J. Fd Hyg. Safety
Vol. 26, No. 4, pp. 349~354 (2011)

Journal of Food Hygiene and Safety
Available online at http://www.foodhygiene.or.kr

시중 일반우유와 포름알데히드로 보호 처리된 어유 첨가 사료를 먹인 DHA 강화우유의 안전성 연구

전수현[1] · 남미현[1] · 홍충의[1] · 양성용[1] · 유진아[2] · 서동원[3] · 정일중[1] · 이광원[1]*
[1]고려대학교 식품공학부, [2]매일유업, [3]한국식품연구원

Safety Assessments between Commercial Milk and DHA Fortified Milk of Dairy Cows Fed Feeds Containing Protected Fish Oil Treated with Formaldehyde

Su-Hyun Chun[1], Mi-Hyun Nam[1], Chung-Oui Hong[1], Sung-Yong Yang[1], Jin-Ah Yoo[2], Dong-Won Seo[3], Il-Joong Chung[1], and Kwang-Won Lee[1]*
[1]*Division OF Food Bioscience & Technology, College of Life Sciences and Biotechnology, Korea University, Seoul 136-703, Korea*
[2]*R&D Center Maeil Dairies company, Korea*
[3]*Korea Food Research Institute, Korea*
(Received July 26, 2011/Revised August 20, 2011/Accepted September 7, 2011)

ABSTRACT - Our objective in this study is to assess the safety of docosahexaenoic acid (DHA) fortified milk of dairy cows fed feeds containing protected fish oil treated with formaldehyde by analyzing formaldehyde concentration in commercial milk and DHA fortified milk of dairy cows fed formaldehyde treated feed. There are 3 milk samples in this study: Commercial milk (CM), DHA fortified milk for Kid (DHA-K) and DHA fortified milk for Baby (DHA-B). We confirm the fresh quality of these three samples by physicochemical tests. In fat content result, three groups are significantly different at the $p < 0.05$ by Duncan's multiple range test, but fat content of group DHA-K is about half the level of the other two groups. Protein content of group DHA-K is 1% higher than other two groups. According to the analysis result of DHA content of DHA fortified milk, DHA content of DHA-B is two-fold higher than DHA-K. Similar pattern was seen in the intake based on age. According to HPLC analysis result of formaldehyde concentration in milk, commercial milk and DHA fortified milk are between 0.013 ppm and 0.057 ppm which is formaldehyde standard level in fresh milk settled in WHO (World Health Organization). Three groups have no significantly differences at the $p < 0.05$ by Duncan's multiple range test. For this reason, it can be concluded that there is no transition of formaldehyde from dairy cows fed formaldehyde treated feeds to its produced milk. Safety about formaldehyde of DHA fortified milk of dairy cows fed formaldehyde treated feeds is considered similar to commercial milk.

Key words: docosahexaenoic acid (DHA), milk, formaldehyde

사람들이 건강에 관심이 높아지면서 ω-3계열의 고도불포화지방산 중 등푸른 생선에 풍부하게 함유되어 있는 Docosahexaenoic acid (DHA, 22:6n-3)와 Eicosapentaenoic acid (EPA, 20:5n-3)에 대한 생리활성 효과가 널리 알려져 있다. 그 중 DHA는 혈액 중의 저밀도 콜레스테롤 함량을 낮춰 심혈관계 질환, 고혈압, 혈소판 응집 및 염증을 방지하는데 있어 중요한 역할을 하며, 또한 뇌세포를 활성화시켜 두뇌 발달에 도움이 되는 것으로 알려져 있다[1-3].

*Correspondence to: Kwang-Won Lee, Division of Food Bioscience & Technology, College of Life Sciences and Biotechnology, Korea University, 1, 5-ga, Anam-dong, Sungbuk-gu, Seoul 136-701, Korea
E-mail: kwangwon@korea.ac.kr

이에 따라 최근 두뇌 발달에 도움이 되는 DHA 강화우유 제품이 출시 되고 있다. 국내에서 기존의 DHA가 풍부하다고 알려진 참치 어유를 첨가한 DHA 강화우유가 출시되었으며, 우유에 어유를 첨가하여 DHA의 함량을 증가시켰으나, 참치 어유를 우유에 첨가하면 어유 특유의 맛과 냄새로 인해 우유의 풍미가 떨어지는 경향을 보인다[4]. 그러나 DHA를 보호하여 사료에 첨가하면 흡수율과 DHA 등을 포함한 지방산의 함량이 높아지고 우유의 생산량이 증가하며, 풍미도 유지되는 효과가 나타나는데, 이 때, 지방산을 보호하기 위해서 사료에 포름알데히드를 처리한다는 연구 보고가 있다[5]. 이를 개선하고자 대두단백질과 포름알데히드가 처리되어 보호된 참치어유를 사료에 첨가하

는 by-pass기법이 이용되었다[6]. 또한 어유와 포름알데히드가 처리된 linseed를 함께 육우에게 급여 시, 근내 불포화 지방산 함량이 대조구와 비교하여 증가된 결과도 보고되었다[7].

포름알데히드 (CH_2O)는 물, 알코올 등의 극성 용매에 잘 녹는 무색, 자극성의 친수성 기체로 인간과 동물에서 발암성이 있는 것으로 알려지고 있으며, 국제 암연구소 (IARC: International agency for Research on Cancer)에서는 발암물질 (Group 1)로 규정하고 있고, 미국 환경보호청에서는 발암성 및 변이원성을 가진 유해한 물질로 분류되어 있다[8,9]. 살균 및 소독, 식품의 방부제 등으로 사용되며, 합성수지 제조 및 방수처리제 등 다양한 화학산업과 식품포장재의 접착제, 코팅제 제조 등에 사용되어 환경 및 식품 등에서도 용출될 가능성이 큰 물질이다[10].

사료에 포름알데히드를 처리하는 방법이 우유 내 DHA 함량과 우유 생산량을 증가시키고, 풍미를 유지시켜준다는 논문들이 보고되었다[11,12]. 이를 이용해 DHA 강화우유를 생산하기 위해서는 포름알데히드가 처리된 사료를 섭취하여 생산된 우유에서 포름알데히드의 전이 유무에 따른 안전성 여부를 판단할 근거와 기준치가 필요하다. World Health Organization (WHO)에서는 식품 중 자연발생적으로 검출되는 포름알데히드 기준치를 정하고 있으며, 물에서도 자연발생적으로 포름알데히드가 존재한다는 보고가 있다[13,14].

본 연구에서는 포름알데히드에 대한 우유의 안전성 확보를 위한 기초 자료를 제공하기 위해 일반우유와 포름알데히드를 처리한 사료를 먹인 DHA 강화우유 사이에서 이화학적으로 차이가 있는지 확인하고, 우유 속 포름알데히드 함량을 비교 분석하여 포름알데히드에 대한 안전성을 확인하고자 하였다.

재료 및 방법

재료 및 시약

본 실험에 사용된 시료는 국내 시판되는 A사의 일반우유 제품 1종과 DHA 강화우유 제품 2종을 시중 마트에서 각 3개씩 구입하여 총 9개의 시료를 4ºC 냉장고에 보관하면서 시험에 사용하였다. 우유는 총 3개의 군으로 구분하였으며, 일반우유는 CM, DHA 강화우유 제품 중 어린이를 대상으로 한 우유는 DHA-K, 영유아를 대상으로 한 DHA 강화우유는 DHA-B로 표기하였다.

DHA함량 분석을 위해서 4% BF_3/Methanol 시약 (14% boron trifluoride methanol solution, Sigma-Aldrich, USA), 0.5N NaOH/Methanol, Isooctane (J.T.Baker, USA)과 포화식염수를 사용하였고, 내부표준용액으로는 C11:0 methyl undecanoate (Sigma-Aldrich) 0.01 g을 Isooctane용액에 녹여 10 mL가 되게 하여 사용하였다. 표준품은 C22:6 docosahexaenoic acid methyl ester (DHA, Sigma-Aldrich)를 사용하였다.

포름알데히드 함량 분석을 위해서 표준용액으로는 formaldehyde solution (37%, Sigma, USA)를 248 μL를 취해 증류수를 첨가하고 10 mL로 희석하여 10,000 ppm으로 제조하여 사용하였다. 전처리 용 시약으로는 phosphoric acid (85%, Showa, Japan) 10 mL에 증류수를 가하여 100 mL로 제조하여 사용하였으며, ammonium acetate (Shinyo, Japan) 7.5 g을 증류수에 완전히 녹이고, acetic acid (Junsei, Japan) 150 μL, acetylacetone (Sigma-Aldrich, Germany) 100 μL를 가한다음 증류수를 가하여 50 mL의 acetylacetone 시액을 제조하여 사용하였다. HPLC 분석에 사용한 용매인 methanol은 Burdick & Jackson (99%, Korea)사의 HPLC grade 제품을 사용하였다.

분석 기기와 조건

DHA 함량 분석에는 Agilent Technologies사의 HP-6890 gas chromatography flame ionization detector (GC FID, USA)를 사용하였다. 분석용 칼럼은 Agilent Technologies사의 HP-FFAP (300 mm × 0.32 μm, 0.52 mm)을 사용하였다. 운반기체는 헬륨으로 유속 1.5 mL/min로 사용하였으며 분석 조건은 Table 1과 같다.

포름알데히드 함량 분석에는 Agilent Technologies사의 Diode-array detector와 autosampler가 장착된 Agilent 1200 series를 사용하였다. 분석용 칼럼은 Shiseido사의 Capcellpak UG120 (C18, 4.6 mm × 250 mm, 5 μm)을 사용하였다. 분석에 사용한 용매는 methanol과 증류수를 30:70으로 섞어 유속 1 mL/min의 gradient 조건으로 사용했으며, 분석 조건은 Table 2과 같다. UV흡광도는 415 nm에서 측정하였다.

이화학 검사

수분함량 및 회분측정, 단백질 정량은 식품공전[15]에 명시된 방법을 사용하였다. 수분함량은 상압가열 건조법, 회분측정은 직접회화법, 단백질 정량은 semi-micro kjeldahl법으로 3반복하여 측정하였다. 지방함량, 산도, 산가 측정은 축산물 가공 기준 및 성분 규격[16]에 명시된 방법을 이용하였다. 지방함량은 Gerber법으로 3반복하였으며, pH는 시료를 pH meter를 이용하여 3반복하여 측정하였다.

Table 1. Analytical conditions of GC FID

Detector	: Flame ionization detector
Column	: Agilent Technologies HP-FFAP, 300 mm × 0.32 μm, 0.52 mm
Mobile phase	: Helium (He)
Flow rate	: 1.5 mL/min
Injection Temperature	: 230ºC
Oven Temperature	: 100ºC (2 min) → 4ºC/min → 230ºC (20 min)
Detection Temperature	: 250ºC

Table 2. Analytical conditions of HPLC

Detector	: Diode-array detector		
Column	: Shiseido Capcellpak UG120, C18,4.6 mm × 250 mm, 5 μm		
Mobile phase:	Solvent A : D.W Solvent B : Methanol		
	Time (min)	% of solvent A	% of solvent B
	0	70	30
	14	0	100
	19	0	100
	21	70	30
	25	70	30
Flow rate	: 1.0 mL/min		
Wavelength	: 415 nm		
Injection volume	: 20 μL		

DHA 함량 분석

DHA 함량분석은 식품공전[17]중 기체크로마토그래프와 불꽃이온화검출기 (FID : flame ionization detector)를 이용한 지방산측정 제 2법을 이용하여 측정하였다. 지방산 메틸에스테르 유도체화를 만들기 위해서 25 mL의 튜브에 지방질 20 mg을 취하고 0.5N NaOH/Methanol 2 mL을 넣어 마개를 막고 heating block (100°C)에서 약 5분간 가수분해 시킨다. 냉각 후 14% BF_3/Methanol 2 mL을 넣고 5분간 반응시킨 다음 내부 표준물질 1 mL과 isooctane 1 mL을 넣고 진탕한다. 반응이 끝나면 시료가 든 튜브에 포화식염수 2 mL을 넣고 마개를 막은 후 5초간 가볍게 흔들어 준 뒤 isooctane 층을 뽑아 무수황산나트륨을 이용하여 탈수시킨다. 탈수된 지방산 메틸에스테르 시험액을 받아 기체크로마토그래피에 주입하여 분석한다.

포름알데히드 함량 분석

우유 중 포름알데히드 함량 분석시험은 식품의약품안전청의 맥주 중 포름알데히드 분석시험방법[18]인 Acetylacetone 법을 참조하여 시험하였다.

시료 전처리 과정으로는 시료 50 mL을 증류플라스크에 넣고 증류수 100 mL, 인산용액 40 mL를 넣은 직후 수증기 증류장치에 연결시켜 증류하였다. 증류액 약 200 mL를 받은 다음 실온에서 증류수로 250 mL로 하여 잘 혼합하였다. 수증기 증류액 및 표준용액 3 mL를 수기에 취하여 동량의 acetylacetone 시액을 가해 잘 혼합한 다음 끓는 물 (100°C)에서 15분간 가온하고 흐르는 물에 냉각하여 PVDF 0.45 μm syringe filter를 통해 불순물을 제거한 후 시험용액으로 하였다.

정량한계를 결정하기 위해서 10,000 ppm으로 만든 stock solution을 각각 0.007, 0.015, 0.031, 0.062, 0.125, 0.25 및 0.5 ppm의 7가지 농도로 희석하고, 시료와 동일하게 전처리한 후 HPLC를 이용하여 분석하여 표준곡선을 얻었다. 각 농도별 peak의 S/N비를 구하여 그 비율이 10이 될 때 정량한계 (limits of quantitation ; LOQ, S/N = 10)를 계산하였고, S/N비율이 3이 될 때 검출한계 (limits of detection ; LOD, S/N = 3)를 계산하였다[19].

시료에 대한 회수율을 조사하기 위하여 포름알데히드를 첨가한 사료를 먹이지 않은 일반우유에 0.005, 0.01, 0.05 ppm 농도의 포름알데히드 표준용액을 spike한 우유와 포름알데히드 표준용액을 첨가하지 않은 우유를 준비하여, 시료 전처리 방법에 따라 처리한 후, HPLC를 이용하여 측정한 결과를 아래의 식에 대입하여 계산하였다[20].

$$\text{회수율}(\%) = \frac{\text{포름알데히드 첨가 우유의 } peak\ area - \text{비첨가우유의 } peak\ area}{\text{시료에 첨가된 포름알데히드 농도의 } peak\ area} \times 100$$

통계처리

본 실험의 결과는 3회 반복 측정한 평균값을 이용하였다. 모든 측정항목은 평균 ± 표준편차로 나타내었고, 통계처리는 Sigma Stat 3.5를 이용하여 수행하였으며, 실험 군간의 비교분석은 ONE WAY ANOVA를 이용하여 분석 후 $p < 0.05$에서 Duncan's multiple range test를 사용하여 유의성을 검증하였다.

결과 및 고찰

이화학검사

수분함량, 회분, 단백질, 지방, 산도, 산가, pH 등의 이화학 실험을 통하여 일반우유와 DHA 강화우유의 일반 성분이나 이화학적 차이를 비교해 보았다(Table 3, 4). 수분함량은 DHA-K에서 CM과 DHA-B보다 1% 높게 나타났으며, 다른 시료들은 약 87%의 수분함량을 나타내었다. 회분함량의 경우, 일반우유는 DHA 강화우유와 유의적 차이를 보이지 않았으나, DHA-B는 DHA-K에 비해 0.1% 낮게 유의적 차이를 나타내었다. 지방 함량 분석 결과 CM과 DHA-B의 지방함량은 3.8~3.9%로 유의적 차이가 나타나지 않았으나, 어린이 우유인 DHA-K는 다른 제품들의 지방 함량의 절반 정도인 1.85%로 나타났다. 반면에 단백질함량 분

Table 3. Water, Ash, Fat and Protein contents of commercial milk and DHA fortified milk

	CM	DHA-K	DHA-B
Water contents (%)	87.27 ± 0.10^{a}	88.47 ± 0.19^{b}	87.49 ± 0.10^{a}
Ash contents (%)	0.53 ± 0.02^{ab}	0.58 ± 0.01^{a}	0.48 ± 0.05^{b}
Fat contents (%)	3.88 ± 0.05^{a}	1.85 ± 0.06^{b}	3.80 ± 0.08^{a}
Protein contents (%)	3.36 ± 0.03^{a}	4.34 ± 0.10^{b}	3.28 ± 0.03^{a}

CM : Commercial Milk, DHA-K : DHA fortified milk for Kid, DHA-B : DHA fortified milk for Baby.
[a-b]Means in a row by different superscripts are significantly different at the $p < 0.05$ by Duncan's multiple range test.

Table 4. Acidity, Acid Value, and pH of commercial milk and DHA fortified milk

	CM	DHA-K	DHA-B
Acidity (%)	0.14 ± 0.01[a]	0.13 ± 0.01[a]	0.11 ± 0.00[b]
Acid Value (mg/g)	0.20 ± 0.02[a]	0.19 ± 0.02[a]	0.18 ± 0.01[a]
pH	6.68 ± 0.05[a]	6.70 ± 0.02[a]	6.72 ± 0.01[a]

CM : Commercial Milk, DHA-K : DHA fortified milk for Kid, DHA-B : DHA fortified milk for Baby.
[a-b]Means in a row by different superscripts are significantly different at the $p < 0.05$ by Duncan's multiple range test.
If acidity(%) was under 0.18%, it's standard.

석 결과를 살펴보면 DHA-K의 경우는 다른 두 시료와 비교하였을 때 단백질이 약 1% 정도 더 많이 함유되어 있음을 알 수 있었으며 유의적 차이를 나타내었다. 연령별 영양섭취량을 살펴보면 영유아의 경우, 지질은 영아에게 가장 에너지 밀도가 높은 영양소로 영아가 최대한 성장할 수 있도록 충분한 에너지를 공급해주는 급원으로 25 g이 충분섭취량으로 정해져 있으며, 단백질은 영아의 성장과정에서 일어나는 체조직 합성과 면역기능 증가, 각종 효소의 생성, 체내 단백질 합성, 호르몬 생성 및 기타 중요한 체내 물질의 합성 등에 단백질이 이용되기 때문에 13.5 g을 권장섭취량으로 정하고 있다. 아동기의 경우, 지질은 높은 에너지원인 동시에 섭취식품의 수용도에 큰 영향을 미치는 영양소로 반드시 섭취가 필요하나, 과도한 섭취로 인해 비만과 성인병이 초래될 우려가 있어 적당량의 섭취를 권장한다. 단백질의 경우는 체조직의 유지, 체성분의 변화 및 새로운 조직의 합성을 위해 단백질의 섭취량을 6세~8세는 25 g, 9세~11세는 35 g으로 정하고 있다[21]. 일반우유와 DHA 강화우유의 지방과 단백질의 함량 분석 결과, DHA-K는 DHA-B와 비교하면 단백질 함량이 증가하였으며, 지방함량은 감소하였으나 이는 연령별 영양섭취량을 고려한 것으로 보여진다.

산도의 기준 규격은 축산물 가공 기준 및 성분규격에서 0.18% 이하로 정하고 있다[22]. 모든 시료에서 적정산도는 0.10~0.11%로 나타났고, 시료 간의 유의적 차이는 나타나지 않았으며, 모든 시료의 산도는 기준치 이하로 나타났다. 산가는 시료 간의 유의적 차이가 나타나지 않았다(Table 4). 신선한 우유의 경우 pH는 6.6~6.8을 나타내는데, pH 측정 결과 모든 시료는 정상이었고, group 간의 유의적 차이도 나타나지 않았다. 이를 통해 일반우유와 DHA 강화우유 사이에 성분함량 차이는 보였으나 이화학적 차이가 없음을 확인하였고, 분석 결과들이 기준치 내에 존재하며 정상수준의 신선한 시료임을 확인하여 이후 실험에 사용하였다.

DHA 함량 분석

DHA 강화우유 중 DHA함량이 표기함량과 비슷한지 확인하기 위해 실험을 진행하였으며, 그 결과는 Fig. 1에 나타내었다. 어린이 용인 DHA-K와 영유아 용인 DHA-B를 비교해 보았을 때, DHA-B가 DHA-K보다 약 2배이상 DHA를 함유하고 있었다. 영유아기에는 두뇌를 비롯한 신체 모든 조직의 성장과 발육이 빠르게 진행되기 때문에[23] 이를 고려하여 DHA함량 역시 지방과 단백질 함량과 마찬가지로 연령에 따라 함량을 다르게 한 것으로 보인다.

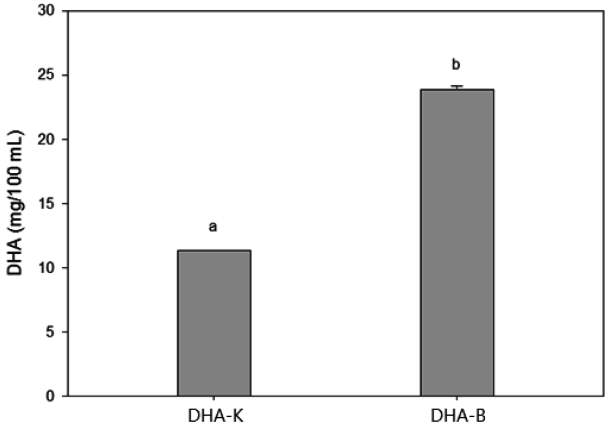

Fig. 1. DHA contents of DHA fortified milk
DHA-K : DHA fortified milk for Kid, DHA-B : DHA fortified milk for Baby. [a,b]Mean in row by different superscripts are significantly different at the $p < 0.05$ by Duncan's multiple range test.

포름알데히드 함량 측정

정량한계 결정시험

포름알데히드 표준용액을 이용하여 0.007, 0.015, 0.031, 0.062, 0.125, 0.25 및 0.5 ppm의 7가지 농도로 희석한 뒤 HPLC분석을 통해 검량선을 그린 후 정량한계를 측정한 결과 모두 0.005 ppm이었으며 검량선의 R^2값은 모두 0.999 이상의 직선상을 나타내었다. 포름알데히드의 retention time은 7.27분이었다(Fig. 2).

회수율 측정 시험

실제 우유에 적용하였을 때의 회수율을 얻기 위해 포름알데히드를 처리한 참치어유 배합사료를 먹이지 않은 일

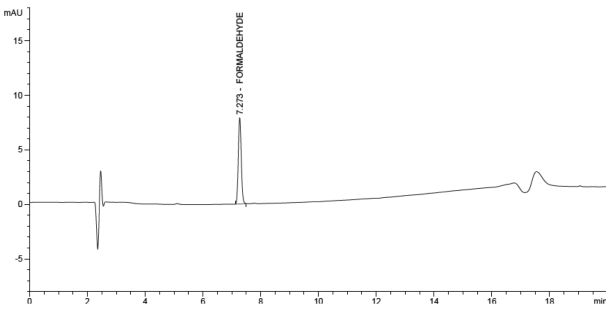

Fig. 2. HPLC-UVD chromatogram of formaldehyde
Representative chromatograms of 0.125 ppm formaldehyde.

Table 5. Recoveries and LOQ of formaldehyde

Spiked Conc. (ppm)	Recovery (%) and SD	LOQ (ppm)
0.005	96.72 ± 2.53	
0.01	94.75 ± 3.58	0.005
0.05	100.19 ± 3.45	

반우유를 선택하여 포름알데히드 표준용액 0.005, 0.01, 0.05 ppm을 spiking 하였다. 회수율은 3반복 처리하여 분석한 평균치로 나타내었다. 회수율과 분석오차는 94.75~100.19% 범위와 5% 이내를 만족하였다. 우유에서 분석에 간섭하는 방해물질은 관찰되지 않았다(Table 5).

우유 속 포름알데히드 분석

국외의 경우에는 WHO에서 정한 식품에서 자연발생적으로 검출되는 포름알데히드 기준치가 있으며, 그 기준치는 신선유에서 0.013~0.057 ppm으로 정해져 있고, 또한 물에서도 자연발생적으로 포름알데히드가 존재한다는 보고가 있다[12,13].

일반우유와 DHA 강화우유 제품의 포름알데히드 함량을 분석하여 나온 포름알데히드의 peak area를 검량선에 대입하여 포름알데히드의 농도를 구하고, 그 값에 전처리 과정에서 희석되는 희석배수를 곱하여 원래 일반우유와 DHA 강화우유에 있는 포름알데히드 함량을 구하여 각각을 비교하였다(Fig. 3).

그 결과를 살펴보면 일반우유와 DHA 강화우유 세 시료 모두 WHO에서 정한 신선유 중 포름알데히드 기준치인 0.013~0.057 ppm 안에 포함되었다. 또한 일반우유와 DHA 강화우유 사이의 포름알데히드 함량의 유의적 차이는 없었다.

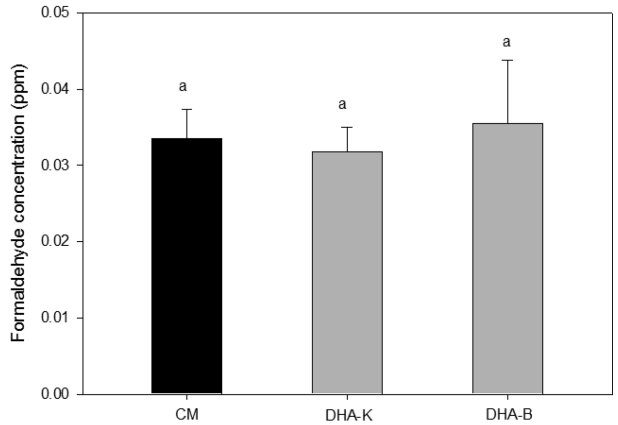

Fig. 3. Formaldehyde concentration in Milk and DHA fortified milk

Black bar : commercial milk, Gray bar : DHA fortified milk, CM : commercial milk, DHA-K : DHA fortified milk for Kid, DHA-B : DHA fortified milk for Baby. Formaldehyde concentration in milk is substitute standard curve for peak area. Final formaldehyde concentration in milk is made analysis concentration multiply by dilution multiple. [a,b]Mean in row by different superscripts are significantly different at the $p < 0.05$ by Duncan's multiple range test.

일반우유와 DHA 강화우유 사이의 포름알데히드 함량의 유의적인 차이가 없었던 것으로 보아 DHA를 강화하기 위해 포름알데히드를 처리한 참치어유 배합사료를 먹여도 우유로의 전이는 없는 것으로 사료되며, 포름알데히드를 처리한 참치어유 배합사료를 먹인 DHA 강화우유의 포름알데히드에 대한 안전성은 일반우유 수준이라고 판단된다.

감사의 말

본 연구는 일부 한국식품연구원의 도움을 받아 수행되었으며 이에 감사드립니다. 또한 고려대학교 CJ식품안전관의 장비 및 시설을 사용하였으며 이에 감사드립니다.

요 약

시중에서 판매된 일반우유와 포름알데히드를 처리한 참치어유 배합사료를 먹여 DHA를 강화한 DHA 강화우유 내의 포름알데히드 함량을 분석함으로써 포름알데히드를 처리한 사료를 먹여 DHA를 강화한 우유의 안전성을 평가하고자 하였다. 시중에서 판매된 일반우유와 DHA 강화우유를 CM, DHA-K, DHA-B로 구분하였다. 이화학 검사를 통해 세 제품이 모두 기준치 이내의 정상 수준을 나타내는 신선한 제품임을 확인하였고, 전반적인 시료간의 유의적 차이는 거의 없었으나, DHA-K를 다른 두 시료와 비교하면 지방함량은 두 시료의 지방함량의 절반 정도인 1.85%이었으며, 단백질은 약 1% 높게 나타났다. DHA 강화우유에 함유된 DHA의 함량을 분석해본 결과 DHA-B가 DHA-K보다 약 2배이상 높게 나타났으며, 이러한 차이는 연령별 섭취량 기준과 비슷한 양상을 나타내는 것으로 보인다. HPLC를 이용하여 우유 내 포름알데히드를 분석한 결과, 일반우유와 포름알데히드를 처리한 참치어유 배합사료를 먹인 DHA 강화우유 모두 WHO에서 정한 신선유 중 포름알데히드 함량 기준치인 0.013~0.057 ppm사이에 존재했으며, 또한 세 시료간에 유의적 차이가 없는 것으로 보아 DHA를 강화하기 위해 포름알데히드를 첨가한 참치어유 배합사료를 소에게 먹이더라도 포름알데히드가 우유로 전이되지는 않는 것으로 보이며, 포름알데히드를 처리한 사료를 먹인 DHA 강화우유의 포름알데히드에 대한 안전성은 일반우유 수준이라고 판단된다.

참고문헌

1. Connor WE. : Importance of n-3 fatty acids in health and disease. Am J Clin Nutr; **71**, 171S-5S (2000).
2. Simopoulos AP. : Human requirement for N-3 polyunsaturated fatty acids. Poult Sci; **79**(7), 961-70 (2000).

3. Siscovick DS, Raghunathan TE, King I, et al. : Dietary intake and cell membrane levels of long-chain n-3 polyunsaturated fatty acids and the risk of primary cardiac arrest. JAMA, **274**(17), 1363-7 (1995).
4. Donovan DC, Schingoethe DJ, Baer RJ, Ryali J, Hippen AR, Franklin ST. : Influence of Dietary Fish Oil on Conjugated Linoleic Acid and Other Fatty Acids in Milk Fat from Lactating Dairy Cows. Journal of Dairy Science, **83**(11), 2620-2628 (2000).
5. Lacasse P, Kennelly JJ, Delbecchi L, Ahnadi CE. : Addition of protected and unprotected fish oil to diets for dairy cows. I. Effects on the yield, composition and taste of milk. Journal of Dairy Research, **69**(04), 511-520 (2002).
6. W.W. Thatcher, T.R. Bilby, J.A. Bartolome, F. Silvestre, C.R. Staples, and J.E.P. Santos : Strtegies for improving fertility in the moern daity cow. Theriogenology, **65**, 30-44 (2006).
7. Choi NJ, Enser M, Wood JD, Scollan ND. : Effect of breed on the deposition in beef muscle and adipose tissue of dietary n-3 polyunsaturated fatty acids. Animal Science; **71**(3), 509-519 (2000).
8. Kuo H, Jian G, Chen C, Liu C, Lai J. : White blood cell count as an indicator of formaldehyde exposure. Bull Environ Contam Toxicol; **59**(2), 261-7 (1997).
9. Environmental Protection Agency. Formaldehyde : Determination of significant risk, advance notice of proposed rulemaking and notice. Federal Register, **49**, 21870-21897 (1984).
10. Cho YH, Park SO, Woo SM, Hahm TS. : Studies on the content of formaldehyde in food packaging paper. J Kor Soc Environmental Anal, **6**, 213-217 (2003).
11. Petit HV. : Digestion, Milk Production, Milk Composition, and Blood Composition of Dairy Cows Fed Formaldehyde Treated Flaxseed or Sunflower Seed. Journal of Dairy Science, **86**(8), 2637-2646 (2003).
12. Mohammadabadi T, Mesgaran MD, Nasiri MR, Chaji M. : The effect of high fat sunflower meal treated with formaldehyde and sodium hydroxide on milk yield and composition of Holstein dairy cows. Advances in Animal Biosciences, **1**(01), 289-289 (2010).
13. B.A. Owen, C.S.Dudney, E.L. Tan, and C.E. Easterly. Formaldehyde in drinking water : Comparative Hazard Evaluation and an Approach to Regulation. Regulatory toxicology and pharmacology, **11**, 220-236 (1990).
14. 양승태, 이화성 : 수질중의 Formaldehyde 정량분석법 연구. 한국물환경학회지. **16**(2), 275-282 (2000).
15. 식품의약품안전청 : 식품공전. pp. 10.1.1-11 (2011).
16. 국립수의과학검역원 : 축산물 가공기준 및 성분규격. pp. 78-283 (2010).
17. 식품의약품안전청 : 식품공전. pp. 10.1.42-45 (2011).
18. 식품의약품안전청 : 식품 중 포르말린이란?. pp. 41-43 (2007).
19. Cao CF, Wang Z, Urruty L, Pommier JJ, Montury M. : Focused Microwave Assistance for Extracting Some Pesticide Residues from Strawberries into Water before Their Determination by SPME/HPLC/DAD. Journal of Agricultural and Food Chemistry **49**(11), 5092-5097 (2001).
20. 정원철, 김영일, 손호영, 김석, 이후장 : 시판 우유 중 콜린 함량조사. 한국식품위생안전성학회지. **23**(4), 338-342 (2008).
21. 김은경, 남해원, 박영심, 명춘옥, 이기완 : 생애주기영양학. 신광출판사. pp. 99-156 (2010).
22. 국립수의과학검역원 : 축산물 가공기준 및 성분규격. pp. 23 (2010).
23. Kretchmer N, Zimmermann M. : Infancy and nutrition. Developemental nutrition. Allyn and Bacon, 305 (1997).