

平成 22 年 5 月 24 日現在

研究種目：若手研究 (B)

研究期間：2008 ～ 2009

課題番号：20780183

研究課題名 (和文) 消費者志向の農産物品質変化予測システムの構築

研究課題名 (英文) Construction of a consumer-oriented prediction model of post-harvest agricultural quality deterioration

研究代表者

安永 円理子 (YASUNAGA ERIKO)

九州大学・生物環境調節センター・助教

研究者番号：00380543

研究成果の概要 (和文)：農産物の内部品質変化の予測モデルの提案および内部品質予測のためのデータベース構築を目的として、シュンギク、ブロッコリーならびにモロッコインゲンを試験材料として、収穫後の温度、ガス濃度、時間経過を考慮した品質変化予測モデルを検討した。シュンギクとモロッコインゲンには、ガス濃度の影響が認められなかったため、温度と時間を考慮したモデルを、ブロッコリーには上述の3要因を考慮したモデルを適用できることを明らかにした。

研究成果の概要 (英文)：The purpose of this study is to propose a prediction model for internal quality variation of fresh produce and to develop the database systems for quality deterioration of fresh produce. To verify the model, the respiration rate of chrysanthemum, broccoli and green beans were measured at several temperatures, oxygen concentrations and carbon dioxide concentrations with time. It was revealed that a prediction model considering the temperature and the time can be applied for the chrysanthemum and green beans, and that a model considering the above three factors can be applied to the broccoli.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2008年度	1,900,000	570,000	2,470,000
2009年度	800,000	240,000	1,040,000
総計	2,700,000	810,000	3,510,000

研究分野：農学

科研費の分科・細目：農業工学・農業環境工学

キーワード：生物環境調節

## 1. 研究開始当初の背景

昨今、我が国では多くの食品安全性に関する問題の発生に伴い、“食の安全”に対する消費者の信頼は大きく揺らいでおり、信頼回復のためには安全・安心な食品の供給が最重要課題となっている。加工食品においては、HACCP (Hazard Analysis and Critical Control Point：危害分析重要管

理点) に代表される衛生管理手法が導入・確立されているが、生鮮野菜においては、衛生管理手法としてHACCPの概念を導入した適正農業規範 (Good Agricultural Practices, GAP) の導入が求められている。さらに、フードサプライチェーン (食品の供給行程) における安全確保という観点から、流通における管理も非常に重要な課

題となり、適正流通規範 (Good Distribution Practices, GDP) や、トレーサビリティの導入が強く求められており、一部の大手スーパーにおいては、青果物のトレーサビリティシステムによる生産履歴情報公開に既に取り組んでいる。このような中、2004年に農林水産省が行った野菜の生産流通情報に関する意識・意向調査(農林水産省情報交流ネットワーク事業全国アンケート調査, 2004)の結果から、消費者は現段階で公開可能な生産履歴情報に加え、栄養成分含有量, 食味, 保冷情報などの公開を求めていることが明らかとなった。以上の背景から、現行のトレーサビリティシステムに、消費者志向の農産物の品質情報を付加した新システムの構築が早急に望まれる。そのためにはまず、新システム確立の基盤となる流通環境とその環境に対応する内部品質変化との関係を明らかにするデータベースの構築が肝要であるが、流通環境のような短期間かつ非定常環境における農産物の内部品質変化の定量的予測を試みた研究は国内外ともに皆無である。

## 2. 研究の目的

研究期間内では、流通過程における農産物の内部品質変化量の定量的把握が可能な理論モデルを提案するとともに、内部品質変化のデータベースを構築することを目指す。ここで、本研究での内部品質とは、生体調節機能があるため食品の第三次機能として捉えられている機能性成分のアスコルビン酸、栄養性成分として周知のブドウ糖、ショ糖、果糖の合計値で表わされる全糖の含有量を指標としたものである。

## 3. 研究の方法

本研究は、現行のトレーサビリティシステムと併用することで、流通過程における農産物の内部品質変化量の定量的把握が可能となる予測モデルを提案するとともに、内部品質変化のデータベースを構築することを目指す。具体的には以下の5つのプロセスからなる研究調査を行う。

- ① 流通過程中の生鮮農産物が曝されている環境を調査する。
- ② 品質変化予測モデル構築のための基礎データの収集として、プロセス①の調査結果より得られた環境条件下での生鮮農産物の呼吸速度ならびに内容成分含量の経時変化を計測し、それぞれの特性を把握する。

- ③ プロセス②で把握した呼吸特性から呼吸速度予測モデルを定式化し、さらに収穫からの積算呼吸量予測モデルに拡張する。
- ④ プロセス③にて導出したモデルより算出した積算呼吸量と内容成分変化量との関係を解析し、定式化する。
- ⑤ プロセス④で提案したモデルが、種々の生鮮農産物へ適用可能か検討し、可能な場合はデータベースの構築に取り組む。

## 4. 研究成果

### ① 流通環境調査

福岡市西区元岡で収穫されたシュンギク (*Chrysanthemum coronarium*) ‘博多改良中葉’を用い、収穫から小売店店頭に至るまでの流通環境(温度変化, ガス組成および相対湿度)を調査した。対象とした流通経路は、福岡市内の農家圃場から小売店店頭の陳列棚までの近距離輸送で、その間にシュンギクは、農家保有の予冷库, JA, 青果市場, 卸売店予冷库, 小売店バックヤードを経由していた。図1に流通中の温度および相対湿度条件を示す。バックヤード到着以降は、調整作業が行われた後、保冷库ならびにショーケースに貯蔵されることが明らかとなった。ガス組成は、JA到着時に、大気条件よりも低酸素・高二酸化炭素濃度になったが、それ以外の地点において、大気条件と同等の濃度条件であった(結果省略)。

### ② 呼吸速度

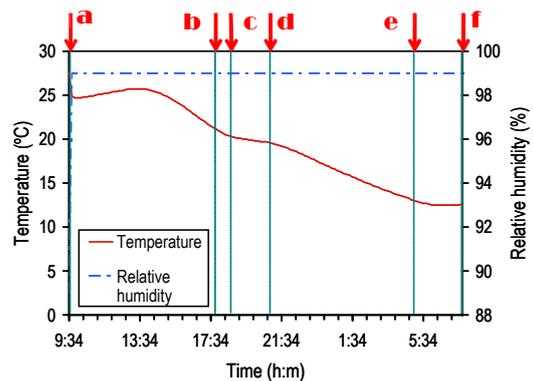


図1. 流通中の温度および相対湿度の経時変化. a: 農家圃場, b: JA, c: 青果市場, d: 卸売店予冷库搬入前, e 卸売予冷库搬入後, f: 小売店

図2に収穫から小売店店頭に至るまでの流通温度を再現した環境(温度条件1 (Temp1))におけるシュンギクの呼吸速度の実測値ならびに呼吸速度予測モデルを用いて算出した呼吸速度の計算結果を示す。なお、

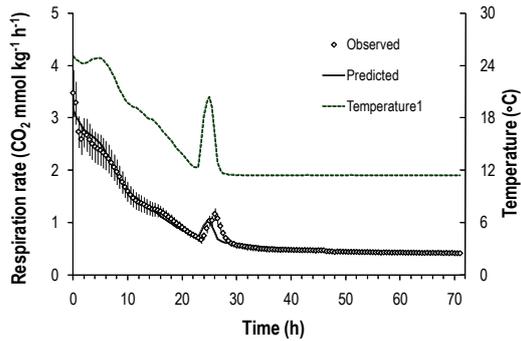


図 2. 流通温度環境 (Temp1) 下におけるシュンギクの呼吸速度の経時変化  
流通環境の呼吸速度予測には、式(1)を用いた。

$$R_c = K_1 \exp\left(\frac{-E_a}{RT}\right) \{1 + K_2 \exp(-k_d t)\} \quad (1)$$

ここに、 $K_1$  [mmol kg<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup>] および  $K_2$  [dimensionless] は酵素の合成・分解に関するパラメータである。また、 $E_a$  [J mol<sup>-1</sup>] は活性化エネルギー、 $R$  [J mol<sup>-1</sup> K<sup>-1</sup>] は気体定数、 $T$  [K] は絶対温度である。なお、式(1)中のパラメータは、最小自乗法により算出し、二乗平均平方根誤差(RMSE)とともに表 1 に示している。

表 1. 式(1)中のパラメータ値

parameter	$K_1$ [mmol kg <sup>-1</sup> h <sup>-1</sup> ]	$E_a$ [J mol <sup>-1</sup> ]	$K_2$ [-]	$k_d$ [h <sup>-1</sup> ]	RMSE [mmol kg <sup>-1</sup> h <sup>-1</sup> ]
value	8 10 <sup>5</sup>	3.4 10 <sup>4</sup>	3.21	0.06	0.081

図 2 に示すように、式(1)を用いることで実際の流通環境のような変温環境下の呼吸速度特性の表現が可能であることが認められた。

次に、実際の流通温度環境に対する式(1)の適用の妥当性を検証するため、温度条件 1 で決定した式(1)のパラメータを用いて、異なる変温環境 (仮想流通温度環境) における呼吸速度の経時変化の予測を試みた。予測に際しては、夏季の流通環境の高温化を想定し、図 3 の実線で示すような変温環境 (温度条件 2 (Temp2)) を採用した。図 3 に示す仮想流通温度環境におけるシュンギクの呼吸速度の実測値と予測値の比較から分かるように、あ

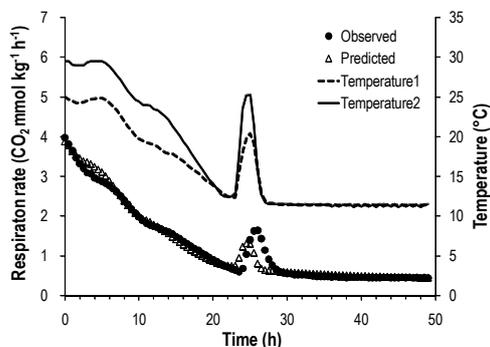


図 3. 仮想流通温度 (Temp2) 下におけるシュンギクの呼吸速度の経時変化

る特定条件においてパラメータを決定しておけば、流通過程の温度環境が変化しても、精度良く予測が可能となることが明らかとなった。

### ③ 内容成分含量 (L-アスコルビン酸および全糖含有量)

本研究では各内容成分変化は収穫時の初期含有量を 1 とした相対含有量変化として定式化を進め、L-アスコルビン酸および全糖含有量と積算呼吸量 (式(1)を拡張) とを関連付けるモデルとして、式(2)および(3)を提案した。

$$\frac{A_t}{A_0} = \exp\left(\beta_A \int_0^t \left[ K_1 \exp\left(\frac{-E_a}{RT}\right) \{1 + K_2 \exp(-k_d t)\} dt \right)\right] \quad (2)$$

$$\frac{S_t}{S_0} = \exp\left(\beta_S \int_0^t \left[ K_1 \exp\left(\frac{-E_a}{RT}\right) \{1 + K_2 \exp(-k_d t)\} dt \right)\right] \quad (3)$$

ここに、 $A_t$  [mg 100gFW<sup>-1</sup>] および  $S_t$  [mg 100gFW<sup>-1</sup>] は、実験開始からの経過時間  $t$  における L-AsA および全糖含有量であり、 $A_0$  [mg 100gFW<sup>-1</sup>] および  $S_0$  [mg 100gFW<sup>-1</sup>] は、実験開始時の L-AsA および全糖含有量の平均値である。パラメータ  $\beta_A$  [kg mmol<sup>-1</sup>] および  $\beta_S$  [kg mmol<sup>-1</sup>] は、呼吸速度と L-AsA および全糖相対含有量をそれぞれ関連付けるパラメータである。各成分の相対含有量[-]と積算呼吸量  $AR_c$  [mmol kg<sup>-1</sup>] の関係を図 4 に示す。図からわ

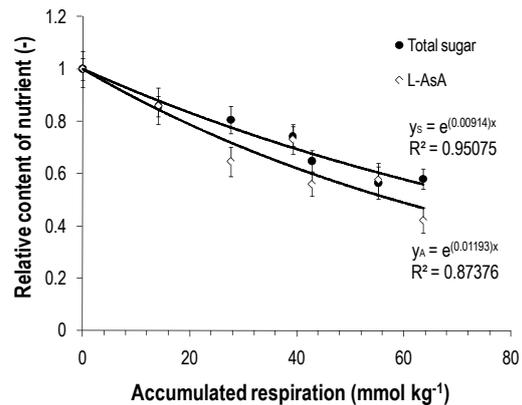


図 4. シュンギクの L-アスコルビン酸および全糖の相対含有量と積算呼吸量の関係

かるように、L-AsA および全糖含有量の経時変化と積算呼吸量には、それぞれ  $R^2=0.87$  および  $R^2=0.95$  と高い相関があり、積算呼吸量の予測式と 1 次反応速度式から導出した内容成分含有量の変化予測モデル式(2)および(3)の適用が可能であることが示された。

### ④ モデルの妥当性の検証

品質予測モデル (Eq.(7)および(8)) のパラメータを決定したデータとは異なる、流通温度再現区 (温度条件 1) ならびに仮想流通温度区 (温度条件 2) において計測した L-AsA 含有量と全糖含有量変化のデータセットを用いて、モデルの妥当性の検証を行った。図 5 に示すように、提案した内容成分変化予測モデルから算出される予測値と実測値は概ね一致した。流通温度再現区における L-AsA お

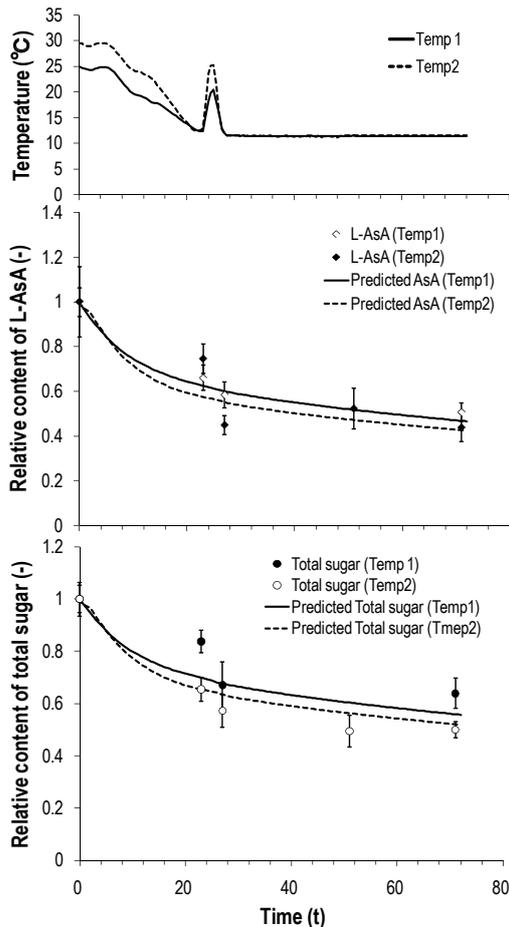


図 5. 流通温度および仮想流通温度(a)下におけるシュンギクの L-アスコルビン酸含有量(b)および全糖含有量(c)の経時変化および全糖含有量の実測値と予測値との差から算出される RMSE は、それぞれ 0.028 および 0.081 であり、仮想流通温度区における L-AsA および全糖含有量の RMSE は、それぞれ 0.038 および 0.092 であった。いずれの温度区、成分においても実用上問題ない程度の精度で予測可能であると言える。以上のことから、シュンギク‘博多改良中葉’を対象とした流通過程において、全糖ならびに L-AsA の相対含有量の変化は、Eqs.(2)および(3)によって予測可能であることが示された。以上の内容は雑誌論文①、②および④にて公表済みである。上記の手法を用いて、環境要因としてガス濃度の影響を考慮したモデルについて、シュンギク、モロッコインゲンならびにブロッコリーを用いて検討した。その結果、シュンギクとモロッコインゲンには、ガス濃度の影響が認められなかったため、温度と時間を考慮したモデルを、ブロッコリーには上述の 3 要因を考慮したモデルを適用できることを明らかにした（論文として未発表のため図省略）。これらの結果は、学会発表①、③および④にて公表した。

## 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 7 件)

- ① 安永円理子, 内野敏剛, 吉田敏, 田中史彦, 筑紫二郎, 流通環境におけるシュンギクの内容成分含有量変化予測モデルの構築, 植物環境工学誌, 2009.12.
- ② 安永円理子, 内野敏剛, 吉田敏, 筑紫二郎, 田中史彦, 流通環境におけるシュンギクの呼吸速度の予測, 植物環境工学誌, 2009.12.
- ③ E. YASUNAGA, H. Miyamoto, S. YOSHIDA, and J. Chikushi, Response of ECH2O Probe and TDR Probe in Dielectric Characteristics of Rough Rice during Drying Process, Acta Horticulturae, 837, 371-376, 2009.06.
- ④ E. YASUNAGA, T. Hirakawa, S. YOSHIDA, J. Chikushi, and T. UCHINO, Prediction of Quality Changes of Garland Chrysanthemum during Simulated Distribution, HortScience, 43(4), 1201, 2008.07.
- ⑤ 宮本英揮, 下町多佳志, 筑紫二郎, 安永円理子, マイクロ波信号領域における粘土の誘電特性, 土壌の物理性, 110: 13-23, 2008.11.
- ⑥ 宮本英揮, 伊藤直樹, 安永円理子, 高市信也, 間瀬淳, 筑紫二郎, 広帯域インパルス信号を用いた時間領域透過法(TDT)による誘電特性の計測, 土壌の物理性, 110: 3-12, 2008.11.
- ⑦ Miyamoto H., Chikushi J., and Yasunaga E., Simplified permittivity calibration of custom-designed probes for measuring soil water content, Environmental Control in Biology, 46(3): 175-182, 2008.09.

[学会発表] (計 7 件)

- ① Eriko Yasunaga, Toshitaka Uchino, Satoshi Yoshida, Fumihiko Tanaka, Jiro Chikushi, Prediction Model of Change in Respiration Rate and Nutrient Contents of Fruits and Vegetables under Several Temperature and Gas Concentration Conditions, 2009 EFFoST Conference -New Challenges in Food Preservation: Processing - Safety - Sustainability-, 2009.11.12.
- ② 安永円理子, 弓削こずえ, 福田信二, 濱中大介, Vicha Sardud, Wolfram Spreer, 収穫後環境がマンゴー果実の品質に及ぼす影響, 日本生物環境工学会 2009 年福岡大会, 2009.09.07.
- ③ 花田祐介, 安永円理子, 古江元気, 内野敏剛, 田中史彦, 筑紫二郎, 温度, 時間経過およびガス濃度の影響を考慮したブロッコリーの品質予測モデルの構築, 日本生

- 物環境工学会 2009 年福岡大会, 2009.09.08.
- ④ 古江元気, 安永円理子, 花田祐介, 濱中大介, 田中史彦, 内野敏剛, 温度, ガス濃度の変動が青果物の呼吸速度および内容成分含量の変動に及ぼす影響の予測, 日本生物環境工学会 2008 年松山大会, 2008.09.09.
  - ⑤ E. Yasunaga, T. Hirakawa, S. Yoshida, J. Chikushi, and T. Uchino, Prediction of Quality Changes of Garland Chrysanthemum during Simulated Distribution, ASHS Annual Conference, 2008.07.21.
  - ⑥ E. Yasunaga, H. Miyamoto, S. Yoshida, and J. Chikushi, Response of ECH2O Probe and TDR Probe in Dielectric Characteristics of Rough Rice during Drying Process, APS2008, Asia-Pacific Symposium on Assuring Quality and Safety of Agri-Foods, 2008.08.04.
  - ⑦ 安永円理子・宮本英揮・伊藤直樹・高市信也・間瀬淳・筑紫二郎, 時間領域透過法による籾の誘電率計測, 日本生物環境工学会九州支部会, 2008.11.21.

## 6. 研究組織

### (1)研究代表者

安永 円理子 (YASUNAGA ERIKO)  
九州大学・生物環境調節センター・助教  
研究者番号：00380543