C}$ 내외여서 마늘 搾汁의 농축과정 중 비점 상승의 추정에 효과적으로 활용될 수 있을 것으로 여겨졌다. 또한 식 (5)로 구한 마늘 착즙의 비점과 물의 비점의 관계를 Fig. 5와 같이 뒤링 선圖(Dühring diagram)로 나타내었을 때 직선적인 관계가 확인되었는데 이는 마늘 착즙의 비점이 동일 압력에서 물의 비점에 대한 선형 함수 관계임을 나타내는 것이다.

요 약

마늘을 장기 저장하고 또 새로운 향신료로서 개발하기 위한 연구의 일환으로 박피한 마늘을 전기 착즙기로 착즙한 다음 정제하여 마늘 착즙을 제조한 후 증발시켜 농축 마늘즙을 제조하였으며 그 일환으로 마늘 착즙의 성분 조성 및 비점 상승 추정에 대한 연구가 행해졌다. 마늘 착즙의 주성분은 수분 68.01%, 조단백질 6.50%, 탄수화물 25.39%였고, 착즙 수율은 박피한 통마늘 기준으로 49.50%(w/w)였으며 마늘 착즙의 밀도는 고형물 농도 32~65°Brix에서 1,107~1,243 kg/m³였다. 마늘 착즙의 비점 상승은 농도의 증가에 따라 지수함수적으로 상승하였으며 고형물 농도 32~65°Brix 범위에서 1.43~6.70°C 정도 상승하였다. 고형물 농도와 증발기의 압력을 변수로 하는 비점 상승 추정식은 다음과 같았으며 측정치를 기준으로 한 오차는 7% 이내였다.

$$BPR = 1.4105 \cdot P^{0.1338} \exp(0.0357 \cdot X_s - 1.3925)$$

기호설명

- $a_0 - a_3$: Constant
- BPR : Boiling point rise(°C)
- P : Pressure(kPa)
- P_0 : Pressure(mbar)
- X_s : Solid content(°Brix)
- $\alpha, \beta, \gamma, \delta$: Constant
- ρ : Density(kg/m³)

문 헌

1. 박무현 : 마늘의 이화학적 특성이 냉동 보호효과에 미치는 영향과 저온 저장에 관한 연구. 중앙대학교 대학원 박사학위논문(1986)
2. Moresi, M. and Spinosi, M : Engineering factors in the production of concentrated fruit juices 1. Fluid physical

- properties of orange juices. *J. Food Technol.*, 15, 265 (1980)
3. Moresi, M. and Spinosi, M. : Engineering factors in the production of concentrated fruit juices. 2. Fluid physical properties of grape juices. *J. Food Technol.*, 19, 519(1984)
 4. Varshney, N.N. and Barhate, V.D. : Effect of concentration and vacua on boiling points of fruit juices. *J. Food Technol.*, 13, 225(1978)
 5. Crapiste, G.H. and Lozano, J.E. : Effect of concentration and pressure on the boiling point rise of apple juice and related sugar solutions. *J. Food Sci.*, 53(3), 865 (1988)
 6. Foust, A.S., Wenzel, L.A., Clunp, C.W., Maus, L. and Anderson, L.B. : *Principles of unit operations*, John Wiley, New York, p.358(1960)
 7. Prutton, C.F. and Maron, S.H. : *Fundamental principles of physical chemistry*, Ch.6, McMillian Co., New York. (1957)
 8. Moore, W.J. : *Physical chemistry, 5th edition, London, Longman*, p.276(1962)
-
- (1990년 5월 28일 접수)