KOREAN J. FOOD SCI. TECHNOL. Vol. 51, No. 1, pp. 1~6 (2019)
https://doi.org/10.9721/KJFST.2019.51.1.1

KOREAN JOURNAL OF
한국식품과학회지
FOOD SCIENCE AND TECHNOLOGY
©The Korean Society of Food Science and Technology

감압추출마유(horse fat) 및 시판 돈지와 우지의 이화학적 특성 비교

박윤형[1] · 조만재[2] · 김현정[1,*]
[1]제주대학교 식품생명공학과, [2]제주특별자치도 보건환경연구원

Comparison of physicochemical characteristics of horse fat, lard, and beef-tallow

Youn Hyung Park[1], Man Jae Cho[2], and Hyun Jung Kim[1,*]
[1]*Department of Food Bioengineering, Jeju National University*
[2]*Jeju Special Self-Governing Province Institute of Health and Environment Research*

Abstract Horse fat was vacuum-extracted from fatty tissues of Jeju and Halla horse meat and their physicochemical properties were compared to those of commercial lard and beef-tallow. For color, ΔE was found to be decreased when crystallized. Although acid values of horse fat were higher than those of lard and beef-tallow, p-anisidine and totox values were lower. The iodine value of beef-tallow was the lowest (44.61), and those of horse fat and lard were similar (57.53-57.74). Only horse fat contained α-tocopherol. The contents of γ-tocopherol in Jeju and Halla horse fat, lard, and beef-tallow were 7.08, 4.57, 2.13, and 1.91 mg/kg, respectively. Palmitoleic acid ($C_{16:1}$) was found in horse fat. Melting and crystallization curves of horse fat displayed two endothermic and exothermic peaks which were differentiated from lard and beef-tallow. These results indicated that horse fat demonstrates different physicochemical properties compared to lard and beef-tallow, when applied to various types of lipid products.

Keywords: Horse fat, animal fat, physicochemical properties, fatty acid composition, tocopherol

서 론

지방질(lipid)의 대표적인 형태인 중성지방(triacylglycerol, triglyceride)은 1분자의 글리세롤(glycerol)과 3분자의 지방산(fatty acids)으로 구성되어 있다(Jung과 Park, 2009). 이를 이루고 있는 지방산은 oleic, linoleic, palmitic, stearic acids 등이 80-90%이며, 홀수 지방산(pendadecanoic and heptadecanoic acids)은 피부상태 개선에 도움을 주어 화장품 원료로 이용되기도 한다(Cha 등, 1993). 지방질은 예로부터 에너지원으로서 필수적인 영양소였으며 피부 보습을 위한 중요한 재료로도 사용되어 왔다. 이러한 피부 보습을 위한 원료는 지방질의 물리화학적 특성에 따라 피부에 흡수되는 정도에 영향을 주므로(Lee와 Park, 2013), 유지의 이화학적 특성을 명시하는 것이 필요하다.

유지(fats and oils)는 원료의 출처에 따라 광물성, 식물성, 동물성 지방질로 나뉘는데 광물성 기름은 석유 및 석유로부터 만들어지는 가솔린, 경유, 중유 등을 말하고, 식용 및 윤활유 목적으로 쓰이는 식물성 기름으로는 곡류, 견과류, 열매 등에서 얻는 팜유, 대두유 등이 있으며, 동물성 지방으로는 어유(fish oil), 돈지(lard), 우지(beef-tallow) 등이 있다(Jang 등, 2010). 특히 식품산업에서 동물성 유지는 주로 쇼트닝 및 마가린 제조에 사용되며 돈지의 경우 소시지의 유화 제품으로서 사용되기도 하고 바이오 디젤의 원료로서 이용되고 있다(Ryu와 Shin, 2015; Zhang 등, 2011). 돈지와 우지 외에 동물성 유지인 마유(horse fat)는 말지방육에서 추출한 지방질로, 한국, 몽골, 일본 및 중국 등 아시아 전역에서 민간요법으로 오랫동안 이용되어 왔다(Jang 등, 2014). 또한 마유의 지방산 구성비가 사람의 피하지방의 것과 유사하여 인간의 피부와 친화성이 높다고 알려져 있다(Han과 Cho, 2016). 이러한 마유의 장점이 알려지면서 한국을 포함한 아시아에서 마유를 함유한 화장품 생산량이 증가하고 있는 추세이며(Kim 등, 2016), 최근 들어 국내 말 보유 두수가 증가하고 이에 따른 부산물의 공급이 증가하고 있어 말의 식육 및 그 부산물을 이용한 식품 산업으로의 이용 방안 또한 필요한 실정이다(Lee 등, 2013).

제주 지역에서 말지방육은 제주 재래종 조랑말인 제주말(*Equus caballus*)과 외래종인 서러브렛(thoroughbred)과 제주말의 교잡종인 한라말로부터 얻어지고 있다. Renou 등(2004)에 따르면 동물성 지방의 공급 원료는 주로 사육되는 곳의 기후와 지리적인 영향을 받아 지방의 물리화학적특성에 차이를 줄 수 있으므로 가공 전 원료에 대한 특성 연구가 필요하다고 보고되었다. 따라서 본 연구에서는 재래종인 제주말과 교잡종인 한라말의 지방육으로부터 말기름을 추출하여 대표적인 동물성 지방질인 돈지와 우지의 이화학적 특성과 비교 평가하여 마유의 품질 개선 및 화장품 원료의 다양성 확보를 위한 기초 정보를 제공하고자 수행되었다.

재료 및 방법

실험재료 및 시약

본 연구에 사용된 제주말(*Equus caballus*)과 한라말의 지방육은

*Corresponding author: Hyun Jung Kim, Department of Food Bioengineering, Jeju National University, Jeju 63243, Korea
Tel: +82-64-754-3614
Fax: +82-64-755-3601
E-mail: hyunjkim@jejunu.ac.kr
Received October 31, 2018; revised December 11, 2018; accepted December 13, 2018

농업회사법인 고우니(Jeju, Korea)에서 구입하였고, 돈지는 대경오앤티(Yangsan, Korea)와 우지는 오뚜기(Seoul, Korea)에서 구입한 것을 사용하였다. 본 실험에 사용된 지방산메틸에스터(fatty acid methyl ester, FAME) 표준물질, 아이소옥테인(2,2,4-trimethylpentane) 및 14% BF_3-메탄올 용액은 Sigma-Aldrich (St. Louis, MO, USA)에서 구입하였고, HPLC용 아세토나이트릴, 메탄올, 아세트산, 테트라하이드로퓨란, 에탄올과 토코페롤 표준물질은 Merck Co. (Darmstadt, Germany)에서 구입하여 사용하였다.

마유추출

제주말과 한라말의 지방육 3 kg을 분쇄기(MN-22S, Hankook Fujee Industries, Hwaseong, Korea)를 이용하여 분쇄한 후에 초고속 감압 저온농축추출기(Cosmos-660, Kyungseo E&P, Incheon, Korea)에 분쇄된 말지방육과 정제수를 1:1 비율로 혼합하여 -1기압에서 70ºC로 3시간 30분 동안 마유를 추출하였다. 추출된 마유를 분리한 후 남아있는 말 지방육에 다시 정제수를 넣고 -1기압에서 70ºC 온도로 3시간 30분 동안 재추출하였다. 추출된 마유는 여과지(non-woven fabric, Hana Industry, Gimpo, Korea)로 여과한 후 잔존해 있는 검질 제거를 위해 끓는 물에서 30분 동안 중탕 처리하였다. 중탕 처리가 끝난 후에 다시 여과하고 50 g씩 소분하여 냉동보관 하였다.

색도

각각의 유지 5 mL를 Petri dish (60×15 mm)에 취한 후 동물성 유지의 녹는점 특성으로 인해 25ºC와 60ºC에서 색도계(CS-200, Hangzhou CHNspec Technology Co., Ltd., Hangzhou, China)를 이용하여 유지의 표면 색도를 측정하였다. 명암도를 나타내는 L값(lightness), 적색도를 나타내는 a값(redness), 황색도를 나타내는 b값(yellowness) 및 색도차는 $\Delta E=\{(L_{standard}-L_{sample})^2+(a_{standard}-a_{sample})^2+(b_{standard}-b_{sample})^2\}^{1/2}$로 계산하였다. 이때 L값이 98.07, a값이 –2.97, b값이 –18.02인 calibration plate를 표준으로 사용하였다.

화학적 특성 분석

동물성 유지의 화학적 특성 분석을 위해 산가(acid value)와 비누화가(saponification value)는 식품공전(Korea Food & Drug Administration, 2016)에 준하여 측정하였으며, 과산화물가(peroxide value)는 AOAC (1995) 방법을, 요오드가(iodine value)는 AOAC (1980) 방법에 따라 측정하였다. p-아니시딘가는 AOCS(1988) 방법을 참고하여 측정하였으며, 총 산화가(totox value)는 p-아니시딘가와 과산화물가로 다음과 같이 구하였다.

총산화가=(2×과산화물가)–p-아니시딘가

토코페롤 분석

동물성 유지의 tocopherol 함량 분석을 위해 Joseph(2011) 방법을 수정하여 다음과 같이 수행하였다. 각각의 유지 1 g을 1 mL 에탄올에 용해시킨 후 10배 희석하여 고성능액체크로마토그래피(high performance liquid chromatography; HPLC, Agilent 1260 series, Agilent Technologies, Waldbronn, Germany)-DAD (diode array detector)의 분석 시료로 사용하였다. 컬럼은 Zorbax eclipse plus C18 rapid resolution (4.6×100 mm, 3.5 μm, Agilent Technologies, Santa Clara, CA, USA)을 사용하였고 이동상 용매(75:25:5=아세토나이트릴:메탄올:0.035% acetic acid in tetrahydrofuran)는 0.45 μm filter (hydrophobic PTFE membrane filter, SciLab Korea Co., Ltd., Seoul, Korea)로 여과 후 초음파기(Power Sonic 410, Hwashin Tech Co., Gwangju, Korea)를 이용하여 기포를 제거하였다. 컬럼 온도는 45ºC로, 이동상의 유속은 0.8 mL/min로 유지하였고 시료 10 μL를 주입하여 220 nm에서 분석하였다. 토코페롤 표준물질(Merck Co.)을 10, 20, 40 mg/L의 농도로 만든 후 각 토코페롤의 머무름 시간 및 함량 분석에 사용하였으며, 각 유지에 존재하는 토코페롤 함량은 유지 kg 당 mg으로 나타내었다.

지방산 조성 분석

AOCS(2004)법에 따라 동물성 유지의 지방산 조성을 분석하였다. 지방산 유도체화를 위해 각각의 유지 25 mg을 유리시험관에 취하고 내부표준용액(1 mg triundecanoin/mL 아이소옥테인) 1 mL를 첨가한 후, 0.5 N 메탄올성 수산화소듐 용액 1.5 mL을 가하여 혼합하였다. 이를 100ºC에서 5분간 가열하고 냉각한 뒤 14% BF_3-메탄올 용액 2 mL를 가하고 100ºC에서 30분간 가열하였다. 이어 30-40ºC로 식힌 후 아이소옥테인 1 mL를 가하여 30초간 격렬히 교반하였고, 포화 염화소듐(Daijung Chemical Co., Siheung, Korea) 용액 5 mL를 가하여 상온으로 냉각한 후 분리된 아이소옥테인 층을 무수황산소듐(Dajung Chemical Co.)으로 탈수하고 FAME을 함유하는 아이소옥테인 층을 분리 후 가스크로마토그래피(gas chromatography, GC; QP2010Plus, Shimadzu, Kyoto, Japan)를 이용하여 지방산을 분석하였다. 분석에 사용된 칼럼은 SP-2560 (100 m×0.25 mm i.d., 0.25 μm thickness, Sigma-Aldrich)이었으며, GC의 주입구(injector) 온도는 225ºC, 오븐 온도는 100ºC에서 4분간 유지한 후 3ºC/min 속도로 240ºC까지 상승시키고 이후 15분 이상 유지하였다. 검출기(flame ionization detector, FID) 온도는 285ºC였고, 운반 기체인 헬륨을 0.75 mL/min로 유지하였다. 지방산 조성은 지방산 표준물질(Supleco-37 FAME, Sigma-Aldrich)과 머무름 시간을 비교하여 분석하였다.

열적안전성 분석

유지의 열적안정성은 시차 주사 열량계(DSC4000, Perkin-Elmer, Norwalk, NJ, USA)를 이용하여 Abdulkarim 등(2005)의 방법에 따라 분석하였다. 각 유지 5-7 mg을 알루미늄팬(Perkin-Elmer)에 칭량한 후 밀봉하였고 순도 99.99% 질소를 냉각 기체로 하여 20 mL/min 속도로 사용하였다. 시료를 60ºC에서 2분 동안 유지하고 5ºC/min 속도로 –60ºC로 냉각한 뒤 2분간 유지하였다. 그 후 시료를 5ºC/min 속도로 –60ºC에서 60ºC로 가열하여 녹는점 및 어는점을 측정하였다.

통계분석

모든 실험은 독립적으로 3회 이상 반복 실시하여 실험결과를 평균과 표준편차로 나타내었다. 유의성 검증은 SPSS 18.0 (SPSS Inc., Chicago, IL, USA)를 이용하여 ANOVA 분석 후 Duncan의 다중범위검정을 실시하였다. 각 실험값 사이의 유의적인 차이는 $p<0.05$ 수준에서 검증하였다.

결과 및 고찰

색도

유지의 시각적인 요소로 관능적 측면에 영향을 끼치는 색도를 측정하여 Table 1에 나타내었다. 60ºC에서 명도를 나타내는 L값은 60.9-68.5, 적록도를 나타내는 a값은 –2.61에서 –4.29로 제주마유, 한라마유 및 돈지에서는 유의적인 차이는 나타나지 않았으나 우지의 a값은 유의적으로 크게 측정되었다. 황청도를 나타내는 b값은 제주마유와 한라마유는 각각 –16.4과 –16.7으로 유의적

Table 1. Hunter's color values of four different animal fats

Temperature	Hunter's color[1)]	Jeju horse fat	Halla horse fat	Lard	Beef-tallow
60ºC (liquid state)	L	60.9±6.52[b]	61.9±8.69[ab]	62.4±6.56[ab]	68.5±5.84[a]
	a	-4.29±0.59[b]	-3.85±1.07[b]	-4.07±0.89[b]	-2.61±1.34[a]
	b	-16.4±6.95[a]	-16.7±6.52[a]	-22.6±7.84[ab]	-27.9±4.85[b]
	ΔE	37.4±5.52[a]	36.6±7.98[a]	36.7±5.00[a]	31.5±2.12[a]
25ºC (solid state)	L	51.6±3.79[a]	58.4±6.92[a]	56.3±8.24[a]	57.6±7.39[a]
	a	-4.37±1.53[a]	-5.07±1.19[a]	-5.06±1.08[a]	-5.12±1.17[a]
	b	-10.9±2.16[a]	-12.0±8.14[ab]	-17.8±7.69[b]	-17.7±5.57[b]
	ΔE	45.1±3.49[a]	40.8±7.01[a]	42.6±7.07[a]	40.9±6.14[a]

Each value is expressed as mean±standard deviation of triplicates.
[1)]L, a, and b-value indicate lightness (white 100 to 0 black), redness (red +100 to -80 green), and yellowness (yellow +70 to -80 blue), respectively.
Values with different letters in a row are significantly different by Duncan's multiple range test (p<0.05).

Table 2. Chemical characteristics of four different animal fats

Property	Jeju horse fat	Halla horse fat	Lard	Beef-tallow
Acid value (mg KOH/g)	0.61±0.02[a]	0.59±0.02[a]	0.00±0.01[b]	0.00±0.01[b]
Peroxide value (meq/kg)	0.72±0.72[b]	0.90±0.21[b]	3.67±0.50[a]	0.65±0.06[b]
p-Anisidine value	2.03±0.58[c]	2.09±0.44[c]	5.15±0.41[a]	3.58±0.16[b]
Totox value	3.48±0.63[b]	3.90±0.87[b]	12.50±1.42[a]	4.88±1.02[b]
Saponification value (mg KOH/g)	187.3±7.58[a]	185.3±5.30[a]	182.6±7.41[a]	180.5±3.03[a]
Iodine value (Wijs)	57.5±0.22[a]	57.6±0.33[a]	57.7±0.30[a]	44.6±0.05[b]

Each value is expressed as mean±standard deviation of triplicates.
Values with different letters in a row are significantly different by Duncan's multiple range test (p<0.05).

인 차이가 없었으나 돈지는 –22.6과 우지는 –27.9로 마유에 비해 낮은 값을 나타내었다. 전체적인 ΔE값은 31.5-37.4로 서로 간에 유의적인 차이는 나타나지 않았다(p>0.05). 25ºC에서 측정된 L값은 51.6-58.4로 60ºC에 비해 전체적으로 감소하였으며, a값은 –4.37- –5.12로 60ºC에 비해 녹색으로의 값이 약간 증가하였으나 동물성 유지 간에는 유의적인 차이는 나타나지 않았다(p>0.05). 또한 b값은 –10.90- –17.76으로 황색으로의 값이 약간 증가하였고, 마유에 비해 돈지와 우지의 b값이 낮게 측정되었다. 25ºC에서 동물성 유지가 반고체화 되었을 때는 60ºC 액체 상태에 비해 모든 시료의 b값이 21-36% 증가하는 경향을 나타내었으며 L, a값은 감소하는 경향을 나타내었다. 특히 우지의 L, a 값은 15%와 96%로 비교적 크게 감소한 것을 확인하였고, ΔE값은 40.79-45.06로 시료 간 유의적인 차이를 나타내지 않았으나 60ºC에서 25ºC에 비해 색도값이 10.4-23.1% 감소하였다. 우지의 감소율이 가장 크게 나타나 물리적인 성상에 따른 색도의 차이가 나타남을 확인하였다.

화학적 특성

감압 조건으로 70ºC에서 추출한 제주마유와 한라마유, 시중에서 구입한 돈지 및 우지의 화학적 특성을 분석한 값은 Table 2와 같았다. 제주마유와 한라마유의 산가는 0.61과 0.59 mg KOH/g 였으며, 돈지와 우지의 산가는 0 mg KOH/g으로 측정되었다. 반면, 유지 산패의 또 다른 척도인 과산화물가는 돈지가 3.67 meq/kg으로 가장 높았으며, 제주마유, 한라마유, 우지의 경우 0.72, 0.90, 0.65 meq/kg으로 유의성 차이는 나타나지 않았다(p>0.05). 불포화지방산의 산화에 의해 형성된 카보닐화합물을 측정하는 p-아니시딘가는 돈지가 5.15로 가장 높게 측정되었으며, 우지는 3.58로 제주마유와 한라마유에 비하여 높게 측정되었다. 제주마유와 한라마유가 시중에서 판매된 돈지와 우지에 비하여 산가는 높게 나타났으나 과산화물가와 p-아니시딘가는 낮게 측정되었다. Lee 등(2012a)은 별도의 정제과정을 거치지 않은 엑스트라 버진 올리브유(extra virgin olive oil)의 산가가 높게 측정되었다고 보고했는데 마찬가지로 말지방육으로부터 마유 추출 시 별도의 정제과정을 거치지 않았기 때문에 마유의 유리지방산 함량이 높았던 것으로 보여진다. 총 산화값인 totox value는 돈지, 우지, 한라마유, 제주마유 순으로 높게 나타나 과산화물가가 높았던 돈지에서 높았음을 확인하였다.

제주마유, 한라마유, 돈지 및 우지의 비누화가(saponification value)는 187.3, 185.3, 182.6, 및 180.4 mg KOH/g으로 측정되었다(Table 2). Chung과 Park(2010)의 연구에서 식물성 유지인 대두유, 포도씨유, 옥수수유, 카놀라유의 비누화가는 189-192 mg KOH/g으로 보고하였는데 본 연구에서의 동물성 유지와 1.67-11.6 mg KOH/g의 차이를 보였다. 비누화가가 낮을수록 평균분자량이 높은 트라이아실글리세롤(triacylglycerol)이 존재하는 것을 나타내는데(Lee와 Lee, 2009), 이는 동물성 유지가 식물성 유지보다 고급지방산(long chain fatty acids)이 더 많이 존재하여 분자량이 높았음을 확인할 수 있었다.

요오드가(iodine value)는 유지 내의 불포화지방산의 비율을 나타내는 척도로 제주마유, 한라마유, 돈지의 요오드가는 각각 57.53, 57.63, 57.74로 44.61의 요오드가를 가진 우지에 비해 높게 나타났다. 이는 우지에 비하여 제주마유, 한라마유 그리고 돈지가 비교적 불포화지방산 함량이 많은 것을 의미한다. Lee 등(2012b)과 Kamel(1992)은 우지의 요오드가가 43.2, 돈지의 요오드가가 64.4로 보고하여 본 실험에서의 우지와 돈지의 결과 값들이 유사함을 확인하였다. 또한 Kim 등(2013)에 따르면 대표적인 식물성 유지인 대두유와 유채씨유의 요오드가는 120과 108로 보고되어 본 연구에서 측정된 동물성 유지의 요오드가가 식물성 유지에 비해 낮았음을 확인하였다.

Table 3. Tocopherol contents of four different animal fats

Tocopherol (mg/kg)	Jeju horse fat	Halla horse fat	Lard	Beef-tallow
α	14.7±0.22[b]	21.4±4.54[a]	n.d.	n.d.
γ	7.08±0.24[a]	4.57±0.10[b]	2.13±0.09[c]	1.91±0.03[c]
Total	21.8±0.44[a]	26.0±4.45[a]	2.13±0.09[b]	1.91±0.03[b]

Each value is expressed as mean±standard deviation of triplicates.
Values in the same row with different letters (a-c) are significantly different by Duncan's multiple range test (p<0.05).
n.d. stands for not detected.

Table 4. Fatty acid composition of four different animal fats

Fatty acids (%)	Jeju horse fat	Halla horse fat	Lard	Beef-tallow
Myristic acid ($C_{14:0}$)	4.53±0.13[a]	4.40±0.30[a]	1.60±0.05[c]	3.35±0.06[b]
Myristoleic acid ($C_{14:1}$)	0.70±0.09[a]	0.59±0.10[a]	n.d.	0.75±0.17[a]
Pentadecylic acid ($C_{15:0}$)	2.20±0.30[b]	2.15±0.40[b]	2.84±0.06[a]	2.54±0.09[ab]
Palmitic acid ($C_{16:0}$)	30.6±0.54[a]	28.2±0.37[b]	24.4±0.15[d]	27.1±0.17[c]
Palmitoleic acid ($C_{16:1}$)	7.36±0.49[a]	5.22±0.15[b]	2.58±0.09[c]	2.82±0.02[c]
Margaric acid ($C_{17:0}$)	0.29±0.06[b]	0.36±0.03[b]	0.34±0.02[b]	1.42±0.08[a]
Heptadecenoic acid ($C_{17:1}$)	0.48±0.12[ab]	0.40±0.05[bc]	0.29±0.04[c]	0.61±0.01[a]
Stearic acid ($C_{18:0}$)	4.99±0.40[d]	5.53±0.03[c]	12.94±0.10[b]	20.1±0.17[a]
Oleic acid ($C_{18:1}$)	33.1±0.86[c]	29.9±0.27[d]	40.7±0.13[a]	39.3±0.46[b]
Linoleic acid ($C_{18:2}$)	12.1±0.40[b]	16.3±0.92[a]	12.4±0.03[b]	1.97±0.12[c]
Linolenic acid ($C_{18:3}$)	0.52±0.01[b]	0.52±0.09[b]	0.75±0.05[a]	n.d.
Arachidic acid ($C_{20:0}$)	2.95±0.12[b]	6.12±1.73[a]	0.66±0.04[c]	n.d.
Eicosadienoic acid ($C_{20:2}$)	0.18±0.13[b]	0.40±0.05[a]	0.48±0.01[a]	n.d.
Saturated	43.1±0.74	41.1±0.28	42.8±0.07	54.5±0.26
Monounsaturated	41.6±0.60	36.1±0.55	43.6±0.09	43.5±0.33
Polyunsaturated	15.3±0.48	22.8±0.83	13.5±0.03	1.97±0.12

Each value is expressed as mean±standard deviation of triplicate determination.
n.d. stands for not detected.

토코페롤 함량

동물성 유지의 tocopherol 함량을 측정하여 Table 3에 나타내었다. 4종의 유지에서 모두 α-tocopherol과 γ-tocopherol 외에 다른 tocopherol 동족체는 검출되지 않았다. 제주마유와 한라마유의 α-tocopherol 함량은 14.72과 21.41 mg/kg으로 측정되었으며 돈지와 우지에서는 검출되지 않았다. γ-Tocopherol은 제주마유가 7.08 mg/kg으로 가장 높은 함량을 나타내었고, 한라마유 4.57 mg/kg, 돈지 2.13 mg/kg, 우지 1.91 mg/kg 순으로 측정되었다. Harris 등(1950)에 따르면 돈지의 총 tocopherol 함량은 27.0 mg/kg이였으며, Ellis 등(1974)은 우지의 총 tocopherol 함량은 8.6 mg/kg으로 본 연구에서의 결과와 비교하여 높은 함량의 tocopherol을 나타내었다. 이는 기후 및 지리적인 특성에 민감한 동물성 유지의 원료에 따른 차이로 인한 것으로 보여진다. 또한 α-tocopherol은 오직 마유에서 검출되었는데, 이는 시중에서 판매되는 돈지와 우지는 가공 중 정제과정을 거쳐 α-tocopherol이 모두 제거된 것으로 판단된다. Tocopherol은 천연에 존재하는 대표적인 항산화제로 보통의 식물성 유지에는 α, β, γ, δ-동족체가 다량 존재하는 것으로 알려져 있으며(Ju 등 2005), 그 성능은 α-tocopherol에 비하여 γ-와 δ-tocopherol이 비교적 산화안정성에 효과적임이 밝혀진 바 있다(Park 등 2018). Ahn 등(1991)은 들기름에서 α-tocopherol은 항산화 작용이 감소하였으며, δ-tocopherol은 항산화 효과가 거의 없었고, γ-tocopherol은 항산화 효과가 가장 컸음을 보고하였다.

지방산 조성

제주마유, 한라마유, 돈지 및 우지의 지방산 조성을 Table 4에 나타내었다. 제주마유와 한라마유의 주요 지방산으로 palmitic acid ($C_{16:0}$), palmitoleic acid ($C_{16:1}$), stearic acid ($C_{18:0}$), oleic acid ($C_{18:1}$), linoleic acid ($C_{18:2}$)와 미량의 myristoleic acid ($C_{14:1}$), margaric acid ($C_{17:0}$), heptadecenoic acid ($C_{17:1}$), linolenic acid ($C_{18:3}$), eicosadienoic acid ($C_{20:2}$)가 검출되었다. 반면, 돈지에서는 myristoleic acid ($C_{14:1}$), 우지에서는 linolenic acid ($C_{18:3}$), arachidic acid ($C_{20:0}$), eicosadienoic acid ($C_{20:2}$)가 검출되지 않았다. 제주마유, 한라마유, 돈지, 우지의 지방산 모두 oleic acid ($C_{18:1}$)가 29.91-40.7%와 palmitic acid ($C_{16:0}$)는 24.39-30.56%으로 많은 함량을 나타내었다. 피부의 상처 치유에 효과적인 것으로 알려진 불포화지방산인 linoleic acid ($C_{18:2}$) (Cunnane와 Anderson, 1997)는 우지에서 함유량(1.97%)이 마유(12.1, 16.3%)와 돈지(12.4%)에 비해 매우 낮게 측정되었고, 이외의 다가불포화지방산도 우지에서는 검출되지 않았다. Wood 등(2004)은 돈지와 우지의 linoleic acid ($C_{18:2}$) 함량이 각각 14.3, 1.1%로 보고하여 본 연구와 유사한 값을 나타내었다. Palmitoleic acid ($C_{16:1}$)는 사람 피하지방의 주요 지방산으로 피부 및 모발의 항균효과 및 치료효과가 보고되었는데(Wille와 Kydonieus, 2003), 제주마유는 7.36%, 한라마유는 5.22%로 돈지와 우지에 비하여 그 함량이 2-3배 높음을 확인하였다. Enig 등(1983)에 따르면 우지와 돈지의 palmitoleic acid ($C_{16:1}$) 함량은 각각 3.2, 1.8%로 본 연구와 유사한 값을 나타내었다. 제주마유, 한라마유, 돈지의 포화지방산 함량이 43.1, 41.1, 42.9%로 유사한 값을 보인데 반해 우지는 포화지방산 함량이 54.5%로 마유와 돈지에 비해 높았다. 다가불포화지방산의 조성비율은 한라마유가 22.8%로 가장 높게 측정되었으며, 제주마유

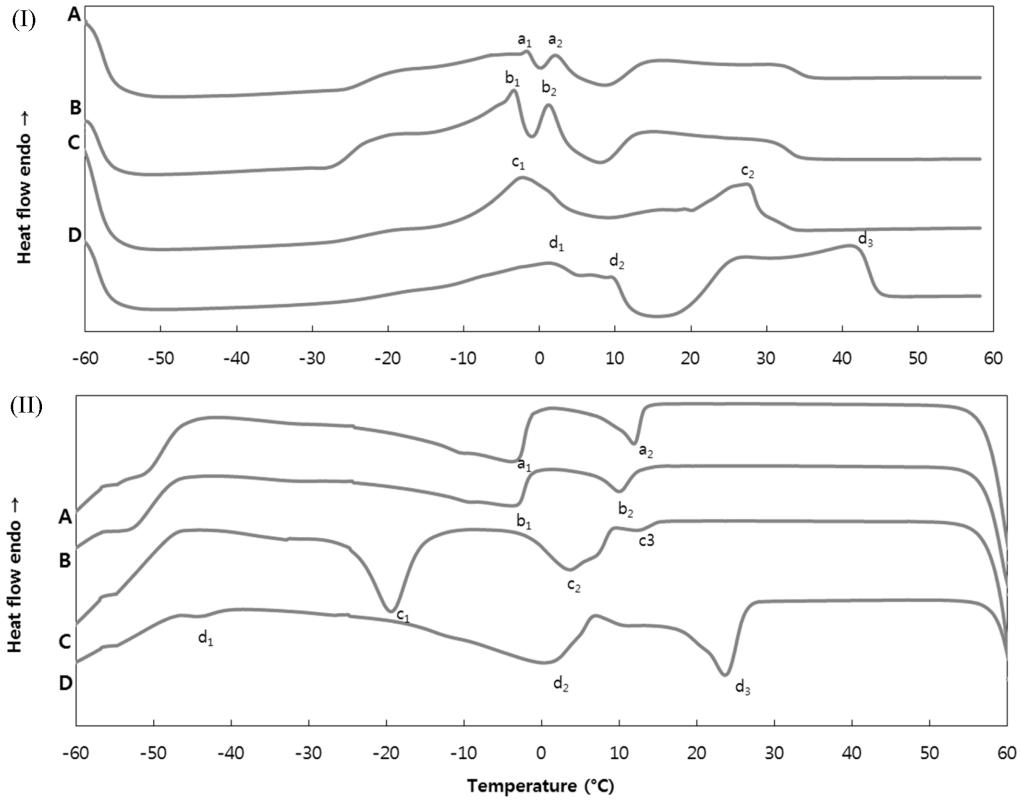

Fig. 1. Melting curves (I) and crystallization curves (II) for Jeju-horse fat (*A*), Halla-horse fat (*B*), lard (*C*) and beef-tallow (*D*)

15.3%, 돈지 13.5%, 우지 1.97% 순으로 측정되어 돈지와 우지에 비해 마유에서 불포화도가 높았고, 이러한 결과는 요오드가(iodine value)와 비례함을 확인하였다(Table 2).

열적안정성 비교

식용유지류는 중성지방질인 트라이아실글리세롤(triacylglycerol) 조성에 따라 화학적 특성 및 물리적인 성상 차이를 나타내고 이는 트라이아실글리세롤을 구성하는 지방산의 종류에 따라 융점이 달라지기 때문이다(Yi 등, 1991). 특히 유지의 불포화도가 높을수록 전체적인 융점의 온도는 감소된다(Imahara 등, 2006). 서로 다른 4가지 동물성 유지의 발열 및 흡열 곡선을 측정한 결과는 Fig. 1과 같았다. 상온에서 고체 상태인 동물성 유지의 흡열곡선(Fig. 1(I))을 보면 제주마유는 −2.25와 3.5°C (a_1, a_2), 한라마유는 −1.33과 3.25°C (b_1, b_2), 돈지는 0.83과 27.33°C (c_1, c_2)로 두 개의 큰 피크가 나타났으며, 우지의 경우에는 3.08, 8.58, 그리고 43.3°C (d_1, d_2, d_3)로 3개의 큰 피크가 나타났다. 다가불포화지방산 조성 비율이 적은 우지가 발열곡선과 흡열곡선에서 상대적으로 높은 온도의 피크를 나타내었다. 반면 발열곡선(Fig. 1(II)) 결과를 살펴보면 제주마유는 −1.08과 18.1°C (a_1, a_2), 한라마유는 −5.14와 8.33°C (b_1, b_2)의 두 온도에서 뚜렷한 피크를 보였으며, 돈지는 −21.1, 2.00, 17.4°C (c_1, c_2, c_3), 우지는 −46.1, −1.33, 21.9°C (d_1, d_2, d_3) 에서 비교적 넓은 피크를 나타내었다. Table 4의 결과에 따르면 4종의 동물성 유지의 주요 지방산은 palmitic acid ($C_{16:0}$), stearic acid ($C_{18:0}$), oleic acid ($C_{18:1}$), 그리고 linoleic acid ($C_{18:2}$, 우지 제외)였으며 이들의 녹는점은 각각 62.9, 69.3, 13.4, −5.0°C로 알려져 있다(Beare-Roger 등, 2001; Young, 2002). 제주마유와 한라마유의 흡열곡선에서는 피크 차이가 크게 나타나지 않았으나 돈지와 우지에서는 높은 융점의 피크가 발생하였는데 이는 상대적으로 융점이 높은 stearic acid ($C_{18:0}$)의 조성이 돈지와 우지가 마유에 비하여 2-2.5배 높은 함량을 나타내 융점 피크가 높게 나타난 것으로 보여진다. 또한 우지의 융점 피크가 가장 높게 측정되었는데, 이는 포화지방산 함량이 마유와 돈지에 비해 높고 불포화지방산 함량이 낮은 결과로부터 기인된 것으로 보여진다. 이와 반대로 결정화에서 피크는 stearic acid ($C_{18:0}$)의 조성이 높았던 우지에서 가장 높은 온도의 결정화 피크가 나타났으며, oleic acid ($C_{18:1}$) 조성이 높았던 돈지에서 가장 낮은 온도의 결정화 피크가 나타났다. Tan 등(2000)에 따르면 팜유에서 높은 함량의 stearic acid ($C_{18:0}$)는 결정화 온도가 높고, 높은 함량의 oleic acid ($C_{18:1}$)는 낮은 온도의 피크가 생긴다고 보고하였는데 본 연구 결과와 유사하였다.

요 약

본 연구에서는 제주말과 한라말로부터 추출한 마유와 시중에서 판매되는 동물성 유지인 돈지와 우지의 물리화학적 성질을 조사하였다. 색도 차이를 나타내는 ΔE값은 동물성 유지 간에 유의적인 차이를 나타나지 않았으며, 물리적 성상 차이로 인해 25°C에서 측정된 L값이 60°C에 비해 감소되었다. 제주마유와 한라마유의 산가는 돈지와 우지에 비하여 높게 측정되었지만, 과산화물가, p-아니시딘가 및 총 산화가는 낮게 측정되었다. 모든 시료에서 미량의 γ-tocopherol이 검출되었으나, 오직 제주마유와 한라마유에서 14.7와 21.4 mg/kg의 α-tocopherol이 검출되었다. 마유의 주요 지방산으로 palmitic acid ($C_{16:0}$), oleic acid ($C_{18:1}$), linoleic acid ($C_{18:2}$)가 분석되었고, palmitoleic acid ($C_{16:1}$)의 함량은 7.36과 5.22%로 돈지와 우지에 비하여 2-3배 높게 함유한 것으로 나타났다. 제주마유와 한라마유는 흡열곡선 및 발열곡선에서 두 개의

피크가 발견되었으며, 상대적으로 돈지와 우지의 피크보다 낮은 온도에서 발견되었는데 이는 우지보다 높은 함량의 불포화지방산의 조성 비율, 돈지보다 적은 함량의 stearic acid ($C_{18:0}$)에 의한 것으로 보여진다. 따라서 본 연구 결과는 최근 산업적으로 활용도가 높아지고 있는 제주마유와 한라마유의 물리화학적 성질에 대한 기초 자료로 제공되어 향후 연구 수행에 도움을 줄 수 있을 것으로 판단된다.

감사의 글

이 논문은 2018학년도 제주대학교 교원성과지원사업에 의하여 연구된 결과입니다.

References

Abdulkarim SM, Long K, Lai OM, Muhammad SKS, Ghazali HM. Some physicochemical properties of *Moringa oleifera* seed oil extracted using solvent and aqueous enzymatic methods. Food Chem. 93: 253-263 (2005)

Ahn TH, Kim JS, Park SJ, Kim HW. Antioxidative effect of commercial lecithin on the oxidative stability of perilla oil. J. Korean. Food Sci. Technol. 23: 251-255 (1991)

AOCS. Official methods and recommended practices of the AOCS. Method Cd 8b-90, Ch 2a-94. American Oil Chemists' Society, Champaign, IL, USA (2004)

AOCS. Official methods and recommended practices of the AOCS. Method Cd 18-90. American Oil Chemists' Society, Champaign, IL, USA (1988)

AOAC. Official method of analysis. 16th ed. Method 969.17. Association of Official Analytical Chemists, Arlington, VA, USA (1995)

AOAC. Official methods of analysis. 13th ed. Method 993.20. Association of Official Analytical Chemists, Washington DC, USA (1980)

Beare-Rogers JL, Dieffenbacher A, Holm JV. Lexicon of lipid nutrition (IUPAC Technical Report). Pure Appl. Chem. 73: 685-774 (2001)

Cha WS, Yu EK, Kim YS. Studies on the compositions of odd number fatty acid of vegetability lipids-for the Juglans sinensis, peach seed and apricot seed. J. Korean. Biotechnol. Bioeng. 8: 49-54 (1993)

Chung KH, Park BG. Biodiesel production from vegetable oils by transesterification using ultrasonic irradiation. Korean Ind. Eng. Chem. Soc. 21: 385-390 (2010)

Cunnane SC, Anderson MJ. Pure linoleate deficiency in the rat: influence on growth, accumulation of n-6 polyunsaturates and [1-14C] linoleate oxidation. J. Lipid Res. 38: 805-12 (1997)

Ellis R, Kimoto WI, Bitman J, Edmondson LF. Effect of induced high linoleic acid and tocopherol content on the oxidative stability of rendered veal fat. J. Am. Oil Chem. Soc. 51: 4-7 (1974)

Enig MG, Pallansch LA, Sampugna J, Keeney M. Fatty acid composition of the fat in selected food items with emphasis on trans components. J. Am. Oil Chem. Soc. 60: 1788-1795 (1983)

Han CH, Cho YH. Liposome included horse oil, the method preparing thereof and composition for treating burn or UV-cut containing the same. Korea Patent 10-1621194 (2016)

Harris PL, Quaife ML, Swanson WJ. Vitamin E content of foods. J. Nutr. 40: 367-381 (1950)

Imahara H, Minami E, Saka S. Thermodynamic study on cloud point of biodiesel with its fatty acid composition. Fuel 85: 12-13 (2006)

Jang SK, An SK, Jeon SH. The moisturizing effect and formulation test of the cosmetics composed by horse oil liposomes. J. Korean Aesthet. Cosmetol. 12: 813-820 (2014)

Jang YS, Kim KS, Lee YH, Cho HJ, Suh SJ. Review of property and utilization of oil crop for biodiesel. J. Plant Biotechnol. 37: 25-46 (2010)

Joseph S. Analysis of fat-soluble vitamins from food matrix for nutrition labeling. Publication Number 5990-8668EN. Agilent Technologies, Inc., Santa Clara, CA, USA (2011)

Ju YW, Son MH, Lee JS, Byun SY. Supercritical CO_2 extraction of sesame oil with high content of tocopherol. J. Korean Biotechnol. Bioeng. 20: 210-214 (2005)

Jung JK, Park YK. Antidiabetic effect of So-Dang-Hwan in streptozotocin-induced diabetic rats. J. Korean. Herbology 24: 159-167 (2009)

Kamel BS. Characteristics of bread and buns made with lard and vegetable oils of different iodine values. J. Am. Oil Chem. Soc. 69(8): 794-796 (1992)

Kim KB, Kang KP, Lee YK, Park KH. A method for refining horse oil, the refined horse oil and a cosmetic composition comprising the refined horse oil. Korea Patent 10-10-1632601 (2016)

Kim JK, Park JY, Jeon CH, Min KI, Yim ES, Jung CS, Lee JH. Fuel properties of various biodiesels derived vegetable oil. Korean J. Oil Chem. Soc. 30: 35-48 (2013)

Korea Food & Drug Administration. Food code: Chemical test of edible oils. Munyoung Publishing Co., Seoul, Korea, pp. 120-122 (2016)

Lee S, Kang SH, Kim MK, Song SR, Yoon HJ, Lee MW, Kang HJ, Hwang IK. Degree of rancidity and sensory characteristics of frying oils with reuse and storage at home. Korean J. Food Cookery Sci. 28: 265-273 (2012a)

Lee YJ, Lee KT. Development and characterization of trans free margarine stock from lipase-catalyzed interesterification of Avocado and palm oils. Korean J. Food Sci. Technol. 41: 231-237 (2009)

Lee TS, Lee YH, Kim KS, Kim W, Kim KS, Jang YS, Park KG. Yield and characterization of various biodiesel from vegetable oils and animal fats. Korean J. New Renewable Energy Soc. 8: 30-37 (2012b)

Lee WJ, Park CI. Application of rheological theory to assess emulsion stability and physical skincare barrier. Korean J. Skin Barrier Res. 15: 65-69 (2013)

Lee YS, Yoon JH, Kim BA, Park CI, Yoo WK, Cho JW, Kim MR. Effects of horse oil on the DNCB-induced contact hypersensitivity in balb/c Mice. Korean J. Herbology. 28: 77-81 (2013)

Park YH, Cho MJ, Kim HJ. Effects of α-, γ-, and δ-tocopherol on the oxidative stability of horse fat. Korean J. Food Sci. Technol. 50: 267-273 (2018)

Renou JP, Bielicki G, Deponge C, Gachon P, Micol D, Ritz P. Characterization of animal products according to geographic origin and feeding diet using nuclear magnetic resonance and isotope ratio mass spectrometry. Part II: Beef meat. Food Chem. 86: 251-256 (2004)

Ryu JH, Shin HY. Optimization of fatty acids production from lard via subcritical water-mediated hydrolysis. Korean Chem. Eng. Res. 53: 199-204 (2015)

Tan CP, Man CYB. Differential scanning calorimetric analysis of edible oils: comparison of thermal properties and chemical composition. J. Am. Oil Chem. Soc. 77: 143-155 (2000)

Wille JJ, Kydonieus A. Palmitoleic acid isomer (C16: 1Δ6) in human skin sebum is effective against gram-positive bacteria. Skin Pharmacol. Appl. 16: 176-187 (2003)

Wood JD, Richardson RI, Nute GR, Fisher AV, Campo MM, Kasapidou E, Sheard PR, Enser M. Effects of fatty acids on meat quality: a review. Meat Sci. 66: 21-32 (2004)

Yi ES, Chang YS, Shin ZI. Effects of tempering temperature and time on the slip melting point of fats. Korean J. Food Sci. Technol. 23: 19-24 (1991)

Young JA. Chemical laboratory information profile: oleic acid. J. Chem. Educ. 79: 24 (2002)

Zhang H, Shin JA, Lee KT. Reduction of saturated fatty acid methyl esters of biodiesel produced from beef tallow by acetone fractionation. Korean J. Oil Chem. Soc. 28: 472-481 (2011)