

氏 名（国籍）	久 塚 智 明 （熊 本 県）
学 位 の 種 類	博士（農学）
学 位 記 番 号	農博甲第221号
学 位 授 与 年 月 日	平成13年3月13日
学 位 授 与 の 要 件	学位規則第4条第1項該当
研 究 科 及 び 専 攻	連合農学研究科 生物資源科学専攻
研究指導を受けた大学	岐阜大学
学 位 論 文 題 目	食品工業化に向けての茶碗蒸し物性に及ぼす影響 因子の解析
審 査 委 員	主査 岐 阜 大 学 教 授 渡 邊 乾 二 副査 信 州 大 学 教 授 細 野 明 義 副査 静 岡 大 学 教 授 碓 氷 泰 市 副査 岐 阜 大 学 教 授 加 藤 宏 治

論 文 の 内 容 の 要 旨

安価ながらも良質なタンパク質である卵を利用した調理品に茶碗蒸しがある。その配合組成は単純ではあるが、茶碗蒸し物性の多様性を生み出す要因解析は未だなされてない。本研究では茶碗蒸しの物性に及ぼす影響因子を解析し、工業化に向けた製造条件の設定を目的とした。

各店の茶碗蒸しの配合組成を推定したところ、卵液濃度は 21.9～33.2%、卵黄比率については専門店が 48.2～64.2%と一般店の 32.8～39.3%に比べて大きく、だし汁のかつお節濃度も高いものであった。茶碗蒸し作製時に、通常いわれている卵液比率が 25%程度であることから、専門店を含めた調理条件としては近似であったが、卵黄比率については大きな違いを示した。

好まれる茶碗蒸しの配合について、熟練パネルによる官能評価を実施したところ、

1. 卵液濃度について 25%、だし汁 75%の組成のものが好まれ、その破断応力は 3734 ± 267 Pa、貯蔵弾性率は 135 ± 18 Pa であった。
2. 卵黄比については全卵タイプの 35%より高めの 40%程度のものが好まれた。
卵黄比率が 50%までは破断応力は上昇し、35%では 3734 Pa、50%では 4704 Pa の値を示した。卵黄比の上昇に伴い茶碗蒸しの弾力も増し、全卵タイプとは明らかに異なる物性を呈した。

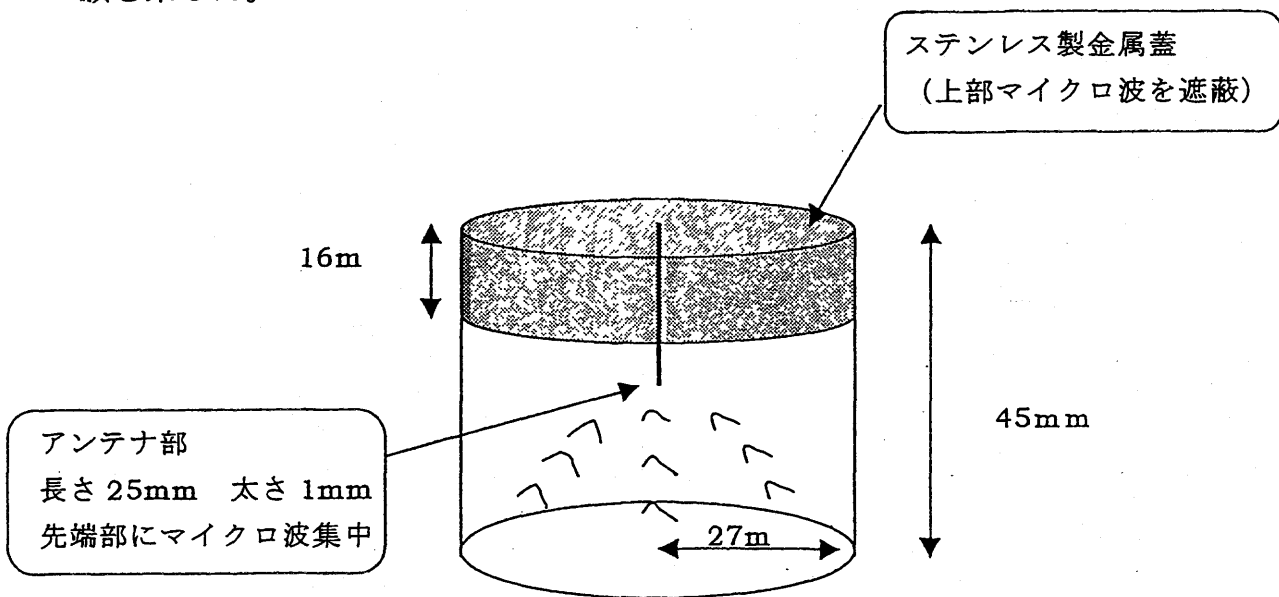
さらに茶碗蒸し物性に及ぼす影響因子について詳細な実験を実施したところ、75℃を過ぎたところで貯蔵弾性率、損失弾性率ともに急激に上昇しその後、温度上昇と共に直線的にその値は増加した。その直線を外挿することで、ゲル化開始温度

が 77℃ 付近にあることが分かった。また、茶碗蒸しの内部温度が 85℃ と 90℃ の時の貯蔵弾性率を比較したところ、85℃ では昇温速度の上昇に伴い貯蔵弾性率の低下を認め、弾力のない軟らかいゲルの仕上がりを確認した。しかし、内部温度が 90℃ の場合には昇温速度の上昇にも関わらず、貯蔵弾性率はほぼ同じ値を示し、各昇温速度において得られた茶碗蒸しの弾力は好ましいものであった。

このことから、最終的に 90℃ を超える加熱において鬆立ち（すだち）の発生がない限り、早い昇温においても好ましい茶碗蒸し物性が得られることを意味している。均一加熱の手法が確立できれば、茶碗蒸しの電子レンジ調理の道が開けることになる可能性を得たことになる。

調理時間短縮においては国内・外で電子レンジの活用が盛んではあるが、卵の加熱ゲル化を電子レンジで均一加熱していくことは無理とされていた。実際、茶碗蒸し溶液を電子レンジで加熱調理したところ、マイクロ波局在化に伴う局部加熱となるランナウェイ現象を引き起こし、鬆立ちのひどい茶碗蒸しとなった。この解決策として、下図に示す電子レンジ専用ツールを開発した。原理としては、マイクロ波が集中しやすい表面境界面への照射量を制限しつつ、加温を必要とする容器中心部に対し逆にマイクロ波を集中させるべくアンテナをあてがうものとした。最終的には、ステンレス製の遮蔽蓋と細いアンテナの一体型の専用ツールとして実用化を図った。

20 分強の蒸し調理時間が約 1 分に短縮され、調理における利便性と簡便性は、飛躍的に上昇した。この専用ツールとその原理については、日本及び米国に特許出願を果たした。



図：電子レンジ専用ツール
(容器：陶器製)

安価ながらも良質なタンパク質の供給源である卵に対して、日本でも多くの特有な調理方法がある。それらの中で幅広い年齢層に好まれ、家庭でも専門料理店でも利用され続けている調理品に茶碗蒸しがある。その配合組成は系としては極めて単純ではあるが、いろいろな特徴的な物性を示す茶碗蒸しがある。そのような茶碗蒸し物性の多様性を生み出す要因解析は未だなされていない。

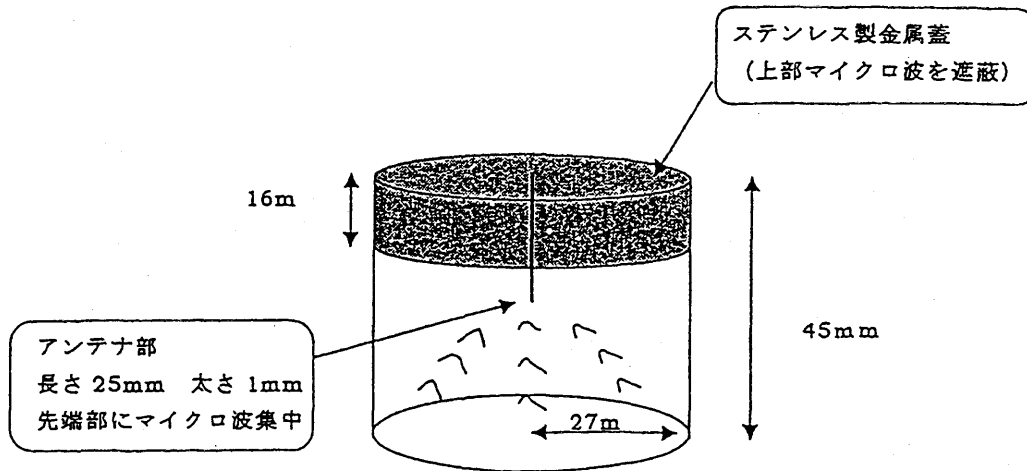
本研究では茶碗蒸しの物性に及ぼす影響因子を解析し、工業化に向けた製造条件を設定することを目的とした。

その結果が本論文の第1～3章にまとめられている。

第1章では、茶碗蒸しゲルの物性とその影響因子につき解析した。各店の茶碗蒸しを分析し、卵液濃度、卵に対する卵黄比率、だし汁として使用されているかつお節量を推定したところ、卵液濃度は21.9～33.2%、卵黄比率については、専門店が48.2～64.2%と一般店の32.8～39.3%に比べて大きく、かつお節濃度も高いものであった。好ましい茶碗蒸しの硬さとしては、卵液濃度25%時において卵黄比率は30～40%と65～80%の配合割合が適切であると認めたが、官能評価と合わせて実施する中で、卵黄濃度が65～80%と高い場合には口触りの違和感と卵黄風味が強くなることで、茶碗蒸しとしての評価が下がることを確認した。

第2章では、ゲル特性に及ぼす調理時の加熱条件、pH及び食塩濃度の影響につき解析した。茶碗蒸しの系における動的粘弾性を測定したところ、75℃にて貯蔵弾性率、損失弾性率ともに急激に増加し、ゲル化開始温度が77℃付近にあることが分かった。昇温温度の上昇に伴いゲル化開始温度も上昇した。昇温速度を2、5、及び10℃/分に設定した際のゲル化開始温度は、それぞれ76.7、77.4及び79.5℃となった。さらに、茶碗蒸しの内部温度が85と90℃の時の貯蔵弾性率を比較したところ、85℃では昇温速度の上昇に伴い、弾力のない軟らかいゲルの仕上がりを確認した。しかし、内部温度が90℃の場合には昇温速度の上昇に関わらず、弾力は好ましいものであった。これらのことから、茶碗蒸しのできあがりの良好な食感物性は、均一加熱の手法が確立できれば、昇温の速度をあげても、ゲル内部温度が90℃以上になれば得られると分かった。

第3章では、茶碗蒸しの調理時間の短縮と均一加熱方法につき検討した。茶碗蒸し溶液を電子レンジ加熱調理したところ、マイクロ波による局部加熱となるランナウェイ現象を引き起こし、すだちのひどい製品となった。この解決策として、図に示す電子レンジ専用ツールを開発した。原理としては、マイクロ波が集中しやすい表面境界への照射量を制限しつつ、加温に必要とする容器中心部に対し逆にマイクロ波を集中させるべくアンテナをあてがうものとした。最終的には、ステンレス製の遮蔽蓋と細いアンテナの一体型の専用ツールとして実用化を図った。約20分かかっていた蒸し調理時間が約1分に短縮され、調理における利便性と簡便性は、飛躍的に上昇した。



図：電子レンジ専用ツール
(容器：陶器製)

以上の論文構成や内容について慎重に審議した。得られた結果は卵ゲルの食品物性の解析とそれに基づく食品工学的観点からの装置の開発につき新知見があり、学術的に価値があるものと判断された。その結果、審査委員全員一致で本論文が岐阜大学大学院連合農学研究科の学位論文として十分価値があるものと認めた。

〈学位論文の基礎となる学術論文〉

- 1) 久塚智明・小川宣子・渡邊乾二：茶碗蒸しの物性に及ぼす影響因子の解析、日本調理科学会誌、32 (4), 312 ~ 316 (1999)
- 2) 久塚智明・小川宣子・渡邊乾二：茶碗蒸しの物性に及ぼす影響因子の解析 (第2 報) —ゲル特性に及ぼす調理時の加熱条件、pHおよび食塩濃度の影響—、日本調理科学会誌、33 (4), 451 ~ 455 (2000)

〈既発表学術論文〉

- 1) 檜作 進・久塚智明：小麦でんぷん中のリンをグリセリン- リン酸として定量する方法に関する研究、日本農芸化学会誌、50 (10), 489-494 (1976)
- 2) Hiroshi Takagi, Masaaki Kondou, Tomoaki Hisatsuka, Shigeru Nakamori, Ying-Chieh Tsai and Makari Yamasaki: Effects of an alkaline elastase from an alkalophilic *Bacillus* strain on the tenderization of beef meat, J. Agric. Food Chem., 40 (12), 2364-2368 (1992)