

令和 2 年 5 月 25 日現在

機関番号：12601

研究種目：基盤研究(B)（特設分野研究）

研究期間：2015～2019

課題番号：15KT0026

研究課題名（和文）分光分析と3次元輸送シミュレータを併用した青果物循環改善

研究課題名（英文）Improving the circulation of fruits and vegetables using both spectroscopic analysis and a three-dimensional transport simulator

研究代表者

牧野 義雄（Makino, Yoshio）

東京大学・大学院農学生命科学研究科（農学部）・准教授

研究者番号：70376565

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 13,800,000円

研究成果の概要（和文）：青果物の保存環境（振動、気体組成）が鮮度や品質に及ぼす影響を光センシングによる非破壊検査やメタボロミクスで評価する研究を行った。3次元輸送シミュレータで保存実験を行ったところ、振動により呼吸が促進され、鮮度が低下した。低O₂高CO₂環境は、青果物の外観色を保持する効果があった。同時に、気体環境の変化が生理代謝に影響を及ぼし、低O₂高CO₂環境において健康維持や増進効果が報告されているいくつかの物質が増強されたことから、収穫後でも品質を向上させる効果が認められた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

振動が鮮度低下の一因であったことから、緩衝材の鮮度保持効果が期待できることが明らかになった。低O₂高CO₂環境での保存は、鮮度保持期間を延長し食品ロス削減効果が期待できることと、栄養価の向上にも資することが明らかになった。また、光センシングは簡易な非破壊かつ客観的な鮮度評価法として有効であることも実証できた。

研究成果の概要（英文）：A study was conducted to evaluate the effects of storage environment (vibration, atmosphere) of fruits and vegetables on freshness and quality by nondestructive inspection by optical sensing and metabolomics. When a storage experiment was conducted with a three-dimensional transportation simulator, respiration was promoted by vibration and freshness was reduced. The low O₂ and high CO₂ environment had the effect of maintaining the external color of fruits and vegetables. At the same time, changes in the atmosphere affected physiological metabolism, and several substances that have been reported to maintain or improve health under atmospheres including low-O₂ and high-CO₂ environment have been reinforced, which has the effect of improving quality even after harvesting.

研究分野：農業環境・情報工学

キーワード：農業工学 解析・評価 モデル化 園芸学

1. 研究開始当初の背景

国際連合食糧農業機関(FAO)は、世界全体で人の消費向けに生産された食料の約1/3、量にして約13億トンの年が失われ、捨てられていると発表した(FAO, 世界の食料ロスと食料廃棄, 2011)。その中でも青果物のロス・廃棄率は、全食料の中で最も高い。青果物は、ビタミン、ミネラル、食物繊維等、人類の健康状態を保つためには欠かせない栄養素の供給源であることと(厚生労働省 国民健康・栄養調査, 2012)、その生産・流通のために投入された多大なエネルギーやコストが無駄になっている現状を考えれば、逸失抑制のための対策を緊急に検討する必要がある。ここで言う「ロス」とは、輸送・貯蔵の段階で発生すること、「廃棄」とは、フードチェーンの最終段階(小売りおよび最終的な消費)で発生することを指すものとする。

世界の食料ロスと食料廃棄(FAO, 2011)に掲載されたデータによると、開発途上国における輸送・貯蔵段階におけるロスが極めて多い。これは、多くの開発途上国で見られる、作物が腐敗しやすい気候(高温多湿)に起因する。さらに、先進国では整備されているコールドチェーンが開発途上国では未整備あるいは不十分であることも、著しいロスの直接の原因となっている。

青果物の鮮度低下に大きく影響を及ぼす要因の一つが呼吸であり、保有する栄養成分を消耗する生命活動であることから、収穫後においては外観品質の劣化、栄養分の消耗、目減り等を引き起こす。青果物の呼吸速度が大きい品目ほど鮮度保持可能期間が短いという報告(Makino, Food Sci. Technol. Res., 19, 523-529, 2013)があり、呼吸の遅速(呼吸速度)が収穫後における青果物の鮮度保持可能期間に大きく影響を及ぼすことを裏付ける。

一方、呼吸速度が同じであったとしても、流通・貯蔵条件が異なれば、青果物は敏感に反応し、鮮度保持可能期間に違いが生じる。研究分担者(中村宣貴)らは、3次元輸送シミュレータや呼吸代謝測定装置を利用して、流通・貯蔵段階における損傷発生(兼田ら, 日本食品保蔵学会誌, 39, 255-261, 2013)、品質変動(中村ら, 日本食品保蔵学会誌, 37, 61-67, 2011)を予測する手法を明らかにした。

しかし、上記の手法を青果物ロス抑制のために適用する具体的な方法については、今後の検討課題となっている。

2. 研究の目的

本研究では振動が青果物の鮮度低下に及ぼす影響を、3次元輸送シミュレータと呼吸代謝測定装置を併用して評価した。併せて、光センシングによる青果物品質の非破壊評価法について検討を行った。非破壊品質評価で最も簡便かつ迅速な方法は、可視光センシングによる外観評価である。具体的には、対象となる試料に白色光を照射し、反射光をコンピュータビジョン(CVS)で撮影するものである。さらに、青果物をプラスチック袋で密封し、低O₂、高CO₂環境で保存することにより呼吸を抑制し鮮度を保持するModified atmosphere packaging (MAP)の鮮度保持効果と、保存環境気体組成が内容物の生理代謝に及ぼす影響を検討した。

3. 研究の方法

本研究では試料としてブロッコリー、トマト、エダマメを選択した。保存温度は10 または 25 とした、保存期間は10~19 dとした。ブロッコリーを3次元輸送シミュレータに設置し、呼吸速度を測定することにより鮮度低下速度を評価した。ブロッコリー、トマト、エダマメを試料として以下の実験を行った。試料を気体透過性袋で密封し、MAPによる保存を行った(試験区)。併せて有孔(6mm \times 8個)袋(大気環境)でも保存し(対照区)、試験区とデータを比較した。

経時的に袋内O₂およびCO₂をCheckMate 3 (Dansensor A/S)で測定するとともに質量を測定し、鮮度評価指標として重要な質量保持率を求めた。並行して外観品質を客観的に評価した。トマトは従来から外観の非破壊評価に使用されている色彩計(CM-700d、コニカミノルタ株)を、ブロッコリーとエダマメは、色評価台(PIAS IS-500カラービューワ、杉浦研究所)に設置し、USBカメラ(FMVU-13S2C-CS, Point Grey Research Inc.)にレンズ(13FM06IR, 株タムロン)を装着した装置にて撮影した。画像は全てFlyCapture (Point Grey Research Inc.)にてWindows bitmap (bmp)形式で保存し、ColorChecker Classic (X-Rite, Inc.)で校正した後、MATLAB ver. 8.3.0.532 (MathWorks Inc.)で関心領域(ROI)の平均色空間値を算出した。なお、色空間値として、機器に依存しない普遍性のある値であるL*a*b*値を選択した。さらに、経時的に試料を採取し、ガスクロマトグラフ-質量分析計(株島津製作所)で代謝成分組成を網羅的に測定した。測定値を機械学習(主成分分析、クラスター分析)で解析し、保存環境気体組成が青果物の生理代謝に及ぼす影響を調べた。

4. 研究成果

(1) 振動がブロッコリーの呼吸速度に及ぼす影響

3次元輸送シミュレータにブロッコリーを封入した容器を設置して輸送実験を行い、無振動区と比較した。その結果、振動を与えた実験区では18 Hz 近傍をピークとして、5 Hz ~ 25 Hzの幅広い周波数域でPower Spectrum Densityが高い値を示し、呼吸速度が25%増加した。呼吸速度が速いほど鮮度低下が早まることが知られており、緩衝材で包装するなど、輸送中における鮮度保持が重要であることが示唆された。

(2) MAP が青果物の鮮度低下に及ぼす影響

MAP袋内は品目に関わらず対照(大気)に比べて、貯蔵期間中を通じて低O₂、高CO₂で制御されたことから、環境気体組成が青果物の鮮度や生理代謝に及ぼす影響を調べるための実験が適切に実施できたと考えられた。

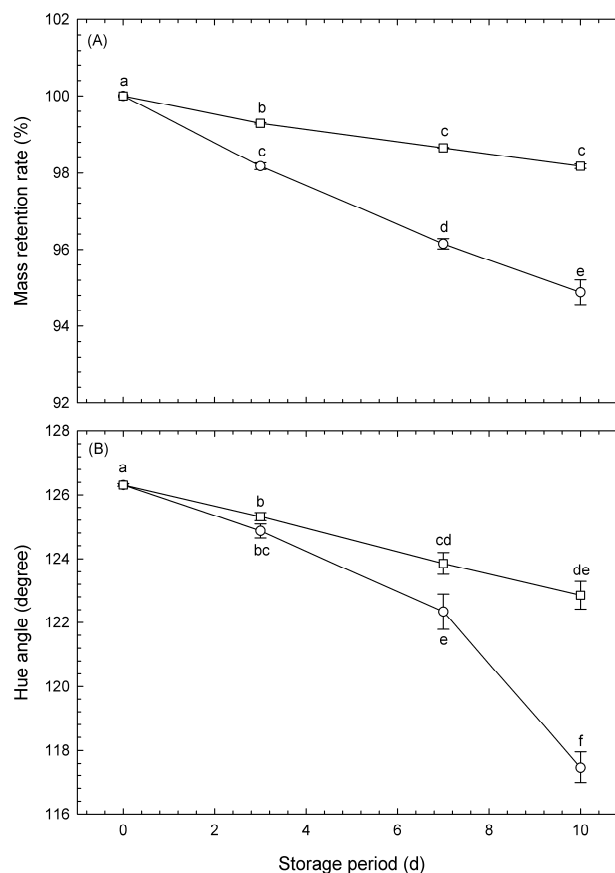


図1 エダマメの(A)質量保持率および(B)色相角の経時変化(25℃)。○:大気環境, □:低O₂高CO₂。同じアルファベットは同一評価項目の範囲内で統計上有意差が認められない(Tukeyの多重比較, $p < 0.05$)。

MAP袋内で保存したエダマメの質量保持率は、対照（大気）に比べて、貯蔵期間中を通じて高水準で保持されたことから、MAPは青果物の鮮度保持に有効と考えられた（図1(A)）。この傾向は、品目に関わらず同様であった。対照では有孔袋を使用したため、開孔部からの水蒸気の逸失が著しく、質量保持率の低下が速かったと考えられた。図1(B)には、エダマメの色相角 ($\arctan(b^*/a^*)$)の経時変化を示す。保存開始7 d以降はMAPで有意に緑色が保持され、鮮度保持に有効であった。全ての品目でMAPでは大気環境と比べて新鮮時の外観色が長く保持された。

(3) MAPが青果物の生理代謝に及ぼす影響

エダマメの代謝成分(92種類)を対象として主成分(PC)分析を行なった結果を図2に示す。PC1は環境気体組成の影響（寄与率25%）、PC2は貯蔵期間の影響（寄与率19%）と考えられた。ローディングプロットにより、気体環境や保存期間によって影響を受けやすい代謝成分が明らかになった。

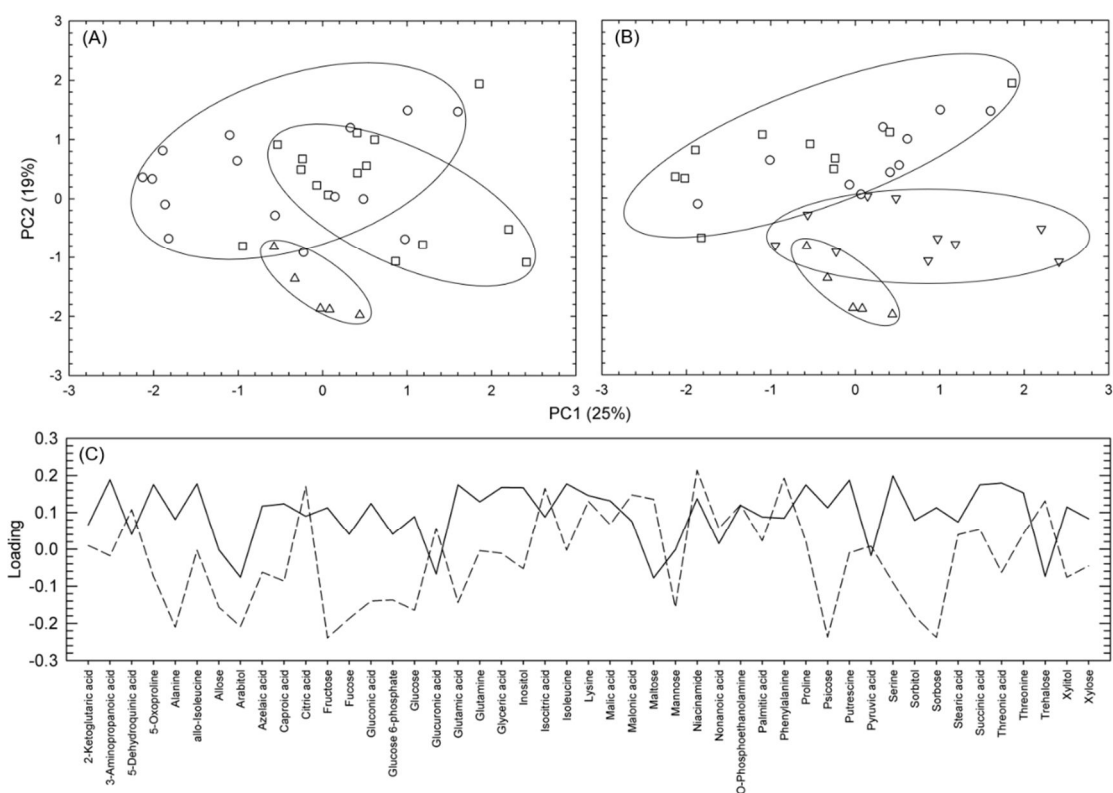


図2 エダマメ中代謝物質（92種類）の主成分(PC)分析結果（25%，10 d保存），括弧内の値は変数の寄与率。(A)環境気体組成に基づくグループ化（△：新鮮，○：大気環境，□：低O₂高CO₂），(B)環境気体組成に基づくグループ化（△：新鮮，□：3 d，○：7 d，▽：10 d），(C)ローディングプロット（実線：PC1，破線：PC2）。

トマト、エダマメ、ブロッコリーで共通に観察された現象は、MAP保存試料においてアラニン濃度が有意に高かったことである。アラニンが低O₂環境で増加する現象は過去にも報告されており(Streeter and Thompson, *Plant Physiol.*, 49, 572-578, 1972; Mae et al., *J. Agr. Food Chem.*, 60, 1013-1019, 2012)、本研究ではMAP保存により作出された低O₂環境によって、試料中のアラニン濃度が有意に高まったと考えられる。

本研究では、低O₂、高CO₂環境での貯蔵によって、大気貯蔵に比べて有用成分が増強されることが明らかになった（表1）。

表1 低O₂、高CO₂環境での保存により増強された青果物中有用成分

品目	有用成分
トマト	-アミノ酪酸（GABA、ストレス緩和、血圧降下作用）
エダマメ	イノシトール（強迫性障害緩和）、ナイアシンアミド（微量栄養素補給）
ブロッコリー	スルフォラファン（胃癌予防）、ヒポタウリン（肝毒性に対する保護）

以上の結果、代謝物質の網羅的解析により、保存環境気体組成の違いが生理代謝に及ぼす影響に関する新規な知見が明らかになり、MAPは青果物中の栄養成分増強に有効であると考えられた。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計7件（うち査読付論文 7件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 5件）

1. 著者名 Yokota Yuma, Akihiro Takashi, Boerzhijin Surina, Yamada Takeshi, Makino Yoshio	4. 巻 7
2. 論文標題 Effect of the storage atmosphere on metabolomics of harvested tomatoes (<i>Solanum lycopersicum</i> L.)	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Food Science & Nutrition	6. 最初と最後の頁 773 ~ 778
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/FSN3.923	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -
1. 著者名 Makino Yoshio, Nishimura Yuto, Oshita Seiichi, Mizosoe Takaharu, Akihiro Takashi	4. 巻 13
2. 論文標題 Storage in high-barrier pouches increases the sulforaphane concentration in broccoli florets	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 PLOS ONE	6. 最初と最後の頁 e0192342
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1371/journal.pone.0192342	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -
1. 著者名 MAKINO Yoshio, HASHIZUME Masaru, BOERZHIJIN Surina, AKIHIRO Takashi, YAMADA Takeshi, OKAZAKI Kenji	4. 巻 57
2. 論文標題 Influence of Cold or Frozen Storage on Temporal Changes in Sulforaphane and Objective Taste Values of Broccoli (<i>Brassica oleracea</i> var. <i>italica</i>) Florets	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Environment Control in Biology	6. 最初と最後の頁 45 ~ 51
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2525/ecb.57.45	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -
1. 著者名 Boerzhijin Surina, Makino Yoshio, Hirai Masami, Yokota, Sotome Itaru, Yoshimura Masatoshi	4. 巻 23
2. 論文標題 Effect of perforation-mediated modified atmosphere packaging on the quality and bioactive compounds of soft kale (<i>Brassica oleracea</i> L. convar. <i>acephala</i> (DC) Alef. var. <i>sabellica</i> L.) during storage	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Food Packaging and Shelf Life	6. 最初と最後の頁 100427
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.fpsl.2019.100427	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Makino Yoshio, Inoue Jun, Wang Hsiao-Wen, Yoshimura Masatoshi, Maejima Kensaku, Funayama-Noguchi Sachiko, Yamada Takeshi, Noguchi Ko	4. 巻 9
2. 論文標題 Induction of Terminal Oxidases of Electron Transport Chain in Broccoli Heads under Controlled Atmosphere Storage	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Foods	6. 最初と最後の頁 380
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/foods9040380	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Li Yu, Makino Yoshio, Duan Zheng-Nan, Yoshimura Masatoshi, Sotome Itaru	4. 巻 58
2. 論文標題 Nondestructive detection of decay in vegetable soybeans stored at different temperatures using chlorophyll fluorescence imaging	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Environmental Control in Biology	6. 最初と最後の頁 印刷中
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) In press	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Makino Yoshio, Nishizaka Atsushi, Yoshimura Masatoshi, Sotome Itaru, Kawai Kenji, Akihiro Takashi	4. 巻 317
2. 論文標題 Influence of low O2 and high CO2 environment on changes in metabolite concentrations in harvested vegetable soybeans	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Food Chemistry	6. 最初と最後の頁 126380
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.foodchem.2020.126380	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計36件 (うち招待講演 20件 / うち国際学会 9件)

1. 発表者名 Makino Y., Wang H. W., Inoue J., Yoshimura M., Maejima K., Funayama-Noguchi S., Noguchi K.
2. 発表標題 Effects of modified atmosphere packaging on the shelf life of broccoli florets based on the amounts and activities of respiratory enzymes
3. 学会等名 3rd Global Food Security and Sustainability Conference (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 牧野義雄、橋爪大、ボルジギンソリナ、秋廣高志、山田毅、岡崎賢志
2. 発表標題 低温貯蔵が気体遮断袋包装ブロッコリー花蕾のスルフォラファン濃度及び味覚に及ぼす影響
3. 学会等名 日本包装学会第27回年次大会研究発表会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 牧野義雄
2. 発表標題 収穫後農産物の生理学
3. 学会等名 東京大学オープンキャンパス模擬授業（招待講演）
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 牧野義雄
2. 発表標題 収穫後ブロッコリーの特徴と品質管理
3. 学会等名 一般社団法人北海道食産業総合振興機構主催セミナー（招待講演）
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 牧野義雄、井上順、王孝ショウウエン、吉村正俊、前島健作、舟山（野口）幸子、野口航
2. 発表標題 貯蔵環境気体組成がブロッコリー中呼吸酵素活性比率および含量の経時変化に及ぼす影響
3. 学会等名 日本食品科学工学会第65回大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Li Y., Makino Y., Duan Z. N., Yoshimura M.
2. 発表標題 Detection of decay in broccoli florets using chlorophyll fluorescence imaging during the postharvest storage
3. 学会等名 日本食品科学工学会第65回大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 段正楠, 牧野義雄, 李玉, 吉村正俊
2. 発表標題 クロロフィル蛍光画像を用いた貯蔵に伴うブロッコリーの黄化速度予測
3. 学会等名 農業環境工学関連5学会2018年合同大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 牧野義雄
2. 発表標題 青果物の鮮度に関わる生理機作とフィルム包装設計・鮮度評価
3. 学会等名 AndTech主催セミナー『青果物における鮮度低下メカニズム・鮮度評価法と品質保持の最新技術・包装設計』～鮮度保持フィルム・包装の適用事例・輸出時・貯蔵環境・鮮度評価指標～（招待講演）
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 牧野義雄, 秋廣高志, 河井兼次
2. 発表標題 貯蔵過程におけるカキ果実の鮮度指標及び代謝物質の経時変化
3. 学会等名 第12回メタボロームシンポジウム
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Makino Y.
2. 発表標題 Objective grading of harvested mangoes and broccoli heads using a computer vision system
3. 学会等名 The 14th Workshop on Nondestructive Quality Evaluation of Agricultural, Livestock and Fishery Products (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 牧野義雄
2. 発表標題 青果物の収穫後生理と鮮度評価
3. 学会等名 理数教育フラッグシップハイスクール 岐阜県立岐阜農林高等学校流通科学科講演会 (招待講演)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 牧野義雄
2. 発表標題 青果物の鮮度低下機作とフィルム包装設計・客観的鮮度評価
3. 学会等名 AndTech主催セミナー『青果物における鮮度低下メカニズム・鮮度評価法と品質保持の最新技術・包装設計』～MAP、湿度制御、輸出対応、貯蔵・保存ニーズ、無効通気性フィルム～ (招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Boerzhijin S., Yoshimura M., Sotome I., Hirai M. Y., Makino Y.
2. 発表標題 Effects of modified atmosphere storage on the concentration of micronutrients of kale
3. 学会等名 食品科学工学会 平成31年度関東支部大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Boerzhijin S., Yokota-Hirai M., Yoshimura M., Akihiro T., Kuwahara A., Kansuporn S., Makino Y.
2. 発表標題 Effect of atmospheres in a high-barrier pouch on sulforaphane concentration in a broccoli floret
3. 学会等名 XII International Controlled and Modified Atmosphere Research Conference (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 牧野義雄
2. 発表標題 便利で豊かな食生活を支える農学の知恵
3. 学会等名 第52回農学部公開セミナー「家庭のなかの農学」(招待講演)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Boerzhijin S., Sriyudthsak K., Kuwahara A., Yoshimura M., Akihiro T., Hirai M.Y., Makino Y.
2. 発表標題 Mechanism of sulforaphane accumulation in a broccoli floret stored in a high barrier pouch
3. 学会等名 日本包装学会第26回年次大会研究発表会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 牧野義雄, 横田悠天, ボルジギン・ソリナ, 秋廣高志
2. 発表標題 メタボロミクスで解明する収穫後トマトに対する調整気相包装の鮮度保持効果
3. 学会等名 日本生物環境工学会2017年松山大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 牧野義雄
2. 発表標題 進化する農産物の流通貯蔵技術
3. 学会等名 スーパーサイエンスハイスクール支援事業 先端科学技術講演会（招待講演）
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 牧野義雄
2. 発表標題 包装による野菜・果物の鮮度保持と機能性強化
3. 学会等名 第5回フードビジネス研究会（招待講演）
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 牧野義雄
2. 発表標題 青果物鮮度の客観的指標と評価法
3. 学会等名 農業食料工学会 食料・食品工学部会第4回シンポジウム 「輸送・貯蔵環境が青果物の鮮度に及ぼす影響～国内流通から輸出まで」（招待講演）
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 牧野義雄
2. 発表標題 収穫後生理・品質変化を考慮した青果物包装技術
3. 学会等名 技術情報協会主催セミナー「鮮度保持包材とそのフィルムの開発、応用-青果物の生理活性と劣化因子/包材への応用例-」（招待講演）
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Borjigin S., Makino Y., Oshita S., Akihiro T., Hirai M., Kuwahara A.
2. 発表標題 The effect of in-package atmosphere on sulforaphane content in broccoli
3. 学会等名 8th International Symposium on Machinery and Mechatronics for Agricultural and Biosystems Engineering (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 打田宏, 富樫万理, 牧野義雄
2. 発表標題 輸送における損傷関連遺伝子の発現について
3. 学会等名 日本包装学会第25回年次大会研究発表会
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 Borjigin S., Sriyudthsak K., Kuwahara A., Oshita S., Akihiro T., Hirai M. Y., Makino Y.
2. 発表標題 Influence of low O ₂ and high CO ₂ atmosphere on sulforaphane content in broccoli
3. 学会等名 農業食料工学会関東支部第52回年次大会
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 牧野義雄
2. 発表標題 青果物の鮮度保持技術の基礎と求められるフィルム・包装材料
3. 学会等名 AndTech主催セミナー「青果物・生鮮食品における鮮度保持包装・フィルムの技術動向と求められる材料」(招待講演)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 牧野義雄
2. 発表標題 青果物の鮮度保持技術を支える包装フィルム・材料の機能と特徴
3. 学会等名 AndTech主催セミナー「青果物の鮮度保持技術の基礎と各種フィルム・包装材料の最適設計～収穫後の青果物生理現象と包材設計・MA包材・防曇・無孔通気性フィルム技術～」(招待講演)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Makino Y., Nishizaka A., Yoshimura M., Sotome I., Kawai K., Akihiro A.
2. 発表標題 Evaluation of dynamic changes in nutrients in green soybeans (<i>Glycine max</i> (L.) Merr.) under modified atmospheres by multivariate analysis
3. 学会等名 3rd Global Summit on Nutritional Science and Food Chemistry (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Boerzhijin S., Makino Y., Sotome I., Yoshimura M., Hirai M.Y.
2. 発表標題 Extending storage period of kale in modified atmosphere packaging
3. 学会等名 日本包装学会第28回年次大会研究発表会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 牧野義雄, 西坂敦之, 吉村正俊, 五月女格, 河井兼次, 秋廣高志
2. 発表標題 機械学習による低O ₂ 高CO ₂ 環境下で貯蔵したブロッコリー中生理代謝の解析
3. 学会等名 日本食品工学会第20回年次大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 牧野義雄
2. 発表標題 青果物鮮度の客観的評価と進化する包装貯蔵技術
3. 学会等名 AndTech主催セミナー『青果物における鮮度低下メカニズム・鮮度評価法とフィルム・包装での最適設計』～湿度制御、MA/MH包装、Xtend、長期貯蔵、フードロス、抗菌性、エチレン吸収/分解～（招待講演）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Li Y., Makino Y., Yoshimura M., Sotome I.
2. 発表標題 Nondestructive detection of decay in vegetable soybeans using chlorophyll fluorescence imaging during storage
3. 学会等名 日本食品科学工学会第66回大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Makino Y., Nishizaka A., Yoshimura M., Sotome I., Kawai K., Akihiro A.
2. 発表標題 Analysis of dynamic changes in metabolites in green soybeans (<i>Glycine max</i> (L.) Merr.) under modified atmospheres by statistical methods
3. 学会等名 ICEF13 International Congress on Engineering and Food (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Makino Y.
2. 発表標題 Non-destructive evaluation of quality of agricultural products using light sensing
3. 学会等名 Special lecture at South China University of Technology (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Makino Y.
2. 発表標題 Accumulation of functional components in vegetables by modified atmosphere packaging
3. 学会等名 4th International Symposium on Contemporary Food Engineering (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 牧野義雄
2. 発表標題 青果物品質および鮮度の定量化技術
3. 学会等名 技術情報協会主催セミナー「鮮度保持包材による開発事例と性能評価技術」(招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Makino Y.
2. 発表標題 Vegetables and fruit loss and waste control technologies
3. 学会等名 対日理解促進交流プログラム「JENESYS 2019」日 ASEAN学生会議(招待講演)(国際学会)
4. 発表年 2020年

〔図書〕 計5件

1. 著者名 牧野義雄	4. 発行年 2019年
2. 出版社 朝倉書店	5. 総ページ数 440
3. 書名 ポストハーベスト工学事典(1.11 クライマクテリック, 4.10 MAP, 4.11 機能性包装材料, 8.19 プラスチック包装材料, 8.20 包装)	

1. 著者名 牧野義雄	4. 発行年 2018年
2. 出版社 (株)AndTech	5. 総ページ数 189
3. 書名 青果物の鮮度・栄養・品質保持技術としての各種フィルム・包装での最適設計	

1. 著者名 牧野義雄	4. 発行年 2019年
2. 出版社 日本包装学会	5. 総ページ数 170
3. 書名 包装学基礎講座「(13)食品包装技法の科学」	

1. 著者名 牧野義雄	4. 発行年 2019年
2. 出版社 (株)エヌ・ティー・エス	5. 総ページ数 412
3. 書名 青果物の鮮度評価・保持技術 - 収穫後の生理・化学的特性から輸出事例まで -	

1. 著者名 牧野義雄	4. 発行年 2020年
2. 出版社 (株)コロナ社	5. 総ページ数 1108
3. 書名 農業食料工学ハンドブック	

〔出願〕 計0件

〔取得〕 計1件

産業財産権の名称 アブラナ科の野菜に含まれるスルフォラファンを増量する方法	発明者 牧野義雄, 西村雄斗, 大下誠一, 秋廣高志, 溝添孝陽	権利者 東京大学、島根大学、住友ベークライト
産業財産権の種類、番号 特許、6495012	取得年 2019年	国内・外国の別 国内

〔その他〕

<p>東京大学農学部公開セミナー第52回「家庭のなかの農学」 http://www.a.u-tokyo.ac.jp/seminar/52-yousisyu.pdf プラスチック袋を利用したブロッコリー中有用物質の増強法を発見 http://www.a.u-tokyo.ac.jp/topics/2018/20180226-1.html ブロッコリー機能性成分 袋密封で濃度倍増 産地や店舗 手軽に処理 東京大学など研究グループ https://www.agrinews.co.jp/p43771.html</p>
--

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	中村 宣貴 (Nakamura Nobutaka) (50353975)	国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構・食品研究部門・上級研究員 (82111)	
研究分担者	平井 優美 (Hirai Masami) (90415274)	国立研究開発法人理化学研究所・環境資源科学研究センター・チームリーダー (82401)	
研究協力者	Fanzo Jessica (Fanzo Jessica)	Johns Hopkins University・School of Advanced International Studies・Associate Professor	