

冷蔵庫搭載の新機能“朝どれ野菜室”

林 由花子*
遠藤拓哉*
柴田舞子**

New Function of Refrigerator Keeping Vegetable Fresher and Longer

Yukako Hayashi, Takuya Endo, Maiko Shibata

要 旨

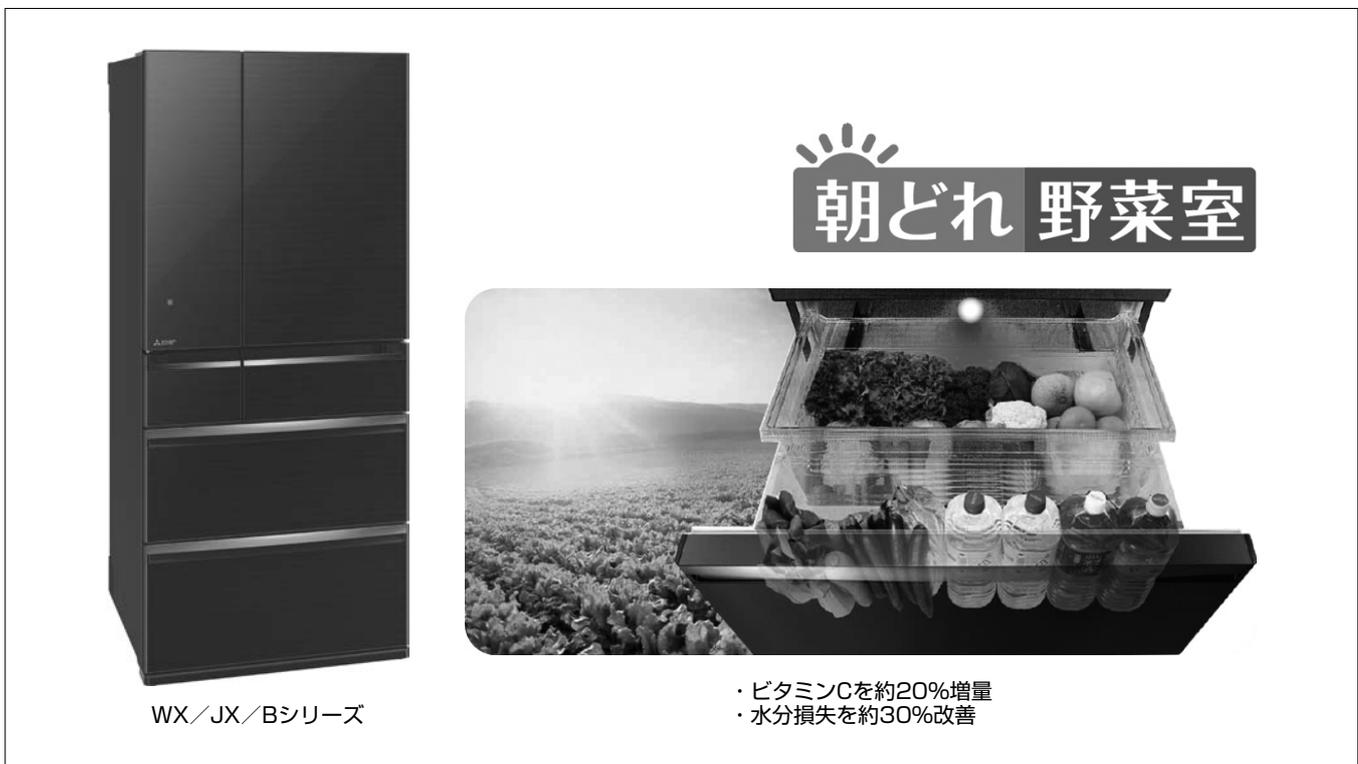
三菱電機の冷蔵庫は2008年発売“Gシリーズ”搭載の“切れちゃう瞬冷凍”，2015年発売の“WX/JXシリーズ”搭載の“氷点下ストッカー”と、肉や魚をおいしく長く保存できる機能を搭載してきた。しかし、肉や魚と同様、野菜もまた足が早い食品の代表であり保存性能の向上を求める声が多い。

そこで、2016年、野菜をおいしく長く保存できる新機能の開発に取り組んだ。野菜の劣化は主に栄養分の減少と水分の減少の両面から進行するため、光合成を利用した栄養分の増量、野菜室の保湿性能向上の2つの方法で野菜の保鮮を試みた。まず、野菜に照射する光について、照射光の波長と照射リズムの最適化を行った結果、従来冷蔵庫の

野菜室(光非照射)よりもキャベツのビタミンC量を約20%増量^(注1)させることが可能となった。さらに、低温化による野菜の蒸散抑制、ケース内外の気流改善等で保湿性能の向上を図ったところ、ハウレンソウからの水分損失が従来冷蔵庫の野菜室と比較して約30%減^(注2)となり、ラップなしで1週間みずみずしさを保つことが可能となった。

栄養分たっぷりかつ鮮度長持ちを実現したこの野菜室は、“朝どれ野菜室”の名称で2016年8月発売の“WX/JX/Bシリーズ”に搭載している。

- (注1) 2016年発売の冷蔵庫“MR-WX70A”と2015年発売の冷蔵庫“MR-WX71Z”の野菜室でのビタミンC量比較。キャベツをラップして3日間保存。購入初期値を100%とする。
(注2) MR-WX70AとMR-WX71Zの野菜室での水分損失率の比較。ハウレンソウをラップなしで7日間保存。



冷蔵庫搭載の新機能“朝どれ野菜室”

2016年8月発売の三菱冷蔵庫WX/JX/Bシリーズに搭載した新機能“朝どれ野菜室”は、本来保存中に減ってしまうビタミンCを光合成によって増量させる光照射機能と、野菜からの水分損失を抑える保湿機能の両方を実現している。

1. ま え が き

当社では、“おいしさと使いやすさで家事をもっとラクに楽しく”のコンセプトの下、高い食品保存機能と普段の生活の中での使いやすさを両立させた冷蔵庫の開発を進めてきた。例えば、2014年WX/JXシリーズ搭載の氷点下ストッカーは、冷凍なしで肉や魚が長持ちするという一方で、おいしさの面でも使いやすさの面でも非常に好評を得ている。しかし、肉や魚と同様、鮮度に敏感な野菜もまた、生のまま長持ちさせたいという声が多い。そこで、野菜を新鮮でおいしいまま長持ちさせることのできる機能の開発に取り組んだ。

野菜は収穫直前まで“光合成”と“呼吸”の2つの活動を行っているが、“光合成”に必要な水と日光が断たれてしまった収穫後の野菜は“呼吸”だけを行っている。つまり、収穫前に蓄えた栄養分と水分を“呼吸”という活動で消費/放出している状態である。このため、収穫後、時間の経過に伴って野菜に含まれている栄養分と水分は減少していく。野菜の劣化は見た目だけでなく、目に見えない部分でも進行していくのである。したがって、野菜を“とれたて新鮮な状態”に保つためには①野菜の栄養分の保持又は増量と②野菜の水分の保持の2つの観点から保鮮を行う必要があると考えられる。①の手段としては光合成の促進が効果的であり(葉野菜の場合)、②の手段としては野菜からの水分蒸散抑制が効果的である。

本稿では、冷蔵庫野菜室内での光照射による栄養分増量と野菜保湿性能向上の方法について述べる。

2. 光照射による栄養分増量

野菜の光合成の促進のためには光が不可欠である。光源は、発熱量の小ささや目的とする波長の得やすさ、照度の高さ等の観点からLEDを採用することにした。

2.1 光合成に適した波長バランス

LED光照射による光合成の効率を最大化するために、光合成に適した波長を検討した。野菜工場での光源によく使用されている620~680nm(赤色)と400~480nm(青色)の波長は最も葉緑素への吸収効率が高く、光合成に不可欠な波長である(図1)。500~560nm(緑色)付近の波長は葉が緑色に見えることから吸収効率が悪いように思われるが、一部は葉の内部に入り込んで乱反射し、光合成の効率を上げる効果を持っていることが分かっている⁽²⁾。また、450nm(青色)付近の光は気孔を開いて二酸化炭素を取り込ませたり、後で述べる植物の体内時計をリセットさせる作用があることが分かっている⁽³⁾。以上の理由から、照射光は“赤・緑・青”の3色の光を採用することにした(図2)。

2.2 光照射リズムの検討

植物は体内時計を持っており、周期的な生命活動を制御

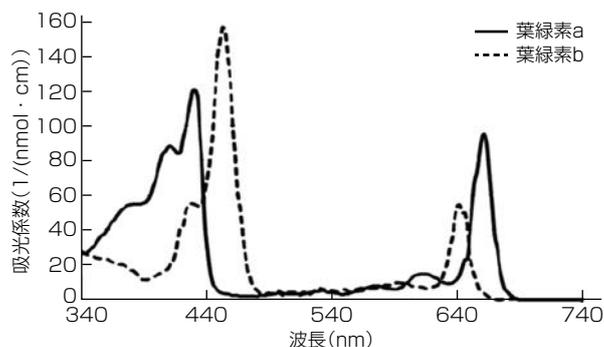


図1. 葉緑素a, bの光吸収スペクトル⁽¹⁾

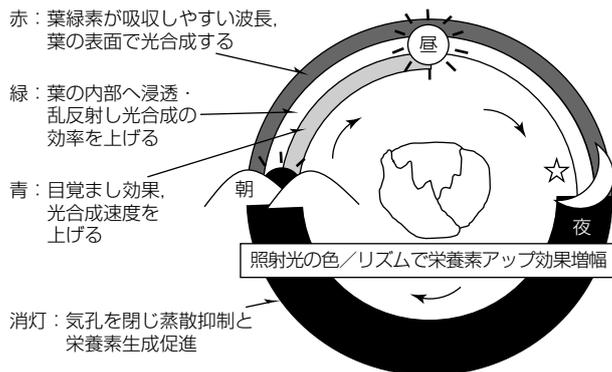


図2. 光各色の野菜への効果と照射リズムイメージ

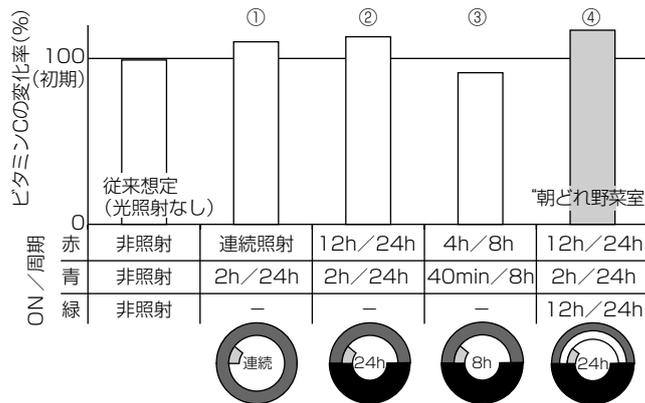


図3. キャベツへの光照射(3日間)によるビタミンC量の変化率

している。光合成も体内時計に制御されるため、適切なタイミングで光照射を行えばより効率よく光合成が行われる可能性がある。そこで照射(昼)の時間帯と非照射(夜)の時間帯を作って1日のリズムを模擬したり、照射周期を調節したりすることで、光合成効率を上げることができるとを検証した。光合成効率の指標として、光合成生成物の1つであるビタミンCの量を測定した。結果を図3に示す。

非照射ではビタミンC量が初期よりも減少したのに対し、連続照射(図3①)、24時間周期12時間照射(図3②)では初期よりも増加し、その増加率は、連続照射よりも24時間周期12時間照射の方が大きい結果となった。しかし、照射周期を短くしていくと、非照射の場合よりもビタミンC量が少なくなってしまうことが分かった(図3③)。これらの結果から、照射リズムとして“24時間周期12時間照

射”を採用することとした。さらに、このリズム照射と赤・緑・青の3色照射を組み合わせることで、キャベツのビタミンC量を約20%増量することができた(図3④)。

3. 野菜室の保湿性能向上

2つ目の保鮮手段、野菜の水分の保持は、見た目と食感の維持だけでなく、光合成に利用する水分を確保する上でも重要な要素である。水分保持のためには野菜の呼吸や蒸散作用を抑制する必要があるが、これは野菜保存空間を高湿度に保つことによって達成される。

3.1 低温化による保湿

湿度を上げる方法として、まず“温度を下げる”という手段が有効であると考えられる。空気温度を下げればその空気を含むことができる水蒸気の総量が減り、ハウレンソウ近傍の空気はすぐに飽和に達し、その結果、ハウレンソウからの水分蒸散が抑制されるためである。ただし、温度を下げすぎると食品の凍結や結露に由来する傷みにつながるため、評価試験を重ねた上で最適な温度を決定した。

3.2 略密閉構造による保湿

現在の家庭用冷蔵庫の冷却方式の主流は“間接冷却”と呼ばれる方式で、冷却器で冷やした空気を間欠的に各部屋に送りこむことによってその部屋を目的の温度に保っている。この冷却器で空気を冷やす過程で空気中の水分は“霜”として冷却器に奪われてしまうため、冷却後の空気は湿度10%以下と非常に乾燥している。そのため、野菜室の保湿のためには野菜から放出された水分を逃がさない構造が必要となる。

今回は野菜ケースにシキリ部品を追加することによって野菜室内に略密閉空間を作り、野菜から蒸散した水分を逃がさない構造にした(図4(b))。また、シキリ部品の追加に伴い、熱流体解析を用いたケース内外の気流改善を行った。解析と実機検証の結果、野菜ケース扉側にスリット穴(図4(a))を設けた仕様が野菜室の均温化・略密閉空間の冷気流入/流出抑制に効果的であることが分かった。このスリット穴には野菜ケースの外側を流れる冷気ルートの圧損を減らす効果があるため、野菜室扉側の空間にも冷気を分配しやすくなり、かつ略密閉空間への冷気流入も抑える効果がある(図5)。

3.3 保湿性能の評価

低温化と略密閉構造化を組み合わせた際の保湿効果を確認するため、野菜室にハウレンソウを投入し、7日後の水分損失率によって性能を評価する試験を行った。その結果、従来冷蔵庫MR-WX71Zの野菜室での水分損失率が16%であった。一方、3.1節と3.2節の改善を加えた野菜室では水分損失率を11%に抑えることができた(可食限界は、水分損失率が12%程度)。このときのハウレンソウの外観は図6のとおりである。

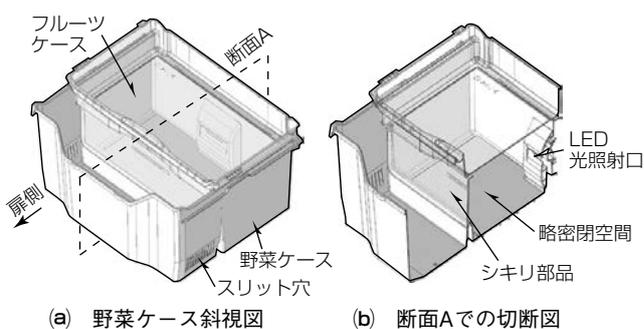


図4. 野菜ケース構造

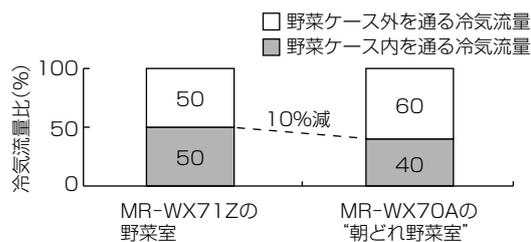


図5. 熱流体解析結果(野菜室に流入する冷気の分配)

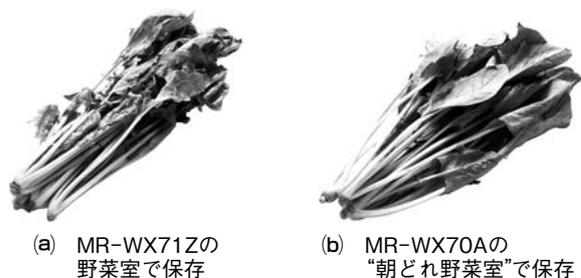


図6. 7日間保存後のハウレンソウ外観比較

4. むすび

光照射による栄養分増量と保湿による鮮度維持、これら2つの機能によって“おいしく”て“使いやすい”野菜室を実現した。これらの機能は“朝どれ野菜室”として、2016年8月発売の三菱冷蔵庫WX/JX/Bシリーズに搭載した。

参考文献

- (1) 斎藤裕太, ほか: LEDを使用した搔レタス栽培における赤色光をベースとした光質の影響, 植物環境工学, 24, No.1, 25~30 (2012)
- (2) Terashima I., et al.: Green light drives leaf photosynthesis more efficiently than red light in strong white light: revisiting the enigmatic question of why leaves are green, Plant Cell Physiol, 50, No.4, 684~697 (2009)
- (3) Kinoshita T., et al.: Blue light activates the plasma membrane H⁺-ATPase by phosphorylation of the C-terminus in stomatal guard cells, The EMBO Journal, 18, No.20, 5548~5558 (1999)