

ポストハーベストのこと ～おいしさを守る, 収穫と食卓の間の話～

2015年11月6日
第15回
サイエンスカフェ

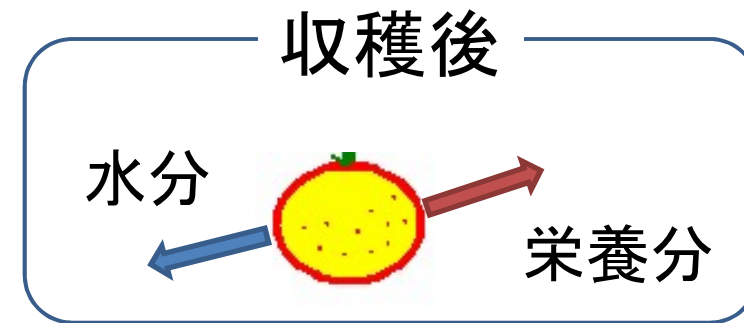
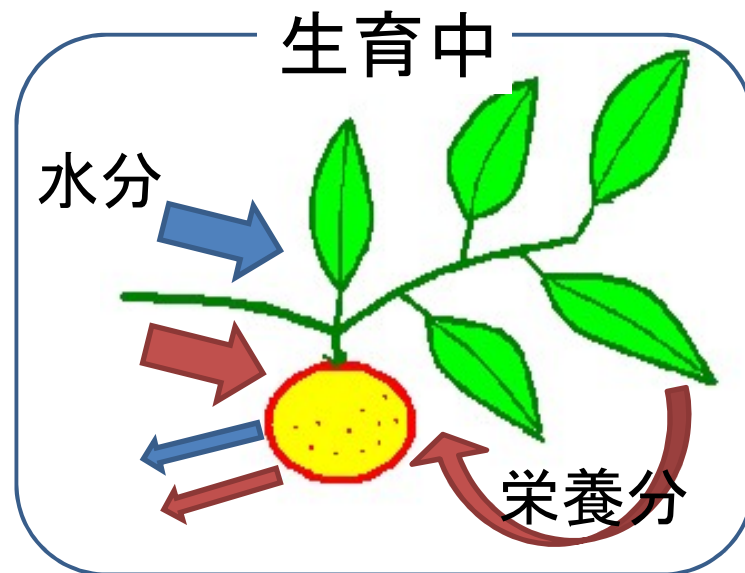


ポストハーベストとは？

- 収穫後の農産物の保蔵に関わる技術全般を指す：乾燥・貯蔵・冷蔵・冷凍，加工，調理，輸送などに関わる技術)
- ポストハーベスト農薬を意味するのではない！

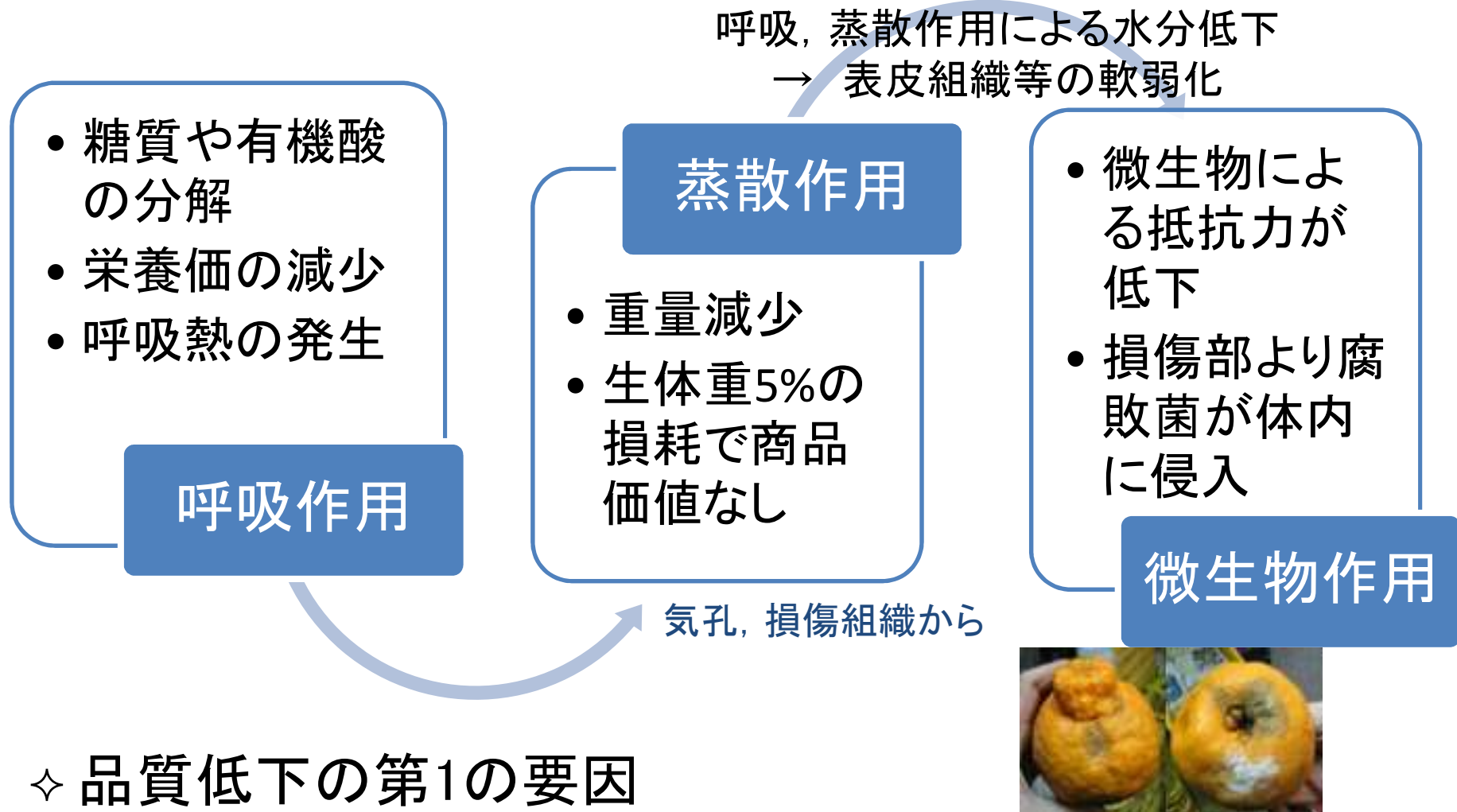
収穫後(ポストハーベスト)の生理と品質

- 農産物は、収穫後も生命活動を維持するために、呼吸を行っている。



地中からの栄養分の供給は断たれ、空気中の O_2 を吸収し、 CO_2 を排出(呼吸)し、生命保持のためのエネルギーの獲得を図る。

品質低下の要因



✧ 品質低下の第1の要因

✧ 個々の細胞が営んでいる種々の生化学的反応の総計

野菜の種類と呼吸量

品名	CO ₂ 排出量 (mg kg ⁻¹ h ⁻¹)		
	0°C	4.5°C	21°C
アスパラガス	44	82	222
ブロッコリー	20	97	310
キャベツ	6	10	38
セロリ	7	11	64
スイートコーン	30	43	228
レタス	11	17	55
ジャガイモ	3	6	13
ハウレンソウ	21	46	230
カボチャ	12	16	91
タマネギ	16	25	117

- 初期の生育ステージで収穫される葉茎菜類(アスパラガス, ブロッコリー, ハウレンソウ)や, 未熟な果実(スイートコーン)が概して呼吸量大きい.
- 成熟して収穫する果菜類(トマト)は, 中間的な呼吸量.
- 貯蔵器官や根菜類(ジャガイモ, タマネギ, カボチャ)は, 呼吸量小さい.
- 結球性の方が非結球性の作物より呼吸量小さい傾向.

呼吸量の小さいもののほど, 貯蔵性高い

呼吸量を抑制＝鮮度保持

■ 呼吸量を制御する要因

温度

湿度

環境ガス

機械的損傷

振動

コールドチェーン勧告

- 1965年(昭和40年)に当時の科学技術庁資源調査会から「食生活の体系的改善に資する食料流通体系の近代化に関する勧告」(いわゆる「コールドチェーン勧告」)が出された.

- 勧告事項

- 1. 食品の等級・規格および検査制度の確立
- 2. 食料流通に関する情報体系の整備
- 3. 生産地、中継地加工体制の確立
- 4. 食料流通に関する研究開発

(許容温度時間, 加工, 包装, 等級・規格)

予冷

- **予冷**: 野菜の品質を保持するために、収穫後できるだけ早期に、また急速に品温を下げ、野菜の生理活性を抑制する操作.
- 予冷を行った後に、一時貯留, 貯蔵, 輸送, 販売などの流通工程がある.
- このフードチェーンでも、連続して適正な低温を保持することで、鮮度や高品質を維持することができる.

呼吸の抑制, 追熟・老化の防止, 水分損失の防止,
有害微生物の増殖抑制, 発芽の阻止など

低温障害

- 冷蔵保存に不向きな青果物を低温で保存した場合に発生する障害のこと。主に熱帯や亜熱帯原産の作物で生じやすい。
- 表面に褐変や窪んだ斑点（ピットティング）などが出るほか、水っぽくなったり、軟らかくなる等の追熟不良やビタミンCの減少などの栄養価の損失を招く。

表 青果物の低温に対する感受性

低温感受性	野菜の種類
大	キュウリ, ナス, ペッパー, サツマイモ, カボチャ, トマト, ジャガイモ, バナナ, レモン, パイナップル, マンゴー, アボカド
中	ブロッコリー, セルリー, レタス, タマネギ, パセリ
小	アスパラガス, メキャベツ, キャベツ, ニンジン, カリフラワー, ホウレンソウ, カブ

（大久保編著, 1993）

ピットティング・褐変

■ 低温障害による発生する症状



CA (Controlled Atmosphere) 貯蔵



低温
高湿度
低O₂濃度
高CO₂濃度

包装

外界との遮断による 食品品質の保持

- 微生物, 害虫侵入の防止
- ビタミン分解, 変色の防止
- 水分, 香気の蒸散による風味低下の防止

輸送時などの機械的損傷の防止

包装の 役割

食品のイメージ アップ

取扱上の簡便性の 向上

MA (Modified Atmosphere) 包装



プラスチックフィルムのガス透過特性と青果物自身の呼吸と蒸散によって創出される一種のCA環境下で青果物の鮮度保持を図る方法

機能性フィルム

追熟抑制フィルム エチレン吸着・除去能をもっている

- エチレンの除去は、野菜の鮮度保持のためには、きわめて重要である。
- 過マンガン酸カリウムなどの分解型の除去剤の効果が高く、キウイフルーツの貯蔵に使用。

ガス制御フィルム 低酸素，高二酸化炭素(CA)貯蔵条件が好ましい。

- フィルムに数ミクロンの孔を開けた微細孔フィルムが主流。
- 「P-プラス」が大きなシェアを占めている。博多万能ねぎ，カット野菜，もやし等の包装に使用。

防曇フィルム 結露を防止するフィルム。

- フィルム内面に非イオン系界面活性剤(主として、食品添加物として認可されているグリセリン脂肪酸エステルなど)を処理。
- 表面を親水化して、水滴を水膜に変え、曇りを防止する。

水分抑制フィルム 過湿障害を防止するフィルム

- 紙おむつで用いられる高分子吸水ポリマー樹脂をフィルムラミネートし、袋内の水分を吸着。
- 柑橘類の長期貯蔵に用いられる。

抗菌性フィルム 腐敗を防ぐためのフィルム

- 銀ゼオライト，ヒノチキオール(ヒバ類)，アリルイソチオシアネート(ワサビの辛味成分)などの抗菌性物質を練りこんだフィルム

機能的段ボール, 容器

- レンゴー

- イチゴを衝撃から守る「宙吊りトレイ」

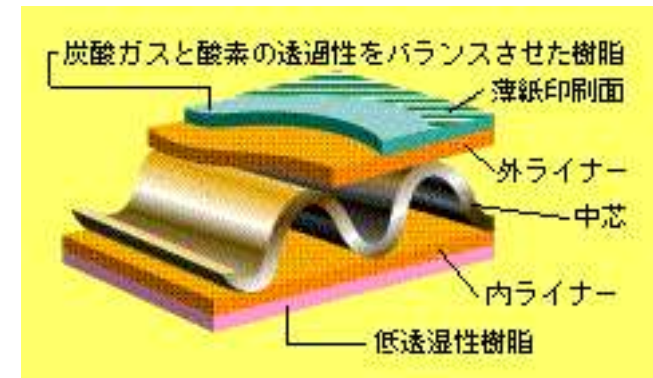


- ホンステープル段ボール

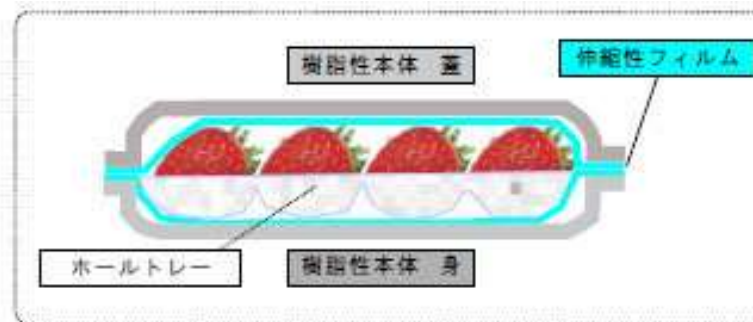


- 日本トーカンパッケージ

- T-CA (鮮度保持段ボール TOKAN CONTROLLED ATMOSPHERE)



- フルテクター



洗浄・殺菌

洗浄

土壌，農薬，微生物を洗浄除去する。

- 浸漬式，攪拌式，ドラム式，ブラシロール式，散水式などを併用して使用する。

加熱殺菌

食品を加熱し，付着，混入している微生物を殺す。

- 加熱変性を伴うため，生鮮野菜の処理は困難。
- マンゴーなどの一部の果実に対し，温湯処理として利用。（追熟抑制効果もある。）

薬剤殺菌

食品に使用できる薬剤とその用途で使用基準がある。

- 殺菌料：サラシ粉，次亜塩素酸，次亜塩素酸ナトリウムなど
- 漂白剤，発色剤：過酸化水素，亜硝酸ナトリウムには殺菌効果があるが，殺菌剤としての使用は不可

紫外線照射殺菌

UV-C(100~280nm)の中で，200~280nmを殺菌線とよぶ。

- 250~260nmの波長は，強い殺菌力があることが知られている。
- 分子や電子を電離するほどのエネルギーはないが，DNAに損傷を与え細胞分裂を阻害し，微生物を死に至らしめる。

農産物の表面殺菌技術の確立

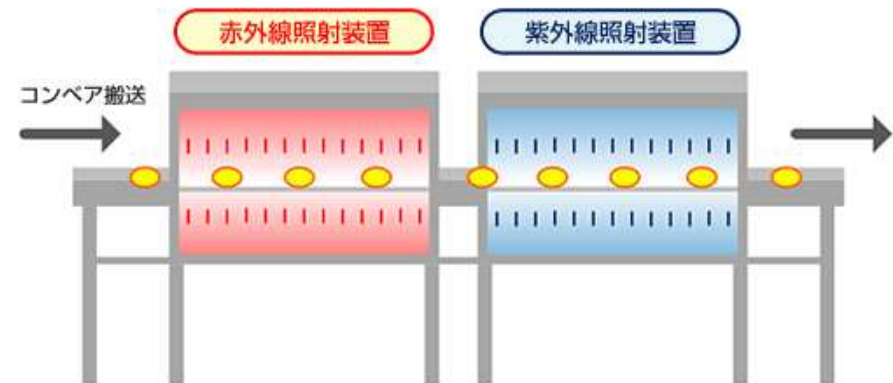
- 農産物の内外部品質に影響を及ぼさずに、表面に付着した微生物数を流通初期段階から減少させることのできる殺菌法の開発が求められている。
- 赤外線加熱や紫外線照射を利用し、効果的に農産物の表面を殺菌できる技術の確立を目指している。



腐敗した果実と分離した微生物の様子

青果物用 光殺菌装置 アグリクリーン
平成26年度農業食料工学会開発賞受賞

2種類の光で青果物の表面を殺菌



赤外線・紫外線を照射し、青果物の表面を
殺菌する新しいタイプの殺菌装置

(SAIKA HPより抜粋)

農産物のフードチェーン

収穫地から小売店の店頭へ青果物が並ぶまで



ハウス内のシュンギク



収穫作業



包装されたシュンギク



農家からJAへ



小売店店頭へ到着



青果市場内の低温貯蔵庫

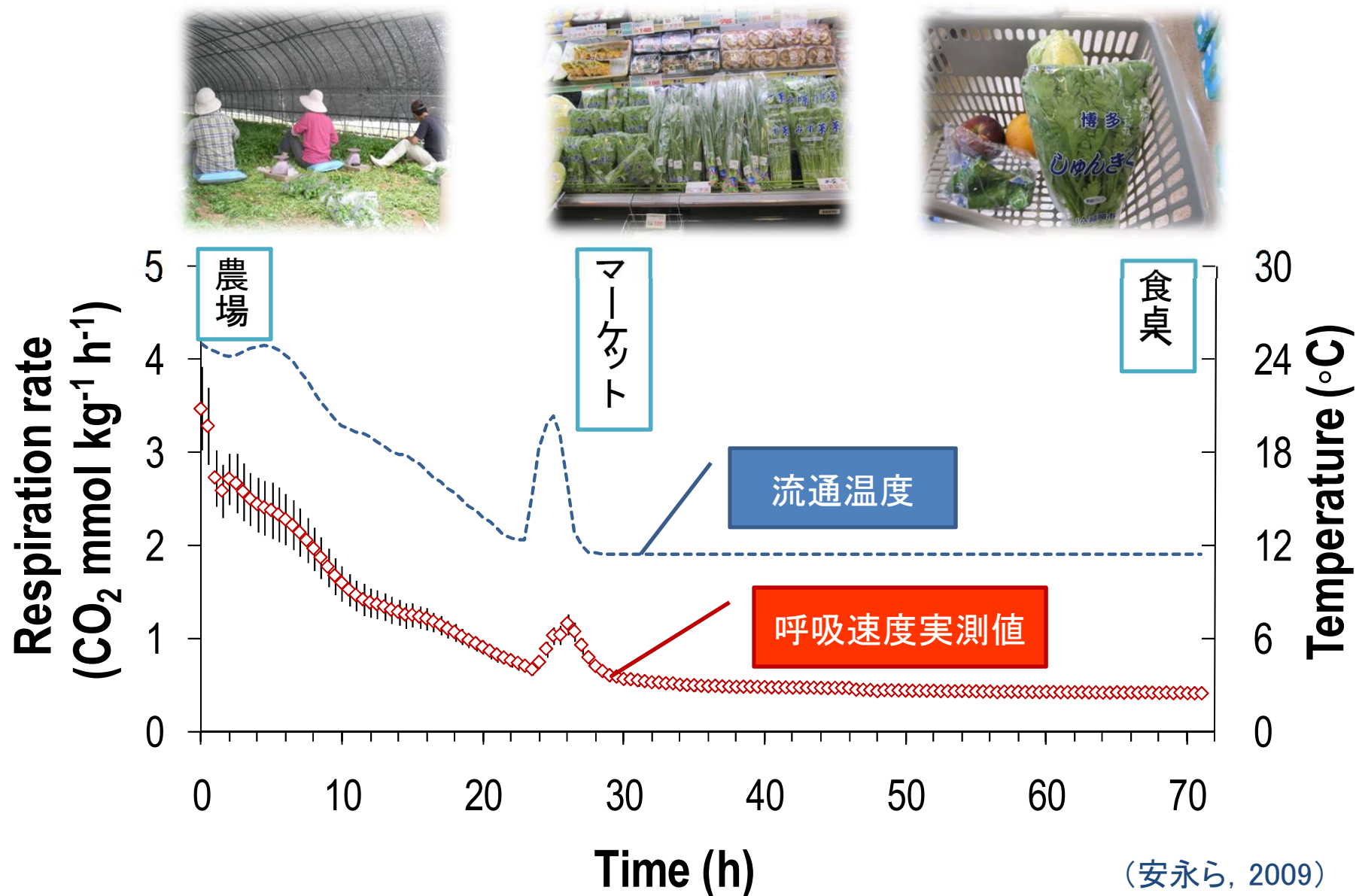


JAから青果市場へ



JA内で品質検査

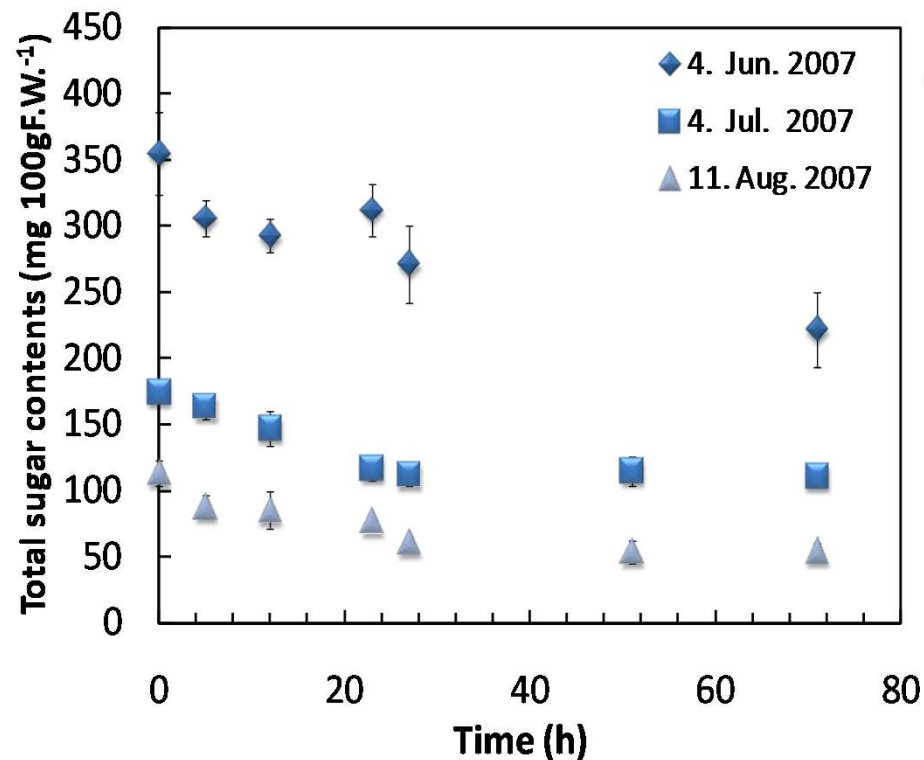
流通温度下のシュンギクの呼吸速度 R_c の経時変化



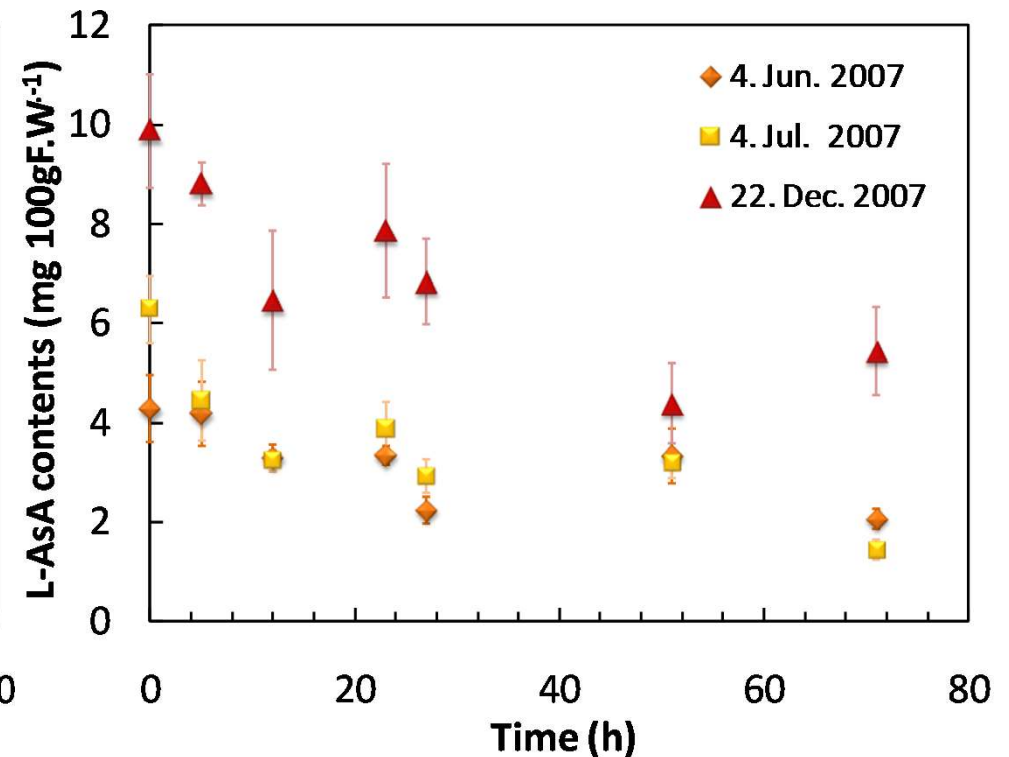
(安永ら, 2009)

流通温度下の全糖，ビタミンC含量の経時変化

全糖(Fru+Glu+Suc)



ビタミンC



(安永ら, 2009)

果実を輸入するためには…

- 関税分類番号(HSコード): 果実: HS08
- 輸入時の規制
 - 関税定率法/関税暫定措置法
 - 植物検疫法(条件付きで認められる場合もある)
 - 食品衛生法(残留農薬基準)
- 販売時の規制
 - 農産物資の規格化および品質表示の適正化に関する法律(JAS法)
 - 食品表示法

植物検疫証明書, 衛生証明書

COPY

292, 4223768
8806.-


 Department of Agriculture
 Ministry of Agriculture and Cooperatives, Bangkok, Thailand
Phytosanitary Certificate

Plant Protection Organization of Thailand
 TO : Plant Protection Organization (s) of **JAPAN** No. **4277094**

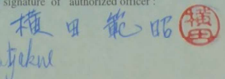
1. Name and address of exporter: SIAM EXPORT MART CO., LTD. 101/1 MANEYA 3 SOI 8 RATTANATHIBET RD. MUANG NONTABURI 11000 THAILAND.	2. Declared name and address of consignee: ASSOC. PROF. DR. EIRIKO YASUNAGA INSTITUTE FOR SUSTAINABLE AGRO-ECOSYSTEM SERVICE (ISAS) GRADUATE SCHOOL OF AGRICULTURAL AND LIFE SCIENCES THE UNIVERSITY OF TOKYO 1-1-1 MIDORI-CHO, NISHITOKYO, TOKYO, 188-0002, JAPAN.	
3. Number and description of packages: 28 CARTONS	4. Distinguishing marks:	
5. Place of origin: THAILAND	6. Declared means of conveyance: AIR	7. Declared point of entry: NARITA, JAPAN
8. Name of produce and quantity declared: MANGO 140.000 KG.(S) (NAM DOKMAI)	9. Botanical name of plants: MANGIFERA INDICA LINN.	

This is to certify that the plants, plant products or other regulated articles described herein have been inspected and/or tested according to appropriate official procedures and are considered to be free from the quarantine pests specified by the importing contracting party and to conform with the current phytosanitary requirements of the importing contracting party, including those for regulated non-quarantine pests.

Additional Declaration

**VAPOR HEAT TREATED NAM DOKMAI MANGO FREE FROM MANGO FLY BACTROCEA DORSALIS SPECIES COMPLEX AND
MELON FLY BACTROCEA CUCURBITAE COQUILLETT.**

Disinfestation and/or Disinfection Treatment

10. Date: MAY 26, 2014	11. Treatment: VAPOR HEAT TREATMENT	12. Chemical (active ingredient): --
13. Duration and temperature: 47 DEGREE CELSIUS FOR 20 MIN.	14. Concentration: --	15. Additional information: --
16. Stamp of organization: 	17. Place of issue: PLANT QUARANTINE RESEARCH GROUP, BANGKOK THAILAND	19. Name and signature of authorized officer:  MS. NUALNISA TANGSATHAKUL FOR CHIEF, PLANT QUARANTINE RESEARCH GROUP PLANT QUARANTINE STATION
18. Date: MAY 26, 2014		

NOTE : No financial liability with respect to this certificate shall attach to the Ministry of Agriculture and Cooperatives, Thailand or any of its officers or representatives of that Ministry.

500497

ORIGINAL

292, 4223768
8806.-


 Department of Agriculture
 Ministry of Agriculture and Cooperatives, Bangkok, Thailand
Health Certificate

Plant Protection Organization of Thailand
 TO : Plant Protection Organization (s) of **JAPAN** No. **AC 0926H10857857**

1. GAP code of farm: AC 03-9001-2552-36078941125 (MR. WORATHEP) AC 03-9001-2552-36056275125 (MR. SAYAN) AC 03-9001-2552-36056544125 (MR. SU THIP)	2. GMP code of packing house: AC 03-9035-2010-01321454100	
3. Laboratory number: AC 0926003	4. Laboratory sample number: 57/07269-001	5. Shipment date: 28 APRIL 2014
6. Name and address of exporter: SIAM EXPORT MART CO., LTD. 101/1 MANEYA 3 SOI 8, RATTANATHIBET RD., MUANG, NONTABURI 11000, THAILAND REGISTRATION NUMB JP-09-007		
7. Name and address of consignee: DR. EIRIKO YASUNAGA INSTITUTE FOR SUSTAINABLE AGRO-ECOSYSTEM SERVICE (ISAS) GRADUATE SCHOOL OF AGRICULTURAL AND LIFE SCIENCES THE UNIVERSITY OF TOKYO 1-1-1 MIDORI-CHO, NISHITOKYO, TOKYO, 188-0002, JAPAN		
8. Declared point of entry: JAPAN	9. Declared means of conveyance: AIR	
10. Description of goods and weight: MANGO NAM DOKMAI 300 KG. Mangifera indica Linn.		

Declaration

METHOD OF ANALYSIS : (1) In-house method TE-CH-030, TE-CH-031 and TE-CH-032 based on Strehlweider, H. Universal 5 min On-Line Method for Extracting and Isolating Pesticide Residues and Industrial Chemicals. Presendus Z Anal. Chem., 322(1995) 752-754.
 (2) In-house method based on QuEChERS method by LC-MS/MS
 DETERMINATION : Organophosphates, pyrethroids, carbamates and others residues.
 RESULT : Based on sample submitted / analysed on July 3, 2014

This certificate is issued to replace the certificate No. AC 0926H10756157

Chlorpyrifos residue : LOD = 0.01 mg/kg	Organophosphate group.....	Not Detected
Propiconazole residue : LOD = 0.005 mg/kg	Pyrethroid group.....	Not Detected
	Endosulfan.....	Not Detected
	Propiconazole.....	Not Detected
	Carbamate group.....	Not Detected

Organophosphates group(1) : DDVP, methidathion, diazinon, chlorpyrifos, pirimiphos ethyl, pirimiphos methyl, parathion, parathion methyl, mevinphos, malathion, profenofos, prothiofos, nonacrotaphos, dimethoate, omethoate, ilicratophos, phosalone, triazophos, fenitrothion, methidathion, ethion, EPN and azinphos ethyl
 Pyrethroids group(1) : permethrin, cypermethrin, cyhalothrin, fenvalerate, cyfluthrin and deltamethrin
 Carbamate group(1) : methidathion, carbaryl, BPMC(fenobacarb), carbofuran, 3-hydroxy carbofuran, methidcarb, isoprocarb, promecarb
 Others group : endosulfan(1), propiconazole(2)

Remarks: The above product is produced, packed and exported under control measures for pesticide management in mango exported to Japan and conforms to Japanese Agricultural Chemicals Residue Limits.

ANALYST KANNIKAR BUTTHO

11. Stamp of Organization: 	12. Date of issue: 19 APRIL 2014	14. Name and signature of authorized officer:  (Miss) Kulwilai Suthikulvanavanish FOR DIRECTOR GENERAL, DEPARTMENT OF AGRICULTURE
	13. Date of expiry: 03 MAY 2014	

030498

植物検疫@成田空港



余談ですが...

マンゴー120kg(350個)を日本に輸入するため

果実の代金: 7,500HB(約25,000円)

輸送費: 9,000THB(約30,000円)

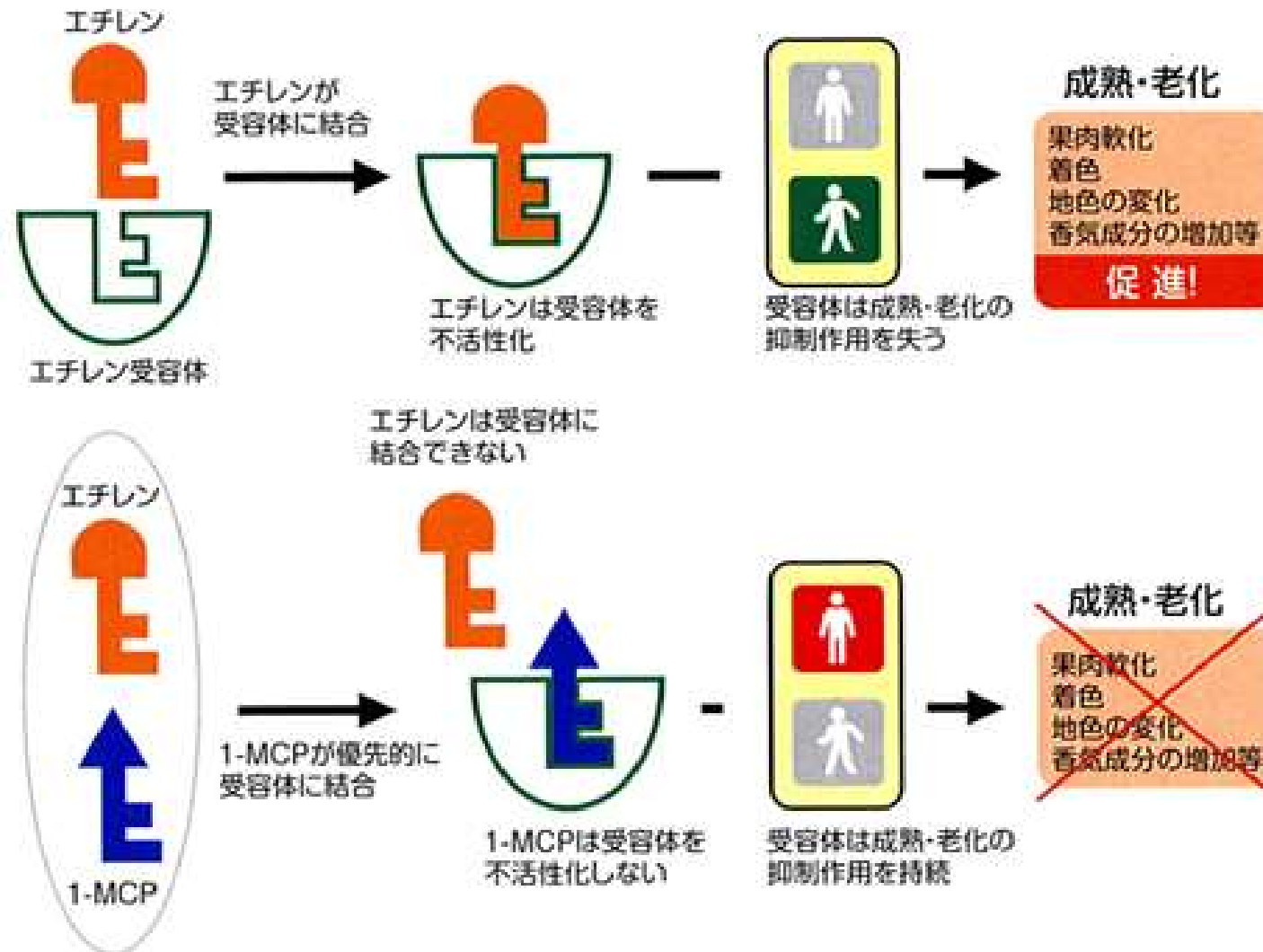
関税: 3,400円

蔵置料: 5,460円

エチレン作用阻害剤（1-MCP）

- 構造的には植物ホルモンのエチレンと類似している
- 商業的には、果実の成熟を抑制したり、カット青果物の傷みを抑制したり、観賞用の植物の鮮度保持に用いられる
- 商品名：Smart Freshで、アメリカ合衆国で承認を受け、アメリカ合衆国、EU諸国、オーストラリア、中国など31カ国で使用が認可されている
- 日本でも、リンゴ、ニホンナシ、セイヨウナシ、カキを対象に農薬登録が認可された（2010年11月9日）
- 処理濃度が0.5～1ppmと少量で効果が出る（気密性が高い容器内で反応させる）

エチレン受容体の作用機構（樫村，2004）



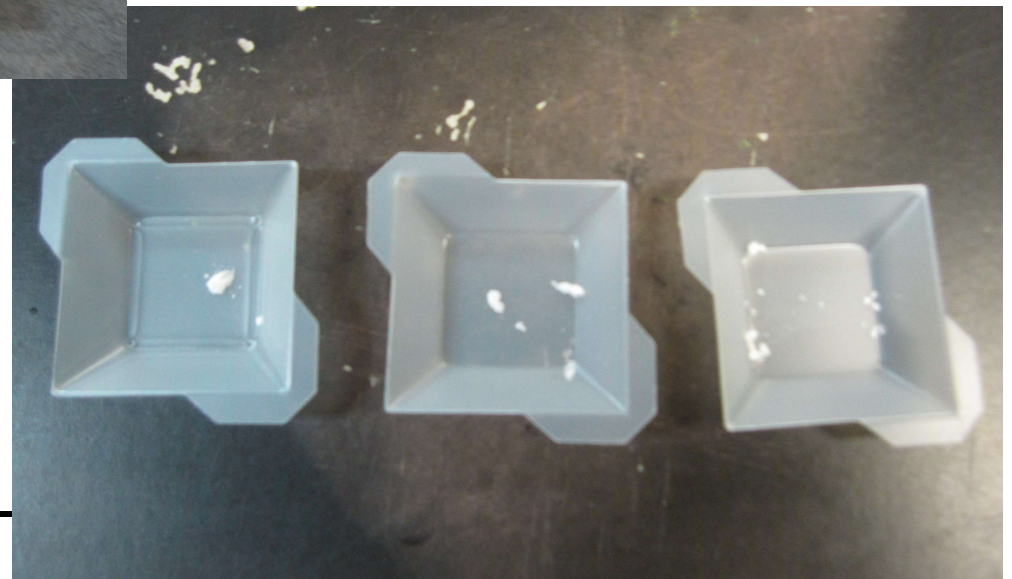
(http://www.fruit-safety.com/faq/qa_keyword/046.html参照)

SmartFreshの外観



Sample of SmartFresh™ ②

Sample of SmartFresh™ ①



花蕾の色の経時変化

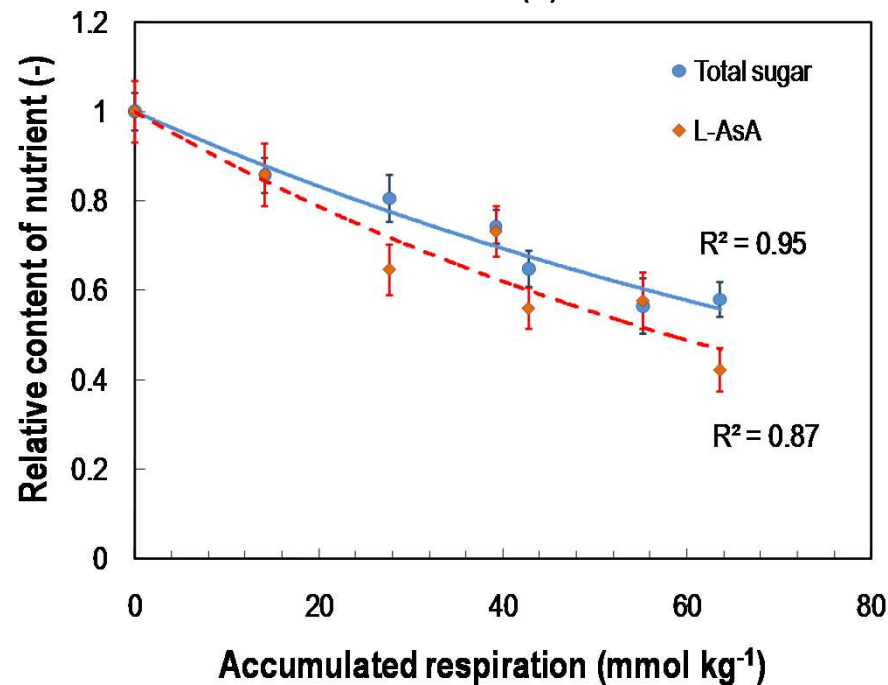
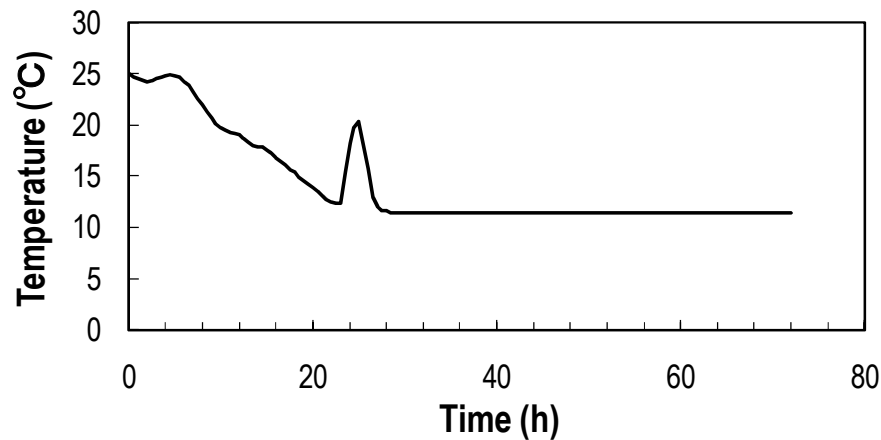


処理前(0日)

処理後(7日)



呼吸による内容成分含量の減少



(安永ら, 2009)

$C_{At}[-]$: 実験開始からの経過時間 $t[h]$ におけるL-AsA相対含有量

$$C_{At} = \frac{A_t}{A_0}$$

積算呼吸量

$$= \exp \left(\beta_A \int_0^t \left[K_1 \exp \left(\frac{-E_a}{RT} \right) \{ 1 + K_2 \exp(-k_d t) \} \right] dt \right)$$

$\beta_A[\text{kg mmol}^{-1}]$: 呼吸速度とL-AsA相対含有量を関連付けるパラメータ

	$\beta_A \text{ or } \beta_S$ [kg mmol ⁻¹]	RMSE [dimensionless]
Ascorbic Acid	11.93×10^{-3}	0.058
Total sugar	9.14×10^{-3}	0.029

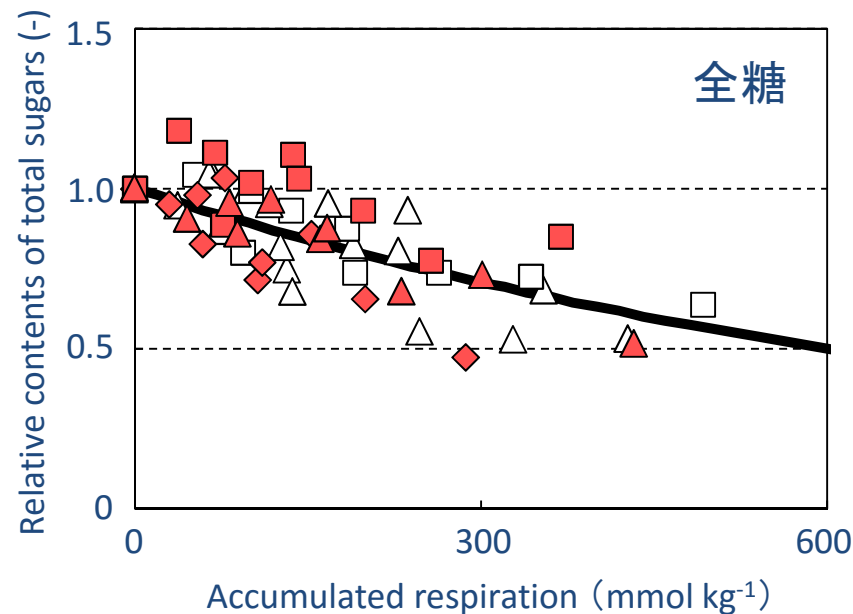
積算呼吸量と成分含量変化の関係を表すモデル式によって、流通中の青果物の品質変化が予測できることを明らかとした。

種々の環境下の全糖，ビタミンC含量の経時変化

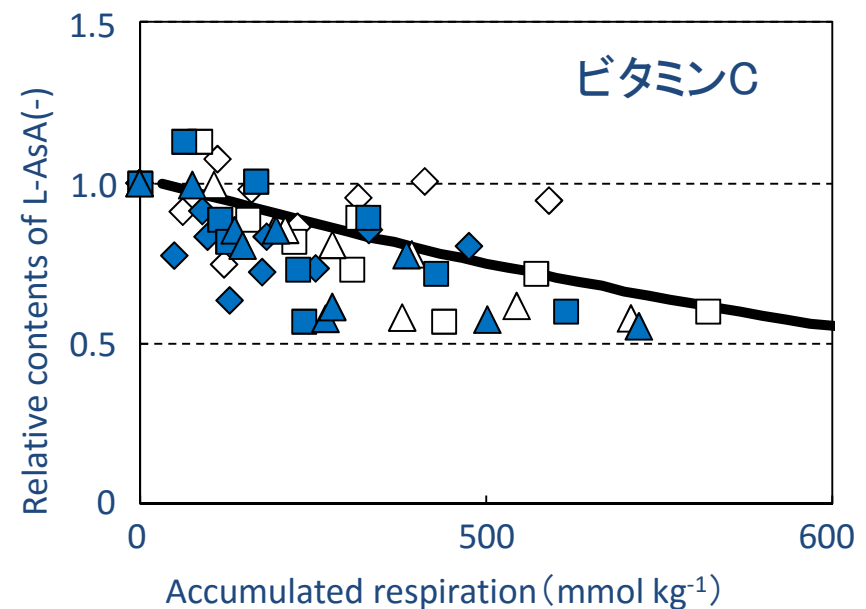
ブロッコリー

$$R_c = K_1 \exp\left(-\frac{E_a}{RT}\right) \left\{1 + K_2 \exp(-k_d t)\right\} \frac{[O_2]}{K_m + \left(\frac{[CO_2]}{K_i}\right)[O_2]}$$

$$AA_t = AA_0 \exp(-\beta A_{Rc})$$



実験値 0%CO₂ : ◇ 10°C □ 20°C △ 30°C
5%CO₂ : ◆ 10°C ■ 20°C ▲ 30°C 計算値 —



実験値 0%CO₂ : ◇ 10°C □ 20°C △ 30°C
5%CO₂ : ◆ 10°C ■ 20°C ▲ 30°C 計算値 —

食品の安全性確保と農産物流通

