

共同研究

県産イチゴの加工条件による味・香り成分等の把握と見える化

阿久津 知宏* 伊藤 和子* 梶田 尚子** 福田 里南** 須谷 潤**

Analysis and Visualization of Taste and Flavor Components Depending on the Processing Conditions of Strawberries from Tochigi Prefecture
AKUTSU Tomohiro, ITO Kazuko, KAJITA Naoko, FUKUDA Rina and SUTANI Jun

特徴を持った栃木県育成品種が次々と作出されているが、イチゴ各品種の加工条件による味・香り成分等の変化は明らかとなっていない。本研究では品種の特徴を持つ加工商品開発のため加工条件による味・香り成分等の変化を把握した。加熱加工品の果肉状態は果肉を潰した方が香りの損失は少ないが、酸味の傾向は変わらないことがわかった。また、糖度が高い方が香りの損失が少なく、明度が低いことがわかった。ペクチン及びクエン酸の添加により加熱時間の短縮を行ったところ、香り、果肉、色等品種の特徴が官能評価でも現れた。

Key words: イチゴ, ジャム, ピューレ, 味, 香り

1 はじめに

栃木県はイチゴの生産量が54年連続全国1位であり、作付面積、産出額とも日本一を誇る。また、近年、とちあいか、ミルキーベリー等特徴を持った栃木県育成品種が次々と作出されており、これら品種は、年々生産量が増加している。

さらに、ジャムや菓子等のイチゴ加工品の需要も拡大しており、これまで「とちおとめ」を利用した商品がメインであったが、新品種による商品も開発・販売されており、今後需要の拡大が予想される。

しかし、イチゴ各品種の特徴を活かした商品を製造するためにはそれぞれに適した加工条件を検討する必要があるが、イチゴ各品種の加工条件による味・香り成分等の変化は明らかとなっていない状況である。

本研究では、県産イチゴ各品種について、品種特徴を持つ加工商品開発のため、果肉状態（ホール、ミキサー）及び糖度（Brix20%, Brix45%）を変化させた加熱加工品を調製し、加工条件による味・香り成分等の変化を把握した。また、得られたデータを活用し品種の特徴を持つ加工商品を検討した。

2 研究の方法

2.1 イチゴ原料

栃木県農業試験場いちご研究所にて令和3年度に収穫されたイチゴを使用した。品種は「とちおとめ」「と

ちあいか」「スカイベリー」「ミルキーベリー」とした。加工品の調製には収穫後冷凍したものを供した。生果の香り、色、物性分析については収穫後速やかに供試し、味については収穫後冷凍したものを供した。

2.2 イチゴ加熱加工品の調製

イチゴ加熱加工品の加工条件を表1に示す。

解凍したイチゴ原料550gに対してグラニュー糖400g及び水100gを加え、92℃で30分間加熱後Brix45%に調整し、包装後10分間加熱殺菌した。この時の加工品のうち、果肉を残したものを「加工条件1」、果肉を潰し2mmの網で裏ごししたものを「加工条件2」とした。

解凍、粉碎し2mmの網で裏ごししたイチゴ原料900gにグラニュー糖100gを加え、92℃達温まで加熱後Brix20%に調整し、包装後10分間加熱殺菌した。この時の加工品を「加工条件3」とした。

以下、「加工条件1~3」で加工したイチゴ加工品をそれぞれ「加工品1~3」とした。

表1 イチゴ加工品の加工条件

加工条件 No.	イチゴ品種	加熱温度	加熱時間	目標Brix%	果肉状態
1	とちおとめ、スカイベリー、とちあいか、ミルキーベリー	92℃	30分	Brix45%	ホール
2	とちおとめ、とちあいか	92℃	30分	Brix45%	ミキサー
3	とちおとめ、ミルキーベリー、とちあいか	92℃	達温まで	Brix20%	ミキサー

* 栃木県産業技術センター 食品技術部

** タカ食品工業株式会社 関東支社

2. 3 イチゴ加工品の分析

2. 3. 1 香気成分分析

生果及び加工品 1 はフードプロセッサーにより均一にした後、0.1g 採取し、内部標準として0.05%(v/v)1-プロパノール水溶液を10 μ L 加え測定試料とした。

加工品 2 は、そのまま 0.1g 採取し、同様に内部標準を加え測定試料とした。

各試料は DHS-GC/MS 法により測定し、吸着剤は Carbo-pack B&X 及び Tenax TA を用いた。前処理として、試料を N₂ パージし、各吸着管へ吸着後、30℃流速 50mL/分 でドライパージを行い、加熱脱着装置 (Gerstel 社製 TDU2) 付 DHS-GC/MS (Agilent Technologies 社製 5977B) に供した。分析は表 2 のとおりに実施し、得られたガスクロマトグラムから、 Aroma Office 2D (Gerstel 社製) によりおいを有する化合物のみを抽出した。ピーク面積値を香りのキャラクターごとに積算して比較した。

2. 3. 2 色の測定

分光測色計 (コニカミノルタジャパン(株)製 CM-5) により測定し、L*a*b*表色系を用いて評価した。生果及び加工品 1 の果肉部分は表面色 (反射)、加工品 1 の液体部分は透過色 (透過測定)、加工品 3 はシャーレにより表面色 (反射) 測定した。

2. 3. 3 果肉物性及び粘度

生果及び加工品 1 の果肉についてテクスチャーアナライザー (Stable Micro Systems 社製 TA.XT plus100c) により表 3 の条件で試験を実施した。

加工品 3 について B 型粘度計 (東機産業(株) BH-II) により、温度 20℃、回転数 10rpm、スピンドル No. 3 の条件で粘度測定を行った。

表 2 香気成分分析条件

TDU条件	30℃ (0.3min) →720℃/min→300℃ (3min)
CIS条件	50℃ (0.5min) →720℃/min→210℃ (20min)
カラム	DB-WAX (30m, 0.25mm, 0.25 μ m)
オープン温度	40℃ (5min) →10℃/min→240℃ (10min)
キャリアガス	He 1.768mL/min
トランスファーライン温度	240℃
イオン源温度	230℃
イオン化モード	EI
イオン化電圧	70eV

表 3 テクスチャーアナライザー(果肉物性) 試験条件

	プローブ	圧縮速度	圧縮距離 (率)
生果	2mm円柱	1mm/s	20mm
加工品1	20mm円柱	1mm/s	90%

2. 3. 4 味覚センサーによる味の測定

生果は冷凍イチゴ 150g を量り取り、同量の蒸留水を加え半解凍後、フードプロセッサーで 1 分間粉碎した。遠心分離 (10,000rpm, 10 分間) により上清を回収し、旨味以外の測定試料とした。なお、旨味は硝酸イオンの影響を考慮し、調製液 50mL に炭酸緩衝液を加えて pH6~7 に調整し、1/3 倍濃度の味覚センサー用基準液を用いて希釈し (45 倍希釈) 測定試料とした。

加工品 1 及び加工品 2 は 100g を量り取り、同量の蒸留水を加え 1 分間粉碎後、遠心分離 (3,000rpm, 10 分間) により上清を回収し、測定試料とした。

加工品 3 は 100g を量り取り、3 倍量の蒸留水を加え、同様の操作により測定溶液を得た。

調製した溶液を用い、味覚センサー (楸インテリジェントセンサーテクノロジー TS-5000Z) により酸味、苦味雑味、渋味刺激、旨味、塩味、苦味、旨味コクを評価した。

2. 3. 5 有機酸含量の分析

粉碎した冷凍イチゴあるいは加工品を 5g 量り取り、3%スルホサリチル酸を 5mL 加え、室温で 10 分間放置後、1.5%スルホサリチル酸 10mL をさらに加え 3000rpm5 分間遠心分離した。得られた上清を 50mL メスフラスコに移し、残渣に 1.5%スルホサリチル酸 15mL を加えて同様に操作し、上清を 1.5%スルホサリチル酸で 50mL 定容とした。次いで、メンブランフィルター (孔径 0.45 μ m) でろ過し、ろ液を試験溶液とした。分析は HPLC (日本分光(株)製 EXTREMA) により、表 4 の条件で実施した。

表 4 有機酸分析条件

カラム	Shodex Rspak KC-811 (8.0mm×300mm 6 μ m 昭和電工(株)製) 2本直列接続
移動相	3mM過塩素酸
反応液	0.2mMプロモチモールブルー (BTB)
流速	移動相 1.0mL/min 反応液 1.5mL/min
カラム温度	70℃
注入量	50 μ L
検出器	フォトダイオードアレイ, UV (445nm)
検出法	BTBによるポストカラム誘導体化法

2. 4 イチゴジャムの試作

2. 4. 1 ホールジャム (Brix45%) の試作

冷凍イチゴにグラニュー糖をまぶし一晩冷蔵庫で解凍後、ペクチン (原料比 0.9%) 及び水を加え 92℃で 10 分間加熱、さらにクエン酸 (原料比 0.3%) を加え、容

器包装後 10 分間加熱殺菌した。この試作品をジャム (Brix45%, ホール) とした。

2. 4. 2 パルパージャム (Brix45%) の試作

解凍したミルキーベリーを 1 分間フードプロセッサーで粉碎し, 2mm の網で裏ごしした後, ペクチン (0.9%) 及び水または牛乳を加え, 92℃で 10 分間加熱した。さらにクエン酸 (0.3%) を加え, 容器包装後 10 分間加熱殺菌し, ミルキーベリージャム (Brix45%, パルパー) 試作品とした。

2. 5 官能評価

試作したイチゴジャムは-3~+3 の 7 段階評点法により産業技術センター食品技術部職員 6 名で官能評価を実施した。評価項目は香り(イチゴ, 花, 酸), 外観(鮮やかさ, 明るさ, 白さ), 食感(粘度, 果肉の歯ごたえ)とし, 対照はとちおとめジャム (Brix45%, ホール) とした。ただし「白さ」の項目はミルキーベリージャム (Brix45%, パルパー) を対照とした。

3 結果及び考察

3. 1 イチゴ加工品の分析

図 1 に各条件で加工したイチゴ加工品の外観を示す。加工品 1 は果肉の表面色及び物性を調査するために調製し, 加工品 2 は果肉状態の違いによる味・香り等への影響, 加工品 3 は糖度の違いによる味・香り等へ影響を把握するため調製した。

3. 1. 1 香気成分

生果及び加工品 1 の香気成分分析結果をそれぞれ図 2, 図 3 に示す。いずれにおいてもイチゴの香り (Mesifuran, Furanol 等), 果実の香り (Methyl Acetate, Ethyl Acetate 等), グリーンな香り (Hexanal, Myrcene 等), 酸の香り (Acetate, 2-Methylbutyric acid 等), 発酵の香り (Diacetyl, Acetoin 等), 花の香り (Linalool, Nerolidol 等), ミルキーな香り (4-Decanolide, 4-Dodecanolide 等) 等の成分が検出されたが香気分量

は加熱加工により生果の 10 分の 1 以下に減少していた。品種では, とちおとめ及びとちあいかは加工前後で香り成分の割合に大きな変化はみられなかったが, スカイベリー及びミルキーベリーは加工によりイチゴの香りの割合が高くなった。

とちおとめ及びとちあいかについて加工条件による香気成分量の結果をそれぞれ図 4, 図 5 に示す。いずれの品種も加工品 3 より加工品 2 の香気成分量が多かった。

この結果より, 糖が高濃度の方が香気成分は保持されやすいと考えられる。また, 果肉状態で香気成分量を比較すると, 加工品 1 よりも加工品 2 の方が多く残った。これは, 果肉を潰すことで香気成分が糖液中に溶解出し, 糖により保持されたためと考えられる¹⁾。

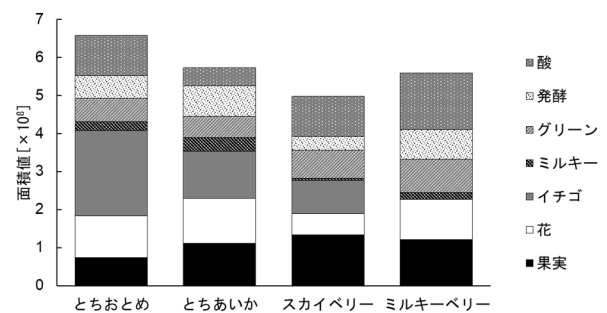


図 2 生果の香気成分分析結果

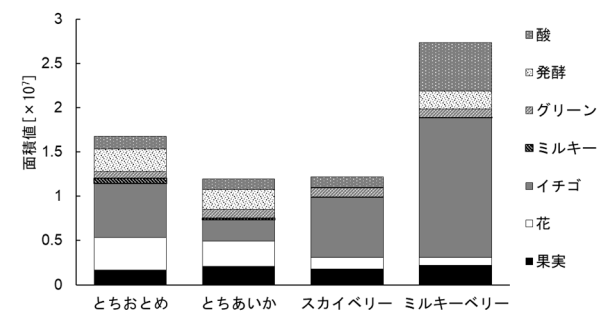


図 3 加工品 1 の香気成分分析結果

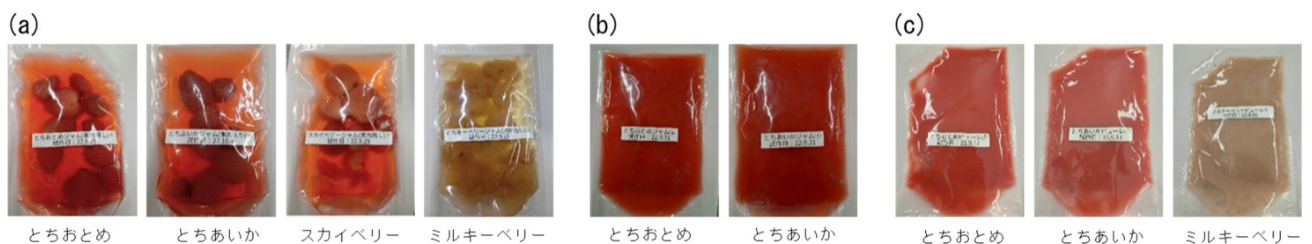


図 1 各条件で加工したイチゴ加工品の外観

(a) 加工品 1, (b) 加工品 2, (c) 加工品 3

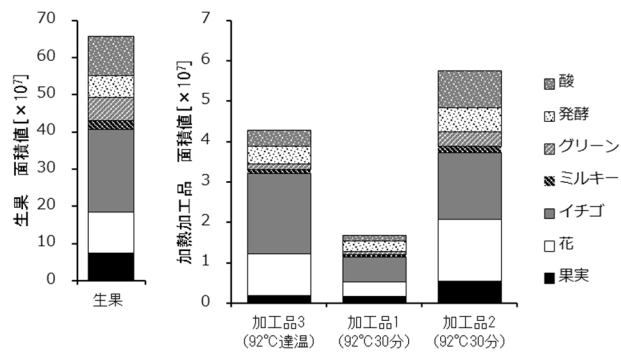


図4 とちおとめの加工条件による香気成分量

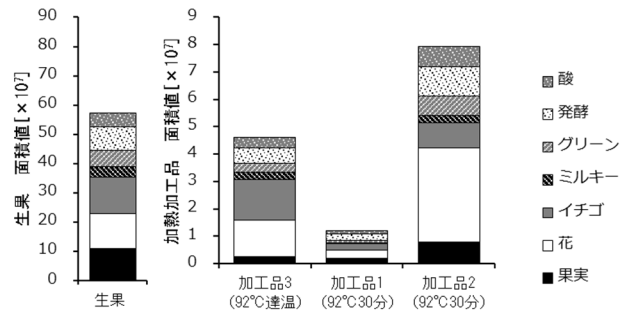


図5 とちあいかの加工条件による香気成分量

3. 1. 2 色

生果及び加工品1の果肉の表面色測定結果を図6に示す。生果のL*a*b*値は赤色3品種（とちおとめ，とちあいか，スカイベリー）間ではほとんど違いは見られなかった。加工品1の果肉はいずれの品種も生果と比べL*a*b*値の減少がみられたが，スカイベリーは他の赤色2品種と比べL*値（明度）の減少が小さく，異なる色相であった。

加工品1の液体部分の透過測定結果を図7に示す。赤色3品種の色相は同じであり，a*値（赤方向）はとちおとめが最も高かった。4品種についてa*，b*値（黄方向）から彩度を算出した結果，彩度はとちおとめが最も高く，L*値はミルキーベリーが最も高かった。

果肉を潰した加工品2と3の色（L*a*b*）分析結果（平均値）を表5に示す。加工条件間で比較すると，a*，b*値は違いが見られず，糖度の影響が見られなかったが，L*値は糖度が高い方（Brix45%）が低かった。

ミルキーベリーの加工品3はペースト状の生果に比べL*値（明度）が減少（ $\Delta L^* = -10.1$ ）し，暗い色調になることがわかった。

表5 加工品の色（L*a*b*）分析結果

品種	加工条件	L*	a*	b*
とちおとめ	加工品2	23.5	25.1	15.4
とちおとめ	加工品3	34.9	27.2	16.2
とちあいか	加工品2	23.5	25.1	15.4
とちあいか	加工品3	34.9	27.2	16.2

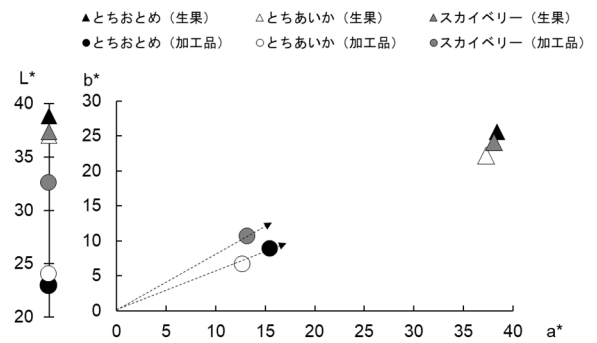


図6 生果及び加工品1の果肉部の色（L*a*b*）

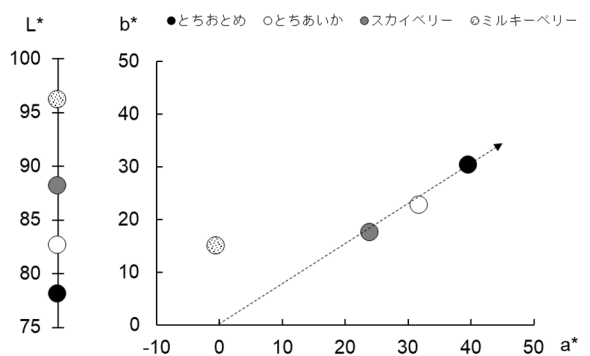


図7 加工品1液体部分の色（L*a*b*）

3. 1. 3 果肉物性及び粘度

生果の圧縮試験の結果を図8に示す。最大荷重はとちあいか最も大きく，ミルキーベリーが最も小さかった。加工品1の圧縮試験結果及び加工品3の粘度測定結果を図9に示す。加工品1について荷重-ひずみ曲線から面積値を算出すると，とちあいか最も大きく，ミルキーベリーが最も小さかった。

粘度はミルキーベリーが最も高く，果肉が潰れやすいほど粘度が高い傾向がみられた。

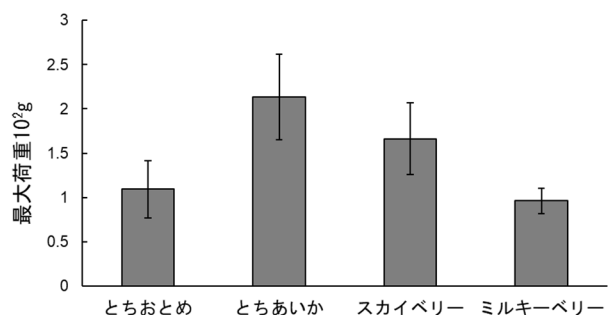


図8 生果の圧縮試験結果

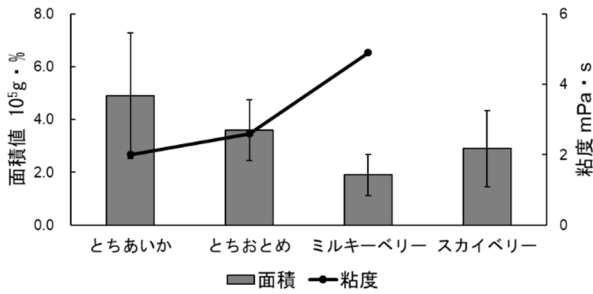


図9 加工品1 果肉部の圧縮試験結果及び加工品3の粘度

3. 1. 4 味

生果及び加工品1の味覚センサー測定結果をそれぞれ図10, 図11に示す。とちあいか最も酸味が低く、他の3品種との間に違いが見られた。これは他の処理区でも同様の傾向であった。

HPLCによる有機酸含量分析結果を表6に示す。味覚センサーの傾向とは異なり、味覚センサーにおける酸味は、有機酸含量だけでなく糖含量等他の成分も影響している可能性があると考えられる²⁾。

3. 1. 5 味・香り成分等の品種や加工条件による特徴

前述の味・香り成分等の分析結果より、加工品各品種の特徴はとちおとめはイチゴ及び花の香りの割合が高く、彩度、酸味が高かった。とちあいかはイチゴ及び花の香りの割合が高く、彩度が高く、酸味が低かった。また、果肉が潰れにくかった。スカイベリーはイチゴの香りの割合が高く、L*値、酸味が高かった。ミルキーベリーはイチゴ及び酸の香りの割合が高く、L*

値が高く彩度が低かった。また、粘度が高かった。加工条件の違いによる味等の特徴について、果肉状態は果肉を潰した方が香りの損失が少ないが、酸味の傾向は変わらなかった。糖度は高い方が香りの損失が少なく、明度は低かった。また、酸味の傾向は変わらなかった。

3. 2 試作ジャムの官能評価

より商品に近い形の加工品においても品種特徴が現れるかを確認するため、ホールジャムを試作した。30分間の加熱では香りの損失が大きかったため、ペクチン及び酸を添加することにより加熱時間を短縮させ、香り損失の低減を図った。また、ミルキーベリーについては粘度の特徴を活かすためにパルパージャムも試作した。試作したイチゴジャムの官能評価結果を図12, 図13に示す。とちおとめ、とちあいかジャム

表6-1 生果の有機酸分析結果

品種	有機酸含量 mg/g		
	クエン酸	リンゴ酸	合計
とちおとめ	7.5	2.1	9.6
とちあいか	5.6	1.8	7.4
スカイベリー	5.4	1.8	7.2
ミルキーベリー	6.1	0.9	7

表6-2 加工品1の有機酸分析結果

品種	有機酸含量 mg/g		
	クエン酸	リンゴ酸	合計
とちおとめ	3.8	0.9	4.7
とちあいか	2.9	0.8	3.7
スカイベリー	3.5	1.0	4.5
ミルキーベリー	3.9	0.6	4.5

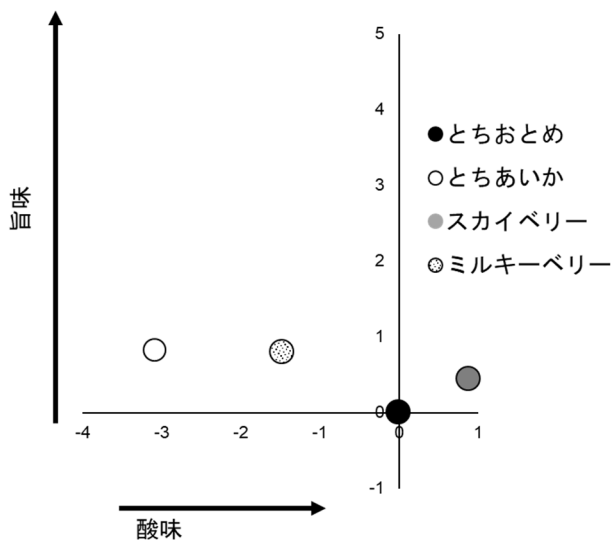


図10 生果の味覚センサー測定結果

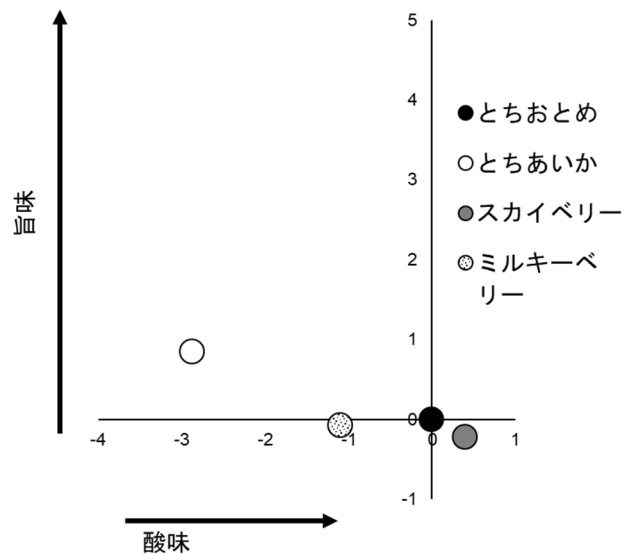


図11 加工品1の味覚センサー測定結果

(Brix45%, ホール) はいずれも色 (鮮やかさ, 明るさ) や歯ごたえ (果肉の崩れやすさ) 等分析での品種特徴が官能評価にも現れていた。一方, 糖度調整やゲル化のためにグラニュー糖やクエン酸を添加していることから, 酸味や甘味については品種による差が見られなかった。味の特徴をより明確にするには, 糖と酸の配合量をさらに検討する必要がある。

ミルキーベリージャム (Brix45%, パルパー) は色が暗くなる欠点を補うためミルクの添加を検討したところ, 香りや粘度はあまり変わらずに, 明るい色の加工品ができた。

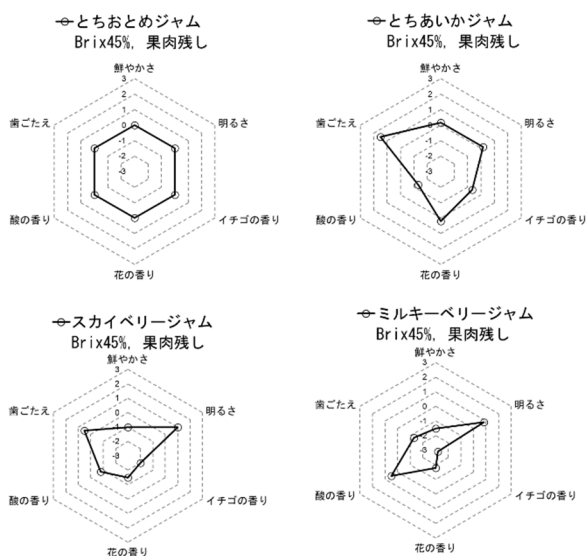


図 12 ホールジャム (Brix45%) の官能評価結果

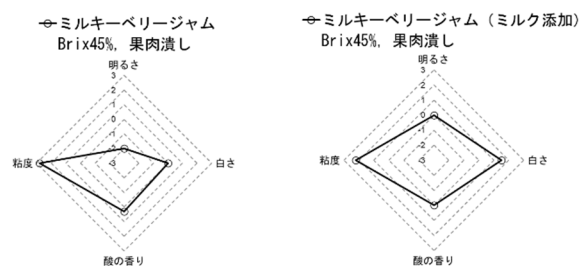


図 13 パルパージャム (Brix45%) の官能評価結果

4 おわりに

本研究により加工条件による味・香り成分等の変化について, 以下の知見を得た。

- (1) Brix45%の加工品を果肉状態 (ホール, ミキサー) の違いで比較すると, ホールの方が香りの損失が少ないが, 酸味の傾向は変わらなかった。
 - (2) 果肉を潰した加工品を糖度 (Brix20%, Brix45%) の違いで比較すると, 糖度が高い方が香りの損失が少なく, 明度は低かった。また, 酸味の傾向は変わらなかった。
 - (3) ペクチン及びクエン酸の添加により加熱時間の短縮を行ったところ, 花の香り, 果肉の潰れにくさ, 色の鮮やかさ等品種の特徴が官能評価でも現れることがわかった。
 - (4) ミルキーベリージャムの色が暗くなる欠点を補うためミルクの添加を検討したところ, 香りや粘度をあまり変えずに, 明るい色の加工品ができた。
- 今後は商品に近い形の加工品においても, 味の特徴が現れる加工条件を検討していきたい。

謝 辞

本研究実施にあたりイチゴ原料の提供を頂いた栃木県農業試験場いちご研究所に感謝する。

参考文献

- 1) 杉沢 博, 小林 伸行, 坂上 昭男: "日本食品工業学会誌", 20(8), 364-368, (1973)
- 2) 福井 裕, 石田 丈博, 西村 敏英, 松田 秀喜: "日本調理科学会誌", 39(1), 49-56, (2006)