

豆乳に関する一考察

——高速液体クロマトグラフィーによる糖類の分析——

角田万里子・井元 久恵

はじめに

体位の向上や平均寿命の延長が年ごとに更新されるこの頃である。しかしその反面、私たち現代人の食生活の多様化と西欧化に伴って、今、人々の多くは、いかにして成人病を予防し、若さを保ちながら健康な日々を送ることができるかに強い関心をもっている¹⁾。ここ数年来の、栄養過多による成人病の予防を指向した日本型食生活の見直し、これに便乗した観さえみえる健康食品や自然食品のブーム、さらには、いわゆるダイエタリー・ファイバー（食物繊維）なるものの栄養学的効果に対する期待など、第二次世界大戦後しばらく続いた栄養不良の改善を第一義的に考えた時代とは全く異なった様相を呈している。

現代の栄養過剰時代におけるこのような現象の中で、栄養学的に注目すべきものとしては、食物繊維による生理効果や、動物性脂質にかわる植物性脂質を主体とした豆乳（Soy milk）飲料がある。

豆乳は、大豆から豆腐を作る過程で生じる古くからよく知られている中間産物である。特有の青臭さ、渋味、えぐ味などがあるため、食料難の一時期を除いてはあまり普及しなかった。しかし、植物性タンパク質の王者といわれる大豆を原料とするため、生物価の高いタンパク質を含み、その脂質成分も不飽和脂肪酸に富んでいる。近年、豆乳の不快臭を除去する技術が進んだこともあって、昭和52年頃から製造メーカーの数も増え、消費量もうなぎのぼりに上昇した。売り上げ高は昭和55年度33億円、56年度60億円、57年度

135億円、そして59年度は300億円にも達するといわれ、スーパーマーケットの店頭には多種多様の豆乳および加工豆乳が並べられている。

豆乳の起源は、約2000年前にさかのぼり、最初は中国で、豆腐とはほぼ同じ時代に作られたといわれている。日本には鎌倉時代に伝わり、精進料理などに使われたようである。

豆乳が現在のような静かなブームを引き起した要因には、除臭の成功の他に、動物性脂質（飽和脂肪酸が多い）に富んだ牛乳にかわって、不飽和脂肪酸を多く含む植物性脂質を豆乳に求めるようになったことも関係しているようである。

豆乳の種類と化学成分

先に述べた様に、豆乳はもともと大豆から豆腐を作る過程で生ずる中間産物である。すなわち、大豆を一晩水に浸して吸水させた後、磨砕し、加熱処理を行なって、種皮などの残渣（おから）を除去して残った乳白色の液体が豆乳である。これに凝固剤を加えて型入れしたものが豆腐となる（図1参照）²⁾。従って豆乳の成分は、原料の大豆に加える水の量によって異なったものになる³⁾。

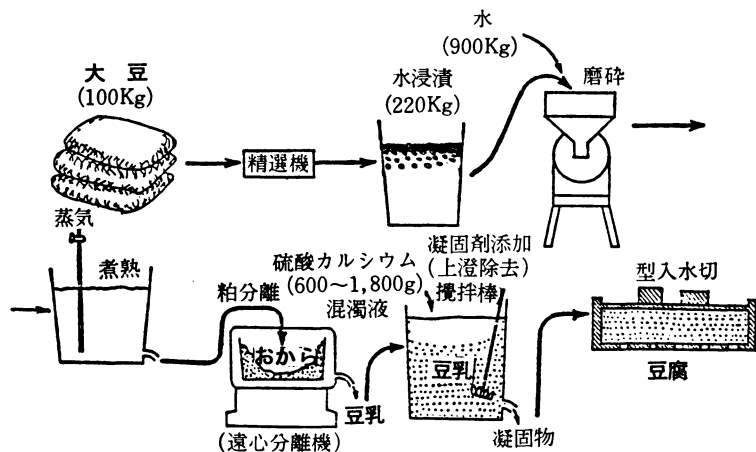


図1 豆乳の製造工程

昭和56年，農林水産省は，市販される豆乳の規格を法令化⁴⁾した。表1にその一部を抜粋して載せた。この基準では，「豆乳」，「調製豆乳」，「豆乳飲料」の三種類に分類され，それぞれ大豆固形分が8%以上，6～8%，4～6%となっている。丸大豆を使用した純粋の「豆乳」，大豆タンパク質や加工大豆を原料にして植物油を添加した「調製豆乳」，両者にコーヒーや果汁などを混ぜた「豆乳飲料」がある。

豆乳および加工豆乳の栄養価

豆乳および加工豆乳の栄養価は，当然のことながら原料になる大豆の成分（表2参照）と深くかかわっている⁵⁾。植物性食品から作ったものの中では，牛乳の栄養価に極めて近い値を示している（表3参照）。牛乳の100%代用とするには，カルシウムやビタミンAなどの含有量が劣るが，市販「調製豆乳」の場合には，メーカーによって，乳酸カルシウムやビタミン類（V.A. および V.E. など）を添加して栄養価を補い，それぞれ独自の風味を与えている。

タンパク質の含有量は，牛乳にくらべてむしろ多い。しかし，窒素1グラム当りに含まれる必須アミノ酸組成（表4参照）は全般的に低く，特にシスチンやメチオニンなどの含硫アミノ酸量が少なく，プロティン・スコアが若干劣っている。

脂質に関しては，構成成分となる脂肪酸の組成（表5参照）に著しい特徴を示している。牛乳に多い飽和脂肪酸が大豆では少なく，逆に，不飽和脂肪

表2 乾燥大豆 100g 当たりの一般組成

エネルギー	417kcal	鉄	9.4mg
水分	12.5g	ナトリウム	1mg
たんばく質	35.3g	カリウム	1900mg
脂質	19.0g	ビタミンA (カロチン)	12μg
炭水化物	28.2g	ビタミンB ₁	0.83mg
灰分	5.0g	ビタミンB ₂	0.30mg
カルシウム	240mg	ナイアシン	2.2mg
リン	580mg	ビタミンC	φ

四訂「日本食品成分表」より

表1 豆乳，調製豆乳および豆乳飲料品質表示基準

○豆乳，調製豆乳及び豆乳飲料品質表示基準

(昭和56.11.16・農 告 1801)

農林物資の規格化及び品質表示の適正化に関する法律（昭和25年法律第175号）第19条の3第1項の規定に基づき，豆乳，調製豆乳及び豆乳飲料品質表示基準を次のように定め，昭和57年11月16日以後に製造される豆乳，調製豆乳及び豆乳飲料（輸入品にあっては，同日以後に輸入されるもの）に適用することとしたので，同条第3項の規定に基づき，告示する。

(適用の範囲)

第1条 この基準は，豆乳，調製豆乳及び豆乳飲料に適用する。

(定義)

第2条 この基準において，次の表の左欄に掲げる用語の定義は，それぞれ同表の右欄に掲げるとおりとする。

用 語	定 義
豆 乳	大豆（粉末状のもの及び脱脂したものを除く。以下同じ。）から熱水等によりたん白質その他の成分を溶出させ，繊維質を除去して得られた乳状の飲料（以下「大豆豆乳液」という。）であって大豆固形分が8%以上のものをいう。
調製豆乳	次に掲げるものをいう。 1 大豆豆乳液であって大豆固形分が6%以上8%未満のもの 2 大豆豆乳液に大豆油その他の植物油脂及び糖類，食塩等の調味料を加えた乳状の飲料（以下「調製豆乳液」という。）であって大豆固形分が6%以上のもの 3 脱脂加工大豆（大豆を加えたものを含む。）から熱水等によりたん白質その他の成分を溶出させ，繊維質を除去して得られたものに大豆油その他の植物油脂及び糖類，食塩等の調味料を加えた乳状の飲料（以下「調製脱脂大豆豆乳液」という。）であって大豆固形分が6%以上のもの
豆乳飲料	次に掲げるものをいう。 1 調製豆乳液又は調製脱脂大豆豆乳液であって大豆固形分が4%以上6%未満のもの 2 調製豆乳液又は調製脱脂大豆豆乳液に果実の搾汁（果実ピューレー及び果実の搾汁と果実ピューレーとを混合したものを含む。以下同じ。），野菜の搾汁，乳又は乳製品，穀類粉末等の風味原料を加えた乳状の飲料（風味原料の固形分が大豆固形分より少なく，かつ，果実の搾汁を加えたものにあつては果実の搾汁の製品に占める重量の割合が，10%未満であり，乳又は乳製品を加えたものにあつては乳固形分が3%未満であり，かつ，乳酸菌飲料でないものに限る。）であって大豆固形分が4%以上（果実の搾汁の製品に占める重量の割合が5%以上10%未満のものにあつては2%以上）のもの

「食品六法」58年度版より

表3 豆乳および加工豆乳と牛乳の成分比較

100g当りの成分		豆 乳	調整豆乳	豆乳飲料	牛 乳
エネルギー	(kcal)	46	65	62	59
水 分	↑	90.8	87.9	86.3	88.7
タンパク質		3.6	3.2	1.7	2.9
脂 質	(g)	2.0	3.6	1.6	3.2
炭水化物	↓	3.1	4.8	10.1	4.5
灰 分		0.5	0.5	0.3	0.7
カルシウム	↑	15	31	14	100
リ ン		49	44	24	90
鉄	(mg)	1.2	1.2	0.5	0.1
ナトリウム	↓	2	50	25	50
カリウム		90	170	60	150
ビタミンA効力	(I.U)	0	0	0	110
ビタミンB ₁	↑	0.03	0.07	0.04	0.03
ビタミンB ₂	(mg)	0.02	0.02	0.02	0.15
ナイアシン	↓	0.5	0.2	0.1	0.1
ビタミンC		0	0	φ	φ

四訂「日本食品成分表」より

表4 大豆および牛乳の全窒素 1g あたりの
必須アミノ酸含有量

必須アミノ酸 (mg/1gN)	大豆	牛乳
イソロイシン	300	320
ロイシン	450	590
リ ジ ン	430	480
含硫アミノ酸	151	200
フェニールアラニン	330	280
スレオニン	270	270
トリプトファン	92	92
バ リ ン	310	410
プロテインスコア	56	74

四訂「日本食品成分表」より

表5 大豆および牛乳の脂肪酸組成

	脂 肪 酸 (全脂肪酸に対する%)	大 豆	牛 乳
飽 和 脂 肪 酸	酪 酸 C ₄		3.6
	カプロン酸 C ₆		2.1
	カプリル酸 C ₈		1.1
	カプリン酸 C ₁₀		2.4
	ラウリン酸 C ₁₂		2.7
	ミリスチン酸 C ₁₄		9.4
	パルミチン酸 C ₁₆	10.8	25.7
	ステアリン酸 C ₁₈	4.2	10.1
不 飽 和 脂 肪 酸	デセン酸 C _{10:1}		0.5
	ドデセン酸 C _{12:1}		0.5
	テトラデセン酸 C _{14:1}		1.7
	ヘキサデセン酸 C _{16:1}		2.5
	オクタデセン酸 (オレイン酸ほか) C _{18:1}	20.4	24.3
	オクタデカジエン酸 (リノール酸ほか) C _{18:2}	54.5	2.2
	オクタデカトリエン酸 (リノレン酸ほか) C _{18:3}	10.1	2.8

四訂「日本食品成分表」より

酸の中でも特に不可欠脂肪酸と呼ばれるリノール酸^{*}、リノレン酸^{*}の含有量が、牛乳をはるかにしのいでいる。ことにリノール酸の含量は多く、成人病予防の立場からみると、優良飲料といえる。

炭水化物の構成成分として注目されるのは、オリゴ糖である。牛乳に含まれる乳糖（ラクトース：ガラクトースとグルコースが β -1,4 結合した二糖類）が、豆乳には含まれない。このため、牛乳を飲むと下痢をする乳糖不耐症^{**}の乳児などでは、母乳あるいは牛乳の代用として、なくてはならないものである。

* これらの不可欠脂肪酸は、血中コレステロールの抑制作用の他に、生体防御などになくてはならないホルモン様物質プロスタグランデン (prostaglandin) 合成の出発物質となる。

** 食事に含まれる二糖類（乳糖、蔗糖、マルトースなど）の消化ができなくて下痢などの症状をきたす。乳児期早期から発病してくる⁶⁾。

一方、豆乳中に含まれる、ガラクトースの α -型で結合したある種のオリゴ糖が、腸内の酵素で分解されないため、これが原因と思われる鼓腸が、豆乳を敬遠させている傾向もあるようである。

豆乳および加工豆乳に含まれる糖類

—高速液体クロマトグラフィーによる分析—

筆者らは、最近、微量分析の分野で広く活用されつつある高速液体クロマトグラフを用いて、市販豆乳中に含まれる糖類、特にこれらのオリゴ糖について迅速分析を試みた。

糖類の分析には、これまでペーパークロマトグラフィー (PPC) やガスクロマトグラフィー (GLC) などが主に使われてきたが、精度、前処理の煩雑さ等にそれぞれ多少問題があり、多数の試料の迅速定量には適さない。

一方、新しい分析技術として期待されているのが、高速液体クロマトグラフィー (HPLC) である。高速液体クロマトグラフィーでは、オリゴ糖や高分子の糖類を加水分解することなく、試料がそのまま分析できるという利点がある。検出器として主として用いられる示差屈折計 (R.I.) の感度が若干にぶく、分析試料の濃度を要するなど、問題点もまだ多いが、条件設定の仕方で、かなり良好な結果も得られる。

糖類の分析で用いられるカラムは、大別すると二種類になる。化学結合型充てん剤を用い、移動相にアセトニトリルと水の混合物を用いたものと、陽イオン交換樹脂またはゲルを充てん剤として、移動相に水を用いたものである。前者は単糖の方から溶出させて測定する方式であり、後者は分子篩の効果で、高分子の多糖からオリゴ糖、単糖へと分離測定する方式である。

本実験では、これら二種類のタイプのものを用いて検討を行なった。

＜実験方法＞

A：試料 昭和産業(株)製粉末豆乳、市販各種豆乳および加工豆乳 (表 6 参照) 10種、前処理：これら各試料 50g (粉末は20%液) を遠心分離 (10,000

表6 市販豆乳および加工豆乳一覧

	豆 乳		調 製 豆 乳		豆 乳 飲 料				
	スジャータ	CO-OP	マルサン	紀 文	紀 文 (麦 芽 コーヒー)	マルサン (麦 芽)	紀 文 (フルーツ ミックス)	日 サラダ油 (まっ茶)	清 サラダ油 (小 倉)
エネルギー (kcal)	55	50	65	58	70	69	52	44	55
たんぱく質 (g)	5.5	4.5	3.5	3.6	2.3	2.4	1.0	2.0	2.2
脂 質 (g)	3.5	2.5	3.2	4.3	2.2	2.5	0.6	1.0	1.6
糖 質 (g)	1.5	2.6	5.1	2.4	10.7	9.1	10.2	7.0	8.0
ミネラル (mg)	33(Ca)	0.7(Fe)	500	50(Ca)	20(Ca)	500	21(Ca)		
ビタミン B ₁ (mg)	0.13	0.13							
“ B ₂ (mg)	0.05								
“ E (mg)	3.2	0.35	4.0	4.0	2.0	2.5	0.8	2	1.1
リノール酸 (g)	1.4		1.6	2.0	1.1	1.2		0.6	0.5
リノレン酸 (g)	0.2								
大豆固形分(%)	10以上	9以上	7	7以上	4以上	4以上	2以上	4以上	2以上
その他の材料			麦芽糖, とうもろこし油, 果糖, ぶどう糖, 食塩, 炭酸カルシウム	とうもろこし油, 果糖, ぶどう糖, 液糖, 麦芽エキスを、とうもろこし油, 麦コーヒー, カラメル, 食塩, カラギーナン, 乳酸カルシウム, 乳化剤, 着香料	果糖, ぶどう糖, 液糖, 麦芽エキスを、とうもろこし油, 麦コーヒー, 芽エキスを、食塩, カラギーナン, 乳酸カルシウム, 乳化剤, 着香料	果糖, ぶどう糖, 液糖, 麦芽エキスを、とうもろこし油, 麦コーヒー, 芽エキスを、食塩, 炭酸カルシウム	果糖, ぶどう糖, 液糖, 果汁(みかん, りんご, パイン), 着色料, 合成香料, 糊料, 酸味料, 乳酸カルシウム, 着香料	果糖, ぶどう糖, 液糖, 練乳, あん, 黒砂糖, カラギーナン, 食塩, 着色料, 着香料, レシチン	果糖, ぶどう糖, 液糖, 練乳, あん, 黒砂糖, カラギーナン, 食塩, 着色料, 着香料, レシチン

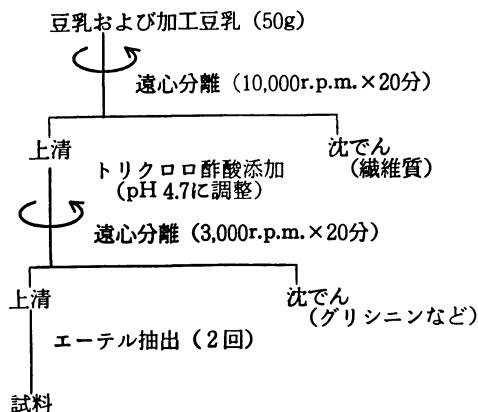


図2 分析試料調製過程概略

r.p.m×20分)した後, 上清部分に特級トリクロロ酢酸を加え, pH 4.7 に調整する。再び遠心分離 (3,000 r.p.m×20分) を行ない, 除タンパク後, 上清を2回エーテルで抽出してトリクロロ酢酸を除く。以上の操作を簡単に図2に示した。

B: 試薬 高速液体クロマトグラフィーに用いる溶離液としては, 液体クロマト用蒸留水および液体クロマト用アセトニトリル (99.5%含有) を用いた。アセトニトリルと水は, 70:30 の割合で混合し, 約1時間ソニケーター (超音波処理) で脱気後用いた。標準試薬としては, 特級 D-グルコース, D-ガラクトース, D-フルクトースの他に, 豆乳および加工豆乳中によく含まれる二糖として特級スクロース (サッカロース), メリビオース, 三糖としてラフィノース, また四糖としてスタキオースをそれぞれ水溶液として使用した。

C: 装置 高速液体クロマトグラフは 島津高速液体クロマトグラフ LC-5A 型, 示差屈折計検出器 RID-2A 型, および自動モニター装置としてクロマトパック C-R2AX 型を備えたものである (写真1 および図3)。高温カラ

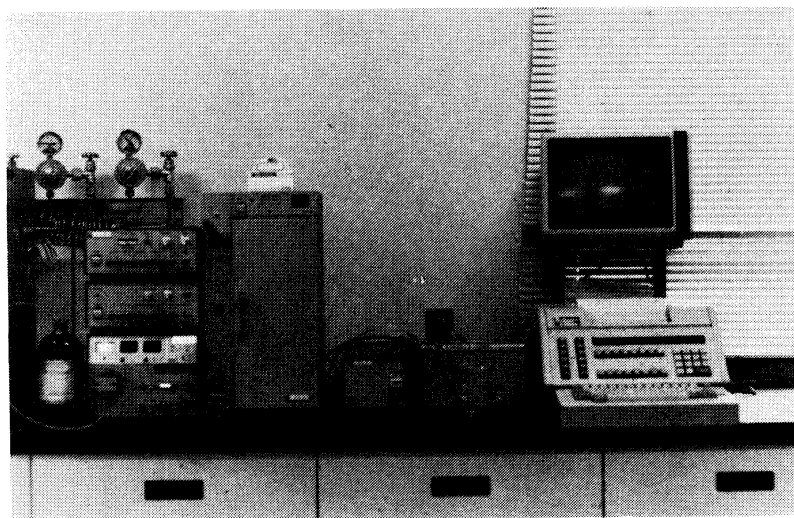


写真1 高速液体クロマトグラフ装置

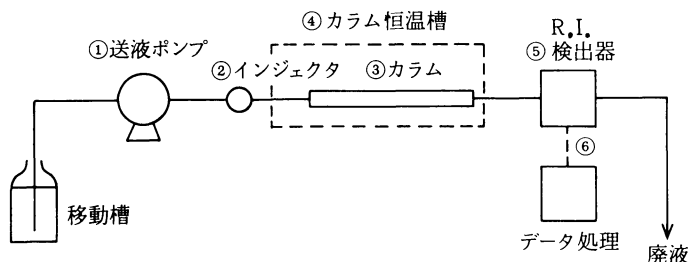


図3 測定流路と各部の構成

ムには島津 CTO-2A 型のカラム 恒温槽を組み込んだ。

使用カラムは① Na 型スルホン化ポリスチレンゲル Shima pack SCR-101N (7.9 mm I.D.×30 cm) とガードカラム SCR(N) (4 mm I.D.×5 cm), 溶離液; 水系と ② Shodex RS pack DS-613 (6 mm I.D.×15 cm), 溶離液; アセトニトリル: 水 (70:30) 系の二種類である。カラム温度はそれぞれ 50 °C と 70 °C に設定した。

＜実験結果および考察＞

図4 は、カラム①を用いて標準試料を分析した場合の流出パターンを示したものである。標準試料には、大豆中に一般的に含まれるスクロース(二糖)、ラフィノース(三糖)およびスタキオース(四糖)の他に、グルコース、フルクトースおよびガラクトースの等モル混合液(1%)を用いた。これらの

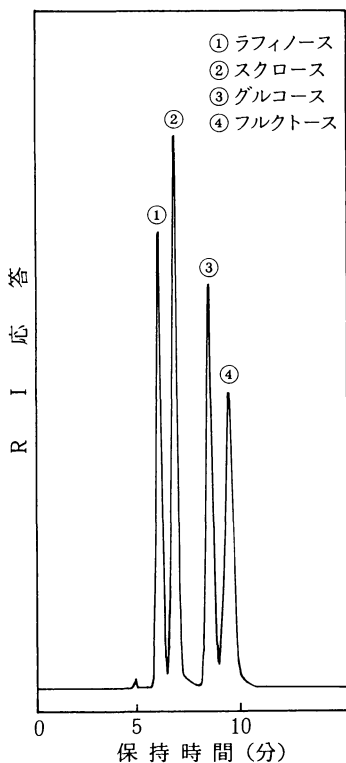


図4 標準試料の HPLC 分析パターン
(カラム: Shima pack SCR-101N)

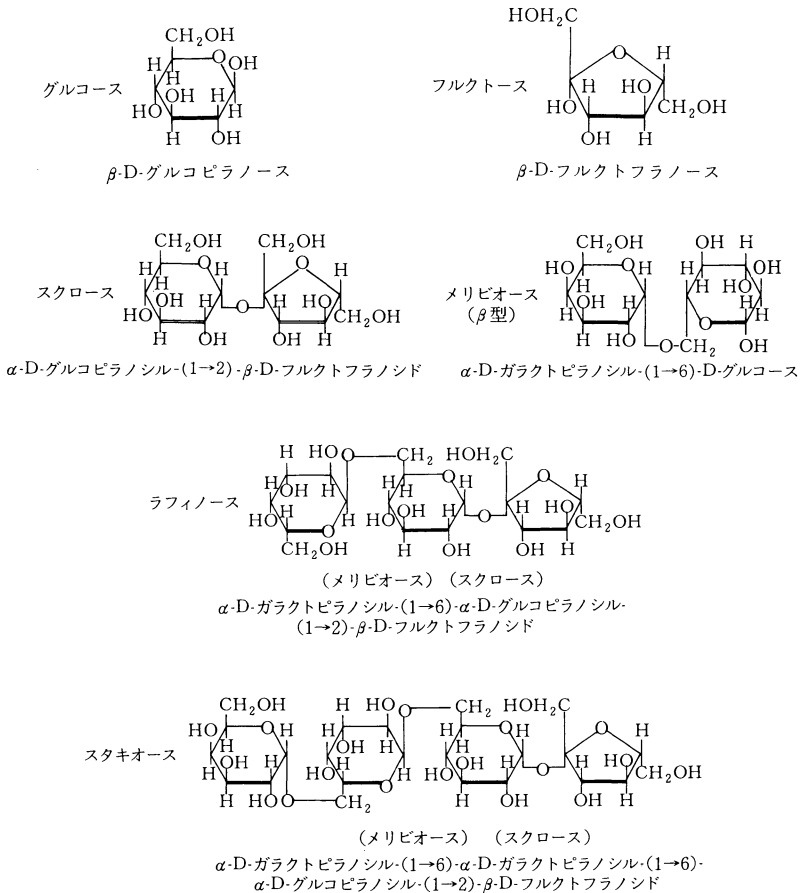


図5 豆乳および加工豆乳に含まれる糖類の構造

構造式を図5に示した。試料の溶出は、分子量の大きいオリゴ糖から行なわれ、更にピラノース型のグルコースとフラノース型のフルクトースが分離されている。保持時間10分以内に全て検出される。この場合、カラムの流速条件は0.8ml/分、検出感度は $\times 8$ または $\times 16$ である。同条件で、前処理した豆乳を分析した結果が図6である。この条件では、四糖以上は全て多糖として1ピークに示された。四糖以上の糖類としては、主にアラビノ・ガラク

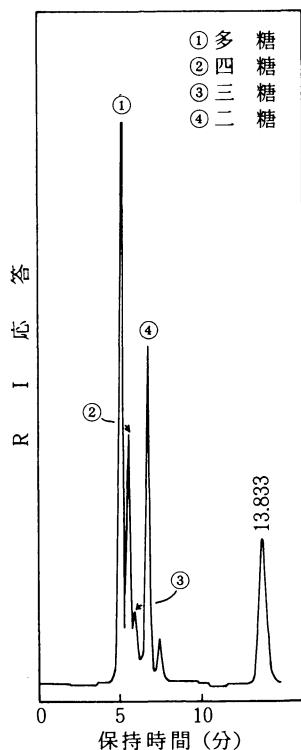


図6 豆乳の HPLC 分析パターン

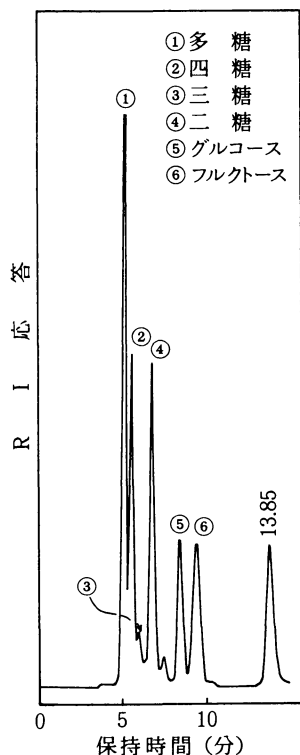


図7 調製豆乳のHPLC 分析パターン

タンなど大豆中に含まれる水溶性多糖⁷⁾が考えられる。保持時間13.8分に生じるピークは、試料の前処理で用いられたエーテルを示すものである。同様にして、調製豆乳、豆乳飲料についても分析を行なった。図7および図8はそれらの代表的な一例を示したものである。本実験では、定量性を検討する段階には至らなかったが、これら飲料に含まれるそれぞれの糖類のおおまかな割合の比較は RI 応答の値で示すことが可能と考えられる。表7は分析した市販の豆乳および加工豆乳の糖組成の割合をパーセントで示したものである。天然豆乳は、ほぼ半分近くが四糖以上の分子量の比較的大きなオリゴ糖であるのに対し、調製豆乳や豆乳飲料では次第にその割合が少なくなる。そ

して逆に、グルコースなどの単糖成分の割合が豆乳飲料では21～34%と圧倒的に多くなる。さらに興味あることは、原豆乳で約50%程度に含まれる水溶性アラビノ・ガラクトタンやペクチンなどの多糖⁸⁾（表8では四糖以上として表わされている）が、調製豆乳では35%前後、豆乳飲料では9～20%と割合が低くなることである。（麦芽豆乳中の四糖以上の糖含量が、他に比べて比較的高いのは麦芽中のデキストリンの混入によるものと推定される。）

また、二糖（スクロース）は20～30%程度のものが多く、他のオリゴ糖は製品によって異なっている。これは天然豆乳にこれらの糖類を添加した結果と考えられ、各メーカーが独自の加工を施したことを示している。すなわち、市販製品中の糖類を分析し、天然豆乳と比較することにより、風味をよくするためにどの程度の加工を施したかが判る。

上の結果から明らかなように、①のカラム

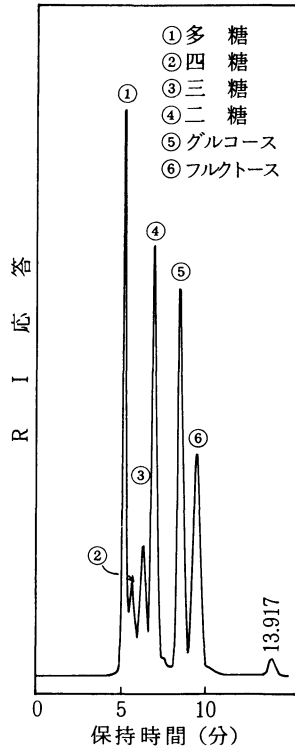


図8 豆乳飲料の HPLC 分析パターン

市販豆乳類 糖組成	原豆乳		調製豆乳		豆乳飲料			
	原豆乳	豆乳	ブレーション	ストレート	麦芽	麦コーヒ	抹茶	小倉
単糖 (フルクトース)	+	—	+	14.9	18.6	27.6	43.0	40.2
単糖 (グルコース)	+	—	1.4	10.8	22.7	20.9	33.8	30.0
二糖	18.6	27.2	38.7	19.5	24.6	25.2	7.3	16.5
三糖	5.0	5.6	15.9	3.0	8.7	7.2	1.9	1.4
四糖	27.0	19.8	8.9	18.0	5.0	2.8	3.3	3.0
四糖以上	49.0	47.5	35.1	33.8	20.5	16.3	9.7	9.0

表7 市販豆乳および加工豆乳の高速液体クロマトグラフィーによる糖組成 (%)

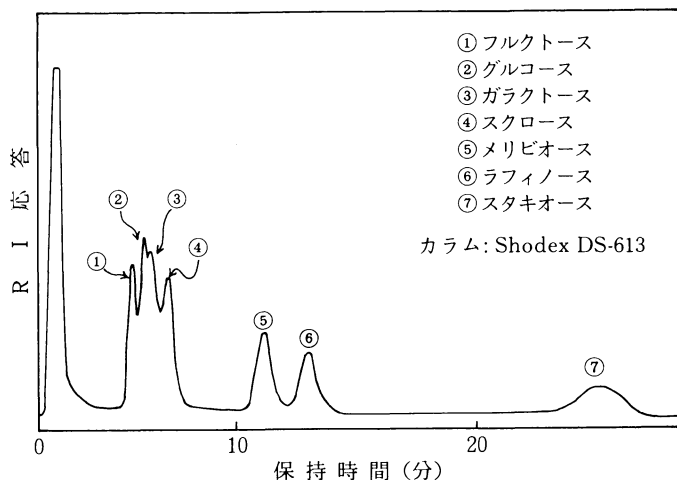


図9 標準試料 HPLC 分析パターン

では、グルコースとガラクトースあるいはスクロースとマルトースといった異性体相互の分離が不可能であるため、カラム②を用いて同様の分析を行った。アセトニトリル：水（70：30）の混合液を用い、カラム①の場合と同様に、流速 0.8 ml/分、カラム温度は 70°C である。標準試料中の各糖のモル濃度を同一に調整した分析の結果が図9である。流出パターンはカラム①とは逆に単糖類からオリゴ糖類へと分離される。グルコースとガラクトースは重なり部分が多く、定量的には若干精度を欠くが、明確なショルダーピー

表8 標準試料の保持時間と1モル当りの感度比

標 準 試 料	保持時間 (分)	R.I. 感度比
フルクトース(単糖)	6.40	0.84
グルコース(単糖)	6.88	1.0
ガラクトース(単糖)	7.28	0.98
スクロース(二糖)	7.85	1.18
メリビオース(二糖)	11.78	0.98
ラフィノース(三糖)	13.58	0.82
スタキオース(四糖)	25.49	0.80

使用カラム: Shodex DS-613, 70°C

移動相: アセトニトリル: 水 (70:30)

流 速: 0.8ml/分

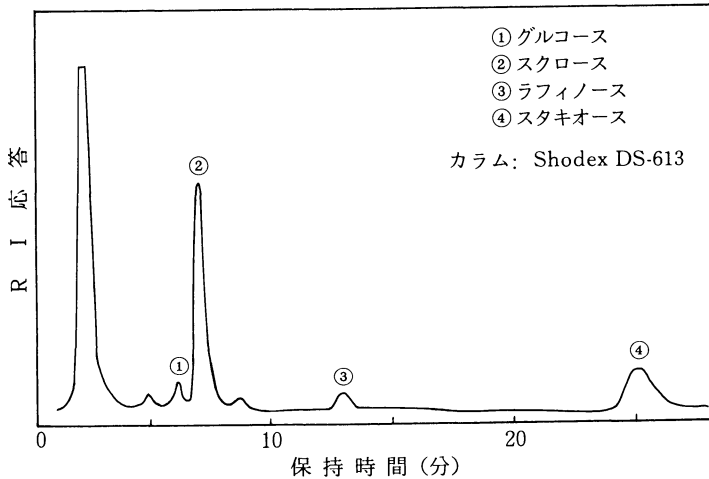


図10 豆乳の HPLC 分析パターン

クとして同定される。二糖類であるスクロースは、単糖と極めて近い部分に溶出されるが、メリビオースとは保持時間がかなり異なる。三糖のラフィノース、四糖のスタキオース共、分析可能である。保持時間は全般的にカラム①よりも長くなる。表8はこれらの標準試料についての保持時間と1モル当りの R.I. 感度をグルコースを1.0として比較したものである。

図10には前処理した天然豆乳（粉末豆乳20%水溶液）中の糖類の液体クロマトグラフィーによるプロフィールを示した。スクロースの割合が最も多く、続いてスタキオース、少量のグルコースとラフィノースが含まれているのがわかる。すなわち、糖類の中でスクロース（49.0%）およびスタキオース（39.4%）が主体を成すが、少量のラフィノース（5.58%）とグルコース（6.0%）も含まれる。ただし、グルコースは、大豆の加熱過程でスクロースの部分的な加水分解によって生成された可能性もある。

豆乳を栄養飲料として用いる場合、考慮すべきことは原料大豆に含まれるラフィノースやスタキオースなどの α -結合のガラクトース残基を含むオリゴ糖の存在である。先に述べたように、これらのラフィノース系オリゴ糖を分解する酵素は小腸に存在せず、大腸中の細菌叢によって分解、代謝され

CO₂ を産生する。これが豆乳を飲んだ際の鼓張の原因と考えられ、従ってこれらのオリゴ糖を除去することは、豆乳の栄養的改良の一つと思われる。大阪市立大学栄養化学研究室では、最近同研究室が見出した微生物 (*Elcinoe leucospila*) 由来の α -D-ガラクトシダーゼを用いて、予備的に酵素分解を行なった⁹⁾。すなわちこの微生物には、 α -ガラクトシダーゼの他に、スクロースを分解するインベルターゼも含まれているため、菌体を固定化し、両酵素の混合物 (インベルターゼ： α -ガラクトシダーゼ、1:0.7) を、10%豆乳から得られたオリゴ糖溶液に作用 (pH 4.5, 37°C, 24時間) させた¹⁰⁾。筆者らはここで得られた試料についても高速液体クロマトグラフィー (カラム①使用) による分析を行なった。その結果は、図11に示すように、スタキオース、ラフィノースおよびスクロースのピークは何れも消失し、グルコース (ガラクトースを含む) とフルクトースのピークのみとなった。

このことは、これらのオリゴ糖がほとんど完全に酵素分解を受けて単糖になったことを示している。従って、豆乳を酵素的に処理することによって鼓張の原因となるラフィノース系オリゴ糖を除くことができ、豆乳の栄養的な価値を高めることにもつながると考えられる。しかしながら、これらの結果は、タンパク質を除去した豆乳のオリゴ糖液に対して行なったもので、豆乳を直接酵素処理するためには、酵素の安定性、pH および無菌的処理方法など解決しなければならない点がいくつかある。

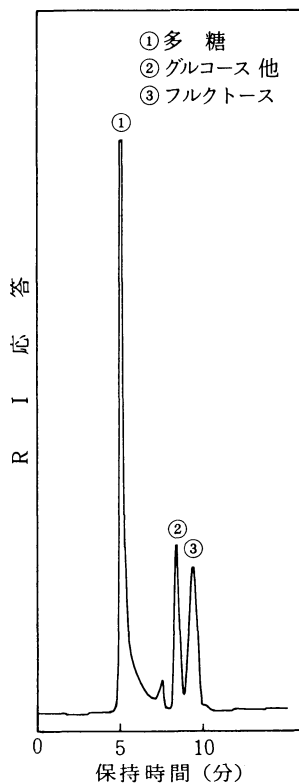


図11 酵素処理した豆乳のHPLC分析パターン

謝 辞

本実験にあたり、豆乳の酵素処理試料を提供していただきました大阪市立大学栄養化学研究室の皆様には感謝致します。また、高速液体クロマトグラフィーによる分析にご協力いただいた島津分析センターに厚くお礼を申し上げます。

文 献

- 1) 「食料・栄養・健康」食料栄養調査会編，医歯薬出版，(1984)
- 2) 「図解・食品貯蔵・加工」近末貢編，医歯薬出版，116，(1983)
- 3) 「総合食品事典」第四版 桜井芳人編，同文書院，615，(1982)
- 4) 「食品六法」中央法規出版，416，(1983)
- 5) 「四訂，日本食品標準成分表」科学技術庁資源調査会編，大蔵省印刷局，(1982)
- 6) 「新病気と食事の事典」吉利，阿部，中山監修，医歯薬出版，969，(1983)
- 7) 「総合多糖類科学」(下) 原田，三崎編，講談社，201，(1976)
- 8) 川村信一郎；食工誌，14，514，405，(1970)
- 9) 西尾，三崎；日本農芸化学会講演要旨集，448，(1980)
- 10) 水谷，金野，三崎；日本農芸化学会講演要旨集，543，(1984)