豚内臓に含まれるアラキドン酸含有リン脂質

井上 良計^{*1}・林 雅弘^{*2}・恒吉 雅治^{*3}・工藤 寛^{*3,*4}

^{*1} 備前化成株式会社研究開発部 (〒709-0716 岡山県赤磐郡熊山町徳富 363)

^{*2} 南九州大学食品工学科 (〒884-0003 宮崎県児湯郡高鍋町ひばりヶ丘)

^{*3} 宮崎県畜産試験場川南支場 (〒889-1301 宮崎県児湯郡川南町大字川南 21986)

^{*4} 現宮崎県農政水産部農業経済課 (〒880-8501 宮崎県宮崎市橘通東 2 丁目 10-1)

Phospholipids Containing Arachidonic Acid in Pig Internal Organs

Yoshikazu INOUE^{*1}, Masahiro HAYASHI^{*2}, Masaharu TSUNEYOSHI^{*3} and Hiroshi KUDO^{*3,*4}

^{*1} Research and Development Department, Bizen Chemical co., Ltd.

(363 Tokutomi, Kumayama-cho, Akaiwa-gun, Okayama-ken, 709-0716)

^{*2} Department of Food Science and Technology, Minami-Kyushu University

(Hibarigaoka, Takanabe-cho, Koyu-gun, Miyazaki-ken, 884-0003)

^{*3} Kawaminami Branch, Miyazaki Livestock Experimental Station

(21986 kawaminami, Kawaminami-cho, Koyu-gun, Miyazaki-ken, 889-1301)

Abstract : Examination was made of waste innards from livestock as a potential source of arachidonic acid (ARA). The internal organs of pigs slaughtered for meat production were analyzed for ARA content and distribution for this purpose.

Lipids were extracted from tongues, stomachs, small and large intestines, livers, spleens, hearts, lungs, bladders, ovaries, uteruses and kidneys and ARA was found present at 1.5-19.2% in total fatty acid. Lipids extracted from livers and spleens were particularly high in ARA at 19.2% and 18.5%, respectively. ARA in these organs was mainly distributed in phospholipids, especially phosphatidylethanolamine (PE). In PE of livers, ARA in the total fatty acid was 23.3%.

Livers and spleens of pigs would thus appear potential sources of ARA for food additives. ARA in lipids of pig internal organs was distributed primarily in PE whose absorption and physiological function are superior to triacylglycerins.

Key words : arachidonic acid, liver, spleen, phospholipid, pig

1 緒 言

アラキドン酸 (ARA) は種々の生理活性を持つことが知られているが、近年では乳児や未熟児の発育に対する必須性が注目されている^{1)~6)}。さらに、FAO/WHOなどの公的機関が摂取推奨量を公表したこと⁷⁾、乳児用調製粉乳への添加が検討され始めている⁸⁾。現在のところ、食品添加物としてのARAの安定的な供給源は卵黄レシチンであるがARAの含有量が低く、さらにARA高含有量の供給源が求められている。また糸状菌によるARAの微生物生産も古くから検討され^{9)~11)}、糸

状菌由来のARA含有油脂の食品への利用が欧州では検討されつつあるが、日本国内では未だ実用化には至っていない。

一方、宮崎県の肉豚出荷頭数は鹿児島県に次いで全国第2位であり¹²⁾、養豚業は宮崎県内の主要産業となっている。しかし、1996年夏の病原性大腸菌O-157による集団食中毒多発事件以来、畜産物、特に内臓類(畜産副生物)の食用としての消費は大きく落ち込んでいる。現在では県内で発生する畜産副生物の一部はペットフードなどに利用されているが、その大半は利用されことなく廃棄処分されているのが実状である。

本研究は未利用資源である畜産副生物の有効利用の一端として、豚内臓脂質の食品添加物としての利用可能性

連絡者：林 雅弘

を検討するため、豚内臓中の ARA の分布および存在形態について明らかにし、未利用資源の有効利用の可能性を見いだしたので報告する。

2 実 験

2.1 試 料

試料は宮崎県畜産試験場川南支場にて、市販配合飼料で体重 100~110 kg まで慣行の方法で飼育した肥育豚 (WL×D, 生後 160 日齢前後) の内臓を用いた。屠殺直後の肥育豚より内臓摘出後、直ちに氷冷下で細断し、ミンチにして凍結乾燥後、分析試料とした。

2.2 脂質抽出および分画

凍結乾燥・粉碎した試料より、Folch 法により総脂質 (TL) を抽出した¹³⁾。得られた TL をシリカゲルを用いたカラムクロマトグラフィーにて中性脂質 (NL) とリン脂質 (PL) を分取した¹⁴⁾。さらに PL を薄層クロマトグラフィー (TLC) により展開し (展開溶媒 クロロホルム:メタノール:7 mol/L アンモニア水, 13:6:0.8 V/V/V), I₂ 蒸気にて発色後, 主要なスポット部分を掻き取って, クロロホルム/メタノール (2:1, V/V) で抽出し, 各リン脂質画分を脂肪酸分析に供した。

2.3 脂肪酸分析¹⁵⁾

試料より抽出・分画した各フラクションを 10% 塩化水素-メタノール溶液にてメタノリシスの後, キャピラリーガスクロマトグラフィー (GLC) で脂肪酸組成を分析した。GLC 分析条件は以下の通り。

ガスクロマトグラフ: GL サイエンス GC 363

カラム: 信和化工 HR-Thermon-3000 B 0.25 mm×30 m

カラム温度: 150→220°C (2°C/min)

キャリアーガス: He (1.5 kg/cm²)

検出器: 水素炎イオン化検出器 (FID)

3 結果及び考察

3.1 各臓器の TL 含量及び ARA 含有率

分析した各臓器の TL 含有量と総脂肪酸 (TFA) 中の ARA 含有率を Table 1 に示した。臓器中の TL 含有

量は子宮の 4.9% から大腸の 47.8% まで, 臓器間で大きく異なった。また, 各臓器の TFA 中の ARA 含有率は胃・大腸など TL 含有量の高い臓器で低く, 肝臓・脾臓で約 19% と比較的高い値を示した。

ARA 供給源としては TL 含有量が高く, かつ TFA 中の ARA 含有率が高い事が望ましいが, その点からは今回分析を行った臓器では肝臓及び脾臓が ARA 供給源として有望と考えられた。また, 1 頭あたりの臓器重量が大きいかも資源利用の点から重要で, この点では小腸も利用可能であると考えられた。

3.2 TL 中の NL/PL 比及び ARA の分布

各臓器の NL/PL 比をみると胃, 大腸, 舌など TL 含量の高い臓器では TL 中の NL の比率が高く, 高 TL 含量は NL の蓄積によるものであることがわかる (Fig. 1)。

また, NL および PL 中の ARA 含有率をみると, 子宮を除いたいずれの臓器においても PL 中の脂肪酸で ARA の含有率が高かった (Fig. 2)。すなわち, 高 TL 含量を示す臓器は飽和脂肪酸を主たる構成脂肪酸とする NL を著量含有しており, ARA あるいは ARA 含有リン脂質の供給源としては望ましくないことが示唆された。

Fig. 1 Lipid Contents in the Internals of Pig. (% dry basis)

▨ PL □ NL

Table 1 Fatty Acid Compositions of the Total Lipid in the Internals of Pig. (%)

	tongue	stomach	small intestine	large intestine	liver	spleen	heart	lung	bladder	ovary	uterus	kidney
C14:0	1.2	1.0	0.4	1.5	0.2	0.2	0.2	1.2	1.1	1.5	0.6	0.5
C16:0	25.1	24.7	21.7	28.9	11.7	11.8	14.5	33.3	27.1	27.5	22.8	23.4
C16:1	2.0	1.3	0.5	1.7	Tr.	Tr.	0.3	0.2	1.7	0.7	1.1	Tr.
C18:0	11.4	21.1	12.9	20.4	29.8	30.2	11.1	14.0	16.6	13.7	12.6	13.8
C18:1	49.1	35.4	20.3	34.5	11.5	11.5	14.7	27.1	39.0	22.6	15.9	20.7
C18:2	8.2	10.6	14.6	8.4	17.1	17.3	29.4	7.6	7.0	6.7	5.5	13.5
C20:4n-6	1.5	2.7	9.5	1.5	19.2	18.5	12.1	7.8	4.7	15.7	13.7	16.4
Total lipid *	42.4	26.3	12.7	47.8	18.9	18.0	14.1	8.6	8.1	14.1	4.9	14.9

*%, dry basis

Fig. 2 ARA Contents in the NL and PL of the Internals.

■ ARA % in the NL □ ARA % in the PL

一方、TL中のARA含有率の高かった肝臓、脾臓では特にPL中にARA含有率が高く、これらの臓器の利用の可能性が高まった。

3.3 主要なリノ脂質中のARA含有率

豚1頭あたりの臓器重量も大きく、ARA供給源として有望と思われる肝臓や脾臓についてPLのTLC分析を行った。肝臓PLの主要成分はホスファチジルコリン(PC)とホスファチジルエタノールアミン(PE)であり、そのPL中の含有量はそれぞれ30.6%および14.2%であった。しかし脾臓においては、PL中のPC及びPEの占める割合は肝臓と異なり、それぞれ18.9%および27.4%と、PEの方が多く含まれていた。また、PCとPEを構成する脂肪酸中のARA含有率をみると、PC中には肝臓で7.7%、脾臓で4.8%であったのに対し、PE中には肝臓で23.3%、脾臓では23.7%と、ARAはPE中に多く分布していた(Fig. 3, 4)。

多価不飽和脂肪酸(PUFA)の生理機能については膨大な知見が蓄積されつつあり、近年ではその知見に基づいて機能性食品・医薬への応用が現実のものになりつつある。一般食品への応用ではn-3系PUFAの利用が進

む中、ARAなどのn-6系PUFAについてはまだ今後の課題であるといえる。しかしながら近年では、n-3系PUFAも含め、PUFA-PLの生理機能に研究の焦点があてられ、トリアシルグリセリン(TG)型にない生理機能が次々に明らかにされる中、安定的な供給源が探索されている。これまでにEPA-PLやDHA-PLがバクテリアに含まれるという報告^{16),17)}やDHA-PLの供給源としてイカ内臓の利用の可能性を検討した報告¹⁸⁾があるが、ARA-PLについては供給源が卵黄レシチンに限られ、TFA中のARA含有率はせいぜい数%程度にとどまっていた¹⁹⁾。

動物肝臓中にARAが含有されることは以前から知られていたが^{20)~22)}、ARA-PLの供給源として着目し、その可能性を示したのは本報告が初めてである。平成5~9年度における宮崎県の肉豚出荷頭数は年間130万頭あまりであるが¹²⁾、内臓類の発生量は年間18,000t以上であると推定され、その有効利用が期待される。また、動物の脳には同様にARAが高含有量で含まれると考えられるが、本研究の目的はARA-PLの食品への利用であるため、プリオン等の食品衛生上の問題を抱える脳に

Fig. 3 Fatty Acid Compositions in PC and PE of Liver.

■ in PC □ in PE

Fig. 4 Fatty Acid Compositions in PC and PE of Spleen.

■ in PC □ in PE

については実用化が困難と考え、分析対象外とした。結果として、従来食用に供されてきた豚肝臓、小腸に新たな利用の道を見いだした。また、脾臓については現在全く利用されておらず、未利用資源の有効利用の可能性を見いだした。

今後、各臓器中のARA-PLの精製、安定性など応用面での研究に加え、ARA-PLに特徴的な生理活性の探索が必要である。

謝 辞

本研究を行うにあたり、分析試料のサンプリングに御協力いただいた宮崎県畜産試験場川南支場の皆様、および統計資料収集に御協力いただいた、同支場養豚科の広津美和技師に深謝いたします。

(受付：2000年2月17日，受理：2000年4月4日)

文 献

- 1) M.A. Crawford, W. Doyle, P. Drury, A. Lennon, K. Costeloe, M. Leighfield, *J. Int. Med*, **225**, 159 (1989).
- 2) A. Lucas, R. Morley, T.J. Cole, G. Lister, C. Leeson-Payne, *Lancet*, **339**, 261 (1992).
- 3) C.I. Lanting, V. Fidler, M. Huisman, B.C.L. Touwen, E.R. Boersma, *Lancet*, **344**, 1319 (1994).
- 4) B. Koletzko, T. Decsi, H. Demmelmair, *Lipids*, **31**, 79 (1996).
- 5) R.A. Gibson, M. Makrides, *Acta Pediatr*, **87**, 1017 (1998).
- 6) E.E. Birch, D.R. Hoffman, R. Uauy, D.G. Birch, C. Prestidge, *Pediatric Research*, **44**, 201 (1998).
- 7) M. Ono, M. Hosokawa, Y. Inoue, K. Takahashi, *JAACS*, **74**, 1415 (1997).
- 8) 米久保明得, 食品と開発, **31**, No.6, 17 (1997).
- 9) H. Yamada, S. Shimizu, Y. Shinmen, *Agric. Biol. Chem.*, **51**, 785 (1987).
- 10) Y. Shinmen, S. Shimizu, K. Akimoto, H. Kawashima, H. Yamada, *Appl. Microbiol. Biotechnol.*, **31**, 11 (1989).
- 11) 清水 昌, 化学と生物, **31**, 312 (1993).
- 12) 九州農政局宮崎統計情報事務所編, “平成10年宮崎県畜産統計” 宮崎農林統計協会 (1999).
- 13) J. Folch, M. Lees, G.H. Sloane-Stanley, *J. Biol. Chem.*, **226**, 497 (1957).
- 14) 藤野安彦, “脂質分析法入門” 学会出版センター (1978) p.69.
- 15) M. Hayashi, K. Toda, S. Kitaoka, *Biosci. Biotech. Biochem.*, **57**, 352 (1993).
- 16) K. Watanabe, C. Ishikawa, K. Yazawa, K. Kondo, A. Kawaguchi, *J. Mar. Biotechnol.*, **4**, 104 (1996).
- 17) K. Watanabe, C. Ishikawa, I. Ohtsuka, M. Kamata, M. Tomita, K. Yazawa, H. Muramatsu, *Lipids*, **32**, 975 (1997).
- 18) C. Deng, K. Watanabe, K. Yazawa, S. Wada, *Food Res. Int.*, **31**, 697 (1998).
- 19) 長谷川峯夫, “卵の科学” 朝倉書店 (1998) p.64.
- 20) 秋元健吾, 食品と開発, **32**, No.6, 14 (1998).
- 21) 古泉 巖, 鈴木嘉彦, 志村純子, 劉 昌宇, ビタミン, **69**, 547 (1995).
- 22) 北田善三, 佐々木美智子, 上田保之, 大口龍太郎, 弓場秀雄, 日本食品工業学会誌, **32**, 219 (1985).

[ノート] 豚内臓に含まれるアラキドン酸含有リン脂質

井上良計^{*1}・林雅弘^{*2}・恒吉雅治^{*3}・工藤寛^{*3,*4}

*1 備前化成株式会社研究開発部 (〒709-0716 岡山県赤磐郡熊山町徳富363)

*2 南九州大学食品工学科 (〒884-0003 宮崎県児湯郡高鍋町ひばりヶ丘)

*3 宮崎県畜産試験場川南支場 (〒889-1301 宮崎県児湯郡川南町大字川南21986)

*4 現宮崎県農政水産部農業経済課 (〒880-8501 宮崎県宮崎市橘通東2丁目10-1)

未利用資源である家畜内臓の有効利用を推進するため、豚内臓のアラキドン酸 (ARA) 供給源としての利用可能性を検討した。肥育豚の舌、胃、小腸、大腸、肝臓、脾臓、心臓、肺、膀胱、卵巣、子宮、腎臓から抽出した総脂質の脂肪酸中に ARA は 1.5 ~ 19.2% 検出された。特に肝臓と脾臓に ARA が豊富に含有されており、その ARA はリン脂質、なかでもホスファチジルエタノールアミンに多量に分布していた。

豚内臓に含まれる ARA が吸収性や生理活性の点からトリアシルグリセリンより優れるとされるリン脂質の形で含まれることが明らかとなり、食品衛生上、安全でかつ安定供給可能な未利用資源からの ARA 供給が期待される。

(連絡者: 林 雅弘) Vol.49, No.7, 723 (2000)

[ノート] エノコログサ属植物に含まれるステロールの ガスクロマトグラフィーによる定量

高津戸 秀・糸川恵美子・阿部文一・鳴海安久

上越教育大学自然系化学教室

(〒943-8512 新潟県上越市山屋敷町1)

エノコログサ属植物に含まれるステロールのガスクロマトグラフィーによる定量を行った。アワ (*Setaria italica*) では、シトステロールは種子、葉、茎及び根の各器官においても最も多く含まれていた。また、シトスタノールは種子に局在し、ステイグマステロールは葉及び茎に局在していた。エノコログサ (*S. viridis*)、オオエノコロ (*S. X pycnocomia*) 及びキンエノコロ (*S. glauca*) についても種子、葉、茎の器官別にステロール含量を解明した。シトスタノールはこれら3種において、アワよりは少ないながらも検出された。オオエノコロの種子、葉、茎における主要植物ステロール (カンベステロール、ステイグマステロール及びシトステロール) の含量はアワのそれと良く似ていた。キンエノコロとエノコログサでは、葉及び茎での主要ステロール含量は種子と比べて著しく少なく、アワやオオエノコロの葉及び茎の主要ステロール含量とは大きく異なっていた。同じイネ科エノコログサ属植物において、このような相違点が見られたことは化学分類的に興味深い。

(連絡者: 高津戸 秀) Vol.49, No.7, 727 (2000)