

総説特集：うま味とおいしさを生み出す科学の世界－伝統から先端技術へ－4

味と香りの関連 ～食品開発の新しい視点～

下田 満哉*

(九州大学大学院農学研究院・食糧化学工学コース)

食品香料は、しばしば新製品開発のキーポイントとなる。このために香料メーカーは、食品フレーバーの開発に心血を注ぐことになる。本論文では、食品の識別、評価における匂いの役割について論じた。我々が、匂いを知覚し意味のあるものとしてそれを認知するためには、その匂いが何の匂いであるかを認識して、それが過去の体験と結び付くことにより、初めて匂いの世界を楽しむことができるという綾部の考えには共感させられた。

キーワード：香り、記憶、味と香りの連携応答、減塩、化学感覚

はじめに

加工食品や外食への依存度の上昇は、時代の趨勢である。このような状況下、食品産業に従事するのは、高い社会的責任を負うことはいうまでもない。すなわち、食の安全性はいうまでもなく、それが1) 適切、適量の栄養源であり、2) 嗜好性に優れ、3) 健康の維持・増進に役立つものでなければならぬ。個々の商品ですべてを満たすことは困難でも、食事という場面においてはやはりこれが必要であろう。栄養素の供給は、使用される素材の種類と量によって決まるのに対して、嗜好性は色、味、香り、テクスチャーなど、調理・加工技術によって最適化されるべきものと考えられる。特に、加工食品の嗜好性に及ぼす味と香りの影響は絶大である。

外食や加工食品への依存度が高まるにつれて、国民の健康維持に食品業界が直接的あるいは間接的に責任を持たなければならない。米国の例ではあるが、1971年以降にみられる食塩摂取量の急増が生活習慣病の発症に関係しているとして、加工食品における減塩に官民を挙げて取り組んでいる。この背景には、食塩摂取量の75%が加工食品に由来している

ことから、個人の努力によって減塩を達成することが難しいという状況がある。

加工食品や外食産業で食塩使用量が高い理由は、1) 食塩の静菌作用に基づく保存性の向上、2) タンパク質の溶解性、ゲル化特性の向上、そして3) 消費者の強い食塩嗜好にある。食品加工において食塩が如何に重要であり、減塩が如何に難しいかは、Roger Clemens の「それ（減塩）が可能ならば、30年前にそうしている」という言葉によく現れている。

高濃度の食塩使用が加工技術に由来するのであれば、それは技術的に克服することが可能であろうが、我々の食塩嗜好を満足させるために使用している場合も多いように思われる。嗜好の問題ならばフレーバーによる塩味増強は有効な対策となりうるのではないだろうか。味と香りは食科学において区別して取り扱われてきたが、近年“食の嗜好性に係わる統合化学感覚”として認識されるようになった。これまでも食品開発の決め手としての食品香料の重要性に疑問の余地はないのだが、これに新たな視点を加えたいというのが本稿の目的である。

Received June 13, 2011; Accepted July 04, 2011

Relation between aroma and taste: A new viewpoint of food development

*Mitsuya Shimoda: Course of Food Science & Biotechnology, Graduate School of Bioresource and Bioenvironmental Sciences, Kyushu University, 6-10-1 Hakozaki, Higashi-ku, Fukuoka 812-8581; mshimoda@agr.kyushu-u.ac.jp; Fax: -81-92-642-3015

食品を特徴づけるもの

表1. 食品の匂い用語

抽象的匂い用語	
広がりのある	芳香性のある
穏やかな	重い
深みのある	特徴のない
冷たい	暗い
パンチのきいた	生き生きした
ツンツンした	さわやかな
むかっとするような	湿っぽい
暖かい	乾いた
具体的匂い用語	
生臭い	発酵臭
腐敗臭	すっぱい
バター臭	チーズ臭
ミルク臭	脂臭い
アーモンド様の	カビ臭
青臭い	花様の
カンキツ様の	果実様の
アルコール様の	日向臭
木の匂い	ハッカ様の
血の匂い	肉様の
バニラ様の	ニンニク様の
焦げた匂い	スパイシー
温泉臭	薬品臭

著者らは、匂い描写用語のキャラクターゼーションに関する研究を行ってきた^{1,2)}。表1の42個の用語は、食品の匂いの質感を表わすのに有用と考えられた匂い描写用語である。次に、53種類の食品の匂いを表1の42の匂い特性について官能評価を実施した。すなわち、十分に訓練を受けた10名のパネラーの応答を総合して、53種類の食品と42個の匂い用語の間の反応パターン行列を作成した。この反応パターン行列を数量化理論第四類で解析した後、得られた四次元のスコアを用いてクラスター分析を行った。得られたデンドログラム(図1)を左側から見ていくと、まず、フルーツが分類されている。しかも、香りが温和な温州ミカンを除いてカンキツと非カンキツが分類されている。次いで、香辛料類、酢酸臭やエタノールのツンツンした匂いを伴う食品

群、発酵及び非発酵の乳製品群、魚肉と畜肉、乾物、焙煎香を伴う食品群、炭水化物含量の高い食品群、醸造食品群(バナナが入っているが、これも理解できるように思われる)、野菜類がきて、最後に生魚、かまぼこが配置されている。以上のように、匂いのみによって食品をある程度の妥当性をもって分類することができた。もしノーズクリップを付けて味覚のみの情報で同様の解析を行った場合は、一体どのようなデンドログラムが得られるのだろうか。

ともかく、食品の識別や認知に嗅覚が如何に寄与しているかを示すものとしてこの結果は興味深い。

記憶を呼び起こすもの

匂い物質が鼻腔内の嗅上皮に到達し、嗅神経を刺激しただけでは、私たちは匂いの世界を楽しむことはできない。その匂いが何の匂いであるかを認識し、それが過去の体験と結びつくことにより、初めてその匂いは知覚、認知される。これは綾部がにこの記憶と題する総説³⁾で述べていることである。

リンゴ果汁の香りの研究において、著者らが体験したことを紹介したい⁴⁾。すなわち、Jonagold種の完熟果実を家庭用ジューサーで搾汁した生果汁の褐変防止のために、塩化ナトリウム2%添加果汁(コントロール)とアスコルビン酸を0~0.2%添加した果汁をそれぞれ調製した。果汁のpHをすべて3.4に調整したのち、25℃で2hrインキュベートしたものを官能評価と香気成分分析に供した。塩化ナトリウム添加果汁ならびにアスコルビン酸を0.1%以上添加した果汁では、褐変は認められなかった。図2に定量的描写法(QDA法)によるこの果汁の香りの評価結果を示す。評価項目は、Green、Sweet、Fresh、Fruity、Apple-like、Sour、Unnaturalの7項目であったが、ここでは、GreenとFruityに関する評価結果のみを紹介する。Greenはアスコルビン酸添加により顕著に増大し、0.05%以上の添加により有意差が認められた。一方、Fruityはアスコルビン酸添加により顕著に減少し、0.05%以上で有意差が認められた。市販のリンゴ果汁は、褐変防止を目的としてアスコルビン酸が添加されている。

そこでこの香りの顕著な変化を揮発性成分の消長と関連付けたいと考えた。すなわち、食塩添加果汁(コントロール)と0.2%アスコルビン酸添加果汁(試験区)の香気成分を分析した(表2)。Jonagold

味と香りの関連

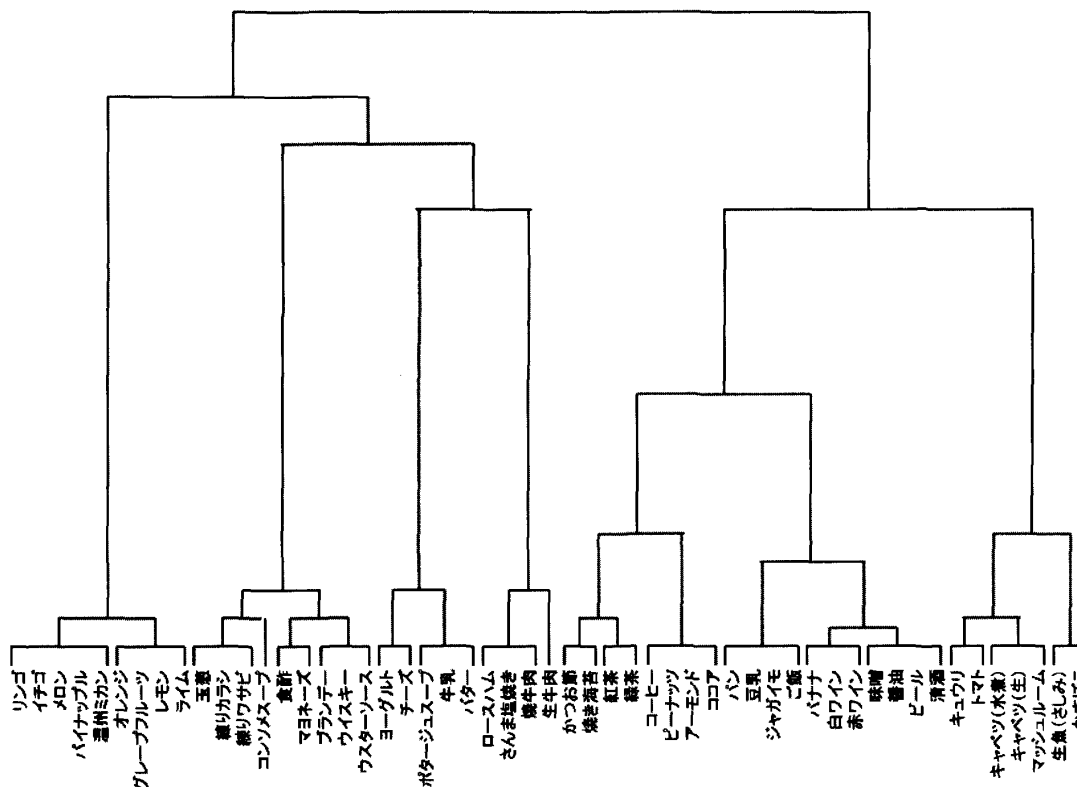


図1 食品 - 匂い用語反応パターン行列に基づいた供試食品の分類

表2 Jonagold 生リンゴジュースの揮発性成分

	匂い特性	果汁 (1)	果汁 (2)	Aroma value	
		(mg/kg)	(mg/kg)	果汁 (1)	果汁 (2)
<i>Esters</i>					
Propyl acetate	Strong-sweet	0.03	0.04	0.0	0.0
2-Methylpropyl acetate	Sweet, fresh				
Ethyl butanoate	Sweet, fruity	0.17	0.19	170	190
Butyl acetate	Sweet, fruity	1.37	1.42	21	22
2-Methylbutyl acetate	Fresh	0.18	0.17	16	15
Pentyl acetate	Fruity, fresh	0.02	0.03	0.5	0.7
Butyl butanoate	Fresh	0.37	0.43	3.7	4.3
2-Methylbutyl butanoate	Fresh	0.03	0.04		
Hexyl acetate	Sweet, fruity	4.34	4.04	2170	2020
Hexyl 2-methylbutanoate	Pungent	0.30	0.30	14	14
Hexyl hexanoate		0.03	0.04		
<i>Aldehydes</i>					
Hexanal	Green, grassy	0.07	0.27	14	54
(E)-2-hexenal	Green, grassy	0.16	0.80	9.4	47
<i>Alcohols</i>					
Butanol	Light-fruity	4.17	5.87	8.3	12
Pentanol		0.03	0.03	0	0
Hexanol	Light-fruity	1.85	2.10	3.7	4.2
Octanol		0.04	0.04	0.3	0.3

果汁 (1) ; 2% Nacl 添加果汁, 果汁 (2) ; 0.2% アスコルビン添加果汁

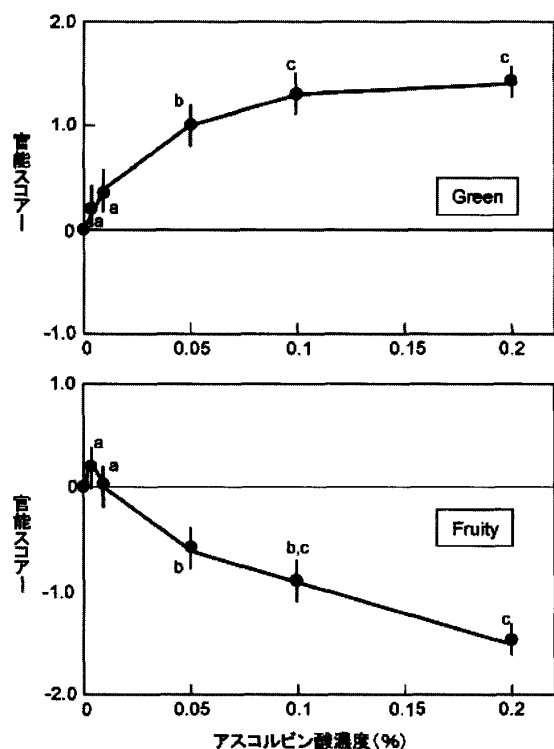


図2 アスコルビン酸添加生リンゴジュースの香りの変化

果汁の特徴香として、hexyl acetate と ethyl butanoate が挙げられるが、これらの成分には有意な消長は認められなかった。一方、hexanal と (E) -2-hexenal はアスコルビン酸添加によって、有意に増加することが判明した。揮発性アルデヒドは Green 調の香りを呈することは周知のとおりであるが、リンゴ果汁の香気の変化を Aroma value から考察することにする。Aroma value とは、各香気成分の試料中濃度を匂い閾値で割った値として定義され、試料の匂いに対する各香気成分の官能的寄与の程度を示す指標として利用される。上述の2つのエステルの Aroma value は、コントロール区と試験区でそれぞれ 2170→2020、170→190であったのに対して、アルデヒドではそれぞれ14→54、9.4→47であった。アスコルビン酸添加によるアルデヒドの Green 調の香りの増強はそれほど大きくないにもかかわらず、リンゴ果汁の香りに極めて大きな影響を及ぼしたことになる。著者らはこの現象を次のように考えた。未熟果実に広く含まれるアルデヒドは登熟過程で徐々に減少することを我々は過去の経験から知っている。いうまでもなく、アルデヒドの減少を分析化学的に知っているのではなく、果実の香りの変化を知って

いるのである。表2のように、分析化学的には香気成分含量の変化は小さくても、それがもたらす香りの変化が私たちの記憶と合致したために私たちに大きなインパクトを及ぼしたと考えられる。

実際の食品の匂いによる塩味増強

匂いによる塩味増強は、美味しさを損なうことなく減塩を可能とする夢のような話ではある。Lawrence らは、パネラーのイメージのみに基づいて86種の食品の味覚調査を行い、塩味を強く連想する食品として15種類の食品を選出した。続いて、これら食品の匂いを呈する香料(無味香料)を調製し、0.02 M (0.12%) の NaCl 水溶液の塩味強度に及ぼす各種香料の影響を検討した。その結果、bacon, sardine, anchovy, peanuts, ham, chicken, Roquefort cheese, tuna, comte cheese (ハードタイプの熟成チーズ), concentrated cheese の香料添加により、0.02 M NaCl 水溶液の塩味は有意に増強されることが示された⁵⁾。

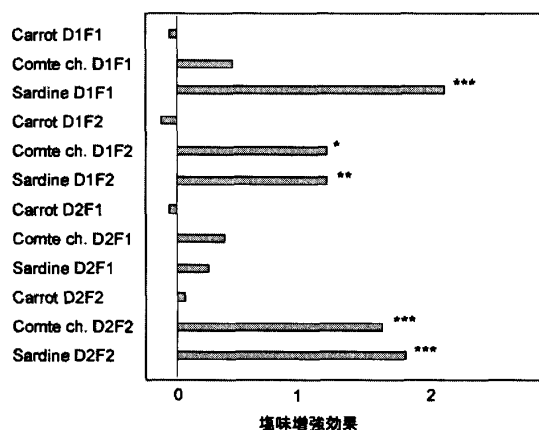


図3 リポプロテインモデル固形食品での塩味増強効果

このように最も単純なモデルである水溶液系において、匂いによる塩味増強効果を確認することができた。そこで塩味増強に及ぼす固形食品のテクスチャーの影響を検討した Lawrence らの論文⁶⁾を紹介する。すなわち、塩味を連想させる comte cheese と sardine の香料添加による塩味増強効果に及ぼす固形食品(リポタンパク質固形物)のテクスチャーの影響を検討した。なお、塩味を連想しない匂いとして carrot 香料を control として用いた。本研究では、表3に示すような配合でテクスチャーの異なる4種

味と香りの関連

類のリポプロテイン固形物 (D1F1, D1F2, D2F1, D2F2) を調製した。これら調製物に carrot, comte cheese, sardine 香料を添加し、塩味増強効果の評価に使用した。図3より明らかなように、いずれのリポプロテイン固形物においても carrot 香料は塩味増強効果を示さなかった。高タンパク低脂肪サンプル (D2F1) では、comte cheese および sardine 香料の添加により有意な効果は認められなかった。中タンパク高脂肪サンプル (D2F2) では、comte cheese および sardine 香料の添加により顕著な塩味増強効果が認められた。中タンパク低脂肪サンプル (D1F1) では、sardine 香料の添加によってのみ顕著な塩味増強効果が認められた。低タンパク高脂肪サンプル (D1F2) では、comte cheese および sardine 香料の添加により中程度の塩味増強効果が認められた。

以上の結果は、匂いによる塩味増強 (化学感覚の連携応答) がテクスチャー (物理感覚) によって影響を受けることを示唆するものである。これは Saint-Eve らのいうところの認知と物理化学の関係で議論されるべき事象⁷⁾ であろう。この物理化学的効果には、テクスチャーの違いにより生ずる口腔内感覚 (触感) の変化とレトロネイサル応答に及ぼす Flavor release の変化が考えられるが、ここではそれらの寄与の大小は論じられていない。

固形食品における味と匂いの連携応答では、食品のテクスチャーやマトリックスの影響を無視できないので、個々に味、香り、テクスチャーの関係を最適化する必要があると考えられた。

塩辛い匂いは存在するか？

我々は経験したことのある、すなわち記憶にある匂いの世界で生活を営んでいると考えるべきなのかもしれない。塩味を連想する食品の匂いにより、塩味増強が認められるのもこのことを反映した結果であろう。ここで考えたいのは、その匂いの記憶が多数の匂い成分の集合体としての匂いなのか、あるいは

はこのような集合体の中の特定の成分に起因する特定の匂いに対しても記憶が形成されるのかということである。酢酸の匂いは単独でもすっぱいと感じるし、マルトールの匂いは甘いと感じる。それは経験、記憶がそうさせているのは間違いない。では、塩辛い匂いは存在するのだろうか。塩味を連想する食品の総体としての匂いではなく、塩辛い匂い以外の官能的要素を極力含まない“塩辛い匂い物質”が欲しいのである。読者には、まるで夢物語と笑われるであろうが、これを可能とする十分な経験が私たちの中にあるならば、そのときの鍵化合物を塩辛いと私たちは感じるのではないか。それは微生物の浸透圧ストレス (例えば、濃縮された海水環境由来) の結果生産される物質であるかもしれない。著者らは、長年醤油中にこのような塩辛い匂いを呈する成分の存在を認めそれを追求しているが、未だその実体を解明するにはいたっていない。

文 献

- 1) 下田満哉, 佐々木仁, 土肥由長, 亀田弥, 箴島豊: 抽象的匂い用語のキャラクター化。日本食品科学工学会誌 36, 7-16 (1989)
- 2) 下田満哉, 佐々木仁, 土肥由長, 亀田弥, 箴島豊: 具体的匂い用語のキャラクター化。日本食品科学工学会誌 36, 17-26 (1989)
- 3) 綾部早穂: においの記憶。Foods & Food Ingredients Journal of Japan 216, 94-99 (2011)
- 4) Komthong P, Igura N, Shimoda M: Effect of ascorbic acid on the odours of cloudy apple juice. *Food Chem* 100, 1342-1349 (2007)
- 5) Lawrence G, Salles C, Septier C, Busch J and Thomas-Danguin T: Odour-taste interactions: A way to enhance saltiness in low-salt content solutions. *Food Qual Prefer* 20, 241-248 (2009)
- 6) Lawrence G, Salles C, Palicki O, Septier C, Busch J and Thomas-Danguin T: Odour-taste interactions:

表3 リポプロテインモデル固形食品の配合

	水分 (g)	脂肪 (g)	粉乳 (g)	食塩 (g)	レンネット (mL)
D1F1	611	74	315	5	7.6
D1F2	616	148	236	5	7.6
D2F1	537	88	375	5	7.6
D2F2	543	176	281	5	7.6

下田 満哉

Using cross-modal interactions to counterbalance salt reduction in solid foods. *Int Dairy J* 21, 103-110 (2011)

- 7) Saint-Eve A, Lauerjat C, Magnan C, Deleris I and Souchon I: Reducing salt and fat content: Impact of composition, texture and cognitive interactions on the perception of flavoured model cheese. *Food Chem* 116, 167-175 (2009)

<著者紹介>

下田 満哉 (しもだ みつや) 氏略歴

1976年 九州大学農学部食糧化学工学科卒業

1981年 九州大学大学院農学研究科博士課程修了 (農学博士)

1982年 九州大学農学部助手

1988年 文部省在外研究員 (カリフォルニア大学デービス校)

1990年 九州大学農学部助教授

2004年 九州大学大学院農学研究院食品製造工学分野教授

現在に至る

