

## 発酵技術を使ったサケ乾製品の試作

能登裕子, 河野慎一, 熊林義晃, 田村吉史

### Trial Production of Dried Salmon Products Using Fermentation Technology

Hiroko Noto, Shinichi Kono, Yoshiteru Kumabayashi, Yoshifumi Tamura

In this study, work was conducted to develop dried salmon products through a fermentation process using starters created by combining a variety of microorganisms.

The water content and water activity of the trial products, which were prepared by drying and maturing salmon fillets injected with a pickling liquid, were 40 to 50% and 0.84 to 0.86, respectively, indicating good preservative qualities. In regard to the flavor components of the trial products, the production rates and structures of ester and volatile organic acid depended on the starter microorganism. Sensory test results suggested that those produced using a starter for fish sauce were promising.

サケ (*Oncorhynchus keta*) は道内でホタテガイ, スケトウダラに次いで多く漁獲される水産物であり<sup>1)</sup>, 重要な加工原料の一つである。サケ加工品の中でも鮭とばは, 珍味等の乾製品として道内各地域で古くから製造されており, 現在では様々な形状のものや食感をよりソフト化したものなど, 多くの製品が開発されているが, 発酵技術を導入したサケ乾製品が開発された例はほとんどない。

一方, 食品用微生物スターターを用いた発酵技術は, 原料にはない新たな風味を付与できるため, 様々な食品において利用されている<sup>2)-5)</sup>。吉川は麴とスターターを水産物に添加することで, 旨みの増強と醤油様の芳香の付与および魚臭の低減を同時に実現できる魚醤油の開発を行っている<sup>2)</sup>。また, 井上らは, 非加熱発酵食肉製品である発酵生ハムの製造を行い, スターター添加により発酵熟成による風味を付与することで, 短期間で長期熟成した生ハム製品に近い風味付与が可能となる食品の開発を行っている<sup>5)</sup>。

そこで, 本研究では, 種々の微生物を組み合わせたスターターを用いて良好な風味を付与した新しいサケ発酵乾製品の開発を試みた。

### 実験方法

#### 1. 原材料およびスターター

試験に使用したサケは, フィレに加工して $-20^{\circ}\text{C}$ で冷凍保存されていたものを用いた。スターターは発酵生ハム用スターター T-SPX (*Staphylococcus xylosum*, *Pediococcus pentosaceus*), S-SX (*Staphylococcus xylosum*), T-SL (*Staphylococcus carnosus*, *Lactobacillus pentosus*), T-SP (*Staphylococcus carnosus*, *Pediococcus pentosaceus*) (クリスチャン・ハンセン社), 醤油用スターターの乳酸菌, 後熟酵母, 主発酵酵母 (株)ピオック) および理化学研究所から分譲された菌株 *Lactobacillus plantarum* JCM1149, *Leuconostoc menteroides* JCM6124 をそれぞれ組み合わせ 6 種調製した(表 1)。食塩は並塩 (ナイカイ塩業), 亜硝酸ナトリウムは硝精 #10 (第一化成), グルコースおよびラクトースは特級 (和光純薬工業) を使用した。

#### 2. サケ発酵乾製品の試作方法

サケ発酵乾製品は, サケフィレを流水解凍後, 図 1 に示した非加熱発酵食肉製品の製法<sup>6)</sup> に準じて試作を行った。すなわち, サケフィレ 1 kg に 8% (W/W) 量のピッ

表1 試作に用いたスターター

スターター名	製品名および菌株番号	菌種名
I	T-SPX	<i>Staphylococcus xylosum</i> <i>Pediococcus pentosaceus</i>
II	醤油用乳酸菌 醤油用後熟酵母 醤油用主発酵酵母	<i>Tetragenococcus halophilus</i> <i>Candida versatilis</i> <i>Zygosaccharomyces rouxii</i>
III	S-SX JCM 1149T	<i>Staphylococcus xylosum</i> <i>Lactobacillus plantarum</i>
IV	S-SX JCM 6124T	<i>Staphylococcus xylosum</i> <i>Leuconostoc menteroides</i>
V	T-SL	<i>Staphylococcus carnosus</i> <i>Lactobacillus pentosus</i>
VI	T-SP	<i>Staphylococcus carnosus</i> <i>Pediococcus pentosaceus</i>

クル液(食塩 15 g, スクロース 8.5 g, 硝精#10 2.4 g, グルコース 3.0 g, ラクトース 3.0 g)をスターター懸濁液 68.1 g に加えたものを注射筒で注入し, 3°Cに設定した低温インキュベーター(LTI-100 0SD, 東京理化工機)で2日間塩漬を行った後, 温度 20°C, 湿度 85%に設定した恒温恒湿機(AGX-325, ADVANTEC)で水分活性が 0.87 未満になるまで 8~21 日間乾燥熟成を行った。なお, スターターは接種後の初発菌数が  $10^7$  cfu/g になるように 0.85% (w/v) 生理食塩水中で懸濁したものをを用いた。

### 3. サケ発酵乾製品の分析

#### (1) 水分, pH, 塩分

水分は, 常圧加熱乾燥法<sup>6)</sup>により測定を行った。pH はガラス電極 pH メーター (HM-50V, 東亜ディーケーケー), 水分活性は水分活性計(Pawkit, デカゴン), 塩分は塩分分析計 (SAT-210, 東亜ディーケーケー)を用いて電量滴定法により測定を行った。

#### (2) 有機酸組成分析

有機酸は中川ら<sup>7)</sup>の方法に従って分析を行った。すなわち, 熟成が終了したフィレに 10 倍量の蒸留水を加えてホモゲナイズし, 遠心分離 (3,000 rpm×5 分間)を行った。得られた上清はシリンジフィルター (ポアサイズ 0.45 μm, Millipore) で濾過し, ろ液 10 μL を液体クロマトグラフィーに供した。有機酸は, Shim pack SCR102H カラム (300 mmL×8 mm I.D., 島津製作所) を 2 本直列接続し, 5 mmol/L *p*-トルエンスルホン酸および 100 μmol/L EDTA を含む 20 mmol/L Bis-tris 水溶液を溶出溶媒として用い, 流速 0.8 mL/分, カラム温度 40°C で分析を行った。溶出した成分の検出は電気伝導度検出器 (CCD-10AVP, 島津製作所) を用いて行った。

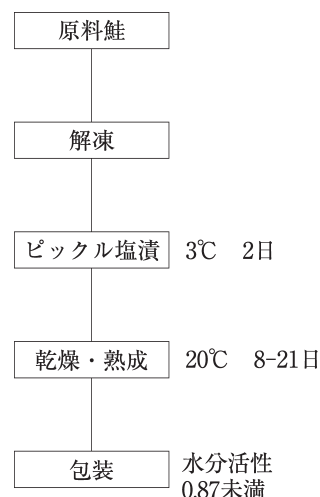


図1 サケ発酵乾製品の製造工程

各有機酸濃度は標準品 (和光純薬) のピーク面積との検量線を作成して算出した。

#### (3) 風味の評価および分析

風味の評価はにおい識別装置 (FF-2A, 島津製作所) と GC-MS (GCMS-QP2010 Plus, 島津製作所) を用いて行った。既報に準じて<sup>8)</sup> 試料 10 g をサンプルバック (PET 製, Flek-Sampler, 近江オドエアサービス, 容量 2 L) に入れ, 超高純度窒素ガス (純度 99.99995%以上) 2 L を加え密封して室温で 3 時間静置させヘッドスペースガスを調製した。その後ヘッドスペースガスを新たなサンプルバックに移し, 測定用試料とし測定した。本装置の 10 個の酸化半導体センサから得られた出力データは, 分析ソフト SPSS (Base 15.0 J) を用いて主成分分析を行った。GC-MS 測定は田中らの方法<sup>9)</sup> に従って行った。すなわち, 10 mL バイアル (Supelco) に試料 5 g と内部標準として 1% (v/v) シクロヘキサノール水溶液 3.0 μL を入れ, 40°C で 20 分間予備加熱を行った。その後 SPME ファイバー (StableFlex Carboxen/ polydimethylsiloxane (膜厚 85 μm), Supelco) を挿入して 40°C, 30 分間気相に暴露させて揮発成分を抽出し, 抽出後の SPME ファイバーを GC-MS の注入口に挿入した。GC-MS の測定条件は以下の通りとした。注入口温度 250°C, 注入部インサート (内径 0.75 mm, Supelco) を使用してスプリットレス (1 分間) で行った。カラムは DB-WAX (0.25 mm I.D.×30 m, 膜厚 0.25 μm, J & W) を用い, 40°C で 1 分間保持後, 2°C/min で 180°C まで昇温した後 10°C/min で 240°C まで昇温してさらに 240°C で 3 分間保持した。質量分析は電子衝撃イオン化法 70 eV, インターフェース温度 250°C で行った。検出されたピークはマススペクトルのデータベース (FFNSC 1.3, NIST 08S,

Wiley 9)と照合することにより同定し、内部標準に対するそれぞれのピーク面積の比で香気成分の生成量の相対的な比較を行った。

#### (4) 官能試験

官能試験は、嗜好と風味について当センター職員など27名をパネルにSD法 (semantic differential)<sup>10)</sup>に準拠した7段階尺度 (+3:大変好き~-3:大変嫌い)にて行った。

### 実験結果および考察

#### 1. サケ発酵乾製品の試作

発酵技術の導入による新しいサケ乾製品を開発することを目的として、発酵スターターによる試作を行った。表2に試作品と市販品のpH、水分、水分活性および塩分を示した。試作品のpHは *Staphylococcus carnosus* と *Lactobacillus pentosus* で発酵させたVがわずかに低かったが、熟成期間に関わらずほぼ6程度であり、スターター無添加(対照区)や原料のサケフィレおよび市販のスモークサーモンや鮭とばとほぼ同様の値であった。水分はIが50%程度、II, III, IVは45%前後、VおよびVIは40%程度であった。スターターを添加した試作品の水分活性は、0.84~0.86であり、スターター無添加(対照区)とほぼ同じ値であることから、スターターの接種は、水分活性の低下に影響しないことが示唆された。これらの値は、一般的な細菌および酵母、腸炎ビブリオやボツリヌスなど主要な食中毒菌の生育限界を下回る値であり、試作品が保存性を有していることが示唆された<sup>11)</sup>。塩分はIで7%前後であり、その他の試験区は4.3~5.6%であり、市販されているスモークサーモンや鮭とばより高く、前者が半乾燥品のしらす干し、後者がカタクチイワシの煮干しやウルメイワシの丸干しに相当した<sup>12)</sup>。

#### 2. 試作品の評価

試作を行った試料の風味を評価するため、試作品と市販品の鮭とばの風味をにおい識別装置を用いて測定し、主成分分析により解析した結果を図2に示した。グループA (I, II)とB (III, V, VI)および市販品の鮭とばに近い位置にプロットされるグループC (IV, N)に分類できた。官能的にはグループAは風味付与が少なく、Bでは多く感じられた。また、グループCは鮭とばに近い風味となっており、横軸の第一主成分は風味付与の多さと相関性があることが示唆された。

これら試作品の呈味性を評価するために、有機酸分析を行った結果を表3に示した。Iの有機酸組成はピルビン酸、コハク酸、乳酸、酢酸からなり、III, V, VIはクエン酸、ピルビン酸、コハク酸、乳酸、酢酸から構成されていた。IIではコハク酸、乳酸、酢酸が生成し、IVはクエン酸、ピルビン酸、リンゴ酸、コハク酸、乳酸、酢酸が生成しており、生成している有機酸の構成が異なることが分かった。さらに、IIは乳酸が多く生成し、III, IV, V, VIでは、酢酸が多く生成していることが明らかになった。次に、試作品の香気成分を評価するためにGC-MS分析を行った(図3)。試作品すべてで20以上のピークが検出され、主要なピークを表4に示した。IIでは日本酒の吟醸香の成分の一つであり、香りとして好まれる成分の一つであるカプロン酸エチルが多く生成していた。I, III, IVでは酢酸、イソ吉草酸が、V, VIでは酢酸、イソ酪酸、酪酸、イソ吉草酸など揮発性有機酸が生成していた。これら揮発性有機酸は干物や塩辛などでも検出される成分であり、加工品によってはその食品の特徴的な臭いを形成することが知られている<sup>13)</sup>。また、スターターを加えた試験区の中で唯一酵母スターターを用いたIIがカプロン酸エチルの生成量が高く、揮発性有機

表2 サケ発酵乾製品のpH、水分、水分活性、塩分

試料名	添加スターター*	熟成期間 (日)	pH	水分 (%)	水分活性 (Aw)	塩分 (%)
I	I	8	6.05	49.0	0.84	7.4
II	II	10	5.92	44.1	0.84	5.6
III	III	15	5.99	45.2	0.86	4.3
IV	IV	15	6.09	44.8	0.85	5.1
V	V	21	5.79	40.5	0.86	4.6
VI	VI	21	6.13	40.6	0.86	5.1
N	無添加(対照区)	15	6.15	43.2	0.85	5.2
サケフィレ(原料)	—	—	6.08	73.0	1.00	0.5
スモークサーモン(市販品)	—	—	6.27	67.8	0.97	2.7
鮭とば(市販品)	—	—	6.15	22.0	0.69	3.7

\* 表1のスターター名

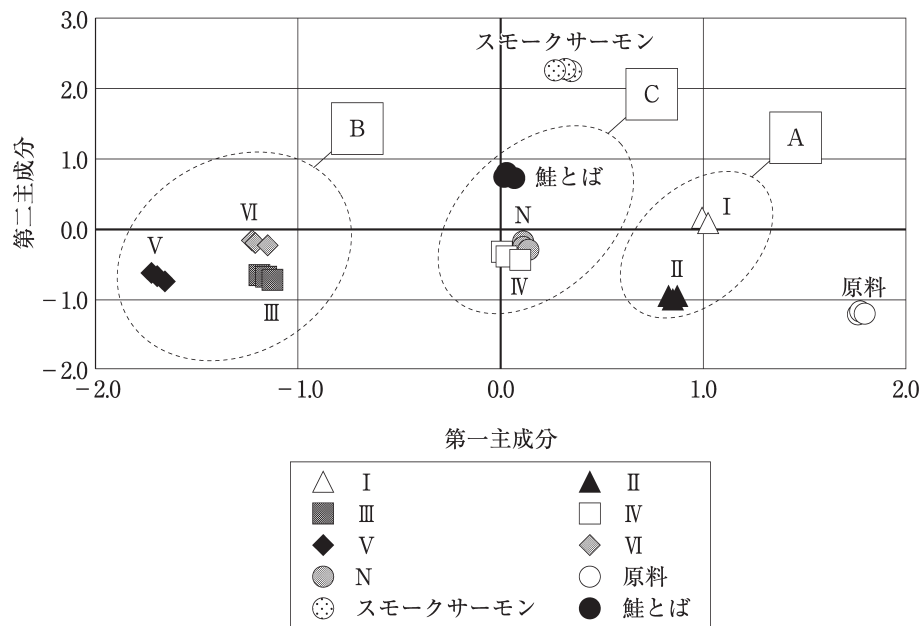


図2 におい識別装置による試作品と市販品の測定結果

表3 試作品の有機酸組成

(mg/100 g)

試料名	クエン酸	ピルビン酸	リンゴ酸	コハク酸	乳酸	酢酸	計
I	—	20.3	—	31.0	199.1	204.0	454.4
II	—	—	—	26.2	938.3	21.5	986.0
III	19.0	13.6	—	60.7	496.7	396.8	986.8
IV	29.5	12.6	14.5	57.3	301.5	386.1	801.6
V	25.9	14.5	—	54.7	461.3	433.9	990.2
VI	53.4	18.1	—	74.7	143.2	451.5	740.9
鮭とば	—	—	22.2	—	1,068.9	32.5	1,123.5

— 検出限界以下

酸含量が低かった。醤油用の酵母スターターは香气成分を多く生成するとともに<sup>14)</sup>、乳酸菌スターターの過度な増殖や細菌類の増殖を抑制することが知られており<sup>15)</sup>、それらによる特徴であると考えられた。

試作品の官能評価について、前述したにおい識別装置の分類と有機酸及びGC-MS測定結果からサンプルを選択し実施した。グループAから乳酸含量とカプロン酸エチル生成量が多いIIを、グループBから酢酸及びイソ吉草酸生成量が多いIIIと酢酸、イソ吉草酸の他に酪酸などの揮発性有機酸生成量が多いVを、グループCからは鮭とばをサンプルとした。試作品の中では前述した乳酸含量とカプロン酸エチル生成量の高い魚醤油用スターターを用いたIIが市販品の鮭とばに近い傾向を示し、良好な評価が得られた。一方、酢酸含量と揮発性有機酸生成量の多いIII、Vは、好き嫌いの評価が分かれる結果となった(図4)。

以上の結果から、サケの加工に発酵技術を用いること

により、スターターによる特徴ある風味の付与と保存性を有する新たなサケ加工品の製造が可能であることが明らかとなった。しかし、官能評価において好き嫌いの評価が分かれた結果からも、今後、嗜好性を踏まえた味や香りの改良についてさらに検討の必要があると考えられた。

## 要 約

種々の微生物を組み合わせたスターターを用いたサケ乾製品の開発を試みた。

試作品の水分および水分活性は、それぞれ40~50%、0.84~0.86であり、保存性が良好であることが示唆された。試作品の風味に関与する成分はスターターの微生物の違いにより、エステルと揮発性有機酸の生成量やその構成などが変化し、官能試験の結果から、魚醤油用のスターターを用いたものが有望であった。

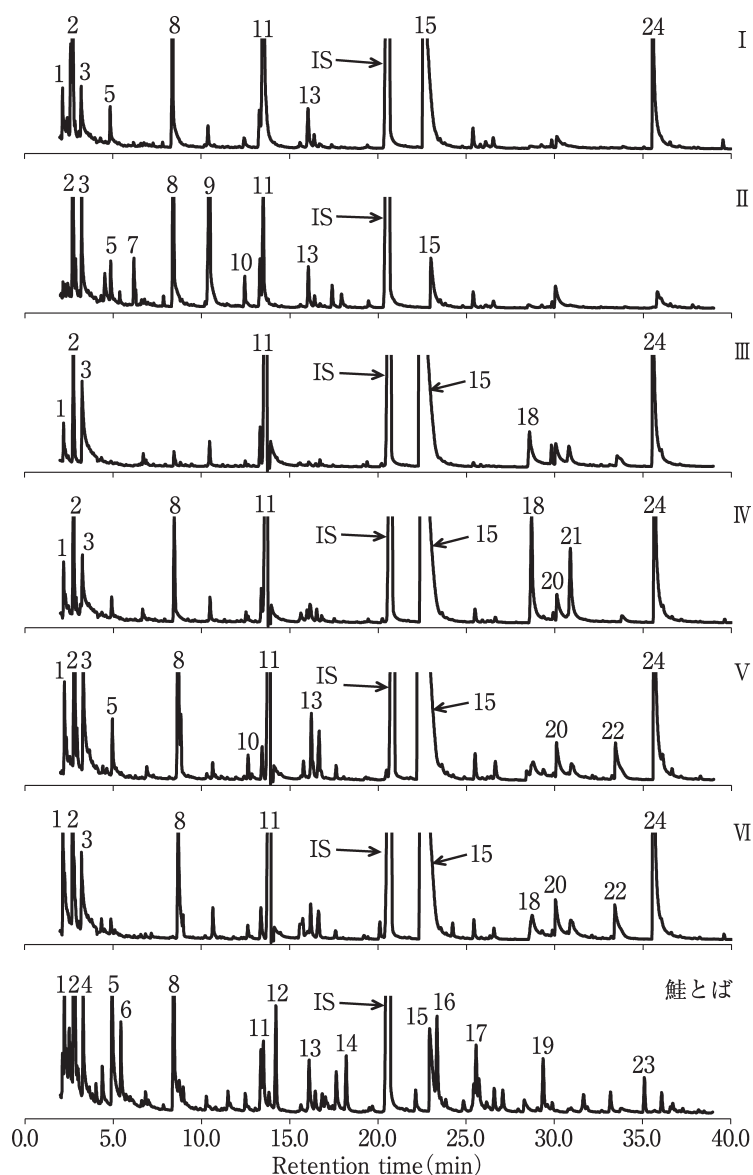


図3 揮発性成分の全イオンクロマトグラム

## 文 献

- 1) 平成 22 年北海道水産現勢, 北海道.
- 2) 吉川修司, 耐塩性微生物スターターの接種が魚醤油の発酵および品質に与える影響, 日本醸造協会誌, **106**, No.8, 515-527 (2011).
- 3) 三浦孝之, 阿久澤良造, 乳酸菌がチーズの製造と品質に及ぼす影響, 日本乳酸菌学会誌, **22**, No.2, 93-99 (2011).
- 4) 石川健一, 加藤丈雄, 小宮孝志, 混合乳酸菌スターターカルチャーを利用した発酵漬物の開発, 日本食品科学工学会誌, **150**, No.9, 411-418 (2003).
- 5) 井上貞仁, 山田加一郎, 川上 誠, 河野慎一, 道産有用微生物を利用した新規食肉製品の開発, 平成 18 年度事業報告平成 19 年度事業計画, 食品加工研究センター, 2-3, (2007).
- 6) 堤 忠一, 一般成分および関連成分, 「新・食品分析法」, 新・食品分析法編集委員会編, (光琳, 東京), p.5-9 (1996).
- 7) 中川良二, 濱岡直裕, 乳酸菌発酵酒粕を用いた生菌含有アルコール飲料, 日本醸造協会誌, **107**, 8, 605-610 (2012).
- 8) 発酵乳製品の香気特性マッピングによる品質評価技術の開発—成果普及マニュアル, 経済産業省, 平成 20 年度「地域イノベーション創出共同体形成事業」, 「北海道地域イノベーション創出共同体形成事業」.



表4 試作品の揮発性成分

化合物名	ピーク No.*	RT**	内部標準に対するピーク面積比						鮭とば
			I	II	III	IV	V	VI	
<b>エステル</b>									
酢酸エチル	1	2.2	0.019	0.005	0.009	0.023	0.044	0.071	0.031
カプロン酸エチル	9	10.5	0.001	0.038	0.002	0.002	<0.001	0.001	0.001
<b>有機酸</b>									
酢酸	15	22.3	0.566	0.077	1.373	1.328	2.083	1.821	0.107
イソ酪酸	20	30.1	0.016	0.041	0.039	0.052	0.072	0.082	—
酪酸	22	33.6	0.002	0.001	0.034	0.014	0.101	0.106	0.004
イソ吉草酸	24	35.6	0.195	0.013	0.366	0.389	0.480	0.598	—
<b>その他</b>									
エタノール	2	2.8	0.235	0.150	0.133	0.151	0.200	0.218	0.341
2-ペンタノン	3	3.2	0.024	0.022	0.048	0.028	0.073	0.020	—
イソプロピルエチルエーテル	4	3.3	—	—	—	—	—	—	0.032
2,3-ペンタンジオン	5	4.9	0.020	0.022	0.001	0.013	0.044	0.013	0.156
ヘキサナール	6	5.4	<0.001	0.005	—	0.001	0.001	—	0.039
イソブチルアルコール	7	6.2	0.001	0.035	—	—	—	—	—
1-ペンテン-3-オール	8	8.5	0.160	0.180	0.008	0.091	0.316	0.222	0.177
1-ペンタノール	10	12.5	0.008	0.017	0.006	0.010	0.022	0.013	0.010
3-ヒドロキシ-2-ブタノン	11	13.7	0.467	0.082	0.793	0.731	0.783	0.955	0.028
1-ヒドロキシ-2-プロパノン	12	14.2	—	—	—	—	—	0.001	0.067
2-ペンテン-1-オール	13	16.1	0.037	0.032	0.004	0.015	0.072	0.032	0.041
1-ヒドロキシ-2-ブタノン	14	18.2	<0.001	<0.001	—	<0.001	0.001	<0.001	0.040
フルフラール	16	23.4	<0.001	—	—	—	—	—	0.054
エタノン, 1-(2-フラニル)-	17	25.6	—	—	—	—	—	—	0.031
2,3-ブタンジオール	18	28.7	—	—	0.075	0.073	0.029	0.076	—
5-メチル-2-フルフラール	19	29.4	—	—	—	—	—	—	0.042
2,3-ブタンジオール	21	30.9	—	0.001	0.029	0.100	0.020	0.046	—
フルフリルアルコール	23	35.1	—	—	—	—	—	—	0.025
シクロヘキサノール	IS***	20.7	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

\* 図3のピーク No.

\*\* GC-MSのRetention time

\*\*\* 内部標準

— 検出限界以下

- 9) 田中直義, 山内智子, 勝股理恵, 木内 幹, 微量固相抽出ーガスクロマトグラフィーによる市販糸引き納豆の揮発性成分の比較, 日本食品科学工学会, **50**, No.6, 278-285 (2003).
- 10) 山口静子, 官能評価法, 「新・食品分析法」, 新食品分析法編集委員会編, (光琳, 東京), p.792-817 (1996).
- 11) 滝口明秀, 水分活性低下, 「水産食品の事典」(朝倉書店, 東京), pp.187-196 (2000).
- 12) 五訂日本食品標準成分表, 科学技術庁資源調査会編,

pp.160-213, (2000).

- 13) 須山三千三, 「水産食品学」, 鴻巣章二編 (恒星社厚生閣, 東京), pp 71-94 (1987).
- 14) 古屋 武, 藤元秀雄, 森 治彦, 栃倉辰六郎, 中台忠信「醤油の科学と技術」, 増補, 栃倉辰六郎編 (日本醸造協会, 東京), pp.152-227 (1994).
- 15) S. Yoshikawa, K. Yamazaki, H. Kurihara, A. Tanaka, T. Nishikiori, T. Ohta and Y. Kawai, Food Microbiol., **27**, 509-514 (2010).

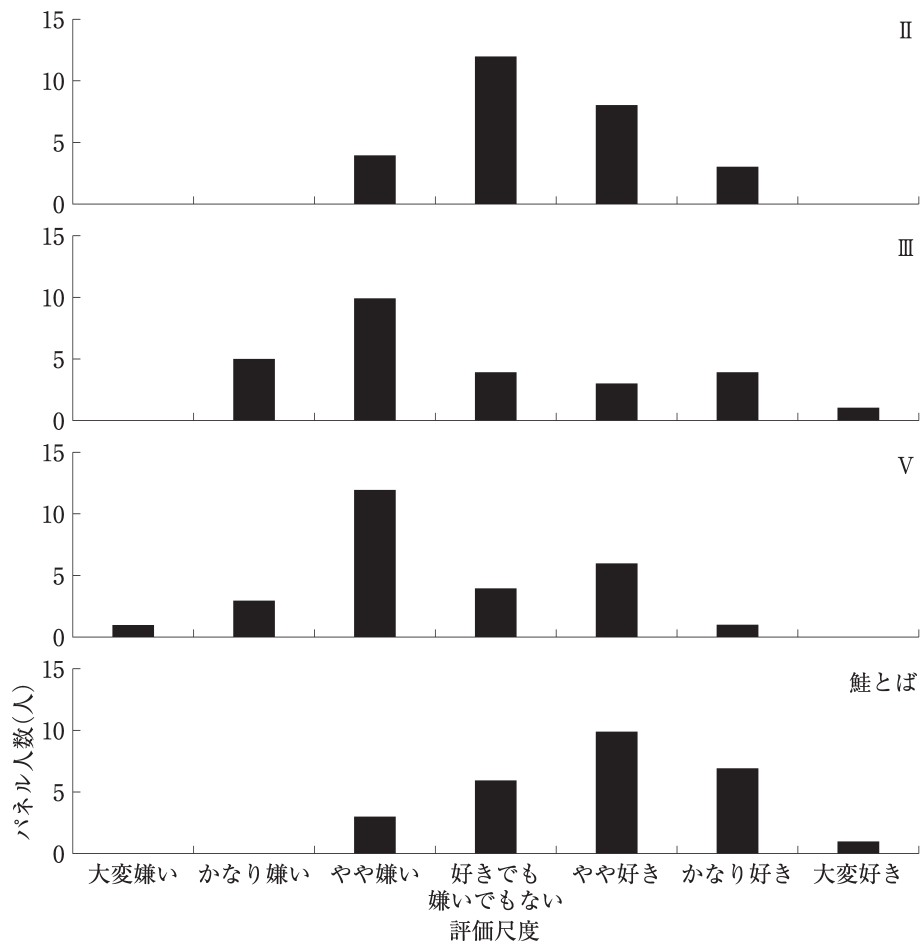


図4 試作品の嗜好分布