

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2019-45356

(P2019-45356A)

(43) 公開日 平成31年3月22日(2019.3.22)

(51) Int. Cl.	F I	テーマコード (参考)
GO 1 N 27/02 (2006.01)	GO 1 N 27/02 Z	2 G O 6 O
GO 1 N 33/10 (2006.01)	GO 1 N 33/10	4 B O 2 I
A 2 3 L 3/00 (2006.01)	A 2 3 L 3/00 1 O 1 C	

審査請求 未請求 請求項の数 5 O L (全 18 頁)

(21) 出願番号 特願2017-169813 (P2017-169813)
 (22) 出願日 平成29年9月4日(2017.9.4)

特許法第30条第2項適用申請有り ・ウェブサイトのアドレス https://jsbba.bioweb.ne.jp/jsbba2017/download_pdf.php?p_code=2A05a03
 掲載日 平成29年3月5日 ・研究集会名 日本農芸化学会2017年度大会 開催場所 京都女子大学 開催日 平成29年3月18日 ・刊行物名 「日本食品工学会 第18回(2017年度)年次大会 講演要旨集」 発行日 平成29年7月15日 発行者 一般社団法人日本食品工学会 第18回(2017年度)年次大会実行委員会 委員長 稲熊 隆博 ・研究集会名 日本食品工学会第18回(2017年度)年次大会 開催場所 関西大学 開催日 平成29年8月8日

(71) 出願人 504136568
 国立大学法人広島大学
 広島県東広島市鏡山1丁目3番2号
 (74) 代理人 110000338
 特許業務法人HARAKENZO WORLD PATENT & TRADEMARK
 (72) 発明者 羽倉 義雄
 広島県東広島市鏡山一丁目4番4号 国立大学法人広島大学大学院生物圏科学研究科内
 (72) 発明者 桑原 悠史
 広島県東広島市鏡山一丁目4番4号 国立大学法人広島大学大学院生物圏科学研究科内

最終頁に続く

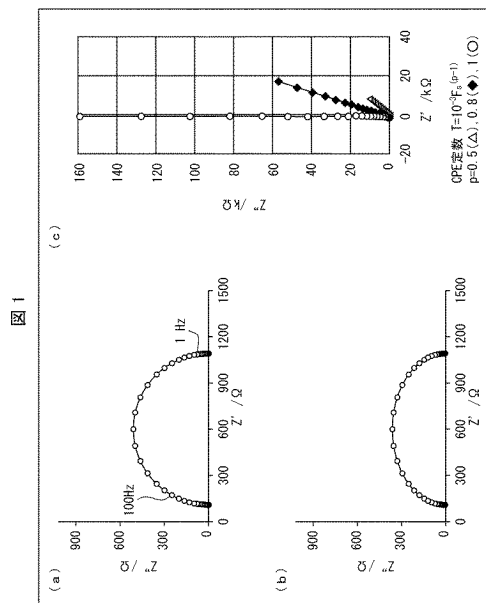
(54) 【発明の名称】 レトルト殺菌中の、非金属製容器に封入されている食品の加工状態を推定する方法、およびそのための装置

(57) 【要約】

【課題】レトルト殺菌中の、非金属製容器に封入されている食品の加工状態を推定する、より簡便な方法を提供する。

【解決手段】上記非金属製容器に封入されている食品のCPE指数を測定する、CPE指数測定工程を含むことを特徴とする方法とする。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

レトルト殺菌中の、非金属製容器に封入されている食品の加工状態を推定する方法であって、

上記非金属製容器に封入されている食品の C P E 指数を測定する、C P E 指数測定工程を含むことを特徴とする、方法。

【請求項 2】

上記 C P E 指数測定工程に用いる電極の少なくとも一部は、測定時の温度において安定な絶縁性物質により被覆されており、

上記電極は、網状電極であることを特徴とする、請求項 1 に記載の方法。

10

【請求項 3】

上記 C P E 指数測定工程は、上記非金属製容器に封入されている食品の C P E 指数の経時変化を測定することを特徴とする、請求項 1 または 2 に記載の方法。

【請求項 4】

上記食品は、米飯を含んでいる食品である、請求項 1 ~ 3 のいずれか 1 項に記載の方法。

【請求項 5】

レトルト殺菌中の、非金属製容器に封入されている食品の加工状態を推定するための装置であって、

上記非金属製容器に封入されている食品の、C P E 指数を測定するための電極を備えており、

20

上記電極は、測定時の温度において安定な絶縁性物質により少なくとも一部が被覆されている、網状電極であることを特徴とする、装置。

【発明の詳細な説明】**【技術分野】****【0001】**

本発明は、レトルト殺菌中の、非金属製容器に封入されている食品の加工状態を推定する方法に関する。本発明はまた、レトルト殺菌中の、非金属製容器に封入されている食品の加工状態を推定するための装置に関する。

【背景技術】

30

【0002】

缶詰食品、瓶詰食品、レトルトパウチ封入食品などの食品は、製造の段階で、レトルト殺菌装置による高温での熱処理を受ける（このようにレトルト殺菌装置による熱処理を受ける食品を総称して、本明細書では「レトルト食品」と称する）。上記熱処理は、（1）食品に含まれる微生物を殺菌する目的、および（2）原料食品を熱によって加工（調理）する目的、で行われる。

【0003】

このうち、微生物の殺菌については、F 値に代表される指標が広く用いられている。F 値は、ボツリヌス菌の耐熱性芽胞を死滅させられる条件に由来しており、レトルト殺菌の条件（加熱時間、加熱温度など）が異なっても、相互に比較することができる。一方、食品の加工状態（調理の程度）に関しては、試行錯誤により好ましい条件を探求することが通常であった。すなわち、レトルト食品の加工条件を決定するためには、あるレトルト殺菌条件で加工した食品を開封して加工状態を確認し、その結果を基に、レトルト殺菌条件を調整して加工した食品を開封し加工状態を確認するといった、トライアンドエラーを繰り返す必要があった。また、同じ F 値であっても、レトルト殺菌条件が異なれば加工状態が異なるため、特定のレトルト殺菌条件による食品の加工状態を、事前に推定することは困難であった。

40

【0004】

本発明者らは、レトルト食品の電気物性に着目し、レトルト食品の加工状態を非破壊かつ連続的に測定する方法、および、レトルト食品の加工状態を推定する方法を追究してき

50

た。その成果の一例として、非特許文献 1 において、レトルト殺菌中の肉試料の電気物性を、電気インピーダンス法によって追跡したことを報告している。その結果、肉試料のインピーダンスの値と、当該肉試料の破断に必要なエネルギー（すなわち当該肉試料の硬さ）とが、高い相関を示すことも報告している。

【先行技術文献】

【非特許文献】

【0005】

【非特許文献 1】岡本拓海、川合清司、羽倉義雄「レトルトパウチ封入食品の硬さの未開封・非破壊計測に関する研究」『日本食品工学会第 16 回（2015 年度）年次大会講演要旨集』、日本食品工学会、2015 年 7 月 27 日発行、45 頁

10

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

しかしながら、非特許文献 1 に記載の技術は、試料の分析にインピーダンスの経時的変化を用いている。ここでいう「インピーダンスの経時的変化」とは、特定の時点におけるナイキスト線図のピークトップの経時的変化を意味している。そのため、各時点において、ナイキスト線図のピークトップを決定できる程度に細かく、インピーダンススペクトルの測定点を設ける必要があった。これは、非常に手間を要する操作であった。

【0007】

本発明の一態様は、レトルト殺菌中の、非金属製容器に封入されている食品の加工状態を推定する、より簡便な方法を提供することを目的とする。

20

【課題を解決するための手段】

【0008】

本発明者らは、上記目的を達成するために鋭意検討を重ねた結果、レトルト殺菌中の食品の CPE 指数が、当該食品の加工状態と関係していることを見出し、本発明を完成するに至った。すなわち、本発明は以下の構成を包含している。

【0009】

< 1 > レトルト殺菌中の、非金属製容器に封入されている食品の加工状態を推定する方法であって、
上記非金属製容器に封入されている食品の CPE 指数を測定する、CPE 指数測定工程を含むことを特徴とする、方法。

30

【0010】

< 2 > 上記 CPE 指数測定工程に用いる電極の少なくとも一部が、測定時の温度において安定な絶縁性物質により被覆されており、
上記電極は、網状電極であることを特徴とする、< 1 > に記載の方法。

【0011】

< 3 > 上記 CPE 指数測定工程は、上記非金属製容器に封入されている食品の CPE 指数の経時的変化を測定することを特徴とする、< 1 > または < 2 > に記載の方法。

【0012】

< 4 > 上記食品は、米飯を含んでいる食品である、< 1 > ~ < 3 > のいずれか 1 つに記載の方法。

40

【0013】

< 5 > レトルト殺菌中の、非金属製容器に封入されている食品の加工状態を推定するための装置であって、
上記非金属製容器に封入されている食品の、CPE 指数を測定するための電極を備えており、
上記電極は、測定時の温度において安定な絶縁性物質により少なくとも一部が被覆されている、網状電極であることを特徴とする、装置。

【発明の効果】

【0014】

50

本発明の一態様によれば、レトルト殺菌中の、非金属製容器に封入されている食品の加工状態を推定する、より簡便な方法が提供される。

【図面の簡単な説明】

【0015】

【図1】(a)は、ナイキスト線図の一例を表す模式図である。(b)は、CPEを含んでいる等価回路と見做せる、ナイキスト線図の一例を表す模式図である。(c)は、CPEのみを含んでいる等価回路における、ナイキスト線図の一例を表す模式図である。

【図2】(a)は、本発明の一実施形態に係る装置が備えている、網状電極の一例を表す図である。装置内に設置された状態を示している。(b)は、上記網状電極(左)と、従来技術で用いられる平板電極(右)とを、比較した図である。(c)従来技術で用いる平板電極を、防水用耐熱袋で覆った図である。従来技術の一例においては、この状態の電極にて測定を行う。(d)は、本発明の一実施形態に係る装置の全体像である。蓋を開き、装置内部が見える状態としている。

【図3】本発明の一実施形態に係る電極を用いてレトルト殺菌した場合の、米飯試料の中心温度；従来技術で用いられる電極を用いてレトルト殺菌した場合の、米飯試料の中心温度；および、レトルト殺菌装置内の温度の、経時的变化を表す図である。

【図4】(a)は、米飯試料をレトルト殺菌した際における、ナイキスト線図の経時的变化を表す図である。(b)は、(a)におけるCPE指数の経時的变化を表す図である。(c)は、米飯試料、冷却後再加熱した米飯試料、および容器のみをレトルト殺菌した際における、CPE指数の経時的变化を表す図である。

【図5】(a)は、水分量が異なる3種類の米飯試料をレトルト殺菌した際に、CPE指数の平均値の経時的变化を表す図である。それぞれの試料につき、5回ずつの計測を行った。(b)は、米飯試料をレトルト殺菌した際の、CPE指数の経時的变化を表す図である。5回の実験のデータ、および平均値が示されている。(c)は、(b)の結果を規格化した図である。

【図6】(a)は、米澱粉試料をレトルト殺菌した際における、CPE指数の経時的变化を表す図である。(b)は、調味液と共に封入されている、米飯試料または米澱粉試料をレトルト殺菌した際における、CPE指数の経時的变化を表す図である。

【図7】(a)は、米飯試料のCPE指数と、当該米飯試料の硬さとの相関を表す図である。(b)は、水分量およびレトルト殺菌時間を変化させて得られた米飯試料における、当該米飯試料のCPE指数と硬さとの相関を表す図である。

【図8】(a)~(c)は、肉試料をレトルト殺菌した際における、ナイキスト線図の経時的变化を表す図である。それぞれ、(a)は加熱昇温中、(b)は等温殺菌中、(c)は冷却降温中のデータを表している。

【図9】(a)~(c)は、肉試料を他の条件でレトルト殺菌した際における、ナイキスト線図の経時的变化を表す図である。それぞれ、(a)は加熱昇温中、(b)は等温殺菌中、(c)は冷却降温中のデータを表している。

【図10】(a)は、肉試料をレトルト殺菌した際における、ナイキスト線図である。等温殺菌開始から10分後に測定したデータである。(b)は、肉試料をレトルト殺菌した際における、CPE指数の経時的变化を表す図である。

【発明を実施するための形態】

【0016】

以下、本発明の実施の形態の一例について詳細に説明するが、本発明は、これらに限定されない。

【0017】

本明細書において特記しない限り、数値範囲を表す「A~B」は、「A以上、B以下」を意味する。

【0018】

{1. CPE指数}

まず、本発明の一実施形態に係る方法において測定される、CPE指数(本明細書にお

10

20

30

40

50

いては、「 $p(-)$ 」および「 p 値」の表記も併用される)について説明する。

【0019】

物体の電気物性を表す指標の一つとして、インピーダンススペクトルがある。これは、物体に流す交流電流の周波数を変化させながら、インピーダンスの変化を記録するものである。インピーダンスは、実部(レジスタンス)および虚部(リアクタンス)に分解することができるので、ガウス平面上にプロットできる。したがって、インピーダンススペクトルは、ガウス平面上にプロットされた複数の点として表すことができる。これらの複数の点を線で結んだものが、ナイキスト線図である(図1の(a)参照)。なお、便宜上、本明細書では、「インピーダンススペクトルをガウス平面上にプロットしたもの」全般を、「ナイキスト線図」と称する(すなわち、プロットされた点を線で結んでいない図も「ナイキスト線図」と称する)。

10

【0020】

一般的なナイキスト線図は、図1の(a)に示されているように、円弧状になる。しかし、図1の(b)に示されているように、ナイキスト線図が実部方向に潰れた形状となる場合がある。このような場合には、インピーダンスの測定系全体を、CPE(constant phase element)を含んでいる等価回路であると見做し、解析が行われる場合がある。

【0021】

CPEを含んでいる等価回路についてナイキスト線図を描くと、線形の挙動を示すことが知られている。このとき、上記ナイキスト線図が描く直線の傾きは、CPE指数 p を用いて、 $90 \times p(^{\circ})$ となる。参考までに、 $p = 0.5$ 、 $p = 0.8$ 、 $p = 1$ である、CPEのみからなる回路におけるインピーダンススペクトルのナイキスト線図を、図1の(c)に示す。

20

【0022】

[食品のCPE指数]

本発明の一実施形態に係る方法は、レトルト殺菌中の食品の加工状態と、当該食品のCPE指数との関係に着目したものである。これは、レトルト殺菌中の食品の加工状態を推定する際に、インピーダンスそのものを用いるよりも、以下の点で優れている。すなわち、単にインピーダンスそのものを測定する場合は、ナイキスト線図からピークトップを決定し、その値を測定値とする。したがって、ナイキスト線図のピークトップを決定できる程度に細かく、インピーダンススペクトルの測定点を設ける必要があった。一方CPE指数は、直線の傾きから算出できる。したがって、より少ない数のインピーダンススペクトルの測定点から、その値を算出することができる。

30

【0023】

以上の理由により、本発明の一実施形態に係る方法によれば、測定に要する時間を短縮できる、測定に使用する装置の構成を単純化できる、などの利点を享受することができる。

【0024】

本発明の一実施形態に係る方法は、レトルト殺菌中の食品のCPE指数を測定する。そのため、測定装置および食品を含むインピーダンス測定系が、CPEを含んでいる等価回路と見做すことができる必要がある。このような等価回路は、食品の種類に起因して成立する場合もあるし、食品と装置との組み合わせに起因して成立する場合もある。

40

【0025】

以上の事項を具体的に説明すると、以下の通りである。ある種の食品は、インピーダンススペクトルを測定すると、CPEを含んでいる等価回路と見做せる挙動を示す(例えば、米飯を含んでいる食品)。このような食品ならば、比較的自由的な測定条件で、CPE指数の測定ができる。一方、他の種の食品では、特定の測定条件(例えば、特定の電極を用いる、など)でインピーダンスを測定することにより、CPEを含んでいる等価回路と見做せる挙動を示すことがある(例えば、肉を含んでいる食品)。このような食品ならば、適切に測定条件を選択することにより、CPE指数の測定ができる。

【0026】

50

測定条件を自由に設定しやすいとの観点からは、本発明の一実施形態に係る方法を、インピーダンススペクトルを測定した際に、CPEを含んでいる等価回路と見做せる挙動を示す食品に用いることが好ましい。一例としては、本発明の一実施形態に係る方法を、米飯を含んでいる食品に用いることが好ましい。

【0027】

〔2.加工状態の推定方法〕

本発明の一実施形態に係る方法は、レトルト殺菌中の食品のCPE指数を測定することができれば、具体的な態様は限定されない。好ましい態様の一例として、レトルト殺菌装置内に、CPE指数を測定するための電極と、食品試料とを設置して、当該食品試料のCPE指数を測定する方法がある。以下、それぞれの要素について個別に説明する。

10

【0028】

〔レトルト殺菌装置〕

本発明の一実施形態に係る方法において使用されるレトルト殺菌装置は、特に限定されない。後述の実施例で用いるようにシミュレータレトルトを用いてもよいし、業務用のレトルト殺菌装置を用いてもよい。また、レトルト殺菌と同等の環境を作り出せる、CPE指数測定用の専用装置を用いてもよい。

【0029】

レトルト殺菌装置が採用するレトルト殺菌の方式は、特に限定されない。例えば、蒸気殺菌方式（装置内に、高温・高圧の蒸気を送入する方式）、熱水シャワー方式（装置内に、高圧状態で沸騰を抑えた高温の水を循環させる方式）などを採用することができる。よりノイズの少ない測定が可能であるとの観点からは、蒸気殺菌方式を採用することが好ましい。

20

【0030】

〔電極〕

図2の(a)に、本発明の一実施形態に係る方法で好適に用いることのできる、電極の一例を示す。電極1は、測定時の温度において安定な絶縁性物質により被覆されている、網状電極である。電極1は、絶縁スペーサ2によって電極間距離を一定に保たれている。また、同軸ケーブル3によってレトルト殺菌装置外部へと接続されている。本発明の一実施形態に係る方法では、食品試料を2枚の電極1の間に挟み、当該食品試料のインピーダンススペクトルを測定することにより、最終的にCPE指数を算出する。

30

【0031】

電極1が、測定時の温度（レトルト殺菌中の温度）において安定な絶縁性物質により被覆されている理由は、交流電流が食品試料を経由せずに流れる（ショートする）事態を防ぐためである。稼働中のレトルト殺菌装置内には、蒸気または熱水として、大量の水が存在する。したがって、正確な電気物性を測定するために、電極1を防水する必要がある。

【0032】

このような絶縁物質としては、例えば、フッ素系樹脂（テフロン（登録商標）など）、ガラス、絶縁性高分子材料などが挙げられる。電極1の表面のうち、このような絶縁物質により被覆されている部分は、水が付着してもショートのおそれがない。上記の効果を高めるためには、絶縁物質による被覆は、電極1と他の素子（例えば、上記電極を他の装置と接続するためのコード・ケーブル類（同軸ケーブル3など））との接続点を除く、電極の全表面に行うことが好ましい。

40

【0033】

なお、電極間のショートを防ぐための従来技術としては、表面に金属が露出している電極全体を、耐熱袋で覆う方法があった（図2の(c)を参照。非特許文献1で用いられているのも、この方法である）。しかしこの方法では、電極の間に挟まれている食品試料まで、耐熱袋で覆ってしまうことになる。そのため、上記食品試料の内部温度の温度履歴が、レトルト殺菌装置内の温度履歴と乖離してしまうおそれがある。

【0034】

電極1が網状電極である理由は、食品試料が熱媒体（蒸気、熱水など）に接触する面積

50

を、従来技術で用いられている電極よりも増加させるためである。図2の(b)に、網状電極(左)と、従来技術で用いられる平板電極(右)とを並べて示した。同図から判るように、平板電極は表面に孔が開いていない。

【0035】

測定の際、食品試料は2枚の電極板の間に送入されるから、平板電極では、食品試料に熱媒体が直接接触することは少ない。むしろ、電極板からの熱伝導により、食品試料に熱が伝わることになる。一方、網状電極においては、網の目の部分において食品試料が露出しているため、熱媒体から直接熱を受け取りやすくなる。通常のレトルト食品の製造現場では、当該食品は熱媒体から直接熱を受け取るので、網状電極を用いる方が、より製造現場に近い条件で測定を行うことができる。

10

【0036】

なお、本明細書において「網状電極」とは、複数の孔が形成されている電極のことを意図する。例えば、図2の(a)、(b)に示されているように、金属板にパンチ穴を空けたものであってもよいし、金属線を編んで作製されたものであってもよい。

【0037】

以上に示したように、(1)電極の少なくとも一部を、測定時の温度において安定な絶縁性物質により被覆する構成、および(2)電極を網状電極とする構成、により、食品試料の内部温度の温度履歴を、レトルト殺菌装置内の温度履歴を反映しているものとすることができる。このことは、製造現場における条件に、より近い条件での測定を可能とする。したがって、得られるデータの、より高い信用性、およびより高い実用性を担保することができる。

20

【0038】

[食品試料]

食品試料のCPE指数を測定する際、当該食品試料は、2枚の電極板の間に設置される。このとき、食品試料を容器に封入したまま測定を行うことが、本発明の特徴である。電気物性により食品の加工状態を推定する従来技術は、食品自体に電極を挿入することが多かった。しかし、本発明の一実施形態に係る方法は、食品試料を容器に封入したまま測定を行う、非破壊的な測定方法である。

【0039】

本発明の一実施形態に係る方法では、容器内部の食品に交流電流を流し、インピーダンススペクトルを得ることにより、CPE指数を算出する。ここで、容器内部の食品に交流電流を流すためには、当該容器は非金属製である必要がある。なぜならば、容器が金属製である場合には、電流が容器自体を流れて、容器内部の食品のCPE指数を算出できないためである。

30

【0040】

上述の条件を満たす容器の例としては、レトルトパウチ、ガラス瓶などが挙げられる。なお、容器の一部が金属製であったとしても、容器内部の食品に交流電流を流し、インピーダンススペクトルを得ることができるならば、本発明の一実施形態に係る方法を実施することができる。例えば、ガラス製の瓶と、金属製の蓋とを有する瓶詰食品の場合は、ガラス製の瓶を挟むように電極を設置することにより、本発明の一実施形態に係る方法を実施することができる。

40

【0041】

[CPE指数の測定方法、および測定結果の利用]

以上に説明した要素を適切に組み合わせれば、レトルト殺菌中の、非金属製容器に封入されている食品のCPE指数を測定することができる。一例を挙げると、レトルト殺菌装置内に2枚の電極を設置し、当該電極の間に非金属製容器に封入されている食品を挿入してから、レトルト殺菌を開始する。そしてレトルト殺菌の開始後、食品のインピーダンススペクトルを測定し、CPE指数を算出すればよい。インピーダンススペクトルは、公知の装置(インピーダンスアナライザ、LCRメータ、ポテンショ-ガルバノ-スタット、周波数応答アナライザなど)を、上記電極と適切に接続することにより、測定することが

50

できる。

【 0 0 4 2 】

このようにして得られた C P E 指数は、特定の時点における 1 つのデータであっても、時系列に沿った複数のデータであってもよい。

【 0 0 4 3 】

例えば、食品の C P E 指数と当該食品の加工状態との関係が既知である場合には、特定の時点における 1 つの C P E 指数のデータから、食品の加工状態を推定することができる。そのため、例えば、レトルト食品が特定の品質を満たしているか否かの検品に用いることができる。

【 0 0 4 4 】

例えば、食品の C P E 指数と当該食品の加工状態との関係が未知である場合には、時系列に沿った複数の C P E 指数のデータから、食品に起こっている物理変化または化学変化を追跡することができる。これによって、例えば、レトルト殺菌を行いながら、食品の加工状態の変化を追跡することができる。つまり、レトルト殺菌中の食品の加工状態の変化に関する情報を、より少ない実験回数で収集することができる。

【 0 0 4 5 】

〔 3 . 加工状態を推定するための装置 〕

〔 2 〕で説明した本発明の方法の好ましい実施形態を、レトルト殺菌中の食品の C P E 指数の測定装置の観点から説明する。図 2 の (a)、(d) は、本発明の一実施形態に係る装置の、好適な例を示す図である。

【 0 0 4 6 】

本発明の一実施形態に係る装置は、測定時の温度において安定な絶縁性物質により少なくとも一部が被覆されている、網状電極を備えている (図 2 の (a) 参照) 。なお、絶縁物質により被覆することの効果、電極を網状電極とすることの効果は、〔 2 〕に記載の通りである。

【 0 0 4 7 】

網状電極は、間に食品試料が挟むことができるように、2 枚の網状電極が一定の間隔を置いて固定されることが好ましい。図 2 の (a) では、絶縁スペーサ 2 がその役割を果たしている。しかし、2 枚の網状電極の間隔を固定できるならば、特に構成は限定されない。

【 0 0 4 8 】

網状電極は、コード・ケーブル類 (図 2 の (a) においては、同軸ケーブル 3) によって、インピーダンススペクトルを測定できる公知の装置と接続されている。C P E 指数の算出は、上記インピーダンススペクトルを測定できる公知の装置が行ってもよいし、他の装置 (例えば、汎用コンピュータ) が行ってもよい。

【 0 0 4 9 】

レトルト殺菌装置の稼働中、上記装置の内部は水の多い環境となる。そのため、網状電極とコード・ケーブル類との接続点、コード・ケーブル類がレトルト殺菌装置の外部へ出る点などには、適宜防水機構を設けることが好ましい。このような防水機構は、例えば、ゴム栓、リングなどを用いることにより達成される。また、レトルト殺菌装置内部に溜まった水が、コード・ケーブル類を伝って、インピーダンススペクトル測定装置に達することを防止するため、中継器を用いることも好ましい。さらに、レトルト殺菌の方式として蒸気殺菌方式を採用する場合には、レトルト殺菌装置の内壁上から滴下する水を防ぐために、電極の上部に覆いを設けることも好ましい。

【 0 0 5 0 】

本発明の一実施形態に係る装置は、C P E 指数以外の物性を測定できる構成としてもよい。このような物性の例としては、その他の電気物性 (キャパシタンス、損失係数など) 、食品の中心温度などが挙げられる。これらの物性を測定するには、公知の手段を適宜用いればよい。

【 0 0 5 1 】

10

20

30

40

50

上記各項目で記載した内容は、他の項目においても適宜援用できる。また、本発明は上述した各実施形態に限定されるものではなく、請求項に示した範囲で種々の変更が可能である。したがって、異なる実施形態にそれぞれ開示されている技術的手段を、適宜組み合わせ得られる実施形態についても、本発明の技術的範囲に含まれる。以下、実施例により本発明をさらに詳細に説明するが、本発明は下記実施例のみに限定されるものではない。

【実施例】

【0052】

以下の実施例を通じて用いられている装置および実験方法について、先に説明する。別途記載のない限り、以下の実施例は、下記の条件において行われた。

【0053】

[レトルト殺菌の方法]

レトルト殺菌装置として、シミュレータレトルト殺菌装置（東洋製罐製、H60-C50-S・WR・SHW・P・SD・AR-T）を使用した。上記レトルト殺菌装置は、円筒型クラッチ式加熱器（島倉鉄工所製、H-60-060）および円筒型貯水槽（島倉鉄工所製、H60-M75）を備えている。レトルト殺菌の条件（加熱時間、加熱温度など）は、上記レトルト殺菌装置が備えているコンピュータによって制御した。

【0054】

レトルト殺菌は、蒸気殺菌方式により行った。蒸気殺菌方式とは、高温高压の蒸気を加熱器内に送入することにより、レトルト殺菌を行う方式である。また、レトルト殺菌は、以下の工程を順に経過させることにより行った。なお、殺菌工程の温度および時間は、各実施例において設定した。

一次加熱（103℃まで5分間かけて上昇） 予熱（103℃にて5分間保持） 二次加熱（所定温度まで3分間かけて上昇） 殺菌（定温にて所定時間） 冷却（37℃まで10分間かけて下降）。

【0055】

レトルト殺菌装置の具体的な操作手順は、以下の通りである。まず、電極を上記レトルト殺菌装置内に設置する。次に、上記電極間に食品試料を挿入する。その後、上記レトルト殺菌装置を始動させ、レトルト殺菌を開始する。

【0056】

[電気物性の測定方法]

インピーダンスの測定には、LCRメータ（日置電機製、3532-80、測定可能周波数：42Hz～5MHz）、網状電極（本発明の一実施形態に係る電極）、および同軸ケーブルを用いた。具体的には、網状電極とLCRメータとを、同軸ケーブルで接続し、インピーダンスを測定した。同軸ケーブルは、レトルト殺菌装置のサービスポートを通じてレトルト殺菌装置内に導入した。このとき、上記サービスポートにはシリコンゴム栓を挿入し、当該シリコンゴム栓に貫通させた孔に同軸ケーブルを通すことにより、装置の密閉性を保った。LCRメータのアースをレトルト殺菌装置本体の金属部に接続し、外部に由来するノイズを遮断した。

【0057】

網状電極は、フッ素樹脂加工（テフロン（登録商標）加工）が施されているステンレス製の、平行電極であった。上記網状電極の測定部は、縦220mm×横175mm、電極間距離30mmであった。上記網状電極の外観に関しては、図2の（a）、（b）を参照。

【0058】

LCRメータを用いたインピーダンスの測定方法は、以下の通りである。まず、測定開始より1時間以上前に、LCRメータの電源を入れ、ウォーミングアップさせる。その後、測定開始前にオープン補正およびショート補正を行う。1kHz～100kHzの間の200点の周波数において試料のインピーダンスを測定し、ナイキスト線図を得る。ナイキスト線図の作成は、2分ごとに行う。

10

20

30

40

50

【 0 0 5 9 】

以下の実施例で測定した米飯試料、米澱粉試料および肉試料はすべて、C P E を含んでいる等価回路の示すインピーダンス挙動と近い挙動を示した。そこで、以下の実施例では、上記の試料を、C P E を含んでいる等価回路と見做して解析を行った。具体的には、C P E を含んでいる等価回路で成立する、 $(z''/z' = \tan \delta, \delta = (\theta / 2) \times p$; 式中、 z' はレジスタンス、 z'' はリアクタンスを表す) の式から、C P E 指数 p を算出し、解析に用いた。

【 0 0 6 0 】

[その他の物性の測定]

米飯試料の中心温度は、高温用温度データロガー (K N ラボラトリーズ製、スーパーサーモクロン) によって測定した。上記データロガーを米飯試料に封入し、加熱開始から冷却終了まで、1分ごとに中心温度を測定した。レトルト殺菌の終了後、試料内から上記データロガーを取り出し、ソフトウェア (RhManager、K N ラボラトリーズ提供) を用いて解析した。

10

【 0 0 6 1 】

米飯試料の硬さは、小型卓上試験機 (島津製作所製、EZ-SX) によって測定した。具体的な操作手順は以下の通りである。まず、レトルト殺菌終了後の米飯試料を、直ちに 9 0 の恒温槽に移動させる。その後 3 0 時間以内に、測定用容器 (内径 4 0 mm、深さ 1 5 mm) に上記米飯試料をすり切りに入れる。そして、直径 2 0 mm のプランジャーにて、1 mm / 秒の速度で二回圧縮試験を行う。レトルト殺菌を終えた米飯入り容器 1 つから、硬さを測定するための米飯試料を 3 つ作製する。測定データは、ソフトウェア (TRAPEZIUM X、島津製作所製) を用いて解析する。

20

【 0 0 6 2 】

[実施例 1]

従来技術で用いられる電極 (ステンレス製平行平板電極)、および本発明の一実施形態に係る電極 (フッ素樹脂加工網状電極) を用いて、レトルト殺菌を行った。そして、上記レトルト殺菌中の米飯試料の中心温度を、経時的に観測した。

【 0 0 6 3 】

[電極の防水]

レトルト殺菌中のレトルト殺菌装置内には、熱媒体として蒸気が多く存在する。そのため、電極表面が導電性物質である場合には、インピーダンスを正確に測定するために、蒸気に触れないようにする必要がある。

30

【 0 0 6 4 】

ステンレス製平行平板電極の表面は、導電性のステンレスである。そこで、電極全体を耐熱袋で覆った (図 2 の (c) 参照)。具体的には、耐熱袋 (オートクレープ用、5 0 0 mm x 3 0 0 mm) の底に、シリコンゴム栓が通る大きさの穴をあけ、当該シリコンゴム栓に貫通させた孔に同軸ケーブルを通した。耐熱袋の開口部は、針金で縛った。また、耐熱袋およびシリコンゴム栓は、留め具で固定した。さらに、もう 1 枚の耐熱袋を全体に被せ、開口部を針金で縛った。

【 0 0 6 5 】

一方、網状電極は、表面がフッ素樹脂加工されている。つまり、絶縁性の物質で表面が被覆されている。そのため、ステンレス製平行平板電極のように、全体を耐熱袋で覆う必要がない。そこで、同軸ケーブルとの接続箇所のみフッ素樹脂を剥がし、P E E K 樹脂製のケーブルコネクタを介して、網状電極と同軸ケーブルとを接続した。ケーブルコネクタにはシリコンゴム製 O リングを取り付け、水の浸入を防いだ。

40

【 0 0 6 6 】

また、網状電極、ステンレス製平行平板電極ともに、レトルト殺菌装置の内壁上から滴下する水を防ぐため、電極の上部にステンレス製のパンを傘のように設置した。

【 0 0 6 7 】

以上の防水処理により、ステンレス平行平板電極を用いる測定環境では、電極間に挟ま

50

れた試料が、耐熱袋に覆われた状態となる。一方、フッ素樹脂加工網状電極を用いる測定環境では、電極および試料に直接蒸気が当たる状態となる。

【0068】

[米飯試料の調製およびレトルト殺菌条件]

生米（広島県産コシヒカリ、無洗米）を、使用する2倍量の水に1時間以上浸漬させた。このとき、生米の重量は約1.3倍に増加した。浸漬済生米70gと、水道水100gとを、容器（縦110mm×横135mm×深さ20mm、シール部は縦130mm×横155mm）に封入し、スチームアイロン（パナソニック製、NI-S55）でヒートシールした。このようにして、未調理の米飯試料を作製した。

【0069】

レトルト殺菌における殺菌工程の条件を、120、30分間とした。データロガーの測定開始と同時に一次加熱を開始し、冷却終了まで1分ごとに、米飯試料の中心温度を測定した。

【0070】

なお、レトルト殺菌装置内の温度としては、当該装置に表示された現在温度を採用した。

【0071】

（結果）

図3に、それぞれの温度履歴を示す。同図から判るように、フッ素樹脂加工網状電極を用いた米飯試料の中心温度は、レトルト殺菌装置内の温度と、概ね類似した温度履歴を示した。一方、耐熱袋で覆われたステンレス製平行平板電極を用いた米飯試料の中心温度は、レトルト殺菌装置内の温度よりも、温度上昇が大きく遅れていた。一例を挙げると、殺菌工程（120の定温）の開始から13分の時点で、フッ素樹脂加工網状電極を用いた米飯試料の中心温度は105であったのに対し、耐熱袋で覆われたステンレス製平行平板電極を用いた米飯試料の中心温度は58.91でしかなかった。

【0072】

このことから、本発明の一実施形態に係る電極を用いることにより、従来の電極よりも、よりレトルト殺菌装置内の温度履歴に近い条件で、試料の電気物性を測定できることが示された。このことは、本発明の一実施形態に係る電極を用いる測定では、食品試料を現実のレトルト殺菌条件に近い条件で加熱できることを意味している。したがって、本発明の一実施形態に係る電極を用いる測定により、より実用性の高い電気物性データが提供されることが示唆される。

【0073】

[実施例2]

米飯試料および米澱粉試料をレトルト殺菌し、レトルト殺菌工程全体を通じた電気物性の変化を測定した。データの解析には、主としてCPE指数を用いた。

【0074】

[試料の調製およびレトルト殺菌条件]

実施例2では、以下の8種類の組成を有する試料を用いた。

- ・生米 + 水A 試料：浸漬済生米70g + 水道水100g（実施例1と同じ組成）
- ・生米 + 水B 試料：浸漬済生米105g + 水道水65g
- ・生米のみ 試料：浸漬済生米170g
- ・生米 + 調味液 試料：浸漬済生米70g + 調味液100g
- ・米澱粉 + 水 試料：米澱粉70g + 水100g
- ・米澱粉 + 調味液 試料：米澱粉70g + 調味液100g
- ・米澱粉のみ 試料：米澱粉70g
- ・調味液のみ 試料：調味液170g。

【0075】

ここで、生米は、実施例1と同様に水に浸漬させ、重量が約1.3倍に増加したものを用いた。米澱粉は、S7260（SIGMA-ALDRICH製）を用いた。調味液は、醤油80g、酒15

10

20

30

40

50

g、味醂 30 g、異性化液糖 20 g、および水 250 g を混合した液体を用いた。それぞれの材料を、実施例 1 と同じ容器に封入して、電気物性測定用の試料とした。

【0076】

レトルト殺菌における殺菌工程の条件を、120、30 分間とした。一次加熱の開始と同時に電気物性の測定を開始し、冷却終了まで 2 分ごとに、1 kHz ~ 100 kHz の間の 200 点について測定を行い、ナイキスト線図を得た。そして、CPE 指数 ($p(-)$)、 p 値) を算出し、解析した。

【0077】

なお、生米 + 水 A 試料、生米 + 調味液試料、米澱粉 + 水試料、および米澱粉のみ試料については、冷却後再加熱におけるデータも測定した。具体的には、1 回目のレトルト殺菌後に、室温にて 1 時間試料を冷却した後、同じレトルト殺菌条件で 2 回目のレトルト殺菌を行った。そして、2 回目のレトルト殺菌中においても、試料の電気物性を測定した。

【0078】

(結果)

(1) 米飯試料における CPE 指数の経時的变化

生米 + 水 A 試料をレトルト殺菌した際のナイキスト線図の経時的变化を、図 4 の (a) に示す。同図から判るように、生米 + 水 A 試料を、CPE を含んでいる等価回路として扱った際のナイキスト線図は、レトルト殺菌の全過程を通じて、ほぼ線形であった。このことから、生米 + 水 A 試料は、CPE を含んでいる等価回路と見做することができる。また、図 4 の (a) において、ナイキスト線図の傾きは、二次加熱開始まではほとんど変化がなく、二次加熱開始時から緩やかに低下を続け、冷却工程が始まると急激に上昇している。

【0079】

このことをより判りやすく示しているのが、図 4 の (b) である。同図は、上述のレトルト殺菌過程における、CPE 指数の経時的变化を示している。同図によると、加熱工程開始 ~ 二次加熱工程開始 (0 分 ~ 10 分) には、ほとんど CPE 指数の変化がない。その後、二次加熱開始時以降になると、CPE 指数は低下を始め、殺菌工程が進むにつれ低下速度は緩やかになった。さらに、冷却工程開始 (43 分) からは、CPE 指数は急激に上昇している。

【0080】

ここで、殺菌工程 (13 分 ~ 43 分) 中のレトルト殺菌装置内は、120 の定温状態である。実施例 1 の結果から、試料の中心温度も、ほぼ定温であると考えられる。しかし、図 4 の (b) に示されているように、CPE 指数は殺菌工程を通じて低下している。このことから、加熱中の米飯試料の加工状態が CPE 指数に反映されていることが示唆される。より具体的に言えば、CPE 指数の低下の継続が、米飯の加工の進行 (糊化の進行) を表していることも示唆される。

【0081】

上記の示唆を支持するのが、図 4 の (c) である。同図は、生米 + 水 A 試料 (1 回目のレトルト殺菌)、生米 + 水 A 試料の冷却後再加熱 (2 回目のレトルト殺菌)、および容器のみに対してレトルト殺菌を行い、CPE 指数の経時的变化を測定した結果を表している。同図から判るように、2 回目のレトルト殺菌を行う生米 + 水 A 試料においては、1 回目のレトルト殺菌を行う生米 + 水 A 試料よりも、急激な CPE 指数の低下が認められる。これは、2 回目のレトルト殺菌を行う生米 + 水 A 試料では、加熱開始前から、澱粉の糊化がある程度進行しているためと考えられる。この実験結果も、CPE 指数の低下の継続が、米飯の加工の進行を表すことを示唆している。

【0082】

(2) CPE 指数の再現性

生米 + 水 A 試料、生米 + 水 B 試料、および生米のみ試料のそれぞれについて、レトルト殺菌中の CPE 指数の経時的变化の測定を 5 回ずつ行った。その平均値と標準偏差を、図 5 の (a) に示す。また、生米 + 水 B 試料について、レトルト殺菌中の CPE 指数の経時的变化の測定を 5 回ずつ行った。その平均値と標準偏差を、図 5 の (b) に示す。

【0083】

これらの図から判るように、CPE指数の測定値は、試料ごとのばらつきが大きい。しかし、二次加熱開始時(10分)辺りからCPE指数の低下が始まり、殺菌工程が進むにつれ低下速度が緩やかになり、冷却工程開始(43分)と共に急激に上昇する、という挙動は一致していた。

【0084】

そこで、図5の(b)の各測定結果についてCPE指数の最大値を p_{max} とし、各時点の p/p_{max} をプロットした(図5の(c))。すなわち、図5の(c)は、規格化されたCPE指数の経時変化を表す図である。同図によると、規格化されたCPE指数は、概ね類似した挙動を示すことが判る。これより、CPE指数を規格化することにより、実験結果を相互に比較することが可能であると推認される。なお、このような試料ごとのばらつきは、電極の設置状態に起因する誤差と考えられる。したがって、電極および試料の位置を所定のものとしてできるように装置を構成すれば(例えば、電極の位置を固定する、試料の挿入スロットを設ける、など)、測定誤差を減らすことができると考えられる。

10

【0085】

(3) 米澱粉試料におけるCPE指数の経時変化

図6の(a)は、米澱粉+水試料(1回目のレトルト殺菌)、米澱粉+水試料の冷却後再加熱(2回目のレトルト殺菌)、米澱粉のみ試料(1回目のレトルト殺菌)、および米澱粉のみ試料の冷却後再加熱(2回目のレトルト殺菌)に対してレトルト殺菌を行い、CPE指数の経時変化を測定した結果を表している。

20

【0086】

同図によると、米澱粉のみ試料は、レトルト殺菌を繰り返しても、CPE指数の挙動にほとんど変化はなく、またCPE指数の低下幅も小さかった。一方、米澱粉+水試料は、1回目のレトルト殺菌においてCPE指数の低下が見られ、2回目のレトルト殺菌においては大幅なCPE指数の低下が見られた。この事実は、殺菌工程中のCPE指数の低下は、澱粉に水を加えて加熱することによる澱粉の糊化に由来する、との仮定を強く支持している。

【0087】

(4) 調味液を含んでいる試料におけるCPE指数の経時変化

図6の(b)は、米澱粉+調味液水試料(1回目のレトルト殺菌)、米澱粉+調味液試料の冷却後再加熱(2回目のレトルト殺菌)、米澱粉+調味液試料(1回目のレトルト殺菌)、および調味液のみ試料(2回目のレトルト殺菌)に対してレトルト殺菌を行い、CPE指数の経時変化を測定した結果を表している。

30

【0088】

同図によると、調味液を封入した米飯試料および米澱粉試料の、1回目のレトルト殺菌においては、20~30分ごろに急激なCPE指数の上昇が認められる。また、調味液を封入した米飯試料の2回目のレトルト殺菌においては、1回目のレトルト殺菌よりも、CPE指数の低下幅が小さくなっている。これらは、水を封入した米飯試料および米澱粉試料には見られなかった挙動である。この違いは、調味液と澱粉との間に、何らかの化学変化または物理変化が発生したことに起因していると考えられる。

40

【0089】

〔実施例3〕

実施例2では、CPE指数の低下と澱粉の糊化とが、関係していることが示唆された。そこで、米飯試料のCPE指数と、当該米飯試料の硬さとの相関を調査した。

【0090】

〔試料の調製およびレトルト殺菌条件〕

米飯試料として、実施例2で用いられている、生米+水A試料(浸漬済生米70g+水道水100g)および生米+水B試料(浸漬済生米105g+水道水65g)を用いた。

【0091】

米飯試料のCPE指数および当該米飯試料の硬さは、以下の実験操作により求めた。

50

1. 予め、殺菌工程を120、30分間として米飯試料のレトルト殺菌を行い、その間のCPE指数の履歴を記録した。

2. 1と同じ温度履歴となるように、米飯試料のレトルト殺菌を開始した。ただし、殺菌工程の開始から、それぞれ5分、10分、15分、20分、30分が経過した時点で冷却工程を開始し、殺菌工程を停止させた。これにより、殺菌時間の異なる5つの米飯試料を作製した。

3. 2で得られたそれぞれの米飯試料について、硬さを測定するための試料を3つずつ作製し、硬さを測定した。

4. 2で得られたそれぞれの米飯試料のCPE指数の値は、1で測定したCPE指数の履歴において、殺菌工程の開始からそれぞれ5分、10分、15分、20分、30分が経過した時点におけるCPE指数の値とした。

10

【0092】

(結果)

図7の(a)に、生米+水A試料をレトルト殺菌した際の、CPE指数と米飯の硬さとの関係を示す。横軸には米飯試料の硬さの平均値および標準偏差、縦軸には当該米飯試料のCPE指数をプロットした。同図から、CPE指数が高いほど、硬い米飯であることが示された。

【0093】

図7の(b)に、生米+水A試料および生米+水B試料をレトルト殺菌した際の、CPE指数と米飯の硬さとの関係を示す。横軸には米飯試料の硬さの平均値および標準偏差、縦軸には当該米飯試料のCPE指数をプロットした。同図から、生米と水との組成比が異なる試料においても、CPE指数と米飯の硬さとは、同じ相関を示すことが判る。すなわち、CPE指数の値から、レトルト食品の加工状態を推定できる可能性が示された。

20

【0094】

〔実施例4〕

肉試料をレトルト殺菌し、レトルト殺菌工程全体を通した電気物性の変化を測定した。データの解析には、主としてCPE指数を用いた。

【0095】

〔試料の調製およびレトルト殺菌条件〕

肉試料として、未殺菌調理済チャーシュー(縦40mm×横40mm×厚さ8mm)を用いた。上記肉試料を、卓上真空包装機(TOSEI製、HVP-282)を用いて、真空脱気密封した。真空脱気密封の具体的な工程は、以下の通りである。肉試料を真空下に置く(60秒間、真空率99.9%) シール(2秒間) 冷却(4秒間)。

30

【0096】

殺菌工程は、(1)110、30分間、および、(2)120、30分間の2条件にて行った。

【0097】

実施例4においては、フッ素樹脂加工網状電極の電極間距離を10mmとした。また、肉試料を包んでいるレトルトパウチが熱で変形し、電極に接触することを防ぐために、テフロン(登録商標)製の錘でパウチの周囲を固定した。

40

【0098】

(結果)

図8に、110、30分間の殺菌工程でレトルト殺菌を行った際における、ナイキスト線図の経時的変化を示す。また、図9に、120、30分間の殺菌工程でレトルト殺菌を行った際における、ナイキスト線図の経時的変化を示す。図8、9において、(a)は加熱昇温中、(b)は等温殺菌中、(c)は冷却降温中のデータである。

【0099】

これらの図より、肉試料を、CPEを含んでいる等価回路として扱った際のナイキスト線図も、線形となる場合があることが示された。特に、120、30分間の殺菌工程とした場合には、線形にかなり近いナイキスト線図が得られた(図9の(b))。一例とし

50

て、殺菌工程の開始後 10 分におけるナイキスト線図を抜き出して、図 10 の (a) に示す。このことから、肉試料は、CPE を含んでいる等価回路と見做せる場合があることが示唆される。

【 0 1 0 0 】

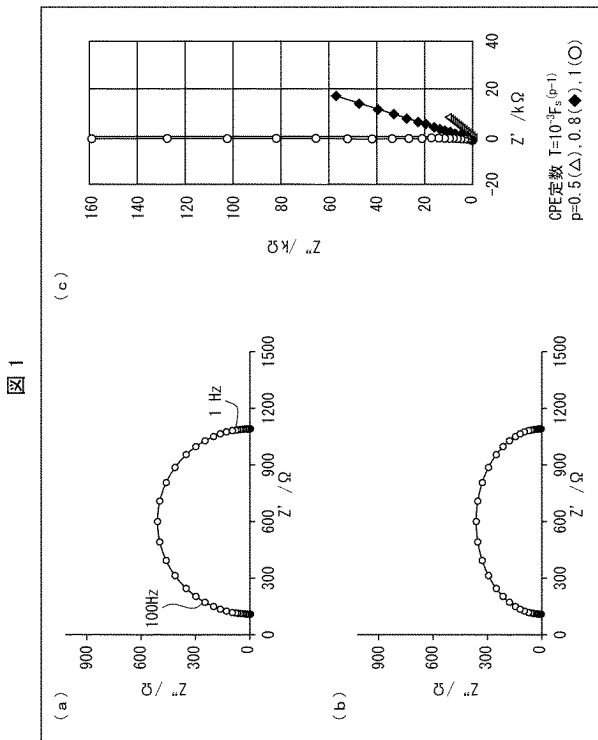
図 10 の (b) は、120、30 分間の殺菌工程で肉試料をレトルト殺菌した際にける、CPE 指数の経時的变化を表す。同図によると、殺菌工程の途中 (20 分前後) に、CPE 指数の急激な低下が見られる。これは、同時刻に肉試料中で発生した、何らかの物理変化または化学変化を反映していると考えられる。

【 符号の説明 】

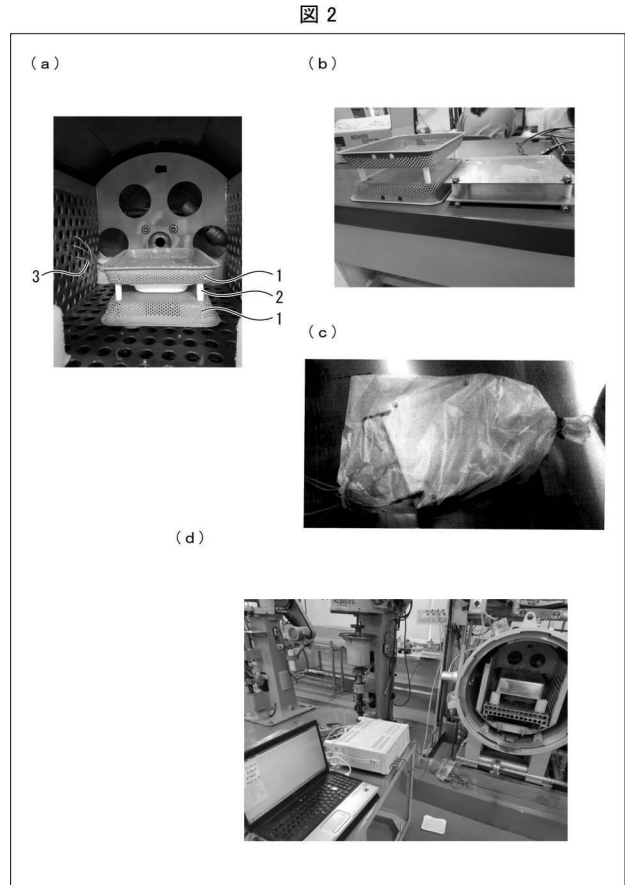
【 0 1 0 1 】

- 1 電極 (網状電極)
- 2 絶縁スペーサ
- 3 同軸ケーブル

【 図 1 】

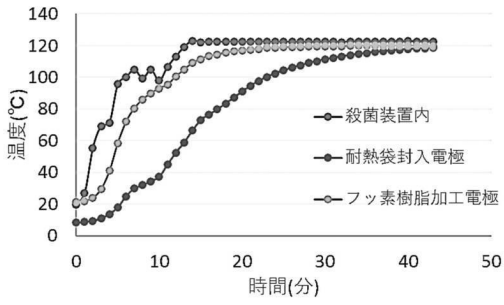


【 図 2 】



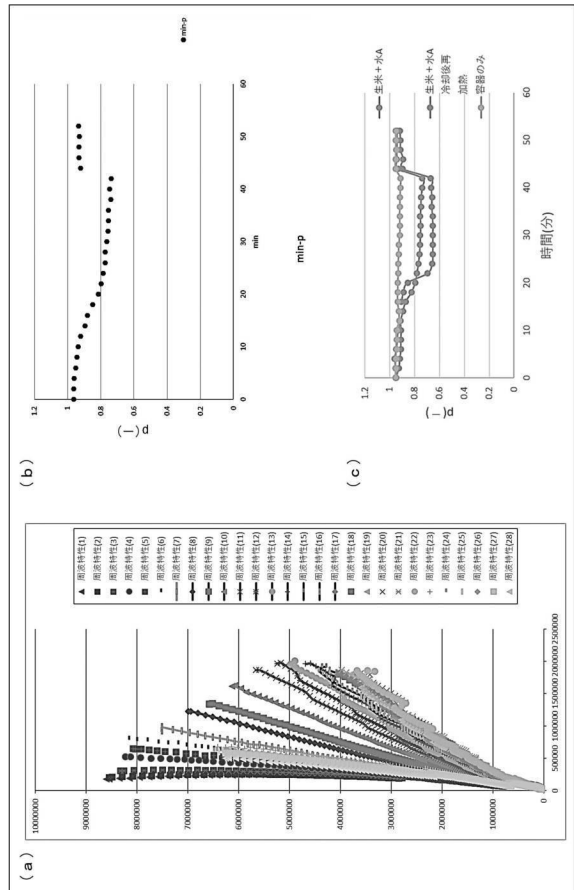
【 図 3 】

図 3



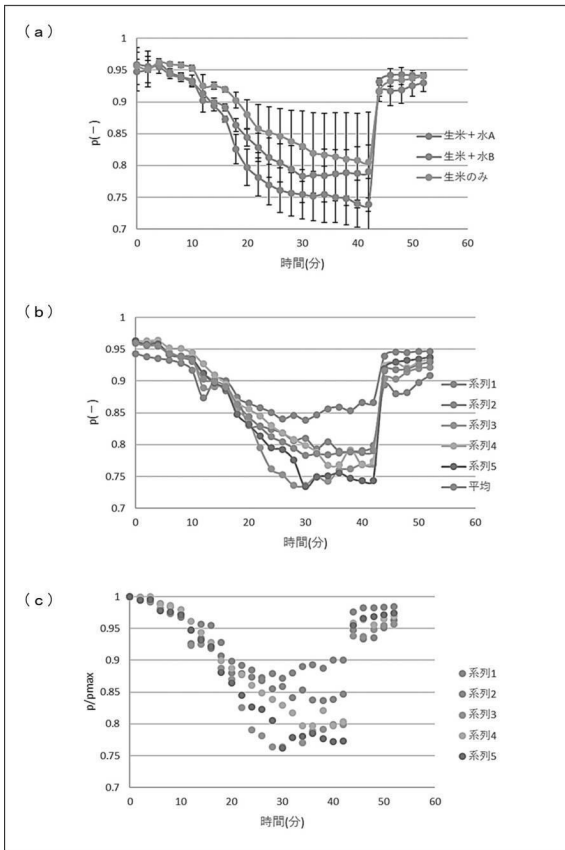
【 図 4 】

図 4



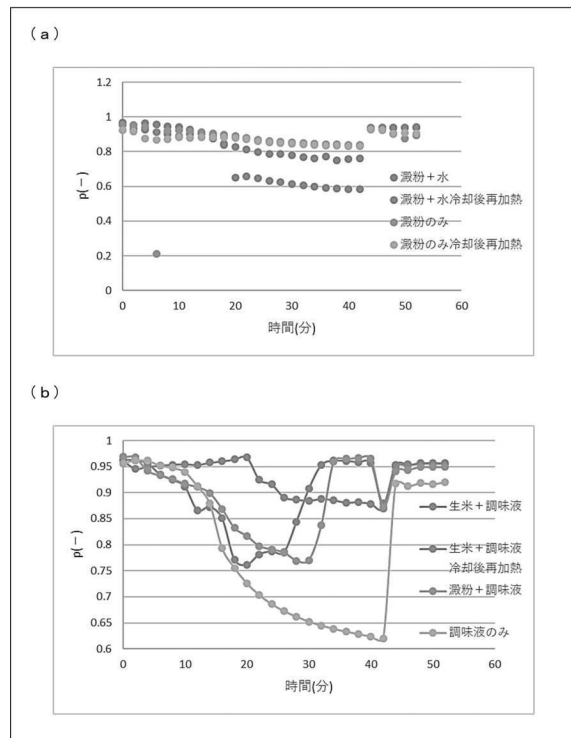
【 図 5 】

図 5



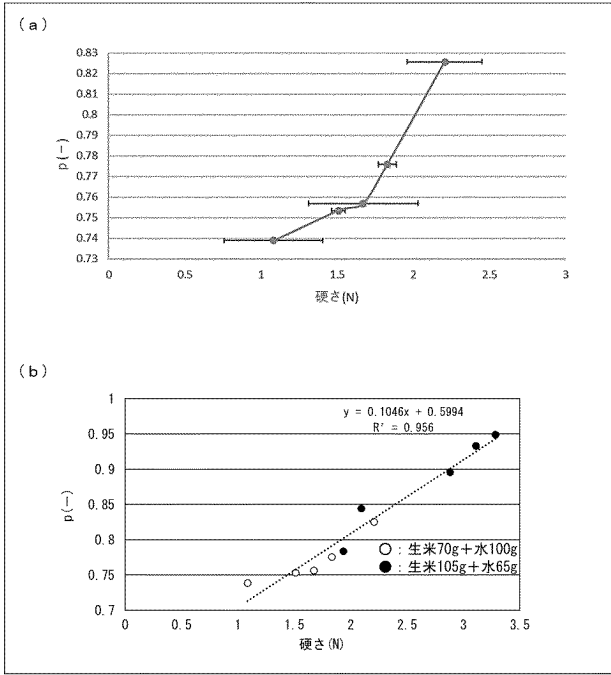
【 図 6 】

図 6



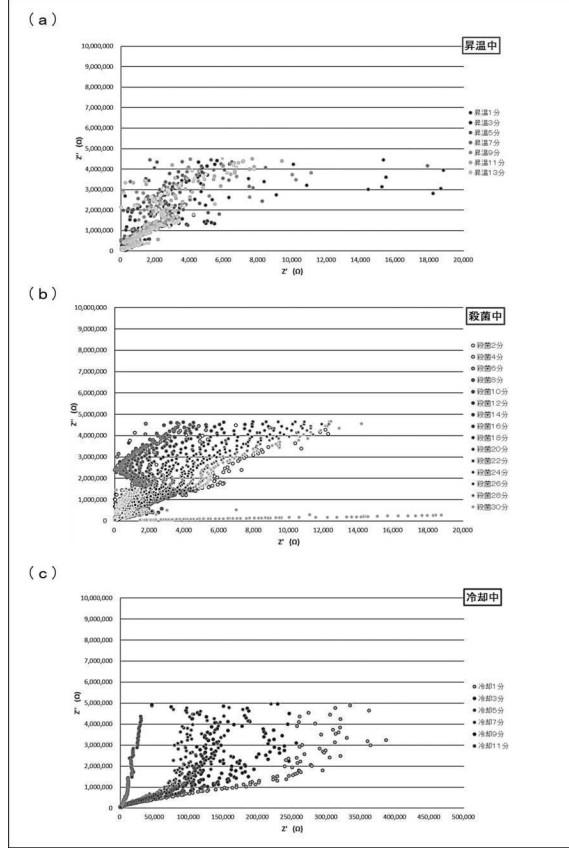
【 図 7 】

図 7



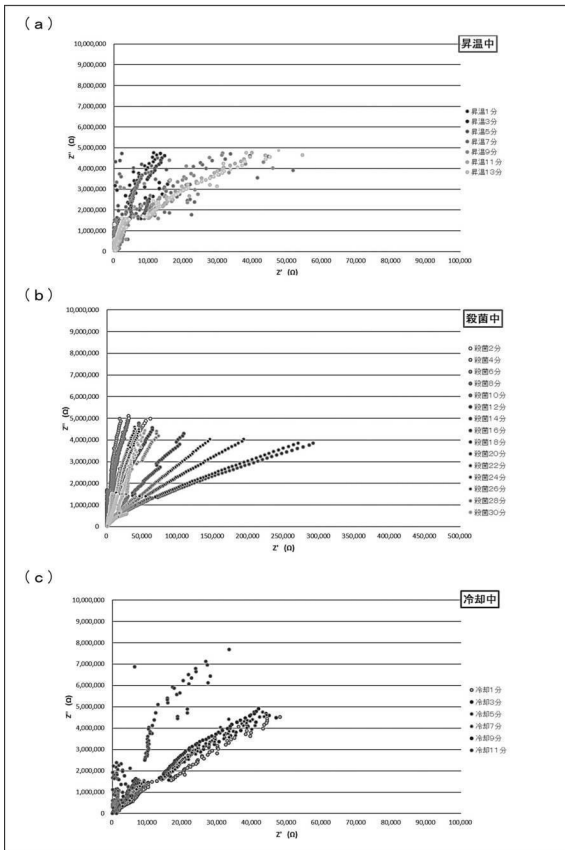
【 図 8 】

図 8



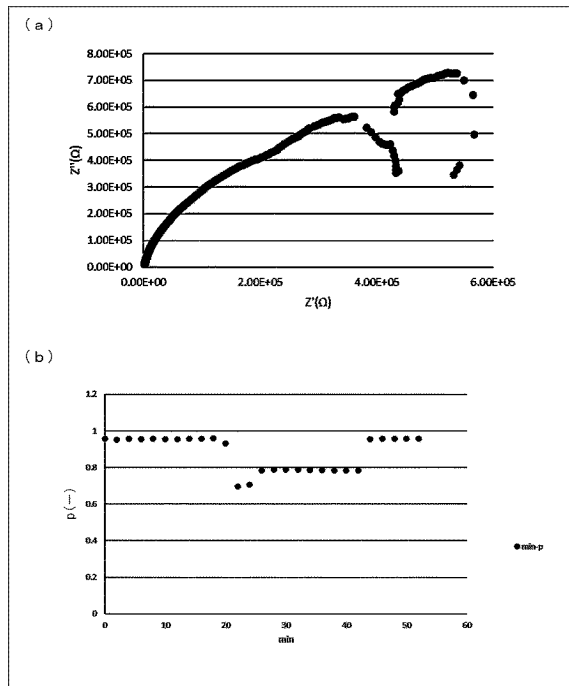
【 図 9 】

図 9



【 図 10 】

図 10



フロントページの続き

Fターム(参考) 2G060 AA08 AA12 AF03 AF06 AF10 AG11 AG15 HC13 HC14
4B021 LA05 LW04 LW09