

様 式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19（共通）

科学研究費助成事業 研究成果報告書



令和 6 年 6 月 17 日現在

機関番号：82111

研究種目：若手研究

研究期間：2020～2023

課題番号：20K13833

研究課題名（和文）香りによってもたらされる農産物の風味の変動および嗜好性への影響の解明

研究課題名（英文）Effects of aroma on flavor variation of food

研究代表者

堀江 芙由美（HORIE, Fuyumi）

国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構・食品研究部門・研究員

研究者番号：70846956

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,200,000 円

研究成果の概要（和文）：食品を食べる時、人間は味と香りからなる風味を認識しているため、食品の風味を理解するには香りを含めた評価が必要である。そこで、複数の味が混合した水溶液に香りを加えたときの風味について検討したところ、香りによって風味のバランスが変化する可能性が示された。また、食品を咀嚼しているときに放出される香りについて検討したところ、食品構造の崩壊や唾液の水分が香気成分の放出動態に影響することが示唆された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

これまでに香りと味の相互作用に関する検討は数多くなされているが、香りと一つの味を対象としたものがほとんどである。本研究では、香りと複数の味の関係を検討し、実際の食品のように複数の味が混合した状態でも香りが風味を変動させる可能性を示した。本研究によって得られた知見は、香りを付加することで、含まれる呈味成分の量を変化させることなく好ましい風味を増強する新たな食品改良剤への応用などが期待される。

研究成果の概要（英文）：This study investigated the relationship of aroma and flavor perception during food consumption using sensory and instrumental analyses. A sensory analysis was conducted to evaluate effects of addition of aroma compounds on taste intensity. A mixed solution of an organic acid and sugars was prepared as a sample, and participants rated sweetness and sourness intensity of flavored and unflavored samples. The results suggested that taste-enhancing effects depend on the kind of volatile compounds. In addition, release of volatile compounds from food was analyzed by a gas chromatography-mass spectrometry method. The amount and variety of released volatile compounds could be affected by the breakdown of food structure and the saliva addition.

研究分野：農芸化学

キーワード：香り フレーバー 官能評価

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属します。

1．研究開始当初の背景

人間が感じている香りには2種類あり、鼻で食べ物を直接嗅いだ時に感じる鼻先香と、食べ物を噛んだ時に喉の奥から鼻に抜ける口中香に分けられ、後者は食品の種類やおいしさの認識に重要だとされている。鼻をつまんで食べると味がしなくなると言われるが、これは鼻をつまむことで食べ物の香りが鼻へ抜けなくなり、口中香を感じられなくなるためである。人間は摂食中に味と同時に香りも感じており、この味覚と嗅覚からなる感覚は「風味」と呼ばれる。

さらに、味覚と嗅覚は相互作用することが知られている。例えば、イチゴの香りは甘味を増強し（Stevenson et al., 1999）、ベーコンの香りは塩味を増強する（Lawrence et al., 2009）。しかしながら、これまでの報告は一つの味に対する香りの影響に焦点が当てられていることが多い。実際の食品ではコーヒーのように苦味や酸味、甘味といった複数の味が混合した状態で存在しているが、このような複数の味の混合物に対する香りの影響についてはほとんど報告がない。そこで、本研究では香りと複数の味の関係について検討することとした。

咀嚼とは歯で食品を粉砕し、唾液と混ぜ合わせながら嚥下可能な食塊を形成する行為である。咀嚼によって食品から口腔内に放出された香気成分は、呼気によって鼻腔内へ運ばれて口中香として認識される。摂食中に人が感じている香りを理解するには、咀嚼によって食品の構造が崩壊し均一化されていく過程との関連を検証する必要があると考えた。そこで食品を徐々に崩壊させ、その時の香気成分の放出動態を分析装置によって測定することを試みた。さらに官能試験で摂食中の香りを評価することで、装置で得られる分析値と人の感覚の関係を理解することに役立つと考えられる。

本研究によって得られた知見は、香りを付加することで、含まれる呈味成分の量を変化させることなく好ましい味を増強する新たな食品改良剤への応用などが期待される。

2．研究の目的

本研究の目的は、摂食中に人が感じている感覚に対する食品の香りの影響を明らかにすることである。香りが加わることで、食品の風味のバランスがどのように変化するかを検討した。さらに、食品の崩壊に伴う香気成分の放出動態を装置で測定し、得られた分析値と摂食時に感じている香りの強度を比較することで、これらの関係を理解することを試みた。

3．研究の方法

I) 香りの付加による風味のバランスの変化の解析

酸と糖を含んだモデル溶液に農産物由来の香りを加えた時、モデル溶液の酸味と甘味の強度がどのように変化するか官能試験で評価した。15名の参加者は、酸（クエン酸）溶液または糖（グルコース、フルクトース、スクロース）溶液、酸と糖の混合溶液、酸または糖溶液に香料を加えた溶液、もしくは酸と糖の混合溶液に香りを加えた溶液を2mLずつ飲み、各溶液の酸味もしくは甘味の強さを順位法によって評価した。香料はレモンに含まれるシトラールとイチゴに含まれるフラネオールを使用し、終濃度が0.1%となるよう添加した。

II) 香りの付加による風味特性の経時的な変化の解析

酸と糖を含んだモデル溶液に農産物由来の香りを加え、溶液を飲んだ時に感じる味や香りの特性の変化を官能試験で評価した。11名の参加者は、酸と糖の混合溶液と同溶液に香りを加えた溶液を2mLずつ飲み、各溶液の感覚特性の変化をTemporal Dominance of Sensations（TDS）法によって評価した。TDS法は官能評価手法の一つで、複数の質に関して最も注意を引かれる（dominant）と感じた特性の経時的な変化を測定することができる。パソコンの画面に表示された味や香りに関する感覚特性のうち、溶液を飲んだ時に最も注意を引かれる特性を参加者が選択した。0秒の時に溶液を口に入れて飲み込み、60秒間の感覚特性の変化を測定した。データの取得にはMagicSense（テイストテクノロジー合同会社）を使用した。

III) 咀嚼ロボットを用いたフレーバーリリースの検討

試料は市販のイチゴジャムサンドを使用し、人工唾液を加えないものを乾燥サンプル、上下のクラッカーにそれぞれ人工唾液1mLを1分間浸み込ませたものを人工唾液添加サンプルとした。乾燥サンプル及び人工唾液添加サンプルをサンプリングバッグ（GLサイエンス）に入れ、咀嚼ロボットによって50Nの力で圧縮した。圧縮回数は0、1、5、10、30、60回とし、圧縮する速さは1回/秒に設定した。サンプリングバッグ内のヘッドスペースガスをTenax TAチューブ（島津製作所）に5分間採取し、加熱脱着装置付きガスクロマトグラフ質量分析計（GC-MS）によって測定した。標準品の保持時間とマススペクトルを比較して成分を同定した。

IV) イチゴジャムサンドの官能評価

IIIの分析結果と人による官能評価の結果を比較するため、イチゴジャムサンドの香りについ

て官能評価を行った。5名の参加者は、イチゴジャムサンドを試食し、摂食時に感じる香り（イチゴの香りとバターの香り）の強度の経時的な変化を時間強度曲線法（Time-intensity 法）によって評価した。サンプルは1回/秒となるように噛み、食べ始めてから60秒後にサンプルを飲み込んだ。全体の評価時間は食べ始めてから90秒間とした。

4. 研究成果

1) 香りの付加による味のバランスの変化の解析

0.3%クエン酸溶液にシトラールもしくはフラネオールを加えても、酸味の強さは0.3%クエン酸溶液と同程度であった（図1A）。また、グルコースとフルクトースをそれぞれ1.5%含む糖溶液にシトラールもしくはフラネオールを加えた時の甘味の強さは、香料を加えていない糖溶液と同程度であった（図1B）。今回の実験条件では、酸溶液もしくは糖溶液に香料を加えても、酸味や甘味の強度は変化しないことが示唆された。

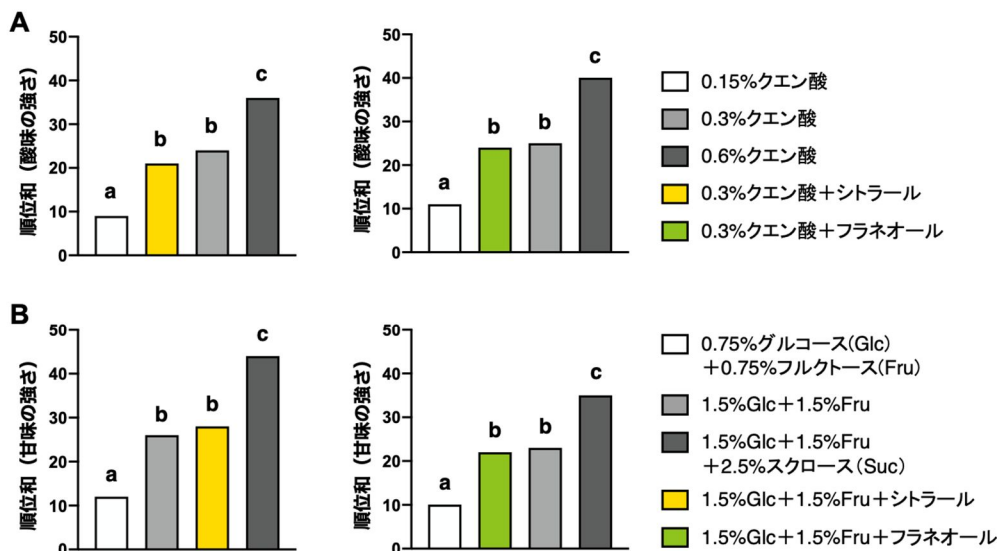


図1 酸溶液と糖溶液の酸味と甘味の強さ

$n = 9-11$, LSD test, 異符号間に有意差あり($p < 0.05$) *強いものほど順位和は大きくなる

まず酸味の強さを検討したところ、0.3%クエン酸溶液にグルコースとフルクトースを終濃度がそれぞれ1.5%となるよう加えると、0.15%クエン酸溶液との間に有意差は見られなかった（図2A左）。しかし、酸と糖の混合溶液にシトラールを加えると0.15%クエン酸溶液との間に有意差が生じた。同様にフラネオールについて検討したところ、酸味の強さに変化はなかった（図2A右）。甘味の強さについては、酸と糖の混合溶液にシトラールが加わると、糖のみを同量含む溶液との間に有意差が生じた（図2B左）。一方、フラネオールが加わると、グルコースとフルクトースをそれぞれ0.75%含む溶液との間に有意差が生じた（図2B右）。

以上の結果から、シトラールとフラネオールは味質が1種類の時には味の強度を変化させないが、複数の味質が存在していると味の強度を変化させることが示された。また、シトラールは酸味を増強して甘味を抑制したのに対し、フラネオールは甘味を増強したことから、香りの種類によって変化させる味が異なることが示唆された。

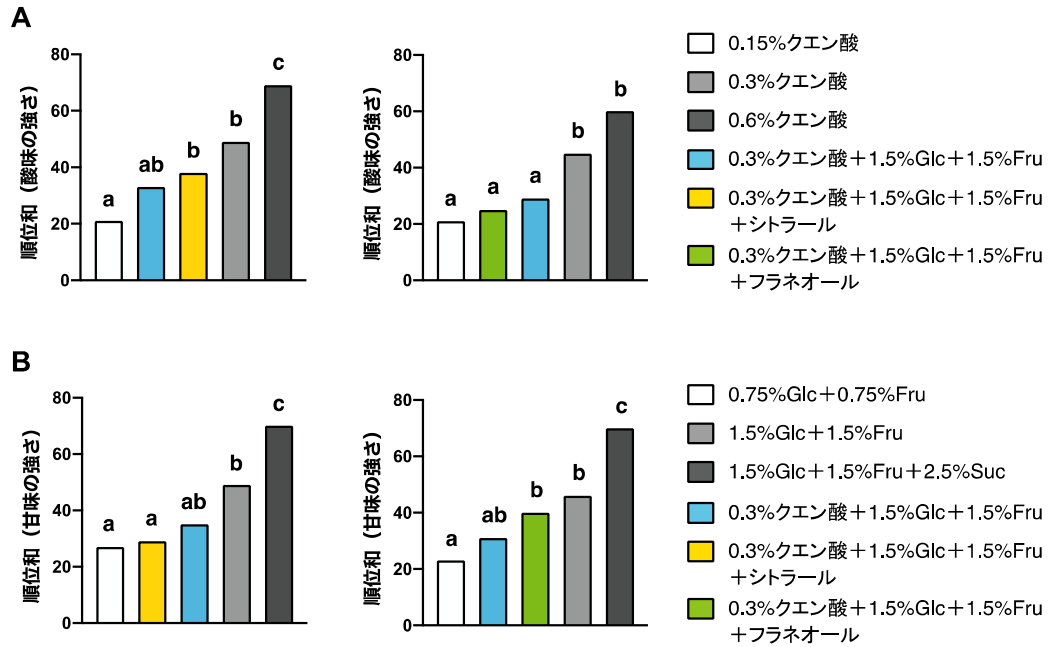


図2 香料を加えた酸と糖の混合溶液の酸味と甘味の強さ
 $n = 12-14$, LSD test, 異符号間に有意差あり ($p < 0.05$)

II) 香りの付加による風味特性の経時的な変化の解析

図3に、酸と糖の混合溶液と同溶液に香りを加えた溶液のTDS曲線を示した。酸と糖の混合溶液では、初期から中期にかけて酸味を選択する割合が多かった(図3A)。この溶液にシトラールを加えると、中期に酸っぱい香りを選択する割合が増加した(図3B)。一方、フラネオールを加えると、初期から中期にかけて酸味を選択する割合が減少し、初期に甘味を、中期や後期にかけて甘い香りを選択する割合が増加した(図3C)。酸と糖の混合溶液に香りが加わることによって、選択される感覚特性の種類や出現するタイミングが異なることが示された。

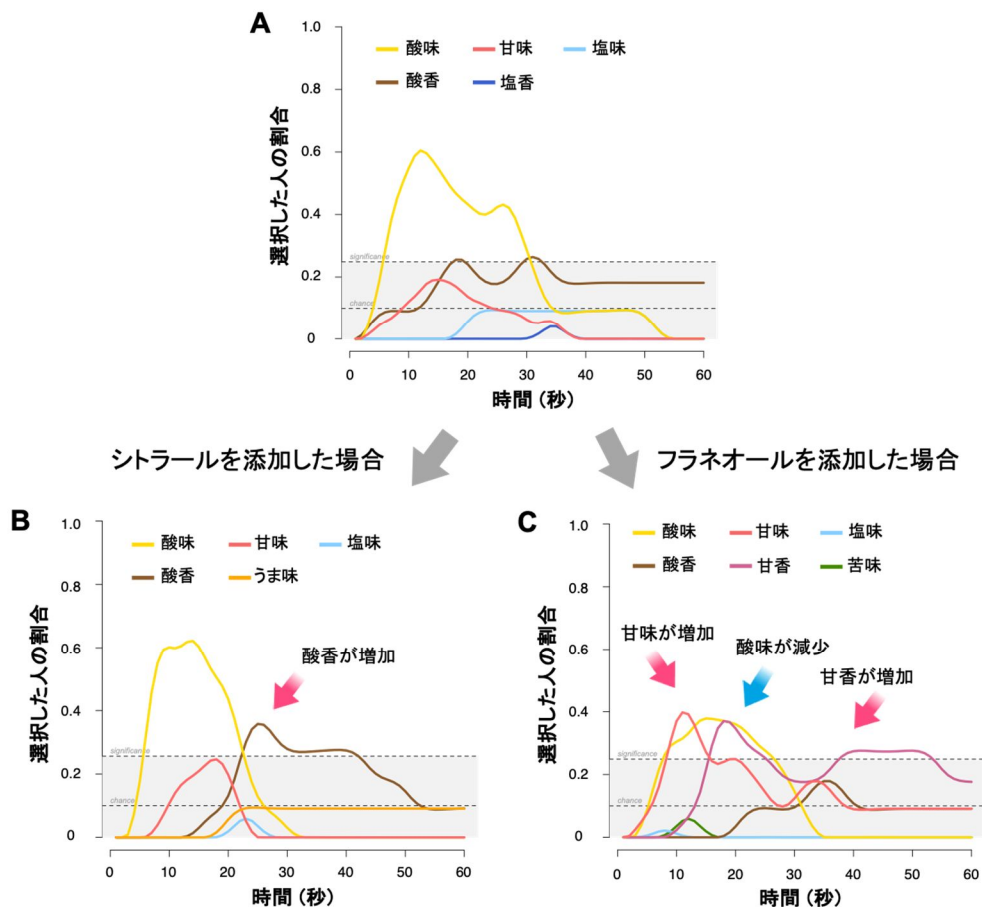


図3 酸と糖の混合溶液のTDS曲線 ($n = 11$)

III) 咀嚼ロボットを用いたフレーバーリリースの検討

食品を圧縮すると、圧縮していない時よりも放出される香気成分の種類が多かった。また圧縮回数が増加すると、放出される香気成分の量も増加する傾向にあった。さらに人工唾液の影響を検討したところ、人工唾液が加わると、加えなかった場合と比較して香気成分の放出量が多くなった。香気成分の放出動態を比較したところ、人工唾液を加えると放出量が「大きく増加する」、「増加する」、「やや増加するまたは同程度」の3つの傾向に分かれることが示唆された。咀嚼ロボットを用いた検討によって、咀嚼や唾液が香気成分の放出動態に関わることが示された。

IV) イチゴジャムサンドの官能評価

イチゴの香りは食べ始めてから徐々に強度が増加し、45秒でピークを迎えた(図4A)。一方、バターのはかりは食べ始めると強度が急激に増加してしばらく持続した後、食べ始めてから30秒ほど経過すると減少に転じた(図4B)。イチゴの香りがピークに至るのに時間がかかった理由としては、イチゴジャムがクラッカーに挟まれており、ジャムが十分に露出するのに時間を要したことが考えられた。また、バターのはかりについては、クラッカーが外側に位置していたことに加え、咀嚼ロボットによる検討で水分を含むと放出量が大きく変化した 2-/3-methylbutanal といった香気成分によってバターのはかりが構成されている可能性が考えられた。分析値と人の感覚の関係性を理解するには、食品の構造や香気成分の性質、食品中の共存物質を含めたさらなる検討が必要であり今後の課題とする。

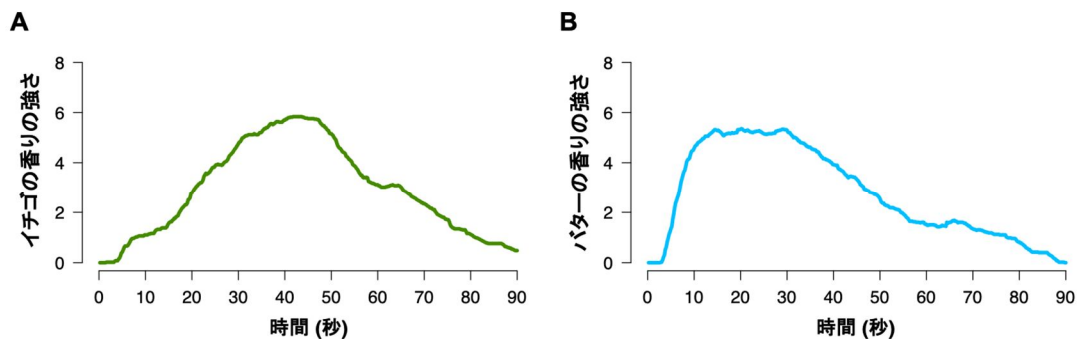


図4 イチゴジャムサンド摂食時に感じた香りの強度の時間変化 (n = 5)

参考文献

Stevenson, R. J., Prescott, J., & Boakes, R. A. (1999). Confusing tastes and smells: How odours can influence the perception of sweet and sour tastes. *Chemical Senses*, 24, 627–635.

Lawrence, G., Salles, C., Septier, C., Busch, J. & Thomas-Danguin, T. (2009). Odour–taste interactions: A way to enhance saltiness in low-salt content solutions. *Food Quality and Preference*, 20, 241–248.

5．主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計2件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件）

1．発表者名 堀江 芙由美、日下部 裕子
2．発表標題 香りの付加による果実モデル溶液の風味変動の評価
3．学会等名 日本味と匂学会 第54回大会
4．発表年 2020年

1．発表者名 堀江 芙由美、日下部 裕子
2．発表標題 咀嚼模擬装置を用いた時のフレーバーリリースの検討
3．学会等名 日本農芸化学会 2024年度 東京大会
4．発表年 2024年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6．研究組織

	氏名 （ローマ字氏名） （研究者番号）	所属研究機関・部局・職 （機関番号）	備考
--	---------------------------	-----------------------	----

7．科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8．本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------