

적색육에 함유된 장쇄 오메가-3 지방산

Long-chain omega-3 fatty acids in red meat

Peter Howe · Jon Buckley · Barbara Meyer

1 사우스오스트레일리아대학교 보건과학부 영양생리연구센터 및 ATN 대사건강센터, 애들레이드

2 울런공대학교 보건과학부 대사연구센터 및 스마트푸드센터, 뉴사우스웨일스

Nutrition & Dietetics 2007; 64 (Suppl. 4): S135-S139

핵심 요약

- 새로 도입된 영양소 기준치(Nutrient Reference Values)는 대부분의 오스트레일리아인이 만성질환 위험을 낮추기 위해 장쇄 오메가-3 다가불포화지방산(LC 오메가-3 PUFA), 즉 **에이코사펜타엔산(EPA), 도코사펜타엔산(DPA), 도코사헥사엔산(DHA)**의 섭취를 늘려야 함을 시사한다.
- 1995 년 국민영양조사(National Nutrition Survey) 분석 결과, 육류는 오스트레일리아 성인의 LC 오메가-3 PUFA 섭취에서 해산물에 거의 맞먹는 기여를 하는 것으로 나타났다.
- 육류는 EPA·DHA 에 비해 **DPA 함량이 상대적으로 높다**. 그 결과 DPA 는 오스트레일리아 성인의 평균 LC 오메가-3 PUFA 섭취량의 29%를 차지한다.
- 최근 근거들은 LC 오메가-3 PUFA 가 주는 건강상 이점을 전달하는 데 있어 DPA 가 EPA 나 DHA 못지않게 중요하다는 점을 시사한다.
- 그러나 현행 규정은 어떤 식품이 오메가-3 함량 표시 자격을 갖추는지 판정할 때 DPA 함량을 고려하지 않는다. 나아가 제안된 일반 수준 오메가-3 건강강조표시에서도 식품의 DPA 함량은 반영되지 않을 예정이다.
- 살코기 적색육은 LC 오메가-3 PUFA 의 중요한 천연 식품 급원이며, 그 함량은 **가축 사료 조성을 조절함으로써 변화시킬 수 있다**.

서론

한 세대가 넘도록 오스트레일리아인들은 관상동맥 심장질환의 위험을 줄이기 위해 포화지방 섭취를 줄이라는 권고를 받아왔다. 우리 식단에서 포화지방의 주된 급원인 동물성 지방이 표적이 되었고, 그 결과 탈지유나 지방을 제거한 정육 부위 같은 저지방 제품이 널리 도입·수용되었다. 이와 동시에 불포화지방의 독특한 특성에 대한 인식이 높아졌으며, 특히 단일불포화지방과 오메가-6(n-6)·오메가-3(n-3) 계열 다가불포화지방(PUFA)의 상대적 특성에 대한 이해가 깊어졌다.

이제는 트랜스지방을 제외한 모든 불포화지방이 규칙적으로 섭취될 경우 공복 혈중 지질 수치를 개선할 잠재력이 있다는 점이 분명해졌다. 그러나 불포화지방의 계열 간에는 혈중 지질과 심혈관(CV) 위험에 미치는 영향에서 중요한 차이가 존재한다. 단일불포화지방이나 오메가-6 다가불포화지방과 달리 오메가-3 지방산은 LDL-콜레스테롤을 낮추지는 않지만, 공복 혈중 중성지방 수치를 낮추고 혈액 응고를 억제하며 혈류를 원활하게 하고 건강한 심장 박동을 유지하는 데 도움을 준다. 따라서 오메가-3 지방산은 심혈관질환에 맞서는 다면적(multifactorial) 접근법을 제공한다.

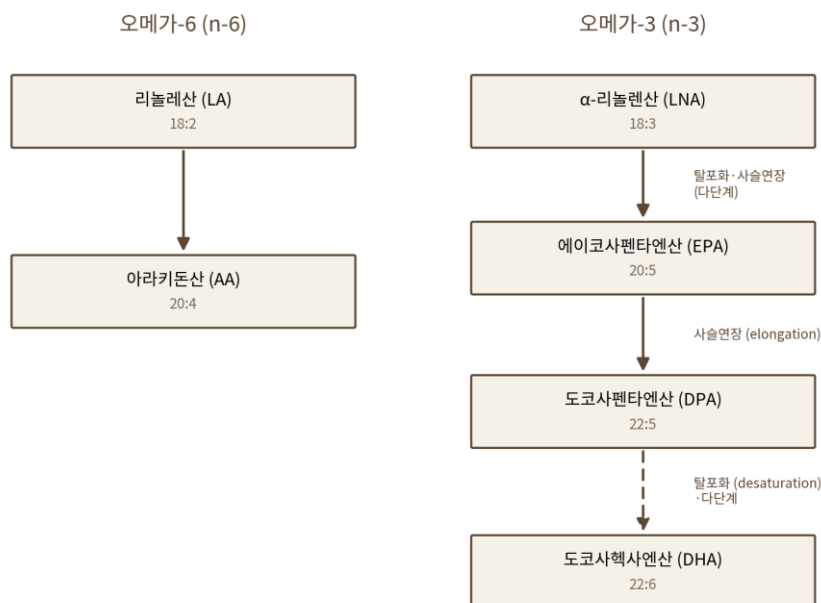


그림 1. n-6 및 오메가-3 PUFA의 생합성 경로

그림 1 n-6 및 오메가-3 PUFA의 생합성 경로

장쇄 오메가-3 PUFA 의 필요성

분자 구조의 미묘한 차이가 오메가-3와 n-6 지방산을 구별한다(그림 1 참조). 이러한 구조적 차이는 이들 분자에 생물학적 활성상의 중요한 차이를 부여한다. 두 계열의 PUFA는 모두 생리적 기능을 매개하지만, 어느 쪽도 인체 내에서 합성되지 않고 서로 상호전환되지도 않으므로 각각 인간 식단에 필수적인 것으로 간주된다. n-6 지방산인 리놀레산(LA)과, 그보다 덜하지만 오메가-3 지방산인 α-리놀렌산(LNA)은 모두 식물성 식품에 풍부하다.

생리적으로 중요한 더 긴 탄소사슬 n-6 지방산인 아라키돈산(AA)과, 장쇄 오메가-3(LC n-3) PUFA인 EPA·DPA·DHA의 전구체로서 LA와 LNA는 각각 이들 필수지방산을 공급하는 식이 요구량을 충족하는 것으로 여겨졌다. 그러나 인체 생체이용률 연구들을 통해, 채식주의자와 임신·수유부를 제

외하면 LNA가 EPA·DPA·DHA로 전환되는 비율이 제한적이며 최적의 건강을 유지하기에 불충분할 수도 있다는 점이 점차 명확해졌다.

이에 따라 오스트레일리아인들은 이제 LNA에 더해 이들 LC 오메가-3 PUFA를 **충분히 섭취 (adequate intake, AI)**하도록 권고받고 있으며, 나아가 건강 상태를 최적화하기 위해 상당히 더 높은 **권장 식이 목표(suggested dietary targets, SDT)**에 도달하도록 장려받고 있다. 국립보건의료연구위원회(NHMRC)가 최근 개정한 영양소 섭취 권고안에는 처음으로 여성과 남성에 대해 각각 LC 오메가-3 PUFA(EPA+DPA+DHA)의 AI가 하루 90mg·160mg, SDT가 하루 430mg·610mg로 포함되었다. AI와 SDT는 각각 성인 섭취량의 50백분위수와 90백분위수에 해당한다(표 1 참조).

표 1 1995년 국민영양조사로 추정된 지방산 섭취량의 백분위(십분위) 분포 (mg/day) — Howe 등을 각색

구분	지방산	10	20	30	40	중앙값	60	70	80	90
여성	18:2 n-6 LA	2.809	4.052	5.175	6.226	7.405	8.681	10.242	12.167	15.991
	20:4 n-6 AA	0.008	0.031	0.050	0.069	0.088	0.111	0.141	0.179	0.244
	18:3 n-3 LNA	0.298	0.421	0.511	0.608	0.710	0.826	0.975	1.195	1.570
	20:5 n-3 EPA	0.001	0.006	0.012	0.018	0.024	0.034	0.046	0.066	0.117
	22:5 n-3 DPA	0.000	0.005	0.013	0.022	0.034	0.045	0.061	0.082	0.124
	22:6 n-3 DHA	0.002	0.006	0.010	0.015	0.021	0.029	0.043	0.067	0.206
	총 장쇄 n-3	0.005	0.027	0.047	0.066	0.091	0.120	0.161	0.228	0.424
남성	18:2 n-6 LA	4.373	6.068	7.721	9.144	10.691	12.514	14.891	17.923	23.095
	20:4 n-6 AA	0.030	0.063	0.091	0.119	0.151	0.185	0.226	0.284	0.386
	18:3 n-3 LNA	0.494	0.644	0.781	0.910	1.058	1.227	1.438	1.742	2.278
	20:5 n-3 EPA	0.005	0.015	0.023	0.034	0.043	0.057	0.075	0.107	0.172
	22:5 n-3 DPA	0.003	0.017	0.032	0.046	0.061	0.081	0.106	0.141	0.205
	22:6 n-3 DHA	0.005	0.011	0.018	0.026	0.036	0.048	0.067	0.103	0.270
	총 장쇄 n-3	0.027	0.059	0.089	0.122	0.160	0.206	0.267	0.380	0.605

굵게 표시한 값은 총 장쇄 오메가-3(EPA+DPA+DHA)의 중앙값과 90백분위수를 나타낸다. 값의 단위는 mg/day.

장쇄 오메가-3 PUFA의 섭취량과 급원

LC 오메가-3 PUFA가 특히 신경계 발달을 비롯해 발달에만이 아니라 전 생애에 걸친 건강 유지에도 필수적이라는 근거는 상당하다. 그러나 정의상 성인 인구의 절반만이 LC 오메가-3 PUFA를 적절히 섭취하고 있으며, 90%는 만성질환 위험을 낮추기 위해 권장되는 양보다 적게 섭취하고 있다.

어류와 기타 해산물은 LC 오메가-3 PUFA의 주된 식이 급원이다. 그러나 1995년 국민영양조사의 지방산 섭취량 분석 결과, 우리의 LC 오메가-3 PUFA 섭취 중 **43%가 육류·가금류·수렵육에서 유**

래하며, 청소년에서는 이 비율이 49%까지 높아져 해산물(37%)을 증가하는 것으로 나타났다. 오스트레일리아인이 평균적으로 생선보다 고기를 여섯 배 많이 먹는다는 점을 고려하면 그리 놀라운 일이 아니다.

DPA 의 급원으로서의 육류

LC 오메가-3 PUFA의 건강상 이점, 특히 심혈관 관련 이점을 뒷받침하는 근거의 상당 부분은 EPA·DHA가 풍부한 생선 또는 어유(fish oil)를 이용한 식이 보충 시험에 기반한다. 생선에는 중간 단계의 LC 오메가-3 PUFA인 DPA가 비교적 적게 들어 있으며, 어유에는 그보다도 더 적다. 이 때문에 심혈관 건강을 위한 LC 오메가-3 PUFA 섭취 권고는 대개 DPA를 언급하지 않고 EPA와 DHA만을 명시한다.

그러나 생선과 비교할 때 쇠고기·양고기를 포함한 포유류 육류는 **EPA·DHA 대비 DPA의 비율이 상대적으로 높다**. 표 2는 오스트레일리아에서 여러 육류·어류 제품의 상대적 소비율에 따라 가중한 육류와 어류의 EPA·DPA·DHA 상대 함량을 보여준다. 그 결과 DPA는 오스트레일리아 성인의 총 식이 LC 오메가-3 PUFA 섭취량의 29%를 차지하는 것으로 나타났다. 따라서 우리는 DPA의 생리적 기능과, 그것이 EPA·DHA의 기능과 어떻게 비교되는지를 더 잘 이해할 필요가 있다.

표 2 육류와 어류의 상대적 LC 오메가-3 PUFA 함량 (mg/100g)* — Howe 등을 각색

	쇠고기	양고기	돼지고기	가금류	어류*
EPA	45	40	14	14	247
DPA	71	83	28	18	66
DHA	13	20	16	15	415
총 장쇄 n-3	129	143	58	47	728

* 여러 종류의 육류·어류의 기여도는 1995년 국민영양조사에서의 상대적 소비율에 따라 가중되었다.

개별 장쇄 오메가-3 PUFA 의 생리적 효과

현 단계에서는 LC 오메가-3 PUFA에 귀속되는 건강상 이점을 매개하는 데 있어 EPA와 DHA 각각의 역할이 아직 잘 규명되어 있지 않다. DHA는 세포막, 특히 신경계 세포막의 핵심 구성성분이며, 전사(transcription)에 대한 영향을 통해 여러 대사기능 매개인자의 유전자 발현에 영향을 줄 수 있다. EPA 또한 방대한 에이코사노이드(eicosanoid) 계열의 합성에서 AA를 대체하는 일차 기질로 작용함으로써 광범위한 생리 기능에 영향을 미칠 수 있다. 여기에는 필수적인 순환·면역 기능을 매개하는 프로스타글란딘, 류코트리엔, 트롬복산이 포함된다. 더욱이 EPA와 DHA는 모두 조직 복구와 면역에 중요한, 최근 규명된 리졸빈(resolvin)의 기질이기도 하다. DPA가 이에 상응하는 영

향권을 갖는지는 아직 규명되지 않았다.

바다표범 고기와 바다표범 기름은 특히 DPA가 풍부한 급원이다. 흥미롭게도 심혈관 위험 감소에 관한 최초의 역학적 근거의 토대가 되었던 그린란드 이누이트의 전통 식단에서 LC 오메가-3 PUFA 섭취의 주된 기여원은 생선이 아니라 **바다표범**이었다. DPA가 풍부한 보충제로 수행된 소수의 인체 중재 시험들은, 심혈관 위험인자 개선에 있어 DPA가 EPA나 DHA에 못지않거나 오히려 더 유익함을 시사한다. 최근 바다표범 기름을 이용한 임상시험들은 그것이 혈장 중성지방을 낮추는 데 어유보다 더 효과적임을 보여주었으며, DPA가 혈소판 응집에 특이적인 억제 효과를 가질 수 있음을 시사한다.

DPA 의 역할은?

DPA는 인체 내에서 식이 LNA가 LC 오메가-3 PUFA로 전환되는 과정의 주된 종착점(end-point)으로 보인다. 따라서 그 생리적 효과는 육식을 하는 사람뿐 아니라, LC 오메가-3 PUFA의 유일한 급원이 LNA로부터의 전환인 채식주의자에게도 중요한 의미를 가질 수 있다. 섭취한 LNA의 8%가 EPA와 DPA로 전환되지만, 최종적으로 DHA까지 전환되는 비율은 0.1% 미만인 것으로 추정된다.

어쩌면 DHA는 회전율(turnover)이 더 느린 조직 저장고에 축적되어, DHA에 대한 지속적 요구량이 EPA·DPA보다 적을 수도 있다. 이는 적혈구에서 실제로 관찰되는데, DHA는 원형질막의 내층에 결합되어 회전율이 느린 반면, EPA는 외층에 결합되어 있어 인지질분해효소(phospholipase) 활성화에 더 쉽게 접근되는 것으로 보인다.

분명한 것은 EPA·DPA·DHA 각각의 구체적 역할에 관한 더 많은 연구가 필요하다는 점이다. 다만 식이 권고의 목적에서는 이들을 구별할 이유가 거의 없어 보인다. 그럼에도 현행 식품기준규격(Food Standards Code)에서 식품이 오메가-3 영양강조표시 자격을 얻는 데 요구되는 LC 오메가-3 PUFA 함량에 DPA는 포함되지 않는다. 이 규정은 **1회 제공량당 EPA+DHA 60mg**이라는 '오메가-3의 좋은 급원' 기준을 충족하지 못하게 하여 상당수 적색육 부위를 배제한다(표 3 참조). 마찬가지로 DPA는 미국 식품의약국(FDA)의 오메가-3에 대한 한정적 심장건강강조표시에서도 고려되지 않으며, FSANZ가 제안한 사전승인 일반 수준 오메가-3 건강강조표시에도 포함되지 않을 예정이다. 이러한 기준들은 내재적 DPA 함량을 지닌 식품보다, 해산물이나 (DPA가 거의 없는) 어유에서 얻은 LC 오메가-3 PUFA로 강화한 식품을 우대한다.

표 3 선별한 적색육 부위의 LC 오메가-3 PUFA 함량 (mg/100g) — Mann 등을 각색

적색육 부위	EPA+DHA	EPA+DPA+DHA
쇠고기 다짐육 — 햄버거용	72.32	166.05
쇠고기 다짐육 — 일반	23.14	68.61
쇠고기 다짐육 — 저지방	40.14	94.20
쇠고기 살코기 림프 스테이크	36.12	89.32
쇠고기 살코기 라운드 스테이크	27.32	62.71
쇠고기 살코기 톱사이드·실버사이드 로스트	18.51	48.44
쇠고기 살코기 안심(설로인·스카치필렛·티본)	39.81	89.34
쇠고기 살코기 블레이드 스테이크	56.16	114.99
송아지고기 살코기 다리 스테이크	33.64	63.25
송아지고기 살코기 커틀릿	34.81	65.27
송아지고기 살코기 볶음·깍둑썰기	31.68	66.19
양고기 다짐육	67.63	148.18
양고기 살코기 다리·안심 미니로스트·첼프츨	31.51	71.05
양고기 살코기 로인츨	32.37	70.50
양고기 살코기 앞다리츨·이지카브 어깨살	59.57	116.17
머튼(성양) 살코기 베이킹용 다리	51.68	100.93
머튼(성양) 살코기 캐서롤용	76.63	134.86

EPA+DHA 열은 현행 표시 기준에 반영되는 값이며, EPA+DPA+DHA 열은 DPA까지 포함한 실제 총량을 나타낸다.

적색육의 장쇄 오메가-3 PUFA 함량 최적화

모든 포유류와 마찬가지로 적색육의 LC 오메가-3 PUFA 함량은 식이 지방 섭취에 따라 달라진다. 반추동물은 사료로부터 LC 오메가-3 PUFA를 흡수하지만, 반추위(rumen)에서의 분해 때문에 단 위동물(monogastric)보다는 덜 효율적으로 흡수한다. 이 때문에 오스트레일리아처럼 주로 목초를 먹여 기른 소는 상당한 수준의 LC 오메가-3 PUFA(예: 살코기 쇠고기 100g당 90mg)를 함유하는 반면, 미국처럼 주로 곡물을 먹여 기른 소는 그 함량이 훨씬 적다.

이 차이는 특히 적색육의 지방산 함량에 대한 식이 모델링이 미국 농무부(USDA) 성분표에 기반 할 때, LC 오메가-3 PUFA 섭취 목표 권고량을 달성하려는 소비자에게 중요한 함의를 갖는다. 오 스트레일리아에서 곡물 비육장(feedlot) 사용이 늘어나는 것은 쇠고기의 LC 오메가-3 PUFA 함량 을 낮추는 한편 트랜스지방·포화지방 함량은 높일 가능성이 크다. 반추동물에서 LC 오메가-3 PUFA 의 흡수율은 가축의 품종·연령은 물론 사료 구성에 따라서도 달라진다.

해양 급원의 LC 오메가-3 PUFA로 반추동물 사료를 강화하여 적색육의 LC 오메가-3 PUFA 함량을 높이려는 다양한 시도가 있어 왔다. 이 방법은 오메가-3 강화 돼지고기·가금육을 생산하는 데는

효과적이지만, 쇠고기·양고기에는 덜 유망하다. 비육우 사료에 어유를 5% 첨가하자 살코기의 LC 오메가-3 PUFA 함량이 100g당 32mg에서 53mg으로 증가했다. 마찬가지로 어분(fishmeal)을 5% 첨가하자 함량이 19mg에서 43mg으로 늘었는데, 같은 첨가를 가금 사료에 했을 때는 가슴살 함량이 17mg에서 68mg으로 증가했다.

더욱이 높은 PUFA 섭취는 단위동물에서는 잘 견디지지만, 반추동물에서는 반추위 소화를 저해하고 건강·발육에 부정적 영향을 줄 수 있다. 적색육의 LC 오메가-3 PUFA 함량을 최적화하고 가축과 인간 모두에게 건강상 이점을 전달할 잠재력을 극대화하기 위한, 가장 비용 효율적인 사료 배합을 확립하려면 추가 연구가 필요하다.

결론

적색육은 LC 오메가-3 PUFA, 특히 DPA의 중요한 식이 급원이며, 이들 필수지방산의 하루 섭취 요구량에 기여할 수 있다. 나아가 적색육의 LC 오메가-3 PUFA 함량은 사료 조절을 통해 제한적으로나마 높일 수 있다. 그러나 그 영양학적 이점을 온전히 활용하려면 EPA·DPA·DHA 각각이 잠재적 건강 결과에 기여하는 바에 대한 더 깊은 이해가 필요하다.

감사의 글

Meat & Livestock Australia Ltd.에 제출된 기밀 보고서에 제시된 영양 데이터를 전문적으로 분석해 준 Sally Record 씨에게 깊이 감사드린다.

참고문헌

1. Fernandez ML, West KL. Mechanisms by which dietary fatty acids modulate plasma lipids. J Nutr 2005; 135: 2075–8.
2. Simopoulos AP. Omega-3 fatty acids in health and disease and in growth and development. Am J Clin Nutr 1991; 54: 438–63.
3. U.S. Food and Drug Administration. Letter Responding to Health Claim Petition dated November 3, 2003 (Martek Petition): Omega-3 Fatty Acids and Reduced Risk of Coronary Heart Disease.
4. Howe P, Mori T, Buckley J. The Relationship Between Omega-3 Fatty Acid Intake And Risk Of Cardiovascular Disease – A review of a diet-disease relationship prepared for Food Standards Australia New Zealand. 2007.
5. Holman RT, Johnson SB, Hatch TF. A case of human linolenic acid deficiency involving neurological abnormalities. Am J Clin Nutr 1982; 35: 617–23.
6. Davis BC, Kris-Etherton PM. Achieving optimal essential fatty acid status in vegetarians: current knowledge and practical implications. Am J Clin Nutr 2003; 78: 640S–6S.

7. Food and Nutrition Board. Dietary Reference Intakes for Energy, Carbohydrate, Fiber, Fat, Fatty Acids, Cholesterol, Protein and Amino Acids.
8. Burdge GC, Jones AE, Wootton SA. Eicosapentaenoic and docosapentaenoic acids are the principal products of alpha-linolenic acid metabolism in young men. *Br J Nutr* 2002; 88: 355–63.
9. Burdge GC, Wootton SA. Conversion of alpha-linolenic acid to eicosapentaenoic, docosapentaenoic and docosahexaenoic acids in young women. *Br J Nutr* 2002; 88: 411–20.
10. National Health and Medical Research Council. Nutrient Reference Values for Australia and New Zealand. Commonwealth of Australia, Canberra, 2006.
11. McLennan W, Podger A. National Nutrition Survey, Selected Highlights, Australia. Australian Government Publishing Services, Canberra, 1997.
12. Howe PRC, Meyer BJ, Record S, Baghurst K. Dietary intake of long chain n-3 polyunsaturated fatty acids: contribution of meat sources. *Nutrition* 2006; 22: 47–53.
13. Food Standards Australia & New Zealand. Technical Report: Diet-Disease Relationships.
14. Mann NJ, Sinclair AJ, Percival P, Lewis JL, Meyer BJ, Howe PRC. Development of a database of fatty acids in Australian foods. *Nutrition & Dietetics* 2003; 60: 34–7.
15. Muskiet F, Fokkema M, Schaafsma A, Boersma E, Crawford M. Is Docosahexaenoic Acid (DHA) Essential? Lessons from DHA Status Regulation, Our Ancient Diet, Epidemiology and Randomized Controlled Trials. *J Nutr* 2004; 134: 183–6.
16. Simopoulos AP. Evolutionary aspects of diet, the omega-6/omega-3 ratio and genetic variation: nutritional implications for chronic diseases. *Biomed Pharmacother* 2006; 60(9): 502–7.
17. Leaf A, Weber PC. Cardiovascular effects of omega-3 fatty acids. *N Engl J Med* 1988; 318: 549–57.
18. Serhan C, Arita M, Hong S, Gotlinger K. Resolvins, docosatrienes and neuroprotectins, novel omega-3-derived mediators, and their endogenous aspirin-triggered epimers. *Lipids* 2004; 39: 1125–32.
19. Bang HO, Dyerberg J, Sinclair HM. The composition of the Eskimo food in north western Greenland. *Am J Clin Nutr* 1980; 33: 2657–61.
20. Hino A, Adachi H, Toyomasu K, et al. Very long chain N-3 fatty acids intake and carotid atherosclerosis: an epidemiological study evaluated by ultrasonography. *Atherosclerosis* 2004; 176: 145–9.
21. Akiba S, Murata T, Kitatani K, Sato T. Involvement of lipoxygenase pathway in docosapentaenoic acid-induced inhibition of platelet aggregation. *Biol Pharm Bull* 2000; 23: 1293–7.
22. Rissanen T, Voutilainen S, Nyyssönen K, Lakka TA, Salonen JT. Fish oil-derived fatty acids, docosahexaenoic acid and docosapentaenoic acid, and the risk of acute coronary events: the Kuopio ischaemic heart disease risk factor study. *Circulation* 2000; 102: 2677–9.
23. Meyer B, Lane A, Mann N. The effectiveness of DPA rich seal oil compared with fish oil in lowering plasma triglycerides and increasing HDL-cholesterol in hypertriglyceridaemic subjects. ISSFAL Biennial Scientific Meeting, Cairns 2006, Abstracts p. 172.
24. Mann N, Baldwin K, Singh I, Meyer B. The effectiveness of DPA rich seal oil compared with fish oil in lowering platelet activation in healthy human subjects. AAOCS Biennial Workshop, Werribee 2006, Abstracts p. 25.
25. Brown AJ, Pang E, Roberts DC. Persistent changes in the fatty acid composition of erythrocyte membranes after moderate intake of omega-3 polyunsaturated fatty acids: study design implications. *Am J Clin Nutr* 1991; 54:

668–73.

26. Food Standards Australia New Zealand. Claims in Relation to Omega Fatty Acid Content of Foods. Canberra Commonwealth of Australia Gazette (2000) No. P30, pp. 68–9.
27. Ponnampalam EN, Mann NJ, Sinclair AJ. Effect of feeding systems on omega-3 fatty acids, conjugated linoleic acid and trans fatty acids in Australian beef cuts: potential impact on human health. *Asia Pac J Clin Nutr* 2006; 15: 21–9.
28. US Department of Agriculture. Search the USDA National Nutrient Database for Standard Reference (Keyword: beef).
29. Capra S. Recommendations for intakes of long chain Omega-3s – how can we reach them? Workshop on Long Chain Omega-3s, Omega-3 Centre, Melbourne, Oct 2006.
30. Howe P, Downing J, Grenyer B, Grigonis-Deane E, Bryden W. Tuna fishmeal as a source of DHA for omega-3 enrichment of pork and chicken meat and eggs. *Lipids* 2002; 37: 1067–76.
31. Scollan ND, Choi NJ, Kurt E, Fisher AV, Enser M, Wood JD. Manipulating the fatty acid composition of muscle and adipose tissue in beef cattle. *Br J Nutr* 2001; 85: 115–24.
32. Mandell IB, Buchanan-Smith JG, Holub BJ, Campbell CP. Effects of fish meal in beef cattle diets on growth performance, carcass characteristics, and fatty acid composition of longissimus muscle. *J Anim Sci* 1997; 75: 910–9.
33. Wachira A, Sinclair L, Wilkinson R, Enser M, Wood J, Fisher A. Effects of dietary fat source and breed on the carcass composition, n-3 polyunsaturated fatty acid and conjugated linoleic acid content of sheep meat and adipose tissue. *Br J Nutr* 2002; 88: 697–709.
34. Howe P, Meyer B, Record S, Baghurst K. Contribution of Red Meat to Dietary Intakes of Polyunsaturated Fatty Acids. Report to Meat & Livestock Australia, June 2003.