

# イチゴ新品種の流通加工品質向上に関する研究

安部良樹・佐野一成・高木喜保・鶴岡克彦・櫛野智也  
食品産業担当

## Study to Improve Distribution and Processing Quality of Strawberry New Cultivar

Yoshiki ABE・Kazunari SANÔ・Kiho TAKAKI・Katsuhiko TSURUOKA・Tomoya KUSHINO  
Food Industry Section

### 要 旨

イチゴ「ベリーツ」(品種名「大分6号」)の春期品質安定を目的として、時期別の果実品質を調査した。3、5月の成熟に伴う糖含量の増加は小さく、春期は硬度の高い70%着色での早採りが適すと考えられた。5℃貯蔵下における「大分6号」の糖・有機酸組成・硬度の変化が明らかとなった。糖や有機酸の変化は小さく、イチゴの食味に対して大きな影響はないと考えられた。貯蔵中の果実硬度は、果肉や芯などの果実内部の硬度は変化せず、表面の果皮硬度は増加することが分かった。

### 1. はじめに

大分県の育成したイチゴ「ベリーツ」(品種名「大分6号」)は、平成29年産から本格的に栽培が始まり生産量は増加している。これまでの主力品種「さがほのか」と比較すると食味と着色に優れるが、気温の上昇する3月以降は食味と果実硬度が低下するため、市場評価の低下に繋がりブランド化に支障が出ていることから、生産者だけでなく流通関係者(JA、市場等)からも品質向上の要望は多い。

この問題を解決するために、冬期と春期のイチゴ品質を比較し、春期の「大分6号」の品質向上に関する要因を検討した。

### 2. 方 法

#### 2.1 植物材料

農林水産研究指導センター農業研究部で栽培したイチゴ「大分6号」、 「さがほのか」を2019年12月、2020年3、5月に採取した。採取後直ちに予冷し、損傷を抑制するためにソフトトレイに詰めて運搬した。

#### 2.2 硬度測定

クリープメーターRE2-33005C(山電)、直径3mm円形プランジャーを用いて貫入速度1mm/sで測定した。イチゴ果実の赤道部に対し、瘦果を避けるようにプランジャー先端を貫入させた。遠藤(飛川)ら<sup>(1)</sup>の方法に従い、果皮硬度(a)、果肉硬度(b)、真の果皮硬度(c)、芯の硬度(d)、貫入抵抗量(x)、見かけ弾性率(果皮硬度/プランジ

ャー断面積)/(貫入変形量/イチゴ直径)を算出した(Fig.1)。

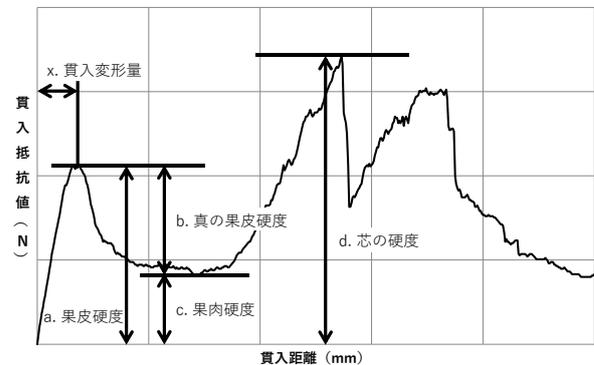


Fig.1 クリープメーター測定における各測定項目

#### 2.3 糖・有機酸組成分析

硬度測定後の果実を縦半分に分割し、一方を1果分ずつ糖・有機酸含量測定に、他方を2~8果分混合してペクチン含量の分析に用いた。サンプルは分析までの間-30℃にて保存した。冷凍果実から熱水抽出により糖を抽出し、高速液体クロマトグラフを用いてスクロース(ショ糖; Suc)、グルコース(ブドウ糖; Glc)、フルクトース(果糖; Fru)、有機酸(クエン酸、リンゴ酸)含量を測定した。

#### 2.4 ペクチンの抽出および分析

ペクチンは既報<sup>(2)</sup>に従い、AIS(アルコール不溶性固形物)を調製後、WSP(水可溶性ペクチン)、HXSP(ヘキサメタリン酸可溶性ペクチン)、HSP(塩酸可溶性ペクチン)

を抽出し、ジメチルフェノール法によりガラクトuron酸当量として測定した。

### 2.5 5°C下での貯蔵試験

イチゴ果実を5°C条件下で3, 6日間貯蔵後, 2.2~2.4項の方法で硬度および果実成分を分析した。

### 2.6 統計解析

R-3.6.3およびRパッケージ car 3.0-9を用いて統計解析を行った。Suc割合(Suc/全糖(Suc+Glc+Fru))およびクエン酸割合(クエン酸/全有機酸(クエン酸+リンゴ酸))はロジット変換後検定を行った。一般化線形モデル(GLM), 一般線形モデル(LM)解析は以下に行った。

GLM:

目的変数: 全糖/Suc/Glc/Fru/全有機酸/クエン酸  
/リンゴ酸含量, Suc割合, クエン酸割合  
WSP/HXSP/HSP/全ペクチン/AIS含量

説明変数: 収穫月, 着色度, 収穫後日数

確率分布: ガンマ分布, リンク関数: log

LM:

目的変数: 硬度測定項目(a, b, c, d, x, 見かけ弾性率)

説明変数: 収穫後日数, 着色度, 収穫月

説明変数を標準化後,

また, 各モデルにおいて VIF(Variance Inflation Factor; 分散拡大係数)は2未満であり, 各説明変数間には独立であることを確認した。

## 3. 結果及び考察

### 3.1 ‘大分6号’の時期ごとの糖酸

Fig. 2 および Fig. 3 に時期別の糖・有機酸組成の変化を示した。12月と比較して3, 5月では, イチゴ果実の着色度が70%から100%へ上昇する間の果実中の全糖(Suc+Glc+Fru)の増加は小さかった。イチゴ果実では, GlcとFru含量の間に高い正の相関があり(データ省略), Fruがやや多く含まれる。そのためSuc割合を指標に糖組成を比較した。Suc割合は収穫月が遅くなるにつれて減少し, 30%以下であったことから‘大分6号’はGlc/Fru蓄積型品種であると考えられた。イチゴでは光合成産物がSucの形で果実に転流する。さらに果実内ではインペルターゼの働きによりSucからGlu/Fruへの変換, スクロースシンターゼによるGlu/FruからSucへの変換が起こっている。果実内で糖代謝に関与する酵素の活性の強さ, バランスは品種によって異なり, ‘大分6号’ではインペルターゼ活性の方が高い可能性が示唆された。

### 3.2 5°C貯蔵中の糖・有機酸含量の変化

5°C下での貯蔵中に全糖含量の低下は抑制され, Suc含量・割合の低下が見られた(Fig. 4, Table 1)。これは, 低温下で呼吸による糖の消費は抑制された一方で, イン

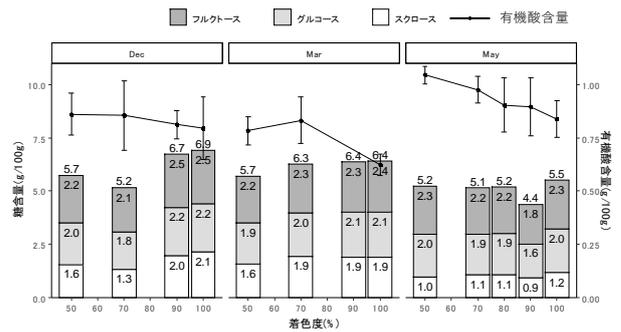


Fig. 2 着色の進行に伴う時期別の糖, 有機酸含量の変化  
バー: 標準偏差

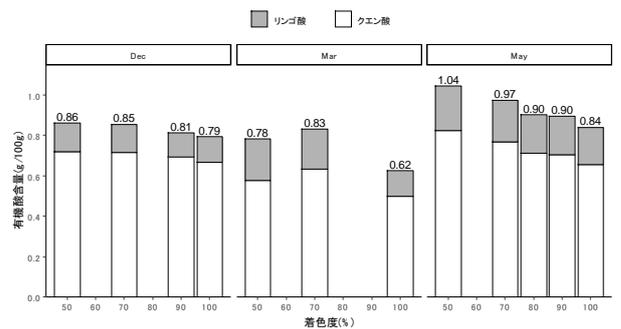


Fig. 3 着色の進行に伴う時期別の糖, 有機酸含量の変化  
バー: 標準偏差

ペルターゼが作用し Suc→Glu+Fru の反応が起こったと考えられる。松本ら<sup>(3)</sup>はGlc/Fru蓄積型である2種類の品種において4°C貯蔵下でSucが増加したと報告している。そのため, 主として蓄積する糖の種類が同じであっても品種により, 低温貯蔵下で異なった生化学反応が起こっていることが示唆された。今後遺伝子発現解析についても調査する必要がある。

全有機酸含量は貯蔵中に変化せず, クエン酸含量・割合の増加とリンゴ酸含量・割合の低下が見られた(Fig. 5, Table 2)。イチゴの有機酸の大半はクエン酸であり, 貯蔵中の変化は小さいことから貯蔵中の有機酸組成の変化が食味に与える影響は小さいと考えられた。

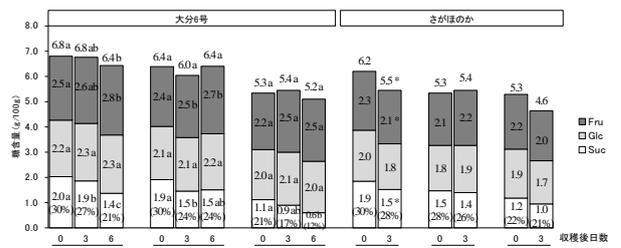


Fig. 4 5°C貯蔵での糖組成の変化

同月内で異符号間には5%水準で有意差あり (Tukey-Kramer)

\*: 5%水準で有意差あり (Welch's t-test)

括弧内は全糖(Suc+Glc+Fru)に対するSuc割合

Table 1 果実成分に及ぼす収穫後日数, 着色度, 収穫月の影響

目的変数	切片	収穫後日数	着色度	3月収穫 <sup>†</sup>	5月収穫 <sup>†</sup>
全糖	1.465 *** <sup>z</sup>	-0.008	0.005	-0.064	-0.246 ***
	-2.419	-0.056	0.034	-0.440	-1.517 ***
Suc	0.052	-0.076 ***	0.008	-0.128	-0.696 ***
	-1.935	-0.182 ***	0.032 *	-0.284	-1.566 ***
Glc	0.515	0.005	0.003	-0.051	-0.134 ***
	-2.185	0.042	0.027	-0.452	-1.102 ***
Fru	0.645 **	0.014 **	0.003	-0.058	-0.126 ***
	-2.526	0.133 **	0.029	-0.547	-1.123 ***
Suc割合	-1.442 ***	-0.067 ***	0.003	-0.065	-0.447 ***
	-1.026	-0.239 ***	0.023	-0.143	-1.550 ***
有機酸	-0.199	0.005	> -0.001	-0.251 ***	0.027
	-0.183 ***	0.079	> -0.001	-1.718 ***	0.079
クエン酸	-0.381 *	0.014 **	< 0.001	-0.284 ***	-0.044
	0.714 ***	0.021 **	< 0.001	-0.177 ***	-0.032
リンゴ酸	-1.954 ***	-0.046 ***	> -0.001	-0.082	0.368 ***
	-0.288 ***	-0.379 ***	-0.027	-0.220	1.585 ***
クエン酸割合	-0.184 ***	0.009 ***	< 0.001	-0.033 ***	-0.073 ***
	0.714 ***	0.021 **	< 0.001	-0.177 ***	-0.032

<sup>z</sup> 上段: GLM 解析の偏回帰係数  
 下段: LM 解析の標準化偏回帰係数  
 \*:  $p < 0.05$ , \*\*:  $p < 0.01$ , \*\*\*:  $p < 0.001$   
<sup>†</sup> 12月収穫を基準とした値

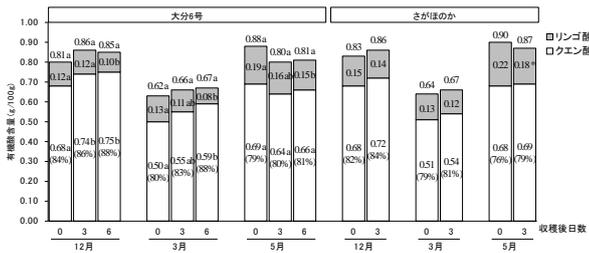


Fig. 5 5°C貯蔵での有機酸組成の変化  
 同月内で異符号間には5%水準で有意差あり (Tukey-Kramer)  
 \*: 5%水準で有意差あり (Welch's t-test)  
 括弧内は全有機酸 (クエン酸+リンゴ酸) に対するクエン酸割合

Table 2 収穫当日の硬度と細胞壁成分の関係

	果皮硬度 (N)	真の果皮硬度 (N)	果肉硬度 (N)	芯の硬度 (N)	貫入変形量 (mm)	見かけ弾性率 (MPa) <sup>†</sup>
WSP	0.399 *** <sup>z</sup>	0.504 **	0.084	-0.496 **	0.194	0.070
	0.506 *	0.526 *	0.254	-0.206	0.240	0.255
HXSP	-0.059	-0.245	0.325 *	0.734 **	-0.052	-0.004
	0.271	0.216	0.326	0.278	0.134	0.035
HSP	0.664 **	0.560 **	0.689 **	0.338 *	0.527 **	-0.091
	0.788 **	0.736 **	0.638 **	0.428	-0.153	0.460
全ペクチン	0.727 **	0.640 **	0.700 **	0.231	0.479 **	-0.011
	0.775 **	0.742 **	0.576 *	0.199	0.087	0.386
AIS	0.649 **	0.484 **	0.797 **	0.561 **	0.430 **	-0.246
	0.719 **	0.639 **	0.679 **	0.638 **	-0.471	0.507 *

<sup>z</sup> ピアソンの積率相関係数, \*:  $p < 0.05$ , \*\*:  $p < 0.01$   
 上段: '大分6号', 下段: 'さがほのか'  
<sup>†</sup> 見かけ弾性率 = (果皮硬度 × 果径) / (貫入変形量 × プランジャー断面面積)

### 3.3 '大分6号'の時期ごとの硬度

収穫時期, 着色度ごとの硬度の変化を Fig. 6 に示した.

GLM 解析の結果, 12月と比較して, 3, 5月の果皮硬度, 真の果皮硬度, 果肉硬度は低下し, 5月の芯の硬度は有意に高くなった (Table 3).

見かけ弾性率はイチゴの日持ち性を評価する指標として有用である<sup>(1), (4)</sup>との報告があるが, 本研究では, 見かけ弾性率に対する収穫後日数の効果は有意ではなく, 3月収穫は12月収穫に比較して有意な正の効果があるなど, 評価指標としての活用はできないと考えられた. 次年度も継続して検討する予定である.

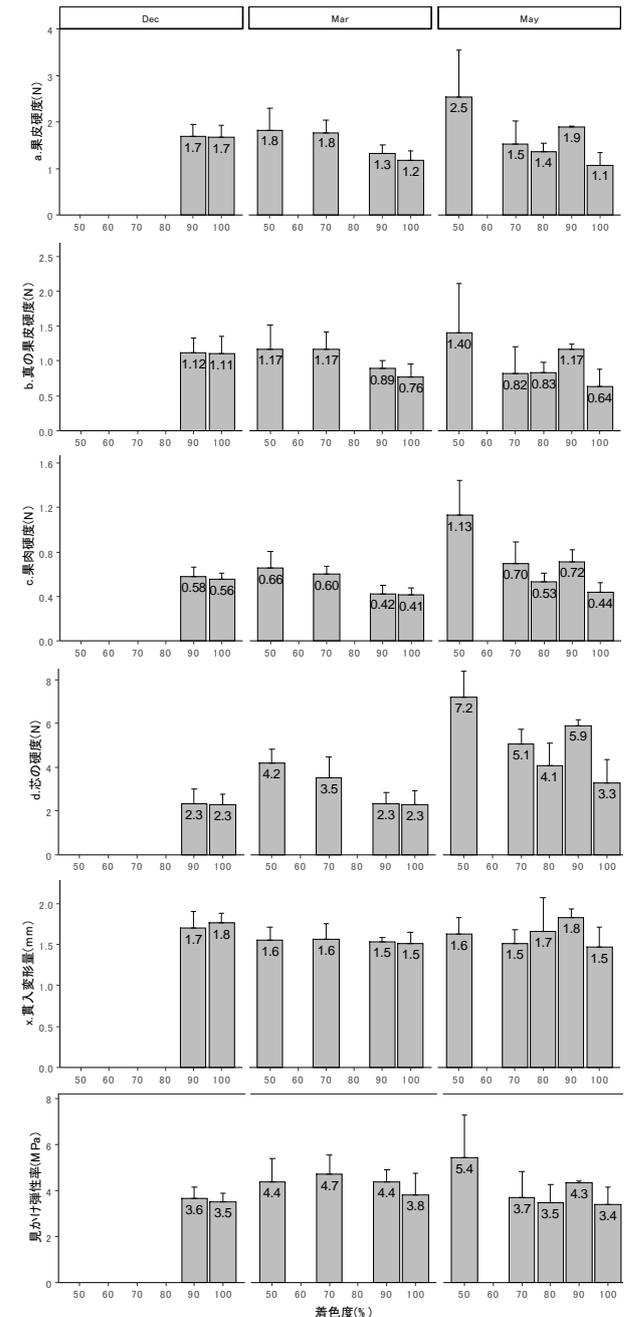


Fig. 6 着色の進行に伴う時期別の硬度の変化  
 バー: 標準偏差

Table 3 果実硬度に及ぼす収穫後日数, 着色度, 収穫月の影響

目的変数	切片	収穫後日数	着色度	3月収穫 <sup>Y</sup>	5月収穫 <sup>Y</sup>
a. 果皮硬度	1.719 *** <sup>Z</sup>	0.020 **	-0.013 ***	-0.268 ***	-0.281 ***
	4.215 ***	0.057 *	-0.043 ***	-0.821 ***	-0.809 ***
b. 真の果皮硬度	1.205 ***	0.027 **	-0.012 ***	-0.286 ***	-0.393 ***
	3.378 ***	0.071 **	-0.033 ***	-0.813 ***	-1.057 ***
c. 果肉硬度	0.759 ***	0.006	-0.015 ***	-0.231 ***	-0.079 **
	4.646 ***	0.016	-0.050 ***	-0.616 ***	-0.116
d. 芯の硬度	2.207 ***	-0.005	-0.015 ***	0.083	0.466 ***
	3.205 ***	-0.009	-0.040 ***	0.151	1.004 ***
x. 貫入変形量	0.703 ***	0.032 ***	-0.002 *	-0.132 ***	-0.141 ***
	0.940 *	0.183 ***	-0.010 *	-0.743 ***	-0.804 ***
見かけ弾性率	1.848 ***	-0.006	-0.006 ***	0.104 *	0.007
	2.394 ***	-0.023	-0.028 ***	0.423 *	0.045

<sup>Z</sup>上段: GLM 解析の偏回帰係数 下段: 標準化偏回帰係数  
\*:  $p < 0.05$ , \*\*:  $p < 0.01$ , \*\*\*:  $p < 0.001$   
<sup>Y</sup>12月収穫を基準とした値

### 3.4 収穫当日の硬度と細胞壁成分の関係

‘大分6号’と‘さがほのか’の収穫当日の硬度と細胞壁成分の関係を Table 1 に示した。WSP, HSP, 全ペクチン(WSP+HXSP+HSP), AIS 含量と果皮硬度, 真の果皮硬度, 果肉硬度との間に有意な正の相関が見られた。

本実験ではヘタを除いた可食部すべてをペクチン抽出に用いた。芯の硬度について全ペクチンや HSP との相関が有意でない, あるいは相関が低いことから, ペクチン以外の細胞壁成分が芯の硬さの要因になっている可能性がある。真の果皮硬度と果肉硬度の相関係数を比較すると, 果肉硬度の方が高い傾向があることから, イチゴ果実ではペクチンは果肉部分に多く含まれることや, 果実表面の硬さの要因はペクチン以外の成分によることが示唆される。

### 3.5 5°C貯蔵中の果実硬度と細胞壁成分の変化

5°C下での貯蔵中に, 収穫後日数は果皮硬度と真の果皮硬度および貫入変形量に対して有意な正の効果を与えたが, 果肉に対しては有意な効果はなかった (Table 3)。すなわち, 日数経過により果皮硬度は大きくなるにもかかわらず, プランジャーによる破断が起きるまでのへこみは大きくなることを表している。収穫直後のいわゆる「しゃっきり」とした食感から日数経過後の「ぶよぶよ」とした食感への変化が硬度測定結果にも反映されている可能性がある。日数経過が食感に与える影響を明らかにするにはプランジャーの種類を変えるなどして検討する必要がある。

貯蔵中の細胞壁成分の変化の GLM 解析結果を Table 4 に示した。収穫後日数の全ペクチンと AIS 含量に対する効果は有意でなく, HXSP, HSP に対しては有意な正の効果が見られた。果実硬度に HSP が関与することは知られており<sup>(5), (6)</sup>, 本研究で見られた貯蔵中の硬度増加も HSP 増加が原因である可能性がある。

Table 4 細胞壁成分に及ぼす収穫後日数, 着色度, 収穫月の影響

目的変数	切片	収穫後日数	着色度	3月収穫 <sup>Y</sup>	5月収穫 <sup>Y</sup>
WSP	4.879 *** <sup>Z</sup>	-0.012	-0.003 ***	-0.083	-0.313 ***
HXSP	4.584 ***	0.017 ***	-0.005 ***	0.120 ***	0.292 ***
HSP	5.802 ***	0.017 *	-0.012 ***	-0.108 *	-0.073
全ペクチン	6.325 ***	0.008	-0.008 ***	-0.041	-0.051 *
AIS	-3.549 ***	0.005	-0.006 ***	-0.170 ***	0.003

<sup>Z</sup>GLM 解析の偏回帰係数

\*:  $p < 0.05$ , \*\*\*:  $p < 0.001$

<sup>Y</sup>12月収穫を基準とした値

## 4. まとめ

一般にイチゴでは, 収穫後流通過程での着色の進行があるため, 気温が高くなるにつれてより早採りすることが行われる。また, イチゴ果実では収穫後の追熟による糖の増加や減酸は起こらない, すなわち収穫時が最高の品質で以後は劣化していく。また, 輸送性や日持ち性に関与する硬度は成熟に伴い低下する。成熟中の減酸に伴い食味の指標として用いられる糖酸比(糖含量/酸度)は上昇するが, ‘大分6号’に対しては酸味が少ない(=淡泊な味)という評価も多く, 春期に酸味が残っている段階で収穫することは食味の特徴付けに寄与すると考えられる。70%~100%着色の間の食味向上は小さいことと併せて考えると, ‘大分6号’では春期に70%着色程度の早採りを行ってよいと考えられた。

加工原料として, 生産量が増加し, 価格が低下する春期のイチゴの利用が想定される。春期であっても3月と5月で糖酸含量・組成は大きく異なるため, 加工の際にはこれらの特性を考慮する必要があると分かった。

5°C貯蔵下における‘大分6号’の糖・有機酸組成・硬度の変化が明らかとなった。糖や有機酸の変化は小さく, イチゴの食味に対して大きな影響はないと考えられた。イチゴの最適貯蔵温度は0°Cとされており, 5°Cは実用上最適に近い温度条件である。実際の流通過程では5°Cよりも高い温度帯に遭遇することもあるため, 5°Cより高い温度での‘大分6号’の品質変化について今後検討する予定である。

果皮, 果肉, 芯等の部位別の果実硬度と果実全体のペクチン含量の関係については HSP や全ペクチン, AIS 含量との関連性が見られたが, 果実の部位別のペクチン含量について調査した事例は見当たらず, 今後調査する予定である。

以上のように, 冬期と春期の‘大分6号’の品質の特徴が明らかとなった。次年度は各種栽培方法が春期の品質向上に与える影響を調査する予定である。

## 謝 辞

本研究を行うにあたり、試料を提供いただいた大分県農林水産研究指導センター農業研究部果菜類チームに心より御礼申し上げます。

## 参考文献

- (1)遠藤(飛川)ら, 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および遺伝資源評価. 農研機構研報九州農研 67:1-14(2018)
- (2)日本食品科学工学会, 食品分析研究会(編纂). 新・食品分析法(1996)
- (3)松本ら, 韓国産イチゴ新品種の特性と貯蔵性の品種間差異. 園芸学研究 7(2):293-297(2008)
- (4)Kohyama et al., A simple mechanical index of storage quality of strawberry fruits. Rep. National Food Res. Inst. 77:1-11(2013)
- (5)佐藤ら, イチゴ果実成熟過程における品質の品種間差異. 野菜試験場報告 C 9:23-30(1986)
- (6)柏寄ら, イチゴ果実硬度の非破壊測定に関する基礎的研究(第1報)果実硬度と細胞壁構成成分の関係. 農業機械学会誌 69(6):49-56(2007)