

【研究論文】

【平成24～29年度 受託研究】

施設園芸栽培の省力化・高品質化実証研究(被災地における農産物加工技術の実証研究)

佐藤 信行, 千葉 直樹^{*1}, 庄子 真樹^{*2}, 日向 真理子, 羽生 幸弘, 石川 潤一, 櫻井 晃治^{*1}, 毛利 哲^{*2},
中村 茂雄^{*2}, 今野 政憲^{*3}, 畑中 咲子

食品バイオ技術部

(*1現 農業・園芸総合研究所, *2現 公立大学法人宮城大学, *3現 材料開発・分析技術部)

被災地域の産業振興を目指して、地域農産物を利用した新たな加工品開発に取り組んだ。高付加価値化技術としてマイクロ波減圧乾燥に着目し、地域農産物への適性を確認し絞り込みを行った。イチゴでは、既存の真空凍結乾燥、温風乾燥などの乾燥法との比較からマイクロ波減圧乾燥の特徴を明らかにし、リンゴ、ブドウについても、同様に特性評価を行った。イチゴの長期保存試験では、リナロールなどの香気成分、アスコルビン酸、色調(明度と赤味)が次第に減少していくことを確認した。

キーワード: 高付加価値化, マイクロ波減圧乾燥, イチゴ, リンゴ, ブドウ

1 緒言

宮城県の震災復興計画では、震災前のレベルに戻す単なる復興ではなく、新たな産業振興を目指している。県内の食品企業では、震災後に失った取引先を回復し、さらに新たな取引先を獲得するために魅力的な新商品開発が求められており、独自性・地域性を出せる地域農産物利用や新規技術導入による高付加価値化への関心が高い。

一方、被災地域の農産物の生産体制の整備が進められる中、さらなる収益向上の手段の一つとして、規格外品や未利用部位の有効利用があげられる。

そこで、地域農産物を利用した新たな農産加工品を生み出すことを目指して以下の実証研究を行った。ニーズ調査では、技術調査及び地域農産物・新規技術の現状やニーズについて、農業法人や食品企業の聞き取り調査を行った。また、高付加価値化技術としてマイクロ波減圧乾燥に着目し、イチゴについて他の乾燥法との比較と商品化に向けた長期保存試験を実施した。さらに、対象地域の農産物(リンゴ、ブドウなど)への適性を確認し、特性を評価したので報告する。

2 ニーズ調査

2.1 方法

亘理町、山元町などの被災地域にある施設園芸の農業生産法人7社、一次加工メーカー6社、食品加工メーカー8社に対して、生産される農産物の現状や規格外品の発生状況、加工メーカーでの地域農産物の利用状況や量・スペック、製造技術などについて初年度に聞き取り調査を行った。

2.2 結果

震災後、亘理町や山元町では大規模法人経営の取り組みが増加しており、高品質農産物の生産や安定供給が期待される。同時に、規格外品の発生量も増加するため、加工ニーズが高まることが予想された。一次加工メーカーでは、県産農産物の利用は価格・生産量が課題だが、お土産や外食産業向け一次加工品など、より高価格帯の商品への利用であれば可能性があると思われた。食品加工メーカーでも、地域農産物利用は大

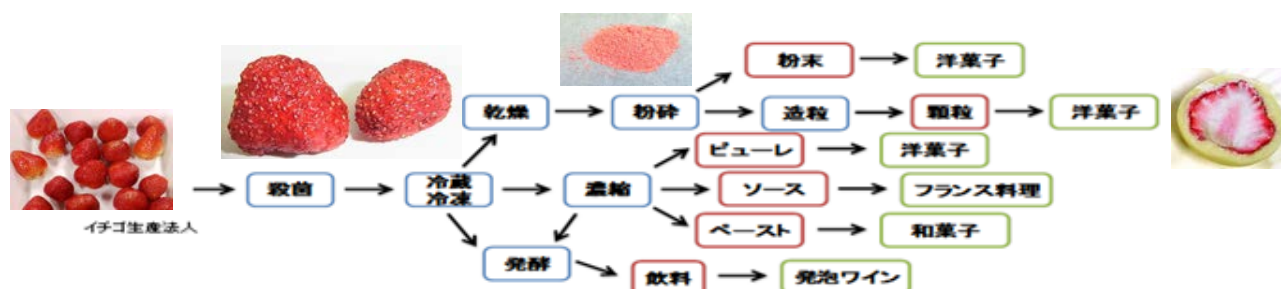


図1 イチゴの高付加価値化加工展開イメージ

企業との差別化要素となるものの、同様に価格・生産量が課題であることがわかった。また、商品の高付加価値化の手段の一つとして高度加工技術の導入も選択肢であることを確認した。

農産物を安定的に生産できる環境が整いつつある中、新規な加工技術を導入してブランド性の強い商品を開発することが、復興の加速化に重要であると考えられた。被災地の代表的な農産物のイチゴについて加工技術と想定商品の展開イメージを作成した(図1)。

3 マイクロ波減圧乾燥によるイチゴ乾燥品の検討

被災地の代表的な農産物であるイチゴ(*Fragaria* × *ananassa*, バラ科)に関して、マイクロ波減圧乾燥法と他の乾燥法との比較により特性を明らかにし、商品化に向け保存試験を行った。

3.1 イチゴ乾燥品の特性評価

3.1.1 方法

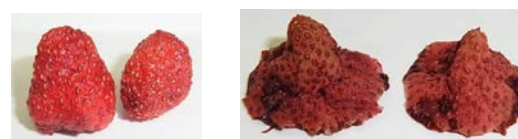
イチゴは品種「もういっこ」を用い、果実重量は平均9.3gだった。乾燥は、マイクロ波減圧乾燥(西光エンジニアリング(株) MVD-LAB, 40°C, 2時間)、送風乾燥(株)フジマック コンビオーブンFSCCWE61, 10.1kW, 70°C, 16時間)、真空凍結乾燥(株)東京理科機械 FD-550, 30°C, 50時間、以下FD)で冷凍果実を使って行った。

味と香りのマッピングを行うために、味評価装置(ASTREE)と香り評価装置(HERACLES)(アルファモス・ジャパン(株))で測定を行った。香り評価装置では、乾燥イチゴを39倍の水に分散したものを用い、味評価装置では、金属メッシュ及びろ紙により濾別した液を用いた。味評価装置の半導体膜センサー(7種)の出力、及び香り評価装置の2種のGCカラムのFIDピークの時間及び面積について、AlphaSOFTにより主成分分析を行った¹⁾。色調測定は、乾燥イチゴに蒸留水を加えたペーストについて、色差計(日本電色工業(株)Σ-80)でL*, a*, b*を測定した。アスコルビン酸は、イチゴ乾燥品1gをリン酸水溶液とともに粉砕して抽出後に定容し、RQフレックスアスコルビン酸テスト(MERCK)により実施した²⁾。

3.1.2 結果

マイクロ波減圧乾燥では他の乾燥に比べ乾燥時間が短く、FDと同様に形状が保たれることがわかった

(図2)。イチゴ乾燥品の香り評価の主成分分析では、マイクロ波減圧乾燥は、FDに近い位置に示され(図3)、味評価結果でも同様の傾向がみられた(図4)。



マイクロ波減圧乾燥

70°C温風乾燥

図2 イチゴ乾燥品の比較

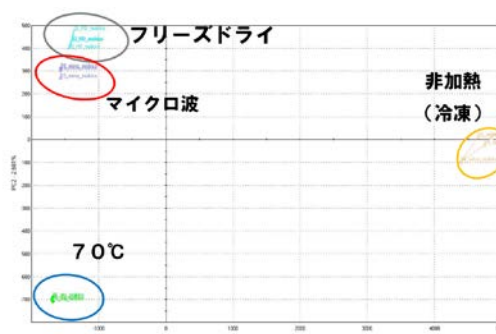


図3 イチゴ乾燥品の香りの主成分分析結果

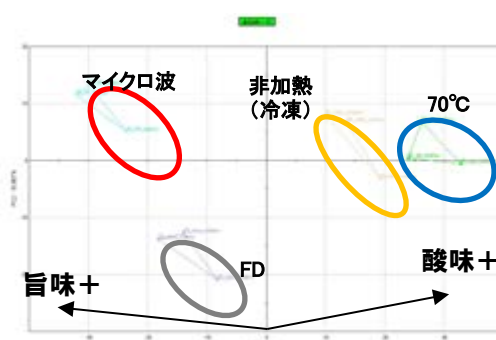


図4 イチゴ乾燥品の味の主成分分析結果

(原点からの実線は第1, 2主成分の算出に用いた固有ベクトル。同一サンプル内の標準偏差の小さいセンサー測定値で解析。)

アスコルビン酸(還元型)は、40°C送風乾燥が最も多く、次いでFDで、70°C送風乾燥が最も少なかった(図5)。

イチゴ乾燥品の色調測定結果について、図6に明度(L*)と赤色度(a*), 図7に黄色度(b*)と赤色度(a*)をプロットした。赤色度は、70°C送風乾燥<40°C送風乾燥<マイクロ波減圧乾燥<冷凍(未乾燥)<FDの順に高くなり、加熱の程度が大きいほど低くなる傾向だった。一方、明度L*は、マイクロ波減圧乾燥が最も高く、70°C送風乾燥やFDで低かった。

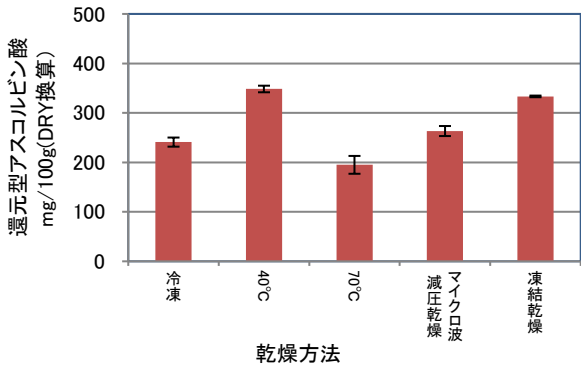


図5 還元型アスコルビン酸のRQフレックス測定結果

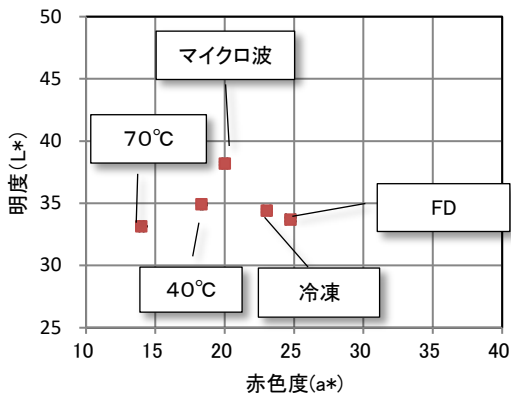


図6 色調測定結果 (明度と赤色の関係)

黄色度(b*)は、70°C送風乾燥>40°C送風乾燥>マイクロ波減圧乾燥>冷凍(未乾燥)>FDの順に低くなり、加熱の程度が大きいほど高くなる傾向だった。

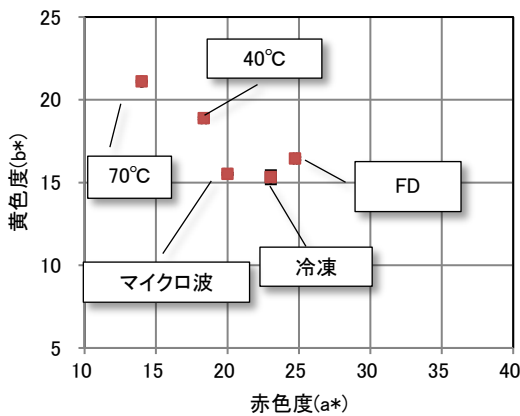


図7 色調測定結果 (黄色度と赤色の関係)

以上の結果から、マイクロ波減圧乾燥では、FDより短時間で、FDに近い形状を保った乾燥イチゴの製造が可能であった。味・香り評価の主成分分析の結果、味・香りともFDに近い位置にプロットされた。

3.2 イチゴ乾燥品の保存試験

イチゴのマイクロ波減圧乾燥品の保存中の品質調査を、マイクロ波減圧乾燥技術の実用化を目指す構成員の株はつらつと共同で実施した。産業技術総合センターでは、経時的にアスコルビン酸、色調及びGC/MSによる香り成分の評価を実施した。

3.2.1 方法

「とちおとめ」と「もういっこ」の2品種の冷凍品についてマイクロ波減圧乾燥による乾燥を行った。包装は、表面が透明蒸着PET12μm/CP50μmラミネート、裏面アルミ蒸着PET/CP50μmとした。イチゴ乾燥品10gを乾燥剤(酸化カルシウム5g)とともに上記包材で密封し、恒温恒湿機(タバイエスペック(株)PLATINUS LUCIFER PL3-G)で温度25°C、相対湿度50%の条件で9ヶ月間保存した。定期的に、重量、アスコルビン酸含有量、色調、GC/MSによる香り成分の測定を実施した。香りの評価はGC/MS-QP2010Plus (Sniffer9000付)(株島津製作所)を使用した。試料は乾燥イチゴを蒸留水で19倍希釈した水分散液を用いた。試料水分散液4.5gに、内部標純物質として10ppmシクロヘキサノール水溶液0.5mLを加え、塩化ナトリウム5gを加えた後、40°Cで20分間加熱し、香り成分をSPMEに吸着させ測定を行った。アスコルビン酸測定・色測定については、3.1.1と同様の方法で実施した。

3.2.2 結果

イチゴ乾燥品の重量変化の区間ごとの測定結果を図8に示す。

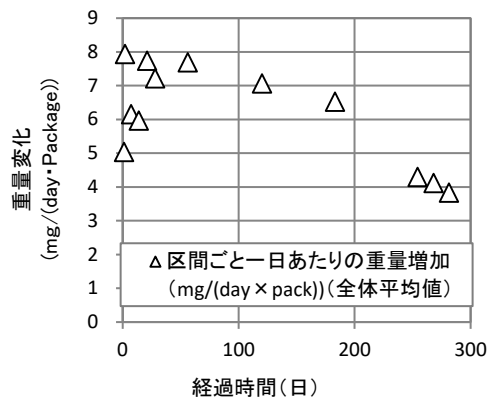


図8 1日・1パッケージあたりの重量変化 (全体平均・区間ごと)

保存試験開始から180日目までは1日あたりの重量変化は漸減したが、240日目に180日目の半以下になることから、乾燥剤による吸湿能力が低下したことが推測された。(株)はつらつの食味試験の結果から、賞味期限は6ヶ月という結果が得られており、重量変化と矛盾しない結果となった。

乾燥品のアスコルビン酸含有量は保存とともに減少していくことがわかった(図9)。GC/MS測定結果では、芳香成分であるリナロール、酢酸イソアミル、酪酸エチルは、保存につれ減少傾向である一方、不快臭成分に分類されるジメチルスルフィドやヘキサナールは増加傾向であった(図10)。

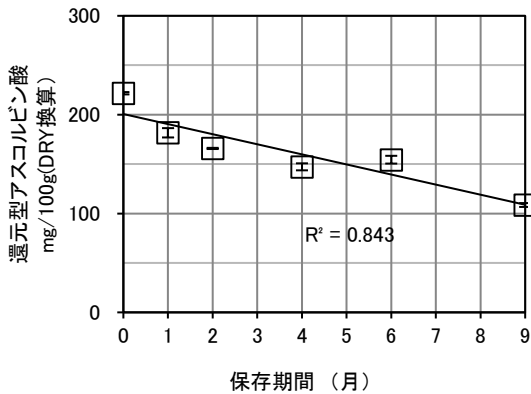


図9 乾燥品の還元型アスコルビン酸の経時変化(もういっこ)

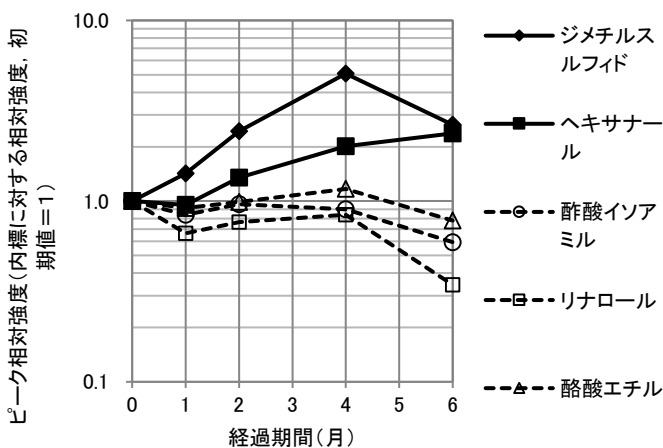


図10 乾燥品の香り成分の経時変化(とちおとめ)

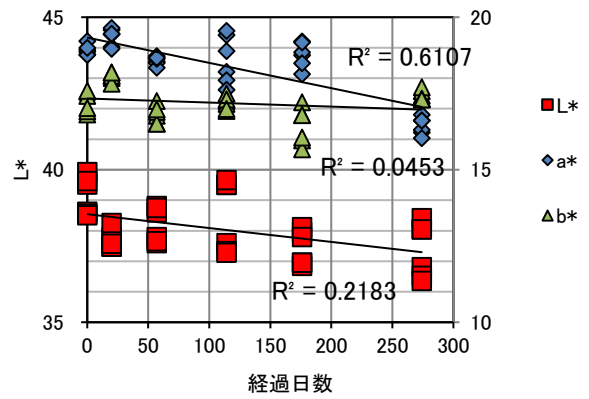


図11 乾燥品の色の経時変化(もういっこ)

色調は、L*,a*が、減少傾向であったが、b*は大きな変動はみられなかった(図11)。

4 その他農産物の乾燥品の検討

被災地域で生産される果実(リンゴ、ブドウ、イチジク等)や野菜(セリ、パクチー、明日葉等)についてマイクロ波減圧乾燥を実施した中で、適性が高いと判断したリンゴ、ブドウについて他の乾燥法との比較を行った。

4.1 リンゴ乾燥品の検討

4.1.1 方法

試料の品種は「ふじ」で、果実重量は約350g、果汁のBrixは11.7であった。皮を剥き、厚さ約1cmのイチヨウ切りにし、1%クエン酸水溶液に浸漬した後、冷凍した。乾燥は、マイクロ波減圧乾燥、熱風乾燥(70℃、24時間)、常温調湿乾燥(㈱サント電業SUNDRY-HPTP、40℃44時間)(以下「調湿」)、真空凍結乾燥(40℃、48時間)(以下「FD」)で行った。図12に乾燥リンゴと原料の冷凍リンゴの写真を示した。



図12 リンゴ乾燥品

乾燥試料及び凍結試料について、味香り評価とGC/MS測定を行った。味香り評価は、3.1.1と同様に実施し、GC/MS測定は、3.2.1と同様に実施した。

4.1.2 結果

味評価の主成分分析結果は、70℃、調湿、マイクロ波、FDが、加熱程度の順に並び、冷凍が離れた位置になった。マイクロ波はFDと最も近い評価結果となった(SPSセンサーを除く6センサーの結果 図13)。

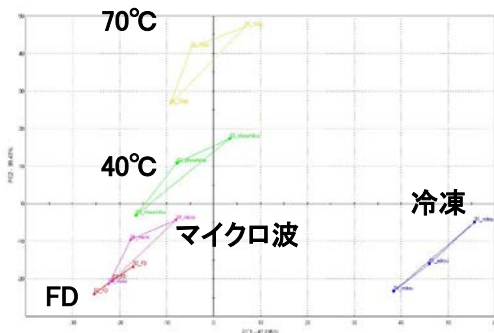


図13 乾燥リンゴの味評価結果

香り評価の主成分分析結果は、70℃、調湿、FDが、加熱程度の順に並び、冷凍が離れた位置になった。FDは冷凍とマイクロ波との間の評価結果となった(識別力0.9以上のピークによる解析結果 図14)。

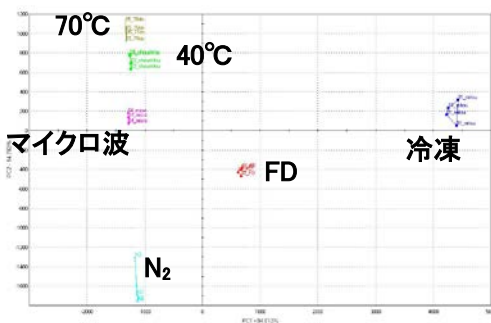


図14 乾燥リンゴの香り評価結果

GC/MSの測定結果によると、冷凍ではn-butylacetate(甘い香り),hexanal(青い草の香り),2-methylbutylacetate(甘い香り),trans-2-hexenal(青い香り),n-hexylacetate(フレッシュグリーン),n-hexylalcohol(青臭い香り)などが観察された。FDでは、n-butylacetate(甘い香り)や、2-methylbutylacetate(甘い香り)が減少し、その他の青い香りが目立つ結果となった。70℃乾燥では、全体に香り成分が少ないが、新たにfulfural(カラメル様の香ばしい香り)が生成していた。

香りのバランスを比較するために、①甘い香り(n-butylacetateと2-methylbutylacetateの面積の和)とマイナス評価の青い香り(hexanalとtrans-2-hexenalの面積の和)の相対値、②香ばしい香り(fulfural)の面積と内部標準(cyclohexanol)の相対値を図15に示した。マイクロ波減圧乾燥は、原料である冷凍に最も近かった。

マイクロ波減圧乾燥による乾燥リンゴの味評価結果は、FDに近く、香り評価結果は、調湿乾燥に近かった。GC/MSによる測定結果では、マイクロ波減圧乾燥は、冷凍に比べて各香りピークが小さいものの、香りのバランスは冷凍に近いという結果になった。

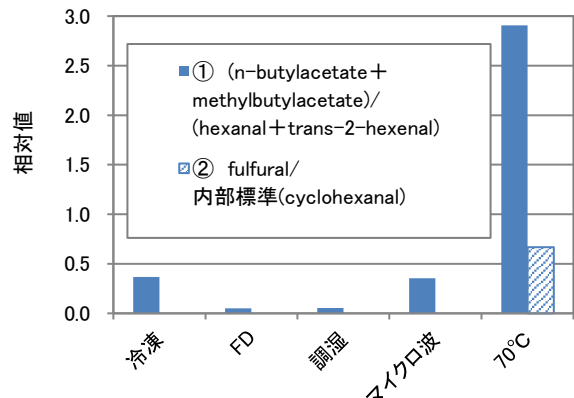


図15 乾燥法の異なるリンゴの香り成分の相対面積

4.2 ブドウ乾燥品の検討

被災地域の山元町では、ブドウ(*Vitis vinifera*,ブドウ科)の栽培がされており、また、近年人気のシャインマスカットの栽培技術について本事業で取り組んでいるためシャインマスカットを試料とした。ブドウでは落粒などの有効活用のために、マイクロ波減圧乾燥の乾燥適性について検討を行った。

4.2.1 方法

試料は、市販シャインマスカット(山梨県産)を用いた。乾燥方法はマイクロ波減圧乾燥(40℃、2時間)、真空凍結乾燥(40℃設定、44時間、以下FD)、送風乾燥(40℃98.6h、70℃14h)で行った。送風乾燥は、アスコルビン酸1%水溶液で5分間のブランチング処理を行った後、乾燥した。香氣成分のGC/MSによる分析は、3.2.1と同様に実施し、色調は色差計により乾燥品のL*,a*,b*を測定した。

4.2.2 結果

送風乾燥(40℃, 70℃)はいわゆる干しぶどうの外観・風味となった。FDは鮮やかな色調が残り、萎縮も小さかった。マイクロ波減圧乾燥はFDに次いで色調が残り、萎縮も小さかった(図16)。



真空凍結乾燥 (FD) マイクロ波減圧乾燥 送風乾燥 (40℃) 送風乾燥 (70℃)

図16 ブドウ乾燥品の外観

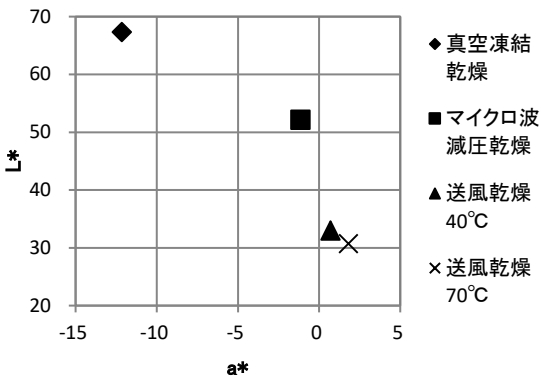


図17 ブドウ乾燥品の色測定結果

ブドウ乾燥品の色測定結果を図17に示す。マイクロ波減圧乾燥のa*の値はマイナスであり緑色が残っていた。最もa*の値が低く緑色が残っているのはFDで、送風乾燥は、40℃も70℃もa*の値はプラスであり、緑色は消失していた。

■ 2-ヘキセナール □ ヘキサナール
 ■ 1-ヘキサノール □ リナロール
 ■ ゲラニオール

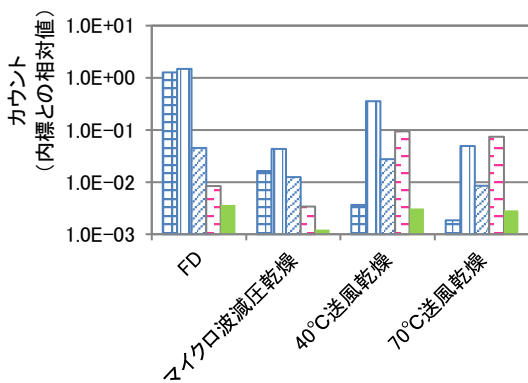


図18 乾燥法の異なるブドウの香り成分

GC/MSによる測定結果では、青臭さの原因となる2-ヘキセナールやヘキサナール、1-ヘキサノールなどがFDでは多かった。芳香成分であるリナロールやマスカット香として知られるゲラニオール³⁾については、マイクロ波減圧乾燥より送風乾燥で多い傾向にあった。(図18)。

5 まとめ

被災地域の産業振興を目指して、地域農産物を利用した新たな加工品開発に取り組んだ。高付加価値化技術としてマイクロ波減圧乾燥に着目し、地域農産物(イチゴ、リンゴ、イチジク、ブドウ、セリ等)への適性を確認し絞り込みを行った。イチゴでは、真空凍結乾燥、温風乾燥など既存の乾燥法との比較を行い、マイクロ波減圧乾燥では、真空凍結乾燥より短時間に形状を保った乾燥イチゴの製造が可能だった。さらに、リンゴ、ブドウについても、同様に特性評価を行った。イチゴの長期保存試験では、リナロールなどの香り成分、アスコルビン酸、色調(明度と赤味)が次第に減少し、ジメチルスルフィドなどの不快臭成分が増加する傾向を確認した。

ブドウ乾燥品では、マイクロ波減圧乾燥で、香りの優位性は確認できなかったものの、緑色の残る新たなブドウ乾燥品の製造の可能性が示唆された。

なお、本研究は農林水産省「食料生産地域再生のための先端技術展開事業」の「被災地における農産物加工技術の実証研究委託事業」(平成24年度から平成27年度まで)及び「施設園芸栽培の省力化・高品質化実証研究委託事業」(平成28年度から平成29年度)により実施した。

参考文献

- 1) 千葉直樹, 櫻井晃治, 佐藤信行, 畑中咲子, 「マイクロ波減圧乾燥により加工したイチゴの味と香り評価」, ニューフードインダストリー, vol.59, No.1(2017)
- 2) 作物の品質判定(茨城県作成)(農林水産省WEBSITE掲載) http://www.maff.go.jp/j/seisan/kankyo/hozen_type/h_sehi_kizyun/ibaraki01.html
- 3) 平野健, 安原正幸, 岡本五郎, 「生食用ブドウの香り成分について」, 岡山大農学報, (83), 1-7(1994)