

ソフトパックにより包装されたイチゴの損傷発生に及ぼす 衝撃の影響

誌名	日本食品保蔵科学会誌
ISSN	13441213
著者名	北澤,裕明 佐藤,達雄 石川,豊 中村,宣貴 椎名,武夫
発行元	日本食品保蔵科学会
巻/号	36巻6号
巻号補足	
掲載ページ	p. 265-269
発行年月	2010年11月

農林水産省 農林水産技術会議事務局筑波産学連携支援センター
Tsukuba Business-Academia Cooperation Support Center, Agriculture, Forestry and Fisheries Research Council
Secretariat



ソフトパックにより包装されたイチゴの 損傷発生に及ぼす衝撃の影響

北澤 裕明^{*1§}・佐藤 達雄^{*2}・石川 豊^{*1}
中村 宣貴^{*1}・椎名 武夫^{*1}

^{*1} 〔御農業・食品産業技術総合研究機構食品総合研究所

^{*2} 茨城大学農学部附属フィールドサイエンス教育研究センター

Effect of Shock on the Damage Occurrence of Strawberry Packaged by Foam Fruit Tray

KITAZAWA Hiroaki^{*1§}, SATO Tatsuo^{*2}, ISHIKAWA Yutaka^{*1},
NAKAMURA Nobutaka^{*1} and SHIINA Takeo^{*1}

^{*1} National Food Research Institute, National Agriculture and Food Research Organization,
2-1-12, Kamondai, Tsukuba-shi, Ibaraki 305-8642

^{*2} Field Science Center, Collage of Agriculture, Ibaraki University,
4668-1, Ami, Ami-cho, Inashiki-gun, Ibaraki 300-0331

We investigated damage caused by shock in ‘Tochiotome’ strawberries by considering fruits with using two types of firmnesses (approximately 5.1 and 6.1 N). Two types of fruits were harvested at different times and were packaged by using a conventional form fruit tray. The fruit were dropped from heights of 0.10, 0.15, 0.20, and 0.25m, and the relationship between shock acceleration and damage occurrence and between shock frequency and damage occurrence were determined; the relationships were observed to be well described by power approximate curve. For the fruit with a firmness of 5.1 N, shock frequencies required to damage the fruit were approximately 34% lesser than those required in the case of 6.1 N for each shock acceleration value. Simulation of damage occurrence during transportation by a home delivery service indicated that such differences in the fruit firmness significantly influence the shipping quality of fruits. Therefore, more effective or improved packaging methods should be developed for transporting strawberries with a low firmness.

(Received Jul. 21, 2010; Accepted Oct. 31, 2010)

Key words: cushioning packaging, fruit firmness, shock, strawberry, transportation

緩衝包装, 果肉硬度, 衝撃, イチゴ, 輸送

イチゴは軟弱果実の代表的な存在であり¹⁾, その輸送中の振動や衝撃による損傷を防止することが課題となっている。これまで、振動が果実の損傷発生に及ぼす影響については、多くの研究が行われてきた。中村ら²⁾は、包装形態の違いが振動によるイチゴの損傷発生に及ぼす影響について調査し、一般的なイチゴの包装形態である2段詰め包装（以下、2段詰め）と比較し、長距離輸送や高級品の出荷に用いられるソフトパック包装（以下、ソフトパック）は、振動による果実の損傷防止効果に優れることを明らかにした。打田³⁾は、果肉硬度の違いが

振動によるイチゴの損傷性に及ぼす影響について検討し、果肉硬度の違いの要因となる品種や収穫時期を考慮した損傷対策の必要性を示唆している。また、実輸送における振動を考慮した包装方法についても、いくつかの提案がみられる^{4)~6)}。

しかし、ウンシュウミカン⁷⁾やレモン⁸⁾, モモ⁹⁾およびリンゴ^{10), 11)}などの果実において、衝撃が損傷発生に及ぼす影響について多くの研究事例がある一方で、イチゴにおいて衝撃がその損傷発生に及ぼす影響について検討した事例は少ない。前報¹²⁾において筆者らは、2段詰めさ

^{*1} 〒305-8642 茨城県つくば市観音台2-1-12

^{*2} 〒300-0331 茨城県稲敷郡阿見町阿見4668-1

§ Corresponding author, E-mail: ktz@affrc.go.jp

れた‘とちおとめ’を用いて、衝撃による損傷発生に関する評価試験を実施し、衝撃加速度および衝撃繰り返し回数と果実の損傷発生との関係を累乗近似曲線により表すとともに、この曲線を用いて輸送中の損傷発生予測を行ったが、近年の品種¹³⁾や包装形態の多様化を考慮すると、果実の物性や包装形態ごとの詳細な調査が必要であると考えられる。

本研究では、ソフトパックにより包装されたイチゴの損傷発生に及ぼす衝撃の影響について、2種類の果肉硬度のイチゴを用いて調査した。また、果肉硬度の違いが輸送中の衝撃による損傷発生に及ぼす影響について、実輸送データに照らした予測を試みた。

実験方法

1. 供試材料

(1) イチゴ 供試試料は、茨城県内で生産された‘とちおとめ’とした。着色程度は85%以上、平均果実重量は約13g (2L階級相当)であった。あらかじめ目視による選抜を行い、奇形果や傷のある果実を取り除いた。果実の果肉硬度は果実硬度計 (KM-1, 藤原製作所) により測定した。赤道面の対極2箇所における円筒形プランジャー (5 mm) 貫通時の最大抵抗力を測定し、それら2値の平均を1果あたりの果肉硬度とした。この硬度計の表示単位はkgfであるため、計測値に9.80665を乗じNに換算した。この方法で測定した試験期間中の果肉硬度は、1~2月の調査日では、平均6.1N (5.9~6.4N)、3~4月の調査日では、平均5.1N (5.0~5.2N)であった。そのため、以下に説明する落下試験をそれぞれの時期に実施することにより、果肉硬度の違いによる損傷性を比較することとした。

(2) 包装形態 供試したソフトパックは、蓋つきのポリスチレン製パックの内部に果実の形状に適合するようホールが成型された発泡ポリエチレン製のトレーを内包したものである (図1)。トレーに収納できる果実数は20である。実際の輸送において、これが段ボール箱に梱包されることを想定し、パック底面にイチゴ梱包用の段ボール箱と同質かつ同一面積の段ボール板 (3 mm厚、

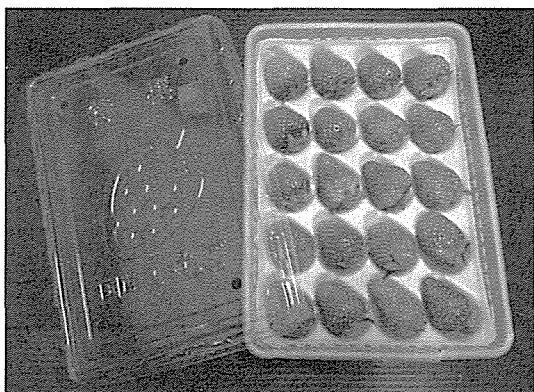


図1 供試したイチゴの包装形態

Fフルート)を両面テープで貼り付け、以降に説明する落下試験に供した。

2. 落下高さが衝撃加速度に及ぼす影響

筆者らが以前に実施した青果物の輸送環境調査において、輸送中に想定される落下高さは最大で0.20m前後であることが示唆された¹⁴⁾。そのため、本実験においてはイチゴを詰めたソフトパックを0.10, 0.15, 0.20および0.25mの各高さから木製テーブル上に落下させた際の衝撃加速度を計測した。その際、ソフトパックに内包したトレーの中心付近のホール底面に衝撃計測解析システム (SMH-12, 神栄テクノロジー) に接続された加速度センサー (2366W, 昭和測器) を両面テープで貼り付け、上から果実を載せた。ほかのホールにも果実を収納した。計測された衝撃加速度および速度変化を衝撃・振動解析ソフトウェア (SMS-500, 神栄テクノロジー) に入力し、3次元方向の波形を合成することにより、トレーに生じた最大の衝撃加速度を算出した。試験は各高さについて20回繰り返した。

3. 果実の損傷評価

(1) 衝撃加速度および衝撃繰り返し回数の違いが果肉硬度の異なる果実の損傷発生に及ぼす影響 本実験では、各高さから果実を詰めたパックの落下を繰り返し、20果中5果、すなわち25%の果実に水浸状のスポットや果汁の滲出が伴う変形が認められた時点を損傷発生と定義した。

衝撃の繰り返しによる果実の損傷を疲労破壊の一種であると仮定すると¹⁵⁾、衝撃加速度 G と損傷発生までの衝撃繰り返し回数 T との関係は以下の式で表される。

$$T = cG^b \dots\dots\dots (1)$$

ここで、 b および c は定数である。各落下高さに対応する衝撃加速度ごとの損傷発生までの衝撃繰り返し回数を調査し、式(1)との整合性について検討した。各高さおよび果肉硬度ごとに3反復行った。

(2) 輸送中の衝撃による損傷発生に及ぼす果肉硬度の影響評価 輸送工程における衝撃による損傷発生について、実輸送に照らした予測を行った。使用したデータは、久留米市内から東京都内 (大田市場) までソフトパックを2個収納した段ボール箱を4個結束し、これを冷蔵の宅配便にて輸送した際に、最下段の箱内に発生した衝撃加速度および衝撃回数の値である¹²⁾。これらの計測は、輸送環境記録計 (DER-mini, 神栄テクノロジー) により行った。ここで、 T 回の衝撃により損傷する果実に n 回の衝撃が印加された際の損傷度 D は、

$$D = nT^{-1} \dots\dots\dots (2)$$

と定義され、損傷発生時における損傷度 D は1となる。式(1)および(2)を用いて、この行程における各衝撃1回あたりの損傷度 D を算出し、この総和が1となる箇所を、予測される商品性が喪失する箇所とした。なお、

ここで用いた記録計における計測値と2.で用いた加速度センサーによる測定値との整合を図るため、前報¹²⁾およびISHIKAWA, *et al.*¹⁴⁾の報告に基づき、計測された衝撃加速度値を2倍したうえで、損傷発生予測を行った。

結果および考察

1. 落下高さが衝撃加速度に及ぼす影響

0.10, 0.15, 0.20および0.25mの各高さから落下させた際の衝撃加速度は、それぞれ、32.5, 49.5, 66.3および86.0Gとなり(図2)、両者の関係は以下の式で表された。

$$G = 367.6H^{1.06} \quad (R^2 = 1.00) \quad (3)$$

ここで、 G は衝撃加速度、 H は落下高さ(m)である。

2. 果実の損傷評価

(1) 衝撃加速度および衝撃繰り返し回数の違いが果肉硬度の異なる果実の損傷発生に及ぼす影響 1.で得られた式(3)を用いて、落下高さを衝撃加速度に読み替え、各衝撃加速度をソフトパックに印加した際の果実の損傷発生に及ぼす衝撃加速度と衝撃繰り返し回数を調査した。それぞれの果肉硬度における損傷までの衝撃繰り返し回数は、果肉硬度が5.1Nの場合、32.5Gでは7.7回、49.5Gでは4.7回、66.3および86.0Gでは、それぞれ3.0回となった(図3)。一方、6.1Nの場合、それぞれ12.0, 7.7, 5.3および3.7回となった。このように各衝撃加速度に対する損傷発生までの衝撃繰り返し回数は5.1Nの果実では6.1Nの果実と比較し18~41%、平均すると34%減少した。

また、いずれの果肉硬度においても損傷までの衝撃加速度 G と衝撃繰り返し回数 T との関係は、それぞれ以下の式で表され、2段階めされたイチゴの繰り返し衝撃による損傷発生¹²⁾と同様に式(1)で示した疲労破壊による損傷発生モデルとよく一致した。

$$5.1N: T = 267.0G^{-1.03} \quad (R^2 = 0.93) \quad (4)$$

$$6.1N: T = 829.8G^{-1.31} \quad (R^2 = 1.00) \quad (5)$$

(2) 輸送中の衝撃による損傷発生に及ぼす果肉硬度の影響評価 式(2)、(4)および(5)より、実際の宅配便による輸送経路における1回あたりの衝撃に対する損傷度を算出し、これに基づき各果肉硬度の果実が損傷する地点を予測した。その結果、2.(1)において、果肉硬度の違いによる各衝撃加速度に対する損傷発生までの衝撃繰り返し回数の差は平均で34%であったが、この差は実際における輸送中の損傷発生状況に大きな変化をもたらす可能性が示唆された(図4)。ここで、果肉硬度6.1Nの果実の商品性が喪失すると予測されるのは、出荷から15時間を経た後、宅配業者倉庫に約7時間保管され、ここから大田市場に向けて輸送が再開される時点

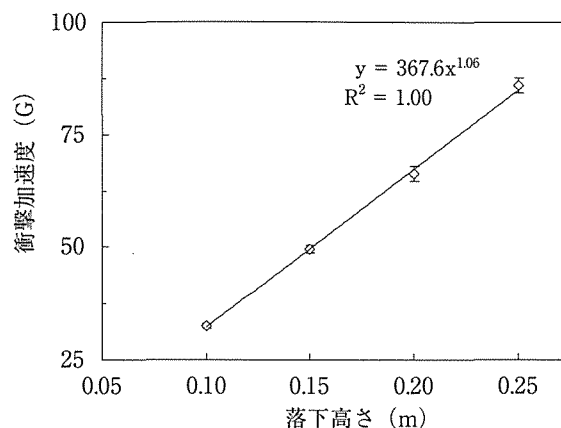


図2 落下高さと衝撃加速度の関係

(各点は20反復の平均値を示し、エラーバーは標準誤差を示す)

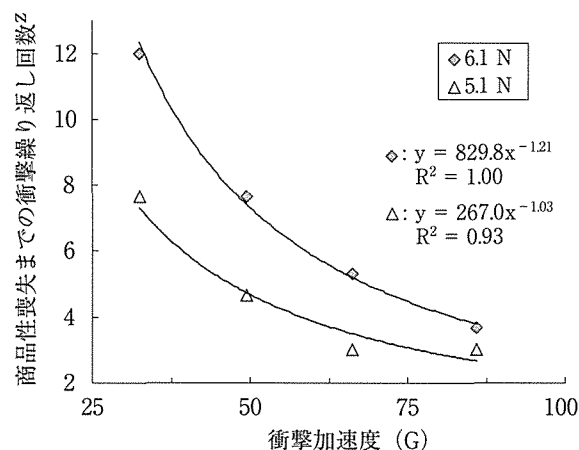


図3 衝撃加速度および果肉硬度の違いが果実の商品性喪失までの衝撃繰り返し回数に及ぼす影響

(各点は3反復の平均値を示す)

Z: 1パック20果中5果に損傷が発生するまでの落下回数

となる。また、ここで供試した果実と同様の果肉硬度を示す、冬から初春に収穫される‘さちのか’や‘とちおとめ’などの品種¹⁶⁾の輸送においては、この結果と同様な損傷傾向になるものと推察される。

一方、果肉硬度5.1Nの果実の商品性が喪失すると予測されるのは、出荷から、およそ7時間半経過した地点となる。春どりされる一季成りイチゴや夏秋どりされる四季成りイチゴでは、その果肉硬度が5.0Nを下回る傾向にあり^{16), 17)}、それらの果実では、さらに短時間での商品性の喪失が懸念される。

本研究においては、いずれの果肉硬度の果実を用いた場合においても、大田市場に到着する前に果実の商品性が喪失する可能性が高いものと予測された。実際の流通においては、さらに市場から小売店といった経路が存在することを考慮すると、少なくとも宅配便による輸送を想定した場合、ソフトパック包装の衝撃に対する緩衝性能は不足しているものと考えられた。さらに果肉硬度の

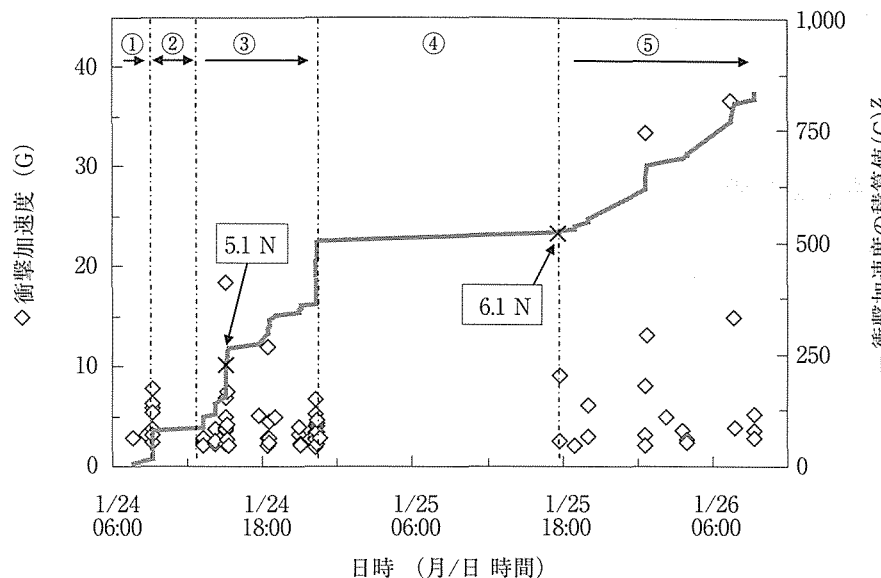


図4 イチゴを久留米市内から大田市場まで宅配便輸送した際における衝撃発生状況およびソフトパック包装されたイチゴの商品性喪失箇所の予測

(線上の×は商品性喪失箇所を示す)

①：出荷から宅配業者までの輸送

②および④：宅配業者倉庫にて保管

③および⑤：宅配業者トラックによる輸送

Z：前報¹²⁾に基づき、各衝撃加速度を2倍したうえで積算した値

低い品種あるいは果肉硬度が低くなる収穫時期におけるイチゴの流通が想定されている現状を踏まえると、新たな損傷防止対策について検討する必要があると考えられた。

要 約

イチゴの衝撃による損傷発生に及ぼす果肉硬度の影響について、ソフトパックにより包装された異なる収穫時期より得られた2つの果肉硬度(約5.1および6.1N)のイチゴ‘とちおとめ’を用いて調査を行った。0.10, 0.15, 0.20および0.25mの高さから落下させた際に果実が損傷発生に至るまでの衝撃加速度と衝撃繰り返し回数との関係は、いずれの硬度においても累乗近似曲線により表され、疲労破壊による損傷発生モデルに従った。各衝撃加速度に対する損傷発生までの衝撃繰り返し回数は、果肉硬度が5.1Nの果実では、6.1Nのものと比較し平均で34%少なかった。この違いは、果実の輸送性に大きな違いをもたらすと予測されたとともに、果肉硬度の低い品種に対応した新たな包装設計の必要性が示唆された。

謝 辞 本研究は、文部科学省科学研究費補助金若手研究(B)(課題番号：21780236)の一部として実施されたものである。ここに記して御礼申し上げる。

文 献

- 1) 中村宣貴・梅原仁美・岡留博司・中野浩平・前澤重禮・椎名武夫：振動周波数および振動方向がイチゴの損傷に及ぼす影響，農業施設，38，101～108(2007)
- 2) 中村宣貴・梅原仁美・根井大介・岡留博司・石川 豊・中野浩平・前澤重禮・椎名武夫：包装条件の違いがイチゴ果実の損傷に及ぼす影響，農業施設，39，1～8(2008)
- 3) 打田 宏：イチゴの輸送振動による損傷について，日本包装学会第17回年次大会講演予稿集，60～61(2008)
- 4) SINGH, S. P.: New package system for fresh berries, *Pack. Tech. Sci.*, 5, 3～12(1992)
- 5) 北澤裕明・石川 豊・中村宣貴・椎名武夫：イチゴ輸送中の損傷を防止する新たな包装形態，日食保蔵誌，34，19～23(2008)
- 6) KITAZAWA, H., ISHIKAWA, Y., LU, F., HU, Y., NAKAMURA, N. and SHINA, T.: Alleviation of Strawberry Bruising due to Vibration Using 1-Layer Packaging with Cushioning, *J. Pack. Sci. Tech., Jpn.*, 19, 33～42(2010)
- 7) 岩元陸夫・早川 昭・河野澄夫・真子正史：選果工程中に受ける落下衝撃の温州ミカン品質に及ぼす影響，農機誌，38，539～544(1977)
- 8) 池田裕朗・石川 豊・北澤裕明・路 飛・赤阪信二・塩田 俊：収穫から選果までの間にレモン果実が受ける衝撃解析，園学研，9，107～112(2010)
- 9) VERGANO, P. J., TESTIN, R. F., NEWALL JR., W. C. and TREZZA, T.: Damage Loss Cost Curves for Peach Impact Bruising, *J. Food Qual.*, 18, 265～278

- (1995)
- 10) LU, L. -X. and WANG, Z. -W.: Dropping Bruise Fragility and Bruise Boundary of Apple Fruit, *Trans. ASABE*, **50**, 1323~1329 (2007)
- 11) LU, F., ISHIKAWA, Y., KITAZAWA, H. and SATAKE, T.: Measurement of Impact Pressure and Bruising of Apple Fruit Using Pressure-Sensitive Film Technique, *J. Food Eng.*, **96**, 614~620 (2010)
- 12) 北澤裕明・石川 豊・路 飛・胡 耀華・中村宣貴・椎名武夫：イチゴ輸送中の衝撃解析と損傷発生予測, 園学研, **9**, 221~227 (2010)
- 13) 國久美由紀：栽培イチゴにおけるゲノム特異的DNAマーカーの開発と品種識別技術への応用, 筑波大学生命環境科学研究科, 博士(農学)学位論文 (2008)
- 14) ISHIKAWA, Y., KITAZAWA, H. and SHINA, T.: Vibration and Shock Analysis of Fruit and Vegetables Transport — Cherry Transport from Yamagata to Taipei—, *JARQ*, **43**, 129~135 (2009)
- 15) 岩元睦夫・河野澄夫・早川 昭：青果物輸送の等価再現化に関する研究(第3報), 一損傷に影響する振動加速度パワースペクトルの評価—, 農機誌, **42**, 69~74 (1980)
- 16) 山下ルミ・坂東一宏：イチゴ品種比較試験, 徳島県立農林水産総合技術支援センター農業研究所 平成18年度試験成績概要書 (<http://www.green.pref.tokushima.jp/nogyo/onlbook/gaiyosyo/2006/yasai12.pdf>) (2010年7月15日確認)
- 17) 岩瀬利己・庭田英子・村上卓司：イチゴ‘なつあかり’の夏秋どり栽培における収量・果実品質と育苗方法, 東北農業研究, **61**, 157~158 (2008)
- (平成22年7月21日受付, 平成22年10月31日受理)