

잣 구성 성분의 유화 및 유동특성

이석원 · 이철*

고려대학교 자연자원연구소, *고려대학교 응용생명환경화학과

Emulsifying and Rheological Properties of the Pine Nut's Extracts

Seog-Won Lee and Chul Rhee*

Institute of Natural Resources, Korea University

*Department of Agricultural Chemistry, Korea University

Abstract

The effects of concentration and pH on the emulsifying and rheological properties of the pine nut's protein extract(PNPE) and carbohydrate extract(PNCE) were investigated. Emulsifying activity index(EAI) of sample containing PNPE was minimal at pH 4.0 and the alteration of pH from 4 to 3 or 8 increased EAI regardless of concentration. The most EAI(about 6.44 m²/g solid) significantly(p<0.05) observed in solution containing 1% PNPE at pH 8.0, but that of 3% PNPE(0.10 m²/g solid) was minimal at pH 4.0. The emulsion stability exhibited maximum value(about 20) in 3% PNPE emulsion at pH 8.0. However, EAI of samples containing PNCE increased gradually with the increase of pH, but it had lower value than that of samples containing PNPE. At pH 7.0 and 8.0, the rheological behavior of emulsion solutions showed Newtonian fluid(n = 1, r²>0.99) regardless of concentration in all samples containing PNPE, but the samples containing PNCE showed pseudoplastic behavior(n<1) in all conditions. The sample with the better emulsion stability index(ESI) significantly(p<0.05) exhibited the higher L, b, and ΔE, however, lower a value.

Key words : pine nut's extracts, emulsifying properties, rheological behavior

서 론

잣은 자양강장제 역할을 하는 우수한 지방성분으로 올레인산과 리놀산, 리놀레인산 등 불포화지방산을 주 성분으로 하는 지방질과 양질의 단백질, 그리고 비타민 A, C 이외에도 비타민 B군이 풍부한 것이 특색이다⁽¹⁾. 현재 잣에 대한 연구는 지방질 및 지방산에 대한 연구가 주로 보고되어 있으며^(2,3), 최근에는 잣죽 제조 및 저장 중 일어나는 점도 감소 또는 층 분리 현상의 원인에 대한 연구⁽⁴⁾가 행해졌다. 이러한 연구 등에서 잣은 60% 이상의 지방질과 이들 지방질의 80% 이상이 불포화 지방산임이 알려졌다. 이러한 성분구성과 달리 공기 중의 산소에 의한 산화반응이 잣에 자연적으로 존재하는 tocopherol 류에 의해 더디게 진행됨을 보고⁽⁵⁾하였다. 잣을 첨가하여 제조한 잣죽의 안정

성⁽⁴⁾ 및 저장 중의 변화에 대한 연구⁽⁶⁾가 아울러 진행되었으며, 이들 연구에서 저장 중 잣의 지방질과 전분 분자들과의 복합체 형성에 의한 호화전분의 재결정화가 지연되는 효과가 있음을 보고하였다. 그런데 이러한 특성을 지닌 지방질은 일반적으로 유화제와 복합체를 형성하여 안정하게 분산되어 유지되는 성질을 갖게 되는데, 지방질의 유화에는 단백질 또는 이의 유도체와 다당류 유도체⁽⁷⁾ 등이 이용되고 있다.

한편, 잣에는 지방질 이외에 약 20%에 달하는 양질의 단백질이 함유되어 있어 이러한 유화제의 역할을 할 수 있음을 어느 정도 예측이 가능하다. 단백질의 경우 일부 단백질들은 영양학적 중요성 뿐만 아니라 산업적으로 이용할 수 있는 다양한 기능성을 갖고 있으며 이러한 기능성에 대한 연구⁽⁸⁻¹⁰⁾는 용해도, 소수성, 분산성, 팽윤성, 점성, 수분 흡수력, 유화 형성력, 기포 형성력, 기포 안정성, 탄성, 겔 형성력, 유지 흡수력 등 여러 면에 걸쳐서 이루어져 있다. 이 중에서 무엇보다 중요한 것은 용해도와 소수성 및 분자의 유연성(backbone flexibility)이며 이러한 성질은 다른 기능성에 직접적으로 영향을 미치는 것으로 알려져 있

Corresponding author : Chul Rhee, Department of Agricultural Chemistry, Korea University, Seoul 136-701, Korea
Tel : 82-2-3290-3023
Fax : 82-2-928-1351
E-mail : Rhee2@mail.korea.ac.kr

다⁽¹¹⁾. 이들 단백질의 기능성에 영향을 미치는 인자들은 단백질 자체의 물리화학적 성질 즉 아미노산 종류, 분자의 크기와 형태 등의 구조에 의한 내적인 요소에 일차적으로 영향을 받을 뿐만 아니라 pH, 이온 강도, 점도 등의 매우 복잡한 외적 인자에 영향을 받는 것으로 알려져 있다⁽¹²⁾.

그러나 잣의 경우에 단백질 등 구성 성분의 기능성에 대해 직접적으로 이루어진 연구가 없는 실정이다. 따라서 본 연구에서는 잣에 함유되어 있는 불포화지방산을 주성분으로 하는 잣기름과 단백질 및 탄수화물 추출물 등을 분리 제조하여 이들의 모델 시스템을 통해 잣의 유화특성과 유화액의 유동특성 등을 조사하였다.

재료 및 방법

재료

본 실험에 사용한 잣은 '98년 가을철 춘천지역에서 수확한 갠 잣을 시중에서 구입하여 -20°C에 냉동 보관하면서 시료로 사용하였으며, 또한 soybean lecithin (Chameleon Chemical Co., Osaka, Japan)과 soy protein isolate(SPI, Purina Korea) 그리고 그 외 시약은 특급시약을 사용하였다.

잣 구성 성분의 분리제조

시료 잣에 5배량의 hexan을 가하여 Waring Blender에서 2분간 균질화 시킨 후 실온 암소에서 교반하면서 12시간씩 3회 반복 추출하여 여과한 후 합한 용액을 30°C에서 감압 농축하였으며, 이를 통해 얻은 잣기름을 -20°C의 냉동고에 보관하면서 시료로 사용하였다. 또한, 탈지한 잣 분말에 30배(w/w)의 중류수를 가한 후 1.0 N NaOH 용액으로 pH를 12.0으로 조절하여 25°C에서 60분간 vertical stirrer를 이용하여 교반시켜 잣 단백질을 추출하였다. 이 추출액을 10분간 원심분리(10,000×g)하여 탄수화물 등의 불용성물질을 분리하여 별도의 시료로 사용하였으며, 상침액은 1.0 N HCl 용액으로 잣 단백질의 등전점인 pH 3.8로 조절하여 단백질을 침전시킨 후 10분간 원심분리(10,000×g)하여 단백질 침전물을 분리하였다. 얻어진 잣 단백질 침전물 및 탄수화물 등의 불용성 침전물을 동결 건조하여 마쇄한 후 80 mesh(180 μm)의 표준체를 통과시켜 이를 시료로 사용하였다.

위와 같은 분리공정을 통하여 얻은 시료를 잣 단백질 추출물(pine nut protein extract, PNPE) 및 잣 탄수화물 추출물(pine nut carbohydrate extract, PNCE)로

각각 명명하였다.

일반성분 분석

시료 잣, 잣 단백질 추출물 및 탄수화물 추출물의 수분함량, 조단백질함량, 조지방함량, 탄수화물함량 및 조회분함량은 A.O.A.C.법⁽¹³⁾에 준하여 각각 105°C 상압건조법, semi-microkjeldahl법, Soxhlet법 및 건식회화법으로 측정하였다.

유화력(emulsifying activity)과 유화안정성(emulsion stability)

시료의 유화력은 Kinsella 등의 방법⁽¹⁴⁾을 변형하여 측정하였다. 즉, PNPE와 PNCE를 각 %별(0%, 1%, 3%, 5%(w/v))로 시험용 용기에 넣은 후 중류수 12 mL을 부가하고 magnetic stirrer로 교반 하면서 pH를 3.0, 4.0, 5.0, 6.0, 7.0, 8.0으로 조정하였다. 이 용액에 잣기름 4 mL를 부가한 후 25°C에서 Homogenizer(IKA labortechnik, T25B, Germany)로 10,000 rpm에서 2분간 균질화하여 시료용액으로 사용하였다. 균질화 한 후 즉시 주사기를 사용하여 유화액 1 mL를 취하여 0.1% SDS(sodium dodecyl sulfate)용액으로 250배 희석하여 500 nm에서 흡광도를 구하여 시료의 유화력을 유화력 지표(EAI, emulsifying activity index)로 하여 다음 식에 의하여 구하였다. 이때 분광 광도계는 Spectronic 20D+(Spectronic instruments, Inc., U.S.A.)를 사용하였다. EAI는 시료의 단위 무게당 안정화된 계면의 면적(m²/g solid)을 의미하며, 탁도는 희석용액의 구형의 입자들의 경우 계면의 면적과 다음의 관계를 가지므로 이를 이용하여 EAI를 표시하였다.

$$T = \frac{2.303 A}{L}, \text{ Interfacial area} = 2T$$

$$EAI(m^2/g) = \frac{2T \times D}{\phi \times C \times 10^4} = \frac{4.606 \times A \times D}{\phi \times C \times L \times 10^4}$$

여기서,

T: 탁도(turbidity)

A: 유화액의 흡광도(absorbance)

D: dilution factor = 250

φ: 분산상(oil)의 부피 분율(volume fraction)

C: 유화전 시료액의 단위부피당 고형분 무게(g/mL)

L: cell의 빛 투과길이(cm)

유화안정성은 Kinsella 등의 방법⁽¹⁴⁾과 Saffle 등의 방법⁽¹⁵⁾을 변형하여 이용하였다. 유화액 2 mL씩을 취하여 각 시험관에 넣어 25°C의 항온기에서 20분 동안 정

치 시킨 후 주사기를 사용하여 시험관의 아래 부분으로부터 용액의 50%(1 mL)를 취하여 500 nm에서 흡광도를 구한 후, 이를 다음 식에 의하여 유화안정성 지표(ESI, emulsion stability index)를 상대적으로 구하였다.

$$ESI = EAL_0 / (EAL_0 - EAL_{20})$$

여기서,

EAL₀: 초기의 유화력 지표

EAL₂₀: 20분 경과 후 유화력 지표

유화용액의 유동특성

PNPE와 PNCE를 이용하여 농도별, pH별로 제조한 유화용액의 유동특성은 Brookfield 점도계(LVDV+, Brookfield Eng Labs Inc., U.S.A)를 이용하여 측정⁽¹⁶⁾ 하였으며, 측정은 측정온도(25°C)에서 제조한 유화액을 동일온도에서 0~100 rpm의 회전속도에 따른 2분 후의 겔보기 점도를 연속 측정하여 행하였다. 이 때 점도는 UL adapter를 사용하여 측정하였다.

유화용액의 색도 측정

PNPE와 PNCE를 이용하여 1%, 3%, 5%로 제조한 유화용액의 색도는 색차계(CR 300 Chroma Meter, Minolta Camera Co., Osaka, Japan)를 이용하여 측정⁽¹⁶⁾하였다. 유화용액을 측정용 cell에 1 mL씩을 가한 후 3회 측정하여 이의 평균값을 Hunter L, a 및 b로 나타내었으며, 이들 Hunter L, a 및 b값으로부터 추출물들을 함유하지 않은 대조구와의 색차(ΔE, total color difference)를 구하였다.

통계적 분석

SAS(statistical analysis system)통계 package⁽¹⁷⁾를 사용하여 분산분석 및Duncan 다범위 검증을 실시하였다.

결과 및 고찰

일반성분분석

잣과 잣 추출물들의 일반성분의 분석결과는 Table 1에 나타내었다. 잣과 잣 단백질 추출물(PNPE) 그리고 잣 탄수화물 추출물(PNCE)의 수분 함량은 각각 2.53%, 3.61%, 5.72%로, 조지방 함량은 70.90%, 6.12%, 1.58%로 나타났다. 여기서 PNCE에 비하여 PNPE의 경우 상대적으로 조지방 함량이 높게 나타난 것은 지질과 단백질간의 복합체 형성에 기인된 것으로 생각한다. 그리고 조단백질 함량은 각각 13.91%, 78.89%,

Table 1. Chemical composition of pine nut, pine nut protein extract (PNPE), and pine nut carbohydrate extract (PNCE) (Unit: %)

Constituents	Pine nut	PNPE	PNCE
Moisture	2.53	3.61	5.72
Crude protein ¹⁾	13.91	78.89	13.80
Crude lipid	70.90	6.12	1.58
Crude ash	2.23	3.02	19.24
Carbohydrates ²⁾	10.42	8.36	59.67

¹⁾Calculation of protein content = Nitrogen(%)×5.30.

²⁾Calculated by difference.

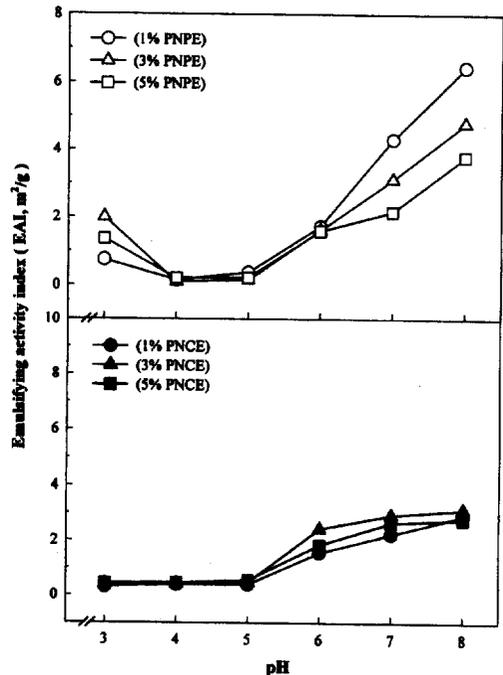


Fig. 1. Emulsifying activity index(EAI) values for the emulsions stabilized by pine nut extract as a function of the concentration and pH at 25°C.

13.80%로 나타났으며, 탄수화물의 함량은 각각 10.42%, 8.36%, 59.67%로 나타났다. 또한 조지방 함량은 각각 2.23%, 3.02%, 19.24%로 나타났다.

유화특성

잣 단백질 추출물(PNPE) 및 탄수화물 추출물(PNCE)들의 유화특성은 유화력 및 유화 안정성을 pH 및 농도에 따른 변화를 조사하여 파악하였다. 잣 단백질 추출물 및 탄수화물 추출물의 유화특성을 파악하기 위하여 측정된 유화용액의 흡광도를 분석한 결과를 Fig. 1 및 2에 나타내었다. PNPE의 유화력 지표(EAI)는 Fig. 1에 나타내었듯이 농도에 관계없이 등전점 부근

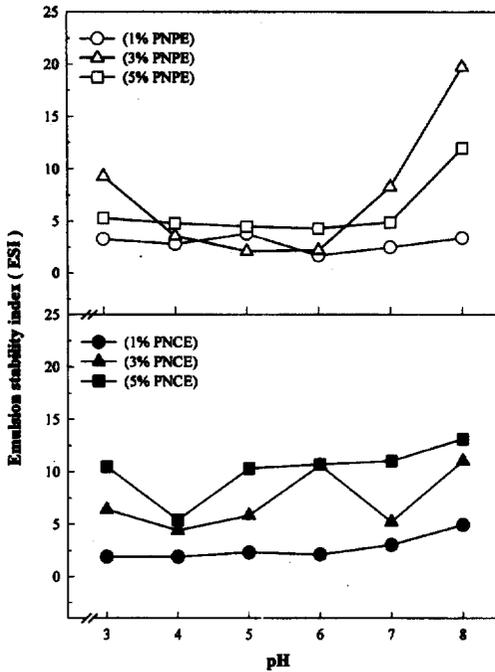


Fig. 2. Emulsion stability index (ESI) values for emulsions stabilized by pine nut extracts as a function of the concentration and pH at 25°C.

(pH 3.8)에서 가장 낮게 나타났으며, 이 점을 전후하여 산성 영역에서 보다는 알칼리성 영역에서 높은 값을 보였다. 유화력의 크기를 나타내는 유화력 지표(EAI)는 1%의 PNPE를 함유한 경우에 pH 8.0에서 유의적으로($p < 0.05$)로 가장 높은 값(약 6.44 m²/g PNPE)을 보였으며, 3%와 5%의 PNPE를 함유한 시료용액의 경우 동일 pH에서 각각 약 4.80 및 3.80 m²/g PNPE의 값을 나타내었다. 이러한 결과는 단백질 용해도와 밀접한 관련을 나타내는 현상으로 일반적인 단백질의 용해도가 높은 경우 유화력이 좋은 사실과 일치⁽⁹⁾한다. 그러나 PNCE의 경우 유화력 지표(EAI)는 PNPE와 달리 pH 3.0~5.0 범위에서는 거의 차이를 보이지 않았으며, pH 5.0 이후에 산성에서 알칼리성 영역으로 갈수록 지속적으로 증가하는 경향을 나타내었다. 그리고 EAI는 전반적으로 PNPE에 비하여 동일 농도에서 상대적으로 낮은 값을 보였으며, 이는 PNPE가 PNCE에 비하여 용액 내에서 기름입자들과 복합체를 형성하여 분산시키는 능력이 상대적으로 큰 것을 의미한다. 일반적으로 포화지방산을 갖고 있는 모노글리세라이드는 전분과의 결합력이 우수한 반면에 불포화지방산을 갖고 있거나 트리글리세라이드 같은 지방질은 직접적인 결합력이 매우 떨어져 안정한 복합체를 형성하기가 어

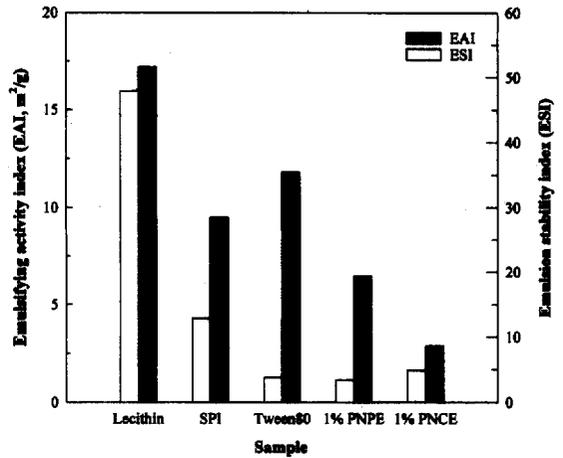


Fig. 3. Emulsion properties on various samples. Emulsion stabilized by samples at concentration of 1%, pH 8.0, 25°C, respectively, and prepared using a homogenizer (10,000 rpm, 2 min).

려운 것으로 알려져 있다⁽¹⁸⁾. 이러한 특성은 잣기름의 경우 다량의 불포화지방산을 함유⁽¹⁾하고 있어 이들이 전분과 복합체를 형성하여 안정하게 용액 내에 분산되기가 어려워 유화력이 약한 것으로 판단된다.

한편, 시료들의 유화안정성은 Fig. 2와 같았다. 잣 단백질 추출물의 유화 안정성(ESI)은 3%의 PNPE를 함유한 경우에 pH 8.0에서 약 20으로 가장 높은 값을 보였으며 1%의 PNPE를 함유한 시료의 경우에는 모든 pH 범위에서 5 이하의 낮은 값을 나타내었다. 또한, pH 4.0~6.0 사이의 영역에서는 시료 농도간에 큰 차이를 보이지 않았으며, pH 3.0과 pH 7.0 및 8.0에서는 3%의 PNPE를 함유한 경우에 가장 안정한 것으로 나타났다. 유화력과 달리 특정농도(3%)에서 유화안정성이 가장 높은 이유는 이 농도 이상의 일정 범위에서는 유화 입자들의 depletion flocculation이 일어나 유화안정성의 감소가 일어난 것으로 생각되며 이러한 결과는 다른 보고^(19,20)와 일치하고 있다. 그러나 잣 탄수화물 추출물의 유화 안정성은 전반적으로 10 이하의 값을 보여 PNPE와 유사한 경향을 보였으나, 전 pH 범위에서 시료의 농도가 증가할수록 유화 안정성이 증가하는 경향을 보여 PNPE와는 달리 농도에 대해 일정한 경향을 나타내었다. 그리고 이들 구성 성분(PNPE, PNCE)과 lecithin, Tween 80, SPI와의 상대적인 유화특성을 비교한 결과(Fig. 3), pH 8.0 및 1%의 시료 농도 조건에서 유화력 지표(EAI) 및 유화안정성 지표(ESI) 모두 lecithin이 가장 높은 값을 보였으며 PNPE에 대해서는 EAI와 ESI 모두 약 2.5배 높은 값을, PNCE에

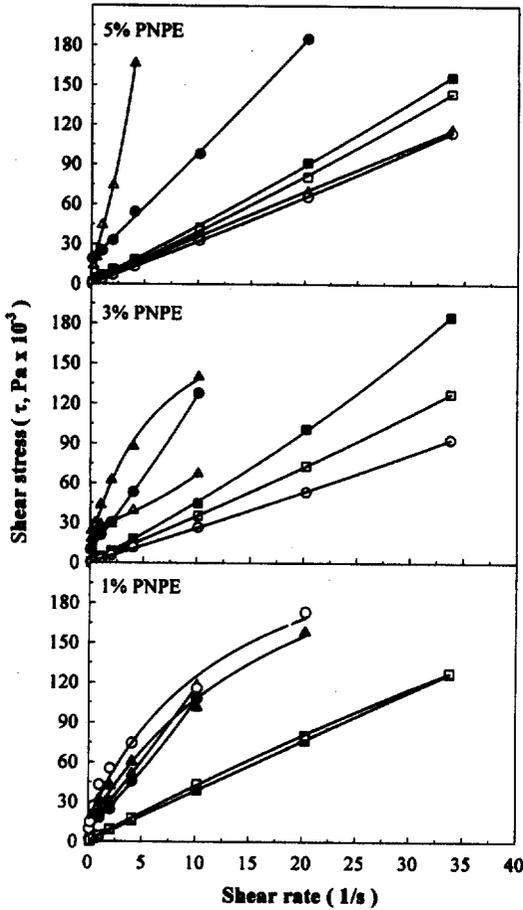


Fig. 4. Plot of shear stress and shear rate for the emulsions stabilized by pine nut protein extract(PNPE) as a function of the concentration and pH at 25°C.

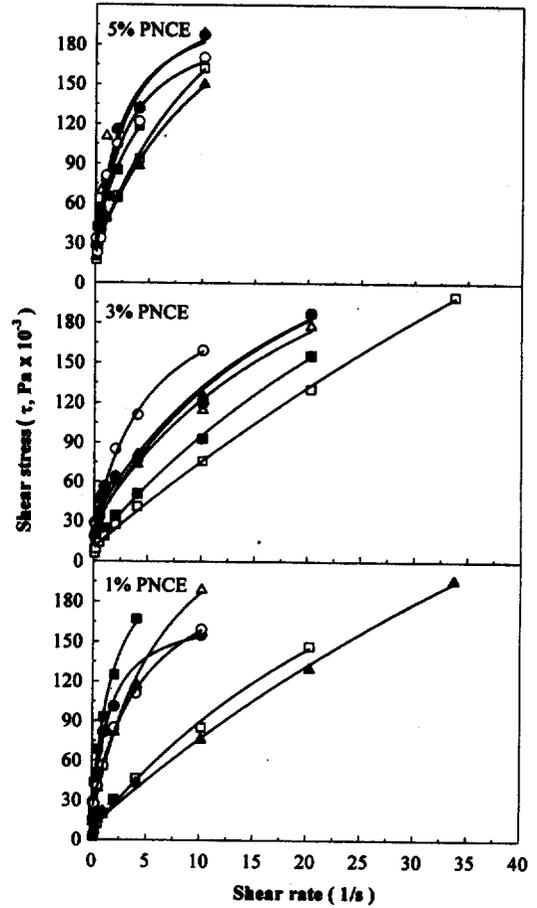


Fig. 5. Plot of shear stress and shear rate for the emulsions stabilized by pine nut carbohydrate extract (PNCE) as a function of the concentration and pH at 25°C.

대해서는 약 4.5배 정도 높은 값을 나타내었다.

유화용액의 유동특성

잣 단백질 추출물(PNPE) 및 탄수화물 추출물(PNCE)의 유동특성을 파악하기 위하여 여러 농도(1%, 3%, 5%)에서 유화액을 제조하여 25°C에서 걸보기 점도를 측정하여 이를 전단속도(shear rate)증가에 따른 전단응력(shear stress)의 관계로 Fig. 4 및 5에 나타내었다. Fig. 4를 보면 1%의 PNPE를 함유한 유화용액에서는 pH 7.0과 8.0에서, 3% PNPE 유화용액에서는 pH 3.0과 pH 7.0 및 8.0에서, 그리고 5% PNPE 유화용액에서는 pH 3.0과 pH 6.0에서 8.0 범위에서 전단속도 증가에 따라 전단응력이 거의 일정한 경향을 나타내었다. 그러나 위에 제시된 pH범위 이외의 영역에서는 시료의 농도에 관계없이 전단속도가 증가할수록 전단응력의 증가 속

도가 둔화되는 경향을 보였으며, 전단속도 증가에 따른 전단응력이 일정한 영역에서보다 높은 값을 나타내었다. 그리고 탄수화물 추출물에 의해 형성된 유화용액의 유동특성(Fig. 5)을 보면, PNPE와는 달리 pH 8.0에서 1%와 3% PNCE 농도에서만 전단속도 증가에 따른 전단응력이 거의 일정한 경향을 보였으며 그 외의 pH범위 및 농도에서는 전단속도 증가에 따라 전단응력 증가속도가 뚜렷하게 감소하는 경향을 보였다. 또한, PNPE에 의해 형성된 유화용액보다 상대적으로 모든 조건에서 높은 전단응력 값을 나타내어 특정 전단속도에서의 걸보기 점도 값이 높음을 알 수 있다.

한편, 비뉴우튼성 유체의 유동특성은 리올로지 상태 방정식인 Herschel-Bulkley 모형⁽²¹⁾으로 설명할 수 있는데, 이 식의 적용을 위하여서는 먼저 항복력을 구하여야 한다. 이 값은 $\sqrt{\tau}$ 와 $\sqrt{\dot{\gamma}}$ 를 도시하는 Casson 모

Table 2. Calculated rheological parameters for emulsions stabilized by pine nut protein extract (PNPE) of different concentrations at various pH and 25°C

Concentration (%)	pH	Rheological parameters			
		Consistency index K(Pa · s ⁿ)	Flow index (n)	Yield stress (Pa)	Correlation coefficient(r ²) for n and K
Control	7.0	0.012	0.24	6066.4	0.9742
	3.0	0.018	0.74	1855.0	0.9573
1% PNPE	4.0	0.015	0.82	110.2	0.9814
	5.0	0.017	0.79	222.8	0.9821
	6.0	0.021	0.64	937.0	0.9978
	7.0	0.005	0.94	15.9	0.9997
	8.0	0.004	0.93	7.1	0.9993
	3.0	0.003	0.97	1.4	0.9995
3% PNPE	4.0	0.018	0.82	130.3	0.9873
	5.0	0.009	0.88	1610.4	0.9493
	6.0	0.029	0.67	1272.4	0.9922
	7.0	0.004	0.94	0.0	0.9982
	8.0	0.004	1.04	4.1	0.9990
5% PNPE	3.0	0.004	0.98	0.1	0.9997
	4.0	0.018	0.73	561.0	0.9866
	5.0	0.044	0.85	35.3	0.9730
	6.0	0.005	0.88	32.8	0.9990
	7.0	0.004	0.97	0.7	0.9991
	8.0	0.006	0.91	8.3	0.9935

델⁽²²⁾을 이용하여 절편 값으로부터 구하였다. 또한 이 항복력을 사용하여 $\log(\tau-C)$ 에 대한 $\log(\dot{\gamma})$ 의 관계를 도시하여 선형 최소자승법으로 기울기와 절편 값으로부터 각각 유동지수 n 과 점조도지수 K 값을 구하여 항복력과 함께 그 결과를 Table 2 및 3에 나타내었다. PNPE 및 PNCE의 농도에 따른 유화용액의 유동특성을 Table 2 및 3으로부터 살펴보면, 유동지수 n 값은 PNPE의 경우 농도에 관계없이 pH 7.0 과 8.0에서 뉴우튼성 유체($n=1$, $r^2>0.99$)에 가까운 특성을 보였으며 pH 3.0에서는 3%와 5% PNPE농도에서 뉴우튼성 유체에 가까운 특성을 나타내었으나, PNCE의 경우는 농도에 관계없이 전 pH 범위에서 의가소성 유체의 특성($n<1$)을 나타내었다. 또한, PNPE의 경우 점조도 지수(K) 값은 n 값이 1에 가까운 시료용액에서 다른 의가소성 유체의 특성을 나타내는 시료용액보다 낮은 값을 나타내었다. 이러한 특성은 PNCE를 함유한 시료용액에서도 마찬가지로 의가소성 유체의 경우 K 값이 크게 나타났다. 또한 항복력의 경우 시료 종류, 농도 및 pH에 관계없이 의가소성 유체의 특성을 나타내는 시료 용액에서 뉴우튼성 유체에 가까운 특성을 나타내는 시료용액의 경우보다 매우 큰 값을 나타내었다.

유화용액의 색도

자 단백질 추출물 및 탄수화물 추출물에 의해 형성

된 유화용액의 색도에 미치는 농도 및 pH에 따른 변화를 조사한 결과는 Table 4 및 5와 같았다. PNPE를 함유한 시료용액의 L값(Table 4)은 농도에 관계없이 pH 4.0 및 5.0의 경우 대조구와 큰 유의차를 보이지 않았으나 그 외의 pH 범위에서는 약 30에서 40이상으로 뚜렷하게 증가하는 경향을 나타내었다. 또한 농도에 관계없이 pH 8.0에서 가장 큰 값을 보였으나 3% PNPE를 함유한 경우에는 pH 7.0의 L 값이 pH 8.0과 유의차를 보이지 않았다. 또한 PNPE의 농도증가에 따른 동일 pH에서의 L값은 1%에서 3%로 증가하였을 때는 큰 유의차를 보이며 증가하였으나, 3%에서 5%로 증가하였을 때는 거의 유의차를 보이지 않아 L값에 미치는 PNPE의 농도 효과는 3%에서 가장 큰 것으로 보였으며 유화 안정성과 밀접한 관련이 있는 것으로 생각되었다. 한편, PNCE에 의해 형성된 시료용액의 L값(Table 5)은 농도에 관계없이 pH 3.0에서 5.0 사이의 영역에서는 큰 유의차를 보이지 않았으나, pH 5.0 이상에서는 1%에 비하여 3%와 5%의 L값이 급격히 증가하는 경향을 나타내었다. 그러나 PNPE와는 달리 3%에서 5%로 PNCE의 농도가 증가함에 따라 약간의 유의차를 보이며 증가하였다.

그리고 PNPE를 함유한 시료 용액의 a 값과 b값(Table 4)의 경우도 전반적으로 L값과 유사한 경향을 나타내었다. 즉 pH 4.0 및 5.0에서는 다른 pH에 비해

Table 3. Calculated rheological parameters for emulsions stabilized by pine nut carbohydrate extract (PNPE) of different concentrations at various pH and 25°C

Concentration (%)	pH	Rheological parameters			
		Consistency index K(Pa · s ⁿ)	Flow index (n)	Yield stress (Pa)	Correlation coefficient(r ²) for n and K
Control	7.0	0.012	0.24	6066.4	0.9742
	3.0	0.039	0.66	2706.0	0.8796
1% PNPE	4.0	0.040	0.55	2989.4	0.8960
	5.0	0.042	0.62	1495.7	0.9955
	6.0	0.012	0.87	534.4	0.9265
	7.0	0.016	0.73	379.5	0.9987
	8.0	0.059	0.91	1993.7	0.8736
	3.0	0.034	0.66	2160.9	0.9765
3% PNPE	4.0	0.027	0.60	1776.9	0.9740
	5.0	0.026	0.60	2073.6	0.9833
	6.0	0.024	0.59	3080.0	0.9893
	7.0	0.013	0.72	540.2	0.9986
	8.0	0.017	0.71	758.6	0.9961
5% PNPE	3.0	0.034	0.76	2235.0	0.7898
	4.0	0.029	0.84	3678.7	0.8656
	5.0	0.026	0.84	6091.0	0.8330
	6.0	0.028	0.67	2047.8	0.9846
	7.0	0.032	0.63	1857.8	0.9949
	8.0	0.038	0.75	2856.1	0.9554

Table 4. Color of emulsions stabilized by pine nut protein extract (PNPE) as a function of the concentration and pH at 25°C

Sample	pH	L	a	b	ΔE
Control	7.0	34.35 ± 1.98 ^f	-0.89 ± 0.16 ^c	-1.03 ± 0.07 ^j	
	3.0	43.83 ± 1.39 ^e	-1.53 ± 0.06 ^{de}	3.34 ± 0.33 ^g	9.96 ± 1.33 ^e
1% PNPE	4.0	29.04 ± 0.51 ^h	-0.10 ± 0.04 ^{ab}	0.56 ± 0.07 ⁱ	5.67 ± 0.48 ^f
	5.0	29.67 ± 0.76 ^h	-0.08 ± 0.03 ^a	0.73 ± 0.10 ⁱ	5.11 ± 0.72 ^{fg}
	6.0	49.34 ± 3.66 ^{cd}	-1.89 ± 0.34 ^{fg}	5.06 ± 1.11 ^{ef}	15.43 ± 3.63 ^d
	7.0	44.71 ± 0.24 ^c	-1.47 ± 0.03 ^d	3.10 ± 0.15 ^g	10.77 ± 0.24 ^e
	8.0	49.93 ± 0.91 ^{cd}	-1.63 ± 0.08 ^{de}	4.73 ± 0.31 ^f	15.96 ± 0.91 ^{cd}
	3.0	53.75 ± 1.15 ^{ab}	-1.89 ± 0.08 ^{fg}	5.46 ± 0.33 ^{def}	19.76 ± 1.12 ^{ab}
3% PNPE	4.0	30.09 ± 0.36 ^h	-0.16 ± 0.03 ^{ab}	0.65 ± 0.09 ^j	4.70 ± 0.34 ^{gh}
	5.0	32.99 ± 1.76 ^{fg}	-0.30 ± 0.08 ^b	0.72 ± 0.46 ^j	2.65 ± 1.09 ^h
	6.0	48.42 ± 1.44 ^d	-1.96 ± 0.19 ^{gh}	4.72 ± 0.85 ^f	14.51 ± 1.46 ^d
	7.0	55.67 ± 0.61 ^a	-1.95 ± 0.06 ^g	6.78 ± 0.32 ^{ab}	21.71 ± 0.62 ^a
	8.0	56.06 ± 1.05 ^a	-1.61 ± 0.08 ^{de}	5.32 ± 0.61 ^{def}	22.01 ± 1.07 ^a
5% PNPE	3.0	53.03 ± 0.41 ^b	-2.16 ± 0.03 ^h	6.66 ± 0.21 ^{abc}	19.13 ± 0.41 ^b
	4.0	31.01 ± 0.90 ^{gh}	-0.26 ± 0.04 ^{ab}	0.43 ± 0.36 ⁱ	3.82 ± 0.88 ^{gh}
	5.0	32.54 ± 0.08 ^{fg}	-1.57 ± 0.04 ^{de}	2.15 ± 0.11 ^h	3.18 ± 0.06 ^{gh}
	6.0	52.78 ± 0.55 ^b	-1.98 ± 0.03 ^{gh}	6.07 ± 0.17 ^{bcd}	18.84 ± 0.55 ^b
	7.0	51.66 ± 2.06 ^{bc}	-1.72 ± 0.19 ^{ef}	5.90 ± 1.05 ^{cde}	17.72 ± 2.08 ^{bc}
	8.0	55.54 ± 1.29 ^a	-1.45 ± 0.04 ^d	6.96 ± 0.61 ^a	21.57 ± 1.29 ^a

^{a-i}Superscriptive letters in a column indicate significant difference at p<0.05 by Duncan's multiple comparison.

여 a값은 큰 값을, b값은 작은 값을 보이며 큰 유의차를 나타내었다. 또한 PNCE를 함유한 경우(Table 5)에도 a 값과 b값 모두 pH 3.0에서 5.0사이에서는 1%와 3%의 농도의 경우 큰 유의차를 보이지 않았으나, pH 5.0이상에서는 a값은 급격히 감소하는 경향을, b 값은

증가하는 경향을 보이며 큰 유의차를 나타내었다. 그러나 5%의 PNCE를 함유한 경우에는 a 값에 있어서 pH에 따라 뚜렷한 유의차를 보이지 않았으며 b값은 pH가 증가함에 따라 증가하는 경향을 나타내었다.

또한, 시료 용액의 L, a, b값을 토대로 대조구와의

Table 5. Color of emulsions stabilized by pine nut carbohydrate extract (PNCE) as a function of the concentration and pH at 25°C

Sample	pH	L	a	b	ΔE
Control	7.0	34.35 ± 1.98 ^{fg}	-0.89 ± 0.16 ^{ab}	-1.03 ± 0.07 ^h	
1% PNCE	3.0	32.52 ± 1.63 ^g	-0.68 ± 0.09 ^a	1.27 ± 0.14 ^{fg}	2.99 ± 1.11 ^g
	4.0	32.74 ± 0.25 ^g	-0.66 ± 0.04 ^a	1.24 ± 0.06 ^{fg}	2.69 ± 0.13 ^g
	5.0	34.06 ± 0.88 ^{fg}	-0.66 ± 0.08 ^a	1.20 ± 0.13 ^{fg}	2.26 ± 0.17 ^g
	6.0	43.42 ± 1.80 ^d	-1.57 ± 0.17 ^{def}	4.89 ± 0.69 ^c	9.73 ± 1.76 ^d
	7.0	42.57 ± 0.13 ^d	-1.72 ± 0.03 ^{def}	3.29 ± 0.08 ^d	8.77 ± 0.12 ^d
	8.0	44.32 ± 0.57 ^d	-1.78 ± 0.27 ^a	4.73 ± 0.97 ^c	11.55 ± 0.68 ^{cd}
3% PNCE	3.0	32.32 ± 3.15 ^g	-0.89 ± 0.13 ^{ab}	1.40 ± 0.22 ^f	3.83 ± 1.21 ^{fg}
	4.0	33.16 ± 1.74 ^g	-1.24 ± 0.19 ^{bcd}	2.55 ± 0.88 ^e	3.28 ± 0.20 ^g
	5.0	36.07 ± 0.85 ^f	-1.38 ± 0.01 ^{cde}	3.52 ± 0.06 ^d	3.56 ± 0.44 ^g
	6.0	47.55 ± 1.67 ^c	-1.35 ± 0.14 ^{cd}	6.22 ± 0.90 ^b	13.75 ± 1.67 ^c
	7.0	50.73 ± 1.11 ^b	-1.36 ± 0.04 ^{cd}	6.01 ± 0.42 ^b	16.81 ± 1.11 ^b
	8.0	51.15 ± 0.53 ^{ab}	-1.57 ± 0.03 ^{def}	5.83 ± 0.14 ^b	17.21 ± 0.53 ^b
5% PNCE	3.0	38.35 ± 0.28 ^e	-0.98 ± 0.73 ^{ab}	4.41 ± 0.14 ^c	5.22 ± 0.22 ^{ef}
	4.0	38.87 ± 0.24 ^e	-1.37 ± 0.03 ^{cde}	5.04 ± 0.17 ^c	5.73 ± 0.21 ^e
	5.0	42.58 ± 0.55 ^d	-1.19 ± 0.02 ^{bc}	6.26 ± 0.06 ^b	9.08 ± 0.50 ^d
	6.0	51.32 ± 0.46 ^{ab}	-0.97 ± 0.03 ^{ab}	7.37 ± 0.49 ^a	17.45 ± 0.47 ^b
	7.0	53.46 ± 1.38 ^a	-0.89 ± 0.02 ^{ab}	7.93 ± 0.62 ^a	19.57 ± 1.38 ^a
	8.0	52.08 ± 0.34 ^{ab}	-0.91 ± 1.49 ^{ab}	7.17 ± 0.27 ^a	18.18 ± 0.34 ^{ab}

^{a-h}Superscriptive letters in a column indicate significant difference at $p < 0.05$ by Duncan's multiple comparison.

농도 및 pH에 따른 색차(ΔE)를 보면, PNPE의 경우 pH 6.0~8.0 범위에서 pH 4.0 및 5.0에서보다 매우 높게 나타났다. 이러한 값은 1% 보다는 3%와 5%의 농도에서 높게 나타났으며 3%와 5%의 농도에서는 큰 유의차를 보이지 않았다. 또한 3%와 5%의 농도에서는 pH 3.0에서도 pH 8.0과 거의 유의차를 보이지 않으며 높은 ΔE값을 나타내었다. 그리고 PNCE의 경우의 ΔE값은 동일 pH에서 농도가 증가함에 따라 증가하는 경향을 보였으며 3%에서 5%로 농도가 증가하였을 경우 1%에서 3%로 증가하였을 때 보다 큰 차이를 나타내었다.

요 약

잣 단백질 추출물(PNPE)의 유화력은 등전점(pH 3.8 부근)을 전후하여 산성 영역보다는 알칼리성 영역에서 높은 값을 보였으며, 1%의 PNPE를 함유한 경우에 pH 8.0에서 유의적으로($p < 0.05$) 가장 높은 값 (약 6.44 m²/g)을 나타내었으며, 3% PNPE를 함유한 유화용액의 경우 pH 4.0 에서 가장 낮은 유화력 지표(약 0.10 m²/g)를 나타내었다. PNPE의 유화안정성은 3%의 PNPE를 함유한 경우에 pH 8.0에서 약 20으로 가장 높게 나타났으며, 1%의 PNPE를 함유한 경우에는 높은 유화력에도 불구하고 전 pH 범위에서 5 이하의 낮은 값을 나타내었다. 잣 탄수화물 추출물(PNCE)의 경우 유화

력은 PNPE와 달리 산성에서 알칼리성 영역으로 갈수록 지속적으로 증가하는 경향을 보였으며 pH 5.0 이후에 급격히 증가하였다. PNCE의 유화안정성은 PNCE의 함유량이 증가할수록 증가하는 경향을 보였으며, 이들 구성 성분들은 lecithin에 비하여 약 2.5~4.5 배 정도 낮은 유화특성을 나타내었다. 그리고 PNPE를 함유한 유화용액의 유동특성은 농도에 관계없이 pH 7.0과 8.0에서 뉴우튼성 유체($n = 1, r^2 > 0.99$)에 가까운 특성을 보였으며, 특히 3%와 5%의 PNPE를 함유한 경우에는 pH 3.0에서도 뉴우튼성 유체에 가까운 특성을 나타내었으나, PNCE를 함유한 유화용액의 경우는 농도 및 pH에 관계없이 의가스성 유체의 특성을 나타내었다. 또한 유화용액의 색도는 PNPE 및 PNCE의 농도에 관계없이 모두 pH 3.0과 7.0 및 8.0에서 유의적으로($p < 0.05$) 높은 L값과 b값 그리고 ΔE값을 보였으며, a 값은 이와 반대로 낮은 값을 나타내었다.

문 헌

- Han, S.S. and Hwang, B.H. Analysis of amino acid, fatty acid, and vitamin in Korean pine (*Pinus koraiensis*) seeds. Jour. Korean For. Soc. 79: 345-351 (1990)
- Chun, S.J. and Park, Y.H. Triglyceride composition of pine nut oil. Korean J. Food Sci. Technol. 16: 179-181 (1984)
- Kim, S.S. A study on the lipid of Korean pine nut. M.S. thesis, Yonsei Univ., Korea (1987)

4. Kim, J.S. and Seog, H.M. Properties of crude amylase isolated from pine nut. *Korean J. Food Sci. Technol.* 26: 398-402 (1994)
5. Kim, M., Rhee, S.H., Ryu, J.H. and Cheigh, H.S. Studies on the oxidative stability of pine nut oil. *Korean J. Food Sci. Technol.* 20: 868-872 (1988)
6. Bae, S.K. Studies on the physico-chemical properties of the pine nut's gruel during storage. M.S. thesis, Korea Univ., Korea (1999)
7. Garti, N., Slavin, Y. and Aserin, A. Surface and emulsification properties of a new gum extracted from portulaca oleracea L. *Food Hydrocolloids* 13: 145-155 (1999)
8. Cloughton, S.M. and Pearce, R.J. Preparation and properties of acid modified sunflower protein isolate. *J. Food Sci.* 54: 357-361 (1989)
9. Wu, W.U., Hettiarachchy, N.S. and Qi, M. Hydrophobicity, solubility, and emulsifying properties of soy protein peptides prepared by papain modification and ultrafiltration. *J. Am. Oil Chem. Soc.* 75: 845-850 (1998)
10. Abbey, B.W. and Ibeh, G.O. Functional properties of raw and heat processed cowpea (*Vigna unguiculata*, Walp) flour. *J. Food Sci.* 53: 1775-1778 (1988)
11. Phillips, L.G., Whitehead, D.M. and Kinsella, J. Structure-Function Properties of Food Proteins, pp. 107-109, Academic Press, California, USA (1994)
12. Phillips, L.G., Whitehead, D.M. and Kinsella, J. Structure-Function Properties of Food Proteins, pp. 158-169, Academic Press, California, USA (1994)
13. AOAC. Official Methods of Analysis, 14th ed., Association of Official Analytical Chemists, Washington, D.C. USA (1980)
14. Kinsella, J.E. and Pearce, K.N. Emulsifying properties of proteins: evaluation of a turbidimetric technique. *J. Agric. Food Chem.* 26: 716-723 (1978)
15. Saffle, R.L. and Acton, J.C. Stability of oil-in-water emulsions. 1. Effects of surface tension, level of oil, viscosity and type of meat protein. *J. Food Sci.* 35: 852-855 (1970)
16. Hinds, M.J., Beuchat, L.R. and Chinnan, M.S. Effects of homogenization pressure and stabilizers on some physical characteristics of a beverage prepared from partially defatted, roasted peanuts. *Plant Foods for Human Nutrition* 50: 269-277 (1997)
17. SAS Institute: SAS/STAT User Guide, release 6.30 edition (1988)
18. Navarro, A.S., Martino, M.N. and Zaritzky, N.E. Modelling of rheological behavior in starch-lipid systems. *Lebensm.-Wiss. U.-Technol.* 29: 632-639 (1996)
19. Euston, S.R., Hirst, R.L. Comparison of the concentration-dependent emulsifying properties of protein products containing aggregated and non-aggregated milk protein. *International Dairy Journal* 9: 693-701 (1999)
20. Dickinson, E. Structure, stability and rheology of flocculated emulsions. *Current Opinion in Colloid & Interface Science* 3: 633-638 (1998)
21. Holdsworth, S.D. Applicability of rheological models to the interpretation of flow and processing behavior on fluid food products. *J. Texture Studies* 2: 393-418 (1971)
22. Chritianson, D.D. and Bagley, E.B. Apparent viscosities of dispersions of swollen corn starch granules. *Cereal Chem.* 60: 116-121 (1983)

(2000년 3월 24일 접수)