

機能性包材によるメロンの長期保存技術

細川 真明, 山岸 暢, 野村 隆文,
瀬野修一郎, 森 武士, 可児 浩

Long-term Preservation Technique for Melons by the Functional Packaging System

Masaaki HOSOKAWA, Tohru YAMAGISHI, Takafumi NOMURA,
Shuichiro SENO, Takeshi MORI, Hiroshi KANI

キーワード：MA 包装, 青果物, 低温障害, 調湿, 鮮度保持

1. はじめに

メロンなどの青果物は、収穫されてから消費者の手に渡るまでの間に周辺の雰囲気を選択的に調整することで鮮度を延長させることができる。これには青果物が収穫後も行う呼吸反応を抑制することで、果実内の栄養の消費を抑える方法がある。一方で青果物は呼吸反応により細胞間物質であるペクチンやアミロースといった多糖類も分解されるため果肉は柔らかくなり食味が向上する¹⁾。しかし、同時に甘味も減衰するため、追熟と呼ばれる期間を置いて食べごろとなる時期を調節する必要がある。例えば、一般的なメロンは収穫後1週間程度で食べごろとなるが、その後は急速に甘味が減衰し、実は崩れ、アルコール由来の臭気を発生して腐敗していく²⁾。多くの鮮度保持技術では青果物を低温・高湿度・低酸素・高二氧化碳素雰囲気下で貯蔵し呼吸速度を低下させることで食べごろとなる時期を延長させている。

このような長期保存を実現するために、青果物を包材中に貯蔵し適切な雰囲気に調整するMA (Modified Atmosphere) 包装技術が用いられている。MA 包装は透湿性とガス透過性を持つプラスチックフィルムで青果物を包装することで、カビの繁殖を抑制しつつ、適度なMA 雰囲気を保持する特徴がある。MA 包装技術による青果物の鮮度保持技術は、食品の高付加価値化やフードロス削減の観点から世界的に重要視されている。しかし、一般的に用いられるMA フィルムの多くが性質の異なる素材を積層させたラミネートフィルムを使用しており、高価となり、他用途への再利用には向かないため、資源のリサイクルの観点からも現状の普及状況は極めて限定的である³⁾。

本研究では、北海道の天北地方で採掘される稚内層珪質頁岩と呼ばれる天然多孔質鉱物が非常に高い自然調湿能力を有

事業名：経常研究

課題名：機能性プラスチックフィルムの設計・成形加工技術の開発 (令和元～2年度)

することを利用し⁴⁾、一般的なプラスチック素材の直鎖状低密度ポリエチレン (LLDPE) と組み合わせた長期保存技術について検討を行った。さらに、汎用的なMA 包装体系による青果物貯蔵技術の普及を目指して、道産メロンの鮮度保持評価を行った。

2. 実験方法

2.1 貯蔵試験

供試体には北海道苫前産メロン (品種名：レノン) を用いた。包材は、容量が約30Lの防曇処理したLLDPE製袋に、 $\phi 0.5\text{mm}$ の針で横一列に10個の孔を穿孔したものを⁵⁾。調湿材として、粒状 (粒径2.5-8 mm) の稚内層珪質頁岩32gを乾燥後不織布袋に入れメロン1玉あたり1袋となるよう配



図1 メロン貯蔵時の様子 (上：梱包前, 下：梱包後)

置した。メロンは表皮を水洗したのち、約60℃の温水に30秒間浸漬した。自然乾燥後、メロン5玉を調湿材5袋および温湿度計とともに上記包材に入れ、蓋付段ボール箱に格納し、低温室内で室温2℃および0℃で貯蔵を開始した(図1)。

上記試験区の他、適切なMA雰囲気条件を検討するために、包材の有無、調湿材の有無および貯蔵温度を変えた計5試験区を設置し、6～9週間の鮮度の推移を観察した(表1)。

表1 貯蔵試験の各貯蔵条件

試験区	包材	梱包数	調湿材	温度
①	無し	3玉	0	2℃
②	無し	3玉	0	0℃
③	LLDPE	5玉	32g×5	2℃
④	LLDPE	5玉	0	2℃
⑤	LLDPE	5玉	32g×5	0℃

2.2 前処理方法の検討

青果物の腐敗原因の一つに高湿度下での保存によるカビの繁殖があるため、これを抑制することは鮮度保持において不可欠である。メロン表皮の電解水浸漬のような前処理を行うことでカビの繁殖を抑制できることが確認されているが、電解水が高コストになるため現在は使用されていない。そこでより安価にカビの繁殖を抑制する手法を検討するため、温水浸漬処理に着目した。具体的には、温水(60℃)のみに30秒間浸漬したメロンおよび温水(60℃)と電解水の両方にそれぞれ30秒間浸漬したメロンの処理前後の表皮約80cm²で拭き取り試験を行い、カビを培養することでその減少量を比較した。

2.3 各種鮮度指標の評価

貯蔵期間中の包材内の温度及び湿度推移を評価するため、(株)ティアンドデイ製温度湿度データロガーRTR507Sを各試験区に同梱し、15分おきに温湿度をモニターした。外観は1週間おきにカビや変色の度合いを観察した。貯蔵後の包材内ガス雰囲気を測定するため、東横化学(株)製ハンドヘルド型エチレン(C₂H₄)分析計F-950を用いて、包材内中の酸素、二酸化炭素およびエチレン濃度を測定した。蒸散による水分の減少量を比較するため、貯蔵前後のメロン果実の重量を測定し、その比を水分保持率とした。貯蔵前後の果肉硬度を比較するため、日本電産シンボ(株)製フォースゲージFGP-5に外径20mmのステンレス押し治具を取り付けて使用し、果肉中心部から表皮側へ治具を約15mm沈めたときの最大応力を硬度とした。貯蔵前後の果肉糖度を比較するため、(株)アタゴ製ポケット糖度計PAL-1を使用し、果肉断面の果梗、赤道、花痕付近から果汁を採取しBrix糖度を測定した。貯蔵前後の果肉の色彩を、コニカミノルタジャパン(株)製色彩色差計CR-410を用いて測定した。

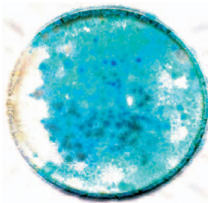
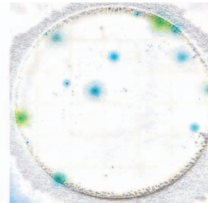
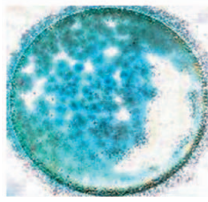
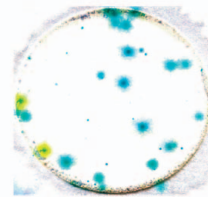
3. 結果と考察

3.1 前処理方法の検討

腐敗原因の一つとして懸念されるカビの抑制効果を検討するために、貯蔵前に行った温水浸漬処理および電解水浸漬処理によるカビ数の比較を行った(表2)。

温水浸漬および電解水浸漬により、カビ数についてはいずれの処理でも大幅にカビ数を減少させることが可能であり、高コストな電解水を用いなくても、温水浸漬のみの前処理で十分な効果があることが示唆された。

表2 メロン前処理前後の菌およびカビ数
(上：温水浸漬，下：温水浸漬+電解水浸漬)

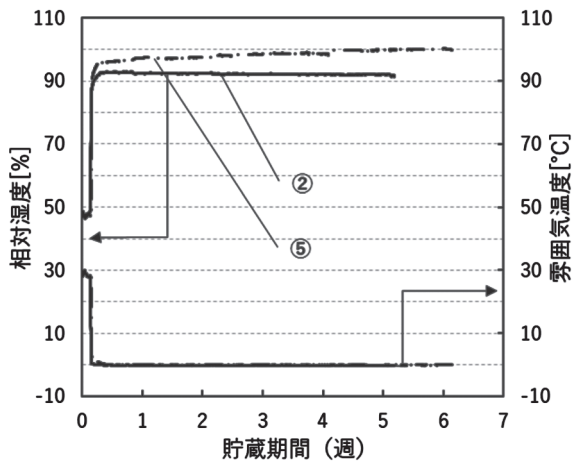
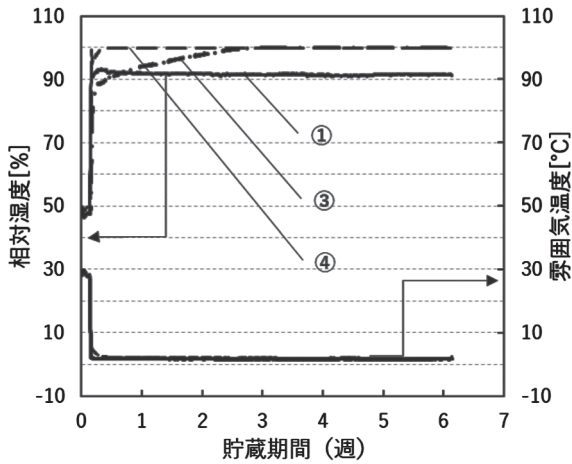
処理方法	温水浸漬	
	処理前	処理後
カビ培養後		
カビ数 (CFU/mm ²)	TNTC ^a	0.02
処理方法	温水浸漬+電解水浸漬	
	処理前	処理後
カビ培養後		
カビ数 (CFU/mm ²)	TNTC ^a	0.04

^a Too numerous to count.

3.2 貯蔵中の温湿度の推移

貯蔵中はメロン果実からの水分の蒸散により包材内中の湿度が上昇し、表皮が結露することでカビ発生の原因となる。一方で低温下での乾燥は青果物の呼吸障害を誘引するため、一般的にメロンの鮮度保持における相対湿度は85～95%程度が望ましいとされている⁶⁾。本研究で採用した調湿材による包材内の調湿効果を検証するために、気温0℃および2℃下での包材内の湿度の推移を測定した(図2)。包材無しで貯蔵した試験区①および②(ブランク)はいずれも湿度90%程度で推移していたのに対し、調湿材無しで包装した試験区④は1日程度で湿度が飽和し、結露を発生した。一方で調湿材を同梱した試験区③ではおよそ3週間湿度の飽和を抑制しつつ高湿度を維持することが可能であった。さらに、より低温で貯蔵した試験区⑤ではおよそ6週間湿度の飽和を抑制することが可能であった。メロンは蒸散量の多い青果物であるこ

とから、調湿材の量を増やすことでより高い鮮度保持効果を付与できると考えられる。



3.3 貯蔵中の外観変化

包装無しで2℃および0℃下に貯蔵した試験区①および②の9週間後の外観を図3の①、②に示す。いずれの試験区も表皮に典型的な低温障害の一つであるピッチング（黒点）が多く観察された。これは低温下で果実が乾燥する際に起こる呼吸障害の症状である（図3 ①、②左側矢印部）。特に0℃で貯蔵した試験区②については黒点が果肉内部付近まで侵食しており、重度の低温障害である陥没が発生していた（図3 試験区②右側矢印部）。これらの低温障害とみられる症状は貯蔵開始から約4週間で発生しており、包装無しでは長期間の鮮度保持が不可能であった。

包材を使用した試験区④では、表皮に赤カビが発生していた（図3 ④破線囲い線部）。試験区③ではわずかなカビが発生していたものの、試験区④と比較して明らかに外観が良好であった。これは調湿材の効果により、貯蔵期間中の結露の発生を長期間防止できたことが要因であると考えられる。さらに0℃で貯蔵した試験区⑤ではほとんどカビの発生は見られないことから、貯蔵温度を下げることでより長期の保存が可能であることが確認できた。

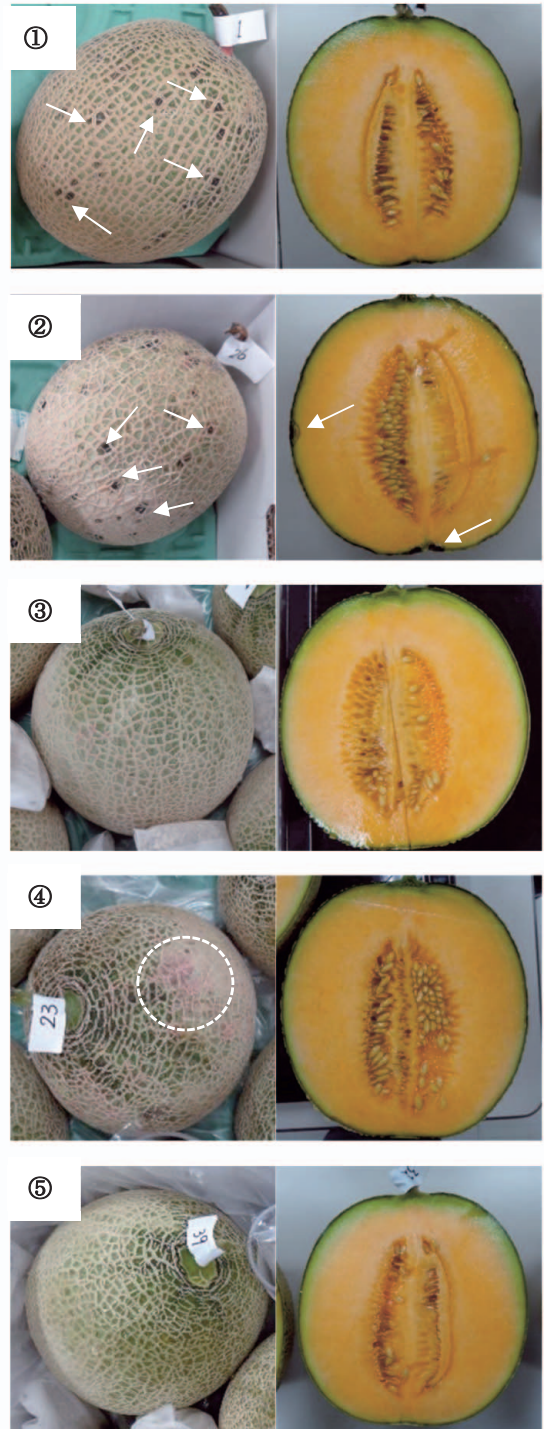


図3 6週間貯蔵後のメロン外観および断面（試験区①、②、③、④、⑤）

3.4 貯蔵中の包材内のガス組成

包材内のガス組成（エチレン C_2H_4 、酸素 O_2 、二酸化炭素 CO_2 濃度）の測定結果を図4に示す。試験区①および②は包材を用いていないため低温試験室内のガス組成を測定し、大気的一般組成と同様の結果を得た。包材を用いた試験区ではいずれも大気組成と比べて低酸素、高二酸化炭素濃度であるが、MA雰囲気としては依然不十分であるため、穿孔数を減らし、より低酸素、高二酸化炭素濃度にすることで鮮度保

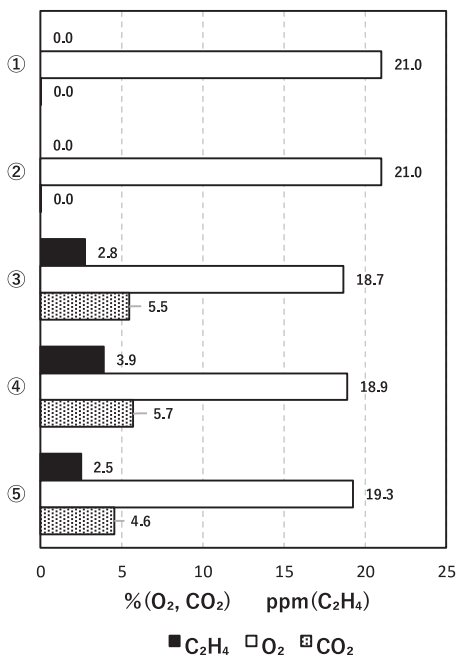


図4 試験区①～⑤のガス組成

持効果の長期化が期待される。また調湿材を用いたほうがエチレン濃度はやや低くなっており、エチレンが調湿材に吸着されていると考えられる。

3.5 貯蔵前後の水分保持率

蒸散により放出される水分量は貯蔵中の青果物の呼吸の活発さと関係していることから、貯蔵前後におけるメロン果実の水分保持率を測定した(図5)。試験区①および②は包材を用いていないため、蒸散量が多く水分保持率が他より小さい。包材を用いた試験区に有意な差は見られなかったが、いずれの試験区も蒸散による水分の減少は1%程度であることから呼吸は抑制されていると考えられる。

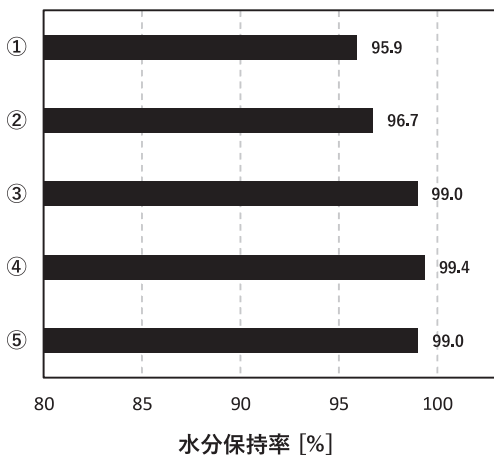


図5 メロン貯蔵後の水分保持率

3.6 果肉硬度の変化

MA雰囲気下においても青果物は代謝を行うため、徐々に

果肉は柔らかくなる。図6に収穫直後のメロンの果肉硬度、常温で10日追熟させた際の果肉硬度および各試験区で貯蔵した後の果肉硬度を示す。追熟後の果肉は初期値に比べ硬度が大幅に小さくなっている。包材を用いた他試験区も初期と比較して柔らかくなっているが、追熟後のものより硬度は高く呼吸抑制による追熟の遅延が影響しているものと考えられる。また、2℃での貯蔵よりも0℃で貯蔵した試験区の方が硬度が高いことから、より低温で貯蔵することで追熟の遅延効果が大きくなっていることが確認された。いずれの試験区も果肉自体は貯蔵後もやや未熟な状態であり、表皮の腐敗を防ぐことで更なる長期鮮度保持が可能であると考えられる。

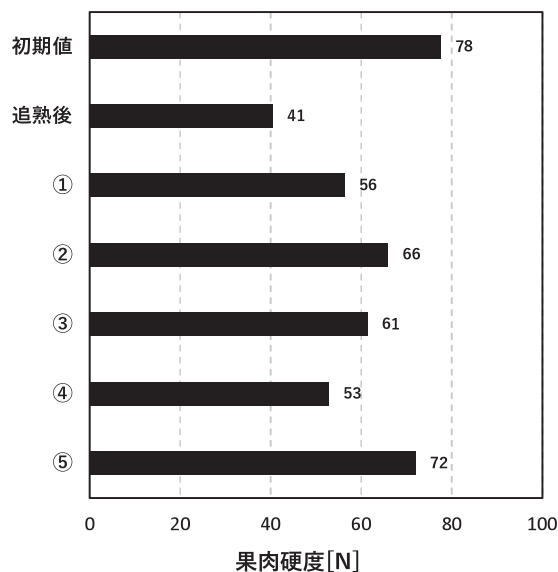


図6 メロン貯蔵前後の果肉硬度

3.7 果肉糖度の変化

呼吸反応によって分解される糖分の量が糖度に影響することから、収穫直後、常温で10日追熟後および各試験区①～⑤

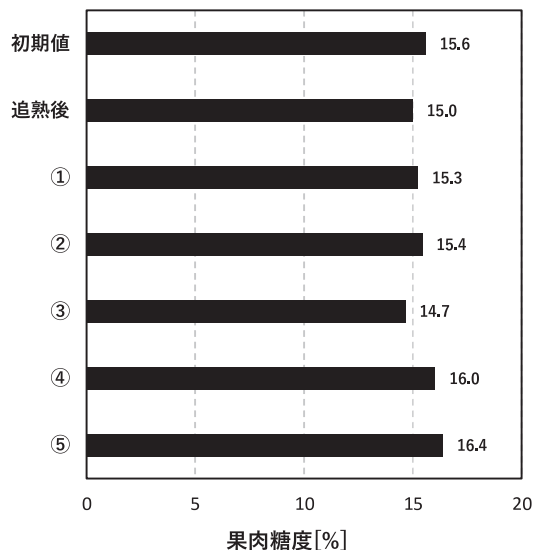


図7 メロン貯蔵前後の果肉糖度

で貯蔵した後の果肉糖度を測定した（図7）。果肉の糖度はすべての試験区で15%程度となり、本試験では有意な糖度の変化は見られなかった。以上のことから、追熟により食味が増すのはメロンの果肉硬度の低下によることが示唆された。

3.8 果肉色の変化

赤肉メロンの果肉が橙色になるのは果肉の成長過程でβ-カロテンが累積されるためである⁷⁾。メロン貯蔵試験後の追熟の程度を比較するために貯蔵後の果肉断面の色彩を測定した結果を図8に示す。色彩は $L^*a^*b^*$ 色空間測定により数値化して表した。対象の明度を表す L^* 値は0~100の範囲で数値化され、0になる近づく程暗く、100に近づく程明るい色彩であることを表す。緑-赤方向の色彩を表す a^* 値には上限値および下限値の定義はなく、無彩色の0を基準としてより低い値である程緑、より高い値である程赤の色彩が強いことを示している。青-黄方向の色彩を表す b^* 値も同様上限値および下限値の定義はなく、無彩色の0を基準としてより低い値である程青、より高い値である程黄の色彩が強いことを示している⁸⁾。

本試験においては各試験区で L^* 値に明確な変化は現れなかったものの、 a^* 値および b^* 値において貯蔵前および追熟後のメロンと比較して他試験区の貯蔵後のメロンは低くなった。この結果は果肉の明るさは変わらないものの、貯蔵後の果肉の赤みや黄みが薄れていることを示していた。

4. まとめ

道産メロンの実用的なMA貯蔵技術を確立することを目的として、LLDPE包材と稚内層珪質頁岩を用いたメロンの鮮度保持試験を行い、以下の結果が得られた。

- 本研究で用いたLLDPE包材と調湿材の組み合わせでは約6週間の鮮度保持が可能であった。
- 貯蔵中に起こる品質低下の原因はカビの発生または低温障害による表皮の腐敗であり、LLDPE包材と調湿材の組み合わせにより、これらの発生を遅らせることが可能であった。
- 低温貯蔵後のメロン果肉は常温で追熟したものと比較して硬く、果肉の赤みや黄みが薄れることが明らかになった。

本試験の結果を踏まえて、さらに長期にわたる鮮度保持を達成するために、包材の穿孔数や調湿材の使用量を調整する必要があることが判明した。今後の追試験によって貯蔵条件の最適化を検証していく予定である。

謝辞

本研究で使用した供試体のメロンは、るもい農業協同組合

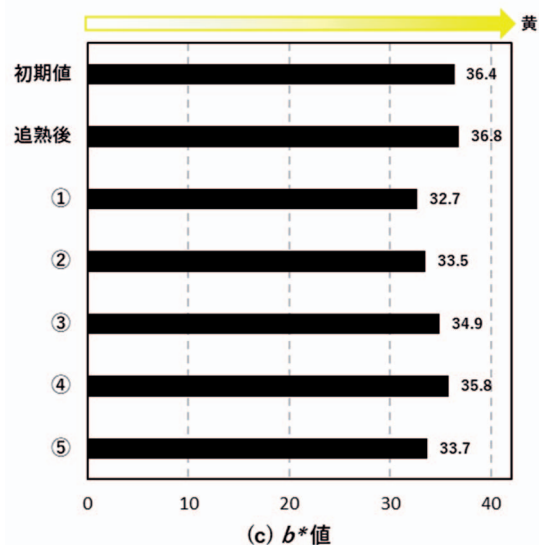
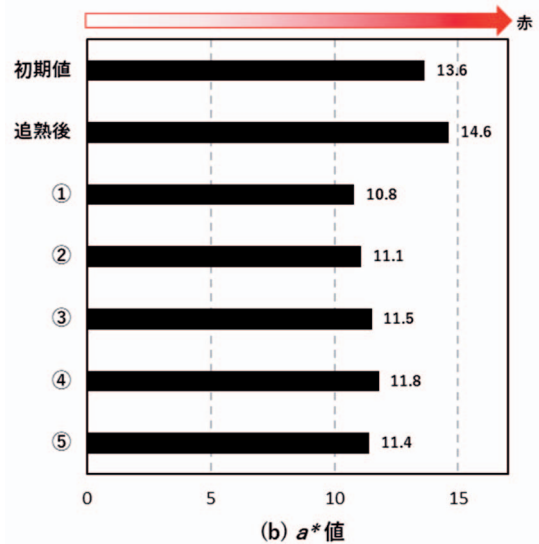
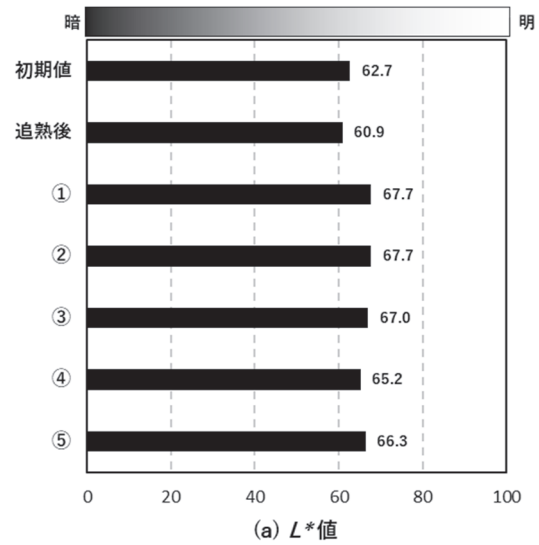


図8 メロン貯蔵前後の色差
(上: L^* 値, 中: a^* 値, 下: b^* 値)

苫前支所より提供いただきました。記して感謝申し上げます。

参考文献

- 1) 平井 剛：メロン果実の追熟とテクスチャーに関する客観的評価法の開発, 北海道立農業試験場報告, Vol.117, pp.21-35, (2008)
- 2) 北村利夫, 板村裕之, 福嶋忠昭：メロン果実の追熟生理, 山形大学紀要(農学), Vol.11(1), pp.201-204, (1990)
- 3) 石谷孝佑：青果物の品質・鮮度保持流通と包装, 食包協会報, 159号, (2018)
- 4) 執行達弘, 森 武士, 野村隆文：メロンの長期輸送・貯蔵への調湿材の適用, 第31回日本吸着学会研究発表会講演要旨集, p.54, (2017)
- 5) 伊藤和彦, 樋元淳一：野菜の鮮度保持に関する研究(第2報), 農業機械学会誌, 56(5), pp.43-50, (1994)
- 6) 永田雅靖：青果物の鮮度に関する収穫後生理学, 食糧, 56巻, pp.43-56, (2018)
- 7) Bramely, P. M.: Regulation of carotenoid formation during tomato fruit ripening and development. JXB, 53(377), 2107-2113, (2002)
- 8) 山中俊夫：色差表示の最近の動向—CIE 色差表示—, 照明学会誌, Vol.62(12), pp.28-32, (1978)