Abstracts

アジア国際シンポジウム
Asian Symposium on Chemoreception

共催　味の素株式会社
花王株式会社
高砂香料工業株式会社

SY-A1

Biological studies on the dissolved free amino acids of the Ishikari River watershed as potential homing cues for adult chum salmon (*Oncorhynchus keta*)

Ernest Y. Chen and Hiroshi Ueda

Division of Biosphere Science, Graduate School of Environmental Science
Hokkaido University

The unique anadromous lifecycle of chum salmon is rooted on the fish's phenomenal ability to locate their natal streams after residing for years in the open ocean. Shortly after emergence as juveniles, the fish are known to imprint to natal stream olfactory chemicals in the form of dissolved free amino acids (DFAA) while initiating downstream migration into the ocean. As returning adults, the upstream migrants recall these stream-specific cues for homing navigation. Over the course of this study, DFAA were analyzed for fluctuations and stability in the Ishikari River watershed, Hokkaido, Japan, and two of its tributaries: the Chitose and Toyohira rivers. The riverine DFAA during the homing season were utilized to determine behavioral homing preferences for adult chum salmon by way of a Y-maze 2-choice test tank.

Monthly water samples were taken from strategically chosen sites in the three waterways. Statistical comparisons between the vital imprinting and homing months for each specific DFAA revealed substantial annual variations between the imprinting months. However, only a few significant differences were detected for individual DFAA between the imprinting and homing months for the Toyohira and Chitose rivers. Total DFAA levels were positively correlated with discharge rates in the Toyohira and Ishikari rivers.

For homing behavioral analyses, adult male chum salmon from the Chitose River were exposed to artificial stream water (ASW) reconstituted with DFAA compositions identical to those of the Toyohira and Chitose rivers. The majority of the fish showed a preference for Chitose ASW over Toyohira ASW on initial first choice entry and tended to stay in the choice arm for a longer duration. The total number of entries into each Y-maze arm, however, varied as the fish did not exhibit any unequivocal inclinations for either arm.

Although this study discovered substantial seasonal fluctuations between the three waterways, a previous study showed that only a few stable compositions of DFAA in the Teshio River, Hokkaido, may be sufficient for chum salmon natal river recognition. DFAA appear to be influenced by discharge levels during the snowmelt season, which likely induced bedload transfer, scouring, and fluvial erosion. During the Y-maze tests, the chum salmon from the Chitose River appeared to be able to discriminate DFAA from their natal river as they showed a preference for Chitose ASW, thus suggesting that natal stream DFAA act as potential waypoints for upstream navigation.

SY-A2

Central effect of metformin on food intake and glucose regulation in mice

Hyun-Ju Kim, Mi-Jeong Oh, Sang-Hyun Choi, Boe-Gwun Chun, and Dong-Hoon Kim

Department of Pharmacology, Korea University College of Medicine, Seoul, Republic of Korea

Metformin, a widely prescribed anti-diabetic drug, reduces body weight and food intake in humans and animals. However, the mechanisms underlying the metformin-induced anorexia remain unclear. In this study, we sought to determine the central and peripheral action of metformin on energy balance and body weight, as well as the potential role of key hypothalamic energy sensors, including adenosine monophosphate-activated protein kinase (AMPK) and S6 kinase (S6K) in the metformin-induced anorexia. Furthermore, we investigated the central action of metformin in glucose regulation in mice.

To address these, we performed meal pattern analyses and conditioned taste aversion (CTA) tests in obese C57BL/6 mice orally administered metformin and lean mice administered metformin into the third ventricle (I3V). We compared energy expenditure, the levels of c-Fos expression in the brain and the phosphorylation of hypothalamic AMPK and S6K in the mice. In addition, we performed glucose, pyruvate, and insulin tolerance tests in mice I3V administered metformin.

Oral administration of metformin resulted in weight loss and anorexia accompanied by transient decrease in meal size and persistent reduction in meal number in obese mice, and produced a CTA. It increased neuronal activation in the nucleus tractus solitarius and central amygdala compared to the pair-fed mice. I3V administration of metformin caused weight loss and anorexia accompanied by reduction in both nocturnal meal size and number compared to the control, and did not induce CTA. I3V administration of metformin increased phosphorylation of S6K at Thr^{389} and AMPK at $Ser^{485/491}$ in the mediobasal hypothalamus compared to the control, while AMPK phosphorylation at Thr^{172} was not changed. I3V rapamycin pretreatment reinstated the metformin-induced weight loss and anorexia. Interestingly, I3V administration of metformin lowered glucose levels only in oral glucose tolerance test (GTT), but not intraperitoneal GTT compared to the control. Moreover, it increased glucose levels in pyruvate tolerance test.

These results suggest that the activated neurons in multiple brain regions may be involved in the metformin-induced anorexia, and that the anorexia induced by central metformin may be mediated by activation of hypothalamic S6K pathway. In addition, the central metformin may play a critical role in the alteration of glucose regulation.

Abstracts

嗅覚シンポジウム
「嗅覚と内分泌機能」

SY-21

キンギョの性行動における嗅覚および内分泌系の関与

Involvement of Olfaction and Endocrine System in Sexual Behavior of Goldfish

小林 牧人
Makito Kobayashi

国際基督教大学生命科学教室
Department of Life Science, International Christian University

キンギョは春の産卵期に数回の産卵を行うコイ科の魚である。キンギョの産卵行動は、雄が雌を追いかける「追尾」と雌雄の「放卵」、「放精」という性行動によって成り立つ。ここではキンギョの性行動を制御するフェロモン、ホルモンおよび嗅覚の役割りについて説明し、さらにキンギョの性行動の性的可逆性について紹介する。

水温上昇や水質変化などの環境刺激が雌の下垂体における黄体形成ホルモン(LH)の大量放出を誘起し、この LH の作用により雌の卵巣内で卵成熟・排卵が起こる。この時、雌はプロゲスチンをプライマーフェロモンとして尿とともに水中に放出する。雄がこのフェロモンを受容すると、下垂体からの LH 分泌が促進され、LH の作用により精巣内での精液産生が、放精に先立って促進される。雌では、排卵後、卵巣内でプロスタグランジン(PG)が産生され、この PG が脳に作用して雌の性行動を誘起する。この場合、卵巣で産生されるエストロゲンは性行動の発現には必須ではない。またこの PG はリリーサーフェロモンとして尿とともに放出され、雄を刺激して、雄の性行動を誘起する。この場合、精巣で産生されるアンドロゲンの存在は必須である。雌から雄へのこれらのフェロモンの作用は、雄の嗅覚経路の遮断(鼻孔閉塞、嗅索切断)により消失する。

一方、これまで雌の性行動には嗅覚は関与しないと考えられていたが、雌の鼻孔閉塞により PG の存在下においても雌の性行動は強く抑制された。興味深いことに鼻孔閉塞後、嗅索切断をすると PG による性行動は再開した。このことは、雌では鼻孔閉塞により嗅神経・嗅球から性行動の中枢である終脳に強い性行動の抑制が働き、嗅索切断はこの抑制を解除するものと考えられた。これまでのところ、雌にとってどのような臭いが性行動の発現に重要なのかは明らかでない。

このようにキンギョでは性特異的な嗅覚、内分泌系によりそれぞれの性の性行動が制御されているが、ホルモンの投与によって、いったん性成熟した魚であっても本来の性とは逆の性の性行動を誘起することができる。雄に PG を投与すると雄は雌型の性行動である「放卵行動」を行い(卵の放出は起こらない)、雌にアンドロゲンを投与するとフェロモンに反応して「追尾」、「放精行動」を行い(精子の放出は起こらない)、さらに雄型の LH 分泌も起こるようになる。またこれらのホルモン投与を受けた魚は、本来の性の性行動を行う能力は失わない。

哺乳類では脳の性分化により、脳は雄型、雌型のどちらか一方に固定されるため、雌雄逆の性の性行動が起こることはないが、一連の行動実験の結果から、キンギョは雌雄両方の性行動の制御が可能な、性的に両性の脳をもつことが示唆された。

SY-22

太平洋サケの嗅覚による母川記銘・回帰に関与する神経内分泌機能

Involvement of neuroendocrine functions on olfactory imprinting and homing in Pacific salmon

上田　宏
Hiroshi Ueda

北海道大学北方生物圏フィールド科学センター・大学院環境科学院
Field Science Center for Northern Biosphere, Graduate School of Environmental Science, Hokkaido University

太平洋サケは、稚魚が生まれた川（母川）から海に下る降河回遊時に、母川水のニオイを記銘（刷込み）し、大海原で数年間の索餌回遊により成長し、親魚が産卵のため記銘したニオイを想起・識別して母川回帰するダイナミックな生活史を営む。稚魚の降河回遊は海水適応能を獲得するための銀化（smoltification）と、また親魚の母川回帰は性成熟と密接に関係しているが、神経内分泌機能については不明な点が多く残されている。シロザケを用いて、稚魚の千歳ふ化場から石狩湾までの降河回遊に伴う脳‐下垂体‐甲状腺（BPT）系のホルモン、および親魚のベーリング海から千歳ふ化場までの母川回帰に伴う脳‐下垂体‐生殖腺（BPG）系ホルモンの動態を解析した。稚魚では、千歳ふ化場から千歳川に放流された直後に脳の甲状腺刺激ホルモン放出ホルモン（TRHa・b）遺伝子発現量が急増し、下垂体の甲状腺刺激ホルモン（TSHβ）遺伝子発現量は石狩川河口に向け漸増し、甲状腺ホルモン（T4・T3）含有量は石狩湾に向け漸増した。親魚では、サケ型生殖腺刺激ホルモン放出ホルモン（sGnRHI・II）遺伝子発現量が、雄の終脳でベーリング海で高値を示し、石狩湾から千歳ふ化場に向け漸増した。下垂体では石狩川沿岸で sGnRH 量の最高値が観察され、生殖腺刺激ホルモン（LH）量の最高値と呼応していた。ステロイドホルモンの分泌動態は、雄の精子形成に重要な 11KT および雌の卵黄形成に重要な E2 がベーリング海から石狩川に向け漸増し、生殖腺の最終成熟に関与する DHP は千歳ふ化場で急増した。

近年、N-methyl-D-asparate receptor（NMDA 受容体）が、高等脊椎動物の記憶や学習に重要な役割を果たしていることが報告されている。NMDA 受容体の必須サブユニットである NR1 遺伝子発現量は、シロザケ稚魚の降河回遊に伴い、千歳ふ化場から放流され BPT 系が活性化した後に増加しはじめ石狩川河口で最大となり、石狩湾では低下した。一方、親魚のベーリング海～石狩湾～インディアン水車～千歳ふ化場までの母川回帰に伴い、NR1 遺伝子発現量は、嗅球では雌雄とも石狩湾から千歳ふ化場に向けて増加したが、終脳では雄のみでベーリング海でも高値を示し、インディアン水車から千歳ふ化場にかけ雌雄とも増加した。シロザケの母川水ニオイの記銘および想起に NR1 が関与していることが示唆され、BPT 系ホルモンが母川記銘、BPG 系ホルモンが母川回帰にどのように関与しているかを解析している。

SY-23

イモリ性行動発現とフェロモン作用の内分泌調節

Hormonal and pheromonal control of courtship behavior in the red-bellied newt

豊田 ふみよ
Fumiyo Toyoda

奈良県立医科大学第一生理学教室
Physiology Department-I, Nara Medical University

交尾器官を持たないアカハライモリの雄はいったん水中に放出した精子塊を雌の総排出腔から取り込ませて体内受精を成立させる。そのため、アカハライモリの雄は雌の前で激しく尾を打ち振り、生じた水流にフェロモンをのせて雌の鼻先へと送り、雌を従順にして精子塊を雌に取り込ませる。我々は雄の求愛行動発現のホルモン調節、またフェロモンの実体やそれを感知する仕組み、それらを調節する内分泌系の解明に取り組んできた。その結果、性ステロイド、プロラクチン（PRL）， アルギニンヴァソトシン（AVT）などの下垂体ホルモンが脳に作用することにより雄求愛行動を引き起こすことを明らかにした。また、性的に発達した雄イモリの飼育水は雌を誘引する効果があること、雄の腹部肛門腺(腹腺)を切除すると飼育水の雌誘引効果が消失すること、雄腹腺の水抽出物に雌誘引活性を確認した上で、腹腺水抽出物からアミノ酸 10 残基よりなり雌誘引活性を有するペプチドを単離・同定し、ソデフリンと命名した。ソデフリンは性特異性・種特異性を有し、両生類初の性フェロモン、脊椎動物初のペプチドフェロモンとなった。腹腺内腔に面する上皮細胞の顆粒にはソデフリン抗体陽性物質が存在したことから、ソデフリンは腹腺上皮細胞でつくられて内腔に放出されると考えられる。また、ソデフリンの雌誘引活性が雌の嗅覚阻害により消失することや、ソデフリン刺激により雌鋤鼻嗅覚上皮に相当する鼻腔外側部（LNS）で最大の電位変化（嗅電図応答、EOG）や鋤鼻嗅覚細胞内 Ca 濃度の上昇が起こることも確認した。更に LNS の Gα0 タンパク質発現細胞がソデフリン応答に関与する可能性や LNS への DiI 注入による副嗅球への投射が確認され、ソデフリン刺激は副嗅球を介して中枢に伝達される可能性が示された。一方で我々はソデフリンの分泌・受容もまた PRL、性ステロイド、AVT により調節されていることを明らかにした。PRL と雄性ホルモンは雄飼育水の雌誘引活性を高め、雄腹腺中のソデフリン前駆体 mRNA 量やソデフリン量を増加させること、雄の腹腺には雄性ホルモン受容体が存在することも確認した。また、AVT が雄イモリ腹腺を収縮させることにより、腹腺からのソデフリンの放出に関与することを示した。一方、雌の LNS のソデフリンに対する嗅電図応答は PRL とエストラジオールにより増大するが、雄の LNS ではソデフリンに対する嗅電図応答がほとんど見られず、同ホルモン処理によってもほとんど変化が見られなかったことから、LNS のソデフリン応答性とホルモン応答性はいずれも性依存的であることが分かった。以上のように、中枢に作用して求愛行動の発現を引き起こす性ステロイドや下垂体ホルモンは、末梢におけるフェロモンの分泌や雌の応答性の調節に関わるなど総合的にイモリ生殖行動を制御すると考えられる。

SY-24

マウスにおける外分泌シグナルによる行動や内分泌の制御

Behavioral and endocrine regulation by exocrine gland-secreting chemosignals in mice

東原 和成
Kazushige Touhara

東京大学大学院農学生命科学研究科／ERATO 東原化学感覚シグナルプロジェクト
The University of Tokyo / ERATO Touhara Chemosensory Signal Project

多様かつ複雑な化学物質で充満している複雑生態系において、生物は、仲間、敵、異性などのシグナルを、化学感覚神経系で正確に識別する[1, 2]。これら化学シグナルは、匂いやフェロモンといった物質であるが、マウスにおいては鼻腔の主嗅覚系と鋤鼻系で感知される。例えば、オスマウス包皮腺から尿に分泌される不飽和脂肪族アルコール Z5-14:OH は、メスマウスの主嗅覚系の嗅覚受容体 Olfr288 によって認識され、誘引行動をひきおこす [3]。また、オスマウスの涙液から涙に分泌されるペプチド ESP1（約 7 kDa）は、メスの鋤鼻器官で感知され、交尾受入れ行動を促進させる[4]。性成熟する前の幼少マウスの涙に特異的に分泌される ESP22（約 10 kDa）は、オスマウスの性行動を抑制する [5]。これら ESP ファミリーは鋤鼻受容体 V2R ファミリーによって認識され、その情報は扁桃体や視床下部に伝わり、最終的に行動が誘発される。他の齧歯類にも ESP 遺伝子ファミリー存在しており、様々な行動や内分泌制御に関わっていることが示唆される。最近、ESP ファミリー以外にも鋤鼻の V2R 神経を活性化するタンパク質が新規にいくつか見つかった[6]。外界に分泌あるいは放出されるペプチドあるいはタンパク質は、齧歯類間のコミュニケーションに関わる情報因子となっていることが明らかになりつつある。

[1] Touhara, K. & Vosshall, L.B.: Annu. Rev. Physiol. 71, 307−332 (2009)
[2] 化学受容の科学（東原和成編、化学同人 2012）
[3] Yoshikawa et al.: Nature Chem. Biol. 9, 160-162 (2013)
[4] Haga, S. et al.: Nature 466, 118 (2010)
[5] Ferrero et al.: Nature 502, 368 (2013)
[6] Tsunoda et al., Abe et al.: unpublished data

Abstracts

ランチョンセミナー
消化管におけるうま味受容
—脳腸連関による生体恒常性の調節—

共催　味の素株式会社

LS-1

消化管におけるうま味受容
―脳腸連関による生体恒常性の調節―

鳥居邦夫

(株)鳥居食情報調節研究所

我々の体液（細胞外液）のグルコース、脂肪酸、アミノ酸、電解質は恒常性を維持している。前二者はエネルギー代謝を担い、濃度変化が脳の視床下部に作用して食欲を調節する。後二者の各栄養素の濃度は種差もなく食事の前後でも厳密に生体恒常性が維持されている。一方、食事性蛋白質の構成アミノ酸は体液の組成とは異なるので、消化吸収過程で代謝により生体恒常性を維持する必要がある。従って食事摂取の認知、特に食事性蛋白質摂取情報をもとにアミノ酸の効率良い消化吸収と生体恒常性維持とを行う脳を介した仕組みが存在する。脳への入力は口腔内では顔面、舌咽、迷走各神経を介した味覚、消化管では迷走神経を介した内臓感覚である。食事性蛋白質を構成するアミノ酸の中でグルタミン酸（Glu）とグルタミンが突出して多く、加熱調理や消化吸収過程で生じる Glu および Glu を含むオリゴペプチドは食事性蛋白質を認知する有力候補である。味覚では Glu は基本味の一つ、うま味として受容され食嗜好性を高める。迷走神経求心性線維の応答性から小腸枝や肝枝は基本的にアミノ酸を含めどの栄養素にも応答するが、胃枝は Glu にのみ応答し、さらに分泌される消化液（膵液）に血中の数倍の Glu があり消化吸収の促進作用があると考えた。消化液中の Glu は血中のグルタミンを外分泌（アシナー）細胞が取り込み Glu に代謝し酵素原顆粒に蓄積し分泌の際に外分泌細胞膜上の代謝型 Glu 受容体Ｉ型を刺激し、カスケード型の分泌を生じる。同様に内分泌細胞でも類似の仕組みが存在する。この Glu シグナリングは直接あるいは脳を介して、唾液、胃液、膵液、粘液、塩酸や重炭酸の分泌を促し、消化管のバリヤー構築とｐＨ調節を行い効率良い消化吸収の担い手と言える。迷走神経胃枝を介した Glu 刺激は粘膜上皮細胞にある代謝型 Glu 受容体Ｉ型を介して一酸化窒素（NO）を産生し、クロム親和性細胞からセロトニン（5HT）を分泌、神経終末の 5HT３型受容体により神経インパルスとして脳に入力される。無麻酔ラットの脳機能の変化を機能型 MRI（4.7T）で観察すると摂食に関わる視床下部外側野、栄養素摂取と嗜好性に関わる扁桃体中心核、基礎代謝を調節する背側腹側核、体温調節に関わる腹側視索前野が応答したが、依存性に関わる側座核は応答せず、蛋白質摂取に伴う食事性産熱（特異動的作用）は Glu シグナリングによる可能性がある。そこでラットに高脂肪高砂糖食を長期（1 年間）摂取させた肥満症モデルに１％（w/v）Glu ナトリウム水と水とを選択摂取させたところ強い Glu 嗜好性を示し、対照（水のみ）と同じ摂食量にもかかわらず肥満症発症を抑制、余剰に摂取したエネルギー源は体熱として放散したと考えられる。また、１％（w/w）Glu ナトリウム添加飼料をラットに与えたところ、胃から小腸への転送、アミノ酸吸収と肝でのアルブミン生合成を高め食事性蛋白質の効率的利用を認めた。グルタミン酸シグナリングは味覚、内臓感覚さらには外分泌および内分泌の調節にも関わり、食物摂取の認知に加え、生体恒常性に重要な役割を果たしている。

Abstracts

各賞受賞講演

日本味と匂学会賞
日本味と匂学会功労賞
研究奨励賞

日本味と匂学会賞

化学感覚を基盤とした食のおいしさのメカニズムに関する統合的研究

Integrative studies on the mechanisms underlying the palatability of foods based on chemical senses

伏木　亨
Toru Fushiki

京都大学大学院農学研究科食品生物科学専攻
Division of Food Science and Biotechnology, Graduate School of Agriculture, Kyoto University

食べ物のおいしさは重要であるが、極めて個人的な感覚であるとして科学の対象とはされてこなかった。同じ食品に対しても人によって評価が異なる事実は、おいしさが食品成分の解析だけでは説明できないことを示唆する。また、化学感覚の計測は人間の応答を表しているが、それだけではおいしさは十分には説明できない。食品のおいしさは味覚や嗅覚・食感などの諸感覚を手がかりに、それを食べる人の脳の判断の結果として現れるバーチャルな感覚と考えると理解できる。おいしさの総合的な判断は複雑であるが、いくつかの単純な判断要素に分解できるならば、個別に科学的な取り扱いが可能である。

人間はどのような食品でも、そのおいしさをほぼ瞬時に判断できる。この時間の短さは摂取する食品の情報と化学感覚に応答して、脳の中で比較的少数の判断要素が参照されその結果が統合されることでおいしさが生じると仮定すると説明がつく。

おいしさに関わる要素を扱った多くの生理学論文や社会学・情報学分野の研究を検討し、おいしさを最小限の要素で表現することを長年にわたり試みてきた。その結果から、

（１）栄養素摂取のような生命維持に関わる生理的な欲求
（２）油脂や砂糖のような生命維持を超えた快楽や報酬に繋がる化学感覚
（３）過去の食体験に依存する「食べ慣れ感」、あるいは違和感の記憶に繋がる化学感覚
（４）視覚を端緒とした多段階の階層を持つ情報の影響

この４つの統合によって瞬時のおいしさが生じるとの仮説を提案した。限られた数の要素の統合であるならば、その要素を取りだして再構成もできる。再構成の試みによって脳の統合機序を推定する手がかりが得られる可能性もある。さらに、食品開発においては、おいしさの数式化ならびに客観的評価にも繋がる。

ここでは、おいしさを構成する各要素についての概要を説明するとともに、重回帰分析を用いた食品のおいしさの構造解析について最近の成果を解説したい。

日本味と匂学会功労賞

匂い・味の非侵襲脳機能計測法に関する研究

The study on the non-invasive brain measurements of olfaction and taste

外池 光雄
Mitsuo Tonoike

藍野大学　医療保健学部　臨床工学科
Department of Medical Engineering, Faculty of Health Science,
AINO University

匂い・味の非侵襲脳計測法の研究は、現在、さらに新しい脳イメージング研究へと発展している。私がヒトの匂い研究を開始した頃とは、まさに隔世の感あり、誠に感慨無量である。ここでは、私が取り組んで来た「匂い・味の客観的・他覚的計測研究」を振り返りながら、その時代に何が問題で何が解決されて来たのか、また、どのような技術や理論がブレークスルーになったかを述べる。

私は故高木貞敬先生の勧めで、ヒトの嗅覚を脳波で計測することを試み、当時 Plattig 博士の味覚脳波の論文を読んだことに始まる。匂いや味の刺激を如何に精密に制御し、脳波で脳応答を如何に客観計測するかの研究を開始した。既に用いられていた物理的感覚の視・聴覚の誘発電位法から学び、色刺激の誘発電位研究の手法を嗅覚・味覚研究に適用した。特に心理生理反応が脳波に反映しているとの仮説に基づき、脳波データに統計的多変量解析（主成分分析など）を用いて解析する研究を行った。また、匂い・味刺激装置では「呼吸同期式嗅覚刺激法」を開発した。当時、大阪大学耳鼻咽喉科と共同研究を行い、患者への臨床研究への適用も検討した。一方、脳磁場計測では電界歪を伴わないことから、開発が始まったばかりの脳磁界計測の研究への転換を試みた。このため、国の緊急補正予算による大型研究装置の導入（建物込みの装置・設備一体型予算）計画に応募し、約５億円の予算で、世界に先駆けて多チャンネル全頭型脳磁計を産総研関西センターに導入・設置した。以後は非磁性の匂い・味刺激装置の開発研究を行い、匂い・味の脳磁図計測で匂いや味の脳内中枢部位の同定に成功した。しかし、この脳磁図も頭皮上から約 5cm までの深さしか測定できないので限界も明らかになった。現状で脳の深部を測定するのであれば、やはり機能的磁気共鳴法（f-MRI）計測が必要であろう。

そこで千葉大時代には東京電機大の 1.5T の f-MRI を用い、匂い・味のイメージング研究を行った。その過程で、複数の感覚モダリティの同時刺激を用いた五感の統合に関する研究を開始した。現在、五感の脳機能統合が前頭眼窩野の部位で行われているとの仮説を下に、その検証を試みる研究を展開しており、この研究には種々のマルチモーダルな計測法を用いる必要があると考えている。本講演では、五感の統合研究に関する今後の展開と、匂い・味研究の展望を述べる。

研究奨励賞

味覚嫌悪学習の中枢メカニズム：想起に関与する情報伝達経路

Neural mechanisms of conditioned taste aversion

乾　賢
Tadashi Inui

大阪大学　大学院人間科学研究科　行動生理学研究分野
Behavioral Physiology, Human Sciences, Osaka University

味の記憶は食物摂取行動において重要な役割を果たす。味の記憶を手がかりとして、栄養素を含む食物を効率よく摂取し、一方で有害物質の摂取を回避することが可能となる。したがって、味を記憶する能力は生命維持に不可欠といえる。味覚記憶の一つのモデルとして味覚嫌悪学習がある。食物摂取後に体調不良を経験すると、食物の味と内臓不快感の結びつきを学習し、その味を忌避するようになる。演者はこの味覚嫌悪学習の中枢メカニズムを明らかにしようとこれまで研究に取り組んできた。特に、味覚嫌悪学習の想起に関与する脳部位と神経回路を解明することによって、味覚記憶の神経基盤を明らかにすることを目指してきた。行動薬理学的方法、*in vivo* マイクロダイアリシス実験法、マンガン造影 MRI 法などを用いて、脳内報酬系の神経回路と扁桃体の関与について多面的に調べてきた。その結果、脳内報酬系の一部である側坐核 core 部から腹側淡蒼球への GABA 性神経伝達が味覚嫌悪学習の想起時に活性化することと、この GABA 性神経伝達を遮断すると味覚嫌悪学習の想起が障害されることが分かった。また、味覚嫌悪学習の想起によって、扁桃体基底外側核から側坐核 core 部への投射ニューロンが活性化することも明らかにした。これらの知見から、扁桃体基底外側核から側坐核 core 部を介して腹側淡蒼球へ至る情報伝達経路が味覚嫌悪学習の想起に重要であることが示唆された。また、扁桃体基底外側核から分界条床核と扁桃体中心核への神経投射経路も味覚嫌悪学習の想起時に活性化することが分かった。これらの経路を中心とした味覚嫌悪学習の詳細なメカニズムを明らかにすることが、今後の課題の一つである。また、これらの研究の過程でみえてきた課題にもとづいて現在取り組んでいる研究についても簡単に紹介したい。

研究奨励賞

小動物 fMRI による味と匂い地図

Gustatory and olfactory maps in small animals by functional magnetic resonance imaging

黄田　育宏
Ikuhiro Kida

（独）情報通信研究機構　脳情報通信融合研究センター
Center for Information and Neural Networks,
National Institute of Information and Communications Technology

私の研究は，傷つけずに脳を診て（脳機能画像法），脳を知る（化学感覚）ことを目標としている。脳を診るために利用しているのが，主に機能的磁気共鳴画像法（functional magnetic resonance imaging：fMRI）である。fMRI は，非侵襲的に繰返し測定ができ，高い空間解像度を有しながら全脳を測定できる利点がある。脳を知ることでは，小動物を対象とした fMRI を発展させ，嗅覚や味覚の機能的コーディングの計測を行っている。

これまで行ったことをまとめると，以下の３つである。(i) 嗅球の匂い地図は，匂い濃度や刺激時間に関係なく保たれていることを明らかにした。(ii) 大脳味覚野では，味刺激に対して左右半球で異なる応答が得られた。これは齧歯類の大脳味覚野の位置が左右半球で異なることを示唆している。(iii) サケ科魚類においては，終脳の背外側領域が母川記憶に関連していることを示唆する結果を得た。このように書くと簡単であるが，小動物を対象とした MRI 実験系では，匂いや味の刺激方法や小動物を生理的状態に保つことなど，fMRI 信号を得るまでには様々なチャレンジがある（特に魚類！）。

本講演では，これらの経緯を含めて成果を紹介するとともに，共同研究者の方々に感謝の意を述べたい。

Abstract

招待講演

IL-1

Synapses without vesicles: 3-dimensional Ultrastructural View of Taste Buds

Thomas E. Finger[1], Rae L. Russell[1], Adam Lawson[1], Grahame Kidd[2], Ashley Foster[3], Ruibiao Yang[3], Robert Lasher[1], John C. Kinnamon[3]

[1] *Rocky Mountain Taste & Smell Center, Dept. Cell. & Devel. Biology, Univ. Colorado Sch. Medicine, Aurora CO*
[2] *Department of Neurosciences, Cleveland Clinic, Lerner Research Institute, Cleveland, OH*
[3] *Rocky Mountain Taste & Smell Center, Department of Biological Sciences, University of Denver, Denver, CO*

Taste buds are complex multicellular endorgans essential for detection of taste. The cells of a taste bud distinguish between nutritious and potentially toxic substances, and communicate this information to the taste nerves innervating them. Despite recent advances in understanding the molecular signaling underlying taste transduction, a complete understanding of cell-cell interactions and transmission of information to the peripheral nervous system is lacking. Previous studies have established that 3 distinct types of taste cells exist: Type I cells are glial-like, Type II cells possess the transduction cascade for sweet, umami and bitter substances, while Type III cells are implicated in sour taste. Transmission of information from taste cells involves their releasing ATP as a neurotransmitter which activates purinergic receptors (P2X2 and P2X3) on the afferent nerve fibers. Ultrastructural studies show that Type III cells form classical synapses with vesicles and membrane specializations, whereas Type II cells apparently communicate with nerve fibers via specialized contacts characterized not by presynaptic vesicles, but rather by large, atypical mitochondria, i.e. these specialized contacts may be synapses in a functional context while lacking ultrastructural features such as vesicles, that classically define synapses anatomically. We have begun utilizing a newly invented technology, serial blockface scanning EM, to generate a complete 3D picture of taste bud structure. This will permit detailed analysis and determination of several key features including: 1) whether individual nerve fibers make functional contact with more than one cell type, 2) what is the nature of points of specialized contact between taste cells and nerve fibers, and 3) whether atypical mitochondria are part of the greater mitochondrial network or represent unique organelles lying only at points of specialized contact between Type II taste cells and nerve fibers. This greater understanding of the detailed structure of taste buds will help investigators formulate data-based hypotheses regarding functional interactions between the different cellular elements and a more clear understanding of how taste information is transmitted to the nervous system. Our preliminary data to date from examination of murine circumvallate taste buds, show that a Type II cell can be embraced by a single nerve fiber to form repeated specialized points of contact, each with an atypical mitochondrion. In addition, we find that an individual Type II taste cell can form such atypical synapses with more than one nerve fiber. Further study is necessary to confirm these initial findings and to further explore the 3-D architecture of taste buds.

Abstracts

味覚シンポジウム
「食品産業における味覚研究最前線」

SY-31

フレーバーテクノロジーによる塩味の増強効果

Enhancement effect of Salt Taste based on Flavor Technology

宮澤 利男
Toshio Miyazawa

小川香料株式会社　機能研究所
Functional Products R&D Laboratory, Ogawa & Co., Ltd.

食塩（塩化ナトリウム）は私たちの生活において様々な役割を果たしている。食品加工においては、嗜好性向上、物性向上、保存性向上などに寄与している。また、人体内における役割として、生理機能の維持が挙げられる。ナトリウムは健全な生命活動に欠くことのできない生理作用、酵素作用、代謝調節作用などと極めて密接な関係であることから、人体にとって必須の栄養素といえる。

このように、食塩は私たちにとって必要不可欠な素材である一方、その過剰摂取は様々な疾病の要因になるとされており、消費者の減塩に対する意識は近年著しく高まっている。しかし、塩分を減らすと「おいしくない」と思っている人は多いのではないか。実際、食塩を減らすと、塩味の低下のみならず、味気ない、物足りないといった嗜好性の低下が生じる。そこで、本シンポジウムでは減塩食品の嗜好性の課題解決に対して貢献が期待されるフレーバーに焦点をあてて紹介する。

フレーバーを受容する嗅覚は、おいしさを感じるための一つの要素であり、五感の中でも最も鋭敏な感覚といわれる。そのため、味だけでなく香りを活かすことで、食のバラエティーのみならず、おいしさへの貢献度も高まる。今年３月に開催された米国心臓学会では、ハーブやスパイスが有する香りや辛みを活用することで効果的に減塩ができることを示した。

これまで、我々の研究では、ハーブの一種であるキバナオランダセンニチ（別名ハトウガラシ、キク科植物）に塩味の増強効果があることを見出した。本発表では、この味覚増強作用を、①ヒトによる官能評価試験（舌半分試験）、②ラットによる神経生理学的試験、③マウスによる行動学的試験を基に得られた結果を中心に報告する。

SY-32

水蒸気蒸留抽出による鰹節香気成分が塩味、うま味に及ぼす影響

Effects of dried bonito aroma extracted by steam distillation on salty and umami taste qualities

小笠原 靖
Ogasawara Yasushi

株式会社　Mizkan Holdings
Mizkan Holdings Co., Ltd.

【背景】弊社は 1988 年の『つゆ』発売以来、旨み用と香り用の 2 種のかつお節だしを用いるなど、だしの効きを追求しためんつゆの商品開発を行ってきた。かつお節だしの香りには、節の製法や原料に由来する焙乾香、くん煙香、肉質香などが含まれ、味にはうま味をはじめ、塩味、酸味、甘味、苦味などが含まれる。近年、香りと味の相互作用に関する研究が多く報告されており、かつお節の特有の香りも、その味へ密接な影響を及ぼしていると考えられた。そこで、本研究では、食塩水やめんつゆモデル液の呈味へ、かつお節の香りが及ぼす影響を明らかにすることを目的として検討を行った。

【方法】かつお節香気試料は、かつお荒節の水蒸気蒸留抽出液を用いた。無香試料は香気試料を開放系で 2 時間加熱し作成した。両試料は GCMS により香気成分分析を行った。かつお節の香りが呈味に及ぼす影響は官能評価により調査した。評価項目はパネルへの事前アンケート調査より決定した。食塩水の呈味に及ばす影響は食塩水（食塩濃度 5 水準（0.68~1.5%））への香気試料の添加の有無による差異を評価する方法で行い、主成分分析などの統計的解析を実施した。めんつゆモデル液の呈味に及ぼす影響は、食塩濃度 1.5%液をコントロール、1.2%液をサンプルとして差異を評価する方法で行った。

【結果】官能評価項目は塩味関連 5 その他味関連 8 の計 13 項目とした。食塩水へのかつお節香気試料の添加により、「うま味の強さ」などいくつかの項目に有意な増強が認められた。全呈味スコア（n =176）の主成分分析結果では、第 1 主成分（寄与率 32%）は「塩味の強さ」などと、第 2 主成分（寄与率 22%）は「うま味の強さ」などと相関が高かった。無香試料の添加ではすべての項目で差異が認められず、加熱で消失した香気成分（含硫化合物やフェノール類など）が、呈味への影響に関与するものと考えられた。めんつゆモデル液においても、かつお節香気試料の添加により「うま味の強さ」に有意な増強が認められた。また、無添加の場合にコントロールよりも有意に弱かった「塩味の強さ」は、かつお節だしとかつお節香気試料の共用により有意な差異が消失した。

SY-33

培養細胞評価系を用いた食味評価

Evaluation of Taste Using Cell-Based Assay

櫻井 敬展
Takanobu Sakurai

日清食品ホールディングス株式会社　グローバルイノベーション研究センター
NISSIN Global Innovation Center, NISSIN FOODS HOLDINGS CO., LTD.

「おいしさ」は食品にとって最も重要な要素のひとつである。ヒトは食事をする際に五感によって得られた感覚的情報をもとに「おいしさ」を判断しており、この中で「味」および「香り」はとりわけ重要な働きをしている。そのため、食品開発者は「さらなるおいしさ」を求め、官能評価および機器分析（HPLC や GC-MS など）を用い、研究を行っている。

一方で、味覚は食品中の味を呈する化学物質、すなわち味物質が味覚受容体で受容されることによって引き起こされる。2000 年に苦味受容体が発見されたのを皮切りに、味覚受容体が次々と明らかとなり、2010 年に ENaC（Epithelial Sodium Channel）がマウスの低濃度 NaCl センサーであることが明らかにされたことで、基本 5 味の受容体は候補分子を含め、一通りそろったことになる。これらの受容体の発見に寄与した培養細胞を用いた機能解析は、生体の味細胞で受容される味覚伝達の仕組みを人為的に再現した測定方法と考えられる。実際に「グルタミン酸ナトリウムの旨味はイノシン酸で増強される」という現象の作用機構が、旨味受容体を発現させた培養細胞評価系で解明されたことで、味覚受容体発現培養細胞評価系が味覚修飾素材や新規呈味物質の探索・設計のための新しいツールとして注目を集めている。今回は、本評価系を用いた呈味増強素材や抑制素材の探索に焦点を当て、国内外の研究成果を中心に紹介する。

SY-34

食経験や味刺激がもたらす味覚認知の変化

Changes in the gustatory cortical areas in response to novel food and chemical stimulation

川上 晋平
Kawakami Shinpei

森永製菓株式会社　研究所　健康科学研究センター
Health Science Research Center, Morinaga & Co., Ltd.

脳には、入力される情報に適応して、大脳皮質の情報処理機構が変化する「可塑性」が備わっている。視覚系においては特定の時期の刺激により、大脳皮質の不可逆的な可塑性が生じることが知られているが、味覚系において、食経験により大脳皮質味覚関連領域の可塑性が生じるかどうかは不明である。脳の可塑性は、神経興奮により引き起こされる生体物質の変動が重要であると考えられ、食経験に応答した大脳皮質における分子の変動を知ることは、味覚可塑性解明の第一歩であると考えられる。食品摂食時の感覚は、大脳皮質の味覚野や体性感覚野にその情報が伝達されるが、食刺激が大脳皮質における遺伝子発現やタンパク質生合成に影響を与えているかどうかは不明である。そこで我々は、母乳から固形食へと食環境が劇的に変化する離乳期に着目し、離乳期マウスの食経験や味刺激に応答する大脳皮質での分子変動を解析した。

離乳期前後での大脳皮質における DNA マイクロアレイ解析を行った結果、ほとんどの遺伝子の発現プロファイルには変化がなかった一方で、食刺激に応答して発現上昇する遺伝子や発現低下する遺伝子の存在が明らかになった。特に、このとき発現上昇する遺伝子群には、神経可塑化に深く関わることが知られている極初期遺伝子が複数含まれており、食刺激入力が可塑性をもたらす一つの因子として機能することが示唆された。

一方、該当する大脳皮質領域においてタンパク質発現解析を行ったところ、離乳期マウスが固形食を摂取することで、数日以内にシナプス関連タンパク質の一種である Synaptosomal-associated protein 25 (SNAP-25)の蓄積量が大きく増加する事を見出した。さらに、サッカリンなどの単一刺激を与えた場合でも、大脳皮質において SNAP25 量が増加することを確認し、離乳期における食経験や味刺激によって、大脳皮質で変動する因子を見出すことができた。SNAP25 の局所的な蓄積はシナプス伝達効率の変化に関連していると考えられ、離乳期の食経験により、脳味覚関連領域での神経回路に変化が生じている可能性を示唆している。

離乳期前後のマウスに食刺激を与えた際に、大脳皮質がどのように変化するかについて得られたこれらの知見は、乳幼児期の食事が脳の発達にどう影響するのかといった疑問を解決する上で、大きな手がかりになると考えられる。

SY-35

しょうゆ中の水溶性多糖が旨味の後味に与える影響

Effects of a water-soluble polysaccharide in soy sauce on umami aftertaste

今村 美穂
Miho Imamura

キッコーマン株式会社　研究開発本部
Kikkoman Corporation, Research and Development Division

食品の品質の評価では、香りや味などの特性とその強度が一般的なパラメーターとなるが、「時間的な特徴」も品質を決定する重要な要素である。なかでも「後味」は食品の嗜好性や選択性への影響が大きいことが知られている。また、和食の多くでは、旨味のベースである「だし」にしょうゆを加えることが多い。「だし」には核酸およびグルタミン酸が、しょうゆにはグルタミン酸が含まれるため、これらを合わせると旨味が飛躍的に増強することがその理由と考えられる。しかしながら、しょうゆ中のグルタミン酸濃度が同じでも、調理品の旨味の後味が異なることが経験的に知られている。

そこで、各種官能評価と分子量分画、化学分析、酵素処理を用い、つゆの旨味の後味に寄与するグルタミン酸以外の成分を探索した。その結果、グルコースを主構成成分とする分子量 44,900-49,700 の可溶性多糖がつゆの旨味の後味を抑制することを明らかにした。旨味に関する研究は数多く行われているが、つゆの旨味の後味に寄与する成分に関する知見はこれまでになく、本研究で旨味の後味に影響する成分の存在を初めて示した。また多糖は、食品に粘性を付与すること、フレーバーリリースを変化させることが知られている。本研究によって明らかになった旨味の後味への影響を考慮すると、多糖自体には香りや味がないが、他の成分と相互効果し、香りや味、食感の経時的特徴を変化させる可能性が示唆された。今後は、経時的な官能特性の変化に寄与する成分や他感覚の相互作用に着目した研究も重要と考えられる。

SY-36

ビールののど越し感を計測する「のど越しセンサー」

Biometric system for measurement of the throat sensation during drinking beers

小島　英敏
Hidetoshi Kojima

サッポロビール株式会社価値創造フロンティア研究所
Frontier Laboratories of Value Creation, SAPPORO BREWERIES LTD.

ビールを飲んだとき、様々な言葉で表現される“おいしさ”の中でも代表的なものが“のど越し”感である。しかし、これまでビールの“のど越し”感を客観的に評価する方法はなかった。そこでビールを飲む際の嚥下に注目し、嚥下を測定する事により“のど越し”感の評価を試みた。嚥下は食物を飲み込む一連の動作である。嚥下の際には、舌骨上筋群の働きで甲状軟骨（通称のどぼとけ）を含む喉頭が挙上し、これに伴い、喉頭蓋が気管の入り口を閉鎖して、食物は食道から胃へと送り込まれる。このように喉頭と喉頭蓋の運動は連動しており、我々は、喉頭運動や舌骨上筋群の測定から、嚥下のタイミングや筋肉にかかる負荷の客観的指標が得られると考え、喉頭の上下運動、舌骨上筋群の筋活動量、嚥下音を測定する「のど越しセンサー」を開発した。「のど越しセンサー」を用いて“のど越し”感のタイプの異なるビールをゴクゴク飲む際の嚥下運動を測定した結果、“のど越し”感のすっきりしたビールを飲む際は喉頭が速く運動し、舌骨上筋群の活動が小さい一方、“のど越し”感のしっかりしたビールを飲む際は、喉頭がゆっくり運動し、舌骨上筋群の活動が大きく、嚥下測定から“のど越し”感を評価できる事が示唆された。さらに「のど越しセンサー」の測定とビール分析値を比較したところ、喉頭の上下運動する時間、舌骨上筋群の筋活動量はビール中の苦味成分指標、窒素成分指標と正の相関が認められ、苦味成分や窒素成分の少ないビールほど“のど越し”感がすっきりしている事が示唆された。嚥下の末梢性修飾機構として、口腔、咽頭の末梢感覚器からの入力が孤束核を経て延髄嚥下中枢に達し、そこからの嚥下関連筋への出力が知られており、ビール中成分の違いにより“のど越し”感に差が生じ、その結果が嚥下に表れているのではないかと考えている。

Abstracts

ミニシンポジウム
「水産食品の品質とおいしさ」

SY-41

魚肉タンパク質のゲル形成のとねり製品の特徴

Characteristics of the Surimi product and gel-forming ability of fish meat protein

加藤　登
Noboru Kato

東海大学海洋学部水産学科食品科学専攻
School of Marine Science and Technology, Tokai University

かまぼこ、ちくわ、さつま揚げ、はんぺん、魚肉ソーセージ等の魚肉ねり製品は、日本独自に発展した伝統食品である。ねり製品の品質特性は、その特有の弾力ゲルの食感（足）が良否の決め手になっている。食感の要素としては、弾力の強さ、しなやかさ、歯切れのよさ、喉越しの良さである。

１）ねり製品の製造とその原理：　冷凍すり身の製造工程は、採肉身を５倍量の水に「晒し」て、油、水溶性タンパク質、血液等ゲル形成を阻害する成分を流出し、筋原線維タンパク質を精製する工程である。さらに、「冷凍変性防止剤」として糖類（ショ糖、ソルビトール）5%～8%添加し約２年間安定な品質が保持できる。ねり製品のゲル形成は、冷凍すり身を解凍して 3%食塩を添加して攪拌し肉糊を形成し、25℃から 40℃に保持するとこんにゃく様のゲル形成を形成し時間ともに破断強度が増強する現象を「坐り」（予備加熱）と称する。坐り後に 90℃で二次加熱（本加熱）して加熱ゲルを得る。

２）魚肉タンパク質の特性(温度安定性)：　魚類筋肉のタンパク質は、一般に変温動物に分類され恒温動物である哺乳動物と異なり、生息環境水温に適応したタンパク質の温度安定性を示す。例えは熱帯産魚類では、高水温域で、寒帯産魚類は低水温域の限られた狭い範囲内のみで生息する。ウサギ筋肉 Ca-ATPase 活性は 35℃で数時間失活しないが、スケトウダラ筋肉は 10 分間でその活性は失活する。

３）冷凍すり身の品質と評価　＊ねり製品の歴史：

冷凍すり身は、ねり製品の中間素材として海外より輸入され、その種類や品質が価格に影響を与えている。原料魚は、スケトウダラ、ミナミダラ、ホキ、パシフィクホワイテング、シログチ、エソ、タチ、イトヨリダイ等の冷凍すり身が海外から輸入されている。

４）魚肉ね製品の種類と品質評価：　ねり製品のように多くの魚種を貯蔵したり、食品へと加工するに際してしてはその原料魚が如何なる温度域に棲息しそのタンパク質の温度安定性が多大な影響をおよぼす。この現象は魚種毎に棲息温度が異るように「坐り」温度も魚肉タンパク質の温度安定性が反映される。本来、ねり製品は、地先の海で水揚げされた魚種を用いて、全国各地で特有のお国自慢のねり製品が生産されている。シログチを用いた小田原蒲鉾、キチジやヒラメから仙台の笹蒲鉾、ホタルジャコから宇和島のジャ天、トビウオから島根のアゴちくわ等である。以上、魚肉タンパク質の温度安定性とその特性を生かしたねり製品を紹介する。

SY-42

水産物の新製品開発とおいしさ評価
－テクスチャー測定から官能評価まで－
（ナンキョクオキアミからのカニ肉様食品素材開発を例に）

Development of a new seafood processing and its quality assessment using sensory evaluation and texture measurement

岡﨑惠美子
Emiko Okazaki

東京海洋大学大学院海洋科学技術研究科食品生産科学部門
Department of Food Science and Technology,
Tokyo University of Marine Science and Technology

新製品開発において、広義の官能検査は開発過程のあらゆるステップに必要不可欠である。また、製品の製作過程において品質の的確な測定法が求められ、官能検査と機器測定との対応づけが重要となる。ここでは、新製品開発の一例として、水産庁委託事業(1985)による「オキアミからのカニ肉様食品素材の開発」の過程の一部を概説する.

官能的評価項目の選定： 開発の基礎的段階として種々の市販カニ肉を試食し、その食感を克明にプロファイルした。カニ肉の官能特性を表現する指標として、かみしめ感、ジューシー感、繊維の崩壊感を含む８項目を選定し、項目相互の相関行列から類似性のある項目をまとめた。

機器測定項目の選定： 製品の試作段階では、原料素材の配合や各種製造工程の条件設定に膨大な数の試作品の相互比較が必要であることから、官能的な特性を反映する機器測定項目として、引張り試験による伸び率と破断強度を選択した。

基本的製造方法と目標製品の設定： ペースト化したオキアミすり身を繊維状に成型しカニ肉用のテクスチャーを付与させるため、塩析・90℃加熱・エタノール処理・レトルト加熱を組み合わせて変性させた。その結果、90℃で加熱後レトルト加熱したオキアミ繊維はタラバガニ缶詰肉の物性に近くなることが物性測定・官能検査により確認された。そこで、開発の目標とする製品のイメージを「タラバガニ脚肉缶詰」に設定し、オキアミ及びスケトウダラすり身を原料に用いることとした。また製造工程に 90℃加熱とレトルト加熱を組み入れ、その基本フローとして、原料配合→ペースト化→押し出し成形→一次加熱→繊維化→結束成型→二次加熱の手順を設定した。

製造条件の標準化： 各ステップごとの製造条件は官能検査と機器測定とを組み合わせて検討し、その測定値ができるだけタラバガニ缶詰脚肉に近づくような条件を設定することにより、全体の製造条件を決定した。出来上がった試作品は、専門パネルによる官能検査ならびに市場ホームユーステストにより、嗜好性が高く天然カニ肉に近いテクスチャーを持つ製品であることが確認された。