

イカ墨, タコ墨のエキス成分ならびに抗菌性に関する研究

Comparative Biochemical Studies on Extractive Components and Antibacterial Activities of Squid and Octopus Ink

山中英明* 河 瀧 泰子* 潮 秀樹* 大島敏明*

(Hideaki Yamanaka) (Yasuko Kawashima) (Hideki Ushio) (Toshiaki Ohshima)

The comparison of extractive components and antibacterial activities was carried out in the ink of four species of squids and two species of octopuses. The results obtained were summarized as follows:

(1) Total amounts of free amino acids were high in the ink of webfoot octopus, common octopus and common squid, and low in other squids ink. Taurine was contained in large amounts in each ink generally, and glutamic acid, glycine, alanine, proline, tyrosine, arginine and leucine were rich in the ink of webfoot octopus, common octopus and common squid.

(2) Succinic acid and lactic acid were detected in fairly large amounts in the ink of pharaoh squid and octopus, respectively.

(3) The level of glycinebetaine was over 1% in the ink of webfoot octopus and common squid.

(4) The levels of taste-active components were higher in octopus ink than squid ink.

(5) The increase of volatile basic nitrogen was suppressed by adding ink to the muscles of squid and octopus. The ink of squid and octopus showed antibacterial activities, and the degree of the antibacterial activity of each ink was considered to be nearly the same.

(6) The ink of squid and octopus inhibited the formation of acetic acid, and in the muscle of octopus the formation of putrescine was inhibited by the ink of squid and octopus. Octopus ink also inhibited the formation of formic acid.

キーワード：イカ墨 Squid ink；タコ墨 Octopus ink；エキス成分 Extractive components；抗菌性 Antibacterial activity；遊離アミノ酸 Free amino acids；ポリアミン Polyamines

イカ墨は様々の食品に使用されており、墨を用いた食品は美味であるといわれている。最近ではイカ墨は天然着色料としてパン、パスタ、ピザ、菓子などに添加されている。日本ではイカの塩辛である黒づくりは古くから製造されており、味に深みがあり、また、貯蔵性がよいこともいわれている。イカ墨の呈味および抗菌性に関しては、岡¹⁾がイカ塩辛製造中の遊離アミノ酸量の変化に及ぼす墨汁添加の影響を調べている。その結果によると、白づくりではプロリン、メチオニン、セリン、グルタミン酸が減少ないしは消失するのに対し、黒づくりでは遊離アミノ酸の大きな変化が見られず、アミノ態窒素量が長期間安定しており、細菌の影響が白づくりよりも少ないこと、すなわち黒づくりの方が甘味や旨味を有する遊離アミノ酸の減少が白

づくりより小さいことを報告している。また、望月²⁾はアオリイカの墨汁を添加および無添加アオリイカ肉を貯蔵し、揮発性塩基窒素 (VBN) を測定している。墨汁を添加すると VBN の上昇が抑えられることを確認している。また、墨汁から抗菌物質を分離精製は、白色粉末を得ており、分子量が 14,000 程度のタンパク質で、溶菌酵素リゾチームであろうと報告している。高井ら³⁾は赤づくりと黒づくりのイカ塩辛の微生物学および化学的特性の比較を行っている。その中で、黒づくりは赤づくりに比較して VBN、アミノ態窒素およびトリメチルアミンの増加とトリメチルアミンオキシドの減少程度が小さく、官能的にも食用最適期間が 2 倍に延長されるとしている。この差異はイカ墨に起因すると結論している。最近、Shirai ら⁴⁾はアカイカ、ツメイカ、タコイカの墨からトリクロロ酢酸抽出液を調製し、エキス成分を分析している。これらの墨には

* 東京水産大学 (Tokyo University of Fisheries)

イカ墨, タコ墨のエキス成分ならびに抗菌性に関する研究

タウリン, ハイドロキシプロリン, ホマリン, グリシンベタインに富み, ツメイカとタコイカではアスパラギン酸, グルタミン酸, アラニン, ロイシン, アルギニン含量も高かったと報告している。

一方, タコ墨はほとんど利用されていないのが現状である。そこで, 本研究ではイカ墨とタコ墨の呈味成分に相違が見られるのではないかと考え, エキス成分の比較を行った。また, タコ墨の抗菌性について調べた研究はみられないことから, イカ墨とタコ墨の抗菌性の強さの程度についても比較してみた。

実験方法

1. 試料

イカ墨はスルメイカ *Todarodes pacificus*, ヤリイカ *Loligo bleekeri*, モンゴウイカ *Sepia lycidas* およびトラフコウイカ *Sepia pharaonis* から, タコ墨はマダコ *Octopus vulgaris* およびイイダコ *Octopus ocellatus* から採取した。いずれも冷蔵イカないしは冷蔵タコを試料とした。墨汁の8倍量の冷却した6%過塩素酸を加えて抽出し, 15,000 rpm で10分間冷却遠心分離後, 10 N 水酸化カリウムで中和した。遠心分離後, 上清を墨汁量の10倍にメスアップした。この抽出液を冷凍しておき, 以下のエキス成分の分析に供した。

2. ATP および関連化合物の分析

Matsumoto らの方法⁵⁾に従い, Asahipak GS-320 HQ カラムを用いる高速液体クロマトグラフィーによって定量した。

3. 遊離アミノ酸の分析

Matsumoto らの方法⁶⁾に従い, Shim-pack ISC-07/S 1504 Li カラムを用いる高速液体クロマトグラフィーによって定量した。

4. 有機酸の分析

Wongso らの方法⁷⁾に従い, ピルビン酸(PYR), リンゴ酸(MAL), コハク酸(SUC), 乳酸(LAC), ギ酸(FOR), 酢酸(ACE), プロピオン酸(PRO), 酪酸(BUT), イソ吉草酸(ISV), リン酸(PHO)を Shim-pack SCR-102 H カラムを用いる高速液体クロマトグラフィーによって定量した。

5. ベタイン類の分析

Wongso らの方法⁷⁾に従い, グリシンベタイン(GB), ホマリン(HOM), トリゴネリン(TG)を Zorbax SCX-300 カラムを用いる高速液体クロマトグラフィーによって定量した。

6. 抗菌性の測定

スルメイカの外套筋にイカ墨添加の場合と無添加の

場合, ならびにマダコの腕筋にタコ墨添加の場合と無添加の場合, それぞれについて5°Cに貯蔵し, 経時的に揮発性塩基窒素(VBN)を微量拡散法⁸⁾で, ポリアミンおよびモノアミンは山中らの方法⁹⁾に従い, プトレシン(Put), カダベリン(Cad), ヒスタミン(Hm), チラミン(Tym), アグマチン(Agm), スペルミジン(Spd), スペルミン(Spm), トリプタミン(Tpm)を Shim-pack CLC-ODS カラムを用いる高速液体クロマトグラフィーによって定量した。また, 有機酸⁷⁾は上述の高速液体クロマトグラフィーによって定量した。

結果および考察

1. イカ墨およびタコ墨のエキス成分

表1には4種類のイカ墨および2種類のタコ墨の遊離アミノ酸含量(mg/100g)を示す。まず, 遊離アミノ酸総量を比較すると, イイダコ, マダコでは墨100g中に1,000mgを越えていたが, イカ墨は一般的に低含量で, 最も高かったスルメイカで650mg/100g, ヤリイカで190mg/100g, モンゴウイカおよびトラフコウイカでは80~90mg/100gと極めて低かった。個々の遊離アミノ酸をみるとイイダコを除くすべての墨でタウリンが最も高い含量を示した。旨味成分のグルタミン酸がイイダコ, マダコおよびスルメイカの墨において, 同様に旨味成分であるアスパラギン酸がイイダコおよびマダコで高かった。甘味成分のグリシン, アラニン, プロリンもイイダコ, マダコ, スルメイカにおいて高かった。また, イイダコおよびマダコにはチロシン, リジンの他に, 苦味を呈するアルギニン, ロイシンが, また, 甘味を呈するスレオニン, セリンも含量が高かった。また, 筋肉には少ないオルニチンが全ての墨でかなりの量検出されたのが特徴であった。

図1にはイカ墨およびタコ墨の主要な呈味に関与するグルタミン酸, プロリン, アラニン, グリシンを示す。この図より明らかなようにタコ墨において呈味に関与するアミノ酸含量が高かった。イカ墨ではスルメイカ墨はこれらのアミノ酸含量がかなり高含量であったが, 他のイカ墨では低含量であった。これらのアミノ酸のうち, 含有量が単独で閾値を越えているのはイイダコ墨のグルタミン酸, マダコ墨のグルタミン酸およびアラニンである。

次に, ATP 関連化合物に関しては, IMP がスルメイカ墨に10.8mg/100g, イイダコ墨に0.3mg/100g, また, AMP がスルメイカ墨に7.6mg/100g, トラフコウイカ墨に0.3mg/100g 検出された。スルメイカ墨の場合, グルタミン酸とIMPとの旨味相乗効果の可能性

表 1. イカ墨とタコ墨の遊離アミノ酸含量

アミノ酸	イカ墨				タコ墨	
	スルメイカ	ヤリイカ	モンゴウイカ	トラフコウイカ	イイダコ	マダコ
ホスホセリン	2.5	0.6	0.2	0.5	6.4	3.7
タウリン	374.2	143.4	44.6	39.7	122.1	451.4
ホスホエタノールアミン	0	0	0	0	0	0
アスパラギン酸	8.7	2.3	1.2	1.6	42.2	26.0
ヒドロキシプロリン	0	0	1.5	0.4	0	1.9
スレオニン	5.6	1.7	0.9	1.7	38.0	28.9
セリン	7.0	2.0	1.3	1.4	43.5	29.5
グルタミン酸	24.4	6.2	2.9	6.3	74.4	71.8
α -アミノアジピン酸	0.8	Tr	0	0	0	0
プロリン	50.0	4.3	10.6	4.5	39.3	34.2
グリシン	15.2	2.6	1.0	0.5	31.0	25.3
アラニン	23.6	8.7	6.5	7.3	52.1	63.5
シトルリン	Tr	0	0	0	0	3.4
α -アミノ酪酸	0.5	0.3	0	0	0	0
バリン	6.6	1.6	1.0	3.2	42.5	33.3
メチオニン	0	Tr	0	0	21.5	15.0
シスチン	0	0	0	0	14.9	0
イソロイシン	7.2	1.1	0.5	2.4	45.9	34.2
ロイシン	17.9	2.4	1.5	4.5	76.0	53.6
シスタチオン	0	0	0	0	0	0
チロシン	38.7	1.9	1.8	4.5	158.4	42.8
フェニルアラニン	11.5	0.2	Tr	0.5	44.1	18.3
β -アラニン	1.0	1.0	1.6	0.7	10.2	8.2
β -アミノイソ酪酸	0.1	0.1	0	0.1	0.9	0.5
γ -アミノ酪酸	0.1	0	0	0.1	0.9	0.3
ヒスチジン	6.8	0.3	0.3	0.3	18.3	1.4
3-メチルヒスチジン	0	0	0	0	0	0
1-メチルヒスチジン	0	Tr	0	0.1	0.3	0
カルノシン	0	Tr	0	0.1	0.3	0
アンセリン	0	Tr	0	0.1	0.5	0
ヒドロキシリジン	0	0	0	0	0.4	0.8
オルニチン	20.7	4.5	1.7	4.2	10.6	21.5
リジン	6.7	1.2	0.9	2.2	83.9	58.6
アルギニン	17.1	2.2	0.2	0.5	105.3	47.2
総量	646.9	188.6	80.2	87.4	1,083.9	1,075.4

Tr: 痕跡

が考えられる。

図 2 には呈味に關与する有機酸であるコハク酸および乳酸の含量を示す。コハク酸はトラフコウイカ墨に 50mg/100g と高含量存在し、次いで、マダコ墨に 20mg/100g、スルメイカ墨に 10mg/100g であった。乳酸はマダコ墨に 125mg/100g と高濃度含まれており、次いで、イイダコ墨に 70mg/100g と高かった。イカ墨ではタコ墨に比べて低含量であり、スルメイカ、モンゴウイカ、トラフコウイカの墨では 20~25mg/100g 含有されていた。コハク酸はアサリ、ハマグリ、シジミ

など貝類の呈味成分^{10,11)}として知られている。また、鴻巣ら¹²⁾はアサリのコハク酸は夏季に高く、死後貯蔵中に顕著に増加することを報告している。トラフコウイカ墨中には 50mg/100g と高含量のコハク酸が含まれており、旨味に關与しているものと考えられる。乳酸はマグロ、カツオなどの赤身魚に多く、酸味があり、味の増強に役立っているとされている^{10,11)}。

表 2 には、ペタイン類のグリシンペタイン (GB)、ホマリン (HOM)、トリゴネリン (TG) の含量を示す。イカ墨、タコ墨ともに GB 含量が最も高く、イイダコ、

イカ墨, タコ墨のエキス成分ならびに抗菌性に関する研究

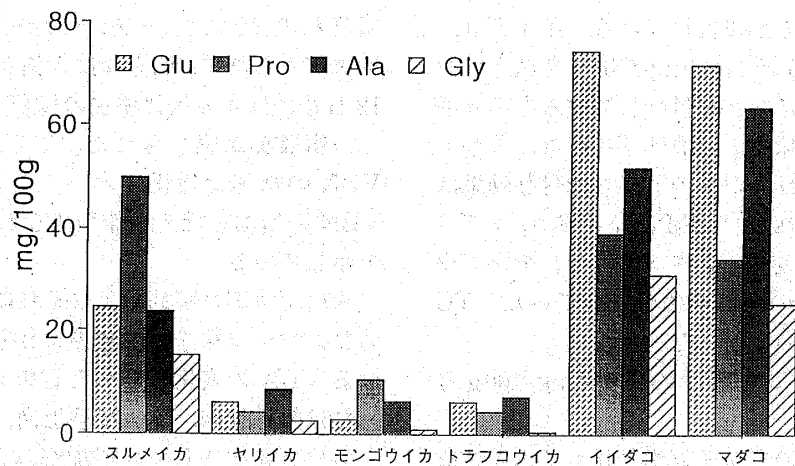


図1. イカ墨, タコ墨の主な呈味に関与するアミノ酸含量

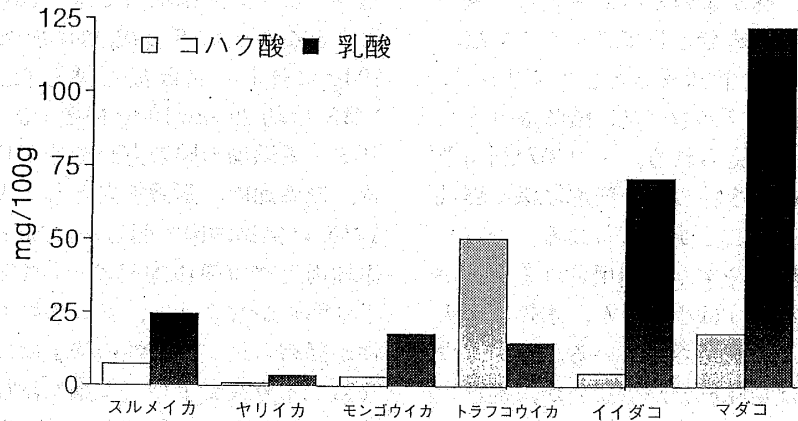


図2. イカ墨, タコ墨のコハク酸, 乳酸含量

表2. イカ墨, タコ墨のベタイン類の含量

	イカ墨				タコ墨	
	スルメイカ	ヤリイカ	モンゴウイカ	トラフコウイカ	イイダコ	マダコ
GB	1,062.0	206.6	202.9	461.0	1,189.0	488.0
HOM	84.2	9.5	57.6	10.5	113.6	103.5
TG	1.8	0.2	0.2	Tr	6.6	2.9

Tr: 痕跡

スルメイカでは極めて高含量で1,000mg/100g (1%) を越えた。次いで、マダコ、トラフコウイカで460~490 mg/100g と高含量であった。ヤリイカ、モンゴウイカにおいても約200mg/100g 含有されていた。GBは甘味成分であり、極めて高含量であることから、イカ墨およびタコ墨の呈味に関与しているものと考えられる。鴻巣¹³⁾はクロアワビ中に約1,000mg/100gのGBが含まれており、甘味と旨味に関与していると報告している。山口ら¹⁴⁾はGBの呈味は本来弱いだが、1,000 mg/100g 近く含まれるクロアワビでは明らかに呈味

に関与しているのに対し、1/3程度のズワイガニではほとんど呈味に関与せず、また、ズワイガニとほぼ同じGB含量のホタテガイで無効と判定されたのは約2,000mg/100g も含まれるグリシンの強い甘味にマスクされたためであろうとしている。また、最近、道川ら¹⁵⁾はGBの呈味は苦味を伴う甘味であり、甘味アミノ酸を除いた合成エキスへのGBのアディクションテストでは甘味の強さは有意に増加するが、甘味アミノ酸がかなりの量存在するとGBの甘味付与効果はほとんどないとしている。また、GBは味の濃厚感や複雑さな

どを付与する効果はあると報告している。イイダコ、スルメイカの場合、GBは1,000mg/100gを越えており、味に濃厚感や複雑さを付与しているものと考えられる。しかし、甘味アミノ酸はイイダコ、スルメイカともかなり含まれているので、甘味付与効果はそれ程強くないと思われる。HOMはイイダコ、マダコにおいて100mg/100gを越え、スメルイカ、モンゴウイカにおいてもかなりの高濃度含有されていた。TGは少量しか含有されていなかった。

グルコースはイイダコの墨にのみ110mg/100gと高濃度含有されていた。

以上の結果、タコ墨の方がイカ墨に比べてエキス成分含量が高かった。イカ墨の中では、スルメイカの呈味成分の含有量が高く、味がよいと考えられる。墨のエキス成分の中では、旨味成分としてグルタミン酸、アスパラギン酸、コハク酸、甘味成分としてグリシン、アラニン、プロリン、GB、グルコース、酸味成分として乳酸が関与していると考えられる。タコ墨が利用されていない理由としては、墨汁のうが内部に深く埋没しており、取り出しにくいことが考えられる。一方、イカ墨は墨汁のうが採取しやすく、利用されることが多い。スルメイカの墨汁のうは小さいが、水揚高が大きいのでイカ墨として最も利用されている。モンゴウイカやトラフコウイカは呈味成分が少ないが、墨汁のうが大きく、墨が多量採取できるという利点がある。

2. イカ墨およびタコ墨の抗菌性

図3にはスルメイカ外套筋およびそれにトラフコウイカ墨を3%濃度に加えて、5°Cに貯蔵した時のVBNの変化の結果を示す。6日後まではVBNは極めて緩慢に増加し、イカ墨無添加の方がVBNがやや高い値を示した。しかし、8日後になると、無添加の場合、VBNは急激に増加し、わずかに異臭が感じられ、初期

腐敗と判定された。一方、イカ墨添加の場合はVBNの増加がみられず、明らかに差異がみられた。10日後、12日後ではイカ墨無添加の場合、VBNは急激に増加し、腐敗臭が感じられた。イカ墨を添加した場合はVBNの増加は緩慢であった。この結果はイカ墨がVBNの増加を抑える作用すなわち抗菌性があることを示している。

次に、マダコ腕筋およびそれにトラフコウイカ墨ならびにマダコ墨を3%濃度に添加し、5°C貯蔵中におけるVBNの変化を調べた結果を図4に示す。4日後までは無添加肉、イカ墨添加肉、タコ墨添加肉の3者ともほとんどVBNの増加がみられなかった。6日後無添加肉では急激なVBNの増加がみられ、一方、イカ墨およびタコ墨添加肉ではVBNがわずかに増加したにすぎなかった。8日後、無添加肉のVBNは約40mg/100gに達し、腐敗臭を感じた。墨を添加した肉のVBNは約20mg/100g程度であり、イカ墨添加の肉よりタコ墨添加の肉の方がややVBNが高かった。その後、無添加肉、墨添加肉ともにVBNは増加したが、VBNは無添加肉で明らかに高かった。12日後、イカ墨添加肉とタコ墨添加肉のVBNは同じであった。図4より明らかなように、タコ墨にもイカ墨と同様に抗菌性が認められ、抗菌性の強さはほぼ同程度であった。なお、イカ墨およびタコ墨を添加した場合と無添加の場合のVBNの変化(図3および図4)は、松本ら¹⁶⁾がクルマエビ筋肉に抗菌剤クロラムフェニコールを添加した場合と無添加の場合のVBNの変化の様相とほぼ同じであり、VBNによって抗菌性を調べることが可能であることを裏付けている。また、松本ら¹⁶⁾は貯蔵初期の約10mg/100gのVBNは筋肉のAMPデアミナーゼによってIMPが生じる際のアンモニアによるとし、それ以降のVBNの増加は、細菌のデアミナーゼ

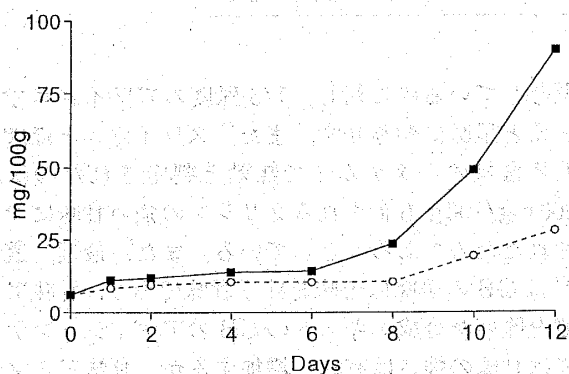


図3. スルメイカ外套筋5°C貯蔵中のVBNの変化

—■— 無添加 --○-- イカ墨添加

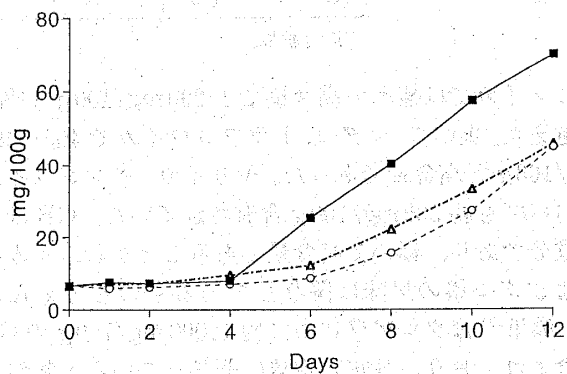


図4. マダコ腕筋5°C貯蔵中のVBNの変化

—■— 無添加 --○-- イカ墨添加 ---△--- タコ墨添加

イカ墨, タコ墨のエキス成分ならびに抗菌性に関する研究

によってアミノ酸が分解されて生成するアンモニアと細菌のトリメチルアミノオキシド還元酵素によってトリメチルアミノオキシドから生ずるトリメチルアミンによるものとしている。

ポリアミンやモノアミンは細菌の脱炭酸酵素によってアミノ酸より生成される。山中ら¹⁷⁾の報告による

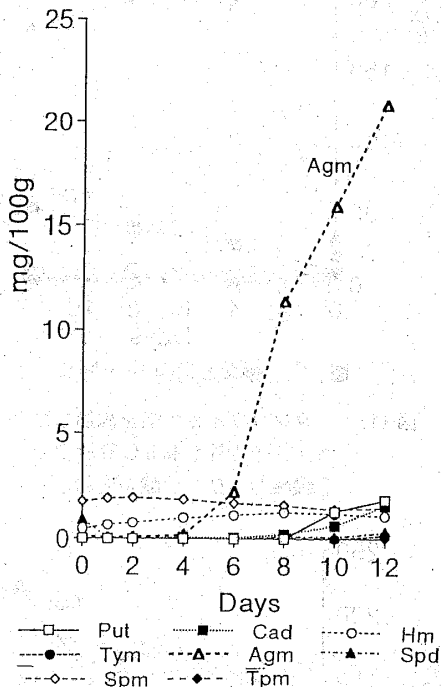


図5. スルメイカ外套筋 5°C 貯蔵中のポリアミンの変化

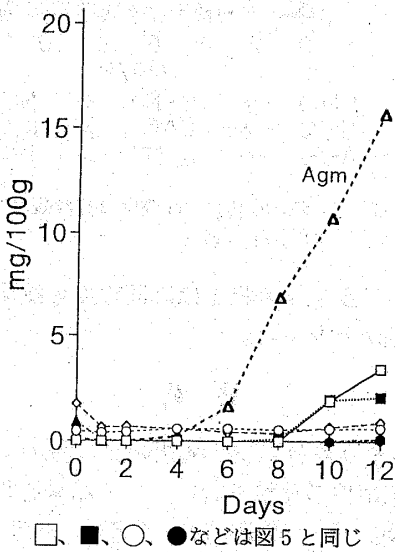


図6. トラフコウイカの墨を添加したスルメイカ外套筋 5°C 貯蔵中のポリアミンの変化

と、スルメイカでは全生菌数が $10^3/g$ のオーダーで、ホタテガイでは $10^3/g \sim 10^4/g$ のオーダーになると痕跡ないしは少量生成されるとし、ポリアミンやモノアミンの生成は筋肉の脱炭酸酵素でなく、細菌の脱炭酸酵素活性によるとしている。そこで、図5にはスルメイカ外套筋 5°C 貯蔵中の変化を、図6にはスルメイカ外套筋にイカ墨を 3% 濃度に添加し、5°C に貯蔵した時の変化を示す。アルギニンから生ずるアグマチン (Agm) 以外のポリアミンおよびモノアミンはほとんど生成されなかった。両図を比較すると Agm の生成がイカ墨の添加によってわずかではあるが、抑えられることがわかる。

次いで、図7はマダコ腕筋 5°C 貯蔵、図8はマダコ腕筋にイカ墨を 3% 濃度に添加後 5°C 貯蔵、図9はマダコ腕筋にタコ墨を 3% 濃度に添加後 5°C 貯蔵中のポリアミンおよびモノアミンの変化をそれぞれ示す。これらの3図を比較すると、オルニチンの脱炭酸反応によ

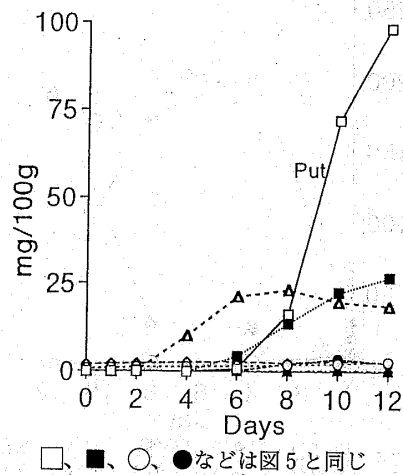


図7. マダコ腕筋 5°C 貯蔵中のポリアミンの変化

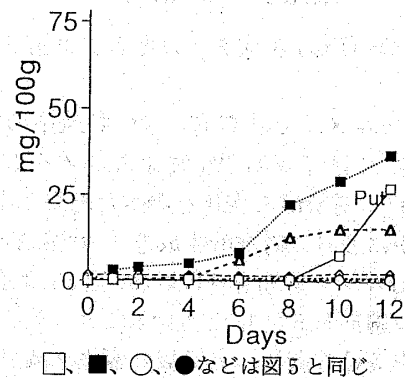


図8. トラフコウイカの墨を添加したマダコ腕筋 5°C 貯蔵中のポリアミンの変化

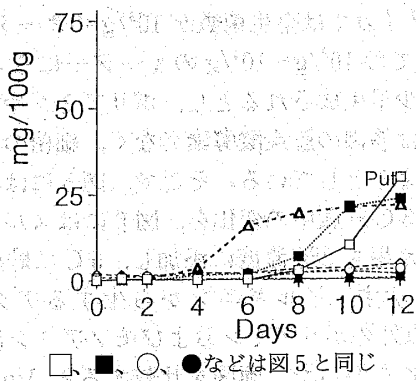


図9. マダコの墨を添加したマダコ腕筋 5°C 貯蔵中のポリアミンの変化

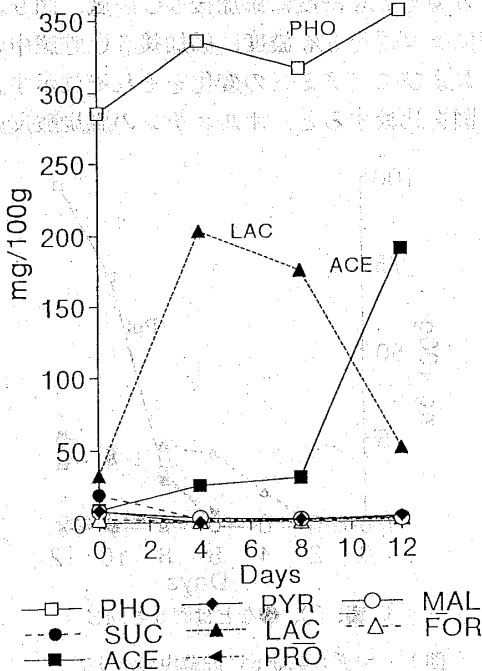


図10. スルメイカ外套筋 5°C 貯蔵中の有機酸およびプリン酸の変化

るプトレシン (Put) 生成をイカ墨とタコ墨は明らかに抑えた。

図10はスルメイカ外套筋を5°C貯蔵中の有機酸の変化を、図11はイカ墨3%添加スルメイカ外套筋を5°Cに貯蔵し、有機酸の変化を調べた結果である。両図より明らかに8日以降酢酸生成をイカ墨は抑えた。次に、図12はマダコ腕筋を5°C貯蔵、図13はイカ墨3%添加マダコ腕筋を5°C貯蔵、図14はタコ墨3%添加マダコ腕筋を5°C貯蔵し、有機酸の変化を調べたものである。これらの結果を比較すると、酢酸生成をタコ墨とイカ墨は抑えた。とくに、タコ墨はその程度が強かった。また、タコ墨はギ酸の生成を抑えた。以上の結

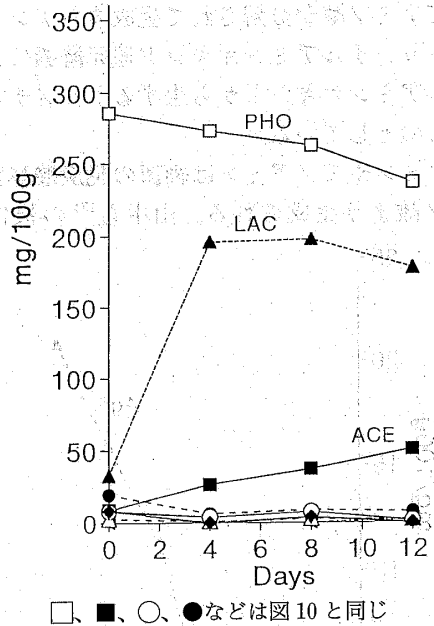


図11. トラフコウイカの墨を添加したスルメイカ外套筋 5°C 貯蔵中の有機酸およびプリン酸の変化

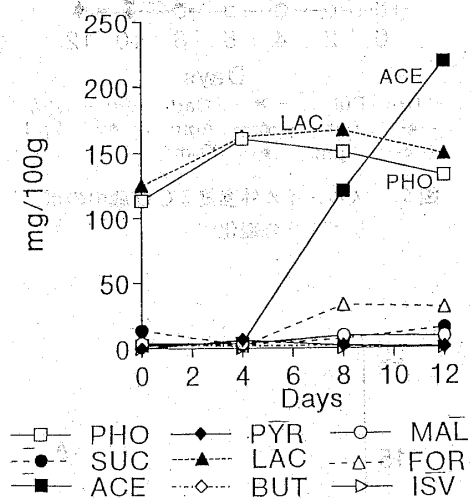


図12. マダコ腕筋 5°C 貯蔵中の有機酸およびプリン酸の変化

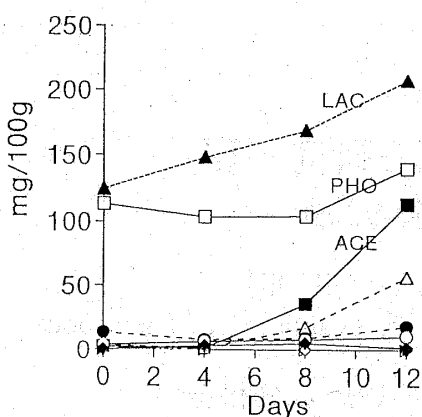
果から、タコ墨もイカ墨とほぼ同程度の抗菌性があることが明らかとなった。

要約

4種類のイカ墨および2種類のタコ墨のエキス成分ならびに抗菌性の比較を行い、次の結果を得た。

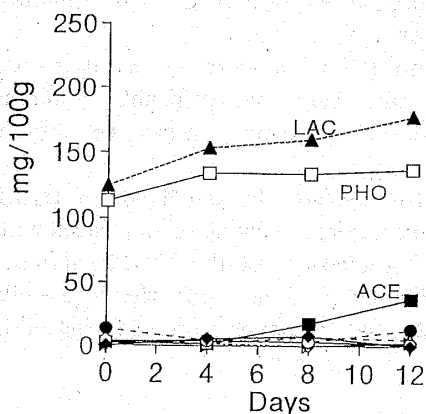
(1) 遊離アミノ酸総量はイイダコ、マダコ、スルメイカの墨において高かったが、他のイカ墨では低かった。タウリンはいずれの墨にも高含量含まれていた。グルタミン酸、グリシン、アラニン、プロリン、チロ

イカ墨, タコ墨のエキス成分ならびに抗菌性に関する研究



□、■、○、●などは図 12 と同じ

図 13. トラフコウイカの墨を添加したマダコ腕筋 5°C 貯蔵中の有機酸およびリン酸の変化



□、■、○、●などは図 12 と同じ

図 14. マダコ墨を添加したマダコ腕筋 5°C 貯蔵中の有機酸およびリン酸の変化

シン, アルギニン, ロイシンがイイダコ, マダコ, スルメイカに高含量検出された。

(2) 有機酸としてはコハク酸がトラフコウイカに, 乳酸がマダコとイイダコにかなり高含量検出された。

(3) グリシンベタインがイイダコとスルメイカに 1% 以上含有されていた。

(4) タコ墨の方がイカ墨より呈味に関するエキス成分含量が高かった。

(5) イカ墨, タコ墨をイカ, タコそれぞれの筋肉に添加すると揮発性塩基窒素 (VBN) の上昇を抑えた。すなわち, イカ墨, タコ墨ともに抗菌性が認められ, 抗菌性の強さはほぼ同程度と考えられた。

(6) イカ墨, タコ墨ともに酢酸の生成ならびにタコ筋肉のプロレシンの生成を抑えた。また, タコ墨はギ

酸の生成も抑えた。

文 献

- 岡 和子: いかの墨が塩辛中の遊離アミノ酸によらず影響, 栄養と食糧, **11**, 278-280 (1959).
- 望月 篤: イカ墨汁の防腐成分, 日水誌, **45**, 1401-1403 (1979).
- 高井典子・川合祐史・猪上徳雄・信濃晴雄: 赤作りと墨作りイカ塩辛の微生物学および化学的特性の比較, 日水誌, **58**, 2373-2378 (1992).
- T. Shirai, N. Kikuchi, S. Matsuo, H. Inada, T. Suzuki, and T. Hirano: Extractive components of the squid ink, *Fisheries Sci.*, **63**, 940-945 (1997).
- M. Matsumoto and H. Yamanaka: Post-mortem biochemical changes in the muscle of kuruma prawn during storage and evaluation of the freshness, *Nippon Suisan Gakkaishi*, **56**, 1145-1149 (1990).
- M. Matsumoto and H. Yamanaka: Changes in contents of glycolytic metabolites and free amino acids in the muscle of kuruma prawn during storage, *Nippon Suisan Gakkaishi*, **56**, 1515-1520 (1990).
- S. Wongso and H. Yamanaka: Changes in content of extractive components in the adductor muscle of noble scallop during storage, *Fisheries Sci.*, **62**, 815-820 (1996).
- E. J. Conway: *Microdiffusion Analysis and Volumetric Error*, 3rd ed., Crosby Lockwood and Son Ltd., London, 1950, pp. 87-107.
- 山中英明・松本美鈴: 高速液体クロマトグラフィーによる赤身魚中のポリアミン類の同時定量及び鮮度の判定, 食衛誌, **30**, 396-400 (1989).
- 福家真也: 食品の味. (おいしさの科学, 山野善正, 山口静子編), 朝倉書店, 1994, pp. 69-81.
- 渡辺勝子: 魚介類の味. (魚の科学, 鴻巣章二監修, 阿部宏喜, 福家真也編), 朝倉書店, 1994, pp. 51-63.
- 鴻巣章二・柴生田正樹・橋本芳郎: 貝類の有機酸, とくにコハク酸含量について, 栄養と食糧, **20**, 18-21 (1967).
- 鴻巣章二: 魚貝類の味, 日食工誌, **20**, 432-439 (1973).
- 山口勝己・渡辺勝子: 魚介類の味とエキス成分. (魚介類のエキス成分, 水産学シリーズ 72, 坂口守彦編), 恒星社厚生閣, 1988, pp. 104-115.
- 道川恭子・大野知美・渡辺勝子・山口勝己・鴻巣章二: グリシンベタインの味質とエゾボラにおける呈味効果, 日食工誌, **42**, 1019-1026 (1995).
- 松本美鈴・山中英明: クルマエビ筋肉の死後変化に及ぼす抗菌性クロラムフェニコールの影響, 日水誌, **57**, 2291-2297 (1991).
- 山中英明・鳴倉邦嘉・塩見一雄・菊池武昭・奥積昌世: イカ及びホタテガイ貯蔵中のポリアミンの消長, 食衛誌, **30**, 289-294 (1989).

(平成 9 年 12 月 18 日受理)