

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 6 月 16 日現在

機関番号：82111

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2012～2014

課題番号：24500964

研究課題名(和文)短波帯交流電界による農産物の高品質ブランチング処理

研究課題名(英文)High quality blanching vegetables by RF heating

研究代表者

植村 邦彦(Uemura, Kunihiko)

独立行政法人農業・食品産業技術総合研究機構・食品総合研究所・食品工学研究領域・上席研究員

研究者番号：50353967

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 4,100,000円

研究成果の概要(和文)：交流高電界および短波帯交流により、トマトジュース、包装済み味噌および大豆のブランチング処理を行った。交流高電界処理により、トマトジュース中のペクチンメチルエステラーゼ(PME)を従来加熱の1/100の時間で失活した。27MHzの短波帯交流電界加熱により、包装した600gの味噌の中心温度を従来加熱の1/10の時間で昇温し、フォスファターゼを失活した。短波帯交流加熱は、大豆中のリポキシゲナーゼを失活し、作成した豆乳のn-Hexanalの発生量を低減した。

研究成果の概要(英文)：High Electric Field Alternating Current (HEF-AC) and Radio Frequency (RF) heating were applied to tomato juice, packed miso and soybean for blanching. Pectin methylesterase (PME) in tomato juice was inactivated by HEF-AC at 100 times faster than that by conventional heating. 600g of packed miso was heated by RF at 10 times faster than that by conventional heating. Phosphatase in miso was inactivated at 72 . RF heating inactivated Lipoxygenase in soybean and decreased Hexanal from the processed soybean milk.

研究分野：食品工学

キーワード：短波帯加熱 交流高電界 ブランチング 野菜

## 1. 研究開始当初の背景

電気エネルギーを利用した食品の加工方法として、通電加熱、マイクロ波加熱、高電圧パルス、交流高電界等が挙げられる。マイクロ波帯の電磁波を利用したマイクロ波ブランチングに関して研究例があるが、食品で加熱むらが生じることが問題であった。

27MHz の短波帯の周波数の交流を用いて、豆乳や液卵などたんぱく質を含む液状食品の殺菌処理が開発されている。短波帯の交流電界処理は、液体食品だけでなく、水中に浸漬させた固形の農産物やプラスチック包装された加工食品などの処理が可能である特徴を有する。

交流高電界処理では、電氣的な殺菌効果とともに、食品の各成分に与える影響について、従来の加熱処理と比較したところ、熱に弱い香気成分、ビタミンCなどの栄養成分および色調の変化が少ない高品質な殺菌方法であることが分かってきた。また、交流高電界処理により、酵素を効果的に失活することが分かった。

## 2. 研究の目的

農作物のブランチング処理は材料表面に付着した微生物低減や酵素を失活させることにより、素材の品質を長期間保持するために有効な加工方法であるが、ブランチングで一般に用いられる温水や水蒸気による加熱処理は固形食品の中心部の温度上昇に長時間要することから、ブランチング処理により、食品表面の過加熱が生じ、表面の色、香り、成分の熱変性が問題となっている。本研究では、これまでに、応募者らにより殺菌の目的で開発された交流高電界技術や短波帯交流電界技術を本ブランチング処理に応用することにより、従来の加熱処理に比べて加熱時間を大幅に短縮し、食品成分の熱変性を抑えつつ高品質なブランチング処理を開発することを目的とする。

## 3. 研究の方法

### (1) 交流高電界による酵素の失活

トマトに含まれる酵素ペクチンメチルエステラーゼ (PME) は、トマトのペクチンを分解するためトマト混濁果汁の分散安定性を低下させることが問題である。そこで、トマトを搾汁直後に交流高電界によるブランチング処理を行い、PMEの失活について検討した。具体的には4mmX13mmのチタニウム製電極2枚を2mmの間隔で対向させ、両電極間に最大750V、20kHzの交流を印加し、電極間に生じた交流高電界中を500mL/minの流速でトマト果汁を通過させることにより、交流高電界処理を行った。交流高電界処理において、トマト果汁に与える印加電界の強度を変化させ電極出口の最高到達温度、ならびに電極出口から冷却器に入るまでの温度保持時間を変化させたときのPME活性変化を測定した。

### (2) 短波帯交流による酵素の失活

利便性が高い出し入りの味噌は、出しの成分が味噌に含まれる酵素フォスファターゼにより分解されるため、出しを添加する前に加熱処理等により、これらの酵素を失活しなければならない。ただし、この加熱処理で生味噌の色や風味が劣化することが問題となっている。そこで、本研究では味噌の加熱処理として短波帯交流電界処理を用いた。味噌中の酵素のプロテアーゼおよびフォスファターゼの活性の変化について、従来法加熱処理と短波帯交流電界処理を比較した。

### (3) 短波帯交流によるブランチング

大豆に含まれる酵素リポキシゲナーゼに着目し、短波帯ブランチング処理による大豆のリポキシゲナーゼの効率的な失活について検討した。大豆(秋田2012年産、りゅうほう)100gを6倍量の蒸留水に5℃、14時間浸漬した。浸漬した大豆に350mLの蒸留水を加えたものを試料とした。通常の加熱方法として、試料を500mLのメジウム瓶に入れたものを95℃に設定したオートクレーブ内で25分間加熱し、大豆中心部に挿入した温度計で95℃に達したことを確認した。短波帯交流電界処理は、試料を150x150mmの2枚のチタニウム板電極間50mmに充填した。27MHz、2.0kWの短波帯交流電界を2分間印加し、大豆の中心に挿入した光ファイバー温度計の温度が95℃に到達したことを確認後、速やかに冷却した。処理した大豆を煮汁とともに破碎したサンプルのタンパク質量、水分、トリプシンインヒビター活性、リポキシゲナーゼ活性を測定した。大豆に含まれるリポキシゲナーゼ(LOX)が不飽和脂肪酸を酸化して過酸化脂質となり、ヒドロペルオキシドリアーゼにより、青臭み成分であるn-Hexanalが生成されることが知られている。以上の酵素反応は大豆の圧搾後、速やかに進行するため、大豆の圧搾前にLOXを失活しておけば、n-Hexanalの生成を抑制できると考え、短波帯交流電界加熱による浸漬大豆のブランチング処理を行った。

## 4. 研究成果

### (1) 交流高電界による酵素の失活

トマト果汁の交流高電界処理および従来加熱処理におけるペクチンメチルエステラーゼ(PME)の変化をアレニウスプロット上で比較した(図1参照)。その結果、活性化エネルギーを表す交流高電界処理および従来加熱処理の傾きは、ほぼ同じ値となったことから、両者の失活は熱的な効果によるものと推察された。ただし、交流高電界の速度係数は従来加熱よりも100倍程度高いことから、同じ温度で比較した場合、交流高電界処理の失活速度が速いことが分かった。交流高電界のPME失活メカニズムとして、細胞壁に付着していたPMEが交流電界処理により、細胞壁との相互作用が低下した結果、果汁中で自由な状態になり、酵素の耐熱性が低下したものと考えられた。

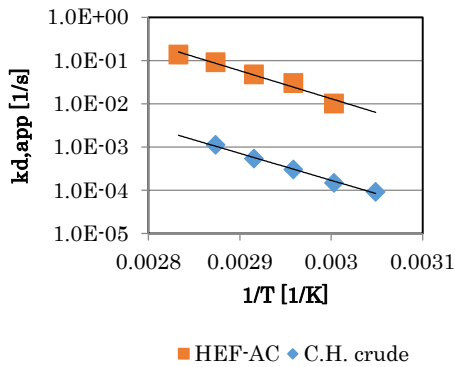


図1 トマトの PME 活性変化

(2) 短波帯交流による酵素の失活

短波帯交流電界処理は、温浴中で加熱する従来の加熱処理に比べて 600g の味噌中心部の温度を 1/10 で昇温できることがわかった。また、短波帯交流電界処理後の味噌中のプロテアーゼ活性及びフォスファターゼ活性は、従来加熱処理よりも 12℃低い 72℃で両酵素を失活することが分かった (図2参照)。したがって、出汁入り味噌の出汁成分を分解するフォスファターゼを低温かつ短時間で失活したことにより、短波帯加熱により、生味噌に近い出汁入り味噌の製造が可能になるものと考えられる。

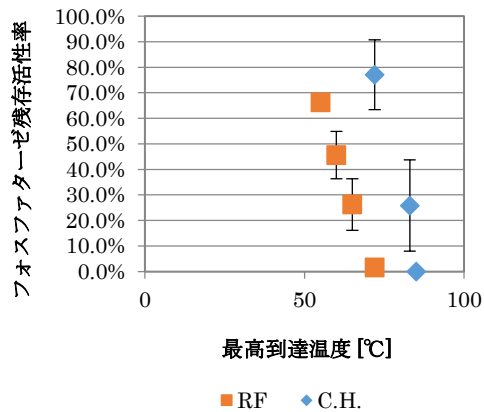


図2 味噌中の酵素フォスファターゼ活性変化

(3) 短波帯交流によるブランシング

加熱せずに搾汁した豆乳のリポキシゲナーゼ活性およびトリプシンインヒビター活性を 100%としたとき、処理後のリポキシゲナーゼ活性は、オートクレーブ加熱処理後 29%、短波帯処理後 27%と同程度に低下した。一方、トリプシンインヒビター活性は、オートクレーブ加熱処理後 1%、短波帯処理後 51%であった。短波帯ブランシング処理により、大豆の中心部の温度を素早く昇温することが可能である。したがって、短波帯ブランシング処理は、大豆を粉砕することなく大豆リポキシゲナーゼを短時間で失活することが可能であることがわかった。

短波帯ブランシング処理は、従来の加熱処理よりも昇温時間 (加熱時間) が短縮されたことから、たんぱく質 (トリプシンインヒビター) の熱変性が少ないことがわかった。

短波帯加熱でブランシングした大豆から豆乳を作成し、豆乳の n-Hexanal の生成量を測定したところ、短波帯電力の上昇に比例して、n-Hexanal の生成が抑制されることがわかった。本研究の成果として、短波帯加熱によるブランシング処理により、タンパク質などの成分の熱変性を抑えつつ、青臭みを生じさせない高品質な豆乳を製造することが可能になると考えられる。

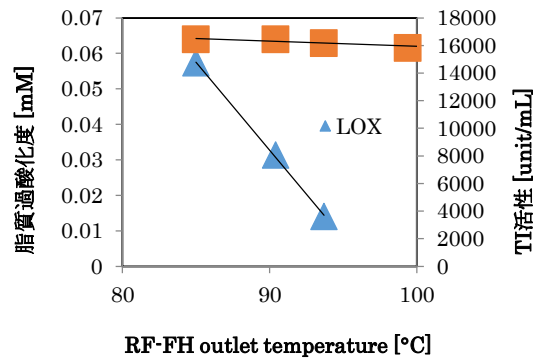


図3 豆乳中の LOX, TI 活性変化

5. 主な発表論文等

[雑誌論文] (計 2件)

- ① Uemura, K., Takahashi, C., Kobayashi, I., Rapid Inactivation of Pectin Methylesterase in Tomato Juice Using High Electric Field Alternating Current, Food Science and Technology Research, 査読有, 21, 1, 2015, 7-11  
doi: 10.3136/fstr.21.7
- ② 植村邦彦、高橋千栄子、小林功、: 短波帯加熱処理による包装済み味噌の酵素の失活, 日本食品科学工学会誌, 査読有, 61, 2, 2014, 95-99  
doi : 10.3136/nskkk.61.95

[学会発表] (計 5件)

- ① K. Uemura, Inactivation of microorganisms in vacuum-packed fish products by radio-frequency heating, 17th World Congress of Food Science and Technology, 2014/8/20, Montreal (Canada)
- ② 植村邦彦、トマト果汁の交流高電界処理、日本食品工学会第 15 回年次大会、2014/8/8、エポカル (茨城県・つくば市)
- ③ K. Uemura, Inactivation of Enzymes in Packed Miso Paste by Radio-Frequency Heating, Food Structure and Functionality Forum Symposium, 2014/4/1, Amsterdam (Netherlands)
- ④ 植村邦彦、短波帯交流による味噌酵母の

失活、日本食品工学会第14回年次大会、  
2013/8/10、京都テルサ(京都府・京都市)

- ⑤ K. Uemura, Rapid inactivation of enzyme in tomato juice and soybean by high electric field alternating current, Global Food Safety, 2012/10/23, Doblin (Ireland)

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

植村 邦彦 (UEMURA, Kunihiko)

独立行政法人農業・食品産業技術総合研究  
機構・食品総合研究所・食品工学研究領域・  
上席研究員

研究者番号：50353967