

食品凍結に及ぼす変動磁場の効果

(実験装置の製作と予備実験)

村田圭治* 奥村太一** 荒賀浩一* 小堀 康功*

Effect of magnetic field on food freezing

Keiji Murata, Taichi Okumura, Koichi Araga Yasunori Kobori

This paper presents an experimental investigation on effects of magnetic field on food freezing process. Although purpose of food freezing is to suppress the deterioration of food, freezing breaks food tissue down, and some nutrient and delicious element flow out after thawing. Recently, a few of refrigeration equipments with electric and magnetic fields have attracted attention from food production companies and mass media. Water and tuna were freezed in magnetic field (100kHz, 1.3mT). Freezing curve was examined and tuna tissue was observed by optical microscope. The influence of the magnetic field was not able to be found in the tissue observation and the freezing curve.

Keyword Food freezing, Magnetic field, Freezing curve, Optical microscope

1. はじめに

食品を凍結する目的は、低温化により食品劣化の原因である化学反応、酵素反応、微生物の活動等の活性を抑えることである。しかし、食品は通常、水を含み、冷却する過程で水が相変化して氷結晶が析出する。この食品の凍結に伴う水の相変化もまた食品の品質劣化の原因となる。氷結晶生成は、細胞を圧迫するし細胞内部の諸構造を破壊するなどの機械的損傷の他、タンパク質の変性・不溶化などをもたらす¹⁾。特に組織の破壊は、解凍の際に栄養分や旨み成分を液汁(ドリップ)として流出させる²⁾。一方で、生成した氷結晶状態や構造は凍結条件に依存し、急速凍結では微細な氷結晶が、緩慢凍結では粗大な氷結晶が形成されることが知られている。氷結晶が小さければ凍結に伴う食品の品質劣化も少ないことから、これまで急速凍結によって氷結晶を微細化し成長を抑制するための工夫がなされてきた。過冷却を伴う凍結においては過冷却解消の瞬間に極めて急速な凍結が起こるために通常の凍結に比較してはるかに小さい氷結晶構造の形成が可能である³⁾。

近年、磁場を印加することで過冷却を維持でき、結果的に食品の品質劣化を抑えることができるという冷凍装置が市販され話題⁴⁾となっている。しかしながら、鈴木ら⁵⁾はブリ等の食品凍結中に変動周期磁場(0.5mT, 50Hz)を印加してその効果を調べたものの、凍結現象や食品の品質に対する効果は確認できなかった。また、渡邊⁶⁾は、液滴凍結における磁場の影響について実験的に検討し、潜熱放出前の過冷却度は磁場により影響を受けるが、有限の励磁時間が必要であると報告している。

著者らは、食品凍結に及ぼす磁場効果の有無について興味を持ち、とりあえず周波数100kHz程度の変動磁場を印加して水と魚肉の凍結実験を試みた。ここでは、凍結曲線の比較や光学顕微鏡による魚肉観察を行った結果について報告する。

2. 実験装置および実験方法

実験装置の概要を図1に示す。この装置は、窒素ガスボンベ①、液体窒素タンク②、電磁弁③、実験チャンバー④、データレコーダー⑤、磁場発生コイル⑥、凍結試料⑦、温度調節器⑧などから構成されている。窒素ボンベ①の窒素ガスを液体窒素タンク②の液体窒素内にバブリングして-20℃程度の低温窒素を作り、これを冷熱源として実験チ

*近畿大学工業高等専門学校 総合システム工学科

**近畿大学工業高等専門学校 専攻科生産システム工学専攻

チャンバー④内を冷却した。チャンバー内は低温窒素ガスの流入を電磁バルブ③で制御することにより一定温度に保持した。生マグロを円柱状(φ10mm x 13mm)に切って凍結試料⑦とし、これをテフロン製のブロック内に設けた同寸法の穴に埋め込んだ。チャンバー内を所定温度に冷却後、凍結試料が磁場発生コイル⑥の中心に位置するようにテフロン製ブロックをコイル内に設置し、試料がチャンバー内雰囲気温度になるまで冷却した。供試試料の冷却は、チャンバー内の雰囲気ガス(N₂)をファン⑨を用いて下方から試料の底面に吹き付ける方法とした。

試料の温度測定は、試料の中心にCA熱電対(φ0.5mm)を挿入し、底面より5mmの位置で行った。磁場発生コイル⑥は、外径φ50mmの塩化ビニールパイプに銅線を巻き付けたもので、コイルの巻数は20あるいは40とし、周波数は50~200kHz、磁束密度は1.3mTである。解凍後、試料を温度測定位置でスライスして光学顕微鏡で観察し、冷凍前・冷凍後・磁場有り・磁場無しの組織を比較した。

3. 実験結果および考察

図2(a)および(b)は凍結曲線に関する実験結果の一例で、縦軸はチャンバー内温度 T_a 、および魚肉温度 T_f 、横軸は経過時間 t である。(a)磁場を印加しない場合、魚肉温度は約-10℃まで冷却された後、-5℃付近まで急激に上昇している。これは魚肉内の過冷却状態が解消されたため凝固点まで戻ったためであると考えられる。その後、魚肉の凍結が進むにつれて塩分が濃縮され凝固点が緩やかに低下する

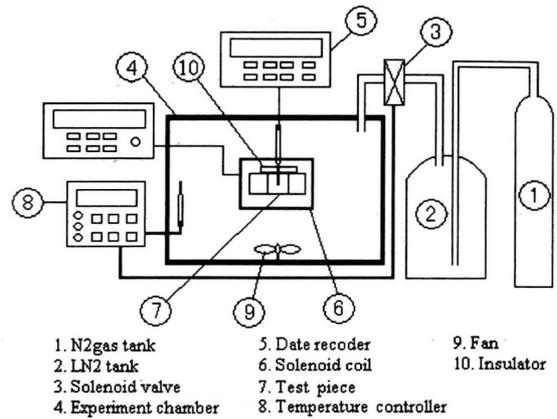
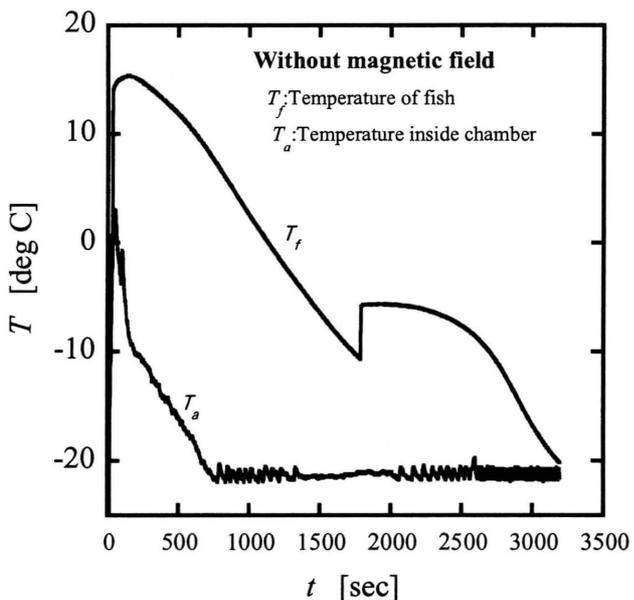


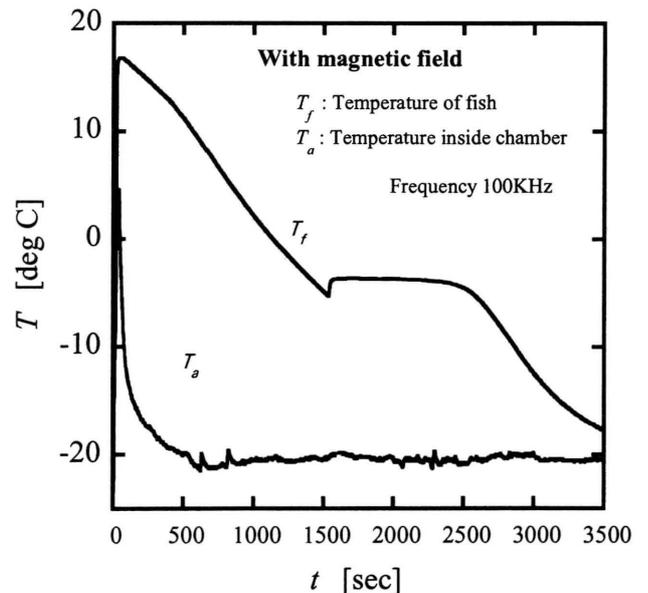
Fig.1. Experimental apparatus

ために凍結が完了する温度をはっきりと定めることはできないが、凍結完了後、魚肉の温度低下は速くなり、チャンバー内雰囲気温度に達している。(b)磁場を印加した場合、凍結開始温度は約-5℃で磁場無しと違いは無いが、過冷却状態の解消温度は約-6℃で、磁場無しと比べ過冷却度は小さくなっている。両者の差は測定位置によるばらつきとも思われ、必ずしも磁場の影響が現れたものではないと思われる。

図3は、魚肉組織の光学顕微鏡写真を示したもので、それぞれ(a)冷凍前：生、(b)液体窒素で急速冷凍、(c)磁場印加冷凍、(d)磁場無し冷凍、(e)市販の冷蔵庫で冷凍の結果である。生の状態や液体窒素に投入して急速冷凍したものでは組織を観察することができるが、磁場印加、磁場無しでは、どちらも生の状態のような組織をはっきりと観察す



(a) Without magnetic field



(b) With magnetic field

Fig2. Freezing curve inside fish

ることができず、磁場印加による明確な違いを見ることができなかった。

4. おわりに

周波数 100kHz, 1.3mT の変動周期磁場を印加して凍結実験を行い、凍結曲線の比較と顕微鏡観察を行った。しかし、この2つのデータ比較による優位な差を見ることはできなかった。今後、磁束密度や周波数を変化させ実験を行い、データの収集を進める。

参考文献

- (1)渡辺, ほか, 食品工学基礎講座 5 “加熱と冷却”, (株)光琳, 1991.
- (2)多田, ほか, 日本冷凍空調学会年次大会講演論文集, G206, (2007.10.東京)
- (3)宮脇, 低温生物工学会誌, Vol.44, No.1 (1998), 43.
- (4)株式会社アビー, http://www.abi-net.co.jp/abi_top.html
- (5)鈴木, ほか, 日本冷凍空調学会年次大会講演論文集, G209, (2007.10.東京)
- (6)渡邊, 日本冷凍空調学会年次大会講演論文集, A308, (2007.10.東京)

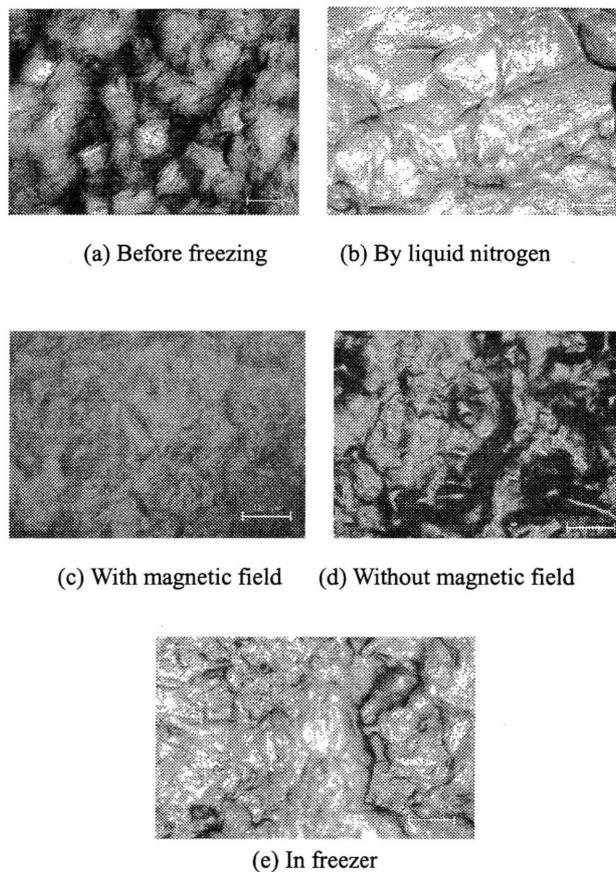


Fig3. Photographs of tuna issue