

明 細 書

発明の名称

マイクロ波加熱装置

技術分野

- 5 本発明は多様な被加熱物を適切な環境の下で、加熱調理するマイクロ波加熱装置に関するものである。

背景技術

- 従来のマイクロ波加熱装置の先行技術としては、特公昭55-51541号公報に記載の食品解凍式調理炉が知られていた。以下、その構成について図23を
10 参照しながら説明する。

- 図23に示すように、従来の食品解凍式調理炉は密閉自在な炉1内の天井2に攪拌器3を備え、その近くにマグネトロン照射部4が配設される。炉1内には着脱自在な食品載置棚5を有し、その下方に食品Aを浸漬することもできる取外し可能な水、油等の液入皿6が配され、さらにその下方にガス、電熱等の加熱器7
15 が設けられる。これらマグネトロン照射部4および液入皿6と加熱器7の組み合わせにより、上方からはマグネトロン照射による加熱、下方からは沸騰水によるスチーム加熱を併用できるものである。

- かかるマグネトロン照射とスチーム加熱を併用する構成により、冷凍食品の加熱に際して、解凍の際に食品の細胞膜の破壊を生じる最大氷結晶生成帯での停滞
20 をなくし、ここをすみやかに通過させることで旨味成分の流出が少なく、解凍むらもない均一な解凍加熱が実現できる。また、水蒸気が発生するので冷凍パン、冷凍ケーキ類の解凍、醗酵焼き上げの全工程のパン、ケーキ加工器としても利用されている。

- また、水蒸気によるスチーム加熱のみならず、多様な冷凍食品の種類に対応してさまざまな加熱調理が可能となる。例えば、液入皿に油を入れてフライやてんぷら類の冷凍調理食品を直接オイル解凍したり、液入皿を外して冷凍パックのままマグネトロン照射と加熱器による熱風加熱（天井の攪拌器で熱風を攪拌する）
25 とを併用したりする構成が開示されている。

しかし、従来のマイクロ波加熱装置では、スチーム加熱時の水蒸気により、加

熱室内の環境が温度約100度、湿度約100%の環境となるため、以下の弊害が生じる。例えば、焼成済みの冷凍パンや油調理済み冷凍てんぶらの解凍では蒸気が食品の表面に付着するためべたついておいしさに欠ける。また、食品の中央と表面での温度ムラができやすく、もともと含水量の少ない冷凍パンの解凍などではパン生地を傷め、香りや弾力を損ねたり、歯触りが悪くなったり、という問題を生じる。

以下、この問題について詳しく説明する。図24はこのような従来のマイクロ波加熱とスチーム加熱との併用に基づく加熱室内の温度と食品温度の時間推移を示す線図である。冷凍温度(-20℃)からスタートした食品の温度は最大氷結晶生成帯(-1~-5℃)で大きなエネルギーを要するため、若干の時間を経てここを通過する。食品が凍っている間はマイクロ波はあまり効率良くは吸収されず、その代わり食品内部へのマイクロ波の浸透は深く、また熱の伝導も速やかに行われる。このため、食品内の温度は比較的均一である。ここで、スチームを併用することにより、この最大氷結晶生成帯を早く通過させることができるが、加熱室内の温度はスチームにより約100度となり、湿度も約100%となる。

次に、この最大氷結晶生成帯を通過すると、食品内部に溶けた部位とまだ凍ったままの部位が混在し、溶けた部位は凍った部位の数倍~数十倍もの誘電損失を示してマイクロ波を選択的に吸収するため、食品内部に加熱ムラを生じる。特に、スチーム加熱時には、蒸気が食品の表面に付着し、食品のごく表層でマイクロ波により加熱されるため、表面温度がいっそう上昇しやすくなる。すなわち、食品中央の温度が食べごろの適温に達した時には、表面は適温をはるかに超えてしまう。

ここで、食品の適温は当然に食品ごとに異なる。例えば、蒸し料理の場合は、80℃を超えるが、てんぶらは60~70℃が適温であり、熱くしすぎると揚げ種が脱水し、水分を衣に奪われるためまずくなる。パンの適温は常温もしくは体温より若干高い程度の温度であり、温度を上げ過ぎればパン生地を傷め、香りや弾力を損ねたり、歯触りを悪くする。一般に、適温は、少なくとも90度以下の温度となる。

また、食品の適正な湿度も食品ごとに異なる。例えば、パンもてんぶらも食品

の表面がべたついてはおいしくなくなる。

このように従来のマイクロ波加熱装置では、最大氷結晶生成帯を如何にすみやかに通過させるかにのみに要点が置かれており、食品を最適な環境の下で、加熱調理することは考慮されていなかった。すなわち、加熱室内の温度は、スチーム
5 加熱時において、温度約100度、湿度約100%に保持されるため、食品にとって最適な環境で、加熱調理することができなかった。

発明の開示

本発明はこのような従来の課題を解消するものである。被加熱物が置かれる環境、例えば、温度、湿度および風の流れ等を適切に制御する手段を導入し、多様な被加熱物を良好に加熱調理することを目的とする。
10

すなわち、開示された発明では、食品などの被加熱物が置かれる環境を調整する手段を導入し、食品の加熱調理後の適正な温度、水分量などと、加熱室内の環境とを略一致させるよう調整する。このことにより、食品の表面温度と内部温度とがほぼ同一となり、加熱進行中に被加熱物である食品から熱や水分が過剰に奪
15 われたり、過剰に供給されることがなくなり、最適な状態の加熱調理が実現できる。

また、より理想的な加熱を実現させるため、本発明では被加熱物に応じて加熱中のマイクロ波出力を変化させ、被加熱物の温まり方をも制御する。このことで、調整させる加熱室の環境に被加熱物たる食品を同化させ、適温で加熱を終え水分
20 の損失も少ない加熱が実現できる。

さらに、本発明では加熱室の環境を直接観測しながら、この結果を制御部にフィードバックする。これにより、加熱室の環境を確実に制御することができる。

図面の簡単な説明

図1は、第1の実施例におけるマイクロ波加熱装置の加熱室内の環境の制御法
25 を示す図である。

図2は、本発明のマイクロ波加熱装置の外観図である。

図3は、本発明の第1の実施例のマイクロ波加熱装置の正面断面図である。

図4は、第1の実施例におけるマイクロ波加熱装置の加熱室内の環境を制御する構成を示すブロック図である。

図 5 は、第 2 の実施例のマイクロ波加熱室の正面断面図である。

図 6 は、第 3 の実施例におけるマイクロ波加熱装置の加熱室内の環境の制御法を示す図である。

図 7 は、第 4 の実施例におけるマイクロ波加熱装置の加熱室内の環境の制御法
5 を示す図である。

図 8 は、第 3 または第 4 の実施例のマイクロ波加熱室の正面断面図である。

図 9 は、第 3 または第 4 の実施例の他のマイクロ波加熱室の正面断面図である。

図 10 は、第 3 または第 4 の実施例におけるマイクロ波加熱装置の加熱室内の環境を制御する構成を示すブロック図である。

10 図 11 は、第 5 の実施例におけるマイクロ波加熱装置の加熱室内の環境の制御法を示す図である。

図 12 は、第 6 の実施例におけるマイクロ波加熱装置の加熱室内の環境の制御法を示す図である。

図 13 は、第 7 の実施例におけるマイクロ波加熱装置の加熱室内の環境の制御
15 法を示す図である。

図 14 は、第 8 の実施例のマイクロ波加熱室の正面断面図である。

図 15 は、第 9 の実施例のマイクロ波加熱室の正面断面図である。

図 16 は、第 10 の実施例のマイクロ波加熱室の正面断面図である。

図 17 は、第 10 の実施例におけるマイクロ波加熱装置の加熱室内の環境の制
20 御法を示す図である。

図 18 は、第 11 の実施例におけるマイクロ波加熱装置の加熱室内の環境の制御法を示す図である。

図 19 は、第 12 の実施例におけるマイクロ波加熱装置の加熱室内の環境の制御法を示す図である。

25 図 20 は、第 13 の実施例におけるマイクロ波加熱装置の加熱室内の環境の制御法を示す図である。

図 21 は、第 14 の実施例におけるマイクロ波加熱装置の加熱室内の環境の制御法を示す図である。

図 22 は、第 15 の実施例におけるマイクロ波加熱装置の正面断面図である。

図 2 3 は、従来の食品解凍式調理炉の加熱室の正面断面図である。

図 2 4 は、従来の食品解凍式調理炉の加熱室内の環境の制御法を示す図である。
発明を実施するための最良の形態

(実施例 1)

5 以下、本発明の第 1 の実施例を図面を参照しながら説明する。

図 2 は、本発明の食品加熱方法に係わる加熱装置の外観図である。本体 8 の前面には扉体 9 が開閉自在に軸支され、食品が収容される加熱室の開口を閉塞している。操作盤 1 0 には入力手段である加熱指令キー 1 1 が配され、一桁あるいは数桁で入力されるコードが食品の種類や分量、保存温度（冷凍かチルド保存か）、
10 加熱完了温度など、加熱法に影響を与える因子と対応づけされており、これを後述する制御部に指令する。本体の右側面には給水タンク 1 2 が着脱自在に配設される。

図 3 は、加熱室の正面断面図であり、加熱室 1 3 にはマイクロ波を照射するマイクロ波発生手段であるマグネトロン 1 4 と、蒸気発生手段となる蒸気発生器 1
15 5 とが結合されている。マグネトロンと、上記発生器は、制御手段となる制御部 2 1 により制御される。制御部の動作については後述する。蒸気発生器 1 5 はボイラ 1 6 と超音波振動子を有する霧化器 1 7、調温ヒータ 1 8 から構成され、給水タンク 1 2 よりボイラ 1 6 に給水される水を霧化器 1 7 が細かな水滴にして放散させ、調温ヒータ 1 8 がこの霧化された微小な水滴を加熱して所望の温度に
20 上昇せしめる。霧化器 1 7 の作動制御と調温ヒータ 1 8 の入力制御によって蒸気発生器 1 5 は所望の温度、所望の湿度を備えた空気を作り出すことができる。食品 1 9 は多様の小孔もしくはスリットを有する載置皿 2 0 上に載置される。

図 4 は、制御システム構成を示すブロック図であり、環境を制御する手段となる制御部 2 1 は、加熱指令キー 1 1 から入力された加熱指令コードを解読し、記憶手段であるメモリ 2 2 から指定された加熱条件を読み出す。加熱条件としては
25 蒸気発生器 1 5 の制御データ、すなわち霧化器 1 7 の作動制御と調温ヒータ 1 8 の入力制御を示すデータと、マグネトロン 1 4 への給電条件を示すデータとが記憶されている。これらのデータは各々のブロックの時系列データの制御値であってもよいし、ある数式であっても構わない。数式の場合には、制御部 2 1 はこ

れを演算して時系列データを得て、この時系列データに則り、霧化器17と調温ヒータ18、マグネトロン14への給電を制御して、加熱の進行に応じて加熱室13内に導入される蒸気の温度と湿度、食品の温度をあらかじめ定められたように制御する。

- 5 図1の(a)は本発明における加熱中の加熱室内の温度と食品温度を示す線図であり、(b)は加熱室内の湿度の推移を、(c)ではマイクロ波出力の状態をそれぞれ表している。本発明の特徴は、蒸気発生手段を動作させた場合においても、加熱室内の環境が、スチーム加熱時においても温度約100度、湿度約100%で一定にはならないことである。すなわち、制御部21が、マイクロ波出力
10 および蒸気発生器を制御するので、常に、最適な環境で、食品を調理することが可能となる。

- 具体的な加熱方法について、以下に説明する。(a)において冷凍温度(-20℃)からスタートした食品の温度は最大氷結晶生成帯(-1~-5℃)を若干の時間を経て通過する(時点A)。加熱の開始からこの時点Aまでは、食品はマ
15 イクロ波をわずかししか吸収せず、また食品内部での熱伝導も良好なので、(c)に示すようにマイクロ波出力は前半には全出力で凍結した食品に照射され、食品が部分的に溶け始める後半には適宜低減される。この解凍の期間は加熱室内の温度は室温かもしくは若干高めに維持され、湿度も(b)に示すように常湿もしくは若干高めに調整される。すなわち、解凍は食品の凍結時には特に深くまで浸透
20 するマイクロ波加熱によりおもに行い、蒸気は抑制しておく。

- 次に、時点Aを過ぎると、溶けた部位と未解凍の部位を混在したまま、食品は急激にマイクロ波を吸収するようになる。既述したように溶けた部位(水分)は凍った部位の数倍~数十倍もの誘電損失を示すため、(c)に示すようにマイクロ波出力を全出力の数分の一にまで低減する。また、加熱室内の温度および湿度
25 は(a)および(b)に示すようにこの時点Aもしくはその近辺より上昇させていく。ここで、加熱室内の温度は加熱の進行につれて上昇する食品の温度と略一致するよう制御する。ただし、空気は熱容量が小さいので、食品がマイクロ波によりすみやかに加熱されるため、環境は図示したようにわずかに高めに制御すると効率が良い。加熱指令キーから入力されるコードにより制御部は食品の種類や

分量、保存温度（冷凍かチルド保存かなど）、加熱完了温度などに対応する蒸気発生器とマグネトロンの制御データをメモリを検索して読み出すことができるので、これに基づいて刻々と制御を実行する。また、湿度は解凍後、焼きたてのパンが含んでいるべき湿度を考慮して、適正な蒸気を蒸気発生手段から供給する。

- 5 すなわち、従来のマイクロ波加熱装置のように、スチーム加熱時に温度約100度、湿度約100%の環境で、食品の加熱を行うものではない。

かかる制御により、食品と食品の周囲の環境とはその差が微小となり、温度や湿度（水分）の交換が極めて起こりにくくなる。すなわち、食品中央の平均的な温度が適温に達した時、環境がほぼ同じ温度になっているので、食品表層での熱交換も水分の移行も起こりにくいのである。そのため、適温が常温もしくは体温より若干高い程度のパンも、内外の温度差が少ないため、パン生地が傷まず、冷凍直前の焼き立ての香りや弾力を維持し、歯触り良く、出来たてを再生できる。結果として、図1に示すように食品の表面温度と、内部温度とがほぼ等しい状態で加熱調理がすすむこととなる。

- 15 また、加熱室内の湿度も焼きたてのパンが含んでいる水分量を考慮して、適切な湿度に制御されているため、パンの表面がスチームにより過剰に水分を含むこともない。

さらに、てんぷらの場合には、内部の揚げ種が60～70℃に達した時、衣もほぼ同様の温度にすることができるので、揚げ種は水分を衣に奪われることなく、

20 ジューシーなまま調理できる。

なお、本実施例において、パンもてんぷらも食品の表面は加熱直後はわずかに蒸気の影響でしっとりしているが、加熱後に食卓に運ぶまでの数分の間にカラッと仕上がる。実験を繰り返し行ったが、加熱後、数分経過するとマイクロ波のみで加熱したものよりもカラッと仕上がった。これは、加熱室から取り出した途端に、食品は乾燥した低い温度の室内に移動させられることで熱および水分を失うことになり、この損失するわずかな水分をあらかじめ食品の表面に与えておくことで、数分後により出来たてに近づくのだと推定される。一方、マイクロ波のみの加熱では加熱後に時間が経過するほどに衣は水っぽくなっていった。これは揚げ種の方が衣よりも温度が高く、揚げ種の水分が衣に移行するため衣は水っぽく

なり、揚げ種は脱水が進むためと思われる。

(実施例 2)

図 5 は、第 2 の実施例を示す加熱室の正面断面図である。第 1 の実施例では、
入力手段より入力された加熱方法に従い、記憶手段の中にあらかじめ定められた
5 加熱条件に則り、加熱を進める構成を示したが、加熱室の環境を計測し、蒸気発
生器への給電をフィードバックする検知手段を設けた方がより正確に、加熱状態
での食品の環境を精度よく制御できる。すなわち、加熱室 13 には環境検知手段
である温度センサ 23 と、湿度センサ 24 が取り付けられている。そして加熱室
13 内の温度と湿度を検出して、制御部 21 へ入力する。制御部はかかるデータ
10 に基づいて加熱室内の環境を正確に把握することができ、あらかじめ定めた状態
通りに制御できているのか、これからずれているのかが判る。加熱室内の環境が
設定よりもずれていれば、蒸気発生器 15 への通電を変化させて所定の環境に戻
るよう制御する。

なお、本実施例のように温度と湿度の両者を直接検出すれば確実であるが、湿
15 度の発生量は蒸気発生器への通電入力でおおよそ把握することができるので、少
なくとも加熱室の温度を検出することで、加熱室の環境をおおよそ監視すること
ができる。

(実施例 3)

次に、送風手段を備えている実施例を説明する。図 8 に送風手段を備えた構成
20 例を示す。送風手段である送風ファン 25 がマグネトロン 14 などの部品を冷却
した後、エアガイド 26 に導かれた所定の風量を加熱室 13 内に導入する。そ
してこの換気風は加熱室内の蒸気のムラを攪拌した後、排気ガイド 27 を経て過
剰な蒸気を器体の一部に設けた排気口 28 から本体外へ排出する。

このように送風ファン 25 は蒸気発生器 15 で発生された所望の温度、所望の
25 湿度を備えた空気に外気を混ぜ合わせるにより、さらにすみやかにさらに広
範囲に加熱室内の環境を調整することができる。また、加熱室内の風の流れが食
品の表面の乾燥具合を制御しやすくする。被加熱物である食品 19 は多数の小孔
もしくはスリットを有する載置皿 20 上に載置される。

図 9 は他の実施例を示す加熱室の正面断面図である。加熱室 13 には図 8 の実

施例の送風手段である送風ファンに代わって、循環ファン29が配置されている。循環ファン29は図8の実施例の送風ファンのように調温・調湿された蒸気発生器15から排出される空気の温度や湿度をより幅広くすみやかに変化させることはできないが、逆にいったん調整された加熱室13内の温度と湿度とを変化させることなく、加熱室内の空気をかき混ぜることによって温度ムラや湿度ムラを改善することができる。また、その風速や風量を制御することで食品の表面の乾燥具合を制御しやすくする。

図10は制御システム構成を示すブロック図であり、制御部21は加熱指令キー11から入力された加熱指令コードを解読し、記憶手段であるメモリ22から指定された加熱条件を読み出す。加熱条件としては蒸気発生器15の制御データすなわち霧化器17の作動制御と温調ヒータ18の入力制御を示すデータとマグネトロン14への給電条件を示すデータおよび送風手段である送風ファン25の制御データが記憶されている。これらのデータは時系列的な各々のブロックの制御値であってもよいし、ある数式であっても構わない。制御部21はこの蓄えられた時系列データに則るか、もしくはある数式を演算して得た時系列データに則り、霧化器17と温調ヒータ18、マグネトロン14への給電、送風ファン25を制御して、加熱の進行に応じて加熱室内に導入される蒸気の温度と湿度、風の流れおよび食品の温度をあらかじめ定められたように制御する。

図6はそのような構成における実施例である。(a)は加熱中の加熱室内の温度と食品温度を示し、(b)は加熱室内の湿度の推移を、(c)はマイクロ波出力の状態を、(d)は送風ファンの作動状態をそれぞれ表している。

(a)において冷凍温度(-20℃)からスタートした食品の温度は最大氷結晶生成帯(-1~-5℃)を若干の時間を経て通過する(時点A)。加熱の開始からこの時点Aまでは、食品はマイクロ波をわずかしき吸収せず、また食品内部での熱伝導も良好なので、(c)に示すようにマイクロ波出力は前半には全出力で凍結した食品に照射され、食品が部分的に溶け始める後半には適宜、低減される。この解凍の期間は、加熱室内の温度は室温かもしくは若干高めに維持され、湿度も(b)に示すように常湿もしくは若干高めに調整される。すなわち解凍は食品の凍結時には特に深くまで浸透するマイクロ波加熱に主に担わせ蒸気は抑

制する。

次に、時点Aを過ぎると、溶けた部位と未解凍の部位を混在したまま、食品は急激にマイクロ波を吸収するようになる。従来例において説明したように溶けた部位（水分）は凍った部位の数倍～数十倍もの誘電損失を示すため、（c）に示すようにマイクロ波出力は全出力の数分の一にまで低減される。また、加熱室内の温度および湿度は（a）および（b）に示すようにこの時点Aより上昇させていく。ただし加熱室内の温度は加熱の進行につれて上昇する食品の温度と略一致もしくはわずかに高めに制御される。加熱指令キーから入力されるコードにより制御部は食品の種類や分量、保存温度（冷凍かチルド保存かなど）、加熱完了温度などに対応する蒸気発生器とマグネトロンと送風ファンの制御データをメモリから検索して読み出すことができるので、これに基づいて刻々と制御を実行すればよい。

かかる制御により、食品と食品の周囲の環境とはその差が希薄となり、温度や湿度（水分）の交換が極めて起こりにくくなる。すなわち、食品中央の平均的な温度が適温に達した時点Bでは、環境がほぼ同じ温度になっているので、食品表面での熱交換も水分の移行も起こりにくいのである。そのため、適温が常温もしくは体温より若干高い程度のパンも、内外の温度差が少ないため、パン生地が傷まず、冷凍直前の焼き立ての香りや弾力を維持し、歯触り良く、出来たてを再生できる。てんぷらは揚げ種が60～70℃に達した時、衣もほぼ同様の温度であり、ために揚げ種は水分を衣に奪われることなくジューシーなまま再生できる。

またパンやてんぷらの表面は、時点Bではわずかに蒸気の影響でしっとりしている。ここで図（d）に示すように時点B後も送風ファンを作動させ続けると、食品の表面に付着した余分な水分をすみやかに放散させることができる。このため、てんぷらの衣やパンの皮のようにサクサクとした触感が必要な食品では、時点B後に数分間のファンの回転が有用である。

実験を繰り返し行ったが、マイクロ波のみの加熱では加熱後に時間が経過するほどに衣は水っぽくなっていったのに対し、調温・調湿して加熱した食品を時点Bからファンの空回しを数分間行くと、カラッとしたサクサク感を残すことができた。これを「あおぎ効果」という。すなわち、マイクロ波のみでは揚げ種の方

が衣よりも温度が高く、時点Bからは揚げ種の水分が衣に移行するため衣は水っぽくなり、一方で揚げ種は脱水が進んでまずくなると思われる。

本発明ではこの時点B後の『あおぎ効果』の際に失われるごくわずかな水分をあらかじめ食品の表面に与えておくことができ、数分後により出来たてに近づけることもできる。

そして、ブザーなどの完了報知は時点Cで行われる。かかる完了報知の遅延は制御部にタイマーを設けて時点Bからの所定時間を計数してもよいし、加熱室内温度を検出する手段を設けて加熱室の温度がある所定値に下がったのを検出してもよい。このように完了報知を時点Cまで遅らせることで、ユーザーは食品の出来映えに気を使うことなく、この完了報知を信じて安心して食品を取り出せばよい。また、かかる完了報知の遅延により、加熱室内の温度や湿度がわずかながら低下するので、食品を取り出す際により安全である。

(実施例4)

送風手段を備えた構成における制御法の他の実施例を示す。図7に、食品の加熱完了時の温度を超えないように加熱室内の環境を調整する例を示す。

(a)は本発明における加熱中の加熱室内の温度と食品温度を示す線図であり、(b)は加熱室内の湿度の推移を、(c)はマイクロ波出力の状態を、(d)は送風ファンの作動状態をそれぞれ表している。(a)において加熱の開始からこの時点Aまでは、前記の第1の制御法とまったく同様である。時点Aを過ぎた時、(c)に示すようにマイクロ波出力は全出力の数分の一に低減する構成も同じである。また(d)に示す送風ファンは時点B後に断続運転され、うちわで食品をあおぐように風が食品に間歇的に当たるよう構成しており、既述の『あおぎ効果』をより顕著にさせることが可能である。すなわち、連続で送風した場合には、食品の表面温度にむらができやすいが、間歇的に送風することで食品内の熱伝導により温度分布が一定になるので、温度むらの少ない調理が可能となる。

加熱室内の温度および湿度は(a)および(b)に示すように時点Aより急激に上昇させる。ただし加熱室内の温度は食品の加熱完了時の適温と略一致させられ、実際にはごくわずかに高めに調整される。かかる制御により、食品は解凍が完了する時点Aを経過した後、食品の周囲の環境から温度や湿度を前記の第1の

制御法よりはより大きく受け取るため、効率良く加熱が進む。しかし、環境はその食品の適温を超えてしまうことは決してないので、パンやてんぷらのような低温帯や中温帯、湿気てはならないデリケートな加熱も、既に述べた第1の制御法と同様、上手に再生することができる。

5 なお、本実施例ではセンサなどの検知手段を設けず、入力手段より入力された加熱方法に従い、記憶手段の中にあらかじめ定められた加熱条件に則り、加熱を進める構成を示したが、加熱室の環境を計測し、蒸気発生器への給電をフィードバックする検知手段を設けても良い。かかる検知手段としては温度センサや湿度センサがある。

10 また、加熱完了後（時点C）加熱室の扉を開けて食品を取り出すまでは環境調整のみ続行して温まった食品の出来映えを損なうことなく、保温をすることもできる。

加熱指令キーから入力されるコードにより制御部は食品の種類や分量、開始温度（冷凍かチルド保存かなど）、加熱完了温度などに対応する蒸気発生器とマグネトロン

15 の制御データをメモリを検索して読み出すことができるので、これに基づいて刻々と制御を実行すればよい。

（実施例5）

第5の実施例を以下に説明する。図11は、中心部と端部とが比較的均一に温度上昇する食品の加熱方法を示す線図である。（a）は本発明における加熱中の

20 加熱室内の温度と食品温度を示す線図であり、（b）は加熱室内の湿度の推移を、（c）ではマイクロ波出力の状態をそれぞれ表している。ここで、加熱完了前の加熱室内の温度、湿度は、食品が適切に調理されるための温度、湿度に制御される。

（a）において冷凍温度（ -20°C ）からスタートした食品の温度は最大氷結

25 晶生成帯（ $-5 \sim -1^{\circ}\text{C}$ ）まではマイクロ波をわずかしき吸収しないので緩やかに温度上昇する。最大氷結晶生成帯ではエネルギーを氷の融解に消費されるため若干の時間を経て通過する（時点A）。次いで時点Aを過ぎると、食品は急激にマイクロ波を吸収するようになり食品温度は急上昇し始める。

（a）、（b）において加熱室の温度・湿度が加熱完了状態に達するのに若干

の時間を要するので環境調整が完了するまでに加熱調理が終了しないよう図(c)におけるマイクロ波出力は食品に応じて調整する。なお食品の中心部と端部の温度上昇が比較的均一な食品では、時点A以後さらに低出力に絞る必要はない。このように加熱室内は加熱完了状態に応じて環境調整されているので食品はスチームの潜熱により表面から程良く温められ同時にマイクロ波により加熱されるので加熱調理終了時には食品の中心と端部がバランス良くスピーディーに温度上昇している。また食品の表面の水分が適度に保たれるのでパスタや米飯が乾燥したりパサついたり逆にベタついたりすることなく良好な加熱調理ができる。

10 (実施例6)

第6の実施例を以下に説明する。図12は、中央部が端部よりも先に温度上昇する食品の加熱方法を示す線図である。(a)は本発明における加熱中の加熱室内の温度と食品温度を示す線図であり、(b)は加熱室内の湿度の推移を、(c)ではマイクロ波出力の状態をそれぞれ表している。ここで、加熱完了前の加熱室内の温度、湿度は、食品が適切に調理されるための温度、湿度に制御される。

冷凍温度(-20℃)からスタートした食品はもし最初からマイクロ波を照射すると食品の中央に電波が浸透して中央から先に温まるので(a)、(b)に示すように加熱室内の温度と湿度を即座に加熱完了状態に調整し、まず環境と食品の温度差により食品表面にスチームを凝縮させ環境の温度により水分の膜を形成させる。このように食品表面を解けかけたところ(時点A)で(c)に示すようにマイクロ波加熱を開始すると、食品の内部に浸透していたマイクロ波の一部が食品の表面層でも吸収されるようになり食品は内外からバランス良く加熱される。そのためシュウマイでは口に入れた時は適温だったのに噛んだとき中の方が熱すぎるというようなことがなく全体に均一に温めることができる。さらに表面が乾くことなくしっとりとおしくしあがり、マイクロ波のみで加熱した場合に比べ加熱前と加熱後の重量減少が少ないことが実験により確認されている。またえびの天ぷらでは衣とえびがほぼ同じ温度にしあがるので衣より中のえびが先に加熱されて脱水して硬くなり、衣にえびの水分が移行してベタついてしまうというようなことがなく良好な加熱調理ができる。なお実験によれば、加熱調理

完了直後はマイクロ波のみで加熱したのもよりも衣がしっとりしているのだが、漸次余分な水分は蒸発し食卓に供する頃には天ぶらの衣らしくカラッと仕上がった。

(実施例7)

- 5 第7の実施例を以下に説明する。図13は端部が中央部よりも先に温度上昇する食品の加熱方法を示す線図である。(a)は本発明における加熱中の加熱室内の温度と食品温度を示す線図であり、(b)は加熱室内の湿度の推移を、(c)ではマイクロ波出力の状態をそれぞれ表している。(a)において冷凍温度(−20℃)からスタートした食品の温度は最大氷結晶生成帯(−1〜−5℃)を若干の時間を経て通過する(時点A)。

- 10 加熱の開始からこの時点Aまでは、食品はマイクロ波をわずかしき吸収せず、また食品内部へのマイクロ波の浸透も良好なので、(c)に示すようにマイクロ波出力は前半には全出力で凍結した食品に照射させる。この際マイクロ波の食品内部への浸透をよくするためにできるだけ食品の表面が解けたり水分を吸着しないようにすることが大切である。したがって食品が部分的に溶け始めるまで(時点A)までは図(b)に示すように加熱室内の温度の調整は控える。すなわち、解凍は食品の凍結時には特に深くまで浸透するマイクロ波加熱に主に任せ、蒸気は抑制する。

- 20 次の時点で時点Aを過ぎると、溶けた部位と未解凍の部位を混在したまま、食品は急激にマイクロ波を吸収するようになる。既述したように解けた部位(水分)は凍った部位の数倍〜数十倍もの誘電損失を示すため解けた部位と未解凍の部位とで温度差が大きくなる。そこで(c)に示すようにマイクロ波出力は全出力の数分の一にまで段階的に低減され、温度の高い部位から低い部位へ熱伝導させながら加熱を続行する。加熱室内の温度および湿度は(a)および(b)に示すようにこの時点Aより食品の加熱完了状態に調整して蒸気により食品の表面を包み込むように加熱して内部の温度が上昇するのを助ける。さらに(a)で表面温度が加熱完了温度に達しても(時点B)内部の温度が低い場合には(c)のように時点Bでマイクロ波照射を終了し、(a)、(b)のように調温・調湿を続行して内部の温度が上昇するのを待つ。このようにしてハンバーグやカレーでは端

部が過加熱になり硬くなったり煮詰まったりするのを防ぎながら内部まで適温に温めることができる。

(実施例 8)

加熱室内の結露を完全に防止するために、独立した加熱手段を備えた第 8 の実施例を以下に説明する。

図 14 にかかる加熱手段として蒸気発生器 15 とは別に蒸気の排出通路に加熱手段 30 を設けている。そして、制御部は蒸気の発生に先立ってこの加熱手段へ給電を行い、加熱室内の温度を上昇させるよう構成できる。かかる構成により、冷えた加熱室壁面に蒸気が結露することをより完全に防止できる。

10 またかかる独立した加熱手段により、制御部は蒸気発生器 15 と加熱手段 30 とへの給電を制御することで、加熱室内壁面が結露しない温度と湿度とするよう調整することができる。かかる環境として、加熱室内の相対湿度が 90% 以下になるよう調整する場合において効果が高かった。

(実施例 9)

15 加熱室内の結露を完全に防止するために、独立した加熱手段を備えた第 9 の実施例を以下に説明する。図 15 は加熱室内に電熱ヒータを備えたマイクロ波加熱装置の例を示し、環境調整手段のうちの加熱手段 30 をかかる電熱ヒータ 31 に置換し、機能を複合させる構成も考えられる。

20 蒸気発生器も本実施例に掲げたものに限定されるものではなく、通常のボイラにシーズヒータを投げ込んでも構わないし、ボイラの外側にロウづけ等で固着してもよい。ただし、この場合、発生する蒸気の温度を任意に制御するため、ヒータの一部はボイラ内の水位より突出させ、発生した蒸気に独立したかたちで温度を上昇させられる構成が好ましい。

(実施例 10)

25 以下、本発明の他の実施例を図面を参照しながら説明する。図 16 は本発明の他の実施例にかかるマイクロ波加熱装置の断面図である。加熱室 13 にはマイクロ波発生手段であるマグネトロン 14 を設け、加熱室 32 内にマイクロ波を照射する構成とする。加熱室 13 の側面には非磁性体で構成した蒸気発生室 32 を設ける。蒸気発生室 32 の一端は流出管 33 により加熱室 13 と連結し、他端は流

入管 34 によって水タンク 12 と連結している。蒸気発生室 32 の内部には磁性体の金属で構成した発熱金属体 35 を収納する。この時金属体 35 は蒸気発生室 32 をほど満たす程度がよい、発熱金属体 35 は磁界によって発熱する材料であればよく、特に形状は問わないが、本実施例では水との接触面積を多く取るために連続気泡からなる発泡状、あるいは繊維状に形成した金属体を使用した。

蒸気発生室 32 を構成する材料を非磁性体とせず、磁性体の材料で構成すれば発熱金属体 17 を設ける必要はない。しかし、この場合蒸気発生室 32 内の貯水量が多くなるため、蒸気発生までの時間がかかる恐れがあるため、中空体等を挿入し実質的に貯水量を減らしたり、貯水の温度を予め高くしておく等の工夫が必要である。

蒸気発生室 32 の外周には励磁コイル 36 を巻き、励磁コイル 36 は交番電流を供給するインバータ電源 37 に接続する。インバータ電源 37 からの電流により、励磁コイル 36 には交番磁界を生じる。この交番磁界により発熱金属体 35 には渦電流を生じ、渦電流により発熱金属体 35 が発熱する。蒸気発生室 32 内の水は、発熱金属体 35 の熱により加熱され蒸気を発生し、この蒸気は流出管 33 を通って加熱室 13 内に入る。38 はマグネトロン 14 に高圧電力を供給する高圧電源である。インバータ電源 37 および高圧電源 38 の入切りの動作、あるいはそれぞれの電源の電力制御は、制御部 21 によって行う。加熱室 13 内には蒸気を通過させる開口部を有する受け皿 22 を設け、上面に食品 19 を載置する。

励磁コイル 36 はそれ自体は発熱せず、渦電流が発熱金属体 35 を直接発熱させるのでこの熱は直接水に伝達し、効率よく蒸気を発生することになる。

なお、蒸気発生室 32 は、例えば、円柱状の絶縁体で形成されている。例えば、耐熱ガラス、磁気等の材料で形成される。また、蒸気発生室 32 の壁の厚さは、励磁コイルに加わる電圧により絶縁破壊しない厚さに設定されている。また、発熱金属体 35 は、防水性、退腐食性の金属、例えば、ニッケル、ニッケルとクロムの合金、または、ステンレス等により形成される。

図 17 は、加熱室内の蒸気量を示す線図である。図 17 において加熱時間の経過とともに加熱室内の蒸気量の変化を示しており、加熱の開始とともに蒸気発生手段である蒸気発生器の動作を開始し、加熱の終了とともに蒸気発生器の動作を

停止した状態を示している。実験ではインバーター電源37の出力を400Wとして発熱金属体35を加熱したとき立ち上がり時間が約10秒で蒸気の発生を開始し、加熱の終了後ほぼ数秒で蒸気の発生が停止した。このように蒸気発生器の動作にともなって、従来と比べて非常に早い時間で蒸気の発生と停止の動作を追従させることが出来た。また蒸気発生に必要な入力電源も非常に少なくて済ませることが出来た。このことはインバーター電源37からの電力による励磁コイル36の交番磁界が発熱金属体35を瞬時に加熱し、蒸気発生室32内の水を加熱し蒸気を効率よく発生したことにある。発熱金属体35が水との接触面積が広い連続気泡からなる発泡状の金属であったり、維持状の金属である場合に顕著である。また蒸気発生室32内の体積中に発熱金属体35が存在することにより、水が占める体積の割合が少なくなり、少ない体積の水だけの加熱で済み、この効果によって短時間で素早く蒸気を発生することが出来ることにつながっている。

この蒸気発生時間は短時間であるほど好ましいが、実用的には1分以内、好ましくは10秒前後がよい。

15 (実施例11)

図18は、第11の実施例に係わるマイクロ波加熱装置の加熱室内の調理中の食品温度と蒸気量の関係を示す線図である。図18においてはマイクロ波発生手段の動作開始と、蒸気発生手段の動作の開始を、加熱の開始と合わせて同時に行っている。また加熱の終了時も両者の終了を同時に行っている。蒸気発生器の立ち上がりが素早いために、マイクロ波動作の開始と蒸気発生器の開始を同時に行っても、立ち上がり時の数秒間だけがマイクロ波の単独加熱となるだけで、殆どの加熱調理時間中はマイクロ波と蒸気の両方で加熱調理が行われ、食品の水分の蒸発を押さえながら加熱が行われるので、しっとりとして仕上がり状態の良い、良好な加熱調理が実現できる。

25 (実施例12)

図19は、第12の実施例に係わるマイクロ波加熱装置における調理中の食品温度と蒸気量の関係を示す線図である。図19において食品が凍っている間、すなわち食品温度がマイナス温度の間は、マイクロ波が食品の中まで浸透しやすいので、マイクロ波だけで加熱を行う。食品の解凍が進み冷凍が溶けて食品温度が

略プラスに転じた時点から、蒸気発生器の動作を開始し、マイクロ波と蒸気により加熱調理を行う。食品からの水分の蒸発は食品温度がプラス温度になってから起こりやすくなるが、加熱室内の蒸気によって食品の周囲を蒸気が包み込むことにより、食品からの水分の蒸発を防ぎ、乾燥を防止しながら加熱調理が進められるので、これもしっとりとして仕上がり状態の良い、良好な加熱調理を実現できることになる。蒸気発生器を必要な時間だけ動作させるので、余分な電力が不要で、省エネルギーとなる。

(実施例 13)

図 20 は、第 13 の実施例に係わるマイクロ波加熱装置の加熱室内の調理中の食品温度と蒸気量の関係を示す他の実施例の線図である。図 20 においてはマイクロ波発生手段の動作開始と、蒸気発生手段の動作の開始を、加熱の開始と合わせて同時に行っている。そして加熱の終了時は蒸気発生器の動作の停止を加熱室内の蒸気が減少する時間分だけ早めに停止している。その後にマイクロ波の動作を停止し、加熱調理の終了を行う。このことにより加熱の終了時には加熱室内の蒸気が減少した状態になり、食品を取り出すときに高温の蒸気に触れることもなく扱いやすい調理方法を実現できる。

(実施例 14)

図 21 は、第 14 の実施例に係わるマイクロ波加熱装置における調理中の食品温度と蒸気量の関係を示す線図である。図 21 において食品が凍っている間、すなわち食品温度がマイナス温度の間は、高出力のマイクロ波と低出力の蒸気発生器の出力で加熱を行う。次に食品の解凍が進み冷凍が溶けて食品温度が略プラスに転じた時点から、マイクロ波出力を中出力に落とすとともに、蒸気発生器の出力は中出力に上げる。そして食品の温度が中温度程度まで上昇した時点から、マイクロ波の出力は低出力に落とし、蒸気発生器の出力は高出力まで上げる。このように加熱の進行に従ってマイクロ波の出力と、蒸気発生器の出力を変化させる。例えば食品が凍っているときは、マイクロ波が氷の中に深く浸透しやすい特性により、素早く解凍を行う。次に中出力のマイクロ波と蒸気によって食品の温度が不均一になることを防止しながら、徐々に温度を上げて行く。この時中出力の蒸気は食品の温度を均一に保つことと、食品の水分の蒸発を防ぐことに効果がある。

そして加熱が進み食品の温度がかなり上昇する最終段階は、より温度むらも起こりやすいので、さらに低出力のマイクロ波でゆっくりと、食品内部で起こる熱移動すなわち繰り越し加熱を利用しながら加熱を進める。食品の温度が高いほど食品の水分は蒸発しやすくなるが、庫内は多量の蒸気が充満しているので、蒸発は
5 十分に防止できるとともに、蒸気の熱によっても加熱されるので、食品の表面における熱放散を防止し、しかも食品の全体を包み込むように加熱するので、食品全体を均一に、しかも乾燥を防ぎしっとりと良い出来上がり状態で加熱調理することが出来る。

(実施例 15)

10 図 22 は、第 15 の実施例におけるマイクロ波加熱装置の断面図である。加熱室 13 にはマイクロ波発生手段であるマグネトロン 14 を設け、加熱室 13 内にマイクロ波を照射する構成とする。加熱室 13 の側面には非磁性体で構成した蒸気発生室 32 を設ける。蒸気発生室 32 の下端は流出管 33 により加熱室 13 と連結し、上端は流入管 34 によって水タンク 12 と連結している。流入管 34 と
15 水タンク 12 との間には水の流量を調節する水栓 39 を設ける。蒸気発生室 32 の内部には磁性体の金属で構成した発熱金属体 35 を収納する。発熱金属体 35 は水との接触面積を多く取るために連続気泡よりなる発泡状、あるいは繊維状に形成した金属体を使用している。蒸気発生室 32 の外周には励磁コイル 36 を巻き、励磁コイル 36 は交流電流を供給するインバータ電源 37 に接続する。イン
20 バータ電源 37 からの電流により、励磁コイル 36 には交流磁界を生じる。この交流磁界により発熱金属体 35 には渦電流を生じ、渦電流により発熱金属体 35 が発熱する。発熱金属体 35 の上部からは流入管 34 から水タンク 12 からの水を注入する。このとき水栓 39 の働きで水の流量を制御し、水の蒸発に必要な水量だけを滴下する。蒸気発生室 32 内に滴下した水は、発熱金属体 35 の熱によ
25 り加熱され蒸気を発生し、この蒸気は流出管 33 を通って加熱室 13 内に入る。40 はファンであり蒸気発生室 32 内で発生した蒸気を加熱室 13 内に導入するように送風する。38 はマグネトロン 14 に高圧電力を供給する高圧電源である。

インバータ電源 37 および高圧電源 38 の入切りの動作、あるいはそれぞれの電

源の電力制御は、制御部 21 によって行う。加熱室 13 内には蒸気を通過させる開口部を有する受け皿 20 を設け、上面に食品 19 を載置する。励磁コイル 36 はそれ自体は発熱せず、渦電流が発熱金属体 35 を直接発熱させるのでこの熱は直接水に伝達し、効率よく蒸気が発生することになる。

- 5 このような加熱調理器の構成による加熱方法によると、蒸発に必要な水の加熱だけでよいので、加熱する水の量は極僅かで済み、少ない電力でしかもほぼ瞬間的に蒸気が発生を行うことが出来るので、加熱の開始、加熱の終了を瞬時に行うことが出来、食品の加熱調理の進行に応じて、最適の加熱制御が実現出来るのでそれぞれの食品に応じて最適の加熱調理を行うことが出来る。

10 産業上の利用の可能性

本発明は以上に述べたように、加熱室内の温度、湿度等の環境を食品にあわせて適切に制御することができるので、多様な食品を良好に加熱調理できる。すなわち、本発明のマイクロ波加熱装置によれば、食品の内部温度と表面温度を略同一にすることができ、最適な状態で食品の加熱調理が行える。

- 15 本発明が適用可能な食品としては、既に記載したパンや冷凍てんぷらの他に、複数の食材が一つのパッケージの中に混在し、従来マイクロ波加熱だけでは解凍や再加熱が難しかった弁当、最大氷結晶生成帯を通過させ、冷蔵庫温度で停止させる冷蔵庫解凍などに適用できる。

- 20 また、被加熱物としては食品だけでなく、広くさまざまな誘電損失を有する物質を加熱対象とすることができる。例えば、合成樹脂の溶解、接着剤の軟化、木材の乾燥など、デリケートな加熱を必要とするさまざまな工業分野に応用可能である。

また、熱源としてもマイクロ波以外に高周波の交番電界なども利用可能である。

請 求 の 範 囲

1. 被加熱物を収容する加熱室と、前記被加熱物にマイクロ波を照射するマイクロ波発生手段と、前記加熱室に蒸気を供給する蒸気発生手段と、前記マイクロ波発生手段および前記蒸気発生手段を前記被加熱物の内部温度と表面温度が略一致するように制御する制御手段とを備えたマイクロ波加熱装置。
5
2. 被加熱物を収容する加熱室と、前記被加熱物にマイクロ波を照射するマイクロ波発生手段と、前記加熱室に蒸気を供給する蒸気発生手段と、前記加熱室内の環境を検出する検出手段と、前記検出手段の出力に応じて前記マイクロ波発生手段および前記蒸気発生手段を前記被加熱物の内部温度と表面温度が略一致するように制御する制御手段とを備えたマイクロ波加熱装置。
10
3. 前記検出手段が温度を検出することを特徴とする請求項2記載のマイクロ波加熱装置。
4. 前記検出手段が温度および湿度を検出することを特徴とする請求項2記載の
15 マイクロ波加熱装置。
5. 前記制御手段が、冷凍状態の前記被加熱物を加熱する場合に、前記被加熱物が解凍された後の前記蒸気発生手段の出力を前記被加熱物が冷凍状態にあるときの前記蒸気発生手段の出力よりも大きくすることを特徴とする請求項1
20 から4のいずれかに記載のマイクロ波加熱装置。
6. 前記制御手段が、冷凍状態の前記被加熱物を加熱する場合に、前記被加熱物が解凍された後の前記マイクロ波発生手段の出力を前記被加熱物が冷凍状態にあるときの前記マイクロ波発生手段の出力よりも小さくし、かつ、前記被加熱物が解凍された後の前記蒸気発生手段の出力を前記被加熱物が冷凍状態にあるときの前記蒸気発生手段の出力よりも大きくすることを特徴とする請求
25 項1から4のいずれかに記載のマイクロ波加熱装置。
7. 前記制御手段が、冷凍状態の前記被加熱物を加熱する場合に、加熱開始直後の前記マイクロ波発生手段の出力をその後の前記マイクロ波発生手段の出力よりも小さくすることを特徴とする請求項1から4のいずれかに記載のマイクロ波加熱装置。



8. 前記制御手段が、冷凍状態の前記被加熱物を加熱する場合に、マイクロ波発生手段の出力を段階的に小さくし、かつ、被加熱物が解凍された後の蒸気発生手段の出力を被加熱物が冷凍状態にあるときの蒸気発生手段の出力よりも大きくすることを特徴とする請求項1から4のいずれかに記載のマイクロ波加熱装置。
- 5
9. 前記制御手段が、被加熱物の終了直前に前記蒸気発生手段の出力を減少させることを特徴とする請求項1から4のいずれかに記載のマイクロ波加熱装置。
10. 前記制御手段が、加熱室内の湿度を90%以下にするように調整する請求項1から4のいずれかに記載のマイクロ波加熱装置。
- 10
11. 被加熱物を収容する加熱室と、前記被加熱物にマイクロ波を照射するマイクロ波発生手段と、前記加熱室に蒸気を供給する蒸気発生手段と、前記被加熱物に風を供給する送風手段と、前記マイクロ波発生手段、前記蒸気発生手段および前記送風手段を前記被加熱物の内部温度と表面温度が略一致するように制御する制御手段とを備えたマイクロ波加熱装置。
- 15
12. 前記送風手段が、加熱室内に外気を導入する請求項11記載のマイクロ波加熱装置。
13. 前記送風手段が、加熱室内の空気を循環させる請求項11記載のマイクロ波加熱装置。
14. 前記制御手段が、マイクロ波発生手段の出力を止めた後も前記送風手段を所定の時間動作させることを特徴とする請求項11記載のマイクロ波加熱装置。
- 20
15. 前記制御手段が、マイクロ波発生手段の出力を止めた後も前記送風手段を所定の時間、間歇的に動作させることを特徴とする請求項11記載のマイクロ波加熱装置。
- 25
16. 被加熱物を収容する加熱室と、前記被加熱物にマイクロ波を照射するマイクロ波発生手段と、前記加熱室に蒸気を供給する蒸気発生手段と、前記加熱室の結露を防止するための加熱手段と、前記マイクロ波発生手段および前記蒸気発生手段を前記被加熱物の内部温度と表面温度が略一致するように制御する制御手段とを備えたマイクロ波加熱装置。



17. 前記加熱手段が、蒸気発生器と前記加熱室内の間に設けられていることを特徴とする請求項16記載のマイクロ波加熱装置。
18. 前記加熱手段が、前記加熱室内に設けられたことを特徴とする請求項16記載のマイクロ波加熱装置。

5

10

15

20

25

