黒大豆を用いたクエン酸飲料の開発とその健康効果

食品に含まれるポリフェノール類は強い抗酸化性を有することから、広範な生理機能を示すことが知られており、健康機能をもつ食品成分として注目されている。近年、地域特産品として黒大豆の品種開発や加工技術の開発が進みつつあり、黒大豆は発酵原料としての利用が期待されている。本解説の著者らは黒大豆と焼酎麹を原料としてクエン酸の爽やかな酸味をもつ新規のクエン酸健康飲料を開発した。本解説ではこのクエン酸健康飲料の開発における研究の経過と本飲料の生理機能についてラットを用いた動物実験での結果をまとめて簡潔かつ詳細に示していただいた。醸造の技術を活用した製品開発例として、新規製品の開発に向けて大変に参考となる事例である。

穂坂 賢¹・吉田宗弘²・堤 和弘³・舘 博¹

はじめに

日本人の食生活において、大豆は様々な形で利用されており、日本人のタンパク質源として重要な位置を占めている。さらに最近では、大豆に含有される様々な成分の健康増進効果に注目が集まっている。たとえば、大豆タンパク質にはLDL-コレステロール低下効果があり、動脈硬化予防効果が期待されている¹⁾。さらに、大豆オリゴ糖の腸内細菌叢に及ぼす影響や便秘改善効果²⁾、大豆イソフラボンのエストロゲン類似作用³⁾も健康増進に応用できると期待されている。

一方、植物性の水溶性天然色素であるアントシアニン類には活性酸素消去作用があることから、これを生活習慣病予防に応用しようとする研究も盛んに行われている⁴⁾。大豆の中でも黒大豆は、種皮に多量のアントシアニン類を含有するため、これを丸ごと加工することによって機能性の高い食品を調製することが試みられている⁵⁾。そのため、健康上の効果を期待し、これらの成分を含有した機能性食品や飲料が数多く製造販売されている。

さらに、クエン酸の効果を期待した健康飲料の開発

も見られている。クエン酸は、柑橘類などの酸味の素になる成分であり、体内に吸収されると直接エネルギーとして利用される。またブドウ糖が細胞内で燃焼分解されてエネルギーとなるとときに生じるピルビン酸は、筋肉に蓄積されると一部が疲労物質である乳酸に変化するが、クエン酸はピルビン酸を分解して乳酸の生成を抑える働きを持っている。このような疲労に対する予防・回復効果のほか、体液を弱アルカリ性に保ち各種の病気を予防する効果、カルシウムや鉄などのミネラルを水に溶けやすくして吸収率を高める「キレート作用」などが知られている⁶⁾。

筆者らは、ポリフェノール類とクエン酸の両方を、効率よく活かせる健康飲料の開発を考案し、黒大豆のポリフェノール類とクエン酸麹によるクエン酸の両方を備えた健康飲料の開発を試み^{7,8)}、商品化（製造特許取得⁹⁾）することに成功した。開発当初（平成18年）、ポリフェノールとクエン酸の両方を効率よく活かした飲料についての報告は見あたらなかったが、現在では紫黒米や赤紫蘇、あるいはアセロラやブルーベリーを活用した飲料などの商品が製造、販売されているようである。

Development of the Black Soybean Beverage Containing Citric Acid and its Function for Health
Masaru HOSAKA¹⁾, Munehiro YOSHIDA²⁾, Kazuhiro TSUTSUMI³⁾ and Hiroshi TACHI¹⁾

¹⁾ Department of Brewing and Fermentation, Junior College of Tokyo University of Agriculture

²⁾ Laboratory of Food and Nutritional Sciences, Faculty of Chemistry, Materials and Bioengineering, Kansai University

³⁾ Tsutsumi Shuzo Co. Ltd.

本稿では開発、商品化に成功した、黒大豆を活かしたクエン酸飲料の製造諸条件ならびに健康効果について紹介する。

I. 開発の背景

本飲料の開発の発端は、今から8年前の平成18年の初夏のころであった。当時焼酎製造について共同で研究を行っていた酒造会社より、「黒大豆を活用した焼酎はできないだろうか」との相談があった。当時を振り返ると、酒類全体の消費数量は横ばい状態から減少に転じ始めていたが、焼酎（本格焼酎）の消費数量はまだ増加傾向にあった¹⁰時期である。しかし焼酎の過去（昭和50年代末）のブーム時では、その消費数量が増加した期間は長く続かなかった。そのため多くの焼酎メーカーでは、会社経営に苦労したとされている。このような過去の経緯を考えると、当時の焼酎消費数量の増加も1、2年で減少に転じ、やがては経営を悪化させる時期が来るのではないかと予測していた。

そのような折の相談であった。当初は黒大豆による焼酎開発の相談であったが、色々と議論を交わす中で、

酒造会社の特性を最大限に活かし、かつ焼酎製造期以外での「人、物」を活かせる新規の製品開発へと考え方をシフトさせていった。「人、物を活かす」は、「休造期の労務管理」であり、「休造期の設備の活用」である。これらのことをまとめて活用することが、開発の背景にあった。

すなわち、休造期の人的パワーと設備を最大限に活用し、酒造会社にかかる設備的な問題を最小限に抑え、黒大豆の特性をできる限り活かし、さらに酒造会社の白麹製造技術を活かすことにより、新規の製品を開発することであった。この考え方を会社に提案し、今回の製品開発につながった。

II. 製造諸条件

1. 黒大豆に対する米麴の添加量の検討

製造諸条件のうち、原料黒大豆に対する米麴の添加量の検討を行った。焼酎用白麹菌（*Aspergillus kawachii*；ビオック社）にて製麴した米麴（以後、クエン酸米麴という）の酸性 α -アミラーゼ、酸性プロテアーゼおよび酸性カルボキシペプチダーゼ活性を第1表に示した。供試のクエン酸米麴の酵素活性は、一

第1図 黒大豆クエン酸飲料の製造概略

一般的な焼酎用米麹の酵素活性と同等であった¹¹⁾。また原料である黒大豆のポリフェノールおよびアントシアニンの濃度を第2表に示した。ポリフェノールは0.45 $\mu\text{mol/g}$ 、アントシアニンは1.59 $\mu\text{mol/g}$ と、国産大豆と比較するとポリフェノールで4.5倍、アントシアニンで26.5倍の含有量であった。

クエン酸米麹の添加量について、原料黒大豆の重量に対する添加重量比にて検討した。黒大豆の糖化分解条件は、黒大豆とクエン酸米麹の混合重量に対し、55℃の温水を4倍量加え、55℃で24時間高温糖化を行い、その後ろ紙(No.2)にてろ過し、ろ液の成分分析を行った。結果を第3表に示した。黒大豆1に対し米麹0.8の添加割合では、Brix.で4.9、酸度4.1ml、アミノ酸度1.9 ml、ポリフェノール0.02 $\mu\text{mol/ml}$ 、アントシアニン0.01 mol/mlであった。米麹の割合を1.5まで増加させるとポリフェノール量とアントシアニン量はそれぞれ0.02 $\mu\text{mol/ml}$ と0.01 $\mu\text{mol/ml}$ は変わらないものの、クエン酸米麹の酵素量増加により分解が促進され、Brix.が6.4、酸度5.7 ml、アミノ酸度3.0 mlとなった。米麹の添加量を変えてもポリフェノール量およびアントシアニン量に差が無いことから、ろ液の官能評価において甘味と酸味のバランスより判

定を行い、黒大豆に対するクエン酸米麹の添加量は、黒大豆1に対しクエン酸米麹1.2が適当であるとの結果を得た。

2. 原料に対する温水添加量の検討

原料(黒大豆:クエン酸米麹=1:1.2)総量に対する温水の添加量について検討した。なお黒大豆の糖化分解条件は、先の試験と同様行い、温水の添加量を原料総量の3、3.5、4、4.5および5倍量にて検討を行った。ろ液成分の分析結果を第4表に示した。温水の添加量が3倍から5倍に増加するに従い、Brix.度は6.4から5.0に、酸度は5.6 mlから3.8 mlに、アミノ酸度は2.9 mlから1.5 mlに、ポリフェノールは0.02 $\mu\text{mol/ml}$ から0.01 $\mu\text{mol/ml}$ に、およびアントシアニンは0.01 $\mu\text{mol/ml}$ から0.01 $\mu\text{mol/ml}$ 以下の値までそれぞれ減少した。またろ液の官能評価より、温水の添加量3.5倍が、甘味と酸味のバランスが良好であり、アミノ酸、ポリフェノールおよびアントシアニン濃度も3倍の添加量と遜色ないことより、温水の添加量3.5が最適との結果を得た。

3. 原料の分解、糖化温度の検討

前実験までに55℃、24時間の糖化条件では、黒大豆1に対しクエン酸米麹1.2、総原料に対し温水添加量3.5倍量が最適との結果を得た。本実験においては、さらにクエン酸米麹の酵素により、黒大豆を効率よく

第1表 供試白米麹の酵素活性

	(unit/g・koji)
酸性 α -アミラーゼ	380
酸性プロテアーゼ	27,000
酸性カルボキシペプチダーゼ	9,000

第2表 供試黒豆中のポリフェノールおよびアントシアニン含量

	($\mu\text{mol/g}$)
ポリフェノール	0.45 (0.10)
アントシアニン	1.59 (0.06)

()の数値は、大豆(国産)の数値を示す。

第3表 黒豆に対する米麹の添加量の影響

一般成分分析	米麹の添加量 (対黒豆重量比)			
	0.8	1.0	1.2	1.5
pH	4.3	4.2	4.1	3.9
Brix 度	4.9	5.4	6.1	6.4
酸 度 (ml)	4.1	4.8	5.2	5.7
アミノ酸度 (ml)	1.9	2.4	2.7	3.0
ポリフェノール($\mu\text{mol/ml}$)	0.02	0.02	0.02	0.02
アントシアニン($\mu\text{mol/ml}$)	0.01	0.01	0.01	0.01

第4表 原料総量に対する温水の添加量の影響

一般成分分析	温水の添加量 (対原料総量比)				
	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0
pH	3.9	4.1	4.2	4.3	4.3
Brix 度	6.4	6.1	5.7	5.3	5.0
酸 度 (ml)	5.6	5.2	4.7	4.2	3.8
アミノ酸度 (ml)	2.9	2.6	2.4	2.0	1.5
ポリフェノール ($\mu\text{mol/ml}$)	0.02	0.02	0.01	0.01	0.01
アントシアニン ($\mu\text{mol/ml}$)	0.01	0.01	0.01	< 0.01	< 0.01

第5表 各糖化温度における分解効果

一般成分分析	糖化温度 (°C)				
	30	40	55	60	80
Brix 度	0.1	3.2	2.5	1.0	0.1
アミノ酸度 (ml)	2.3	2.7	2.6	0.7	0.5

糖化, 分解する温度について検討した。30~80°Cの各糖化温度における分解効果について, 24時間分解後の分解物のBrix度およびアミノ酸度を測定し, その結果を第5表に示した。

分解温度30°Cは, Brix度0.1, アミノ酸度2.3 mlであったが, 40°Cでは, Brix度3.2, アミノ酸度2.7 mlへと増加した。さらに55°Cでは, Brix度2.5, アミノ酸度2.6 mlと減少し, 60°C, 80°Cと分解温度を上昇させるに従ってBrix度およびアミノ酸度は減少した。これはクエン酸酸性下でかつ温度が上昇することにより, クエン酸米麹中の酵素が失活したためによると考えられる。これらの結果より最適分解温度は, 40°Cが適当といえるが, 実際の製造を考えた場合, 微生物汚染の面ではやや疑問が残る。

本実験では微生物汚染について検討していないが, 一般にクエン酸酸性下では細菌汚染は見られないが, 酵母による汚染が懸念される。特に栄養が豊富であればなおさらである。しかし酵母汚染は, 50°Cを超える温度により十分抑制することが可能である¹²⁾。従って分解温度の面から見ると, 40°Cが最適と考えられるが, 前述のごとく, 微生物管理をも考慮すると50°Cから55°Cの範囲での温度帯での原料分解, 糖化が適当であると考えられた。

4. 分解熟成期間の検討

前実験までにクエン酸米麹使用量, 温水添加量および分解温度について検討した。本実験においては, さらに原料からの成分の効率よい利用を目的に, 分解熟成日数の検討を行った。第6表に糖化温度50°Cでの分解熟成日数における, ろ液成分の分析値を示した。当然のことながら分解熟成日数が長くなればなるほど, 分解熟成は進むが, 分解熟成日数5日目では, 酸度7.6 ml, アミノ酸度5.6 ml, ポリフェノール0.08 $\mu\text{mol/ml}$, アントシアニン0.04 $\mu\text{mol/ml}$ であった。7日目では, 酸度7.8 ml, アミノ酸度5.8 ml, ポリフェノール0.08 $\mu\text{mol/ml}$, アントシアニン0.05 $\mu\text{mol/ml}$ と, 5日目よりも僅かに増加した。

第6表 糖化温度50°Cでの分解熟成日数の影響

一般成分分析	分解熟成日数 (日)			
	1	3	5	7
pH	4.3	4.3	4.2	4.1
Brix 度	5.3	6.6	8.5	9.6
酸 度 (ml)	6.2	6.8	7.6	7.8
アミノ酸度 (ml)	2.5	3.4	5.6	5.8
ポリフェノール ($\mu\text{mol/ml}$)	0.02	0.05	0.08	0.08
アントシアニン ($\mu\text{mol/ml}$)	0.01	0.02	0.04	0.05

この結果から, アミノ酸量, ポリフェノールおよびアントシアニン量が5日目と7日目では大差ないことより, 分解熟成に要する日数は5日目ではほぼ完了したものと考えられる。従って分解熟成期間については, 5日間が適当であると考えられた。

5. 実地製造試験

前項までの実験結果を基に, 原料総量300 kgでの実地製造試験を行った。50°C, 5日間分解熟成させた後, 藪田式の圧搾機(ヤブタ式自動モロミ搾機, BP-60/30段型)にて分解液を得た。得た分解液(以後, 黒大豆クエン酸飲料という)について, 一般成分分析, アミノ酸組成分析, 有機酸組成分析およびミネラル成分分析を行った。各々の分析結果を第7表から第10表に示した。

一般成分分析では, 酸度10.5 ml, アミノ酸度5.6 ml, タンパク質2.4 %, 炭水化物11.1 %, エネルギー54 Kcal, ポリフェノール0.08 $\mu\text{mol/ml}$, アントシアニン0.06 $\mu\text{mol/ml}$ との結果を得た。アミノ酸, ポリフェノールおよびアントシアニンも実験値と同様の含有量を示し, 十分な分解熟成が行なわれたといえよう。アミノ酸組成分析結果から, グルタミン酸が166.2 mg%, ロイシンが135.5 mg%, リジンが132.5

第7表 実地製造による一般成分分析値

成 分	分析値
pH	4.10
酸 度 (ml)	10.50
アミノ酸度 (ml)	5.60
タンパク質 (%)	2.40
炭水化物 (%)	11.10
脂 質 (%)	0.10
灰 分 (%)	0.40
エネルギー (Kcal/100ml)	54.00
ポリフェノール ($\mu\text{mol/ml}$)	0.08
アントシアニン ($\mu\text{mol/ml}$)	0.06

第8表 実地製造によるアミノ酸成分分析値

(mg%)	
アミノ酸	分析値
アスパラギン酸	84.10
スレオニン	52.10
セリン	51.80
グルタミン酸	166.20
プロリン	97.90
グリシン	25.10
アラニン	66.60
バリン	53.10
メチオニン	35.50
イソロイシン	20.60
ロイシン	135.50
チロシン	64.70
フェニルアラニン	77.50
ヒスチジン	98.30
リジン	132.50
アルギニン	52.40
合 計	1,113.90

第9表 実地製造による有機酸成分分析値

(mg%)	
有機酸	分析値
クエン酸	347.5
リンゴ酸	13.6
コハク酸	2.6
乳 酸	34.9
フマル酸	1.3

第10表 実地製造による無機塩類成分分析値

(ppm)	
無機塩類	分析値
カリウム	1460.0
ナトリウム	26.0
カルシウム	71.0
マグネシウム	188.0
鉄	4.2

mg% と、他のアミノ酸（ヒスチジン 98.3 mg%～イソロイシン 20.6 mg%）に比べ多く含有していることも明らかになった。また有機酸組成分析結果から、クエン酸米麴を使用していることもあり、クエン酸が全有機酸量の 87 % (347.5 mg%) も含有していた。さらに無機塩類成分分析結果より、カリウムが 1460 ppm、次いでマグネシウム 188 ppm であり、カリウムが無機塩類の 83.5 % を占めていた。

このように実地製造試験から、黒大豆クエン酸飲料は、クエン酸主体の酸味を呈する飲料であり、かつ原

料由来のポリフェノール、アントシアニンを含むほか、アミノ酸も 1,113 mg% 含有し、カリウムを多く含む飲料であった。

したがって我々が考案した、黒大豆を用いクエン酸米麴で糖化分解熟成し、製造したものは、従来にない新しいクエン酸、ポリフェノール、アントシアニンを含有する飲料であるといえる。

Ⅲ. 健康への効果

黒大豆クエン酸料の機能性を明らかにする目的で、ラットに段階的に黒大豆クエン酸飲料を投与し、血清および肝臓成分を測定した。

6 週齢の Wistar 系雄ラット（平均体重 99.6 g）24 匹を 6 匹ずつ 4 群に分け、1 群には AIN93G 基本飼料¹³⁾、他の 3 群には基本飼料 100g に対して黒大豆クエン酸飲料を 4, 16, 40 ml の割合で混合した飼料を投与し、4 週間の自由摂食法にて飼育した。飼育期間終了後、エーテル麻酔下で開腹し、腹部大動脈より採血するとともに、肝臓、白色脂肪組織（腎臓周辺、精巣周辺および腸間膜）、褐色脂肪組織を採取した。

採取した血液については、血清生化学（中性脂肪濃度（TG）、総コレステロール濃度、アスパラギン酸アミノトランスフェラーゼ活性（AST）、アラニンアミノトランスフェラーゼ活性（ALT））検査を行った。また採取した肝臓のタンパク質濃度と脂質濃度を測定した。各測定結果は分散分析と Tukey-Kramer 検定を用いて解析し、有意水準 5% として群間の比較を行った。

4 週間の飼育期間中の体重増加量と飼料効率を第 11 表に示した。飼料効率において各群に差は生じなかったが、体重においては、対照群である 0 ml 群に比較して、黒大豆クエン酸飲料 4 ml 投与群の増加量が有意に大きかった。しかし、黒大豆クエン酸飲料投与量

第11表 4 週間の飼育期間中のラットの体重増加と飼料効率

群	体重 (g)	飼料効率
		(体重増 (g) / 飼料摂取量 (g))
0 ml	180.5 ± 4.1 ^a	0.37 ± 0.01 ^a
4 ml	199.6 ± 2.9 ^b	0.38 ± 0.01 ^a
16 ml	194.2 ± 4.1 ^{ab}	0.37 ± 0.01 ^a
40 ml	184.3 ± 6.1 ^{ab}	0.38 ± 0.01 ^a

平均値 ± 標準誤差 (n=6)、同じ列の中で異なる添字のある平均値の組み合わせは、統計的に有意 (p<0.05) である。

を増やした 16 ml, および 40 ml 群ではこの効果は縮小し, 対照群との差は有意ではなかった。第 12 表には飼育期間終了後の各群ラットの肝臓と白色, および褐色脂肪組織重量を体重 100 g 当りに換算してまとめたものを示した。黒大豆クエン酸飲料 16 ml 投与群において, 白色脂肪組織重量がやや増加する傾向があったが, 有意水準を 5 % とした場合は, いずれの組織の重量においても, 各群間に差を検出することはできなかった。第 13 表には, 血清生化学検査の一部をまとめたものを示した。黒大豆クエン酸飲料投与は量依存的に血清 AST と ALT 活性, および TG 濃度を低下させ, 40 ml 投与群と 0 ml 群との間に有意差を検出した。しかし, 総コレステロール濃度をはじめとする他の測定項目に関しては, 群間に有意な差は存在せず, 黒大豆クエン酸飲料投与の影響は認められなかった。第 14 表には, 飼育期間終了後の各群ラットから採取した肝臓中のタンパク質濃度と脂質濃度の測定結果をまとめたものを示した。黒大豆クエン酸飲料投与は量依存的に肝臓のタンパク質濃度を増加, 脂質濃度を減少させた。

以上の結果より, 基本飼料 100 g に黒大豆クエン酸飲料 4 ml を混合することによって, 体重の有意な増加が生じた。飼料効率に差がなかったことから, この現象は摂食量の増加によると判断できる。すなわち, 黒大豆クエン酸飲料には食欲増進効果があるといえる。

第 12 表 飼育期間終了後の各群のラットの肝臓と白色および褐色脂肪組織重量

群	肝臓重量 (g/ 体重 100g)	白色脂肪組織 (g/ 体重 100g)	褐色脂肪組織 (g/ 体重 100g)
0 ml	3.83±0.16	4.01±0.21	0.11±0.01
4 ml	3.70±0.09	4.04±0.32	0.11±0.02
16 ml	3.68±0.04	4.88±0.28	0.11±0.02
40 ml	3.80±0.06	4.24±0.31	0.10±0.01

平均値±標準誤差 (n=6)

第 13 表 飼育期間終了後の各群のラットより採取した血液の血清生化学値

群	AST (IU/ml)	ALT (IU/ml)	中性脂肪 (mg/dl)	総コレステロール (mg/dl)
0 ml	89±3 ^b	52±3 ^b	67±9 ^b	73±2 ^a
4 ml	81±3 ^{ab}	45±3 ^{ab}	48±5 ^{ab}	73±6 ^a
16 ml	79±2 ^{ab}	47±4 ^{ab}	46±6 ^{ab}	72±2 ^a
40 ml	70±3 ^a	37±2 ^a	31±4 ^a	75±5 ^a

平均値±標準誤差 (n=6), 同じ列の中で異なる添字のある平均値の組み合わせは, 統計的に有意 (p<0.05) である。

しかし, この効果は黒大豆クエン酸飲料の投与量を増大させると縮小した。飲料中のどのような成分がラットの食欲を増進したかは不明であるが, 投与量を増大させると効果が縮小することから, 味または臭いといった官能的な要因が関わっている可能性も考えられる。

一方, 黒大豆クエン酸飲料投与により, 血清 AST と ALT 活性, 血清 TG, および肝臓脂質濃度は低下し, 肝臓タンパク質濃度は逆に増加した。この効果は量依存的であることから, 前述の食欲増進効果とは独立したものと考えられる。血清 AST と ALT は肝細胞からの逸脱酵素であることから¹⁴⁾, これらの値が変動することは, 肝細胞質の血清への逸脱量の変動, もしくは肝細胞内における両酵素活性値の変動を意味する。本実験においては, 黒大豆クエン酸飲料投与群の血清 AST と ALT の活性値は基本飼料投与群よりも低下していた。一般には, 血清 AST と ALT 活性値の上昇は肝細胞質逸脱量の増大, すなわち肝細胞に損傷が起こっていることを意味するが, 本実験において, 血清 AST と ALT 活性値が最大であった基本飼料投与群に肝障害が発生しているとは考え難いことから, 黒大豆クエン酸飲料投与による血清 AST, および ALT 活性値の低下は肝細胞内における両酵素活性値の低下を意味するものと思われる。

AST と ALT の役割はアミノ酸であるアスパラギ

第 14 表 ラットより採取した肝臓中のタンパク質および脂質含有量

群	タンパク質 (%)	脂 質 (%)
0 ml	18.2±0.8 ^a	6.4±0.3 ^b
4 ml	18.6±0.5 ^a	5.5±0.8 ^{ab}
16 ml	19.2±1.0 ^{ab}	4.9±0.4 ^a
40 ml	20.8±1.1 ^a	4.8±0.3 ^a

平均値±標準誤差 (n=6), 同じ列の中で異なる添字のある平均値の組み合わせは, 統計的に有意 (p<0.05) である。

ン酸やグルタミン酸を有機酸に変換し、TCA サイクルに導入することにある。かりに黒大豆クエン酸飲料投与によって肝臓中の AST と ALT 活性が低下していたとするならば、肝臓アミノ酸プール中の主要アミノ酸であるグルタミン酸とアスパラギン酸の異化代謝、すなわちエネルギーへの変換は抑制されることになる。アミノ酸からのエネルギー産生量が低下した場合、不足したエネルギーは脂肪を分解することによって補われるであろう。すなわち、黒大豆クエン酸飲料投与によって肝臓脂質と血清 TG が減少したのは、アミノ酸の異化代謝が抑制されたために生じたと解釈することができる。

黒大豆クエン酸飲料投与によって AST と ALT の活性低下が生じた理由は不明である。これら両酵素はいずれもビタミン B6 を補酵素としており、B6 が不足したときには活性低下が起こる¹⁵⁾。天然物や薬物の中には B6 の吸収抑制、排泄促進など、食品に含まれる B6 の有効性を低下させるものが存在することが知られている¹⁶⁾。このようなアンチ B6 物質を摂取した場合には、血清の AST や ALT 活性は低下する¹⁷⁾。したがって、黒大豆クエン酸飲料中にはこのようなアンチ B6 物質が存在している可能性が考えられる。ビタミン B6 は必須の栄養素であり、極度に不足すれば様々な弊害が生じる。しかし、黒大豆クエン酸飲料 40 ml 投与群においても、体重増加の点で飲料非投与群と遜色ないことから、B6 不足の悪影響は起こっていないと判断できる。すなわち、今回の投与量の範囲内であれば、黒大豆クエン酸飲料投与は肝臓の AST と ALT の活性を少し低下させることによって、脂質の蓄積を防止するという好ましい効果のみを発現させるといえる。今回の実験ではラット飼料 100 g に対して 4~40 ml の黒大豆クエン酸飲料を投与した。ヒトが 1 日に摂取する食事量が乾燥重量に換算して 400~500 g であることを考慮すると、この投与量はヒトに換算して 1 日あたり 16~200 ml 程度になる。ヒトにおいてもこの範囲の摂取であれば、黒大豆クエン酸飲料の摂取は健康に対して好ましい影響を与えるであろうと考えている。

まとめ

以上紹介したごとく、焼酎メーカーの技術力等を活かし、黒大豆のポリフェノールとクエン酸米麹のクエ

ン酸の両方を、効率よく活かせる健康飲料の開発を考え、それに伴う製造概略を考案し、黒大豆のポリフェノールとクエン酸米麹によるクエン酸の両方を備えた健康飲料の開発、商品化に成功した。さらにラットを用いて黒大豆クエン酸飲料の機能性の検証を行ったところ、飼料 100 g あたり 4~40 ml の黒大豆クエン酸飲料の投与は、量依存的に血清 AST、ALT 活性、中性脂肪濃度、および肝臓脂質濃度を低下させ、逆に肝臓タンパク質濃度を増加させた。黒大豆クエン酸飲料の摂取は肝臓の AST と ALT 活性を低下させることによって、アミノ酸の異化代謝を抑制し、結果として脂肪の代謝を促進したと考えられた。

以上より、黒大豆クエン酸飲料の摂取は肝臓および血清脂質濃度の低下という好ましい健康効果を起こす可能性があると判断した。

¹⁾ 東京農業大学短期大学部醸造学科

²⁾ 関西大学化学生命工学部食品工学研究室

³⁾ 堤酒造 (株)

参考文献

- 1) 山本孝史：ヒト血漿コレステロール濃度に及ぼす大豆タンパク質の効果，*栄養誌*，**44**，155-162 (1991)
- 2) 原淑恵，池田なぎさ，初見健一，渡部侑子，飯野久和，光岡知足：大豆オリゴ糖の低投与量による便性状改善効果，*栄養学雑誌*，**55**，79-84 (1997)
- 3) 戸田登志也：大豆イソフラボン応用商品開発の歴史と今後の課題，*食品工業*，**50** (17)，66-72 (2007)
- 4) 松本均：植物ポリフェノールの多様な機能性の解明 (3)，カシスポリフェノールの視覚改善機能，*バイオサイエンスとインダストリー*，**64**，558-561 (2006)
- 5) 渡辺聡，太養寺真弓，浅野聡：黒大豆を使用した米辛口味噌中のアントシアニンの消長，*味噌の科学と技術*，**55**，360-364 (2007)
- 6) 長田正松，小島徹：クエン酸で医者いらず，*日東書院* (2003)
- 7) 穂坂賢，数岡孝幸，堤和弘，上田康弘，館博，安藤達彦，福永健治，吉田宗弘：黒豆を用いたクエン酸酢の開発，*日健医雑誌*，**15** (3)，36-37 (2006)
- 8) 穂坂賢，数岡孝幸，堤和弘，上田康弘，館博，

- 安藤達彦, 福永健治, 吉田宗弘: 黒豆を用いたクエン酸酢の開発, 日健医雑誌, **17** (2), 19-24 (2008)
- 9) 堤和弘, 穂坂賢: 「大豆類クエン酸飲料及びその製造方法」, 特許第 4592106 号 (2010)
- 10) <http://www.nta.go.jp/shiraberu/senmonjoho/sake/shiori-gaikyo/shiori/2012>
- 11) 注解編集委員会編: 第四回改正国税庁所定分析法注解, 日本醸造協会 (1993)
- 12) 食品分析法編集委員会編: 食品分析法, 光琳 (1984)
- 13) Reeves PG, Nielson FH, Fahey GC Jr: AIN-93 purified diets for laboratory rodents, Final report of the American Institute of Nutrition ad-hoc writing committee on the reformulation of the AIN-76A rodent diet, J. Nutr, **123**, 1939-1951 (1993)
- 14) 金井正光編集: 臨床検査法提要第 32 版, 金原出版, 610-615 (2005)
- 15) Okada M, Goda H, Kondo Y, Murakami Y, Shibuya M: Effect of exercise on the metabolism of vitamin B6 and some PLP-enzymes in young rats fed a restricted vitamin B6 diet, J. Nutr. Sci. Vitaminol, **47**, 116-121 (2001)
- 16) Klosterman HJ: Vitamin B6 antagonists of natural origin, Methods Enzymol, **62**, 483-495 (1979)
- 17) Rumsby PC, Shepherd DM: The effect of drugs on vitamin B6 function in the rat, Biochem Pharmacol, **29**, 3097-3102 (1980)
-