

배주스 농축액의 리올로지 특성

최희돈 · 김경탁 · 홍희도 · 이부용 · 김성수

한국식품개발연구원

Rheological Properties of Pear Juice Concentrates

Hee-Don Choi, Kyung-Tack Kim, Hee-Do Hong, Boo-Yong Lee and Sung-Su Kim

Korea Food Research Institute

Abstract

To improve the utilization of pear in its processing, the cloudy and clear juice concentrates were prepared and their rheological properties were investigated in the range of temperatures(5~60°C) and concentrations(15~60°Brix). Pear juice concentrates showed flow behavior close to Newtonian fluids. Their flow behavior was also explained by applying Power law model and Herschel-Bulkley model. Flow behavior index did not have good correlation with concentration, but decreased with the increase of temperature, showing pseudoplastic properties. Consistency index increased with the increase of concentration and with the decrease of temperature. The effect of temperature and concentration on the apparent viscosity at 1500 1/s shear rate was examined by applying Arrhenius equation. The activation energy for flow of the cloudy and clear pear juice concentrates increased from 1.5140×10^4 to 3.4141×10^4 J/kg·mol, and from 1.4762×10^4 to 3.4963×10^4 J/kg·mol with the increase of concentration, respectively. The influence of temperature on the apparent viscosity was more pronounced at higher concentration. And the concentration-dependent constant A decreased from 0.0789 to 0.0484 °Brix⁻¹, and from 0.0786 to 0.0476°Brix⁻¹ with the increase of temperature, respectively.

Key words: pear juice concentrates, rheological properties

서 론

국내의 배 생산량은 1988년에 191,711 M/T에서 1991년에 159,335 M/T으로 감소하였다가 1993년 162,133 M/T으로 증가추세에 있으며, 재배면적은 1988년 8,381 ha에서 1991년 9,495 ha, 1993년 11,009 ha로 계속 증가하고 있어 앞으로 생산량이 계속 증가될 것으로 전망된다⁽¹⁾. 배의 용도별 수요를 보면 1993년 총생산량 162,133 M/T중 159,049 M/T(98.1%)은 생과용으로 국내에서 소비되고, 2,995 M/T(1.8%)은 생과용으로 수출되고 있는 반면 가공용으로 이용되는 것은 89 M/T(0.1%)으로 거의 전무할 실정이다⁽²⁾.

배에 관한 연구는 국내에서는 배의 성분^(3,4), 생리^(5,6), 저장^(7,8)에 관한 연구가 일부 보고되어 있으며, 가공에 대해서는 신 등⁽⁹⁾, 이 등⁽¹⁰⁾, 장 등⁽¹¹⁾이 품종별 통조림, 주스, 동동주, 브랜드, 식초 등에 대한 가공적성을 조사하였고, 국외에서는 석세포의 성질^(12,13), 갈변억제^(14, 16), 청징화⁽¹⁷⁾ 등에 관한 연구가 많이 보고되어 있으며, 가

공에 대해서는 Hsu 등⁽¹⁸⁾과 Spanos 등⁽¹⁹⁾이 품종과 속도, 가공방법이 배주스의 품질에 미치는 영향을 조사하였으며, Beveridge 등⁽²⁰⁾은 통조림 제조시 발생하는 껍질, 핵, 찌꺼기 등의 부산물로부터 주스를 제조하였다는 보고 등이 있다.

이상에서 보는 바와 같이 배에 관련한 연구들이 갈변, 청징화, 가공적성 등 여러방면에서 보고되고 있으나 배주스 농축액 및 그 리올로지 특성에 관한 연구는 거의 없는 실정이다. 리올로지 특성은 주스제조시 농축기, 파이프, 냉각기, 혼합기 및 열교환기 등의 가공장치의 최적조건 설정에 기초자료를 제공할 뿐만 아니라 관련된 가공장치 고안에 필요하기 때문에^(21,22) 주스 및 농축액의 이용성을 증진시키기 위하여 반드시 필요한 연구이다. 또한 펄프 함량이 약간씩 다른 주스의 리올로지 특성을 조사한 보고는 있으나⁽²³⁾ 펄프가 소량 존재하는 혼탁주스와 펄프가 전혀 존재하지 않는 청징주스의 리올로지 특성을 조사, 비교하여 소량 존재하는 펄프가 주스의 리올로지 특성에 어떠한 영향을 미치는지를 살펴본 연구는 거의 없는 실정이다.

이에 본 연구에서는 배 가공시 기초자료로 이용하고자 배를 착즙한 혼탁주스와 청징화시킨 청징주스 농축액의 리올로지 특성을 조사, 비교한 결과를 보고하고자 한다.

Corresponding author: Hee-Don Choi, Korea Food Research Institute, San 46-1, Baekhyun-dong, Bundang-ku, Songnam-si, Kyonggi-do 463-420, Korea

재료 및 방법

시료

본 실험에서 배주스 농축액을 제조하기 위해 사용된 배는 경남 울진군에서 1994년에 재배, 수확한 것이며, 세척후 절단한 배를 착즙기(여과망목 크기 약 300 μm)로 착즙한 것을 혼탁주스로, 혼탁주스에 펙틴분해효소(Pectinex, Novo)를 반응(200 ppm, pH 4.0, 50°C, 30 min)시킨후 원심분리(10,000×g, 10 min)한 것을 청정주스로 하여 시료로 사용하였으며, 이를 50°C로 감압농축(Rotavapor, Büchi, Switzerland)하여 각 농도의 농축액을 제조하였다. 그리고 혼탁주스 및 청정주스의 농축액에 대해 DNS법⁽²⁴⁾으로 총당, 펙틴산칼슘염법⁽²⁵⁾으로 펙틴, 펄프의 함량⁽²⁶⁾을 측정하였다.

점도 측정

15~60°Brix로 농축된 배주스 농축액을 원통형 점도계 (Hakke Viscometer RV20, U.K.)를 이용하여 전단속도 0~2000 1/s, 측정온도를 5~60°C까지 변화시키면서 구한 측정값들은 Hakke software support version 1.2를 사용하여 분석하여 점도특성을 살펴보았다. 이때 60°Brix 포도당·과당 혼합용액(1:1)을 대조구로 사용하여 비교하여 보았다.

리올로지 특성

배주스 농축액의 리올로지 특성은 Power law model식 (1)⁽²⁷⁾과 Herschel-Bulkley model식 (2)⁽²³⁾을 이용하여 점조도지수와 유동지수, 항복력을 해석하였다.

$$\tau = K \cdot \dot{\gamma}^n \tag{1}$$

$$\tau = C + K \cdot \dot{\gamma}^n \tag{2}$$

τ : 전단응력(shear stress, Pa)

$\dot{\gamma}$: 전단속도 (shear rate, 1/s)

C: 항복력(yield stress, Pa)

K: 점조도지수(consistency index, Pa·sⁿ)

n: 유동지수(flow behavior index)

또한 Arrhenius식 (3)⁽²³⁾을 이용하여 농축액의 흐름저항에 대한 온도의 영향을 분석하였으며, 지수함수식 (4)⁽²⁸⁻³⁰⁾을 이용하여 농도의 영향을 분석하였다.

$$\eta = K_0 \cdot \exp(E_a/RT) \tag{3}$$

$$\eta = K_1 \cdot \exp(AC) \tag{4}$$

η : 겉보기점도(apparent viscosity, Pa·s)

K_0, K_1 : 상수(constant, Pa·s)

E_a : 유동활성화에너지(activation energy of flow, J/kg·mol)

R: 기체상수(gas constant, J/kg·mol·K)

T: 절대온도(absolute temperature, K)

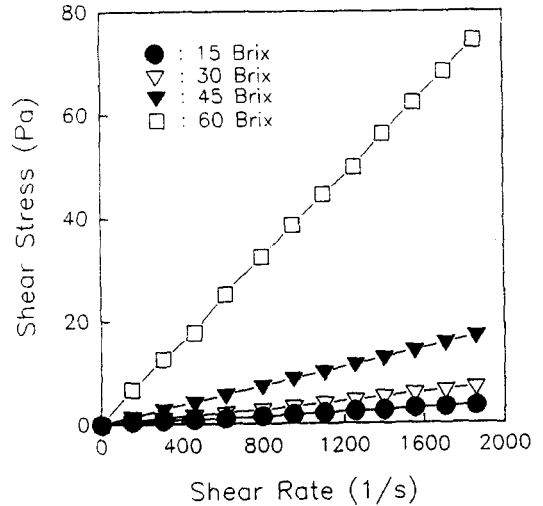


Fig. 1. Shear stress vs shear rate plot of the cloudy pear juice concentrates at 20°C

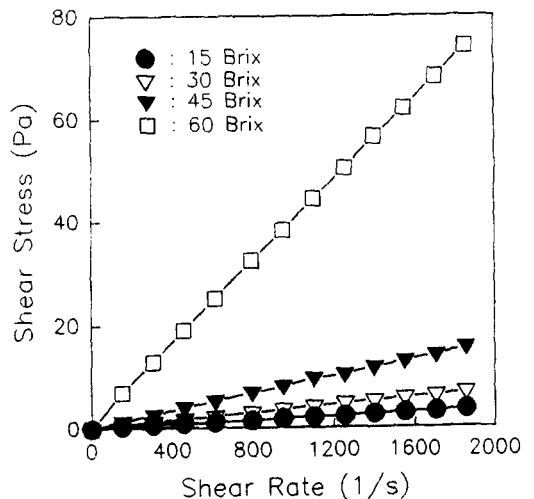


Fig. 2. Shear stress vs shear rate plot of the clear(depectinized) pear juice concentrates at 20°C

A: 상수(constant, °Brix⁻¹)

C: 수용성고형물 함량(soluble solid content, °Brix)

결과 및 고찰

유동특성

15~60°Brix 혼탁 및 청정 배주스 농축액에 대하여 20°C에서 전단속도를 0~2000 1/s까지 변화시키면서 전단응력을 측정된 결과는 Fig. 1, 2와 같다. 전단속도가 증가함에 따라 전단응력이 직선적으로 증가하였고, 수

Table 1. Rheological parameters of the cloudy pear juice concentrates

Concentration (°Bx)	Temperature (°C)	Power law model			Herschel-Bulkley model			C (Pa)
		n	K(Pa·s ⁿ)	r ^{2 1)}	n	K(Pa·s ⁿ)	r ^{2 1)}	
15	5	0.9346	0.0046	1.00	0.9473	0.0042	1.00	0.0296
	20	0.9212	0.0034	0.99	0.9410	0.0029	1.00	0.0315
	35	0.8565	0.0040	0.99	0.8969	0.0029	0.99	0.0533
	50	0.8172	0.0041	0.97	0.8756	0.0026	0.98	0.0643
	60	0.8232	0.0034	0.97	0.8773	0.0022	0.97	0.0519
30	5	0.9914	0.0065	1.00	0.9928	0.0065	1.00	0.0063
	20	0.9963	0.0039	1.00	0.9985	0.0038	1.00	0.0061
	35	0.9912	0.0027	1.00	0.9954	0.0026	1.00	0.0080
	50	0.9319	0.0029	0.99	0.9469	0.0026	0.99	0.0225
	60	0.8835	0.0036	0.99	0.9132	0.0028	0.99	0.0411
45	5	0.9808	0.0200	1.00	0.9811	0.0199	1.00	0.0043
	20	0.9716	0.0113	1.00	0.9728	0.0112	1.00	0.0086
	35	1.0030	0.0056	1.00	1.0040	0.0055	1.00	0.0040
	50	0.9653	0.0049	1.00	0.9710	0.0047	1.00	0.0166
	60	0.9673	0.0040	1.00	0.9741	0.0038	1.00	0.0164
60	5	0.9742	0.1234	1.00	0.9749	0.1227	1.00	0.0488
	20	0.9755	0.0480	1.00	0.9757	0.0479	1.00	0.0059
	35	0.9464	0.0290	1.00	0.9481	0.0286	1.00	0.0279
	50	0.9495	0.0163	1.00	0.9518	0.0160	1.00	0.0202
	60	0.9517	0.0121	1.00	0.9541	0.0119	1.00	0.0162

¹⁾coefficient of determination

Table 2. Rheological parameters of the clear(depectinized) pear juice concentrates

Concentration (°Bx)	Temperature (°C)	Power law model			Herschel-Bulkley model			C (Pa)
		n	K(Pa·s ⁿ)	r ^{2 1)}	n	K(Pa·s ⁿ)	r ^{2 1)}	
15	5	0.9370	0.0041	1.00	0.9384	0.0036	1.00	0.0086
	20	0.9220	0.0036	0.99	0.9417	0.0029	0.99	0.0322
	35	0.8497	0.0042	0.98	0.8889	0.0031	0.98	0.0534
	50	0.8059	0.0049	0.98	0.8586	0.0029	0.98	0.0590
	60	0.7930	0.0050	0.97	0.8526	0.0028	0.98	0.0628
30	5	0.9448	0.0091	1.00	0.9490	0.0088	1.00	0.0203
	20	0.9741	0.0045	1.00	0.9782	0.0044	1.00	0.0117
	35	0.9451	0.0038	0.99	0.9564	0.0035	1.00	0.0238
	50	0.8897	0.0043	0.99	0.9134	0.0036	0.99	0.0409
	60	0.8892	0.0034	0.99	0.9146	0.0028	0.99	0.0351
45	5	0.9910	0.0167	1.00	0.9913	0.0166	1.00	0.0038
	20	0.9690	0.0105	1.00	0.9706	0.0104	1.00	0.0100
	35	0.9618	0.0065	1.00	0.9664	0.0063	1.00	0.0174
	50	0.9587	0.0046	1.00	0.9659	0.0043	1.00	0.0196
	60	0.9467	0.0042	1.00	0.9572	0.0038	1.00	0.0241
60	5	0.9850	0.1169	1.00	0.9854	0.1165	1.00	0.0280
	20	0.9806	0.0463	1.00	0.9819	0.0458	1.00	0.0130
	35	1.0260	0.0159	1.00	1.0260	0.0159	1.00	0.0000
	50	0.9273	0.0187	1.00	0.9337	0.0179	1.00	0.0213
	60	0.9285	0.0145	1.00	0.9347	0.0140	1.00	0.0159
Glucose + Fructose (1 : 1)	5	0.9831	0.1138	1.00	0.9833	0.1137	1.00	0.0035
	20	0.9517	0.0560	1.00	0.9550	0.0547	1.00	0.0337
60 Brix	35	0.9373	0.0298	1.00	0.9394	0.0293	1.00	0.0313
	50	0.9447	0.0160	1.00	0.9470	0.0157	1.00	0.0198
	60	0.9872	0.0089	1.00	0.9879	0.0088	1.00	0.0041

¹⁾coefficient of determination

용성고형분 함량이 높을수록 비례적으로 전단응력이 높았으며 항복력은 거의 나타나지 않았다. 또한 다른 측정온도에서도 모두 같은 경향을 나타내어 배주스 농축액은 혼탁, 청징에 상관없이 뉴턴유체에 매우 가까운 흐름 특성을 가짐을 알 수 있었다. 이는 사과^(22,31), 복숭아⁽³⁰⁾, 오렌지⁽²³⁾, 바나나⁽²⁹⁾, 무우⁽³²⁾ 등의 과일 채소 주스 농축액의 흐름특성 결과와 유사하였다.

배주스 농축액의 리올로지 특성을 Power law model식과 Herschel-Bulkley model식에 적용시켜 해석한 결과 Table 1, 2에서 보는 바와 같이 2개의 모델식이 거의 유사한 상관관계를 나타내었다. 유동지수는 농도의 변화에 대해 큰 상관관계를 나타내지는 않았지만 온도의 변화에 대해서는 온도가 증가할수록 의사가소성을 땀을 알 수 있었다. 이는 온도가 증가함에 따라 주스내 당질, 단백질 등의 분자구조의 이완이 가속화되어 전단속도에 대한 구조의 연속적인 파괴가 일어나는 것으로 판단되었다. 점조도지수는 농도가 증가할수록, 또 온도가 감소할수록 증가하였으며, 항복력은 0.0040~0.0643 Pa 범위의 아주 작은 값이어서 무시해도 좋을 정도였다.

또한 혼탁주스 농축액과 청징주스 농축액을 비교해볼 때 유동지수는 거의 유사하였으나, 점조도지수는 혼탁주스 농축액이 청징주스 농축액보다 약간 높게 나타났다. 이는 측정된 60°Brix의 혼탁주스 농축액의 총당이 44.6%로 청징주스 농축액의 39.2%에 비해 약간 많았으며, 또 펄프, 펙틴의 함량이 각각 2.3%, 0.5%로 나타난 결과로 볼때 혼탁주스 농축액이 함유하는 펄프와 펙틴의 양이 매우 낮아 리올로지 특성에 큰 영향을 미치지 못하는 못하지만 상대적으로 청징주스에 비해 펄프와 펙틴으로부터의 수산기를 많이 함유하여 점도를 상승시키는 수소결합력이 크고⁽³¹⁾, 고중합체의 당분자들도 함유되어 있어서 보다 높은 점조도지수를 나타내는 것으로 생각된다. 또한 청징주스 농축액의 유리당은 포도당 49.61%, 과당 47.38%, 자당 3.01%로 구성되어 있었으며 이와 유사한 구성을 가진 60°Brix 포도당·과당 혼합용액(1:1)을 60°Brix 청징주스 농축액과 비교하였을 때 청징주스 농축액의 경우 유동지수 1.0260~0.9270, 점조도지수 0.1169~0.0140 Pa·sⁿ, 혼합용액의 경우 유동지수 0.9879~0.9373, 점조도지수 0.1138~0.0088 Pa·sⁿ로 거의 유사한 리올로지 특성을 지님을 알 수 있었다.

겉보기 점도의 온도의존성

혼탁, 청징주스 농축액의 겉보기 점도에 대한 측정온도의 영향을 조사하기 위하여 전단속도 1500 1/s에서의 ln η와 1/T를 도시한 결과는 Fig. 3, 4에서 보는 바와 같이 직선관계를 나타내었고, Arrhenius식에 따라 E_a와 K₀를 구한 결과는 Table 3, 4에서 보는 바와 같이 활성화에너지는 농도가 증가함에 따라 혼탁주스 농축액의 경우 1.5104×10⁴에서 3.4141×10⁴ J/kg·mol로, 청징주스 농축액의 경우 1.4762×10⁴에서 3.4963×10⁴ J/kg·mol로 증가하였는데 이는 온도가 겉보기점도에 미치는 영향이

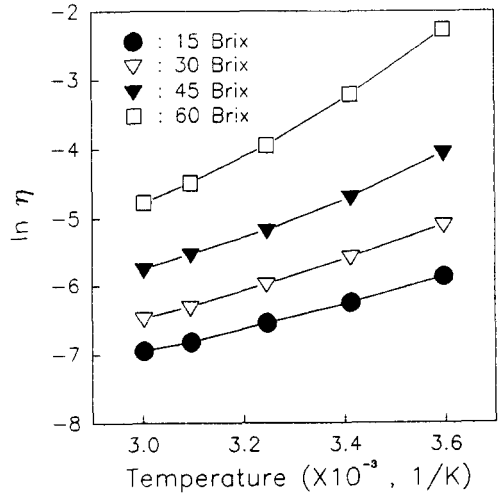


Fig. 3. Effect of temperature on apparent viscosity of the cloudy pear juice concentrates at 1500 1/s

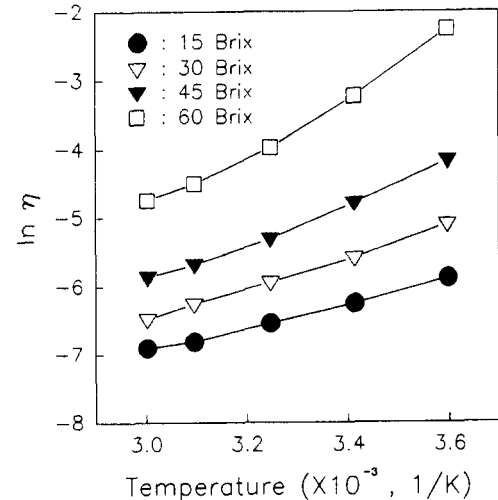


Fig. 4. Effect of temperature on apparent viscosity of the clear pear juice concentrates at 1500 1/s

낮은 농도보다는 높은 농도에서 더 크다는 사실을 나타낸다. 45°Brix에서의 기타 과일·채소 주스 농축액의 활성화에너지와 비교할 때 배의 경우 Table 4에서 보는 바와 같이 2.3527×10⁴ J/kg·mol로, 오렌지⁽³³⁾의 2.268×10⁴, 복숭아⁽³⁰⁾의 2.327×10⁴, 바나나⁽²⁹⁾의 2.5158×10⁴, 무우⁽³²⁾의 2.9074×10⁴ J/kg·mol과 거의 유사한 활성화 에너지를 가짐을 알 수 있었다. 또한 상수 K₀는 농도가 증가함에 따라 혼탁주스 농축액의 경우 39.837×10⁻⁷에서 0.259×10⁻⁷ Pa·s로, 청징주스 농축액의 경우 46.187×10⁻⁷에서 0.253×10⁻⁷ Pa·s로 각각 감소함을 알 수 있었다.

Table 3. Values of K_0 and E_a of the cloudy pear juice concentrates at 1500 1/s

Concentration (°Bx)	Temperature (°C)	η (Pa·s)	E_a ($\times 10^4$ J/kg·mol)	K_0 ($\times 10^{-7}$ Pa·s)	r^2 ¹⁾
15	5	0.00285	1.5104	39.837	0.9963
	20	0.00191			
	35	0.00143			
	50	0.00109			
	60	0.00096			
30	5	0.00611	1.9440	13.227	0.9969
	20	0.00380			
	35	0.00254			
	50	0.00181			
45	5	0.01734	2.3527	6.185	0.9928
	20	0.00917			
	35	0.00561			
	50	0.00378			
60	5	0.10228	3.4141	0.259	0.9915
	20	0.04014			
	35	0.01962			
	50	0.01125			
	60	0.00849			

¹⁾coefficient of determination

Table 4. Values of K_0 and E_a of the clear pear juice concentrates at 1500 1/s

Concentration (°Bx)	Temperature (°C)	η (Pa·s)	E_a ($\times 10^4$ J/kg·mol)	K_0 ($\times 10^{-7}$ Pa·s)	r^2 ¹⁾
15	5	0.00281	1.4762	46.187	0.9959
	20	0.00194			
	35	0.00145			
	50	0.00110			
	60	0.00099			
30	5	0.00614	1.9023	15.865	0.9974
	20	0.00375			
	35	0.00264			
	50	0.00192			
45	5	0.01559	2.4008	4.539	0.9918
	20	0.00837			
	35	0.00495			
	50	0.00341			
60	5	0.10490	3.4963	0.253	0.9875
	20	0.04001			
	35	0.01886			
	50	0.01112			
	60	0.00871			

¹⁾coefficient of determination

겉보기 점도의 농도의존성

혼탁, 청징주스 농축액의 겉보기 점도에 대한 수용성 고형분 농도의 영향을 조사하기 위하여 전단속도 1500 1/s에서의 $\ln \eta$ 와 농도 C를 도시한 결과는 Fig. 5, 6에서 보는 바와 같이 혼탁 및 청징주스 농축액 모두 직선관

계를 나타내었고, 지수함수식에 따라 K_1 과 A를 구한 결과는 Table 5, 6에서 보는 바와 같이 혼탁주스 농축액의 경우 온도가 증가함에 따라 상수 K_1 은 6.8746×10^{-4} 에서 4.0851×10^{-4} Pa·s로, 상수 A도 0.0789에서 0.0484 °Brix⁻¹로 감소하였고, 청징주스 농축액의 경우 상수 K_1

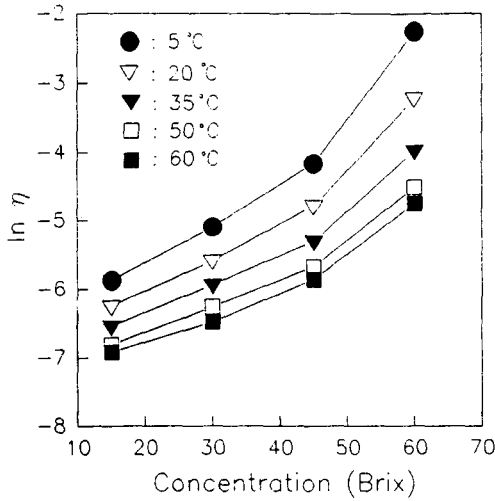


Fig. 5. Effect of concentration on apparent viscosity of the cloudy pear juice concentrates at 1500 1/s

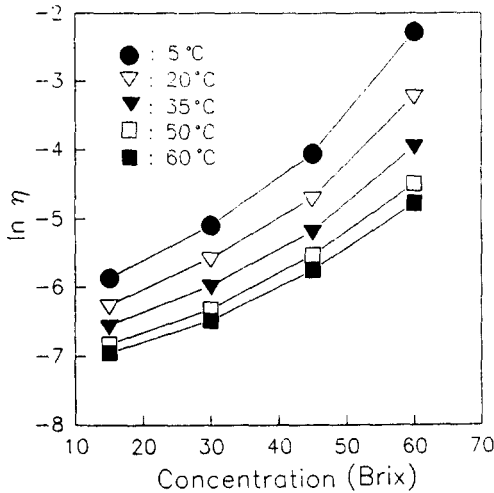


Fig. 6. Effect of concentration on apparent viscosity of the clear pear juice concentrates at 1500 1/s

은 6.7994×10^{-4} 에서 4.1613×10^{-4} Pa·s로, 상수 A도 0.0786에서 $0.0476^\circ\text{Brix}^{-1}$ 로 감소하여 측정온도가 높아 질수록 농도의존성은 낮아짐을 알 수 있었다. 한편 농도의존성 상수인 A를 기타 과실주스 농축액과 비교할때 60°C에서 배 청징주스 농축액의 경우 $0.0476^\circ\text{Brix}^{-1}$ 로, 복숭아⁽³⁰⁾의 0.08, 까치밥나무⁽³⁴⁾의 $0.071^\circ\text{Brix}^{-1}$ 보다 약간 낮은 값을 나타내어 복숭아 및 까치밥나무 과실주스 농축액보다는 농도의존성이 약간 낮음을 알 수 있었다.

요 약

배 가공시 그 이용성을 증진시키기 위하여 혼탁 및

Table 5. Values of K_1 and A of the cloudy pear juice concentrates at 1500 1/s

Temperature(°C)	$K_1 (\times 10^{-4} \text{Pa}\cdot\text{s})$	A ($^\circ\text{Bx}^{-1}$)	r^2 ¹⁾
5	6.8746	0.0789	0.9636
20	5.8729	0.0668	0.9684
35	5.1802	0.0574	0.9715
50	4.3682	0.0520	0.9772
60	4.0851	0.0484	0.9760

¹⁾coefficient of determination

Table 6. Values of K_1 and A of the clear pear juice concentrates at 1500 1/s

Temperature(°C)	$K_1 (\times 10^{-4} \text{Pa}\cdot\text{s})$	A ($^\circ\text{Bx}^{-1}$)	r^2 ¹⁾
5	6.7994	0.0786	0.9522
20	5.9408	0.0659	0.9562
35	5.4270	0.0555	0.9561
50	4.5737	0.0501	0.9608
60	4.1613	0.0476	0.9546

¹⁾coefficient of determination

청징주스 농축액의 리올로지 특성을 조사, 비교한 결과는 다음과 같다. 각각의 농축액들은 뉴튼유체에 가까운 흐름특성을 나타내었으며, Power law model과 Herschel-Bulkley model에 적용되었다. 유동지수는 농도에 대해서는 뚜렷한 상관관계를 보이지 않았으나 측정온도에 대해서는 온도가 증가할수록 감소하여 의사가소성을 띠었으며, 점조도지수는 농도가 증가할수록, 온도가 감소할수록 증가하였으며, 항복력은 무시할 수 있는 정도였다.

Arrhenius식에 의해 구한 전단속도 1500 1/s에 대한 점도의 유동활성화에너지는 농도가 15°Brix에서 60°Brix로 증가함에 따라 혼탁주스 농축액의 경우 1.5104×10^4 에서 3.4141×10^4 J/kg·mol로, 청징주스 농축액의 경우 1.4762×10^4 에서 3.4963×10^4 J/kg·mol로 증가하였으며, 지수함수식에 의해 구한 농도의존성 상수인 A는 온도가 5°C에서 60°C로 증가함에 따라 혼탁주스 농축액의 경우 0.0789에서 $0.0484^\circ\text{Brix}^{-1}$ 로, 청징주스 농축액의 경우 0.0786에서 $0.0476^\circ\text{Brix}^{-1}$ 로 감소하였다.

이와같이 혼탁주스 농축액과 청징주스 농축액은 리올로지 특성에 있어 거의 차이가 없었다.

문 헌

1. 농림수산부: 농림수산통계연보, p.114 (1994)
2. 조웅제, 최태동, 장정근, 박성훈: UR이후 과실 및 채소의 적정가공품목 선정에 관한 연구. 한국식품개발연구원 보고서, E1296-0544 (1994)
3. 이희봉: 한국산 주요 과채류 및 과실류의 화학성분에 관한 연구(II), 복숭아, 포도, 사과, 배 중의 유리당의 함량. 충북대학 논문집, 9, 254 (1975)
4. 이동석, 이상돈, 양저범: 한국산 주요 과실류의 화학성

- 분에 관한 연구, 매실, 복숭아, 포도, 사과 및 배의 품종별 계절적 비휘발성 유기산 및 당의 함량변화. 한국식품과학회지, 4, 134 (1972)
5. 강운환, 손태화, 최종욱: 배과실의 polyphenol oxidase의 분리 정제 및 그 특성. 경북대 농학지, 4, 55 (1986)
 6. 김용환: 배 protease에 관한 연구. 삼육대 논문집, 18, 281 (1986)
 7. 박노풍, 최언호, 이옥미: 배 저장에 관한 연구(II), 배(長十郎)의 저장에 미치는 polyethylene film 포장과 CO₂ shock의 효과. 한국원예학회지, 7, 21 (1970)
 8. 박노풍, 최언호, 이옥미: 배 저장에 관한 연구(I), 배(長十郎)의 저장에 미치는 γ 선의 효과. 한국원예학회지, 8, 55 (1970)
 9. 신용억, 윤명수, 김태춘, 김용석, 이경국: 배, 대추 신품종의 가공적성에 관한 연구. 농시논문집(농경·농기계·잡업·농리편), 34, 58 (1992)
 10. 이종석, 김유환, 김정호, 공성재: 배 품종별 통조림 가공적성에 관한 연구. 농사시험연구보고, 17, 1 (1975)
 11. 장현세, 김지강, 김영배: 과실가공품 개발 및 품질향상 연구, 저알콜성 배 발효주 개발 시험. 농진청 농업기술연구소 시험연구보고서, 350 (1993)
 12. Ranadive, A.S. and Haard, N.F.: Chemical nature of stone cells from pear fruit. *J. Food Sci.*, 38, 331 (1973)
 13. Ranadive, A.S. and Haard, N.F.: Peroxidase localization and lignin formation in developing pear fruit. *J. Food Sci.*, 37, 381 (1972)
 14. Sapers, G.M.: Chitosan enhances control of enzymatic browning in apple and pear juice by filtration. *J. Food Sci.*, 57, 1192 (1992)
 15. Montgomery, M.W.: Cysteine as an inhibitor of browning in pear juice concentrate. *J. Food Sci.*, 48, 951 (1983)
 16. Beveridge, T. and Harrison, J.E.: Nonenzymatic browning in pear juice concentrate at elevated temperatures. *J. Food Sci.*, 49, 1335 (1984)
 17. Kirk, D.E., Montgomery, M.W. and Kortekaas, M.G.: Clarification of pear juice by hollow fiber ultrafiltration. *J. Food Sci.*, 48, 1663 (1983)
 18. Hsu Juinn-Chin, Heatherbell, D.A. and Yorgey, B.M.: Effects of variety, maturity and processing on pear juice quality and protein stability. *J. Food Sci.*, 55, 1610 (1990)
 19. Spanos, G.A. and Wrolstad, R.E.: Influence of variety, maturity processing and storage on the phenolic composition of pear juice. *J. Agric. Food Chem.*, 38, 817 (1990)
 20. Beveridge, T., Harrison, J.E. and Kitson, J.A.: Pear juice from bartlette pear peels and cores. *J. Food Sci.*, 53, 1195 (1988)
 21. Sarvacos, G.D. and Moyer, J.C.: Heating rates of fruits products in agitated kettle. *Food Technol.*, 21, 372 (1967)
 22. Bayindirli, L.: Mathematical analysis of variation of density and viscosity of apple juice with temperature and concentration. *J. Food Proc. & Preserv.*, 16, 23 (1992)
 23. Vitali, A.A. and Rao, M.A.: Flow properties of low-pulp concentrated orange juice, Effect of temperature and concentration. *J. Food Sci.*, 49, 882 (1984)
 24. Miller, G.L., Blum, R., Grennon, W.E. and Burton, A. L.: Measurement of carboxymethylcellulase activity. *Anal. Biochem.*, 2, 127 (1960)
 25. 신호선: 식품분석, 신광출판사, p.173 (1989)
 26. 한국공업규격: KS H 2120 (1989)
 27. Rao, M.A. and Anantheswaran, R.C.: Rheology of fluids in food processing. *Food Technol.*, 36, 116 (1982)
 28. Rao, M.A., Cooley, M.J. and Vitali, A.A.: Flow properties of concentrated juice at low temperatures. *Food Technol.*, 38(3), 113 (1984)
 29. Khalil, K.E., Pamakrishna, P., Nanjundaswamy, A.M. and Patwardhan, M.W.: Rheological behavior of clarified banana juice, Effect of temperature and concentration. *J. Food Eng.*, 10, 231 (1989)
 30. Ibarz, A.: Rheology of clarified fruit juices. I. Peach juices. *J. Food Eng.*, 15, 49 (1992)
 31. Ibarz, A., Vicente, M. and Graell, J.: Rheological behavior of apple juice and pear juice and their concentrates. *J. Food Eng.*, 6, 257 (1987)
 32. 이세은, 이부용, 진재순, 김동만, 김길환: 무우주스 농축액의 Rheological properties, 한국식품과학회지, 24, 261 (1992)
 33. Saravacos, G.D.: Effect of temperature on viscosity of fruits and purees. *J. Food Sci.*, 35, 122 (1970)
 34. Ibarz, A., Pagan, J. and Miguelsanz, R.: Rheology of clarified fruit juice. II: Blackcurrant juices. *J. Food Eng.*, 15, 63 (1992)

(1995년 6월 1일 접수)