

いも焼酎もろみ酢の実用化

池田浩二¹, 吉留朋尚¹, 大迫美穂¹, 吉元 誠², 倉田理恵², 藤井 信³, 侯 徳侯³

1. 開発の経緯・目的

本格芋焼酎は米とサツマイモを原料に用い、それを発酵・蒸留して焼酎ができる。蒸留と同時に副産物の芋焼酎粕が排出される。熊本国税局管内における焼酎粕の排出量は、平成15年度では約60万klにのぼる。このうち芋焼酎粕が25万kl、その処理方法別では特殊肥料が10万kl、海洋投棄が約12万klで、飼料が58000kl弱である¹⁾。食品への利用はまだ数字上表れていない。

芋焼酎粕の中には、麹菌や酵母が生成したクエン酸などの有機酸や必須アミノ酸及びビタミンE、ポリフェノール、食物繊維、酵母菌体などの健康増進能を持つ食品成分が多量に含まれている²⁾。これらの成分は現代社会の様々な生活習慣病の原因とされる中性脂肪やコレステロール、活性酸素の低下や便秘などに効果が期待される。このように有用な成分を含んでいる芋焼酎粕を健康維持や増進機能を有する飲料として活用することで、付加価値の高い原料となり得る。ただ、芋焼酎粕は固形分が多く、粘性の高さや固液分離も困難である²⁾ ために、食品へ利用されていない。

そこで、芋焼酎粕を飲料として利用するためには固液分離性を向上させる技術の開発が必要である。本技術開発では、産業廃棄物として排出されている芋焼酎粕にセルラーゼ系酵素を使用し、固形分の減量化などの検討も行い、芋焼酎粕から得られる飲料の抗酸化能・生体亢進能・発ガン抑制能などを検討し、健康増進飲料とするための技術の開発を目的とした。

2. 開発方法

(1) 実スケールでの芋焼酎粕の固液分離試験

実験室スケールで選抜した酵素を使用し、粘性低下させた後、実スケールの圧搾機を用いて固液分離性を確認する。固液分離性は分離量・ろ液の透明度・残存固形分量及び固形分の含水率などを判定材料とした。

(2) もろみ酢製品の製品分析

もろみ酢製品の栄養成分・食物繊維・ビタミン類・ミ

ネラル・有機酸・アミノ酸などを外部分析機関で分析した。

(3) もろみ酢製品の機能性確認試験

ラジカル消去能の測定はDPPHを用いて測定し、活性はトロロックス換算により示した。ポリフェノール含量の測定はフォーリン・チオカルトウ法により測定し、クロロゲン酸換算で示した。

また、ポリフェノール類の分析は、高速液体クロマトグラフィーにより分析した。

(4) もろみ酢製品のガン抑制能試験

マウスを用いて生体防御能（ナチュラルキラー活性）の亢進によるガン予防機能を測定した。また、もろみ酢製品による癌細胞の増殖抑制効果はヒト急性前骨髄性白血病細胞（HL-60）を用いてMTTアッセイで検討した。また、対象細胞群としてマウス正常皮膚由来細胞を用いた。

3. 結果と考察

(1) 実スケールでの芋焼酎粕の固液分離試験

実用規模で圧搾試験を行った結果を表1に示す。

芋焼酎粕そのものを圧搾した時の液部の回収率は77.5%、分離固形分の水分含量は80.9%であった。

酵素と米麹による酵素反応と麹の糖化を同時に行うと、液体部分の回収率は約84%、固形分は水分が73%とかなり低く、米麹を加えることで芋焼酎粕の固液分離を容易にすることができた。もともと焼酎粕に含まれている繊

表1 もろみ酢製造方法における圧搾試験結果

試験区分	液部			固形分
	液部SS	液部濁度	回収率(%)	水分(%)
芋焼酎粕	560	0.100	77.5	80.90
もろみ酢製造方法	654	0.345	83.8	73.13

¹ 田苑酒造株式会社（〒895-1295 鹿児島県薩摩川内市樋脇町塔之原11356番地1）

² 九州沖縄農業研究センター（〒861-1192 熊本県合志市須屋2421）

³ 鹿児島大学農学部（〒890-0065 鹿児島市郡元1-21-24）

織がろ過助剤の役目を果たしていたが、酵素を添加することで繊維が分断、微粒化したものの米麴を加えることで、米麴由来の繊維がろ過助剤の役目を果たし、圧搾することができるようになったのではないかと推察している。

(2) もろみ酢製品の成分分析

もろみ酢製品の29項目の分析を公的分析機関である(財)日本食品分析センターに依頼した。その結果を表2に示す。

もろみ酢製品の栄養成分は、100ml当たりのカロリーが63kcal、炭水化物が15.2g、脂質は含まれていなかった。有機酸は1080mgと豊富で有機酸の85%はクエン酸であり920mgも含まれていた。その他にはコハク酸、リンゴ酸、酢酸、乳酸、ピログルタミン酸が含まれていることがわかった。アミノ酸は18種類が確認され、100ml当りに1111mg含まれていた。このうち、必須アミノ酸は406mgであった。その他にはミネラルやビタミン類も確認された。

もろみ酢製品に含まれるクエン酸は芋焼酎製造に用いられている黒麹菌に由来する。特に、我々の製造方法では再度米麴を添加しているため、米麴に由来するクエン酸やアミノ酸などが増強されている。クエン酸には、疲労回復や新陳代謝の活発化などの効果があることが知られている。アミノ酸の中で旨味成分であり、疲労回復を促進するグルタミン酸が100ml当たり161mg、炭水化物をエネルギーに変えて、体内の老廃物を処理したり疲労回復に効果のあるアスパラギン酸が122mg、免疫機能の

表2 液部製品の成分分析結果(製品100ml当り含有量)

栄養成分	水分	89.1g	有機酸	クエン酸	920mg
	カロリー	67kcal		コハク酸	60mg
	タンパク質	1.6g		酢酸	20mg
	脂質	—		乳酸	20mg
	灰分	0.4g		ピログルタミン酸	20mg
	炭水化物	15.2g		リンゴ酸	40mg
	食物繊維	0.3g		アルギニン	82mg
	比重	1.066		リジン	62mg
ビタミン類	ビタミンB ₁	0.03mg	アミノ酸	ヒスチジン	31mg
	ビタミンB ₂	0.05mg		フェニルアラニン	47mg
	イノシトール	22mg		チロシン	50mg
	ナイアシン	0.61mg		ロイシン	71mg
	パントテン酸	0.58mg		イソロイシン	47mg
	ピオチン	3.0μg		メチオニン	19mg
	ビタミンB ₁₂	検出せず		バリン	62mg
	葉酸	10μg		アラニン	70mg
ビタミンE	検出せず	グリシン		70mg	
ミネラル	鉄	0.27mg		プロリン	66mg
	ナトリウム	4.8mg		グルタミン酸	161mg
	カルシウム	8.7mg		セリン	58mg
	カリウム	185mg		スレオニン	53mg
	マグネシウム	10.7mg		アスパラギン酸	122mg
				トリプトファン	14mg
				シスチン	26mg

向上や肝機能の増強、脂肪を燃焼させる作用のあるアルギニンが82mg含まれているなど、多種のアミノ酸が含まれることにより生体内にはバランスのよい供給となるのではないかとと思われる。ミネラルの中で特異的に多かったのがカリウムでこれはさつまいもに由来する成分である。

もろみ酢製品の中には、この他にも後述するポリフェノールが含まれており、上記成分との相乗効果により生活習慣病に役立つ健康増進飲料であると考えている。

(3) もろみ酢製品の機能性確認試験

① ポリフェノール含量の測定

ポリフェノールは活性酸素消去作用など機能性成分として注目されている成分である。ポリフェノール含量とラジカル消去能は相関関係が高い。もろみ酢製品とその原料である焼酎粕液のポリフェノール含量を比較した(図1)。焼酎粕液は約77mg(クロロゲン酸相当/100ml)で、もろみ酢製品は約134mg(クロロゲン酸相当/100ml)の含量であった。これらの結果は、焼酎粕液からもろみ酢製品を製造する過程でポリフェノール含量が約1.7倍ほど増加することを示している。

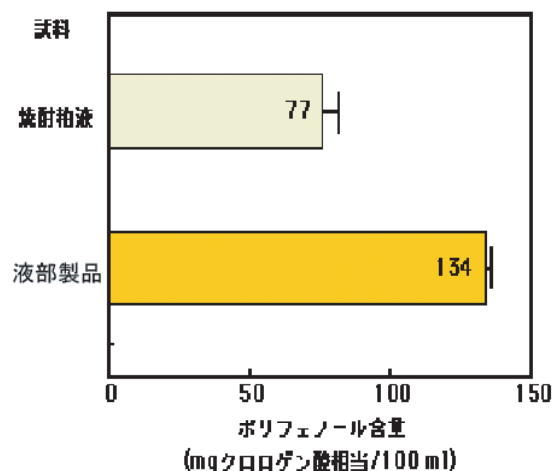


図1 もろみ酢製品のポリフェノール含量

もろみ酢製品のポリフェノール含量を市販の醸造酢との比較を表3に示した。

もろみ酢製品のポリフェノール含量は米黒酢やサトウキビ酢と同程度であった。これらの値は、一部の玄米酢や大麦黒酢以外の酢類の中では高く、各種機能性が期待できる。

② ラジカル消去能の測定

もろみ酢製品のラジカル消去能を図2に示した。焼酎粕液及びもろみ酢製品のラジカル消去能(IC50)はそれ

表3 もろみ酢と市販醸造酢のポリフェノール含量

サンプル No.	原料	ポリフェノール含量 (mg/100ml 酢)
1	サトウキビ	137
2	サトウキビ	123
5	米	15
6	米	104
7	米	58
8 (黒酢)	米	141
9	米	37
3	玄米	68
4	玄米	265
13	玄米	70
10	穀物	34
11	穀物	38
12	米	11
14 (黒酢)	穀物 (大麦)	269
15 (もろみ酢)	焼酎粕 (甘藷)	134

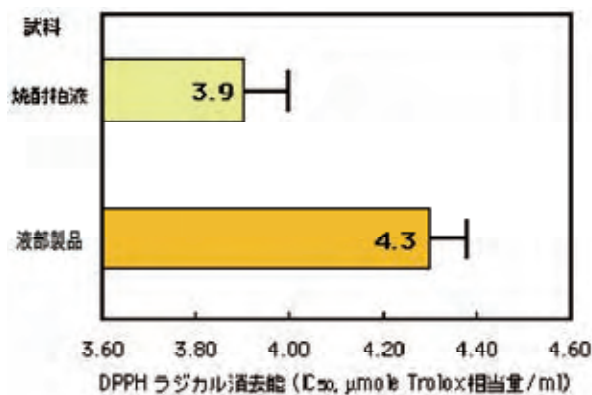


図2 もろみ酢製品と焼酎粕液のラジカル消去能

ぞれ 3.9, 4.3 でもろみ酢製品が焼酎粕液より明らかに高い値を示した。これらの結果は、もろみ酢製品のポリフェノール含量の高いことと一致している。

次に、もろみ酢製品のラジカル消去能を市販の醸造酢と比較した。供試した15種の醸造酢の内、もろみ酢製品は4番目の強いラジカル消去能を示した(図3)。もろみ酢製品はポリフェノール含量では米黒酢や玄米酢より低いにもかかわらず、ラジカル消去能では高い値を示した。これらの結果は、ポリフェノール組成の違いまたはポリフェノール以外のラジカル消去成分の存在が示唆される。

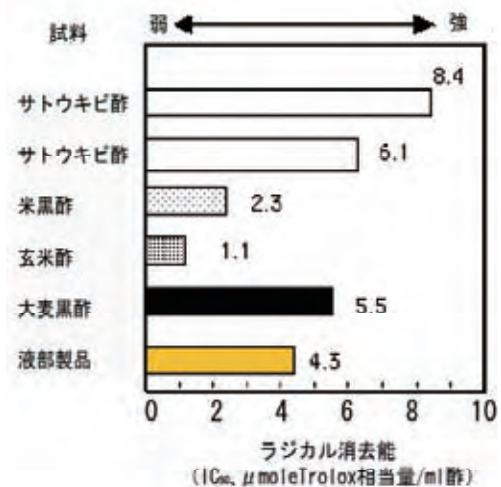


図3 もろみ酢製品と市販酢のラジカル消去能の比較

③ ポリフェノール類の分析

もろみ酢製品のポリフェノールの特性を明らかにするため、高速液体クロマトグラフィにより分析した(図4)。焼酎粕液には少なくとも4種類のポリフェノール化合物が確認された。もろみ酢製品ではほぼ単一のピークが確認され、カフェ酸と同定された。これらの結果は、焼酎粕液を麹で処理することにより、他のポリフェノール類がカフェ酸に変化したと推察される。もろみ酢製品のカフェ酸のピークの高さは、焼酎粕液の約2倍程度であり、これらの結果はもろみ酢製品で全ポリフェノール含量が増加していることを反映している。

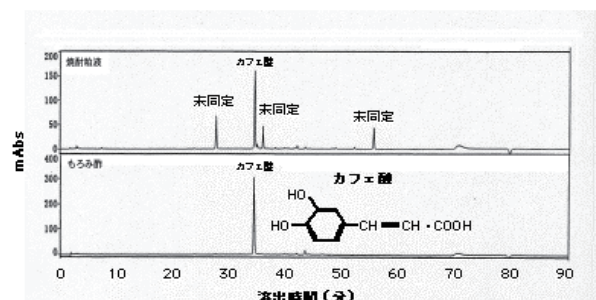


図4 焼酎粕液ともろみ酢製品のポリフェノール組成の比較

(6) もろみ酢製品のガン抑制能試験

① 生体防御能(ナチュラルキラー活性)の亢進によるガン予防機能の測定

サルコーマ接種後、20日間飼育し、その後解体してサルコーマによる腫瘍重量の差を検討した。もろみ酢製品の摂取によって腫瘍の重量増加は抑制されていた。即ち、もろみ酢製品は移植ガン抑制効果があると見られる。

(図5)

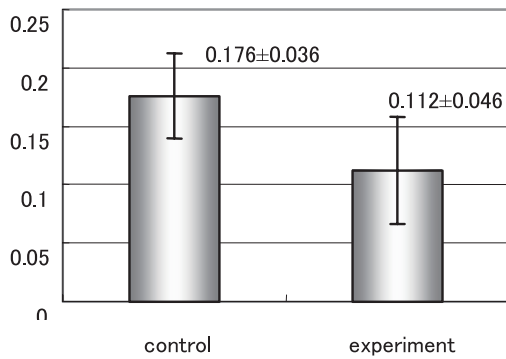


図5 もろみ酢製品の抗腫瘍作用

サルコーマを摂取し、20日間実験飼料で飼育したマウスの脾臓より得たNK活性の測定を行った。その結果、図6に示すように、液部製品を摂取したマウスのNK活性はコントロールに較べて活性が高いことが認められた。

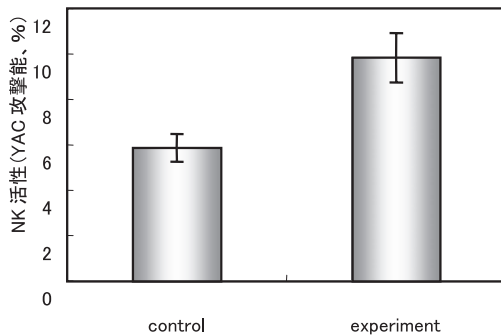


図6 もろみ酢製品のNK亢進能 (NK:YAC-1=10:1)

以上より、もろみ酢製品投与区においてサルコーマ腫瘍の増殖抑制が明らかであり、また生体の側でも、ガン化細胞の増殖を抑制するNK活性の活性亢進が認められた。即ち、もろみ酢製品はNK活性を高めて生体防御能を高く維持し、その結果、移殖腫瘍の増殖を抑制したと見なせる。この機能を持つ物質について今後検討を進め、NK活性亢進のメカニズムも明らかにしたい。

② 癌細胞増殖抑制能の解析

HL-60細胞に各種濃度のもろみ酢製品を添加し、48時間培養後、細胞密度をそれぞれ測定した。結果を図7に示す。0.25, 0.5, 0.75および1.00 mg/mlの添加ではHL-60生存率は無添加のコントロール(100%)に対してそれぞれ96.0%, 69.5%, 30.6%および19.6%でした。これらの結果は、もろみ酢製品にはがん細胞増殖を抑制する成分が存在すると考えられた。

同様の方法でもろみ酢製品の抽出液を正常皮膚由来細胞に添加し、48時間培養後、細胞密度をそれぞれ測定した。結果を図8に示す。0.25, 0.5, 0.75および1.00mg/mlの

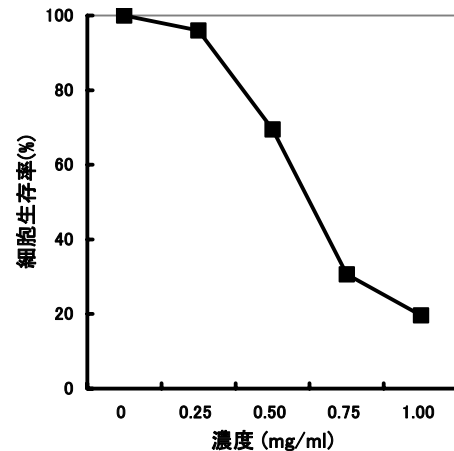


図7 もろみ酢製品のHL-60の増殖抑制効果

添加ではJB6細胞の生存率は無添加のコントロール(100%)に対してそれぞれ97.7%, 87.4%, 85.1%および72.2%でした。これらの結果は、もろみ酢製品は正常細胞の増殖にはあまり影響を与えないことがわかった。

本研究はもろみ酢製品の癌細胞増殖抑制能について検討した。その結果は、もろみ酢製品がヒト急性前骨髄性白血病細胞HL-60の増殖を著しく抑制したが、マウス正常皮膚由来細胞JB6の増殖にはあまり影響をあたえないことがわかった。これらの結果より、もろみ酢製品が健康食品として非常に期待されるものと考えられる。

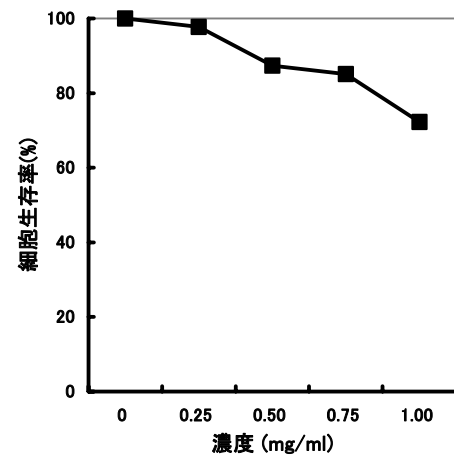


図8 液部製品のJB6の増殖への影響

4. 最後に

この研究の発端は、焼酎粕の廃棄処理が問題になったことにある。海洋投棄から飼料、肥料、水処理、焼却等の陸上処理を検討していた頃、焼酎粕に含まれる成分分析の結果が鹿児島県工業技術センターから発表された。麹菌等の微生物が作り出したクエン酸などの有機酸や原料由来のアミノ酸、ミネラル、ポリフェノール、ビタミン類など健康増進能が期待される成分が目を引き、何と

か食品にできないものかと研究を始めたきっかけでもあった。

今回の研究において得られた成果のうち、压榨性を向上させる方法と製品については、特許を取得できた³⁾。また、製品中のポリフェノール量や高いラジカル消去能などの機能性があること、また抗腫瘍作用、NK 活性亢進能、中性脂質降下作用など生体防御能を高く維持することを明らかにすることができた。

製品の実用化に踏み切ることができ、産学官連携の意義の大きさを改めて感じている。

今回の共同研究により製品化した『さつまいもクエン酸飲料 もろみ酢 黒麹造り』の原料はさつまいもと米麹だけであり、黒麹菌が造った天然の酸味(クエン酸)とほんのりとした甘味が感じられる。

『さつまいもクエン酸飲料 もろみ酢 黒麹造り』(写真1)は本業の焼酎ではなく健康飲料であり、弊社で酒類以外で始めて開発した製品である。この他には『ムラサキモ もろみ酢』(写真1)、焼酎粕の固形分を利用した『いももろみ“大人のサブレ”』を試作品として開発するとともに、もろみ酢飴『ムラサキモ もろみ酢』(写真2)も発売し、好評を博している。



写真1 もろみ酢と紫芋もろみ酢



写真2 もろみ酢飴

これまでにいただいた食品関係の受賞歴は下記のとおりである。

◆『さつまいも もろみ酢 黒麹造り』

鹿児島県新ふるさと特産品コンクール特賞
平成15年度 (鹿児島県知事賞)

鹿児島県さつまいも食品コンクール特別賞
平成15年度 (鹿児島県知事賞)

◆『ムラサキモ もろみ酢』

鹿児島県さつまいも食品コンクール
平成16年度 新製品部門 優秀賞

◆『いももろみ“大人のサブレ”』

鹿児島県さつまいも食品コンクール
平成16年度 製品開発部門 奨励賞

もろみ酢の研究、製品化は「食」という世界への新たな一歩として大きな意味があり、今後、「粕=廃棄物」というイメージを払拭し、焼酎粕のもつ高い機能性成分が貴重な“食財”として認知され、高齢化社会の健康維持食品として有効な用途が広がること、その可能性に夢を抱いている。これからも「食」というキーワードの中で鹿児島の特産となるような商品を開発していきたい。

謝 辞

最後に、この研究を進めるにあたり、ご指導、ご協力いただいた鹿児島大学農学部菅沼教授、並びに鹿児島県工業技術センター食品工業部の皆様に深謝いたします。

本技術開発は農林水産省の補助事業『平成14年度食品リサイクル促進技術開発事業』において、田苑酒造株式会社、九州沖縄農業研究センター畑作研究部ならびに鹿児島大学農学部の3者の共同研究における成果の一部である。

なお、本研究の一部は下記で講演発表した。

平成15年度日本農芸化学会西日本支部、中・四国支部、日本栄養食糧学会、日本食品科学工学会西日本支部鹿児島合同大会及びシンポジウム講演要旨集(平成15年9月)

文 献

- 1) 平成17年酒造講話会資料
- 2) 永濱伴紀, 藤本滋生, 菅沼俊彦: 鹿児島県地域システム技術開発事業 研究成果報告書, 92, III A-1 (1985~1989)
- 3) 特許第3806101号

焼酎粕の養魚飼料への応用

越塩俊介

Application of "Shochukasu" for aquafeeds

Shunsuke Koshio

Key words : shochukasu, protein replacement, aquafeeds, aquaculture

Abstract

Due to the shortage of supply and increase of the cost for fishmeal in the world, the search of fishmeal replacement has become one of the most urgent issues in aquafeed or intensive aquaculture industries in recent years. On the other hand, the treatment of "Shochukasu" is also one of the most important issues in Kagoshima Prefecture due to the national increase of Shochu popularity, resulted production increase, and the restriction of dumping "Shochukasu" into the sea. In this article, the preliminary studies using "Shochukasu" as a protein replacement in the Faculty of Fisheries, Kagoshima University, was reviewed.

我が国の養殖業は、歴史的、形態的、経済的など様々な理由から集約的な手法が大部分を占めている。例えば、集約的生け簀養殖においては、給餌が大変重要な過程であり、多くの養殖業者がいわゆる「養魚飼料」を投与している。近年、養魚飼料中の主なタンパク質源であり、価格も高い魚粉の供給不足と価格高騰により、養魚飼料そのものの価格が高騰する恐れが出てきた。そこで、世界各国で、低コスト飼料を目指した魚粉に取って代わる代替タンパク質源の研究が盛んに行われるようになった¹⁾。一方、我が国における焼酎ブームにより、焼酎の生産量が増加し、それに伴い焼酎粕の生産量も増加の一途をたどっている。また、海上投棄に対する制限が制定される中、焼酎粕処理問題は鹿児島県にとっても大きな課題として扱われるようになった。従って、焼酎粕の有効利用は緊急に対処されなければならない問題として注目を浴びるようになった。焼酎粕は、その成分についてまだ不明な部分も多く、魚粉の代替タンパク質あるいは機能性添加物としての可能性を多く秘めている。本論文では、鹿児島大学水産学部で最近行われている焼酎粕を利用した養魚用飼料の開発において、焼酎粕添加により、魚粉を低減した飼料の有用性について紹介する。

1, 焼酎粕, オカラ, 鶏卵の養魚飼料への応用

焼酎粕をはじめ、オカラや鶏卵は商品として利用できない場合、廃棄される場合が多い。しかしながら、これらの生産物はその生産過程から再利用物としてのポテンシャルが高い。そこで本実験では、焼酎粕, オカラ, 廃棄用鶏卵を用いて、その栄養価と養魚飼料中の適正添加量について、海産有用魚であるトラフグとマダイ稚魚を用いて検討した。表1に上記3種の成分分析値を示した。乾燥焼酎粕は、炭水化物を多く含み、次いでタンパク質含量が高かった。乾燥オカラも焼酎粕近似した組成を示したが、脂質含量が若干高めであった。一方、鶏卵はタンパク質含量が他の2種よりも高く、炭水化物含量が低く、脂質含量は、オカラよりも更に高い値を示した。

これら3種の素材を混合することで、魚粉を削減した試験飼料を作製した。飼料中のアミノ酸バランスを近似させるために、適正配合量を決定し、表2のような配合設計とした。飼料は、ドライペレットで、乾燥素材を混合の後、脂質源のような液体素材と脂溶性物質を十分混合し、ペレッターにより成形し、最終的にオーブンで乾燥した。飼料の分析結果は表3に示した通りである。

Table 1 Proximate composition of Shouchukasu, Okara, and chicken egg

Composition	Shouchukasu	Okara	Chicken egg
Moisture	8	1	5
Crude protein	22	27	47
Crude lipid	6	17	34
Crude ash	4	4	4
Crude fiber	13	11	2
Others*	47	40	8

*carbohydrates, vitamins, etc

Table 2 Composition (g/100g) of test diets used for red sea bream and puffer fish trial

Ingredient	Diet No.				
	D1	D2	D3	D4	D5
Fishmeal	58	53	48	43	38
Shouchukasu	0	2	6	10	14
Okara	0	10	8	6	4
Chicken egg	0	1	8	14	21
α -Starch	12	6	4	3	1
Others*	21	21	21	21	21
α -Cellulose	9	7	5	3	1
Total	100	100	100	100	100

*Others: krill meal, feed oil, fatty acid, vitamin mix, mineral mix, activated gluten

Table 3 Proximate composition (%) of test diets for red sea bream and puffer fish trial

Composition	Diet No.				
	D1	D2	D3	D4	D5
Crude protein	45	44	45	46	49
Crude lipid	6	8	11	13	14
Crude ash	11	10	9	9	9
Crude fiber	7	9	7	4	3
Moisture	12	13	12	13	11
Others	19	17	16	15	14

飼料中のタンパク質含量, 灰分含量, 水分はほぼ同様な値であったが, 脂質は副産物含量が増加するにつれて, 上昇した。繊維質含量は, 飼料4及び5において減少した。炭水化物及びビタミン等の含量(表3中のothers)は, 14~19%の範囲であった。飼料中のアミノ酸組成がすべての飼料において近似するように素材を配合したことから, 飼料100g当たりスレオニンが1.9~2.2g, バリンが2.2~2.5g, メチオニンが1.3~1.6g, イソロイシンが2.1~2.2g, ロイシンが3.8g, フェニルアラニンが1.9~2.3g, ヒスチジンが1.7~1.9g, リジンが3.4~3.9g, アルギニンが3.1~3.4gとなり, トリプトファンはトレース量となった。また, タウリン, アスパラギン酸, セリン等の9種の非必須アミノ酸もすべての試験飼料中で近似していた。また, 表4には飼料の脂質クラス組成(g/100g飼料)を示したが, 総脂質含量が異なったため, いくつかのバラツキが認められた。中性脂質中では, トリグリセリド, 遊離脂肪酸, コレステロール量が総脂質量の増加とともに高くなった。一方, 極性脂質

中では, フォスファチジルセリン, フォスファチジルコリン量に上昇傾向があった。

Table 4 Lipid class content of test diets (g/100g dry diet)

Lipid class	Experimental Diets				
	D1	D2	D3	D4	D5
SE	0.02	0.03	tr	0.02	tr
TG	4.17	5.76	7.96	9.82	9.21
FFA	0.07	0.11	0.31	0.24	0.34
CHO	0.05	0.05	0.15	0.25	0.34
DG	0.03	0.04	0.10	0.05	0.10
MG	0.59	0.27	0.29	0.15	0.24
NL total	4.93	6.25	8.81	10.52	10.24
PE	0.10	0.11	0.15	0.18	0.28
PI+PS	0.03	tr	0.01	0.02	0.05
PC	0.79	1.05	1.81	2.41	3.18
SM	0.27	0.05	0.09	0.10	0.11
LPC	0.18	0.06	0.20	0.06	0.17
PL total	1.36	1.28	2.25	2.77	3.79
Total lipid	6.31	7.58	11.1	13.3	14.1

NL: Neutral lipid, PL: Polar lipid, SE: Sterylester, TG: Triglyceride, FFA: Free fatty acid, CHO: Cholesterol, DG: Diglyceride, MG: Monoglyceride, PE: Phosphatidyl ethanolamine, PI: Phosphatidyl inositol, PS: Phosphatidyl serine, PC: Phosphatidyl choline, SM: Sphingomyelin, LPC: Lysophosphatidyl choline

各飼料の脂肪酸組成は, 中性脂質中のリノール酸含量が総副産物含量が増加するにつれて, 対照飼料の0.25%からトレース量まで減少した。リノレン酸含量は, 対照飼料で0.8%であったのに対し, 総副産物含量が増加するにつれて, 1.9~1.0%まで減少した。エイコサペンタエン酸(EPA)含量は, 対照飼料が14.5%であったのに対し, 総副産物含量が増加するにつれて11%~6%に減少した。同様にドコサヘキサエン酸(DHA)含量も対照飼料で最も高く(1.7%), 総副産物含量が増加するにつれて1.3%~0.7%まで減少した。

極性脂質中の上記脂肪酸において, 対照飼料で最も高い値を示し, 総副産物含量が増加するにつれて, 減少する傾向は中性脂質と同様であったが, 例外は, DHAで各飼料ほとんど差がなかった。

1-1 マダイを用いた飼育試験

上記試験飼料をマダイに投与することで産業副産物の有用性について検討した。使用したマダイは実験開始時の体重が7.6gで, エアレーションが十分供給された流水式システムからの海水約90リットルが満たされた100リットル円形パンライト水槽にそれらを20尾ずつ収容し, 各試験区に対して, 3水槽を設置した。給餌は1日3回で, 体重の4~8%となるように投与量を調整した。飼育期間は50日で, この期間中の水温と塩分はそれぞれ24.3~29℃, 32~33pptであった。

飼育試験結果を表5に示した。

Table 5 Results of a feeding trial for juvenile red sea bream fed the diets containing different level of by-products for 50 days

	Diet No				
	D1	D2	D3	D4	D5
BWG	466±20	469±8	479±6	452±34	420±22
FER	0.85±0.01	0.85±0.01	0.87±0.01	0.87±0.01	0.84±0.03
PER	1.66±0.02	1.69±0.03	1.71±0.02	1.65±0.02	1.53±0.05
SR	93±6	88±3	90±9	92±8	92±6

BWG:body weight gain (Final weight-Initial weight)/Initial weight (%)

FER:feed efficiency ratio (weight gain/feed given)

PER:protein efficiency ratio (weight gain/protein given)

SR:survival rate (%)

成長指標としての増重率は、飼料中の副産物含量が増えるにつれて減少する傾向にあったが、飼料3、すなわち魚粉10%削減試験区までは、統計的有意差が検出されず、飼料1、すなわち100%魚粉試験区と同等な成長を示した。魚粉15%から20%削減試験区で成長が劣ったのは、焼酎粕添加量が増加したためと言うよりは、鶏卵が増加したことによる脂質含量の増加すなわちマダイが必須としないある種脂肪酸の増加による影響と考えられる。また、植物由来タンパク質源中には、反栄養因子が含まれている事が報告されているが²⁾、副産物の添加量が増加するにつれてこれらの物質が増加したことにより消化・吸収率に影響があったのかもしれない。

飼料効率、すべての試験区で同等な値を示したが、タンパク質効率は、飼料5、すなわち魚粉20%削減試験区において他の試験区よりも有意に劣っていた。生残率は副産物添加の影響を受けず、また、血液性状もほとんどすべての試験区で変わらなかったことから、マダイの健康状態は、本試験における副産物レベルではほとんど問題無かったと思われる。

宇川ら³⁾によるとマダイにおいて大豆油粕を代替タンパク質源として利用した場合、33%代替可能であるとの報告がある。本研究では代替率26%までは副産物で魚粉代替が可能である事が示されたが、焼酎粕については、機能性物質の存在等まだ解明すべき点があるので、配合量を調整することで、更なる魚粉代替が期待できる。

1-2 トラフグを用いた飼育試験

魚種による要求量の違いが考えられることから、トラフグ稚魚を用いたマダイと同様な飼育試験を行った。使用したトラフグは、実験開始時の体重が13.7gで、マダイと同様なシステムに20尾収容し、体重の3~5%となるように試験飼料を60日間投与した。飼育期間中の水温は、22~29℃であり、後の条件はマダイ試験とほぼ同

様であった。

飼育試験結果を表6に示した。

Table 6 Results of a feeding trial for juvenile puffer fish fed the diets containing different level of by-products for 60 days

	Diet No				
	D1	D2	D3	D4	D5
BWG	414±23	372±37	370±24	370±43	374±36
FER	1.00±0.01	0.95±0.07	0.98±0.05	1.00±0.04	1.02±0.06
PER	1.96±0.04	1.87±0.14	1.92±0.10	1.89±0.08	1.86±0.10
SR	92±8	87±3	95±5	97±3	92±3

BWG: body weight gain (Final weight-Initial weight)/Initial weight (%)

FER: feed efficiency ratio (weight gain/feed given)

PER: protein efficiency ratio (weight gain/protein given)

SR: survival rate (%)

成長指標としての増重率は、飼料中の副産物を添加することで若干減少傾向にあったが、統計的有意差は検出されなかった。したがって、成長に関しては、魚粉飼料と遜色ないと思われる。その他の、飼料転換効率、タンパク質効率、生残率についても全試験区において統計的有意差は検出されなかった。

図1に飼育試験終了時における比肝重量の結果を示した。

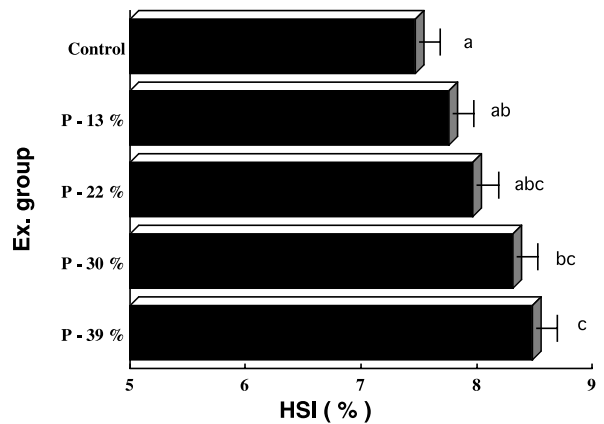


図1 異なる副産物含量の飼料を摂取したトラフグの比肝重量の比較

比肝重量(%)は、副産物の添加量が高い飼料を摂取すればする程大きくなった。最も副産物添加量が高かった飼料を投与されたトラフグの肝臓重量が飼料1(魚粉飼料)及び飼料2(P13%)よりも有意に高かった。これは、副産物含量の高い飼料ほど鶏卵含量が高く、飼料中の脂質含量が高くなり、多く摂取された脂質が肝臓に蓄積した結果であった。筋肉の一般成分は、すべての試験区で同等であった。

本実験では、血中のグルコース、総コレステロール、総タンパク質、ヘマトクリット値に有意な差は認められ

なかった。しかし総コレステロールが副産物含量の増加と共に高い値を示す傾向が見られた。これはマダイと同様、飼料中のコレステロール含量の増加が血液のコレステロール値に反映していると考えられる。トリグリセリドは生体のエネルギー源となっているため、脂肪の取り過ぎなどによる食餌性、あるいは体内での脂肪代謝の悪化が原因により上昇する場合のものがある。トリグリセリド含量はP-30, 39%区において魚粉区より有意に高い値を示した。トラフグは肝臓に脂質を蓄積しやすく、その殆どがトリグリセリドである^{4)~6)}。脂質含量の多い飼料を与えた試験区のトラフグはそれに伴い血中にリンパ管を通り直接運ばれたトリグリセリドと、肝臓に脂質を多く蓄積し、エネルギー源として利用されず余ったトリグリセリドが血中へ放出され、血液中のトリグリセリド値が高くなった可能性もある。また比肝重量が餌中の脂質含量の増加に伴い高い値を示した事を考慮すると、体内での脂肪代謝が低下し、トリグリセリド値が上昇したのかも知れない。したがって、トラフグは、マダイよりも副産物に対する反応が敏感で、魚粉代替率17%までは可能と思われる。

2. ヒラメにおける焼酎粕による魚粉代替試験

焼酎粕単独を用いた魚粉代替試験も行われている。ここでは、乾燥焼酎粕を用いた例を紹介する。表7にヒラメ試験用に作製された試験飼料の組成を示した。

Table 7 Composition (g/100g) of test diets used for Japanese flounder trial

Ingredient	Diet No.				
	D1	D2	D3	D4	D5
Fishmeal	63	61	59	57	55
Shouchukasu	0	6	12	18	24
α -Starch	15	12	8	5	2
Others*	18	18	19	19	19
α -Cellulose	4	3	2	1	0
Total	100	100	100	100	100

*Others: pollack liver oil, vitamin mix, mineral mix, activated gluten

飼料の作製法は、マダイ、トラフグ試験とほぼ同様に、一般分析値は、タンパク質49~52%、脂質が13~17%、灰分が8~11%、水分が3~5%となり、ほぼ同様な値を示した。飼料100g当たりのアミノ酸含量は、スレオニンが2.1g、バリンが2.3g、メチオニンが0.9~1.4g、イソロイシンが2.0g、ロイシンが3.5g、フェニルアラニンが2.1g、ヒスチジンが1.7g、リジンが1.3~2.1g、アルギニンが3.0gとなった。また、タウリン、アスパラ

ギン酸、セリン等の9種の非必須アミノ酸量もすべての試験飼料中で近似していた。

本試験で使用したヒラメ稚魚は、実験開始時の体重が4.8gで、エアレーションが十分供給された流水式システムからの海水約80リットルが満たされた100リットル円形パンライト水槽にそれらを17尾ずつ収容し、各試験区に対して、2水槽を設置した。給餌は1日2回で、開始から10日間は、3.5g、11日目から30日目までは4gとなるように投与量を調整した。飼育期間は30日で、この期間中の水温と塩分はそれぞれ21~24℃、32~33pptであった。試験飼料は、直径が3mmのドライペレットを用いた。

飼育試験結果を表8に示した。

Table 8 Results of a feeding trial for juvenile Japanese flounder fed the diets containing different level of Shouchu for 30 days

	Diet No				
	D1	D2	D3	D4	D5
BWG	168	154	171	171	173
FER	1.3	1.2	1.4	1.4	1.4
PER	2.6	2.4	2.7	2.7	2.7

BWG: body weight gain (Final weight-Initial weight)/Initial weight (%)

FER: feed efficiency ratio (weight gain/feed given)

PER: protein efficiency ratio (weight gain/protein given)

焼酎粕添加区において、増重率、飼料転換効率、タンパク効率すべての指標において有意差が検出されず、魚粉主体の試験区と遜色がなかった。また、乾物消化率、タンパク消化率、エネルギー消化率においても若干のバラツキはあったが、同様な値が得られた。このように、ヒラメにとっては、乾燥焼酎粕は、魚粉代替源として有効と思われる。

結論

養魚飼料における焼酎粕の有効利用あるいは魚粉代替タンパク質に関する研究は、まだ開始されて日が浅く、知見が少ないのが現状である。今回紹介した研究結果からも明らかのように、焼酎粕には高いポテンシャルがあり、今後更なる質的、量的データの蓄積を推進し、実用化につなげる事が重要と思われる。

文 献

- 1) 中山 寛 (1994) 1, 養魚飼料の現状と課題, 「新しい養魚飼料-代替タンパク質の利用」(渡邊 武編) 恒星社厚生閣, 東京, pp. 11-22.
- 2) 秋山敏男 (1994) 3, 養魚飼料用代替タンパク質の栄養価, 「新しい養魚飼料-代替タンパク質の利用」(渡邊 武編) 恒

星社厚生閣，東京，pp. 35-42

- 3) 宇川正治・滝井健二・中村元二・熊井英水（1994）マダイ用配合飼料における大豆油粕の利用 水産増殖 42, 335-338
- 4) 中川平介・難波憲二・熊井英水・中村元二・笠原正五郎（1986）トラフグの餌料に関する研究- I, 各種飼料の連続投与により生ずる生理障害について 水産増殖 34, 83-90
- 5) 難波憲二・中川平介・岡部正也・角田出・熊井英水・中村元二・笠原正五郎（1988）トラフグの餌料に関する研究- II, 飼料に起因する養殖トラフグの組織変化 水産増殖, 36 (1), 53-64
- 6) 角田出・岡部正也・難波憲二・中川平介・熊井英水・中村元二（1988）トラフグの餌料に関する研究- III, デキストリン, フィードオイル, ビタミン添加量の検討 水産増殖, 36, 183-191