

イチゴの有効利用を目的とする加工品の検討

西川陽子*・藤枝里衣*

（2012年11月16日受理）

The study about processed foods of strawberry for effective utilization

Yoko NISHIKAWA*, Satoe FUJIEDA*

（Received November 16, 2012）

1. はじめに

イチゴはビワ・ナシ、リンゴ、モモなどと同じバラ科の多年性植物である。イチゴの利用については、ヨーロッパやアジアなど広い地域にみられ、およそ14世紀からウェスカイチゴと呼ばれる野性イチゴの栽培が手がけられ、現在一般に食されている栽培品種は、18世紀頃にオランダで南米原産のチリ種と北米原産のバージニア種の間で自然交雑したものを起源とし、これをもとにヨーロッパを中心に様々な品種が開発され世界各地に広まり現在に至っている¹⁾。現在生産量トップのアメリカは、ヨーロッパで育成された品種を取り入れ、促成栽培などの近代的栽培法や冷蔵輸送の技術を生かし大量生産化に成功したものである。果物の中でもイチゴは日本人が特に好きな果実の一つで栽培も盛んであり、1990年頃には年間20万tまで生産量が伸び、近年若干減少傾向にあるが、2010年のデータでは世界第7位と世界的に見ても日本はイチゴの上位生産国となっている（図1a）²⁾。

日本においてイチゴはかなり古くから食されており、「枕草子」にも“覆盆子（イチゴ）”の記述が見られる。しかし、この頃食されていたイチゴは野生のキイチゴであり、現在のイチゴとは異なる品種であった。現在一般に食されているイチゴの品種は、江戸時代末期にオランダより伝来し、本格的な栽培が始まったのは明治期に入ってからのことである。1900年に福羽逸人が農業技術の習得のためフランスに留学し、帰国後フランスの品種であるGeneral Chanzyをもとに新たな品種“福羽”を開発した。“福羽”は海外評価も高く、日本のイチゴ栽培が始まってから1960年頃までの60年余りの間、日本のイチゴ栽培の主流をなしてきた。1960年頃までは、日本のイチゴ栽培は路地栽培が主であり、そのため5～6月に出荷する季節的果実であったが、食生活の変化に伴い洋菓子類への需要が増えるなどしたことから、栽培技術の開発と品種改良に力が入れられ、現在ではイチゴの収穫は11月～6月まで拡大し、12月のクリスマスケーキにおいてもおいしいイチゴが容

*茨城大学教育学部食物学研究室（〒310-8512 水戸市文京2-1-1；Laboratory of Food Science, College of Education, Ibaraki University, Mito 310-8512 Japan）.

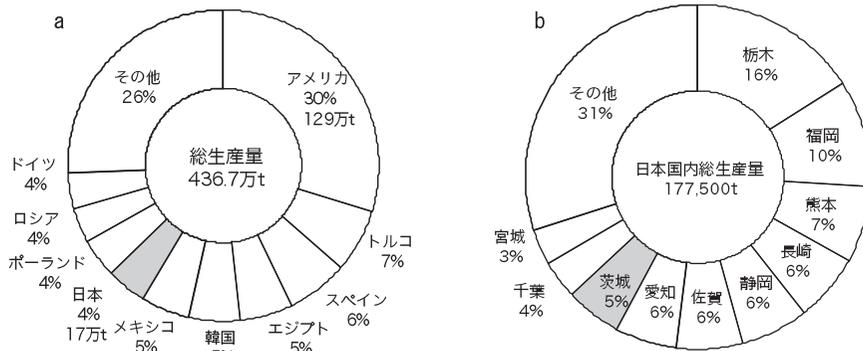


図1 2010年における世界のイチゴ生産量に対する各国生産比率(a)と日本国内イチゴ生産量に対する県別生産比率(b)

(資料：農林水産省「野菜生産出荷統計」²⁾)

易に手に入るようになった。7月～10月初旬の日本ではほとんど収穫されない時期においては輸入品に頼ることになるが、輸入品は日本の年間イチゴ需要の15%弱と低く、生イチゴの輸入先については、アメリカが9割以上を占め、次いで韓国となっており、冷凍品においては中国、アメリカからの輸入が多い。美味しさや品質の良さから生食では日本産のイチゴが好まれ、輸入品についてはジャムなどの加工品を目的とした利用が主となっている³⁾⁴⁾。

日本国内のイチゴの生産では、栃木県と福岡県が多く、茨城県は第8位で国内生産の6%を占め、県内では兼業の形が多いが生産農家としては少なくなく、イチゴは茨城県の主力農産物の一つと考えてよい(図1b)。国内で生産される品種については、近年多様化しており、1900年の日本のイチゴ栽培が始まってから約60年間主流であった“福羽”に代わり、1960年～1980年ごろまでは九州を中心とする西日本では“とよのか”，東日本では栃木県を中心に“女蜂”の2品種が主に生産されたが、その後は九州地域ではより甘味が強く大きくて見栄えがよい“あまおう”の生産が増し、東日本では“女蜂”に代わり“とちおとめ”が甘味・日持ち・見栄えの良さから近年では生産量第1位となっている。その他、さがほのか、アイベリー、越後姫、雷峰など、現在でも各地で新品种の開発が盛んに進められている³⁾。

イチゴの特長は鮮やかな赤色と、甘い香り、そして果実の中でも特にビタミンC(アスコルビン酸=AsA)含有量が高く、生食できるためAsA供給源として栄養的に優れていることである。しかし、イチゴは収穫してからの劣化が早く、季節的に大量に収穫される果実なため、ジャムなどの加工品としての利用も多い。果実加工においては、その果実の特長を最大限生かせるよう加工手段が選ばれ、そのためオレンジやモモなどがジュースやシラップ漬けなど多様な加工品があるところ、イチゴの加工品としてはほとんどがジャムに限られている。しかし、ジャムへの加工においては長時間の加熱を要するため、イチゴの特長である色、香り、栄養において、退色や香りの変化、熱に弱いAsAの損失が大きい⁵⁾⁶⁾。実際に一般的な高糖度タイプ(糖度約65%)のイチゴジャムでは、生のイチゴに比べて色は明度が下がりやや暗赤色化し、食した時の口の中から広がるイチゴの香りは維持されるが揮発性の外(鼻)から感じられる香りは薄れ、総AsA量に関しては大量のイチゴ

が使用され濃縮された形であるにもかかわらず生のイチゴが62mg/100gのところ9mg/100gと多くが分解され失われている。ジャムでは味や香りなどイチゴらしさが確かに感じられるものではあるが、よりイチゴの特長である栄養や色を生かした他のイチゴ加工品の可能性があるものと考えられる。

表1 主な天然色素の化学的特性

色素	構造からの分類	溶解性	pHの影響	金属の影響 ^{注1)}	耐熱性 ^{注2)}	耐光性 ^{注2)}
クロロフィル	クロロフィル系	油溶性	pH5以下で黄褐色	++	○	×
カプサンチン	カロテノイド系	油溶性	変化なし	+	○	△
アントシアニン	フラボノイド系	水溶性	赤色～暗藍色に変化	++	△	△
ベタシアニン	ベタレイン系	水溶性	変化なし	-	×	×
ラクカイン酸・カルミン酸	キノン系	水溶性	赤橙・赤・紫と変化	++	◎	◎
クルクミン	その他	熱水に溶解	淡黄色～赤褐色に変化	++	◎	△
カラメル	その他	水溶性	変化なし	-	◎	◎

注1) ++ 大きく変化退色する, + 影響される, - 影響されない。
注2) ◎ 安定, ○ ほぼ安定, △ やや不安定, × 不安定

表2 食品に含まれる主な天然色素成分の分類

色素成分	色調	起源食品群
ボルフィリン系色素 クロロフィル ヘム鉄	黄緑～青緑 赤	緑黄色野菜, 海藻類, 香辛料類 魚類, 肉類の筋肉(ミオグロビン), 血液(ヘモグロビン)
カロテノイド系色素	黄橙～赤	穀類, イモ類(サツマイモ), 豆類, 種実類, 野菜類, 果実類, 海藻類, 香辛料類, 魚介類, 卵類 (cf. アナトー色素(ベニノキ種子被膜被膜物))
フラボノイド系色素 フラボノイド アントシアニン	黄 赤橙～青紫	穀類, 豆類, 野菜類, 果実類, 香辛料類 (cf. ケルセチン(タマネギ)) 穀類, イモ類, 豆類, 野菜類, 果実類 (cf. シアニジン・デルフィニジン(イチゴ))
褐色色素 ポリフェノール酸化物 メラノイジン カラメル	褐色 褐色 褐色	植物性食品中, 酵素(ポリフェノールオキシダーゼ)・非酵素的酸化により生成 アミノカルボニル反応により生成 糖の加熱により生成
その他 クルクミン ベタレイン キノン系色素	黄 ピンク～赤紫, 黄 橙～赤	カレーなどの香辛料にも利用されるターメリック(ウコン)の脂溶性黄色色素 赤ビートのベタイン(赤)に見られるピンク～赤紫のベタシアニンと黄色のベタキサンチンがある。 ラクカイン酸(ラクカイガラムシの赤色分泌物), カルミン酸(中南米のサボテンに寄生するコチニールが持つ赤色色素)

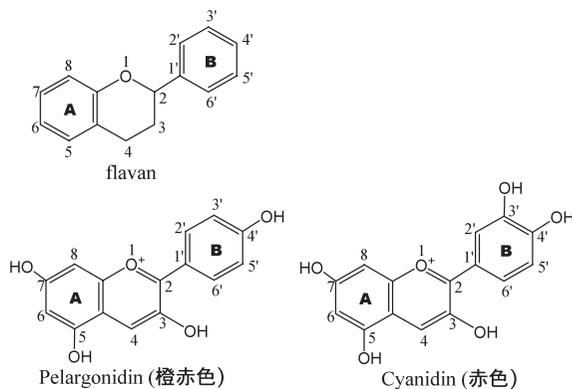


図2 フラボノイド化合物の基本骨格であるフラバンとイチゴの主な赤色色素であるアントシアニン2種のアグリコン構造

(フラボノイド系色素はフラバン (C6(A環)-C3-C6(B環))を基本骨格に持つフラボノイド化合物を色素とするもの。アントシアニンはフラボノイド化合物で、イチゴでは上記2つのアグリコンは3-グルコシド型で存在する。)

特に近年では食の安全志向が高まっており、イチゴの鮮やかな赤色をより生かした加工品の可能性は十分期待できるものと考えられた。

食品の着色にはタール系色素を主とする人工着色料と、天然の植物や昆虫などから採取される色素を使う天然着色料がある。人工着色料に対して天然着色料は pH や金属、熱などに対して不安定なため（表1）、扱いが面倒でありコストがかかることから、人工着色料はその扱いの手軽さから広く利用されてきたが、近年の消費者における食の安全志向の高まりと食品加工技術の進歩から天然着色料へ移行するケースも増えている。天然着色料には草餅の緑に代表されるクロロフィル系、人参や南瓜の橙色のカロテノイド系、ナスや赤ワインの色に代表されるアントシアニンを含むフラボノイド系などが主にある（表2）⁷⁾⁸⁾。イチゴの赤色はフラボノイド系のアントシアニンに分類される物質で（図2）、pH や金属、熱などの影響を受けやすい。そのため、着色料としての利用は少なく、イチゴをイメージする菓子であっても、イチゴのフレーバーを付加して、天然着色料で同じ赤色を有するラッカイン酸やコチニールなどで着色されたものもある。焼き菓子をはじめ多くの加熱工程を有する加工食品では、イチゴをイメージするものであってもイチゴそのものの色素を食品の調理加工における着色料として利用することには限界があるが、普段の食生活でジャムのようにヨーグルトや飲物に添加する利用方法を想定した加工品の活用性はあると考えられる。本研究ではイチゴの色、香り、栄養成分をより十分引き出したイチゴシロップの調製方法を検討し、仕上がったイチゴシロップの品質評価を行い、その活用性について検討することを試みた。

2. 方法

2.1. イチゴシロップ抽出溶液の検討実験

試料のイチゴは、茨城県笠間市にて2011年収穫された“とちおとめ”を用いた。イチゴは、水洗いした後、ヘタを取り、この前処理したイチゴ100gに対して下記に示す4種の糖とアルコールの添加方法にて試料を調製し、室温下（20℃）、暗所にて1週間漬け込み各シロップ試料を得た。調製にはグラニュー糖（株式会社パルエースE）、ホワイトリカー（エタノール35%、合同精株式会社）を用いた。1週間漬け込み後の溶液と果実中の還元型及び酸化型AsA量を2.3.に示した測定方法により測定した。

<イチゴの糖及びアルコールによる漬け込み実験の試料調製方法>

試料名	イチゴ100gに対する添加操作
シヨ糖漬け	グラニュー糖200g
シヨ糖+水漬け	グラニュー糖200gと水120ml
シヨ糖+アルコール漬け	グラニュー糖200gとホワイトリカー120ml
アルコール漬け	ホワイトリカー120ml

このシロップ抽出溶液の検討のために、キウイフルーツを試料として同様に調製した対照実験を行い参考データとした。キウイフルーツは水戸市内のスーパーにて購入したヘイワード種（ニュー

ジーランド産)を用い、皮を除き2cmにカットし、イチゴと同じく4種の漬け込み試料とし、それぞれのシロップと果肉中のAsA量を測定した。

2.2. ショ糖漬けイチゴシロップの評価実験

2.1.で調製したショ糖漬けでは、加熱操作を全くしない加工方法を検討しようとしたため、ショ糖が溶けきらず下層に残った状態であり、加工方法としては不十分であった。そのため、イチゴとショ糖の割合を1:2から1:1に改め、前処理したイチゴ200g(茨城県産、とちおとめ)に対してグラニュー糖(株式会社パールエースE)200gを加え、室温下(20℃)にて保存し、漬け込み4日目にイチゴのエキス分が十分出てきたところで、保存ビンごと55℃の湯せんに3分間かけ、ショ糖を完全に溶かした。この加熱操作前後の色度を色差計(日本電色工業株式会社 分光色差計NF777)にて測定し、加熱による影響がないことを確認した。一般的な果実シロップ調製方法を参考に、漬け込み3週間でイチゴ果肉を取り出し、このシロップの8週間室温保存におけるAsA量の変化と、3週間後に取り出した果肉について、還元型及び酸化型AsA量を2.3.の測定定法により測定した。

2.3. AsA量の測定⁹⁾

AsAの定量はHPLCを用いて文献記載の方法⁷⁾に従い、還元型AsA量とジチオトレイトール(DTT)によって還元した各還元試料から総AsA量を測定し、これらの測定値から総AsA量-還元型AsA量によって酸化型AsA量(DHA量)を算出した。試料の調製を含め試薬は全て和光純薬工業製のものを用い、HPLC分析に用いた装置及び条件の概要は以下の通りである。

<HPLC分析条件>

システム : コントローラ (SCL-10A vp, SHIMADZU), 分析処理 (CLASS-VP, SHIMADZU)
カラム : ODS-2 (Inertsil, 4.6 mm × 150 mm), 25℃
溶離液 : リン酸バッファー (0.05 M, pH 2.3), 0.7 ml / min
検出 : UV 245 nm (SPD-10AV vp, SHIMADZU)

3. 結果と考察

イチゴの色、香り、栄養成分が最もよく抽出される漬け込み溶液の検討として、一般的な果実シロップで用いられる糖とアルコールによりイチゴの漬け込み実験を行い、色、香り、味の官能試験と、溶液に抽出されるAsA量と漬け込み後に果肉に残存するAsA量の測定を行った。その結果、シロップの外観においては、ショ糖のみを添加したものが最も赤色が濃く抽出され良好と判断された(図3)。さらに、香り、味などの官能試験の結果から総合的に評価すると、ショ糖のみに漬け込むシロップ調製方法がイチゴシロップにおいては最も適していると推察された(表3)。一方、糖とアルコールによる各イチゴ漬け込み溶液に抽出されたAsA量と漬け込み後のイチゴ果肉に残存したAsA量を測定したところ、各シロップ中の総AsA量濃度は、“アルコールのみ>ショ糖のみ>ショ

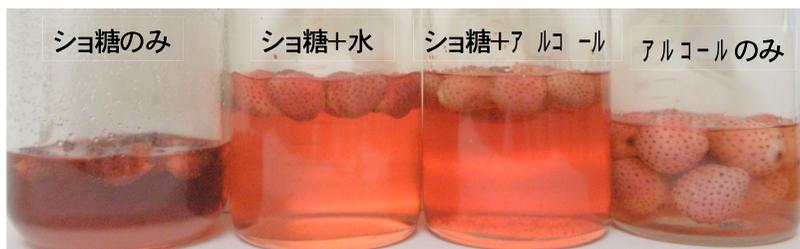


図3 イチゴの糖及びアルコールにより漬け込んだシロップの外観
(室温(20℃)にて漬け込み1週間)

表3 イチゴの糖及びアルコールに漬け込んだシロップにおける官能評価結果

	外観(色)	香り	味	その他
シヨ糖のみ	◎	◎	◎	濃いピンク～赤色で、香り味ともに非常に濃厚で、シロップとして良好。
シヨ糖+水	○	○	△	イチゴのイメージとは少しずれるピンク～橙の淡い色で、イチゴの香りもシヨ糖のみに漬けた場合よりもかなり弱く、味はぼやけ好ましくない。
シヨ糖+アルコール	○	○	×	色・香り共にシヨ糖+水に等しく、味はアルコール由来の苦味があり好ましくない。
アルコール	△	×	×	色は極めて薄いピンク色で脱色された感があり、香り味ともにアルコール由来のもので占められ、イチゴの風味は全く感じられない。

◎:とてもイチゴの特徴が出ていて良い, ○一応イチゴらしさは出ており評価できる, △:イチゴらしさがあまり感じられない, ×:食品として外れる

糖+アルコール>シヨ糖+水”の順であった(表4)。また、漬け込み前の生のイチゴに含まれる総AsA量を100%として、各糖及びアルコールによる漬け込み試料のシロップと取り出したイチゴ果肉に含まれる総AsA量の割合を、漬け込み期間1週間後の果肉重量とシロップ容量が各試料で異なることを考慮して算出した(図4)。図4から、各試料のイチゴ中のAsAの安定性とシロップ中へのAsAの溶出しやすさが分かり、アルコールがAsAをより安定に保つこと、更にアルコールのみよりもアルコールにシヨ糖を加えたもののほうが果実を含む全体としてAsA保持率がアップしていることから、シヨ糖によるAsAの安定化、すなわちシヨ糖にAsAの酸化分解抑制作用があることが推察された。栄養的な観点からは、シヨ糖+アルコールによる漬け込みでは、他の方法が全て漬け込み前の生のイチゴに含まれるAsAの40%程度の抽出効率であるのに対して56%と高く、最も優れていると考えられるが、味と香りの面からはかなり難しく、外観、香り、味、栄養の評価を総合すると、イチゴシロップの調製方法としてはシヨ糖のみに漬け込む方法が最も推奨されると考えられた。一方、イチゴシロップの対照としてキウイフルーツを用いた糖とアルコールによる同様の漬け込み実験を行ったところ、イチゴの場合と同じくシヨ糖+アルコールのAsA抽出率が最も高く、外観において大きな差はなかったものの味と香りの評価と総合するとシヨ糖のみに漬け込んだものが最も濃厚且つ好ましいシロップであるというイチゴの場合と同じ結果が得られた。また、キウイフルーツの実験では、シヨ糖+水による漬け込みでカビ発生危険があることが確認され、このことからイチゴシロップの製法としてシヨ糖のみに漬け込む方法が最も適していると考えられた。

表4 イチゴの糖及びアルコールによる漬け込み実験において得られたシロップと取り出したイチゴ果肉中のAsA量及びDHA率(各n=4)

	果肉			溶液		
	総AsA量 (mg/100g)	DHA率 (%)	果肉重量 (g)	総AsA量 (mg/100g)	DHA率 (%)	最終溶液量 (ml)
生(漬け込み前のイチゴ)	63.91	3.32	100			
シヨ糖のみ	64.79	42	28.5	17.45	44	152
シヨ糖+水	60.95	34.7	54.05	9.08	44.32	285
シヨ糖+アルコール	45.25	82.19	58.15	12.6	25.97	285
アルコール	29.78	90.71	97.45	23.22	83.45	120

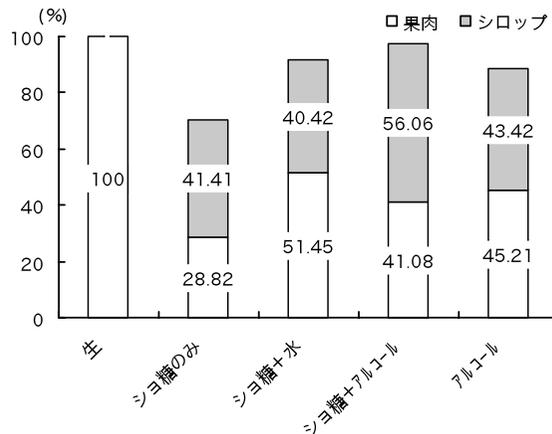


図4 イチゴの糖及びアルコールによる漬け込み実験におけるイチゴ中AsAの動態(各n=4)

漬け込み前の生のイチゴの総AsA量を100%としたシロップ中及び果肉中に含まれる総AsA量の割合を表したものの

糖とアルコールによる漬け込み方法の検討においてシヨ糖のみに漬け込んだものでは、シヨ糖が溶けきらず沈殿として残ってしまっており、シヨ糖の添加量がイチゴの量に対して過大量であり、適切なシヨ糖の使用量を検討する必要があると考えられた。そこで、果実シロップ漬けに関する資料及び糖の温度による飽和溶液濃度などを参考に検討し、イチゴ：シヨ糖=1：1(重量比)で漬け込み、イチゴから果汁が十分染み出てくる漬け込み4日目に55℃の湯せんにかけ、シヨ糖を完全に溶かす方法が加熱のダメージを抑え、カビを防止、シヨ糖の結晶を析出させない最もよいシロップ調製方法であると考えられた。この方法でイチゴを調製し、3週間常温保存したところで果実を取り除きシロップ完成とした。さらにこのシロップを5週間常温保存し(漬け込み時からトータル8週間保存)、この間のシロップ中のAsAの動態を調べた(図5)。漬け込み3週間後のシロップ完成時における総AsA量は15.43mg/100gで、漬け込み4週目以降のAsA量については減少は少なく比較的安定に保たれ、漬け込み8週目の総AsA量は11.02mg/100gであった。なお、漬け込み3週間で取り出したイチゴ果肉中には総AsA量として9.02mg/100gのAsAが残存していた。高糖度ジャムの総AsA量が約9mg/100gであり、使用するイチゴの量を考えると、予想通りジャムより加熱工程がほとんどないイチゴシロップではイチゴに含まれるAsAの損失がかなり低く抑え

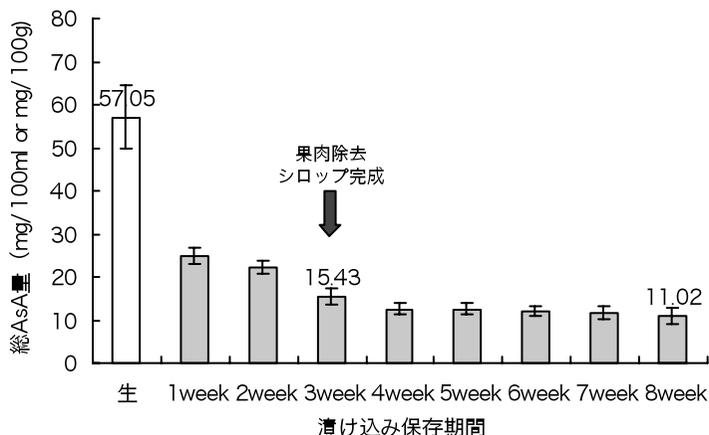


図5 イチゴのシヨ糖漬けシロップにおける総AsA量の変化(n=4)

られることが確認された。さらに、このシロップを炭酸割りなどで摂取する場合、20～30ml/杯の使用量と考えられ、1回につき約30mg程度のAsA摂取が期待できると推察された。本研究では、このイチゴシロップの2カ月間の常温保存における安全性は確認できたが、有効保存期間については更なる検討が必要であるが、ジャムに比べて香りが格段に高く、色も生のイチゴに近く鮮やかであり、ジャムとは活用方法が異なる新たなイチゴ加工品として、イチゴシロップの可能性はあると考えられた。また加工方法が非常に簡単なことから、学校家庭科教育における加工食品の添加物(着色料)の学習や、食文化教育の一環として伝統保存食品の加工実習などに、学習教材として活用可能と考えられた。

4. まとめ

茨城県でも生産の多いイチゴの加工品として、イチゴシロップの調製方法の検討とその品質について評価を行い、以下の結果を得た。

- ・ イチゴの加工品には応用範囲が狭くそのほとんどがジャムに限られていたが、長期保蔵可能なイチゴシロップ（シヨ糖漬け）の調製方法を見出し、ジャムとは異なるフレーバーの強さと鮮やかな色を特長とした新たなイチゴの加工品として期待できると考えられた。
- ・ 果実シロップには梅酒などアルコール抽出が有効であるものもあるが、イチゴには不向きであり、AsAのシロップへの抽出促進と安定性の観点では、シヨ糖が有効であることが確認された。
- ・ イチゴシロップは、色・香り・味ともにジャムよりも生のイチゴの特長がより引き出され、AsAについては、イチゴシロップのAsA濃度はジャムより若干高い程度であったが、加工時のAsA分解はジャムに比べて格段に低く抑えられ、イチゴの加工方法として期待できると考えられた。

引用文献

- 1) 平宏和・芦澤正和・梶浦一郎・竹内昌昭・中井博康. 2006. 『5訂増補日本食品成分表準拠 食品図鑑』(女子栄養大学出版部) 226-227.
- 2) 独立行政法人農畜産業振興機構 HP. 2011. 「いちご－月間野菜情報－今月の野菜」, <http://vegetable.alic.go.jp/yasaijoho/yasai/1103/yasai1.html>
- 3) 八巻孝夫. 2003. 『新版 食材図典 生鮮食材篇』(小学館) 258-259.
- 4) 松田照男. 2000. 『イチゴ 一歩先を行く栽培と経営』(全国農業改良普及協会) 7-35.
- 5) Nishikawa Y, Kurata, T. 2000. Chemical characteristics of dehydro-L-ascorbic acid. *Biosci. Biotech. Biochem.*, **64**, 1651-1655.
- 6) Nishikawa Y, Toyoshima Y, Kurata, T. 2001. Identification of 3,4-dihydroxy-2-oxo-butanal (L-threosone) as an intermediate compound in oxidative degradation of dehydro-L-ascorbic acid and 2,3-diketo-L-gulonic acid in a deuterium oxide phosphate buffer. *Biosci. Biotech. Biochem.*, **65**, 1707-1712.
- 7) 片山脩・田島眞. 2003. 『光琳選書② 食品と色』(光琳) 239.
- 8) 久保田紀久枝・森本康次郎編. 2003. 『食品学』(東京化学同人) 70-80.
- 9) Nishikawa Y, Toyoshima Y, Kurata T. 2001. Identification of 3,4-dihydroxy-2-oxo-butanal (L-threosone) as an intermediate compound in oxidative degradation of dehydro-L-ascorbic acid and 2,3-diketo-L-gulonic acid in a deuterium oxide phosphate buffer. *Biosci. Biotech. Biochem.*, **65**, 1707-1712.