

【研究論文】

【令和4～6年度 県単独試験研究】

**イチゴ「にこにこベリー」の収穫後の成分変化と輸送試験
－イチゴ「にこにこベリー」のケーキ用としての特性評価と利用拡大に向けた検討－**

高山 詩織

食品バイオ技術部(現 農政部園芸推進課)

宮城県育成イチゴ品種「にこにこベリー」は、果形が円錐形で揃いが良く果肉が硬いため、高単価で取引されるケーキ用(業務用)としての適性が高いことが知られている。R6年度は、さらなる販路拡大と品質の均一化を目指し、収穫後の果実成分・硬度の経時変化の調査と、主要な出荷先である札幌への輸送試験を行った。その結果、収穫から7日後まで果皮硬度、糖、有機酸に差はみられず、札幌への輸送試験においても、果皮硬度、Brixはほぼ保たれた。一方、果皮に白い部分が多い未熟な状態で収穫すると、「にこにこベリー」は「とちおとめ」に比べ、日数が経過しても白い部分が残る傾向がみられた。

キーワード：イチゴ、「にこにこベリー」、果実成分、果皮硬度、経時変化、着色程度

1 緒言

宮城県の園芸品目の中でイチゴは最も産出額が多く(農水省「令和5年生産農業所得統計」67億円)、令和3年に見直された園芸推進プランにおいて、「令和12年までに産出額100億円」を目標に掲げ、県を挙げて振興している品目である。

本県育成イチゴ新品種「にこにこベリー」は、収量が多く、果実の色・果形が美しく揃いが良い品種である。既存の品種と比較して、春先まで果肉が硬く、中玉率(L～Mの割合)がやや高いため、ケーキを始め、和菓子、デザートなど幅広い利用が期待される。

そこで、令和4年度より品質の均一化と品質の向上による販売価格の安定とケーキ用取引の拡大を目指し、「にこにこベリー」における客観的データの取得を試みた。令和4年度は、ケーキ用として多く利用される「とちおとめ」を対照とした特性調査を実施し、果実の硬さ、食味試験の色が「とちおとめ」を上回り、香りには差がみられないことが明らかとなった¹⁾。令和5年度は、「にこにこベリー」を利用するケーキ店などから、購入時期により品質にばらつきがあるという声があり、①着色程度と果実性状、②収穫時期及び生産者と果実性状について調査し、「にこにこベリー」の出荷に適する着色程度と、ばらつきが生じる要因について糸口を見出すことができた²⁾。

今年度は、さらなる販路拡大と品質の均一化を目指し、実需者が利用するまでを想定した収穫後7日間の果実について調査を行い、実需者の手元に届くまでの

「にこにこベリー」の特性変化を把握することとした。さらに、主要な出荷先である札幌への輸送試験を行い、果実の状態を調査した。

2 調査内容及び方法

2.1 収穫後の果実変化

2.1.1 試料採取及び供試品種

「にこにこベリー」のLサイズ11 g以上15 g未満の正常果を試料とした。外観の着色については、全国農業協同組合連合会宮城県本部(以下、JA全農みやぎ)発行の「仙台いちごカラーチャート」に基づき5～6分着色を3番、4～5分着色を2番とした。試料は令和5年12月、令和6年2月、4月に採取し、直ちに当センターの低温室(5°C)に搬入し、収穫1日後、2日後、4日後、7日後に、果皮の色調、硬度、Brix、糖含量、有機酸含量、含水率及び香気成分の測定を実施した。

2.1.2 色調及び硬度の測定

色調は、分光測色計(コニカミノルタジャパン(株)、CM-700d)を用いた。表色系はCIE Lab色空間、D65光源、正反射光除去方式(SCE)、10° 視野として、各測定において、5果の果実陽光面赤道部、陽光面から180度回転した陽裏面赤道部を測定し、平均値を算出した。測定は、1日目から7日目まで同一の果実で行った。

硬度は、クリープメーター((株)山電、RE2-33005)を用いた。ロードセル19.6 N、測定速度1 mm/sec、直径3 mmのプランジャーを用い、プランジャーの先端が果実表面の赤道部に瘦果を避けて垂直に貫入させた³⁾。既報⁴⁾に従い、果皮硬度、果肉硬度、果芯の硬度を求めた(図1)。各測定は6果の平均値を算出した。

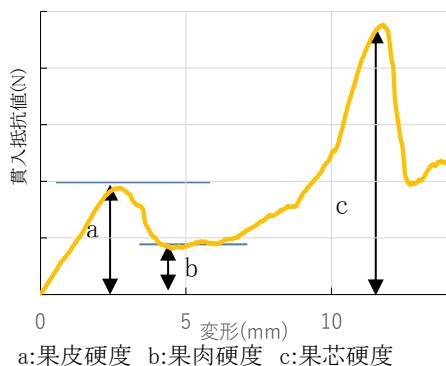


図1 イチゴ果実各部位の硬度

2.1.3 Brix、糖、有機酸及び含水率の分析

個体差を低減するため、25果を縦に4等分したものを試料とし、Brix、糖、有機酸、香気成分分析を行った。Brixは、試料のうち1/4を搾汁し、ポケット糖酸度計(アタゴ(株)、PAL-BX|ACID121)を用いて測定、2反復の平均値を分析値とした。

糖及び有機酸の分析用試料の調製は、以下のとおり行った。前述の試料1/4をまとめて凍結乾燥¹⁾し、粉碎した試料2 gに75%エタノール20 mlを加えて15分超音波処理し、その後遠心分離(3,000 rpm、10 min、15°C)を行い、抽出液を得た。遠心分離による抽出作業は2回行い、上澄み液を合わせ50 mlに定容した。得られた抽出液は0.22 μmのフィルターでろ過後、分析試料とした。

糖含量は、高速液体クロマトグラフィー((株)日立ハイテクサイエンス、HPLC Chromaster、以下「HPLC」という。)により分離し、蒸発型光散乱検出器(ELSD)により検出、定量した。カラムはAsahipak NH2P-50 4E((株)レゾナック)、移動相は75%アセトニトリル、カラムオーブン温度40°C、流量1.2 ml/min及び注入量10 μLとした。

有機酸は、既報⁵⁾の通り行った。超高速液体クロマトグラフィー(ACQUITY UPLC H-Class PLUS システム/SQ Detector2、Waters Corporation。以下「UPLC」という。)により分離し、ACQUITY シングル四重極質量検出器により検出、イチゴの有機酸の主成分であるクエン酸とリンゴ酸を定量した。

含水率は、凍結乾燥前後の重量を測定し、2反復の

平均値を算出した。

2.1.4 官能評価装置付きガスクロマトグラフ質量分析装置(以下、GCMS/O)による香気成分分析

香気成分は、固相マイクロ抽出法(以下、「SPME」という。)により分析した。2.1.3Brixの測定に用いた果汁3 mlをバイアルに封入し、SPMEに気相(以下、ヘッドスペース)の成分を吸着させ、官能評価装置付きガスクロマトグラフ質量分析計((株)島津製作所、GCMS-QP2020NX)に供した。SPMEファイバーは80 μm、DVB/C-WR/PDMS((株)島津製作所)を使用し、吸着は50°C、30分、脱着は240°C、2分で行った。カラムはDB-WAX(内径0.32 mm×60 m、膜厚0.5 μm、アジレント・テクノロジー(株))、キャリアガスはヘリウムを用い、カラム温度40～240°C、昇温速度4°C/minで行った。分析により得られた質量スペクトル及び保持時間を、米国立標準技術研究所(NIST)ライブラリと照合することで、成分を推定した。

2.1.5 ヘッドスペースガスクロマトグラフ(以下、HSGC)による香気成分分析

香気成分は、2.1.4と同様に果汁3 mlをバイアルに封入し、ヘッドスペース法により実施した。試料を50°C、30分加温した後、ヘッドスペースオートサンプラー付ガスクロマトグラフ((株)島津製作所、HS-20/Nexis GC-2030)により分離し、水素炎イオン検出器(FID)により検出、定量した。カラムはDB-WAX(内径0.25 mm×30 m、膜厚0.25 μm、アジレント・テクノロジー(株))、キャリアガスは窒素を用い、カラム温度40～240°C、昇温速度20°C/minで行った。

2.2 輸送試験

2.2.1 試料採取及び供試品種

試験には、山元町の生産者が栽培した「にこにこベリー」及び「どちおとめ」を供試した。試験は令和6年1月と令和7年1月の2回実施した。前述の「仙台いちごカラーチャート」の2番及び3番の着色程度で、11～20 gの正常果を、1パック当たり下段6粒、上段9～11粒の2段に置き並べし、4パックを1つの段ボールに入れたものを、5段積み重ね紐でまとめた。札幌への輸送は、令和6年1月17日から1月19日にかけて、山元町から八戸港まで陸

上冷蔵輸送(5°C)し、八戸港から苫小牧西港まで同一のトラックで海上輸送後、苫小牧から札幌みらい中央青果株式会社まで陸上輸送した。令和7年は、1月22日から1月24日にかけて同様にトラックによる陸上冷蔵輸送を行ったが、海上輸送は仙台港から苫小牧西港まで行った。調査は、出荷前にみやぎ亘理農業協同組合(以下、JAみやぎ亘理)いちご選果場にて外観の写真撮影、硬度、Brixを測定し、着荷後は、札幌みらい中央青果株式会社で出荷前と同様の測定、及び市場関係者による食味試験を行った。写真撮影は同一のパックを用い、硬度、Brixは破壊試験のため同一ロットの別果実を用いた。輸送中の段ボール内の温度・湿度は、おんどとり((株)ティアンドディ、TR-72U及びTR51i)で計測した。

2.2.2 硬度の測定

硬度は、アナログ果実硬度計((株)PPLS、GY-02)を用いた。貫入させるプランジャーの直径は3.5 mm、自作の稼働テーブルを用い、貫入速度は一定とした。貫入箇所は果実表面の赤道部とし、プランジャーの先端は瘦果を避け垂直に貫入するようにした³⁾。各測定において10果の平均値を算出した。

2.2.3 Brixの測定

試料は1果ごとに搾汁し、2.1.3と同様の糖酸度計を用いて測定、2反復の平均値を求めた。各測定において、10果の平均値を算出した。

2.2.4 食味試験(官能評価)

食味試験は、市場関係者、イチゴ生産者、JA全農みやぎ、JAみやぎ亘理、県関係者20名で、「外観の光沢」、「断面の赤色」、「香り」、「食感」、「甘味」、「酸味」、「総合評価」について、それぞれ5点上位の5点法で行った。

3. 試験結果

3.1 収穫後の果実変化

3.1.1 外観の色調

「にこにこベリー」は、前年の試験結果と同様に、着色程度2に比べ着色程度3は、明るさの程度を表す⁶⁾L値は低下し、赤～緑を表すa値は大きくなつた(表1、図2)。

収穫後は、着色程度に関わらず徐々にL値が低下し、a値が増加する傾向がみられ、5°Cで貯蔵中も、果皮の赤色部分の赤みが増すことが明らかとなつた。

3.1.2 硬度

「にこにこベリー」は、収穫後7日目まで果皮硬度に差はみられなかつた(表1、図2)。果肉硬度、果芯硬度は、2日目にやや低下する傾向がみられたが(データ省略)、4日目～7日目は1日目と差がみられなかつた。

3.1.3 糖、有機酸及び含水率

Brix及び糖は着色程度で差がみられなかつた。(表1、図2)。収穫後7日目にBrixがやや低下する傾向がみられたが、有意差はみられなかつた。Brix及び糖は、収穫月で差がみられた。

有機酸も着色程度で差はみられなかつた(表1、図2)。収穫後は、既報⁷⁾と同様にリンゴ酸が有意に減少したが(データ省略)、リンゴ酸の含量は微量であるためクエン酸を合わせた有機酸含量に差はなかつた。

含水率は、収穫月による差がみられたが、着色程度、収穫後の日数による差はみられなかつた(表1、図2)。暖候期に果実の含水率は高まる傾向がみられた。

3.1.4 香気成分

収穫1日目と7日目のHSGCの測定結果を図3に示す。クロマトグラムにおいて一部のピーク面積に差がみられた。GCMS/Oの結果から香気成分を推定し、HSGCの結果と合わせてピーク面積の比較を行ったところ、草や葉のにおいの主要な成分で青葉アルデヒドと呼ばれる2-Hexenalが、1日目より7日目で減少し、収穫後、日数が経過すると成分量が減少する傾向がみられた。

3.2 輸送試験

3.2.1 溫湿度の変化

輸送過程における箱内の温湿度の推移を図5に示す。箱内温度は、令和6年は5～10°Cで推移し、市場で荷下ろし後、外気の影響を受け0～5°Cで推移した。令和7年は10°C前後で推移し、荷下ろし後は冷蔵庫で保管したため、5°Cで推移した(図5)。

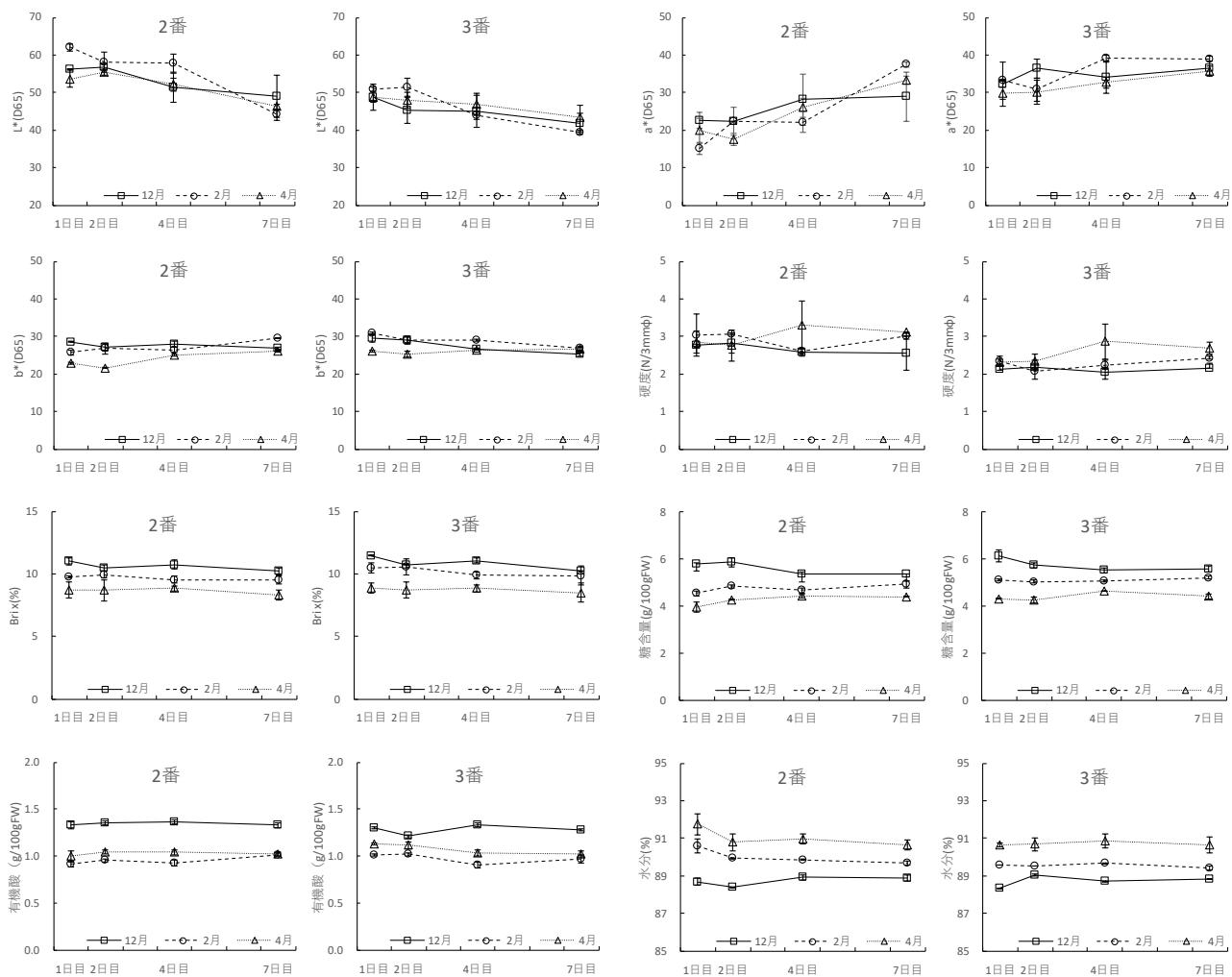


図2 収穫後の果実特性の変動

エラーバーは標準誤差を示す。

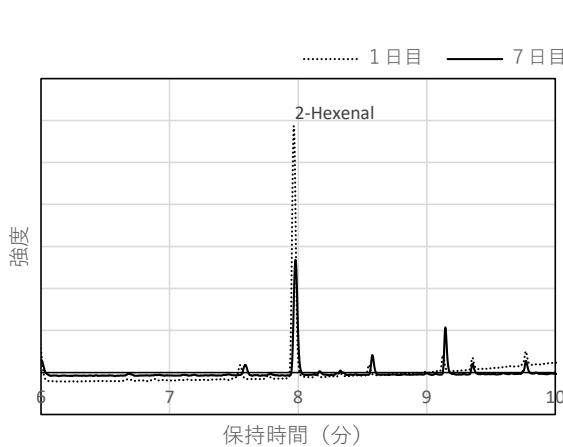


図3 収穫後1日目と7日の果実香気成分

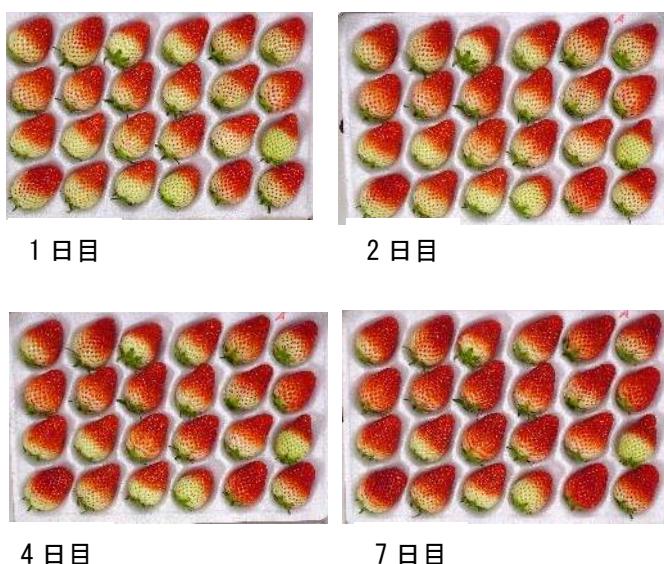


図4 収穫後の果皮色の変化

にこにこベリー2番 (4/14 収穫)

表1 着色程度、収穫後の日数、収穫月と果皮色、硬さ、果実成分の関係

要因	外観の測色 ^{z)}			硬さ ^{z)}			果実成分 ^{z)}			
	L*	a*	b*	果皮硬さ (N/3mm φ)	Brrix (%)	糖含量 (g/100gFW)	有機酸含量 (g/100gFW)	含水率 (%)		
着色程度	2番 (A) ^{y)}	53.6 ± 1.04 *** 46.1 ± 0.86	24.7 ± 1.33 *** 34.2 ± 0.84	26.2 ± 0.39 * 27.6 ± 0.33	2.9 ± 0.07 *** 2.3 ± 0.05	9.6 ± 0.16 NS 9.9 ± 0.17	4.8 ± 0.11 NS 5.1 ± 0.11	1.1 ± 0.03 NS 1.1 ± 0.02	89.9 ± 0.19 NS 89.7 ± 0.15	
収穫後の日数 (B) ^{x)}	1日目 2日目 4日目 7日目	53.4 ± 0.94 52.5 ± 1.00 NS 49.6 ± 1.09 NS 44.0 ± 0.91 ***	25.5 ± 1.39 26.6 ± 1.29 NS 30.4 ± 1.32 NS 35.2 ± 0.91 **	27.3 ± 0.48 26.5 ± 0.50 NS 27.0 ± 0.24 NS 26.9 ± 0.25 NS	2.4 ± 0.06 2.5 ± 0.09 NS 2.6 ± 0.05 NS 2.8 ± 0.08 NS	10.0 ± 0.19 9.9 ± 0.17 NS 9.8 ± 0.16 NS 9.4 ± 0.15 NS	5.0 ± 0.16 NS 5.0 ± 0.12 NS 4.9 ± 0.09 NS 5.0 ± 0.08 NS	1.1 ± 0.03 NS 1.1 ± 0.03 NS 1.1 ± 0.03 NS 1.1 ± 0.03 NS	89.9 ± 0.22 NS 89.7 ± 0.17 NS 89.8 ± 0.16 NS 89.7 ± 0.14 NS	
収穫月 (C) ^{w)}	12月 2月 4月	49.3 ± 1.20 NS 51.0 ± 1.36 49.3 ± 0.84	30.2 ± 1.41 NS 29.9 ± 1.54 28.1 ± 1.17	27.6 ± 0.28 a 28.0 ± 0.34 a 25.0 ± 0.31 b	2.4 ± 0.06 2.8 ± 0.09 2.6 ± 0.07	NS NS NS	10.7 ± 0.08 a 9.9 ± 0.07 b 8.7 ± 0.10 c	5.7 ± 0.06 a 4.8 ± 0.06 b 4.3 ± 0.05 c	1.3 ± 0.01 a 1.0 ± 0.01 b 1.1 ± 0.01 c	88.7 ± 0.05 a 89.8 ± 0.07 b 90.9 ± 0.13 c
三元配置分散分析 ^{y)}										
	A	***	**	NS	NS	NS	NS	**	NS	
	B	***	**	NS	NS	NS	NS	NS	NS	
	C	NS	NS	NS	*	***	***	***	***	
	A × B	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	
	A × C	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	
	B × C	NS	NS	NS	NS	NS	NS	*	NS	
	A × B × C	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	

^{z)}数値は平均±標準誤差を示す。^{y)}*および***はt検定でそれぞれ有意であることを、NSは有意でないことを示す。^{x)}**および***はDunnettの多重検定でそれ有意であることを、NSは有意でないことを示す。^{w)}異なる英小文字間にTukeyの多重検定で有意水準5%で有意差があることを、NSは有意でないことを示す。^{v)*、**および***はそれぞれ有意水準5%、1%で有意であることを、NSは有意でないことを示す。}

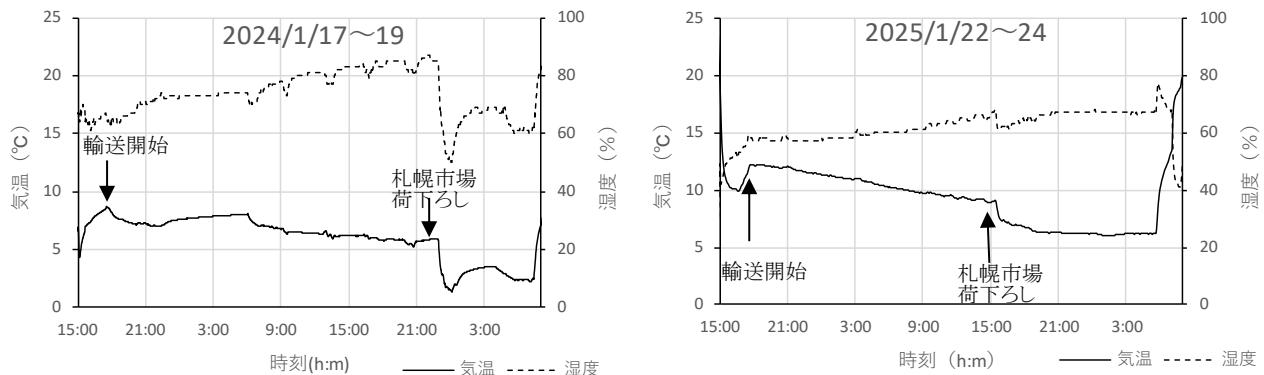
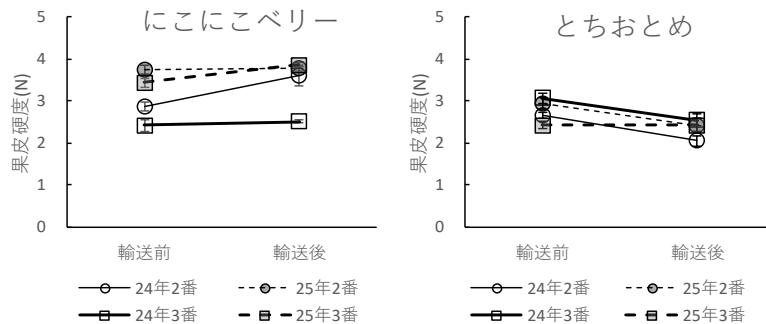
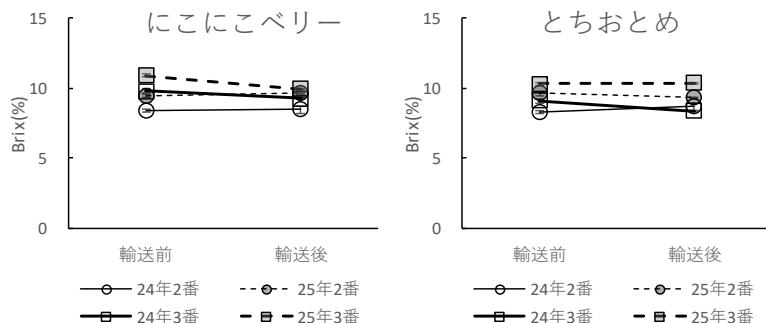


図5 輸送試験時における箱内温湿度の変化

図6 輸送前後の果皮硬度の変化
エラーバーは標準誤差を示す図7 輸送前後のBrixの変化
エラーバーは標準誤差を示す。

3.2.2 硬度及びBrixの変化

「とちおとめ」は、輸送後に硬度が低くなる傾向がみられたが、「にこにこベリー」は硬度の変化は小さかった(図6)。Brixは、両品種共に、変化は小さいが、やや低下する傾向がみられた(図7)。

3.2.3 食味試験

甘さの評点が最も高い「とちおとめ」の3番の「総合評価」が最も高かった。「にこにこベリー」の2番は、「総合

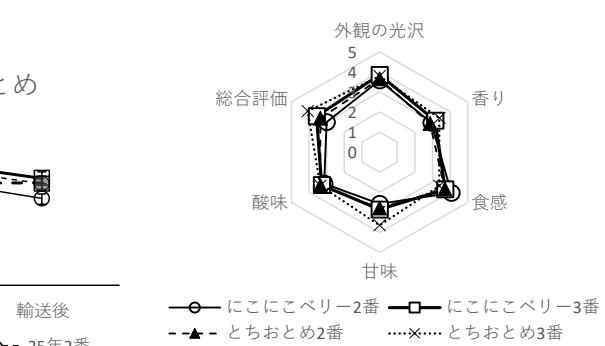


図8 輸送後の食味評価

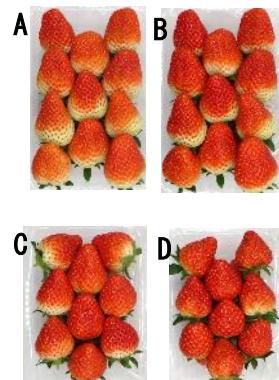


図9 輸送前後の外観の変化 (2番)

A:にこにこベリー輸送前 B:同輸送後

C:とちおとめ輸送前 D:同輸送後

評価」が低かった(図8)。今回は生食用としての評価だったが、業務用としての評価項目を設定することが必要であり、今後検討する。

3.2.4 外観の変化

2番で出荷した「とちおとめ」は、輸送後果実の白い部分は赤く色づいたが、「にこにこベリー」は、白い部分に変化がみられなかった。「にこにこベリー」は、「とちおとめ」と比べ白色部分の着色が進みにくい傾向がみられた(図9)。

4 考察

実需者が利用するまでの期間を想定し、収穫後7日間、「にこにこベリー」を5°Cで保存した結果、果皮の赤色部分の赤みは増すが、硬度、糖、酸、及び含水率の変化は小さいことが明らかとなり、適切な着色程度で収穫する重要性が再認識された。また、収穫時期により果実成分の差が大きく、Brixと糖は既報¹⁾²⁾と同様に12月が最も高く4月に低下する傾向がみられた。

冬季における輸送試験では、輸送後も「にこにこベリー」の硬度は維持され、Brixや糖、外観の変化も小さく、出荷時の状態が維持され札幌市場に到着していた。これまでの研究³⁾では、温度により振動の影響が大きくなったり抑制されたりすることが報告されており、10°Cでは振動貯蔵3日後から果実に損傷がみられ、15°Cでは果実硬度は急速に低下するといわれている。今回の輸送試験は、外気温の低い1月に10°C前後で正味2日間の輸送だったため、輸送前後で変化は少なかったが、3月以降の暖候期では、外気温の影響を受けることが予想される。また、今回、2番(4~5分着色)の未熟な果実で出荷した場合、「とちおとめ」は輸送後に白色部の着色が進むが、「にこにこベリー」は着色が進まないことが、両者の比較により明らかになった。「にこにこベリー」の未熟な白い果実は、日数が経っても着色が進みにくい可能性が高く、適切な着色程度での収穫に特に注意が必要であることがわかった。

「にこにこベリー」の試験を3年間行った結果、「とちおとめ」と比べ、収穫時期や着色程度を問わず果実は硬く、収穫後も硬さが保たれていることがわかった。収穫後、白い部分の着色が進みにくいことを産地に周知することで、品質の均一化、品質向上につながると考えられた。

以上の結果を元に、農政部園芸推進課と協力して、令和5年度は「イチゴ収穫出荷チェックシート」を県内生産者に配布し、令和6年度は、実需者に向け「にこにこベリーPRパンフレット」を作成し配布した。

5 結言

「にこにこベリー」の保存中の果実特性の調査と、札幌への輸送試験を行った結果、以下の特徴が明らかとなった。

- 着色程度の違いにより、外観の色調と硬度に差がみられた。前年の試験²⁾と同様に、2番の未熟な果実は硬度が高く、着色が進むと硬度は低下した。
- 5°C、7日間の保存中、果皮の赤色部分の赤みは増

すが、硬度、糖、酸及び含水率の変化は小さかった。香氣成分は、2-Hexenalが減少し、青臭いにおいが減少する傾向がみられた。

- 収穫時期により硬度、果実成分が異なり、特に糖と酸、含水率は、収穫時期による差が大きかった。
- 冬季の札幌への輸送試験において、果皮硬度、Brixはほぼ保たれた。一方、「にこにこベリー」の果皮の白い部分は、日数が経過しても着色しにくいことがわかった。

謝辞

本研究の遂行にあたり、JAみやぎ亘理いちご部会の皆様、JAみやぎ亘理、亘理農業改良普及センターの皆様にはサンプル調達にご協力いただきました。札幌輸送試験では、JA全農、JAみやぎ亘理、札幌みらい中央青果株式会社の皆様に多大なご協力をいただきました。ここに感謝の意を表します。

参考文献、引用URL

- 高山詩織、小山誠司、畠中咲子. イチゴ「にこにこベリー」のケーキ用としての特性評価と利用拡大に向けた検討. 令和4年度宮城県産業技術総合センター研究報告. 2023, No.20, p. 75-79.
- 高山詩織. イチゴ「にこにこベリー」の特性評価と品質向上に向けた検討. 令和5年度宮城県産業技術総合センター研究報告. 2024, No.21, p. 51-56.
- 門馬信二、上村昭二. イチゴ果実の硬さ測定法と品種間差異. 野菜試報. 1977, B.1, p. 1-11.
- 遠藤(飛川)みのり、曾根一純、藤田敏郎、森下昌三. イチゴ果実における見かけ弾性率の貯蔵、収穫時期による変化及び遺伝資源評価. 九沖農研報告. 2018, 67, p. 1-14.
- Jinchuan Yang, Paul D. Rainville. ミックスモードLCカラムとACQUITY QDa 質量検出器を用いた有機酸の分析. Waters アプリケーションノート.
- 日置隆一、佐藤雅子. 表色系、日本色彩学会編、色彩化学ハンドブック. 東京大学出版会, 1985, p. 83-146.
- 広瀬智久、松尾浩氣. イチゴの収穫後の成分変化について. 兵庫農科大学・神戸大学農学部研究報告, 1968, 8(2), 95-99.
- 劉蛟艷、小島孝之. 振動および貯蔵温度がイチゴの品質変化に及ぼす影響. 農業施設 28巻3号. 1997, 12, p. 135-142.