技術論文

市販イチゴジャムにおける風味要素の Time-Intensity プロファイリング

黒飛知香^{1,2}, 干野隆芳¹, 羽倉義雄², 風見由香利³, 早川文代^{3*}

¹ アヲハタ株式会社

² 広島大学大学院生物圏科学研究科

³ 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

Time-Intensity Flavor Profile of Commercial Strawberry Jams Available in the Japanese Market

Tomoka Kurotobi^{1,2}, Takayoshi Hoshino¹, Yoshio Hagura², Yukari Kazami³ and Fumiyo Hayakawa^{3*}

¹ AOHATA Corporation, 1-1-25 Tadanouminakamachi, Takehara, Hiroshima 729-2392

² Graduate School of Biosphere Science, Hiroshima University, 1-4-4 Kagamiyama, Higashihiroshima, Hiroshima 739-8528

³ Food Research Institute, NARO, 2-1-12 Kannondai, Tsukuba, Ibaraki 305-8642

Time-intensity (TI) assessment was applied for sweetness, sourness and strawberry flavor of commercial strawberry jams. Ten strawberry jams were selected out of 51 products available in Japan. The selected jams covered a wide range of soluble solids concentrations, colors and sensory characteristics. Eleven trained panelists evaluated the sensory attributes of each sample for 90 or 120 seconds using a sliding TI switch. The obtained average TI curves and the TI parameters demonstrated the characteristics of the dynamic flavor intensity of each sample when consumed. In general, the intensity of sweetness was higher in jams with higher concentrations of sugar. However, several jams, which varied widely in the range of soluble solids, had similar average TI curves for sweetness. Thus, sweetness was not decided by only the soluble solids. The data were subjected to principal component (PC) analysis, and PC 1 and PC 2 were interpreted as axes related to the intensities of sourness and sweetness, respectively. In contrast, time-related sensory parameters (i.e. total time and time to maximum intensity) of each attribute contributed to PC 3, indicating time-course assessment of sensory attributes could function in developing precise flavor profiling of strawberry jam.

(Received Apr. 12, 2017; Accepted Jul. 3, 2017)

Keywords : strawberry jam, time-intensity analysis, sensory evaluation, sugar content, syneresis

キーワード : イチゴジャム, Time-Intensity 法, 官能評価, 糖度, 離水

ジャムは、果実、野菜、花卉に砂糖類を加え、ゼリー化するまで煮詰めたもの、あるいはゲル化剤であるペクチンを加えたものである¹⁾。欧米では古くから保存食として親しまれてきた加工品である。日本では、明治10年に東京の勸農局（明治時代の内務省の内省）におけるイチゴジャムの試売が行われ²⁾、以後、パン食の普及とともに広く利用されるようになった。

ジャムの品質評価に対するニーズは以前からあり、さまざまなジャムについて、さまざまな成分の分析が行われている¹⁾。品質の指標として、ある種の有機酸や糖を用いることを提案した報告もある¹⁾。しかし、これらは官能評価に基づいて設定されたものではなく、人が感じる甘味や酸味の数値化には利用しにくいとの指摘がある²⁾。

イチゴジャムは、国内外において最も人気の高いアイテムの一つであり、イチゴジャムの官能特性の数値化を試みた例はいくつか報告されている。例えば、Koppelら²⁾は、原産国11か国の25種の市販イチゴジャムを試料として、ヨーロッパにおけるジャムのPDO (Protected Designation of Origin; 原産地呼称保護)の可能性を探るために官能評価を行った。原産国による差は見られずPDOには至らないとの結論であったが、対象としたイチゴジャムは、官能特性によって、(1)甘味が強く赤く果実含量が高いもの、(2)人工甘味料が添加され粒が感じられるもの、(3)茶色く苦味や酸味が感じられるもの、の3つに大別されることを示している。

イチゴジャムにおいては、“甘味のキレ”や“後味のよさ”

¹ 〒729-2392 広島県竹原市忠海中町一丁目1番25号, ² 〒739-8528 広島県東広島市鏡山1-4-4,

³ 〒305-8642 茨城県つくば市観音台2-1-12

*連絡先 (Corresponding author), fumiyo@affrc.go.jp

Table 1 Instrument analysis data of strawberry jams

Sample	Country of origin	Soluble solids [° Brix]	Range of soluble solids contents ¹⁾	Acidity (%)	pH	Color values			Others
						L*	a*	b*	
#1	Japan	44.6	low	0.61	3.25	20.85	8.93	3.98	
#2	Japan	44.1	low	0.60	3.37	24.80	5.68	4.72	
#3	Japan	44.2	low	0.65	3.38	23.97	6.02	4.10	
#4	Japan	43.6	low	0.63	3.28	20.47	7.30	2.85	Reduced calorie
#5	France	61.6	middle	0.68	3.23	17.83	0.77	0.36	
#6	Japan	61.8	middle	0.58	3.10	20.86	10.07	3.32	
#7	Japan	62.5	middle	0.63	3.09	19.71	3.31	1.67	
#8	Japan	61.8	middle	0.63	3.22	19.15	3.33	0.97	
#9	Japan	66.0	high	0.63	3.50	23.21	3.50	4.27	
#10	England	66.2	high	0.95	3.02	20.84	1.76	0.14	

¹⁾ Classification according to soluble solids : high, more than 65° ; middle, between 55° and 65° ; low, less than 55°.

など、味や香りの強さだけでなく持続も消費者の受容性に影響すると考えられる。Alves ら³⁾ は、ブラジルの市販イチゴジャム6種について、甘味、酸味およびイチゴフレーバーの強さと持続を分析型官能評価で測定し、消費者テストを行った。その結果、ブラジルの消費者の多くは甘味が強く、長く持続する伝統的なタイプの製品を好むとの結論を得た。また、Souza ら⁴⁾ も、ブラジルで、低カロリーのジャムの製品開発のため、人工甘味料を添加したジャムについて、甘味と苦味の強さと持続について分析型官能評価を行い、消費者による嗜好型官能評価を行っている。

国際食品規格 (CODEX) では、保存性の観点からジャムの可溶性固形分は60~65%以上と規定されⁱⁱ⁾、欧米では甘味が強く煮詰めたタイプのものが主流である。一方、我が国では、ジャムの可溶性固形分は40%以上とされているⁱ⁾。なお、ジャムの場合、可溶性固形分はほとんどが糖であり、ショ糖溶液の屈折率を基準にした糖度計による示度である糖度 (Brix) が可溶性固形分とみなされるⁱ⁾。日本ジャム工業組合によるジャム類の糖度別分類では、高糖度 (65度以上)、中糖度 (55度以上 65度未満)、低糖度 (40度以上 55度未満) に分類されている^{iv)}。糖度は用途によっても異なるが、2013年の日本国内における家庭用ジャムの生産量では、高糖度タイプの製品は18.3%、中糖度タイプ33.3%、低糖度タイプ46.1%であり、低糖度タイプが主流であるⁱⁱ⁾。したがって、上記の先行研究とは、味や香りの強さや持続が異なるジャムが消費されていることが推測される。また、ジャムはショ糖のみではなく、製品によって糖組成が異なり、甘味の強さもさまざまに異なることが予想される⁵⁾。

官能評価によって味や香りの強度と持続性を数値化するには、Time-Intensity (以下、TI) 法^{6,7)} が有効である。TI法とは、パネリストに、一定の時間、ある官能特性の強度を評価し続けてもらい、摂食中の強度の変化を数値化する手法である。これまでに多くの試料についての報告があり、近年では、缶コーヒー⁸⁾ やワイン⁹⁾ の後味、スクロース含量とゲル強度と甘味の関係¹⁰⁾、未加熱の新鮮な植物油の

風味の持続性¹¹⁾ 等について TI 法による測定結果が報告されている。

本研究では、日本で市販されているイチゴジャムについて、TI 法によって、風味の強度変化および持続を数値化することを目的とした。さらに、今後、種々の因子が風味の強さと持続にどのように影響しているかを明らかにするための予備検討として、成分分析およびテクスチャー分析を行った。

なお、本研究では、JIS Z8144¹²⁾ および先行研究^{8,11)} の定義を参考に、「風味」を「味と口中香 (後鼻腔香) の総合的な官能特性」とし、イチゴジャムの風味構成要素として、甘味、酸味およびイチゴ風味を対象とした。

実験方法

1. 試料

日本国内で市販されている国内産および外国産のイチゴジャムを51種類収集した。ここから、香料あるいは着色料を添加した製品、ペクチンや砂糖類を使用しない低粘度タイプのフルーツスプレッドは対象外とすることとして除外した。さらに、専門パネルによる官能評価および討議を行い、官能特性、糖度、製法などが偏らないよう10種類の市販品イチゴジャムを試料として選定した (Table 1)。

2. 理化学分析

(1) 糖度、酸度、pH および色

各試料をホモジナイズし、糖度を精密アッペ屈折計 (NAR-3T, ATAGO) で測定し、また、酸度および pH を測定した。表面色は、試料をウェルプレート (φ35.0mm×17.3mm) に入れて色彩色差計 (CR-300, MINOLTA) で L*, a*, b* を測定した。いずれも、試料は 20℃ で測定した。

(2) 主要呈味性成分の測定

糖および糖アルコール含量は、HPLC システム (ポンプ 515, オートサンプラー 717, 検出器 2410, Waters) を用いて測定した。試料をホモジナイズし、超純水で任意の割合で希釈し、遠心分離 (1420×g, 5min) した。この上清を

0.45 μm のメンブレンフィルターでろ過し、HPLC 注入用試料とした。HPLC の測定条件は以下の通りである。カラムは YMC-Pack Polyamine II (ϕ 4.6 mm $\times$ 250 mm, YMC) を使用した。フルクトース、グルコース、スクロース、マルトース、ソルビトールは、移動相はアセトニトリルと水の混合溶液 (75 : 25)、流速 0.9 mL/min とした。エリスリトール、マルチトール、マルトトリイトールにおいては、移動相はアセトニトリルと水の混合溶液 (70 : 30) を用い、流速 1.0 mL/min とした。いずれもカラム温度は 35°C に設定し、注入量 10 μL で測定した。標準品として、フルクトース、グルコース、スクロース、マルトース、ソルビトールは和光純薬製、エリスリトールおよびマルチトールは東京化成工業製、マルトトリイトールは生化学工業製のものをを用いた。

リンゴ酸およびクエン酸は、25°C に設定したキャピラリー電気泳動システム (Agilent 7100, Agilent Technologies) を用いて分析した。キャピラリーカラム (ϕ 75 μm $\times$ 805 mm, 720 mm to the detector) を使用し、泳動用緩衝液には Tris 1.181 g, キノリン酸 0.836 g, ヘキサデシルトリメチルアンモニウムヒドロキシド 125 μL を採取し、超純水で 250 mL に調製したものをを用いた。試料はホモジナイズし、超純水で任意の割合で希釈し、遠心分離 (1420 $\times$ g, 5 min) した。上清を限外ろ過フィルター (セントリカット超ミニ (W-10)、膜分画分子量 1 万、クラボウ) でろ過し、さらに遠心分離 (1420 $\times$ g, min) して分析試料とした。分析試料を 50 kPa で 4 秒間加圧注入し、キャピラリー温度 25°C、印加電圧 -20 kV で電気泳動を行った。標準品の L-リンゴ酸およびクエン酸は和光純薬製のものをを用いた。

(3) 粘性測定

粘性測定には、ジャムやペースト状食品の品質評価の簡易法として用いられている Line Spread Test (以下, LST)¹³⁾¹⁴⁾ を用いた。本研究では、直径 2~40 cm で直径が 2 cm ずつ大きくなるような同心円に、円の中心から等間隔で放射線状に 10 方向に直線を描いた測定用シートを用いた。透明アクリル板上に、瓶詰ジャムの内容物 (N) をすべて取り出し、測定用シートを透明アクリル板下に当てて 2 分後の広がりを測定した。広がりの評価では、10 方向に広がった距離を計測して平均値を求めた。データは、下記の式にて試料 200 g あたりに換算し、Spread Meter Value (以下, SM₂₀₀ 値) とした。試料の品温は 20°C とした。

$$SM_{200} = SM * \sqrt{200/N}$$

(4) 離水測定

離水測定には、長縄ら¹⁵⁾ が開発したリング濾紙法を用いた。プラスチックシャーレの中に濾紙を 3 枚重ねて置き、その上にテフロンリング (ID 35 mm $\times$ 5 mm) を載せ、リングの高さまで均一になるようジャムを充填した際の体積を V_0 とした。20°C で 60 分間静置した後、充填したジャムが

接触していない 2 および 3 枚目の濾紙の重量 (M) を測定し、試料の密度 (ρ) で除したものをろ紙に滲出した液体の体積 (V_{60}) とした。初期値であるリング内の体積 (V_0) に対する割合 (V_{60}/V_0) を求め、離水率 (以下, R_{60}) とした。

$$R_{60} = V_{60}/V_0 = (M/\rho)/V_0$$

3. 官能評価

(1) 評価環境および装置

官能評価の訓練および本評価は、室温 20 $\pm$ 2°C で実施した。訓練の第 1 セッションから第 4 セッションは円卓で、第 5 セッション以降の訓練および本評価は個別のブースで行った。ブース内での評価は、イチゴジャムの色が評価に影響を及ぼさないよう赤い照明下で実施した。

TI 評価には、データ収集システム (MP150, Biopac Systems) を用いた。上下 100 mm の可動域のあるスライドスイッチ (TSD115, Biopac Systems) を接続し、スライドスイッチの可動域最下部には「感じない」、最上部には「強い」のラベルをつけた。データ収集は 20 Hz で行った。なお、訓練セッションおよび本評価は、パネリストに TI 曲線が見えない環境で実施した。

(2) パネル

ISO8586¹⁶⁾ に準拠して選抜・訓練され、すでに種々の官能評価経験のある 14 名より、イチゴジャムの識別力および以下の訓練過程において試料の TI 評価に再現性の確認ができた 11 名 (30 代から 50 代; 女性 10 名, 男性 1 名) を選抜してパネルとした。パネリストは 1 から 6 年間の様々な食品の官能評価経験を有していた。

なお、本研究はヘルシンキ宣言に基づき、農研機構食品総合研究所 (現・食品研究部門) の倫理委員会の承認 (平成 23 年食品総合研究所人間を対象とする生物医学的研究に関する倫理委員会第 3 番) を得て行った。

(3) 試料調製

試料を容器からバットに出し、果肉部とゼリー部が均等になるよう混合した。パネリスト間で果肉部の割合が大きく異ならないよう留意して試料 3 g を測り取り、透明なプラスチックスプーンにのせた。スプーンにはランダムな 3 ケタのコードを付した。

(4) パネル訓練

訓練は、試料の味わい方や TI スwitch の操作に慣れること、強度の尺度に関してパネリスト間で共通認識をもつことを目的として以下の 8 セッションを実施した。

第 1 セッションでは、口頭および文書にて研究目的と内容について説明を行い、同意を得た。次に、リファレンス候補の水溶液と試料を味わいながら討議を行い、甘味には 450 g/L のショ糖水溶液、酸味には 3.0 g/L のクエン酸水溶液をリファレンスに設定した。それぞれのリファレンス溶液について、口に入れてから甘味あるいは酸味を感じなくなるまでの間で最も強いときの値を尺度の最大値とするよう

に指示した。また、尺度の最小値は水とした。なお、ショ糖は日新製糖製のグラニュー糖、クエン酸は扶桑化学工業製の食品添加物グレードであるクエン酸(無水)、水は市販のサントリー製の飲用水(南アルプスの天然水)を使用した。

第2セッションでは、イチゴ風味の認識の共有化とリファレンスの設定を試みた。イチゴの風味は、イチゴの品種や熟度によって異なる¹⁷⁾ため、討議にあたっては、種々のイチゴ果実、イチゴ果実加工品、イチゴ果汁やイチゴ香料を用いた飲料および菓子類の風味を確認した。また、先行研究¹⁷⁾の香気成分の分析結果を参照した。その結果、甘い果実香、青臭さ、チーズのような風味、果熟香など、イチゴ風味を構成する個々の風味要素のバランスは異なるものの、イチゴ風味全体の強度の評定が可能であることが確認された。また、特定のリファレンスを設定することで、評価が難しくなると考えられたので、リファレンスは設定しないこととした。

第3セッションでは、試料の食べ方の統一を行った。試料3gを口に入れ、舌の上に5秒間置いて味わい、その後、必要があれば咀嚼し、あるいは舌で広げたりして、自然に嚥下することとした。さらに、いくつかの試料で、甘味、酸味、イチゴ風味について最大強度を評価させ、パネリスト間で尺度の使い方を統一させた。

第4セッションから第8セッションは、TIスイッチを用いて、繰り返し、評価の練習を行った。

(5) 本評価

1つのセッションで、1項目を全試料について評価した。提示順はパネリストごとにランダム化した。また、甘味および酸味については、セッションの初めにリファレンスを提示して、尺度の最大値を確認させた。試料を口に入れたと同時にデータの収録を開始し、甘味は120秒、酸味とイチゴ風味は90秒間収録した。次の試料の評価の前には、必ず、食パンで十分に口直しをし、水で口渇ぎをするよう指示した。評価は2反復とし、6セッションで本評価を終えた。

(6) 解析

各パネリストについて、各試料のTI曲線のおおよその再現性を確認した後、各TI曲線から、最大強度($I_{\max}$)、最大強度の時間($T_{\max}$)、TI曲線下面積(AUC)、全応答時間(T_{tot})を算出し、各パネリストの2回繰り返しの平均値を求めた。その後、各試料のTIパラメータについて、有意水準5%として、一般線形モデルの反復測定で分散分析を行った。なお、TIパラメータ算出にはAcqKnowledge(ver. 4.1, Biopac Systems)を、分散分析および多重比較にはSPSS Statistics(ver. 24, 日本IBM)を用いた。

実験結果および考察

1. 理化学分析

Table 1 にジャムの糖度、酸度、pH および色を示した。

試料とした10種類の市販ジャムの糖度は43.6~66.2と広範囲であった。糖度の測定結果から日本ジャム工業組合によるジャム類の糖度別分類^{iv)}に従って試料を分類すると、試料#1~#4が低糖度タイプ、試料#5~#8は中糖度タイプ、試料#9および#10は高糖度タイプに該当していた。種々の糖度タイプを含むよう試料を選定できたことが確認された。

酸度は試料#10が高く、その他の試料には大きな違いは見られなかった。pHは3.02~3.50の範囲で、酸度の最も高かった試料#10がpHは最も低かった。

試料#5はL*値、a*値、b*値ともに低く、すなわち、褐色が強く赤みが弱かった。試料#1および#6はa*値が高く、赤みが強かった。色調は、糖度や酸度などとの相関は見られなかった。

各試料の糖類および糖アルコールの含量をTable 2に示した。糖類および糖アルコールの合計は、糖度と正の相関が見られたが($r=0.843$)、各糖類の量については相関は見られず、スクロース、フルクトース、グルコースは、試料によって含有量が大きく異なった。また、マルトースは試料#1、#6、#7、#8および#10のみに含まれていた。また糖アルコールは、低カロリーを謳っている#4のみに含まれていた。

各試料のクエン酸およびリンゴ酸の含量をTable 2に示した。試料によって、各有機酸の含有量は異なったが、いずれの試料も、クエン酸が多く含まれていた。試料#10はクエン酸含量が他の試料に比べて著しく多く、これは、酸度が高く、pHが低かったことと一致した(Table 1)。

LSTによる各試料のSM₂₀₀値をTable 2に示した。SM値は試料が広がった距離で、値が大きいほど流れやすいことを表す。試料#4、#5および#9は値が高く、すなわち流れやすく、試料#3、#7および#10は値が小さく流れにくかった。これらの傾向は、糖度による分類とは直接の関係は見られなかった。

各試料の離水量を測定した結果、60分静置後の離水率であるR₆₀値は、試料によって異なっていた(Table 2)。低糖度タイプの試料#1~#4は中・高糖度タイプに比べて高い値(4.55~4.79)で、試料間の差はあまり見られなかった。一方、中糖度タイプの試料は3.42~4.04、高糖度タイプは2.90および4.13と、試料による差が大きかった。R₆₀値が最も低いのは試料#9であった。

2. 官能評価

甘味、酸味、イチゴ風味のそれぞれにおいて、各時間における全パネリストの強度の平均値を算出して試料のTI曲線を描いた。3項目に対する各試料の平均TI曲線をFig. 1~3に示す。これらの図より、各試料の風味の立ち上がりや持続性などを把握することができた。

甘味のTI曲線(Fig. 1)では、いずれの時間においても、試料#9が最も高かった。試料#9は、高糖度タイプであ

Table 2 Composition of sugar and sugar alcohol, composition of organic acid, consistency and syneresis

Sample	Sucrose (%)	Fructose (%)	Glucose (%)	Maltose (%)	Sugar alcohol ¹⁾ (%)	Total ²⁾ (%)	malic acid (mg/100 g)	citric acid (mg/100 g)	SM ₂₀₀ ³⁾ (cm)	R ₆₀ ⁴⁾ (%)
#1	20.0	6.9	10.3	2.5	N.D.	39.7	90	400	11.0	4.79
#2	8.9	11.4	25.9	N.D.	N.D.	46.2	110	400	10.3	4.78
#3	11.1	9.3	26.7	N.D.	N.D.	47.1	80	390	9.6	4.79
#4	N.D.	1.0	1.5	N.D.	37.0	39.5	60	440	12.0	4.55
#5	6.9	27.5	29.9	N.D.	N.D.	64.3	160	470	12.7	3.70
#6	8.0	3.0	26.0	12.9	N.D.	49.9	50	320	10.5	4.04
#7	0.7	24.2	28.7	3.2	N.D.	56.8	50	370	9.1	3.90
#8	7.9	12.4	26.2	3.0	N.D.	49.5	80	380	10.0	3.42
#9	39.4	11.3	11.7	N.D.	N.D.	62.4	80	450	12.3	2.90
#10	10.5	21.4	29.2	5.3	N.D.	66.4	50	940	8.1	4.13

Means of each sample ($n=2$)¹⁾ Total of erythritol, sorbitol, maltitol and maltotriitol.²⁾ Total of sucrose, fructose, glucose, maltose, erythritol, sorbitol, maltitol and maltotriitol.³⁾ Spread Meter Value. Average diameter of spreadability of jam (200 g) in Line Spread Test.⁴⁾ Ratio of syneresis.

Fig. 1 Average time-intensity (TI) curves for sweetness

The TI curves for 10 strawberry jams (#1-#10) were calculated by averaging sweetness intensity values of 11 panelists at given times.

り (Table 1), スクロース, フルクトースおよびグルコース含量が高い (Table 2). これらの糖の多さが甘味の強さに影響していると考えられた. 一方, 同じく高糖度タイプに分類されている試料 #10 は, いずれの時間においても試料 #9 より強度が低く, これは, クエン酸含量が多く (Table 2), 酸味が強いために甘味が抑制されたという可能性, あるいは, SM 値が小さい, すなわち, かたくて広がりにくいことが甘味の抑制につながった可能性¹⁸⁾ が考えられた. 低

糖度タイプの試料 #1~#4 は全時間で甘味は低い傾向にあった. しかし, 試料 #2 は, 中糖度タイプの試料 #6 と平均 TI 曲線がほぼ重なっており, 糖度が約 18 度異なっても同じような甘味強度が感じられていた. これらの結果から, 糖度タイプは, おおよその甘味の強さに影響はしているものの, これだけで甘味の強さが決まるわけではないことが示唆された.

酸味の TI 曲線 (Fig. 2) では, 酸度が高く, クエン酸含

Table 3 Parameters obtained from TI measurement

	#1	#2	#3	#4	#5	#6	#7	#8	#9	#10	ANOVA
Sweetness											
$I_{\max}$	5.1	6.0	5.1	4.5	7.2	5.7	6.7	6.9	8.2	6.4	*
$T_{\max}$ (sec)	19.3	18.7	18.0	20.2	19.4	19.4	21.2	18.6	19.3	19.9	N.S.
AUC	157.8	207.3	153.4	148.5	283.8	196.9	267.8	248.6	355.6	260.8	*
T_{tot} (sec)	69.2	75.7	70.3	68.1	86.8	73.7	87.0	86.1	100.1	87.9	*
Sourness											
$I_{\max}$	5.4	5.8	5.2	5.2	5.7	4.2	5.6	4.9	3.8	6.2	*
$T_{\max}$ (sec)	18.6	18.7	18.5	18.7	18.3	17.5	19.0	20.7	18.5	19.8	N.S.
AUC	147.5	175.2	154.8	140.6	182.5	121.0	166.4	156.2	108.6	205.0	*
T_{tot} (sec)	55.6	60.5	58.5	55.1	59.0	54.8	58.9	60.5	50.0	66.7	*
Strawberry flavor											
$I_{\max}$	6.0	5.4	5.2	6.4	4.9	5.2	4.9	4.5	4.5	4.9	*
$T_{\max}$ (sec)	21.6	18.9	19.9	20.8	21.7	20.4	19.6	21.3	21.4	22.6	N.S.
AUC	185.4	154.1	153.5	199.8	151.0	149.3	142.3	128.7	133.1	137.9	N.S.
T_{tot} (sec)	60.1	57.0	56.7	60.4	56.0	53.2	52.3	52.9	51.0	56.9	N.S.

Values are means of 11 panelists ($n=2$).

Data were recorded for 120 seconds (sweetness) or 90 seconds (sourness and strawberry flavor).

One way repeated-measures ANOVA was performed. *, significant at $p<0.05$; N.S., not significant.

Fig. 2 Average time-intensity (TI) curves for sourness

The TI curves for 10 strawberry jams (#1-#10) were calculated by averaging sourness intensity values of 11 panelists at given times.

量が多かった #10 が、口に入れて 10 秒後以降ほぼ全期間において最も強く感じられていた。しかし、酸度、クエン酸含量ともに他の試料に比べると際立って高いが、酸味の強さは他の試料との差がそれほど大きくなかった。また、試料 #9 は、いずれの時間でも強度が低い、酸度、クエ

ン酸含量、リンゴ酸含量のいずれも、さほど低い値ではなかった。酸味に関しても、酸度や有機酸の量だけで決まるわけではないことが示唆された。

イチゴ風味の TI 曲線 (Fig. 3) では、試料 #4、次いで、試料 #1 の強度が高く、試料 #8 および試料 #9 は低かつ

Fig. 3 Average time-intensity(TI) curves for strawberry flavor

The TI curves for 10 strawberry jams (#1-#10) were calculated by averaging strawberry flavor intensity values of 11 panelists at given times.

た。試料 #4 および #1 は, R_{60} , SM_{200} 値がともに高く, 試料 #8 および #9 は, R_{60} が低い (Table 2) ことから, イチゴ風味に関しては, 物理的要因の影響があることが示唆された。これは, ペクチンゲルがかたくなるほどイチゴ風味が減少するとの先行研究¹⁸⁾とも一致した。

また, 各試料の TI パラメータを Table 3 に示した。甘味および酸味は, I_{max} , AUC および T_{tot} において, イチゴ風味は I_{max} に有意差が認められた。

試料の官能特性を一元的に把握するために, TI パラメータを変数として主成分分析を行った。Fig. 4 は, 第 1 主成分 (PC1) と第 2 主成分 (PC2) の主成分得点の試料の平均値および因子負荷量のグラフである。PC1 および 2 の寄与率は, 30.6% および 24.1% であった。甘味, 酸味, イチゴ風味のいずれの項目においても, I_{max} , AUC, T_{tot} は近い位置に配置されており, 各項目で I_{max} が高い値をとる試料は, T_{tot} も長く, AUC も大きい傾向がある, すなわち, 強度と持続性には関連があることが示唆された。これは, 平均 TI 曲線の波形 (Fig. 1~3) が試料によってさほど変わらないことを反映していると考えられる。このような傾向は, イチゴジャムの先行研究³⁾においても, ワイン⁹⁾, 植物油¹¹⁾, グミ¹⁹⁾, 塩²⁰⁾ など種々のアイテムの研究においても報告されている。PC1 は, 正の方向に酸味の AUC, T_{tot} , I_{max} が配置されていることから, 主に酸味の強さに対応した軸, PC2 は, 正の方向に甘味の AUC, T_{tot} , I_{max} が配置

されていることから, 主に, 甘味の強さに対応した軸と解釈した。イチゴ風味の強さに関するパラメータは, Fig. 4 の第 4 象限 (右下) に配置されていた。これは, 甘味が強く酸味が弱い試料 (例えば #9 および #8) は, イチゴ風味が弱い傾向にあることを反映していると考えられた。

さらに, Fig. 4 では, おおよその傾向として, 低糖度タイプ (#1~#4), 中糖度タイプ (#5~#8), 高糖度タイプ (#9 および #10) が PC2 の負の方向から配列されており, PC2 が甘味の強さの軸と解釈できることから, 糖度タイプは甘味の強さを決める大きな要因であることが確認された。ただし, 高糖度タイプのジャムは酸味の強い試料 #10 が PC1 で大きく正の方向に布置されており, 同じ糖度タイプであっても, 酸味によって官能特性の特徴は大きく異なった。したがって, 前述の通り, ジャムの糖度タイプは, 甘味の強さにおおよそ対応するものの, それ以外の要因も風味に関わることが確認された。

Fig. 5 は, 第 3 主成分 (PC3) と第 4 主成分 (PC4) の主成分得点の試料の平均値および因子負荷量のグラフである。PC3 および PC4 の寄与率は, 13.3% および 10.8% であった。Fig. 5 の右上に各項目の T_{max} が布置されていることから, 第 1 象限は口中での風味の放出の遅い試料が配置されていると考えられる。一方, Fig. 5 の右下に甘味とイチゴ風味の T_{tot} が配置されていることから, 第 4 象限は風味の持続の長い試料が配置されていると推察できる。こ

Fig. 4 Principal component space plot for strawberry jams

Component factors 1 and 2.

The biplot shows factor loadings of TI parameters for three sensory attributes and average principal component scores of 11 panelists for the 10 strawberry jams. Symbols labeled with digit(s) are plots of principal component scores and indicate range of soluble solid contents: ▲, low; ◆, middle; ■, high (see Table 1).

こから、PC3は摂食中の風味の消長の速さに関する軸と解釈した。すなわち、大きな変動要因ではないものの、風味の放出や持続についての主成分が抽出でき、TIプロファイリングはイチゴジャムの風味の評価において有効な手段であることが示唆された。

3. 官能評価値と理化学分析値との関係

理化学分析値と官能評価項目のTIパラメータの相関行列をTable 4に示す。糖度は、甘味の $I_{\max}$ 、AUCおよび T_{tot} と正の相関があり、イチゴ風味の $I_{\max}$ 、AUCおよび T_{tot} と負の相関があった。糖・糖アルコールの合計値とTIパラメータ間の相関係数もほぼ同様の傾向であった。これは、前述のとおり、ジャムの糖度がおおよそその甘味の強さを決めること、甘味の強いものはイチゴ風味が弱いことと一致した。糖度の高いイチゴジャムは、濃縮率を高くしなければならぬため、水分の揮発量が多くなる。揮発に伴ってイチゴらしい香気は減少するため、甘味が強い試料はイチゴ風味が弱いと推察された。変数が多く煩雑になるため表には示していないが、 $I_{\max}$ 、AUCおよび T_{tot} についての甘味とイチゴ風味の相関係数は、それぞれ、 -0.863 、 -0.733 および -0.741 と、有意な負の相関が認められた。

酸度は、酸味の項目のパラメータとの相関係数が正で、AUCおよび T_{tot} の間には有意な相関が認められた。

広がりやすさを示す SM_{200} 値は、ほとんどのパラメータと有意な相関は見られなかった。一般に、呈味物質の濃度が同じであれば、ゾル状の試料の場合は粘性の低い試料の方が、ゲル状の試料であればかたい方がフレーバーリリースは弱いことが知られている¹⁸⁾²¹⁾。しかし、本研究においては、広がりやすい、すなわち SM_{200} 値が大きいと $I_{\max}$ や T_{tot} が大きい、あるいは $T_{\max}$ が小さいという関係は見られなかった。これは、糖、有機酸やペクチンの配合が試料によってさまざまであるためであると考えられる。ただし、酸味に関しては、 SM_{200} 値と T_{tot} の間に有意な負の相関が認められていた。これは、酸味が強く持続時間の長い試料#10の SM_{200} 値が小さいためであると考えられる。試料の物性と風味の強度や持続との関係については、実験室で調製したモデルジャムで引き続き検討を行っているため、今後の検討課題としたい。

60分静置後の離水率である R_{60} 値は、甘味の $I_{\max}$ 、AUCおよび T_{tot} と負の相関があり、イチゴ風味の $I_{\max}$ 、AUCおよび T_{tot} と正の相関があった。表には示していないが、糖度の高い試料は R_{60} 値が小さく($r = -0.846$)、すなわち、糖によって試料の保水性が高まり、その結果、 R_{60} 値の低いものは、甘味の $I_{\max}$ 、AUCおよび T_{tot} が高い傾向になっていることが考えられた。また、前述の通り、糖度の高い

Fig. 5 Principal component space plot for strawberry jams

Component factors 3 and 4.

See Fig. 4.

Table 4 Correlations between TI parameters and instrument analysis data

	Sweetness				Sourness				Strawberry flavor			
	I _{max}	T _{max}	AUC	T _{tot}	I _{max}	T _{max}	AUC	T _{tot}	I _{max}	T _{max}	AUC	T _{tot}
Soluble Solids	.801*	.334	.828*	.839*	-.236	.232	.044	.109	-.796*	.463	-.766*	-.762*
Acidity	.131	.194	.240	.319	.537	.444	.675*	.704*	-.228	.618	-.259	.139
pH	.129	-.541	.071	.043	-.437	-.206	-.484	-.589	.028	-.272	.106	-.009
Sucrose	.486	-.302	.478	.470	-.565	-.120	-.490	-.525	-.320	.302	-.252	-.301
Fructose	.599	.315	.616	.618	.508	.288	.681*	.521	-.569	.222	-.529	-.307
Glucose	.336	-.144	.267	.276	.336	.180	.572	.645*	-.644*	-.129	-.711*	-.428
Total ¹⁾	.796*	.242	.848*	.848*	.063	.146	.338	.275	-.758*	.436	-.715*	-.556
malic acid	.264	-.383	.169	.088	.205	-.156	.249	-.005	-.074	.053	.021	.154
citric acid	.127	.207	.249	.317	.504	.406	.619	.630	-.154	.632	-.186	.194
SM ₂₀₀ ²⁾	.163	-.078	.136	.034	-.440	-.466	-.504	-.720*	.222	.107	.366	.080
R ₆₀ ³⁾	-.895*	-.159	-.885*	-.885*	.528	-.226	.284	.266	.764*	-.379	.670*	.806*

*, significant at $p < 0.05$.

¹⁾ Total of sucrose, fructose, glucose, maltose, erythritol, sorbitol, maltitol and maltotriitol.

²⁾ Spread Meter Value.

³⁾ Ratio of syneresis.

イチゴジャムは、濃縮の過程でイチゴらしい香気が減少するため、甘味が強い試料はイチゴ風味が弱い。離水と甘味とイチゴ風味の関係には、糖の保水性が大きく影響していると考えられる。一方で、試料からの離水液は呈味性物質や水溶性の香気成分を含んでおり、これがイチゴ風味を強

めたとの可能性も否定できない。本研究の試料は、糖度、酸度、ペクチン含量等がさまざまであり、これらの明確な関連性を示すことは困難である。しかし、本研究で得られたデータより、広範囲の市販イチゴジャムについて、食べている間の時間経過の観点も含めた風味特性の数値化およ

び重要な要素の抽出, さらに, 要素間の関係を把握することができた。これらの知見は商品開発において有用であり, 今後, 販売動向やマーケット情報などとの関連性を把握することで消費者の求めるニーズに合った商品の開発に応用できると考える。さらに, 試料の物性等が風味に与える影響の体系的な整理については, モデルジャムを用いた検討を行っているので, 別途, 報告したい。

要 約

本研究では, 日本で市販されているイチゴジャムを試料とし, 口中での風味の強さと持続を TI 法による官能評価で数値化し, あわせて理化学分析を行い, 以下の結果を得た。

(1) 試料の糖度は 43.6~66.2 と広範囲で, 主な糖の組成もさまざまであった。また, 試料に含まれる有機酸はクエン酸が多く, 次いでリンゴ酸であったが, その構成比はさまざまであった。

(2) 各試料の平均 TI 曲線を見ると, 高糖度, 中糖度, 低糖度といった糖度別による分類は, 試料のおおよその甘味の強さに一致するものの, それだけでは説明できないことが確認された。

(3) TI パラメータは, 風味を構成する官能特性において, $I_{\max}$, AUC および T_{tot} 間の相関係数が高く, これらのパラメータが各官能特性の強さを示していると考えられた。

(4) 官能評価データに主成分分析を適用したところ, 第 1 主成分および第 2 主成分は, それぞれ, 酸味および甘味に関するものと解釈できた。また, 第 3 主成分として, TI パラメータのうち, 摂食中の時間に関係するパラメータが寄与する主成分も抽出され, 風味の詳細なプロファイリングのためには, 時間の観点からの評価の必要性が示唆された。

文 献

- 1) Fgel, R., Carle, R and Schieber, A. (2005). Quality and authenticity control of fruit pures, fruit preparations and jams—a review. *Trends Food Sci Tech.*, **16**, 433–441.
- 2) Koppel, K., Timberg, L., Salumets, A., and Paalme, T. (2011). Possibility for a strawberry jam sensory standard. *J. Sensory Stud.*, **26**, 71–80.
- 3) Alves, L.R., Battocchio, J.R., Cardoso, J.M. P., Mero, L.L. M.M., Silva, V.S., Siqueira, A.C. P and Bolini, H.M. A. (2008). Time-intensity profile and internal preference mapping of strawberry jam. *J. Sensory Stud.*, **23**, 125–135.
- 4) Souza, V.R., Pereira, P.A. P., Pinheiro, A.C. M., Bolini, H.M. A., Borges, S.V., and Queiroz, F. (2013). Analysis of various sweeteners in low-sugar mixed fruit jam : equivalent sweetness, time-intensity analysis and acceptance test. *Int. J. Food Sci. Tech.*, **48**, 1541–1548.
- 5) 品田昭三 (1990). 古くて新しい甘味料・果糖. 「甘味料総覧」, 別冊フードケミカル, **4**, 46–52.
- 6) Cliff, M. and Heymann, H. (1993). Development and use of

time-intensity methodology for sensory evaluation : a review. *Food Res. Int.*, **26**, 375–385.

- 7) Dijksterhuis, G.B. and Piggott, J.R. (2001). Dynamic methods of sensory analysis. *Trends Food Sci. Tech.*, **11**, 284–290.
- 8) Gotow, N., Moritani, A., Hayakawa, Y., Akutagawa, A., Hashimoto, H., and Kobayakawa, T. (2015). High consumption increases sensitivity to after-flavor of canned coffee beverages. *Food Qual. Prefer.*, **44**, 162–171.
- 9) Goodstein, E.S., Bohlscheid, J.C., Evans, M., and Ross, C.F. (2014). Perception of flavor finish in model white wine : A time-intensity study. *Food Qual. Prefer.*, **36**, 50–60.
- 10) Kohyama, K., Hayakawa, F., Kazami, Y., and Nishinari, K. (2016). Sucrose release from agar gels and sensory perceived sweetness. *Food Hydrocolloids*, **60**, 405–414.
- 11) Hayakawa, F., Kazami, Y., Jimbo, S., and Urata, T. (2014). Sensory profiling of the flavour of fresh rice bran oil. *Journal of Cookery Science of Japan*, **47**, 333–340 (早川文代, 風見由香利, 神保聡子, 浦田貴之, 官能評価による未加熱こめ油の風味のプロファイリング. 日本調理科学会誌).
- 12) 日本規格協会 (2004). 官能評価分析—用語, JIS Z8144.
- 13) Paik, N.J., Han, T.R., Park, J.W., Lee, E.K., Park, M.S., and Hwang, I.K. (2014). Categorization of dysphagia diets with the line spread test. *Arch Phys Med Rehabil.*, **85**, 857–861.
- 14) Zargaraan, A., Rastmanesh, R., Fadavi, G., Zayeri, F., and Mohammadifar, M.A. (2013). Rheological aspects of dysphagia-oriented food products : A mini review. *Food Sci. Human Wellness*, **2**, 173–178.
- 15) 長縄省吾, 干野隆芳, 西成勝好 (2005). ジャムの離水と粘弾性特性. 第 53 回レオロジー討論会要旨集, pp. 90–91.
- 16) International Organization for Standardization. (2011). ISO 8586, Sensory analysis — General guidelines for the selection, training and monitoring of selected and expert assessors.
- 17) Fukuhara, K., Li, X. X., Okamura, M., Nakahara, K., and Hayata, Y. (2005). Evaluation of odorants contributing to ‘Toyonoka’ strawberry aroma in extracts using an adsorptive column and aroma dilution analysis. *J. Japan Soc. Hort. Sci.*, **74**, 300–305.
- 18) Boland A.B., Delahunty, C.M., and van Ruth, S.M. (2006). Influence of the texture of gelatin gels and pectin gels on strawberry flavour release and perception. *Food Chem.*, **96**, 452–460.
- 19) Hayakawa, F., Kazami, Y., Fujimoto, S., Kikuchi, H., and Kohyama, K. (2009). Time-intensity analysis of sourness of commercially produced gummy jellies available in Japan. *Food Sci. Technol. Res.*, **15**, 75–82.
- 20) Drake, S.L. and Drake, M.A. (2011). Comparison of salty taste and time intensity of sea and land salts from around the world. *J. Sensory Stud.*, **26**, 25–34.
- 21) Izutsu, T. and Wani, K. (1985). Food texture and taste : a review. *J. Texture Stud.*, **16**, 1–28.

引用 URL

- i) http://www.maff.go.jp/j/jas/jas_kikaku/pdf/11_kikaku_zyamurui_150528.pdf (2017. 4. 10)
 - ii) <http://www.jca-can.or.jp/~njkk/> (2017. 4. 10)
 - iii) www.fao.org/input/download/standards/11254/CXS_296e.pdf (2017. 4. 10)
 - iv) <https://sugar.alic.go.jp/japan/shiten/shiten0909a.htm> (2017. 4. 10)
- (平成 29 年 4 月 12 日受付, 平成 29 年 7 月 3 日受理)