

総説特集：「減塩食品の開発とうま味」

香りをを用いた減塩食品開発への応用

坂本 健治¹・白井 利奈¹・前田 和彦¹・松下 香²・下田 満哉²

(¹ヤマサ醤油株式会社 商品開発部 製品開発室・²九州大学大学院農学研究院)

近年、健康意識の高まりから減塩食品が市場に定着しつつある一方、その味に対しては「美味しくない」という意見が未だ根強いことから、筆者らは美味しい減塩食品の開発に着手した。減塩食品には食塩代替物質として塩化カリウムがしばしば用いられるが、塩化カリウム特有の異味・えぐみが課題であった。筆者らは、塩化カリウムの味質改善を研究する中で、本醸造濃口醤油中の4種の香気成分(酢酸、HEMF、イソアミルアルコール、メチオナル)を特定の混合比で添加した際に感じられる塩辛いイメージの香気 Salty Flavorにより、塩化カリウム特有の異味・えぐみが抑制されることを見出した。本総説では、「Salty Flavorによる塩化カリウム異味抑制技術」を用いて新たな減塩食品を開発した事例を紹介したい。

キーワード：減塩、香り、味と香りの連携応答、Salty Flavor、塩化カリウム

はじめに

日本人の食塩摂取量平均値は年々減少してきており、平成18年の11.8g/日から平成28年には9.9g/日まで下がっているものの、厚生労働省の定める一日の摂取目標量に比べると依然として高いままである¹⁾。日本人の食塩摂取源の7割以上が調味料であると言われており²⁾、更なる減塩を推進するためにはとりわけ調味料メーカーによる努力が不可欠である。次章で述べるが、「減塩」が世の中に定着してきている一方で、減塩食品の味に対しては改善の余地があることから、筆者らは美味しい減塩食品の開発に着手した。

市場動向

食MAPのデータ(2008年~2017年)³⁾によると、調味料に限らず、減塩・低塩食品を一度でも使用したことがある世帯率は、いずれの年代においても年々増加傾向にある(図1)。

次に、家庭の食卓における減塩醤油使用状況の調査結果を示す(食MAP2012年、2017年⁴⁾；図2)。

全体平均のTI値を比較すると、2012年に対して2017年ではおよそ2倍に上昇している。また、20代男性を除き、男女共に全ての年代でTI値が上昇していることがわかる。これらのことから、以前は「血圧の高い、誰かのための減塩」であったが、現在では「家族で減塩」へと意識が変化してきていると思われる。

次に、減塩・低塩醤油の購入動向を調査した結果を示す(SCI-POS2013~2017年⁵⁾；図3)。平均購入規模(100人あたりの平均購入金額および平均購入容量)に着目すると、醤油全体の平均購入規模(容量)は年々減少しているのに対し、平均購入規模(金額)は横ばいで推移している(図3左)。基礎調味料としての醤油の使用量が年々減少している一方で、醤油の小容量化や業界的にPETボトルから鮮度保持ボトルへ切り替えが進んだことに伴い醤油1本あ

Application of flavor to development of reduced-salt food

Kenji Sakamoto¹, Rina Shirai¹, Kazuhiko Maeda¹, Kaori Matsushita², Mitsuya Shimoda²

1) Product Development Department, Yamasa Corporation, 2-10-1, Araoi, Choshi, Chiba, 288-0056

2) Course of Food Science & Biotechnology, Graduate School of Bioresource and Bioenvironmental Sciences, Kyushu University, 6-10-1 Hakozaki, Higashi-ku, Fukuoka 812-8581 ; TEL 0479-22-0095 (代表) ; FAX 0479-22-9853 ; E-mail ksakamoto@yamasa.com

坂本 健治・白井 利奈・前田 和彦・松下 香・下田 満哉

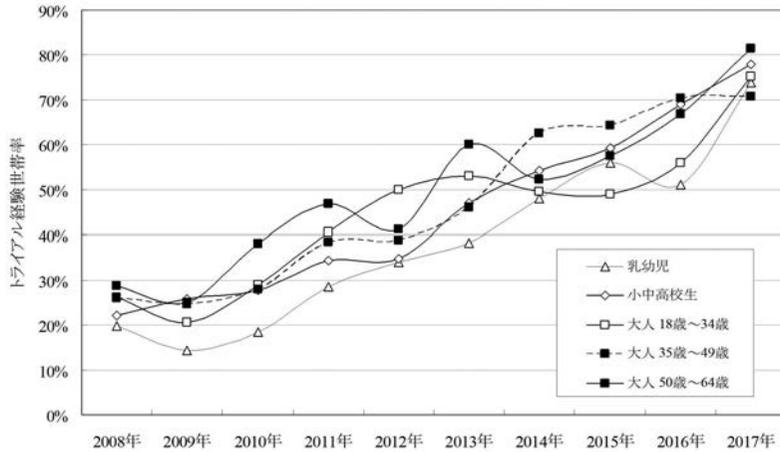


図1 減塩・低塩商品トライアル経験世帯率調査結果

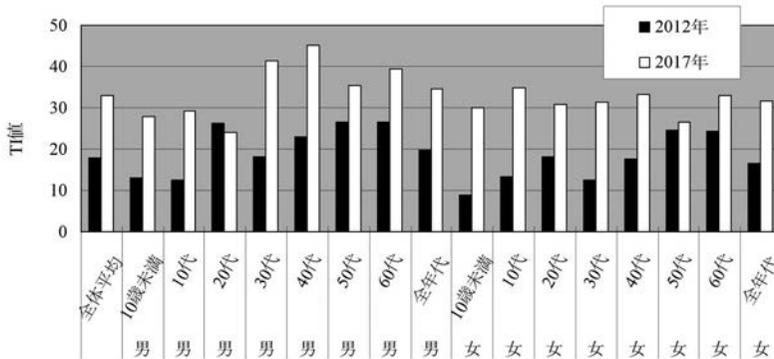


図2 家庭の食卓における減塩醤油の使用状況調査結果

TI 値：1,000 食卓あたりの減塩醤油の出現回数を表しており、1 食卓あたり複数メニューに減塩醤油が使用された場合でも TI 値は 1 と数えられる。

たりの単価が上昇していることが要因として挙げられる。

一方で、減塩・低塩醤油カテゴリーに着目すると、平均購入規模（容量）および平均購入規模（金額）共に、年々上昇傾向にある（図3右）。特に容量の伸び率よりも金額の伸び率が著しいことから、減塩カテゴリーの定着（購入量増加）と単価アップが並行して進んでいると考えられる。

これらのデータからも、減塩・低塩醤油は、単なるトライアルではなく家庭の食卓に定着してきていると言える。

続いて、外食における減塩状況の調査結果を示す

（図4）。ぐるなび加盟店（全国・全業態）の内、減塩メニューの取扱がある店舗数を調査した⁶⁾ところ、2015年夏頃を境に徐々に増加していることがわかる。当時の市場の動向を踏まえると、これには、国立循環器病センターが進める「かるしおプロジェクト」⁷⁾として2014年11月から「かるしお認定制度」が開始されたことや、健康メニューを謳った某外食店の人気などが影響していると考えられる。このことから、家庭の食卓だけでなく、外食店においても「減塩」が浸透してきていると言える。

ここまでの市場調査の結果、減塩食品、特に減塩調味料に関して需要があることが確認された。

香りを用いた減塩食品開発への応用

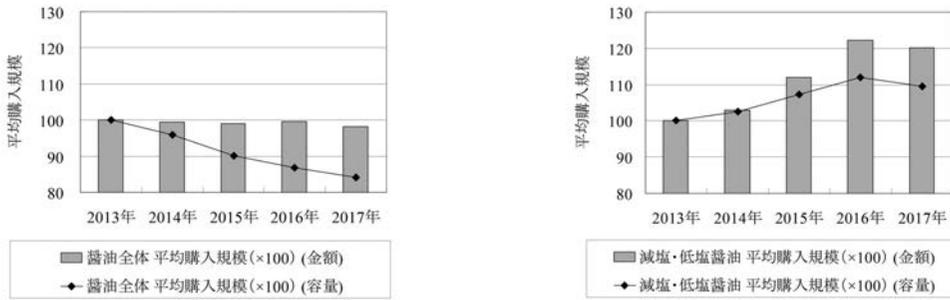


図3 家庭での醤油購入数量の推移 (2013年対比での変動率 (%))

左：醤油全体、右：減塩・低塩醤油。平均購入規模：100人あたりの年間平均購入金額および年間平均購入容量

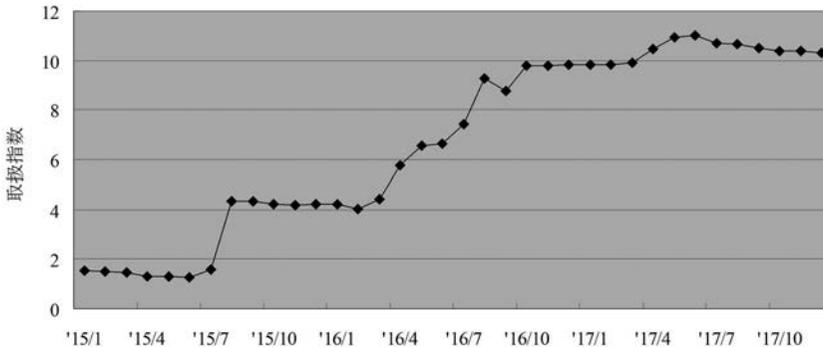


図4 「減塩メニュー」の取扱いのある外食店推移 (全国・全業態)

取扱指数：ぐるなび加盟店1,000店舗あたりの減塩メニュー取扱店舗数。1店舗で複数の減塩メニューを取り扱っていた場合でも取扱指数は1として数えられる。

一方、減塩醤油の味に対する感想およびイメージについてインターネットアンケート調査 (N = 108) を行なったところ、次のようなコメントが多数見られた。

- ・美味しくない、味と香りがいまひとつ物足りない (感想)
- ・味付けのために量を増やしてしまうことで結局減塩にならない (感想)
- ・通常の醤油よりも多量に使うため経済的でない (感想)
- ・美味しくなさそう (イメージ)

使ってみた結果美味しくなかったという感想だけでなく、「美味しくなさそう」というイメージが先行してそもそも使ったことがない消費者も見られた。そこで筆者らは、塩味が感じられ、味が強い減塩調味料の開発に着手した。

味のイメージ図

減塩調味料を開発するにあたり、目標とした味のイメージを図5に示す。このイメージ図は、食品を口に入れた際に味が感じられた時の時間を横軸にとり、その際の味の強さを縦軸にとることで、どのように味が感じられるかを表したものである。

減塩していない通常調味料の場合、先味に塩味が強く感じられ、中味～後味にかけて味が弱く感じられる (A) が、(A) から食塩を減らすことで先味が弱く感じられ、ほんやりした薄い味になり、これが「物足りなさ」になっていると思われる (B)。減塩食品の塩味増強のために昔からしばしば塩化カリウムが用いられるが、減塩した (B) に塩化カリウムを添加することで (C) のイメージになる。塩化カリウムには塩味があるものの、先味に感じられる塩化ナト

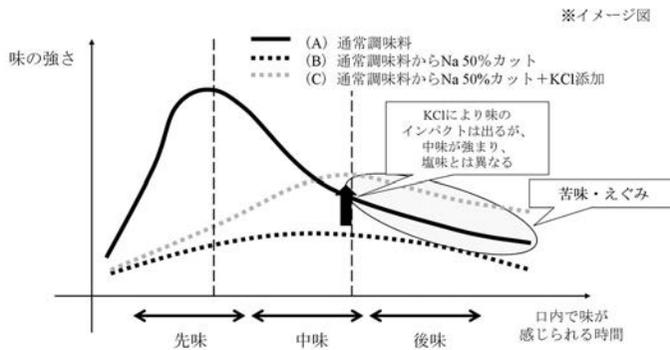


図5 味のイメージ図

リウムの塩味とは異なり、塩化カリウムの塩味は中味に感じられる。さらに、中味～後味にかけて特有の苦味・えぐみも感じられることから、これも減塩食品が不味いと評価される一因となっていると思われる。塩化カリウムのこのような味質は美味しさを損なうが、減塩しつつもはっきりとした強い味にするため、また、他の減塩素材（塩味増強剤）に比べて比較的安価であることから、筆者らは塩化カリウムを配合することにし、そして塩化カリウムの味質を改善させる方法を検討することとした。その中で着目したのが塩辛いイメージの香り“Salty Flavor”による味質改善である。

味と香りの連携応答

人は食事を摂る際、食べ物から得られる様々な感覚情報や食経験などに基づいて食べ物を認識し、「おいしさ」を判断している。味を感じる際、味覚情報と嗅覚情報が連携することがわかっており、これは「味と香りの連携応答」と呼ばれている⁸⁾。甘味に関しては、イチゴ香氣による甘味増強が報告されており⁹⁾、実際にフルーツキャンディーやデザートベース（牛乳と混ぜて作るデザートの素など）などで用いられている。塩味に関しては、ベーコン、イワシ、チーズ¹⁰⁾ および醤油^{9,11)} に関する塩味増強が報告されている。特に醤油に関しては、およそ300種あると言われている醤油香氣成分のうち、酢酸、4-Hydroxy-2 (or5) -ethyl-5 (or2) -methyl-3 (2H) -furanone (HEMF)、イソアミルアルコール、メチオナールの4成分による塩味増強が報告されている¹¹⁾。

Salty Flavor

下田らは、うまみ調味料溶液（0.3%うま味調味料溶液（グルタミン酸ナトリウム 97.5%、5'-リボヌクレオタイド 2.5%）、食塩 0.4%）に対して、酢酸、HEMF、イソアミルアルコールおよびメチオナールの混合比が2500：300：100：1のとき、最も良く塩辛いイメージの香り“Salty Flavor”を再現できると報告している¹²⁾。そこで当社では、だし醤油（食塩約9%）およびぼん酢醤油（食塩約3%）に対するこれら化合物の添加効果を検証したものの、効果が非常に弱かった。尚、減塩していない通常製品の食塩濃度はそれぞれ13%、8%である。このように食塩濃度が高く、醤油や各種エキスなどにより調味料そのものの味が強い組成においては、Salty Flavor単独での塩味増強効果が弱いと考えられた。そこで、Salty Flavorと塩化カリウムの併用による塩味増強を試みた。

減塩調味料への Salty Flavor 成分の添加効果検証

1. 目的

塩化カリウムの味質改善および減塩調味料の塩味増強を目的として、実際の製品へ Salty Flavor成分を添加することを踏まえ、Salty Flavor4成分の最適バランスおよび最適添加量の検討を行なった。

2. 対象製品

1) だし醤油：「ヤマサ北海道昆布醤油（塩分13%）」

香りをういた減塩食品開発への応用

に比べて塩分25%カット」すなわち「減塩醤油と同等の塩分(9%)」をコンセプトとした(表1)。

	通常品(非減塩品)	減塩+塩化カリウム
醤油	488ml	488ml
上白糖	5g	5g
果糖ブドウ糖液糖	14g	14g
グルタミン酸ナトリウム	2g	2g
醸造酢	2ml	2ml
4%抽出汁(かつお)	100g	100g
4%抽出汁(昆布)	10g	10g
エタノール	34g	34g
乳酸	1g	1g
食塩	40g	0g
塩化カリウム	0g	30g
水	残り	残り
合計	1000ml	1000ml
NaCl濃度(%(W/V))	13.0%	9.0%
KCl濃度(%(W/V))	0.0%	3.0%

表1 だし醤油レシピ

2) ぼん酢醤油:「昆布ぼん酢(塩分8.0%)に比べて塩分50%カット」をコンセプトとした(表2)。

	通常品(非減塩品)	減塩+塩化カリウム
醤油	157ml	157ml
果糖ブドウ糖液糖	76g	76g
グルタミン酸ナトリウム	6g	6g
醸造酢	70ml	70ml
4%抽出汁(かつお)	398g	398g
エタノール	5g	5g
ゆず果汁	15ml	15ml
レモン果汁	4g	4g
酸味料	0.5g	0.5g
食塩	50g	0g
塩化カリウム	0g	50g
水	残り	残り
合計	1000ml	1000ml
NaCl濃度(%(W/V))	8.0%	3.0%
KCl濃度(%(W/V))	0.0%	5.0%

表2 ぼん酢醤油レシピ

3. 評価方法(官能評価)

- ・官能評価は調味料開発業務に従事するパネラーが担当し、N=4もしくはN=11で実施した。だし醤油およびぼん酢醤油ともに、調味料単体で評価した。
- ・Salty Flavor成分のオミSSIONテストおよび添加量・添加バランスの検討において、塩味およびえ

ぐみ・異味について以下のように評価した。

- ・塩味:非減塩(コントロール;対象1)の塩味を5としたときの、「減塩+塩化カリウム」(対象2)および「減塩+塩化カリウム+Salty Flavor」(試験区1~4)の塩味を1(弱)~5(強)の5段階で相対評価した。
- ・えぐみ・異味:非減塩(コントロール;対象1)のえぐみ・異味を1、「減塩+塩化カリウム」(対象2)のえぐみ・異味を5としたときの、「減塩+塩化カリウム+Salty Flavor」(試験区1~4)のえぐみ・異味を1(弱)~5(強)の5段階で相対評価した。

4. 結果

1) だし醤油

Salty Flavor 4成分のオミSSIONテスト結果を表3に示した。試験区1~4いずれも、Salty Flavor成分添加により塩味増強は見られなかったものの、塩化カリウムのえぐみ・異味が抑制された。これにより塩化カリウムの塩味が自然な塩味に感じられるようになった。これは、味のイメージ図(図6)で表すと、中味~後味が抑えられる(1)ことにより、中味に感じられる塩化カリウムの塩味が先味にシフト(2)したことで、通常製品(対象1)のような味バランスとして感じられたためだと思われる。

また、Salty Flavor成分の添加効果は2成分系よりも3成分系でより顕著であり、さらに3成分系よりも4成分系でより顕著であった。

次に、Salty Flavor 4成分の最適バランスと最適添加量の検討結果を表4に示す。4成分の添加バランスおよび添加量を変えて最適な配合を検討した結果、塩味増強効果とえぐみ抑制効果から、試験区7の配合量が好ましかった。このとき、味のバランスにおいて特に重要なのはHEMFである。だし醤油では醤油感だけでなくだし感も求められるが、醤油感が立ちすぎていると醤油らしさは感じられるもののだし感が損なわれるため、だし感を損なわない程度の適度な醤油感・塩味が求められる。試験区5,6と試験区7,8を比較すると、HEMF量の少ない試験区7,8がより適していた。また、試験区5,7と試験区6,8を比較すると、試験区6,8では、塩味も強まるものの酢酸由来の酸味が強まることでだし感が損なわれるため結果的に物足りなさとして捉えられ、さ

	通常品	減塩品+塩化カリウム				
	対象1	対象2	試験区1	試験区2	試験区3	試験区4
NaCl (%)	13.0	9.0	9.0	9.0	9.0	9.0
KCl (%)	0.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0
酢酸 (ppm)	-	-	40	40	40	40
HEMF (ppm)	-	-	4.8	4.8	4.8	4.8
イソアミルアルコール (ppm)	-	-	-	1.6	-	1.6
メチオナル (ppm)	-	-	-	-	0.016	0.016
塩味	5.0	3.3	1.8	3.1	3.0	3.3
えぐみ・異味	1.0	5.0	4.3	3.5	3.1	2.8

表3 だし醤油 Salty Flavor 4成分のオミSSIONテスト結果

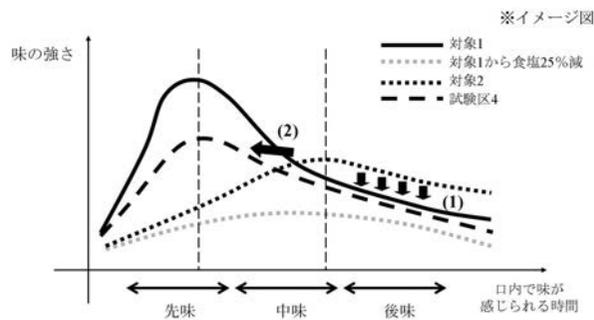


図6 味のイメージ図

	対象2	試験区5	試験区6	試験区7	試験区8
NaCl (%)	9.0	9.0	9.0	9.0	9.0
KCl (%)	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0
酢酸 (ppm)	-	40	80	40	80
HEMF (ppm)	-	8	16	4.8	9.6
イソアミルアルコール(ppm)	-	1.6	3.2	1.6	3.2
メチオナル (ppm)	-	0.016	0.032	0.016	0.032
	・物足りなさがある ・苦味ある ・醤油香弱い	・物足りなさがある ・苦味ある ・鏗感が強まる	・酸味強い ・試験区5よりも塩味は強いが物足りなさは残る	・塩味増強効果あり ・苦味がマスキングされる ・だし感が広がる	・試験区7と塩味増強効果に大差なし ・アルコール臭あり

表4 Salty Flavor 4成分の最適バランスと最適添加量の検討結果

らに添加した Salty Flavor 成分が過剰な異味として感じられた。以上のことから、だし醤油では試験区7の配合が最も好ましかった。

2) ぼん酢醤油

Salty Flavor 4成分のオミSSIONテスト結果を表5に示す。試験区1~4いずれも、Salty Flavor 成分添加により塩味増強は見られなかったものの、塩化カ

リウムのえぐみ・異味が抑制された。これにより塩化カリウムの塩味が自然な塩味に感じられた。これは、味のイメージ図(図7)で表すと、中味~後味が抑えられる(1)ことにより、中味に感じられる塩化カリウムの塩味が先味にシフト(2)したことで、通常製品(対象1)のような味バランスとして感じられたことによると推測された。

また、Salty Flavor 成分の添加効果はだし醤油と同

香りを用いた減塩食品開発への応用

	通常品	減塩品+塩化カリウム				
	対象1	対象2	試験区1	試験区2	試験区3	試験区4
NaCl (%)	8.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0
KCl (%)	0.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0
酢酸 (ppm)	-	-	80	80	80	80
HEMF (ppm)	-	-	16	16	16	16
イソアミルアルコール(ppm)	-	-	-	3.2	-	3.2
メチオナル(ppm)	-	-	-	-	0.032	0.032
塩味	5.0	3.3	2.6	3.2	3.0	3.4
えぐみ・異味	1.0	5.0	3.5	2.9	3.5	3.4

表5 ぼん酢醤油でのオMISSIONテスト結果

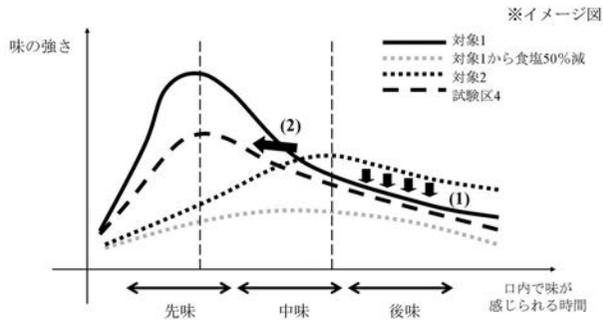


図7 味のイメージ図

	対象2	試験区5	試験区6	試験区7	試験区8
NaCl (%)	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0
KCl (%)	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0
酢酸 (ppm)	-	40	80	40	80
HEMF (ppm)	-	8	16	4.8	9.6
イソアミルアルコール(ppm)	-	1.6	3.2	1.6	3.2
メチオナル(ppm)	-	0.016	0.032	0.016	0.032
	・水炊きで食べた際、希釈されることで味の薄まりが早い	・ぼんやりした味 ・塩味増強効果は小さい	・塩味・果汁感が増す ・えぐみが弱まる ・すっきりしたぼん酢らしい	・塩味が増強される ・全体的に厚みが増し、まろやかな印象になる	・塩味増強効果は試験区7と大差なし ・刺激がある ・薬品臭がある

表6 Salty Flavor 4成分の最適バランスと最適添加量の検討結果

様に、2成分系よりも3成分系でより顕著であり、さらに3成分系よりも4成分系でより顕著であった。

次に、Salty Flavor 4成分の最適バランスと最適添加量の検討結果を表6に示す。4成分の添加バランスおよび添加量を変えて最適な配合を検討した結果、塩味増強効果およびぼん酢らしさから、試験区6の配合量が最も好ましいと判断した。だし醤油同様、ここでも味のバランスにおいて、特にHEMFが重要である。試験区5,6と試験区7,8の比較では、

試験区7,8では刺激や薬品臭が感じられたが、これは酢や果汁、添加したSalty Flavor成分のトゲトゲした感じが強調されたことに起因すると考えた。一方でHEMF比率の高い試験区5,6ではHEMFにより味にまとまりが感じられた。試験区5,7と試験区6,8の比較では、ぼん酢ではある程度ははっきりした味わいが求められることから、香気成分添加量の多い試験区6,8の評価が高かった。ぼん酢としてのバランスを考えると、試験区6が最も好ましかった。

まとめ

だし醤油、ほん酢醤油共に、減塩により塩味が低下し、さらに塩化カリウム添加により中味～後味にえぐみ・異味が感じられた。このとき、Salty Flavor成分添加による塩味増強は認められなかったものの、えぐみ・異味が抑制された。また、この抑制効果としては4成分添加が最も効果的であった。これにより塩化カリウムの味質が改善され、より食塩らしい(自然な)塩味に感じられた。また、Salty Flavor 4成分の最適添加量および最適バランスは製品種類により異なったが、特に HEMF 量が重要であった。

この「Salty Flavorによる塩化カリウム異味抑制技術」を用いて、「ヤマサ減塩ほん酢 1L」(ヤマサ昆布ほん酢に比べて塩分50%カット)および「ヤマサ減塩つゆ4倍濃縮 1.8L」(ヤマサ昆布つゆ4倍濃縮に比べて塩分25%カット)を上市した(図8)。



図8 「ヤマサ減塩ほん酢 1L」(左) および「ヤマサ減塩つゆ4倍濃縮 1.8L」(右)

文献

- 1) 厚生労働省:平成28年 国民健康・栄養調査結果概要. <https://www.mhlw.go.jp/stf/houdou/0000177189.html> (参照2018/6/8)
- 2) 国立研究開発法人 医薬基盤・健康・栄養:研究所日本人はどんな食品から食塩をとっているか?—国民健康・栄養調査での摂取実態の解析から— <http://www.nibiohn.go.jp/eiken/chosa/pdf/info20171113.pdf> (参照2018/8/13)
- 3) 食MAP (2008~2017年)
- 4) 食MAP (2012年、2017年)
- 5) SCI-POS 2013~2017年
- 6) ぐるなびデータライブラリ
- 7) 国立循環器病センター:かるしおプロジェクト. <http://www.ncvc.go.jp/karushio/> (参照2018/8/14)
- 8) 下田満哉:味と匂いの連携応答—食品開発の新たな視点—.季刊香料第248号21-27 (2010)
- 9) J. Djordjevic, R. J. Zatorre, M. Jones-Gotman: Odor-induced changes in taste perception. *Experimental Brain Research* 159, 405-408 (2004)
- 10) G. Lawrence, C. Salles, C. Septier, J. Busch, T. Thomas-Danguin: Odour-taste interactions: A way to enhance saltiness in low-salt content solutions. *Food Quality and Preference* 20, 241-248 (2009)
- 11) Kaori Bonkohara, Maiko Fuji, Akito Nakao, Noriyuki Igura & Mitsuya Shimoda: Preparation of reminiscent aroma mixture of Japanese soy sauce. *Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry* Vol. 80, No. 3, 533-539 (2016)
- 12) 下田満哉:塩味・うま味増強香氣成分による減塩食の嗜好性改善. 醤油の研究と技術 Vol. 43, No.6, 373-380 (2017)

<著者紹介>

坂本 健治 (さかもと けんじ)

2010年3月 北海道大学大学院農学院 修士課程修了

2010年4月 ヤマサ醤油株式会社 入社 商品開発部製品開発室配属



白井 利奈 (しらい りな)

2014年3月 京都大学大学院農学研究科 修士課程修了

2014年4月 ヤマサ醤油株式会社 入社 商品開発部製品開発室配属



前田 和彦 (まえだ かずひこ)

1995年3月 北海道大学大学院水産科学院 修士課程修了

1995年4月 ヤマサ醤油株式会社 入社 食品開発委員会
(現 商品開発部 製品開発室) 配属



松下 香 (まつした かおり)

2016年3月 九州大学農学部博士課程修了 (農学博士)

2017年4月 九州産業大学 食品科学コース 助手



下田 満哉 (しもだ みつや)

1980年3月 九州大学農学部博士課程修了 (農学博士)

2003年4月 九州大学農学部 教授 現在に至る

