

<平成 30 年度助成>

電氣的処理による新しい食品のブランシング技術の開発

折笠 貴寛¹⁾・高橋 克幸²⁾

(¹⁾ 岩手大学 農学部、²⁾ 岩手大学 理工学部)

1. 緒言

青果物は生鮮物としての長期保存が困難なために、相当量の青果物が規格外および余剰産物として廃棄されており¹⁾、中でもホウレンソウは、収穫量の約 16% が廃棄処分されていると推察される。乾燥は農産物加工操作の 1 つであり、貯蔵安定性の向上や輸送コストの減少などを目的として行われる²⁾。そのため、廃棄処分せずに乾燥食品として有効利用することが可能となれば、廃棄量の削減効果が期待できる。青果物の乾燥工程では、操作が簡便であり、かつ汎用性も高いことから熱風乾燥が広く用いられているが、乾燥速度が遅いという欠点を持つ。熱湯浸漬処理によりその後の乾燥速度が増加する³⁾との報告は存在するものの、浸漬操作に伴う水溶性成分の溶脱などが問題視されている。そこで、水を用いない乾燥前処理として液体食品の殺菌などに用いられているパルス電界処理の適用を試みた。パルス電界処理の特徴として、瞬時に高エネルギーを対象物に与え、細胞膜に微細な穴が生じることに伴って微生物の死滅を誘引すること、また、温度上昇が小さく⁴⁾、品質変化が少ないことなどが挙げられる。パルス電界処理を乾燥前に施すことで、細胞膜に微細な穴が生じることに伴う乾燥速度の増加、および浸漬操作を用いないことに伴う品質保持が期待される。しかし、パルス電界処理が青果物の乾燥速度や乾燥後の品質変化に与える影響について検討した例は見当たらない。そこで本研究では、ホウレンソウにパルス電界処理を施し、熱風乾燥における乾燥速度および乾燥後の品質変化に及ぼす影響について、熱湯浸漬処理との比較により評価したので報告する。

2. 材料および方法

(1) 供試材料

供試材料は岩手県産のホウレンソウ (*Spinacia oleracea* L.) を量販店から入手した。ホウレンソウは入手後 4℃ の冷蔵庫に保管し、鮮度による品質劣化を考慮し 1 日以内に使用した。ホウレンソウの葉を一辺 60mm に成形したものを試料とした。なお、105℃ -24 時間法で測定した試料の初期含水率は、 10.8 ± 0.8 (乾量基準含水率 (D.B.)) (n = 16) であった。

(2) 処理条件

無処理 (Control, CONT)、パルス電界処理 (Pulsed Electric Field, PEF) および熱湯浸漬処理 (Hot Water, HW) の 3 条件とした。

i) PEF 図 1 に、SiC-MOSFET を使用した容量エネルギー蓄積型パルス生成回路の回路図を示す。この回路では直流電源 (Pulse Electronic Engineering Co., Ltd. MODEL-600F) を用いてコンデンサ C にエネルギーを蓄積させる。その後、パルス信号を周期的に発信できるようにプログラムしたマイコン (Atmel 社, Atmega1248P) を使用し、Gate Driver を通して SiC-MOSFET (TPEC) のゲートに信号を送り、スイッチングを行う。ゲートが ON 状態の時に、コンデンサに蓄積されていたエネルギーがリアクタに移行し、リアクタ内の試料に対しパルス電界が印加される。使用した各素子の値は充電抵抗 R が 50kΩ および 200kΩ、コンデンサ C が 0.218μF、ゲート抵抗 RG が 1Ω となっている。電極内に成形したホウレンソウを隙間がないように 8 枚重ねてパルス電界

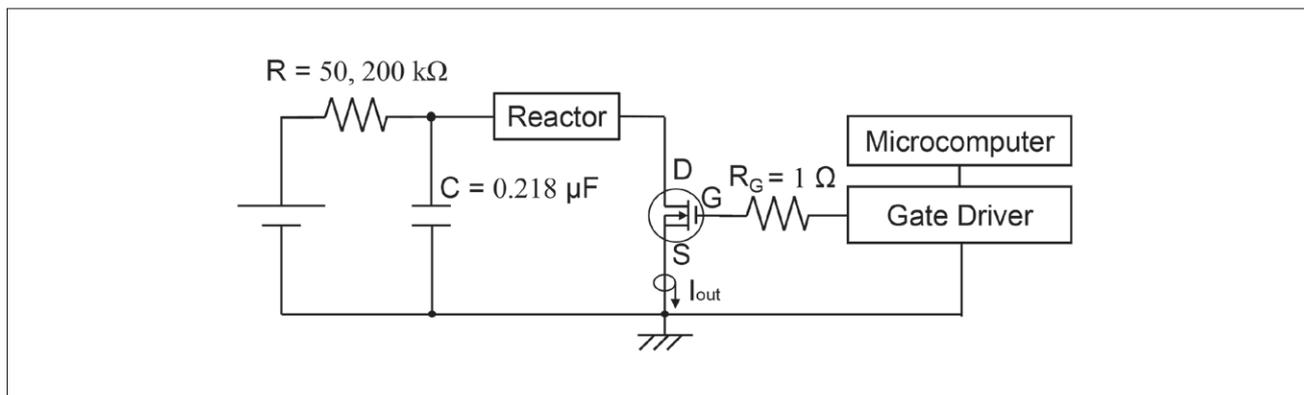


図1 実験で使した MOSFET 回路図

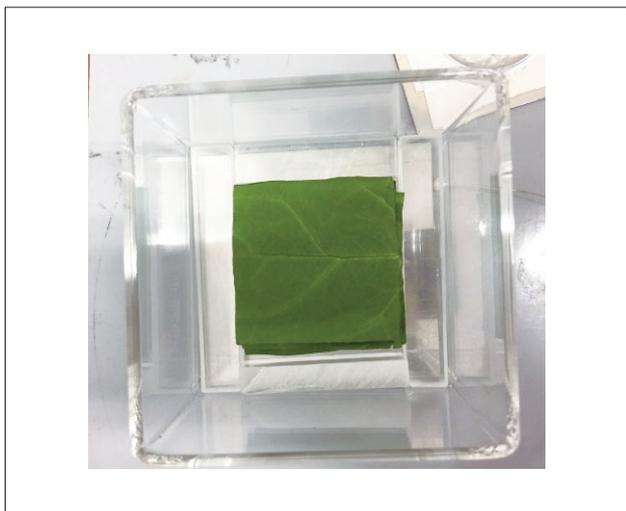


図2 リアクタ内に配置されたハウレンソウの写真

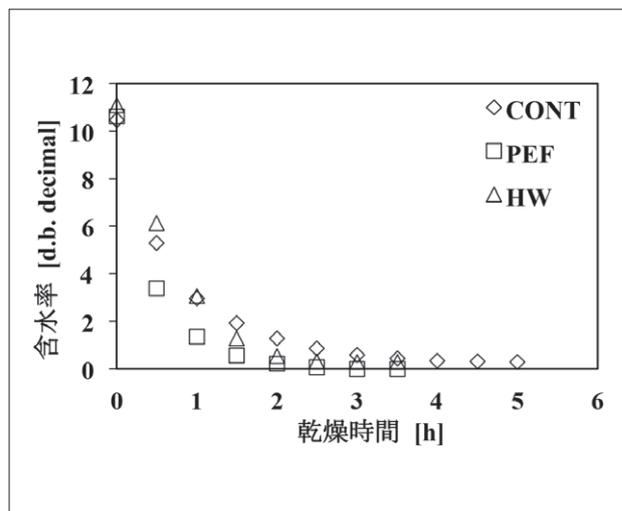


図3 含水率の経時変化

を印加した (図 2)。印加条件は電圧 2.8kV、パルス幅 1 μ s、周波数 30Hz、処理時間 15min とした。

ii) HW 試料を 90 $^{\circ}$ C 以上の熱湯に 60s 浸漬させた後、0 ~ 4 $^{\circ}$ C で 30s 空冷した。

(3) 乾燥方法

熱風乾燥を行った。定温送風乾燥器内に試料を静置し、乾燥器内温度を 50 $^{\circ}$ C に設定した。30 分当たりの質量変化が 0.01g 以下となったとき乾燥終了とした。

(4) 測定項目

乾燥中、初めの 60 分は 10 分間隔、その後 30 分間隔で取り出し、電子天秤を用いて質量を測定した。なお、減少した質量を蒸発水分量とみなし、乾量基準含水率 (W_{dry}) に換算した。また、乾燥後試料に

おける L-アスコルビン酸残存比およびカリウム残存比をそれぞれ測定した。

3. 結果および考察

(1) 含水率変化

含水率変化が平衡に達したのは PEF および HW では 3.5h、CONT では 5h となり、パルス電界処理によって乾燥時間が短縮した (図 3)。また、この乾燥期間を減率乾燥第一段と仮定して、乾燥モデルに当てはめた際の乾燥速度定数比は PEF および HW でそれぞれ 1.70 および 1.10 となり、PEF および HW において乾燥速度が増加する傾向が確認され、さらに、PEF でより顕著に大きい結果が得られた。PEF 処理によって乾燥過程における乾燥速度が向上した考察として、葉の水分透過性の向上と乾燥表面積の保持

が挙げられる。まず、水分透過性について考察する。高い水分透過性は葉の軟化等で水分が移動しやすい状態のことを示し、先行研究ではその状態が乾燥時の水分蒸散速度を向上させる要因のひとつであると報告されている^{3,5)}。パルス高電界を生体細胞に印加することで、細胞膜内外に電位差が生じ、マクスウェル応力により細胞膜が圧縮することで不可逆的な孔が生じ⁶⁾、細胞質の水分が外に漏出する。PEF処理後の葉の表面には水分が付着していることを目視で確認した。すなわち、PEF処理により細胞膜が壊れ、葉の表面へと水分が移動したことで、乾燥時の水の蒸散が容易になり乾燥時間が短縮したと考えられる。

(2) 品質変化

L-アスコルビン酸残存比およびカリウム残存比において、HWではCONTに対して有意に残存比が低い値となったものの、PEFにおいては有意な差はみられず、PEFはHWと比較してL-アスコルビン酸およびカリウムの保持効果が高いことがうかがえる(図4)。これはPEFにおいて、浸漬操作を用いなかったことに伴い、L-アスコルビン酸およびカリウムの溶脱が起こらなかったために、HWよりも高い値になったと考える。ただし、上述した通り、細胞膜破壊により水分が表面に移動するため、移動した分の栄養素が漏出し、栄養素の低下を誘起する可能性があるため更なる詳しい検討が必要である。

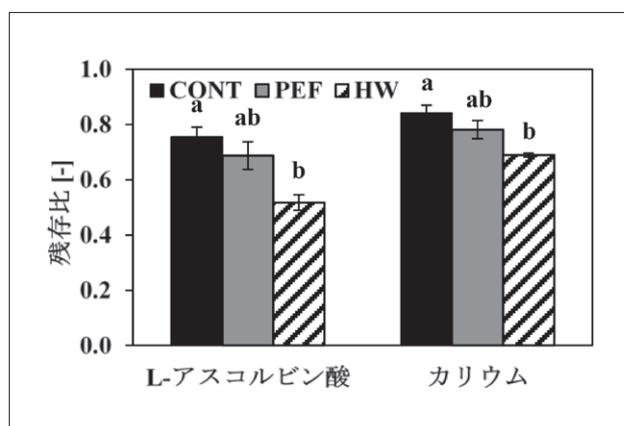


図4 各試料のL-アスコルビン酸残存比およびカリウム残存比
 図中のエラーバーは標準誤差を示す (n=3-6)。異なる英小文字
 間には Tukey-Kramer 法による有意差あり (p<0.05)。

4. まとめ

PEFおよびHWはCONTと比較して乾燥時間が1.5h短縮された。また、PEFにおける乾燥速度定数比はHWのそれよりも大きな値となったことから、PEFによって乾燥速度が増加する傾向が確認された。さらに、乾燥後試料の品質変化について測定したところ、PEFはHWと比較して水溶性成分の減少が抑制される傾向となった。これらのことから、パルス電界処理は新たな乾燥前処理として有効である可能性が示された。

謝辞

本研究の遂行にあたり、研究助成を賜りました公益財団法人浦上食品・食文化振興財団に厚く御礼を申し上げます。

参考文献

- 1) 玉木由佳莉, 折笠貴寛, 村松良樹, 田川彰男, 2012. マイクロ波乾燥によって得られた乾燥野菜の空隙率が吸水性に及ぼす影響. 日本食品科学工学会誌, 59(8), 401-408.
- 2) 林 弘通, 1991. 講座 食品の乾燥 (第1回) -その歴史と製造技術-. 調理科学, 24(4), 333-338.
- 3) 渡邊高志, 折笠貴寛, 佐々木邦明, 小出章二, 椎名武夫, 田川彰男, 2014. ブランチング処理がカットキャベツの遠赤外線乾燥過程における水分蒸散速度および品質変化に及ぼす影響, 農業食料工学会誌, 76 (5), 387-394.
- 4) Zhang, Z.H., Wang, L.H., Zeng, X.A., Han, Z., Wang, M.S., 2017. Effect of pulsed electric fields (PEFs) on the pigments extracted from spinach (*Spinacia oleracea* L.). *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 43, 26-34.
- 5) Nilnakara, S., Chiewchan, N., Devahastin, S., 2009. Production of antioxidant dietary fibre powder from cabbage outer leaves. *Food and Bioproducts Processing*, 87, 301-307.
- 6) Zimmermann, U., Pilwat, G., Riemann, F., 1974. Dielectric breakdown of cell membranes. *Biophysical Journal*, 14(11), 881-899.

Development of a novel blanching method by electrical treatment

Takahiro ORIKASA¹⁾, and Katsuyuki TAKAHASHI²⁾

¹⁾ Faculty of Agriculture, Iwate University

²⁾ Faculty of Science and Engineering, Iwate University

In this study, the influence of a pulsed electric field (PEF) on the drying rate and quality changes of spinach during the hot air drying process was investigated. Eight spinach leaves, each cut to a square shape with an area of 3,600 mm² were used as samples. A PEF was generated using a capacitive energy-type pulse generation circuit consisting of a capacitor and a SiC-MOSFET. Parallel plate electrodes with a gap length of 10 mm were used to apply the PEF to each sample. The samples were dehydrated using a hot air dryer after PEF treatment. The moisture content of the samples decreased with increasing drying time, reaching a constant value after 3.5 hours and 5 hours for the PEF treatment group and control group, respectively. The drying rate constant for the PEF treatment group was 1.7 times higher than that of the control group. These results show that the moisture permeability of the leaves could be improved by destroying the cell membranes via the PEF. In addition, the influence of PEF treatment on quality changes in the dehydrated samples after the hot air drying process was limited.