

令和 2 年 6 月 18 日現在

機関番号：12611

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2017～2019

課題番号：17K12885

研究課題名(和文)急速冷蔵及び保存を伴う煮物の最適調理条件の予測

研究課題名(英文)Prediction of cooking condition of Nimono for rapid cooling and refrigeration

研究代表者

佐藤 瑶子 (Sato, Yoko)

お茶の水女子大学・基幹研究院・助教

研究者番号：80725185

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,200,000円

研究成果の概要(和文)：本研究ではクックチルシステムの各工程、すなわち加熱、急速冷却、冷蔵、再加熱の調理条件設定について検討した。の加熱についてスチームコンベクションオーブンを用い、根菜類内部の温度と硬さの変化のシミュレーションに基づき適度な硬さになるまでの加熱時間を予測した。さらに加熱時間に影響する要因を整理した。急速冷却はブラストチラーを用いて衛生管理基準を満たす冷却時間の設定と冷却時間に影響する要因を整理した。さらにの冷蔵中の品質(水分含量、色、硬さ)の変化を機器測定により把握した。の再加熱工程について衛生管理の基準を達成する加熱時間を食材の中心温度変化の予測に基づき設定した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究では給食施設で導入されているクックチルシステムの各工程における加熱時間や冷却時間を設定し、さらにこれらに影響する要因を整理した。これまで煮物調理を想定して根菜類内部の変化を予測し、調理時間を設定したという報告はなく、本研究で得られた知見は給食施設での煮物の品質管理に資する有用なものである。

研究成果の概要(英文)：In this study, the cooking conditions were determined for each process of cook chill system, namely, 1) heating, 2) rapid cooling, 3) refrigeration, and 4) reheating cooking condition setting. Regarding the heating, using a steam convection oven, the heating time to reach an optimum hardness was predicted based on the simulation of changes in the temperature and hardness inside the root vegetables. Furthermore, the factors that affect the heating time were evaluated. For rapid cooling, a blast chiller was used to set the cooling time and the factors that affect the cooling time were evaluated. Furthermore, the quality changes (moisture content, color, hardness) during refrigeration were investigated. The reheating time for the reheating process was determined based on the simulation of the change in the central temperature of the food.

研究分野：調理科学

キーワード：予測 煮物 クックチルシステム 冷蔵 冷却 根菜類

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

煮物は調理後すぐに喫食するだけでなく、調理後に冷蔵することも多い。根菜類の煮物は保存中に調味料成分が食材へ拡散することから、クックチルシステムに適しているとされる。クックチルシステムとは加熱調理後の急速冷却及び冷蔵を行う調理システムであり、病院など大量調理を行う給食施設で導入されている。このシステムでは加熱、急速冷却、冷蔵、再加熱の4段階の工程を経るため、煮物を調理するには～の各工程の食材の変化を予測し、調理条件を設定する必要がある。

クックチルシステムでは加熱機器としてスチームコンベクションオープン(以下SCO)が、冷却器としてブラストチラーが用いられることが多い。そのため、クックチルシステム時の調理条件を検討するためにはSCOの加熱時間やブラストチラーの冷却時間を検討する必要がある。我々はこれまでに温度制御型IH調理器を用い、野菜の硬さのシミュレーションに基づき、適度な硬さに仕上げるための加熱時間を予測することについては報告しているが¹⁾、SCOの加熱時間に関してこのような検討は行われていない。特にSCOの調理ではホテルパンの枚数や食材重量が加熱時間に及ぼす影響を検討する必要がある。さらにSCOは加熱および再加熱の両工程で用いられる。加熱では主に野菜を適度な硬さにするための加熱時間の設定が、再加熱では衛生管理の観点から中心部が75℃で1分間以上の加熱ができるような時間設定が必要になる。これまでに温度や加熱モードについて官能評価の結果に基づいて、SCOの再加熱条件を設定した報告はある²⁾。しかし中心部の温度変化のシミュレーションを行い、中心部が75℃になるまでの時間を算出し、再加熱時間を予測したという報告はみられない。

また、クックチルシステムの冷却は中心温度を90分以内に3℃以下にするという基準が設けられており、中心温度が3℃になるまでの所要時間を把握することが重要である。ブラストチラーを用いた冷却時間についてはホテルパンの枚数の影響などについてすでに報告があり、この報告の中では所定の温度の通過時間と冷却時間の関係で整理されている³⁾。冷却時間の予測の観点からは冷却の速度定数を得て、調理条件との関係を整理することが必要と考えられるが、このような観点からホテルパンの枚数や食材の重量の影響を検討した報告は見られない。

さらに冷蔵中の根菜類の煮物の品質変化へ及ぼす要因として、加熱、冷却条件に加え、冷蔵中の煮汁成分の影響が考えられる。そのため冷蔵中の品質変化と煮汁や調味料の有無の影響について把握することは冷蔵する煮物の品質向上のために重要であるが、このような検討は行われていない。

2. 研究の目的

根菜類の煮物は日常的に喫食される調理品であり、調理後冷蔵することも多い。そのため、品質一定の煮物を生産するためには、加熱調理の条件に加えて、加熱後の冷却や再加熱まで考慮して調理条件を設定する必要があるものの、このような観点からの報告はみられない。本研究では加熱、急速冷却、冷蔵、再加熱の4段階の各工程について、加熱から喫食に至るまでの根菜類の変化を予測することで、冷蔵を伴う煮物について調理条件の設定を行うことを目的とする。

3. 研究の方法

(1) スチームコンベクションオープンを用いた加熱時間および再加熱時間の予測

SCO (TSC-10GB, tanico) をコンピモードで設定温度100℃、設定蒸気量100%として2cm角ジャガイモを加熱した。ホテルパン1枚に入れる水と試料を合計2~4kgとし、合計重量に対する試料の割合は0~0.6とした。ホテルパンの枚数は1~10枚を用いた。加熱中の庫内温度、水温、試料中心温度を測定した(K熱電対, 安立計器)。水温の実測値に基づき、1、2、3cm角のジャガイモについて試料中心温度及び硬さの変化を予測し、適度な硬さになるまでの加熱時間を算出した。さらに、実際に試料を加熱し、官能評価(5段階評点法)を行うことで、加熱時間設定の妥当性を検証した。また、再加熱時間は試料の中心部が75℃になってから1分間の加熱後を加熱終了とした。計算は有限要素ベースのシミュレーションソフトウェアCOMSOL Multiphysics® (ver. 5.5, COMSOL Inc.) を用いて行った。

(2) ブラストチラーの冷却特性の把握及び冷却時間の予測

SCOでジャガイモが適度な硬さになるまで加熱した後、そのままブラストチラー(AL-5M, IRINOX)に入れてソフトチルモードで冷却した。ホテルパンの枚数(1~5枚)、水と試料の合計重量は3kgとし、試料重量の割合(0~85%)、試料サイズ(1, 2, 3cm角)の条件を変えて冷却した。加熱中および冷却中のホテルパン内9か所の試料中心部および水温を測定した。クックチルシステムでは加熱後は急速冷却が必要であり、90分以内に中心温度を3℃以下に冷却することが必要とされていることから、冷却時間はホテルパン内の測定したすべての温度が3℃以下になるまでの所要時間とした。さらに得られた温度の実測値を無次元化し、冷却の速度定数を下式(1)より算出した。

$$\ln\{(T - T_a)/(T_0 - T_a)\} = -kt \quad (1)$$

T , 時間 t における温度 ()

T_a , 庫内温度 ()
 T_0 , 初期温度 ()
 k , 冷却の速度定数 (min^{-1})
 t , 時間 (min)

(3) 冷蔵中の品質変化の把握

2 cm 角のジャガイモを適度な硬さになるまで RO 水または醤油水中で加熱し、タッパーに入れて 0~4 日間冷蔵した。この際、RO 水中で加熱したものは保存中の煮汁の有無についても検討した。測定項目は重量、水分含量、色 (測色色差計)、硬さ (テクスチャーアナライザー) とした。テクスチャーアナライザーの測定条件は 5 mm の円柱型プローブを用い、2 mm/s で圧縮率 80% とし、最大ピークを硬さとした。また、試料全体を圧縮して形くずれを評価するため、75 mm の平板プローブで 80% 圧縮する試験も行なった。水分含量は 試料全体、表面から 2.5 mm、2.5~5.0 mm、中心 1 cm 角部分に分けて測定した。色は表面と内部の測定を行った。

4. 研究成果

(1) SCO を用いた加熱時間の予測

SCO で加熱したジャガイモの試料中心温度の実測値は予測値と概ね一致した。よって、煮物や汁物のように汁中でジャガイモを SCO で加熱する際の試料内部温度の予測が可能であることを確認した。得られた水温変化を用いて予測した 2 cm 角ジャガイモの最適加熱時間は、試料と水の合計重量 3 kg (試料割合 0.5)、ホテルパン 1 枚の場合で 16.2 分であり、その内訳は水温上昇期 11.4 分、沸騰継続期 4.8 分であった。この条件で試料を実際に加熱して官能評価に供したところ、試料は適度な硬さと評価された。よって予測した SCO の加熱時間の妥当性を確認した。

また、ホテルパンの枚数、水と試料の合計重量、試料の割合の増加に伴い、水温が 98°C になるまでの時間 (t_{w98}) は直線的に増加し、各条件での最適加熱時間と t_{w98} との間には直線関係が認められた。そこで重回帰分析を行い、各要因を説明変数、 t_{w98} を目的変数とした重回帰式を得た。各要因の t_{w98} への影響はホテルパンの枚数 > 合計重量 > 試料重量割合の順に大きかった。

(2) プラストチャーの冷却特性の把握及び冷却時間の予測

ホテルパンの枚数を変えて水のみを冷却したところ、ホテルパン 1 枚に対して 5 枚では冷却時間が 2.0 倍であった。試料割合の影響は 1 cm 角で大きく、水と試料の合計重量に対する試料割合が 50% の時冷却時間は最も長かった。この時の水の冷却の速度定数は 0.0548 min^{-1} であった。3 cm 角は試料割合による有意な差は認められなかった。ホテルパン内 9 点の試料には温度差があり、3 cm 角に比べて 1 cm 角で温度差が大きかった。よって、1 cm 角は試料割合 20~50% の間で試料割合が増えることでホテルパン内の温度分布が大きくなり、水が冷めにくく冷却時間が長くなる一方、3 cm 角は試料割合の影響を受けにくいことが示唆された。

(3) 冷蔵中の品質変化の把握

煮汁なしで冷蔵する場合にはジャガイモ重量が減少した。表面付近の水分含量が減少していたことから、乾燥に伴う重量減少であると考えられた。RO 水もしくは醤油水中で保存した場合には、冷蔵 1 日後に重量が減少し、その後変化は認められなかった。これらの試料の水分含量は内側の方が高い傾向が認められた。

ジャガイモ表面の L^* は煮汁なしもしくは RO 水中での保存で上昇した。ジャガイモ表面の b^* は RO 水中での保存のみ低下し、内部の b^* は醤油水中保存で上昇した。醤油水では、保存の間にメラノイジンが内部に拡散することで内部の b^* が高くなったと考えられた。貫入試験によって測定した冷蔵中の硬さの変化には水なし及び醤油水では一定傾向は認められなかった。RO 水中での保存では有意差はないものの表面が内部よりも硬い傾向が認められた。また試料全体を圧縮したところ、冷蔵前半ではジャガイモが細かく分離したが、保存が進むにつれて表面が崩れず形を保つ様子が観察された。よって貫入試験による硬さの測定では明瞭な傾向は認められなかったものの、食べた時のテクスチャーには変化があることが示唆された。

(4) SCO を用いた再加熱時間の予測

(1) の加熱時間の設定の検討で測定した水温変化の実測値に基づき、予測した試料中心温度が 75 になってから 1 分間後を加熱終了とし、再加熱時間を設定した。予測した再加熱時間と t_{w98} には直線関係が認められたため、両者の関係を一次式で表した。(1) の加熱時間の予測の検討において得られたホテルパンの枚数、水と試料の合計重量および試料の割合を目的変数とする重回帰式と t_{w98} と再加熱時間の関係式を組み合わせることで、ホテルパンの枚数、水と試料の合計重量、試料の割合に応じた再加熱時間の設定が可能となった。

< 引用文献 >

1) 遠藤瑤子, 香西みどり (2013) 温度制御型 IH 調理システムを用いた根菜類の最適調理条件

- の予測，日本家政学会誌，**64**，125-135．
- 2) 殿塚婦美子，三好恵子，谷武子（2001）クックチルシステムにおける煮物の再加熱条件の標準化について，日本食生活学会誌，**12**，127-133
 - 3) 殿塚婦美子，三好恵子，谷武子（1999）クックチルシステムにおける急速冷却の生産管理について，日本食生活学会誌，**9**，51-57

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計2件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 吉田里緒, 八川梨紗, 佐藤瑤子, 飯島久美子, 辻ひろみ, 香西みどり
2. 発表標題 スチームコンベクションオープンを用いた根菜類の煮物の調理条件の検討
3. 学会等名 日本家政学会第70回大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 吉田里緒, 佐藤瑤子, 八川梨紗, 飯島久美子, 辻ひろみ, 香西みどり
2. 発表標題 スチームコンベクションオープンを用いたゆで加熱の加熱時間に影響を及ぼす要因の検討
3. 学会等名 日本調理科学会平成29年度大会
4. 発表年 2017年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考