

잣죽의 저장에 따른 이화학적 성질변화

이석원 · 배세경* · 이 철**

고려대학교 자연자원연구소, *고려대학교 자연자원대학원 식품공학과,

**고려대학교 응용생명환경화학과

Studies on the Physico-chemical Properties of the Pine Nut's Gruel During Storage

Seog-Won Lee, Se-Kyung Bae* and Chul Rhee**

Institute of Natural Resources, Korea University

**Department of Food Technology and Science, Graduate School of Natural Resources, Korea University*

***Department of Agricultural Chemistry, Korea University*

Abstract

The physicochemical properties, such as retrogradation, fat acidity and viscosity, on the pine nut's gruel at various contents of pine nut (0, 1, 3 and 5%) during storage at 4, 25 and 40°C were investigated. The degree of retrogradation was increased rapidly at the initial storage stage. The lowest value (about 10%) of the degree of retrogradation was observed in the gruel sample containing 3% of pine nut. Also, the rate constant of retrogradation was showed the lowest value (0.0422) in the gruel containing 3% of pine nut regardless of storage temperatures. The fat acidity was showed the lower value than 30 mg KOH in all samples. The viscosity increasing velocity(RVU/min) between holding strength and final viscosity was decreased as the pine nut's content was increased. However, it was not affected by the storage temperatures.

Key words : pine nut's gruel, physico-chemical properties, retrogradation

서 론

잣(*Pinus Koraiensis*)은 독특한 풍미를 지녔을 뿐만 아니라 비타민 A, C이외에도 비타민 B군이 풍부한 것이 특색이며 철분은 호도나 땅콩보다도 많이 함유되어 있어 빈혈에 좋은 효과를 지닌 식품이다. 또한 풍부한 지방과 단백질을 함유하고 있으며 지방성분은 대부분 불포화지방산으로 linoleic acid, linolenic acid 및 oleic acid가 주성분⁽¹⁾이며 단백질은 glutamic acid, aspartic acid, arginine 및 histidine 등을 주로 함유하고 있다.

그러나, 이러한 잣은 그 사용 용도에 있어서 극히 제한적으로 이용되고 있으며 죽에 이용되고 있는 것이 보편적이다. 특히, 인스턴트 잣죽의 경우 다른 유사 죽류와는 달리 제조과정이나 저장 중 점도의 감소 및 장기간 저장 중 층분리 현상이 일어나는데 이는 잣

에 존재하는 아밀라아제에 의한 것으로 최적 작용조건이 pH 5.4, 75°C로서 쌀가루에 첨가하여 amylograph 양상을 관찰한 결과 쌀가루의 점도를 크게 낮추는 것으로 나타났으며, 95°C 이상에서도 효소활성을 일부 갖고 있기 때문에 충분한 열처리가 수반되지 않으면 제조과정 중이나 저장 중에 일어나는 잣죽의 점도 감소를 완전히 억제하기는 쉽지 않을 것으로 보고하였다⁽²⁾. 또한 떡류, 유사 죽류 및 포장쌀밥과 마찬가지로 잣죽의 경우도 전분이 주성분이므로 가공과정 전후에 여러 가지 변화를 수반하는데, 특히 전분의 호화 현상에 따라 투명도와 점도의 증가 및 효소의 작용이 용이⁽³⁻⁵⁾하게 되나, 호화된 전분은 호화직후부터 냉각됨에 따라 노화과정으로 들어가 바람직하지 못한 변화가 야기한다. 이는 전분 분자의 비평형 고분자 재결정화 과정(non-equilibrium polymer recrystallization process)이 진행되는 것으로 전분의 종류, 전분내의 아밀로오스와 아밀로펙틴의 함량비, 분자의 크기, 온도, pH, 수분함량 및 기타 첨가되는 물질 등 다양한 요인에 의해 영향을 받는다⁽⁶⁻¹¹⁾.

Corresponding author : Chul Rhee, Department of Agricultural Chemistry, Korea University, Seoul 136-701, Korea

이러한 노화과정은 계면활성제, 유화제, 인지질 등의 지방질이나 효소 등을 쌀가루겔이나 빵에 첨가할 경우 아밀로오스 또는 아밀로펙틴과 복합체를 형성하거나 가수분해를 일으켜 억제된다는 연구결과가 보고^(4,10)되어 있으며, 특히 전분에 함유된 지질과 아밀로오스와의 복합체 형성과정에서 지방산 사슬길이가 짧고 불포화도가 큰 지방산이 아밀로오스와의 결합력은 좋지 않으나, 전분입자와 수분과의 수소결합을 방해함으로써 노화를 효과적으로 지연시킬 수 있다고 보고^(8,12)하였다. 또한 쌀 전분의 경우 탈지에 의해 노화가 더욱 쉽게 일어남을 지적하였으며 이때 지방산을 첨가하면 생전분과 비슷한 특성을 갖게 되는 것으로 보아 전분 중 지질의 존재가 각종 이화학적 특성에 영향을 미치는 것으로 보고⁽¹²⁾되어 있다.

위에서 살펴본 대로 잣의 일반성분 및 이를 이용한 죽의 제조 그리고 그에 수반되는 여러 가지 현상과 이의 해결에 대한 연구는 보고되어 있으나 잣을 첨가하여 죽을 제조하고 저장할 경우 노화 등에 의한 영양적 가치의 손실 및 이화학적 성질의 변화에 대한 연구는 직접적으로 이루어져 있지 않다. 따라서 본 연구에서는 여러 가지 잣 함량별로 잣죽을 제조하고 이를 저장하면서 일어나는 이화학적 특성에 대하여 조사하였다.

재료 및 방법

재료

본 실험에서는 '98년 가을철 춘천지역에서 수확한 간 잣을 시중에서 구입하여 -20°C이하에 보관하면서 시료로 사용하였으며, 쌀은 같은 해에 전남광주지역에서 수확한 쌀을 시중에서 구입하여 사용하였다.

시료제조

잣죽의 제조는 잣과 쌀을 일정비율(Table 1)로 쌀을 물에 넣어 2시간 침지한 후 잣과 함께 Waring Blender에서 3분간 마쇄(15,000 rpm, 1 min→18,300 rpm, 1 min→20,000 rpm, 1 min)하고 센 불로 끓인 다음 약한

불에서 5분간 더 가열하여 제조하였다. 이를 retort pouch(PET/PE/Al/PE/PPP)에 250 g씩 충전하여 포장한 후 가압살균(120°C, 40 min)하여 4°C, 25°C 및 40°C에 저장하면서 일정기간별로 꺼내어 동결건조기((주)일신, 작동조건 : cold trap -50°C, pressure 10 mmHg)에서 2일간 건조한 후 막자 사발에서 분쇄하여 호화도의 경우 180 μm(80 mesh), 점도와 지방산도의 경우 250 μm(60 mesh)의 입자크기로 분류하여 각 측정용 시료로 사용하였다.

일반성분분석

잣죽의 일반성분분석은 A.O.A.C.방법에 준하여 수분은 105°C 상압건조법, 조단백질은 Semimicro kjeldahl 법, 조지방은 Soxhlet법, 조회분은 건식 회화법, 아밀로오스 및 아밀로펙틴 함량은 요오드 비색법⁽¹³⁾으로 분석하였다.

호화도 및 노화도

잣죽의 호화도는 일정크기로 분말화 한 시료를 Chiang과 Tsuge 등^(14,15)의 방법을 변형하여 측정하였다. 즉, 50 mL centrifuge tube에 20 mg의 분말시료를 넣고 증류수 5 mL를 첨가하여 분산시킨 후, 각각 tube에 glucoamylase solution(acetate buffer, pH 4.5) 25 mL를 넣어 40°C에서 1시간 동안 반응시켰다. 반응시킨 후 25% TCA(trichloroacetic acid) 2 mL를 넣어 반응을 정지시킨 후 원심분리(16,000×g, 5 min)하여 상정액 0.5 mL를 취하고 o-toluidine reagent 4.5 mL를 부가하여 끓는 물에서 10분간 반응시키고 냉각수로 냉각시켰다. 여기에 빙초산 5 mL를 부가하여 혼합한 후 630 nm에서 흡광도를 측정하였으며, 또한 상기시료를 alkali 처리하여 흡광도를 측정할 후 아래의 식에 의해 호화도를 구하였다. 한편, 시료의 alkali 처리는 시료 20 mg에 증류수 3 mL를 넣고 1.0 N NaOH 1 mL를 넣어 5분간 반응시킨 후 1.0 N HCl 1 mL를 첨가하여 중화하고 이하 방법은 상기의 방법과 동일하게 처리하였다.

호화도 =

$$\frac{\text{시료의 흡광도} - \text{blank의 흡광도}}{\text{Alkali처리한 시료의 흡광도} - \text{blank의 흡광도}}$$

한편, 노화도는 잣죽 시료의 초기 호화도(B)와 각 시료의 호화도(A)를 이용하여 환산 호화도를 통해 구하였으며, 잣 함량별 잣죽의 초기 환산 호화도(A' = 100)를 구하여 이를 노화도 0%라 하고 저장온도와 저장기간에 따라 노화에 의해 감소되는 호화도 감소분을 시료의 노화도로 표시하였다. 각 시료의 노화도 및 환

Table 1. Material and quantity of pine nut's gruel

Sample	(unit : g)		
	Pine Nut	Rice	Water
Control (0%)	-	1,875	13,125
1% PN ¹⁾ -gruel	150	1,875	13,125
3% PN-gruel	450	1,875	13,125
5% PN-gruel	750	1,875	13,125

¹⁾ Abbreviate of pine nut

산 호화도(A')는 다음 식에 의하여 산출하였다.

$$\begin{aligned} \text{노화도} &= 100 - A' \\ A' &= (A/B) \times 100 \end{aligned}$$

이때, A': 시료의 환산 호화도
 A: 일정기간 경과 후 시료의 호화도
 B: 시료의 초기 호화도

노화속도

잣죽의 저장중의 노화도를 Avrami 식⁽¹⁶⁾에 의하여 분석하고 이로부터 노화속도상수를 산출하였다. Avrami 식은 다음과 같다.

$$\theta = \exp(-kt^n) \tag{1}$$

이때, θ : t 시간 후 남아있는 비결정부분
 k: 속도상수(day⁻ⁿ)
 n: Avrami 지수
 t: 저장기간(day)

만약 노화도가 결정화도를 측정하는 척도라고 본다면, 다음 식으로 표현된다.

$$\theta = \frac{(E_t - E_0)}{(E_t - E_\infty)} = \exp(-kt^n) \tag{2}$$

이때, E₀: 초기상태의 노화도
 E_t: t 시간이 지난 후의 노화도
 E_∞: 이론적으로 무한대의 시간 후의 노화도

식 (2)에 자연로그를 취한 후 상용로그를 취하면 다음과 같이 변형된다.

$$\begin{aligned} \ln \frac{(E_t - E_0)}{(E_t - E_\infty)} &= -kt^n \\ \log \left(-\ln \frac{(E_t - E_0)}{(E_t - E_\infty)} \right) &= \log k + n \log t \end{aligned} \tag{3}$$

식 (3)으로부터 속도상수 k를 구하였다.

점도

잣죽의 점도는 세 가지 온도에서 저장 기간에 따라 시료를 꺼내어 분말화한 일정크기(250 μm)의 시료를 Rapid Visco Analyser(RVA)를 이용하여 측정하였으며, RVA의 작동조건은 다음과 같다. 알루미늄 측정용기에 증류수 20.0 mL를 주입한 후, 분말시료 5.0 g을 첨가하고 플라스틱 paddle을 이용하여 용기 안에서 위아래로 10번 정도 왕복운동하여 간단하게 분산시킨 후 기기

본체에 연결하였다. paddle의 회전속도는 초기 10초 동안은 960 rpm, 나머지 테스트시간은 160 rpm으로 작동시켰다. 가열 및 냉각속도는 12°C/min이며, 초기는 50°C에서 1분간 유지시켰으며 3.7분 동안 95°C로 상승시킨 후 이 상태를 2.5분 동안 유지하였다. 이후 다시 3.8분에 걸쳐 50°C로 냉각시킨 후 이를 4분 동안 유지하여 총 15분간의 테스트 시간을 갖도록 하였다. 점도측정에 관련된 모든 값은 RVA units(RVU)로 나타내었다. 지방산도(Fat acidity)

세 가지 저장 온도에서 저장 기간별 잣죽의 지방산도의 변화를 경시적으로 측정하였으며, 지방산도의 측정은 A.O.A.C.방법⁽¹⁷⁾에 준하였다.

결과 및 고찰

일반성분

잣죽의 일반성분은 Table 2에 나타내었다. 잣을 첨가함에 따라 수분함량은 각각 86.8%, 86.3%, 84.3% 및 83.1%로 나타났으며, 조단백질 함량은 1% 내외의 값을, 조지방 함량은 0.15%, 0.79%, 2.05% 및 3.26%를 나타내었다. 조회분 함량은 0.08~0.20%를 나타냈으며, 아밀로오스 및 아밀로펙틴 함량은 각각 2.14~2.62%, 8.11~9.38%를 나타내었다.

잣죽의 저장에 따른 노화도의 변화

저장 온도별 저장 기간에 따른 노화도의 변화를 조사한 결과는 Fig. 1과 같이 세 가지 온도(4°C, 25°C, 40°C) 모두에서 저장 기간이 길어질수록 잣 함량에 관계없이 노화도가 증가하는 경향을 나타내었다. 일정온도에서 노화도는 저장초기(약 7일)에 급격하게 증가하였으며 이 기간이 경과한 후에는 완만한 증가 경향을 나타내었다. 그리고 모든 시료에서 노화도가 30%이내로 비교적 낮게 진행되었는데 이는 잣죽에 함유된 80% 이상의 높은 수분함량에 의한 전분 분자들의 침전이 억제되었기 때문으로 사료된다. 또한 저장에 따른 노

Table 2. The general composition of pine nut's gruel

(unit : %)

Components	Pine nut' content			
	0%	1%	3%	5%
Moisture	86.84	86.29	84.34	83.13
Crude protein ¹⁾	0.92	1.08	1.03	1.21
Crude lipid	0.15	0.79	2.05	3.26
Crude ash	0.08	0.10	0.19	0.20
Amylose	2.21	2.19	2.62	2.14
Amylopectin	8.31	8.11	9.38	8.52

¹⁾Calculated by N(%)×5.30

화도는 잣을 함유한 시료에 비해 잣을 함유하지 않은 시료에서 높게 나타났다. 한편, 같은 잣 함량에 있어서 노화의 진행 정도는 온도가 4°C에서 40°C로 증가함에 따라 감소하였으며 그 감소폭은 잣 함량이 0%, 1%, 3%의 경우 45%내외로 컸으나 5%의 경우 약 24% 정도로 다른 시료에 비해 그 감소폭이 작게 나타났다 이는 상대적으로 높은 잣 함량으로 인한 풍부한 지질성분에 의해 온도에 의한 영향을 작게 받은 것으로 사료된다. 4°C에 저장한 시료의 경우(Fig. 1) 저장 초기에 노화도의 증가속도에 차이가 있지만 60일간 저장한 경우 모든 시료에서 비교적 비슷한 정도의 노화도를 나타내었으나, 25°C에 저장한 시료들의 노화 경향(Fig. 1)은 4°C와는 달리 1%와 5%의 잣을 함유한 시료의 경우 비슷한 정도의 노화도를 나타내었으며 이 시료구들과 0%와 3%의 잣을 함유한 시료구들은 저장 기간에 따라 뚜렷한 차이를 나타내었다. 그리고 40°C에 저장한 시료들은(Fig. 1) 25°C에 저장한 시료와 비슷한 경향을 나타내었으나 전체적인 노화 진행 정도는 약 18% 이하로 비교적 낮게 나타났다. 한편, 모든 시료구에서 저장 온도 및 기간에 관계없이 3%의 잣을

함유한 시료의 노화도가 가장 낮게 나타났다.

위에서 살펴본 결과들은 전분을 주성분으로 하고 있는 물질은 온도가 낮아질수록 저장 기간이 길어질수록 노화도가 증가한다는 일반적인 사실과 일치하는 것으로 나타났다. 또한 잣 첨가에 따라 노화도가 감소하는 것은 잣의 지방성분과 아밀로오스와의 복합체 형성에 의해 지질이 전분입자의 둘레를 둘러싼 수분의 흡수를 방해함으로써 효과적으로 노화를 지연시킨 결과로 사료되며, 이러한 결과는 전분에 첨가한 유화제에 의한 amylose-lipid complex 형성에 따른 노화의 지연⁽⁶⁾과 쌀 전분의 탈지에 의한 노화의 가속화 및 지방산의 첨가로 인한 노화의 억제⁽¹²⁾사실에서 추정할 수 있다.

노화속도

잣죽의 저장 중의 노화도를 이용하여 식(3)으로부터 속도상수를 산출하였다. E_L 은 노화가 가장 잘 일어나는 온도인 4°C에서 잣죽을 저장하였을 때 더 이상 노화가 일어나지 않는 시점의 노화도로 하였으며 이때의 노화도는 30%로 하였다. 각각의 저장 온도에서 잣

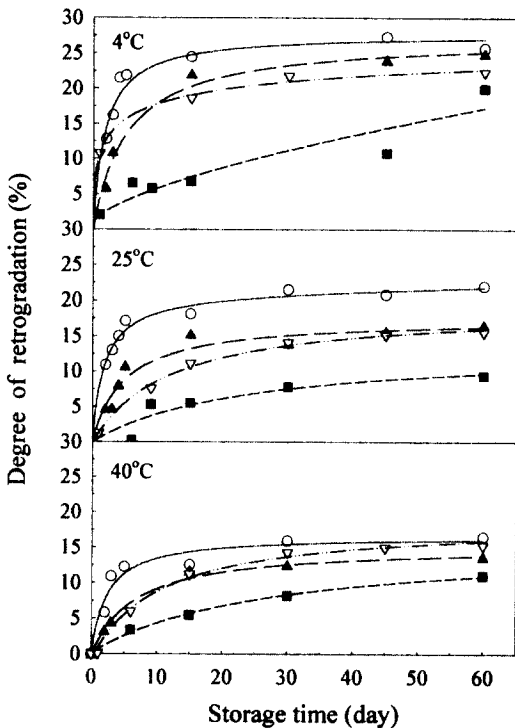


Fig. 1. Degree of retrogradation on various pine nut's gruel during storage at three temperature.
○; (0%), ▲; (1%), ■; (3%), ▽; (5%)

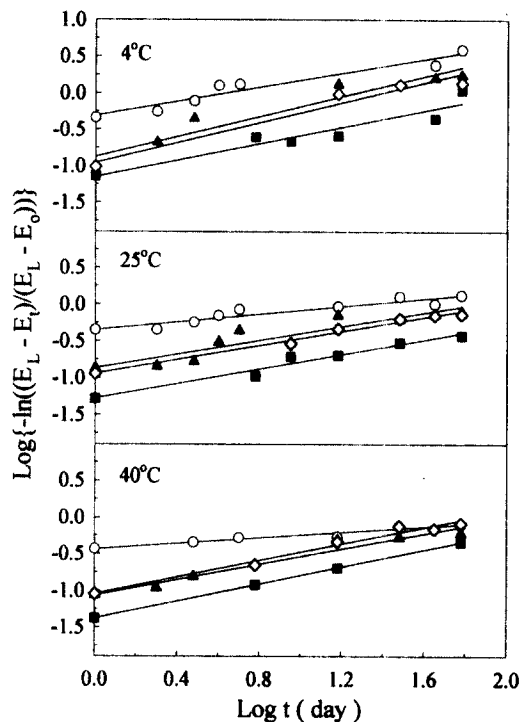


Fig. 2. Plot of $\log \{-\ln((E_L - E_0)/(E_L - E_0))\}$ against $\log t$ for various pine nut's gruel stored at three temperature.
○; (0%), ▲; (1%), ■; (3%), ◇; (5%)

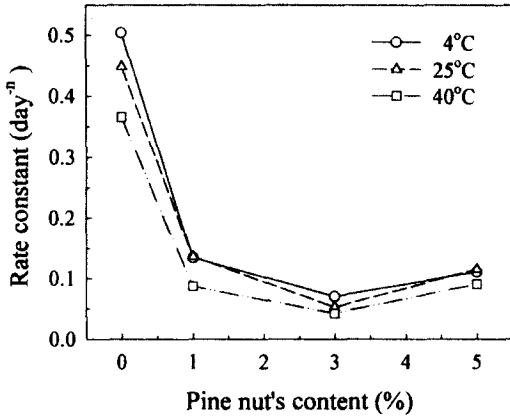


Fig. 3. Change of rate constant on various pine nut's gruel storage at three temperature.

첨가량에 따른 노화도를 식(3)을 이용하여 분석한 결과를 Fig. 2에 나타내었으며 이로부터 속도상수를 구하여 Fig. 3에 나타내었다. 이때 속도상수(k) 값을 보면 저장 온도에 관계없이 잣을 3% 첨가한 경우에 가장 낮은 값을 보였으며, 그 값은 4°C, 25°C, 40°C에서 각각 0.0704, 0.0524 및 0.0422이었다. 그리고 1%와 5%의 잣을 함유한 시료의 경우 비슷한 속도상수 값을 나타내었으며, 이 값은 잣을 함유하지 않은 시료에 비해 매우 낮은 값이었고 세 가지 저장 온도에서 모두 같은 경향을 보였다. 이는 잣 함유량에 관계없이 4°C에서의 노화속도가 25°C 및 40°C에서 보다 크다는 것을 의미하며, 이러한 결과는 다른 여러 실험과 일치한다^(14,18). 한편, 잣 첨가에 따른 온도의 영향을 보면, 온도가 높아질수록 최대값(0%의 속도상수)과 최소값(3%의 속도상수)의 차이는 감소하였으며, 그 값은 각각 0.4338, 0.3958 및 0.3236을 나타내었다. 이로부터 노화속도상수는 잣 첨가에 따른 감소효과가 온도가 높아짐에 따라 작아지는 것을 알 수 있으며, 이는 온도가 상승함에 따라 잣에 함유되어 있는 지방성분에 의한 노화억제효과보다는 온도 자체에 의한 억제효과가 증가하는 것으로 생각된다.

잣죽의 저장에 따른 점도 변화

잣죽의 저장에 따른 점도 변화는 동결 건조하여 얻은 분말시료를 사용하여 Rapid Visco Analyser(RVA)로 측정하였으며 그 결과를 Fig. 4에 나타내었다. 잣을 함유하지 않은 시료의 경우 잣을 함유한 시료에 비해 holding strength(최대점도 이후에 나타나는 최소점도)에서 final viscosity(테스트 종료시점의 점도)에 이르는 점도 증가속도(RVU/min)가 매우 높게 나타났으며 저

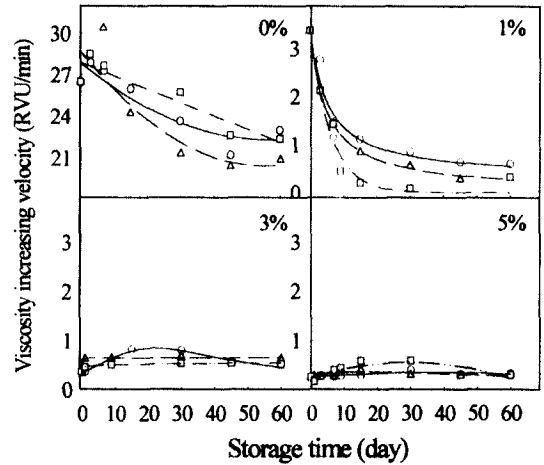


Fig. 4. Viscosity increasing velocity (RVU/min) on various pine nut's gruel storage at three temperature. ○; 4°C, △; 25°C, □; 40°C

장 기간이 길어짐에 따라 거의 직선적인 감소경향을 보였으나 저장 온도간에는 일정한 경향을 보이지 않았다. 그리고 1%의 잣을 함유한 경우는 점도 증가속도가 초기에 급격한 감소경향을 보였으나 이후로는 완만한 감소경향을 나타내었다. 또한 3%와 5%의 잣을 함유한 경우는 저장 온도에 상관없이 저장기간에 따라 뚜렷한 변화를 보이지 않았다. 따라서 시료의 점도 변화에 대한 측정에 있어 분말화한 시료를 사용하여 RVA로 측정된 경우는 액상을 그대로 이용하는 점도계를 사용할 경우 나타나는 온도에 따른 일정한 경향을 얻을 수 없었으나, 잣 첨가에 따른 급격한 점도변화를 확인할 수 있었으며 잣 함량이 많아질수록 점도증가속도가 작아짐을 알 수 있었다.

잣죽의 저장에 따른 지방산도의 변화

잣 함량별로 제조한 잣죽을 세 가지 온도(4°C, 25°C, 40°C)에서 저장하면서 지방산도의 변화를 측정된 결과는 Fig. 5와 같다. 잣 함유량이 낮은 경우(0%, 1%) 저장 온도 및 기간에 관계없이 지방산도의 변화는 거의 없었으며 그 값도 약 10 mg KOH 정도로 매우 낮은 값을 나타내었다. 잣 함유량이 높은 경우(3%, 5%) 4°C에서는 저장 기간에 관계없이 지방산도의 변화가 거의 없었으나, 25°C와 30°C에서는 약 30일 까지 지방산도가 증가하였으며 그 이후로는 거의 변화를 보이지 않았다. 또한 장기간 저장하는 동안에도 모든 시료 구에서 낮은 지방산도를 보인 이유는 잣에 자연적으로 존재하는 항산화제(tocopherols)의 작용⁽¹⁹⁾으로 인한 것으로 사료된다.

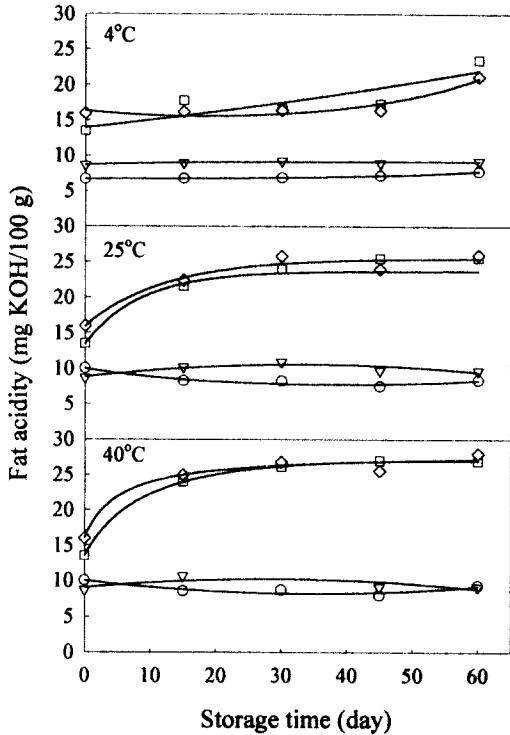


Fig. 5. Fat acidity of various pine nut's gruel during storage at three temperature.
 ○; (0%), ▽; (1%), □; (3%), ◇; (5%)

요 약

장기간 저장에 따른 잣죽의 이화학적 특성을 알아보기 위해 잣 함량별(0, 1, 3, 5%)로 죽을 제조하여 세 가지 온도(4, 25, 40°C)에서 저장하면서 그 변화를 조사하였다. 노화도는 모든 온도에서 저장 기간이 길어질수록 증가하였으며 그 증가 속도는 저장 초기에 급격하였다. 저장 온도에 관계없이 잣을 함유하지 않은 경우 가장 큰 노화도를, 그리고 3%의 잣을 함유한 경우에 가장 낮은 노화도를 보였으며 60일 동안 저장한 경우에도 25°C와 40°C에서는 약 10% 정도의 낮은 노화도를 나타내었다. 또한 모든 시료에서 60일 동안 저장한 경우에도 30%이내의 비교적 낮은 노화도를 보였다. 그리고 노화속도상수는 저장 온도에 관계없이 잣을 3% 함유한 시료에서 가장 낮게 나타났으며, 동일 함량에서 온도가 4°C에서 40°C로 높아질수록 각각 0.0704, 0.0524 및 0.0422로 감소하는 경향을 보였다. 한편, 잣을 함유하지 않은 시료의 경우 잣을 함유한 시료에 비해 holding strength에서 final viscosity에 이르는 점도 증가속도(RVU/min)가 매우 높게 나타났으

나 저장 온도간에는 유의차를 보이지 않았으며, 1%의 잣을 함유한 시료의 경우는 저장 온도에 상관없이 저장기간에 따라 점도증가속도가 유의적으로 감소하는 경향을 나타내었다. 지방산도의 경우 저장 온도 및 기간에 관계없이 전체적으로 30 mg KOH이하의 낮은 값을 나타내었다.

문 헌

1. Chun, S.J. and Park, Y.H. Triglyceride composition of pine nut oil. *Korean J. Food Sci. Technol.* 16: 179-181 (1984)
2. Kim, J.S. and Seog, H.M. Properties of crude amylase isolated from pine nut. *Korean J. Food Sci. Technol.* 26: 398-402 (1994)
3. Choi, C.R. and Shin, M.S. Effects of sugars on the retrogradation of rice flour gels. *Korean J. Food Technol.* 28: 904-909 (1996)
4. Kum, J.S., Lee, S.H., Lee, H.Y. and Lee, C. Retrogradation behavior of rice starches differing in amylose content and gel consistency. *Korean J. Food Sci. Technol.* 28: 1052-1058 (1996)
5. Matsunaga, A. and Kainuma, K. Studies on the retrogradation of starch in starchy foods. part 3. effect of the addition of sucrose fatty acid ester on the retrogradation of corn starch. *Starch* 38: 1-6 (1986)
6. Morris, V.J. Starch gelation and retrogradation. *Trends in Food Science & Technology* July: 2-7 (1990)
7. Germani, R., Ciacco, C.F. and Rodriguez-Amaya, D.B. Effects of sugars, lipids and type of starch on the mode and kinetics of retrogradation of concentrated corn starch gels. *Starch* 35: 377-381 (1983)
8. Zeleznak, K.J. and Hosney, R.C. The role of water in the retrogradation of wheat starch gels and bread crumb. *Cereal Chem.* 63: 407-411 (1986)
9. Miles, M.J., Morris, V.J., Orford, P.D. and Ring, S.G. The roles of amylose and amylopectin in the gelation and retrogradation of starch. *Carbohydr. Res.* 135: 271-281 (1985)
10. Colwell, K.H., Axford, D.W.E., Chamberlain, N. and Elton, G.A.H. Effect of storage temperature on the ageing of concentrated wheat starch gels. *J. Sci. Fd. Agric.* 20: 550-555 (1969)
11. Roulet, P., MacInnes, W.M., Gumy, D. and Wursch, P. Retrogradation kinetics of eight starches. *Starch* 42: 99-101 (1990)
12. Hibi, Y., Kitamura, S. and Kuge, T. Effect of lipids on the retrogradation of cooked rice. *Cereal Chem.* 67: 7-10 (1990)
13. Kim, Y.H. and Kin, H.S. Studies on the properties of barley and naked barley starch. I. On the size frequency distribution of starch granules amylose contents and blue value of starch. *Kor. J. Food Sci. Technol.* 6: 30 (1974)
14. Chiang, B.Y. and Johnson, J.A. Measurement of total and gelatinized starch by glucoamylase and o-toluidine

- reagent. Cereal Chem. 54: 429-435 (1977)
15. Tsuge, H., Hishida, M. Iwaski, H., Watanabe, S. and Goshima, G. Enzymatic evaluation for the degree of starch retrogradation in foods and foodstuffs. Starch 42: 213-216 (1990)
16. Kim, S.K., Hahn, T.R., Kwon, T.W. and D'Appolonia, B.L. Physicochemical properties of buckwheat starch. Korean J. Food Sci. Technol. 9: 138-143 (1977)
17. A.O.A.C. Method 14.073, Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists. Bed. (1980)
18. Longton, J., Legrys, G.A. and Wycombe, H. Differential scanning calorimetry studies on the crystallinity of aging wheat starch gels. Starch 33: 410-414 (1981)
19. 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)
-
- (1999년 11월 29일 접수)