

明 細 書

発明の名称：食肉代用組成物

技術分野

[0001] 本発明は、食肉代用組成物に関する。

背景技術

[0002] 近年、食料問題への対応、ヴィーガン（v e g a n）食の提供等を目的として、本物の肉の味及び食感を人工的に再現した食肉代用組成物の開発が盛んに行われている。食肉代用組成物としては、例えば、動物から採取した細胞を培養して作製する培養肉、大豆、エンドウ豆及び小麦等の植物タンパク質を使用した代替肉（例えば、特許文献1～3）等が知られている。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：特開2014-520554号公報

特許文献2：特開2017-517273号公報

特許文献3：特開2009-537177号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] 現在のところ、植物タンパク質を使用した代替肉がいくつか実用化されている。しかしながら、本物の肉のような質感（外観等）及び官能特性（香味及び食感等）を未だ十分に再現できてはいない。

[0005] 本発明は、従来の食肉代用組成物と比べて、本物の肉により近い質感及び官能特性を有する食肉代用組成物を提供することを目的とする。

課題を解決するための手段

[0006] 本発明者らは、従来の植物タンパク質を使用した食肉代用組成物に対して、特定のアミノ酸残基組成を有するポリペプチド（例えば、構造タンパク質）を含有させることにより、本物の肉により近い質感及び官能特性を再現できることを見出した。本発明はこの知見に基づくものである。

[0007] すなわち、本発明は、例えば、以下の各発明に関する。〔1〕 下記（１）又は（２）を満たすポリペプチドを含む、食肉代用組成物。（１）アミノ酸残基数１５０以上であり、アラニン残基含有量が１２～４０％であり、かつグリシン残基含有量が１１～５５％である（２）セリン、スレオニン及びチロシンからなる群より選択される少なくとも１種のアミノ酸残基含有量、アラニン残基含有量及びグリシン残基含有量の合計が５６％以上である〔２〕 上記ポリペプチドは、上記（１）及び（２）の両方を満たす、〔１〕に記載の食肉代用組成物。〔３〕 上記ポリペプチドが、組換えポリペプチドである、〔１〕又は〔２〕に記載の食肉代用組成物。〔４〕 上記ポリペプチドは、複数の反復配列単位を有しており、 上記反復配列単位のアミノ酸残基数が６～２００である、〔１〕～〔３〕のいずれかに記載の食肉代用組成物。〔５〕 上記ポリペプチドは、（Ａ）_nモチーフを含む、〔１〕～〔４〕のいずれかに記載の食肉代用組成物。〔６〕 上記ポリペプチドが、構造タンパク質である、〔１〕～〔５〕のいずれかに記載の食肉代用組成物。〔７〕 上記ポリペプチドが、フィブロインである、〔１〕～〔６〕のいずれかに記載の食肉代用組成物。〔８〕 上記ポリペプチドは、繊維の形態である、〔１〕～〔７〕のいずれかに記載の食肉代用組成物。〔９〕 植物タンパク質を更に含む、〔１〕～〔８〕のいずれかに記載の食肉代用組成物。〔１０〕 〔１〕～〔９〕のいずれかに記載の食肉代用組成物、又はその加工物を含む、人工肉製品。〔１１〕 〔１〕～〔９〕のいずれかに記載の食肉代用組成物、又は〔１０〕に記載の人工肉製品を調理する工程を備える、人工肉料理の製造方法。

発明の効果

[0008] 本発明によれば、従来の食肉代用組成物と比べて、本物の肉により近い質感及び官能特性を有する食肉代用組成物を提供することができる。

図面の簡単な説明

[0009] [図1]試験例１で調製した食肉代用組成物を使用したハンバーグの外観を示す写真である。

[図2]試験例 1 で調製した食肉代用組成物を使用したハンバーグの外観を示す写真である。

[図3]試験例 1 で調製した食肉代用組成物を使用したハンバーグの外観を示す写真である。

[図4]ポリペプチド繊維を製造するための紡糸装置の一例を概略的に示す説明図である。

[図5]試験例 2 で調製した食肉代用組成物を使用したハンバーグの外観を示す写真である。

[図6]試験例 2 で調製した食肉代用組成物を使用したハンバーグの外観を示す写真である。

[図7]試験例 3 で調製した食肉又は食肉代用組成物を使用したハンバーグの調理時に発生した外観（ハンバーグの直径）変化を示すグラフである。

[図8]試験例 4 で実施したテクスチャプロファイルのデータ処理内容を示す概略図である。

[図9]試験例 4 で調製した食肉又は食肉代用組成物を使用したハンバーグの「硬さ」を示すグラフである。

[図10]試験例 4 で調製した食肉又は食肉代用組成物を使用したハンバーグの「凝集性」を示すグラフである。

[図11]試験例 4 で調製した食肉又は食肉代用組成物を使用したハンバーグの「弾力性」を示すグラフである。

[図12]試験例 4 で調製した食肉又は食肉代用組成物を使用したハンバーグの「咀嚼性」を示すグラフである。

[図13]試験例 5 で調製した食肉を使用したハンバーグの外観を示す写真である。

[図14]試験例 5 で調製した食肉代用組成物を使用したハンバーグの外観を示す写真である。

[図15]試験例 6 で調製した食肉又は食肉代用組成物を使用したハンバーグの調理時に発生した外観（ハンバーグの直径）変化を示すグラフである。

発明を実施するための形態

[0010] 以下、本発明を実施するための形態について詳細に説明する。ただし、本発明は以下の実施形態に限定されるものではない。

[0011] 「食肉代用組成物」 本実施形態に係る食肉代用組成物は、特定のアミノ酸残基組成を有するポリペプチドを含む。

[0012] 本明細書において、「食肉代用組成物」は、家畜由来食肉に依存することなく、食肉の化学的特性（栄養組成等）又は品質（味、フレーバー、食感、外観等）を人工的に再現した肉代用品（*meat substitute*）を意味する。食肉代用組成物には、いわゆる培養肉及び代替肉も含まれる。動物から組織又は細胞を取り出し、その細胞を培養してラボで生産される「培養肉」は、「ラボミート（*lab-meat*）」、「インビトロミート（*in vitro meat*）」、「クリーンミート（*clean meat*）」等とも呼ばれる。植物等の非動物由来原料を材料とする「代替肉」は、「模造肉」、「偽肉」、「ヴィーガン肉」、「植物肉」、「人工肉」等とも呼ばれる。

[0013] 本実施形態に係るポリペプチドは、下記（１）又は（２）のいずれかを満たすものであってよい。（１）アミノ酸残基数１５０以上であり、アラニン残基含有量が１２～４０％であり、かつグリシン残基含有量が１１～５５％である（２）セリン、スレオニン及びチロシンからなる群より選択される少なくとも１種のアミノ酸残基含有量、アラニン残基含有量及びグリシン残基含有量の合計が５６％以上である

[0014] なお、本明細書において、「アラニン残基含有量」とは、下記式で表される値である。アラニン残基含有量＝（ポリペプチドに含まれるアラニン残基の数／ポリペプチドの全アミノ酸残基の数）×１００（％） また、グリシン残基含有量、セリン残基含有量、スレオニン残基含有量、チロシン残基、グルタミン残基及びリジン残基含有量は、上記式において、アラニン残基をそれぞれグリシン残基、セリン残基、スレオニン残基、チロシン残基、グルタミン残基及びリジン残基と読み替えたものと同義である。

- [0015] (1) を満たすポリペプチドは、アミノ酸残基数が150以上であればよい。当該アミノ酸残基数は、例えば、200以上又は250以上であってよく、好ましくは300以上、350以上、400以上、450以上又は500以上である。
- [0016] (1) を満たすポリペプチドは、アラニン残基含有量が12～40%であればよい。当該アラニン残基含有量は、例えば、15～40%であってよく、18～40%であってよく、20～40%であってよく、22～40%であってよい。
- [0017] (1) を満たすポリペプチドは、グリシン残基含有量が11～55%であればよい。当該グリシン残基含有量は、例えば、11%～55%であってよく、13%～55%であってよく、15%～55%であってよく、18%～55%であってよく、20%～55%であってよく、22%～55%であってよく、25%～55%であってよい。
- [0018] (1) を満たすポリペプチドは、アラニン残基及びグリシン残基を比較的多く含むものである。アラニン残基及びグリシン残基は、側鎖が非極性のアミノ酸であるため、ポリペプチド生成における折りたたみの過程で内側に向くように配置され、 α ヘリックス構造又は β シート構造を取りやすい。そのため、食肉代用組成物が(1)を満たすポリペプチドを含むことで、調理中及び調理後に食肉代用組成物が崩れにくくなり、また歯応えが増加するため、質感(外観)及び官能特性(食感)を向上させることができる。さらに、(1)を満たすポリペプチドを、例えば、繊維、スポンジ、ゲル又はフィルムの形態とすると、これらの二次構造により高い強度及びタフネスを発揮することができるため、上述の効果がより顕著に発揮される。
- [0019] 加えて、グリシンには、血中コレステロールを低下させて、有害な物質を体から排泄する解毒作用があると言われている。アラニンは、エネルギー源に転換してアルコール代謝を促進する働きを有すると言われている。したがって、本実施形態に係る食肉代用組成物が(1)を満たすポリペプチドを含有することにより、これらの栄養面の機能が発揮されることも期待できる。

- [0020] (2) を満たすポリペプチドは、セリン、スレオニン及びチロシンからなる群より選択される少なくとも1種のアミノ酸残基含有量（すなわち、セリン残基含有量、スレオニン残基含有量、チロシン残基含有量、セリン残基含有量及びスレオニン残基含有量の合計、セリン残基含有量及びチロシン残基含有量の合計、スレオニン残基含有量及びチロシン残基含有量の合計、セリン残基含有量、スレオニン残基含有量及びチロシン残基含有量の合計のいずれか）と、アラニン残基含有量と、グリシン残基含有量とを合計した含有量（合計含有量）が56%以上であればよい。当該合計含有量は、例えば、57%以上であってよく、58%以上であってよく、59%以上であってよく、60%以上であってよい。当該合計含有量の上限は特に制限はないが、例えば、90%以下であってよく、85%以下であってよく、80%以下であってよい。
- [0021] 一実施形態において、(2) を満たすポリペプチドは、セリン残基含有量、スレオニン残基含有量及びチロシン残基含有量の合計が、4%以上であってよく、4.5%以上であってよく、5%以上であってよく、5.5%以上であってよく、6%以上であってよく、6.5%以上であってよく、7%以上であってよい。セリン残基含有量、スレオニン残基含有量及びチロシン残基含有量の合計は、例えば、35%以下であってよく、33%以下であってよく、30%以下であってよく、25%以下であってよく、20%以下であってよい。
- [0022] (2) を満たすポリペプチドは、セリン、スレオニン及びチロシンからなる群より選択される一種のアミノ酸残基と、アラニン残基及びグリシン残基とを比較的多く含むものである。セリン残基、スレオニン残基及びチロシン残基は、比較的親水性のアミノ酸残基であり、アラニン残基及びグリシン残基は、比較的疎水性のアミノ酸残基である。したがって、(2) を満たすポリペプチドは、セリン、スレオニン及びチロシンからなる群より選択される一種のアミノ酸残基の含有量と、アラニン残基及びグリシン残基との含有量の比率を変化させることによって、ポリペプチドの保水性及び／又は吸油性を

任意に操作することができる。ポリペプチドが保水性及び／又は吸油性を有することで、水性成分及び／又は油性成分との親和性が高くなり、食肉代用組成物の質感（外観）及び官能特性（香味、食感）を向上させることができる。

[0023] 加えて、セリンには、血中コレステロールを低下させて、有害な物質を体から排泄する解毒作用があると言われている。神経伝達物質（ドーパ）に変化するチロシンは、認知症及びパーキンソン病の予防効果があるとの報告がある。したがって、本実施形態に係る食肉代用組成物が（２）を満たすポリペプチドを含有することにより、これらの栄養面の機能が発揮されることも期待できる。

[0024] 本実施形態に係るポリペプチドは、上記（１）及び（２）の両方を満たすものであることが好ましい。これにより、本発明による効果がより顕著に発揮される。

[0025] 本実施形態に係るポリペプチドは、セリン残基、スレオニン残基又はチロシン残基の分布が平均的であり、任意の連続した２０アミノ酸残基の中、セリン残基、スレオニン残基及びチロシン残基の合計含有量が、５％以上、１０％以上、又は１５％以上であってよく、５０％以下、４０％以下、３０％以下、又は２０％以下であってよい。

[0026] 一実施形態に係るポリペプチドは、反復配列を有するものであってよい。すなわち、本実施形態に係るポリペプチドは、ポリペプチド内に配列同一性が高いアミノ酸配列（反復配列単位）が複数存在するものであってよい。反復配列単位のアミノ酸配列に特に制限はなく、ポリペプチド全体として上述した（１）又は（２）を満たすものであればよい。反復配列単位のアミノ酸残基数は６～２００であることが好ましい。また、反復配列単位間の配列同一性は、例えば、８５％以上であってよく、９０％以上であってよく、９５％以上であってよく、９６％以上であってよく、９７％以上であってよく、９８％以上であってよく、９９％以上であってよい。

[0027] 一実施形態に係るポリペプチドは、グルタミン残基又は／及びリジン残基を

含むものであってもよい。グルタミン残基又は／及びリジン残基を含むことによって、トランスグルタミナーゼ等食用架橋結合剤の存在下に、ポリペプチドは分子内又は分子間に架橋結合が形成される。グルタミン残基の含有量は、例えば、0%～30%であってよく、0%～25%であってよく、0%～20%であってよく、5%～20%であってよく、10%～20%であってよく、15%～20%であってよい。リジン残基の含有量は、例えば、5%以上であってよく、10%以上であってよく、25%以下であってよく、20%以下であってよく、15%以下であってよく、10%以下であってよい。

[0028] 一実施形態に係るポリペプチドは、 $(A)_n$ モチーフを含むものであってよい。本明細書において、 $(A)_n$ モチーフとは、アラニン残基を主とするアミノ酸配列を意味する。 $(A)_n$ モチーフのアミノ酸残基数は2～27であってよく、2～20、2～16、又は2～12の整数であってよい。また、 $(A)_n$ モチーフ中の全アミノ酸残基数に対するアラニン残基数の割合は40%以上であればよく、60%以上、70%以上、80%以上、83%以上、85%以上、86%以上、90%以上、95%以上、又は100%（アラニン残基のみで構成されることを意味する。）であってよい。

[0029] 一実施形態において、 $(A)_n$ モチーフは反復配列単位に含まれていてもよい。 $(A)_n$ モチーフは、アラニン残基を主として含むため、 α ヘリックス構造又は β シート構造を取りやすい。 $(A)_n$ モチーフが反復配列単位に含まれることにより、本実施形態に係るポリペプチドが、反復してこれら二次構造を有することになるため、調理中及び調理後に食肉代用組成物が崩れにくくなり、また歯応えが増加するため、質感（外観）及び官能特性（食感）を向上させることができる。さらに、当該ポリペプチドを、例えば、繊維、スポンジ、ゲル又はフィルムの形態とすると、これらの二次構造により高い強度及びタフネスを発揮することができるため、上述の効果がより顕著に発揮される。

[0030] 本実施形態に係るポリペプチドは、例えば、構造タンパク質であってよい。

構造タンパク質とは、生体の構造に関わるタンパク質、若しくは生体が作り出す構造体を構成するタンパク質、又はそれらに由来するタンパク質を意味する。構造タンパク質としては、例えば、フィブロイン、ケラチン、コラーゲン、エラスチン及びレシリンが挙げられる。

[0031] 構造タンパク質としては、上記（１）又は（２）を満たすものであれば特に制限されないが、フィブロインが好ましい。フィブロインとしては、例えば、絹フィブロイン、クモ糸フィブロイン、及びホーネットシルクフィブロイン、並びにこれら由来のタンパク質が挙げられる。

[0032] フィブロインとしては、例えば、天然由来のフィブロインが挙げられる。天然由来のフィブロインは、例えば、昆虫又はクモ類が産生するフィブロインが挙げられる。

[0033] 昆虫が産生するフィブロインとしては、例えば、ボンビックス・モリ (*Bombyx mori*)、クワコ (*Bombyx mandarina*)、天蚕 (*Antheraea yamamai*)、柞蚕 (*Antheraea pernyi*)、楓蚕 (*Eriogyna pyretorum*)、蓖蚕 (*Pilosamia Cynthia ricini*)、樗蚕 (*Samia cynthia*)、栗虫 (*Caligula japonica*)、チュッサー蚕 (*Antheraea mylitta*)、ムガ蚕 (*Antheraea assama*) 等のカイコが産生する絹フィブロイン、及びスズメバチ (*Vespa similima xanthoptera*) の幼虫が吐出するホーネットシルクフィブロインが挙げられる。

[0034] 昆虫が産生するフィブロインのより具体的な例としては、例えば、カイコ・フィブロインL鎖 (GenBankアクセッション番号M76430 (塩基配列)、及びAAA27840.1 (アミノ酸配列)) が挙げられる。

[0035] クモ類が産生するフィブロインとしては、例えば、クモ目 (*Araneae*) に属するクモが産生するスパイダーシルクタンパク質が挙げられる。より具体的には、オニグモ、ニワオニグモ、アカオニグモ、アオオニグモ及びマメオニグモ等のオニグモ属 (*Araneus* 属) に属するクモ、ヤマシロオ

ニグモ、イエオニグモ、ドヨウオニグモ及びサツマノミダマシ等のヒメオニグモ属 (*Neoscona* 属) に属するクモ、コオニグモモドキ等のコオニグモモドキ属 (*Pronus* 属) に属するクモ、トリノフンダマシ及びオオトリノフンダマシ等のトリノフンダマシ属 (*Cyrtarachne* 属) に属するクモ、トゲグモ及びチブサトゲグモ等のトゲグモ属 (*Gasteracantha* 属) に属するクモ、マメイタイセキグモ及びムツトゲイセキグモ等のイセキグモ属 (*Ordgarius* 属) に属するクモ、コガネグモ、コガタコガネグモ及びナガコガネグモ等のコガネグモ属 (*Argiope* 属) に属するクモ、キジロオヒキグモ等のオヒキグモ属 (*Arachnura* 属) に属するクモ、ハツリグモ等のハツリグモ属 (*Acusilas* 属) に属するクモ、スズミグモ、キヌアミグモ及びハラビロスズミグモ等のスズミグモ属 (*Cytophora* 属) に属するクモ、ゲホウグモ等のゲホウグモ属 (*Poltyis* 属) に属するクモ、ゴミグモ、ヨツデゴミグモ、マルゴミグモ及びカラスゴミグモ等のゴミグモ属 (*Cyclosa* 属) に属するクモ、及びヤマトカナエグモ等のカナエグモ属 (*Chorizopes* 属) に属するクモが産生するスパイダーシルクタンパク質、並びにアシナガグモ、ヤサガタアシナガグモ、ハラビロアシダカグモ及びウロコアシナガグモ等のアシナガグモ属 (*Tetragnatha* 属) に属するクモ、オオシロカネグモ、チュウガタシロカネグモ及びコシロカネグモ等のシロカネグモ属 (*Leucauge* 属) に属するクモ、ジョロウグモ及びオオジョロウグモ等のジョロウグモ属 (*Nephila* 属) に属するクモ、キンヨウグモ等のアズミグモ属 (*Menosira* 属) に属するクモ、ヒメアシナガグモ等のヒメアシナガグモ属 (*Dyschiriongnatha* 属) に属するクモ、クロゴケグモ、セアカゴケグモ、ハイイロゴケグモ及びジュウサンボシゴケグモ等のゴケグモ属 (*Latrodectus* 属) に属するクモ、及びユープロステノプス属 (*Euprosthenops* 属) に属するクモ等のアシナガグモ科 (*Tetragnathidae* 科) に属するクモが産生するクモ糸フィブロインが挙げられる。クモ糸フィブロインとしては、例えば、Ma Sp

(MaSp1及びMaSp2)、ADF (ADF3及びADF4)等の牽引系タンパク質、MiSp (MiSp1及びMiSp2)、AcSp、PySp、Flag等が挙げられる。

- [0036] クモ類が産生するクモ糸フィブロインのより具体的な例としては、例えば、
fibroin-3 (adf-3) [Araneus diadematus由来] (GenBankアクセッション番号AAC47010 (アミノ酸配列)、U47855 (塩基配列))、fibroin-4 (adf-4) [Araneus diadematus由来] (GenBankアクセッション番号AAC47011 (アミノ酸配列)、U47856 (塩基配列))、dragline silk protein spidroin 1 [Nephila clavipes由来] (GenBankアクセッション番号AAC04504 (アミノ酸配列)、U37520 (塩基配列))、major ampullate spidroin 1 [Latrodectus hesperus由来] (GenBankアクセッション番号ABR68856 (アミノ酸配列)、EF595246 (塩基配列))、dragline silk protein spidroin 2 [Nephila clavata由来] (GenBankアクセッション番号AAL32472 (アミノ酸配列)、AF441245 (塩基配列))、major ampullate spidroin 1 [Euprosthenops australis由来] (GenBankアクセッション番号CAJ00428 (アミノ酸配列)、AJ973155 (塩基配列))、及びmajor ampullate spidroin 2 [Euprosthenops australis] (GenBankアクセッション番号CAM32249.1 (アミノ酸配列)、AM490169 (塩基配列))、minor ampullate silk protein 1 [Nephila clavipes] (GenBankアクセッション番号AAC14589.1 (アミノ酸配列))、minor ampullate silk protein 2 [Nephila clavipes] (G

enBankアクセッション番号AAC14591.1（アミノ酸配列）
、minor ampullate spidroin-like protein [Nephilengys cruentata]（GenBank
アクセッション番号ABR37278.1（アミノ酸配列）等が挙げられ
る。

[0037] 天然由来のフィブロインのより具体的な例としては、更に、NCBI GenBankに配列情報が登録されているフィブロインを挙げることができる。例えば、NCBI GenBankに登録されている配列情報のうちDIVISIONとしてINVを含む配列の中から、DEFINITIONにspidroin、ampullate、fibroin、「silk及びpolypeptide」、又は「silk及びprotein」がキーワードとして記載されている配列、CDSから特定のproductの文字列、SOURCEからTISSUE TYPEに特定の文字列の記載された配列を抽出することにより確認することができる。

[0038] フィブロインは、改変フィブロインであってもよい。本明細書において「改変フィブロイン」とは、人為的に製造されたフィブロイン（人造フィブロイン）を意味する。改変フィブロインは、そのドメイン配列が、天然由来のフィブロインのアミノ酸配列とは異なるフィブロインであってもよく、天然由来のフィブロインのアミノ酸配列と同一であるフィブロインであってもよい。改変フィブロインは、式1： $[(A)_n \text{モチーフ-REP}]_m$ 、又は式2： $[(A)_n \text{モチーフ-REP}]_m - (A)_n \text{モチーフ}$ で表されるドメイン配列を含むタンパク質である。改変フィブロインは、ドメイン配列のN末端側及びC末端側のいずれか一方又は両方に更にアミノ酸配列（N末端配列及びC末端配列）が付加されていてもよい。N末端配列及びC末端配列は、これに限定されるものではないが、典型的には、フィブロインに特徴的なアミノ酸モチーフの反復を有さない領域であり、100残基程度のアミノ酸からなる。

[0039] 改変フィブロインは、天然由来のフィブロインのアミノ酸配列をそのまま利

用したものであってもよく、天然由来のフィブロインのアミノ酸配列に依拠してそのアミノ酸配列を改変したもの（例えば、クローニングした天然由来のフィブロインの遺伝子配列を改変することによりアミノ酸配列を改変したもの）であってよく、また天然由来のフィブロインに依らず人工的に設計及び合成したもの（例えば、設計したアミノ酸配列をコードする核酸を化学合成することにより所望のアミノ酸配列を有するもの）であってよい。

[0040] 本明細書において「ドメイン配列」とは、フィブロイン特有の結晶領域（典型的には、アミノ酸配列の $(A)_n$ モチーフに相当する。）と非晶領域（典型的には、アミノ酸配列のREPに相当する。）を生じるアミノ酸配列であり、式1： $[(A)_n\text{モチーフ}-REP]_m$ 、又は式2： $[(A)_n\text{モチーフ}-REP]_m-(A)_n\text{モチーフ}$ で表されるアミノ酸配列を意味する。ここで、 $(A)_n$ モチーフは、アラニン残基を主とするアミノ酸配列を示し、アミノ酸残基数は2～27である。 $(A)_n$ モチーフのアミノ酸残基数は、2～20、2～16、又は2～12の整数であってよく、また4～27、4～20、8～20、10～20、4～16、8～16、又は10～16の整数であってよい。また、 $(A)_n$ モチーフ中の全アミノ酸残基数に対するアラニン残基数の割合は40%以上であればよく、60%以上、70%以上、80%以上、83%以上、85%以上、86%以上、90%以上、95%以上、又は100%（アラニン残基のみで構成されることを意味する。）であってよい。ドメイン配列中に複数存在する $(A)_n$ モチーフは、少なくとも7つがアラニン残基のみで構成されてもよい。REPは2～200アミノ酸残基から構成されるアミノ酸配列を示す。REPは、10～200アミノ酸残基から構成されるアミノ酸配列であってよい。mは2～300の整数を示し、10～300の整数であってよい。複数存在する $(A)_n$ モチーフは、互いに同一のアミノ酸配列でもよく、異なるアミノ酸配列でもよい。複数存在するREPは、互いに同一のアミノ酸配列でもよく、異なるアミノ酸配列でもよい。各REPは、セリン残基含有量、スレオニン残基含有量及びチロシン残基含有量の合計が、5%以上、6%以上、7%以上、8%以上、9%以上、10%

以上、１１％以上、１２％以上、１３％以上、１４％以上、又は１５％以上であってよく、５０％以下、４０％以下、３０％以下、又は２０％以下であってよい。また、全てのＲＥＰにおける、セリン残基含有量、スレオニン残基含有量及びチロシン残基含有量の合計（全てのＲＥＰを一つのポリペプチドとみなしたときのセリン残基含有量、スレオニン残基含有量及びチロシン残基含有量の合計）は、５％以上、６％以上、７％以上、８％以上、９％以上、１０％以上、１１％以上、１２％以上、１３％以上、１４％以上、又は１５％以上であってよく、５０％以下、４０％以下、３０％以下、又は２０％以下であってよい。全てのＲＥＰにおける、グルタミン残基の含有量は、５％以上、６％以上、７％以上、８％以上、９％以上、１０％以上、１１％以上、１２％以上、１３％以上、１４％以上、又は１５％以上であってよく、３０％以下、又は２０％以下であってよい。ドメイン配列のアミノ酸残基数は、例えば、６～３００であってよく、６～２５０であってよく、６～２００であってよい。

[0041] 本実施形態に係る改変フィブロインは、例えば、クローニングした天然由来のフィブロインの遺伝子配列に対し、例えば、１又は複数のアミノ酸残基を置換、欠失、挿入及び／又は付加したことに相当するアミノ酸配列の改変を行うことで得ることができる。アミノ酸残基の置換、欠失、挿入及び／又は付加は、部分特異的突然変異誘発法等の当業者に周知の方法により行うことができる。具体的には、Nucleic Acid Res. 10, 6487 (1982)、Methods in Enzymology, 100, 448 (1983)等の文献に記載されている方法に準じて行うことができる。

[0042] フィブロインとしては、上記（１）又は（２）を満たすものであれば特に制限されない。フィブロインの具体例としては、例えば、下記表１に示すフィブロイン（改変フィブロイン）が挙げられる。

[0043]

[表1]

	アラニン残基 含有量(%)	グリシン残基 含有量(%)	セリン残基 含有量(%)	スレオニン残基 含有量(%)	テロシン残基 含有量(%)	グルタミン残基 含有量(%)	リジン残基 含有量(%)
PRT799(配列番号 1)	19.8	31.0	9.3	0	7.0	17.3	0.1
PRT966(配列番号 2)	19.7	31.2	9.4	0	7.1	0	0
PRT918(配列番号 3)	19.6	30.9	9.7	0	7.0	0	0
PRT313(配列番号 4)	25.7	36.0	8.9	0	6.4	8.2	0
PRT1181(配列番号 5)	25.7	28.6	8.9	0	6.4	0	0
PRT1010(配列番号 6)	18.4	29.2	9.1	0	6.6	0	5.5

- [0044] 一実施形態に係るポリペプチドは、精製されたポリペプチドであってよい。
精製されたポリペプチドは、好ましくは当該ポリペプチドのみを含むものであるが、不可避免的に混入する不純物が含まれていてもよい。
- [0045] 一実施形態に係るポリペプチドは、組換えポリペプチドであってよい。組換えポリペプチドは、遺伝子組換え技術を使用して製造されたポリペプチドを意味する。組換えポリペプチドは、食肉代用組成物の用途等に応じて、非動物由来遺伝子組換え生物から単離されたものであってよい。
- [0046] 一実施形態に係るポリペプチドは、非植物源に由来するものであってよい。
具体的には、例えば、非植物から精製されたポリペプチドであってよく、非植物から単離された遺伝子から遺伝子組換え技術を使用して製造されたポリペプチドであってよい。
- [0047] 一実施形態に係るポリペプチドは、抗菌性であってよい。具体的には、例えば、抗菌性アミノ酸配列を有するポリペプチドであってよく、抗菌性タンパク質モチーフを有するポリペプチドであってよい。従来の食肉代用組成物と比べて、長い貯蔵寿命を持たせることが可能になり、特に常温において保存若しくはで輸送され得る。
- [0048] 本実施形態に係るポリペプチドは、例えば、当該ポリペプチドを含む、又は当該ポリペプチドからなる成形体（例えば、繊維、ゲル、フィルム、多孔質体（スポンジ）、パーティクル、モールド成形体）の形態であってもよい。
従来の食肉代用組成物と比べて、本物の肉により近い質感及び官能特性を有するという本発明による効果をより顕著に発揮できることから、本実施形態に係るポリペプチドは繊維の形態（ポリペプチド繊維）であるのが好ましい。

。

- [0049] ポリペプチド繊維は、長繊維であってもよく、短繊維であってもよい。短繊維の長さは、例えば、1～20mmであってよく、1～15mmであってよく、1～10mmであってよく、1～5mmであってよい。
- [0050] ポリペプチド繊維は、フィラメント糸（マルチフィラメント、モノフィラメント等）、紡績糸、撚糸、仮撚糸、加工糸、混織糸、混紡糸等であってもよい。
- [0051] ポリペプチド繊維は、公知の紡糸方法によって製造することができる。すなわち、例えば、まず、本実施形態に係るポリペプチドをジメチルスルホキシド（DMSO）、N，N-ジメチルホルムアミド（DMF）、塩酸、ギ酸又はヘキサフルオロイソプロノール（HFIP）等の溶媒又は溶液に、溶解促進剤としての無機塩と共に添加し、溶解してドープ液を作製する。次いで、このドープ液を用いて、湿式紡糸、乾式紡糸、乾湿式紡糸又は熔融紡糸等の公知の紡糸方法により紡糸して、目的とするポリペプチド繊維を得ることができる。
- [0052] 図4は、ポリペプチド繊維を製造するための紡糸装置の一例を概略的に示す説明図である。図4に示す紡糸装置10は、乾湿式紡糸用の紡糸装置の一例であり、押出し装置1と、未延伸糸製造装置2と、湿熱延伸装置3と、乾燥装置4とを有している。
- [0053] 紡糸装置10を使用した紡糸方法を説明する。まず、貯槽7に貯蔵されたドープ液6が、ギアポンプ8により口金9から押し出される。次いで、押し出されたドープ液6は、エアギャップ19を経て、凝固液槽20の凝固液11内に供給され、溶媒が除去されて、ポリペプチドが凝固し、繊維状凝固体が形成される。次いで、繊維状凝固体が、延伸浴槽21内の温水12中に供給されて、延伸される。延伸倍率は供給ニップローラ13と引き取りニップローラ14との速度比によって決まる。その後、延伸された繊維状凝固体が、乾燥装置4に供給され、糸道22内で乾燥されて、ポリペプチド繊維36が、巻糸体5として得られる。18a～18gは糸ガイドである。

- [0054] 凝固液 11 としては、脱溶媒できる溶媒又は溶液であればよく、例えば、メタノール、エタノール及び2-プロパノール等の炭素数1～5の低級アルコール、並びにアセトン、水酸化ナトリウム、炭酸ナトリウム、炭酸水素ナトリウム等を挙げることができる。凝固液 11 は、適宜水を含んでいてもよい。凝固液 11 の温度は、0～30℃であることが好ましい。口金 9 として、直径0.1～0.6mmのノズルを有するシリンジポンプを使用する場合、押出し速度は1ホール当たり、0.2～6.0ml/時間が好ましく、1.4～4.0ml/時間であることがより好ましい。凝固したポリペプチドが凝固液 11 中を通過する距離（実質的には、糸ガイド 18a から糸ガイド 18b までの距離）は、脱溶媒が効率的に行える長さがあればよく、例えば、200～500mmである。未延伸糸の引き取り速度は、例えば、1～20m/分であってよく、1～3m/分であることが好ましい。凝固液 11 中の滞留時間は、例えば、0.01～3分であってよく、0.05～0.15分であることが好ましい。また、凝固液 11 中で延伸（前延伸）をしてもよい。凝固液槽 20 は多段設けてもよく、また延伸は必要に応じて、各段、又は特定の段で行ってもよい。
- [0055] なお、ポリペプチド繊維を得る際に実施される延伸は、例えば、上記した凝固液槽 20 内で行う前延伸、及び延伸浴槽 21 内で行う湿熱延伸の他、乾熱延伸も採用される。
- [0056] 湿熱延伸は、温水中、温水に有機溶剤等を加えた溶液中、又はスチーム加熱中で行うことができる。温度としては、例えば、50～90℃であってよく、75～85℃が好ましい。湿熱延伸では、未延伸糸（又は前延伸糸）を、例えば、1～10倍延伸することができ、2～8倍延伸することが好ましい。
- [0057] 乾熱延伸は、電気管状炉、乾熱板等を使用して行うことができる。温度としては、例えば、140℃～270℃であってよく、160℃～230℃が好ましい。乾熱延伸では、未延伸糸（又は前延伸糸）を、例えば、0.5～8倍延伸することができ、1～4倍延伸することが好ましい。

[0058] 湿熱延伸及び乾熱延伸はそれぞれ単独で行ってもよく、またこれらを多段で、又は組み合わせて行ってもよい。すなわち、一段目延伸を湿熱延伸で行い、二段目延伸を乾熱延伸で行う、又は一段目延伸を湿熱延伸行い、二段目延伸を湿熱延伸行い、更に三段目延伸を乾熱延伸で行う等、湿熱延伸及び乾熱延伸を適宜組み合わせて行うことができる。

[0059] 最終的な延伸倍率は、その下限値が、未延伸糸（又は前延伸糸）に対して、好ましくは、1 倍超、2 倍以上、3 倍以上、4 倍以上、5 倍以上、6 倍以上、7 倍以上、8 倍以上、9 倍以上のうちのいずれかであり、上限値が、好ましくは40 倍以下、30 倍以下、20 倍以下、15 倍以下、14 倍以下、13 倍以下、12 倍以下、11 倍以下、10 倍以下である。延伸糸は、より高い強度を発揮することができるため、本発明による効果をより顕著に発揮できる。

[0060] 本実施形態に係るポリペプチド繊維は、応力が0.5 gf/d 以上であってよい。応力は、0.8 gf/d 以上であるのが好ましく、1 gf/d 以上であるのがより好ましい。応力がこの範囲にあると、食肉代用組成物の製造における歩留まりがより向上するという効果が得られる。強度とは、マルチフィラメント糸の標準引張試験により求められる値である。

[0061] 本実施形態に係るポリペプチド繊維の直径が50 μm 未満であってよい。タンパク質繊維の直径は、例えば、45 μm 未満又は40 μm 未満であることが好ましく、35 μm 以下、32 μm 以下又は30 μm 以下であることがより好ましく、15 μm 以下又は10 μm 以下であることが更に好ましい。直径がより小さいタンパク質繊維を用いることによって、本物らしさがより優れたものとなり、本物により近い口当たりと質感が得られる。タンパク質繊維の直径は、例えば、5 μm 以上、10 μm 以上、15 μm 以上、18 μm 以上、20 μm 以上、22 μm 以上、25 μm 以上、30 μm 以上、32 μm 以上、35 μm 以上、40 μm 以上、又は45 μm 以上であってよい。タンパク質繊維の直径は、例えば、5～50 μm 、10～50 μm 、15～50 μm 、5～45 μm 、5～40 μm 、5～35 μm 、5～32 μm 、5～

50 μm 、10～45 μm 、10～40 μm 、10～35 μm 、10～32 μm 、10～30 μm であってよい。

- [0062] 本実施形態に係るポリペプチドはモールド成形体の形態（ポリペプチド樹脂）であってもよい。ポリペプチドモールド成形体を用いることによって、本物の骨付き肉を再現することができる。
- [0063] 本実施形態に係る食肉代用組成物は、上述したポリペプチドを1種単独で含有するものであってもよく、2種以上を含有するものであってもよい。
- [0064] 本実施形態に係る食肉代用組成物は、上述したポリペプチド以外のタンパク質成分を含むものであってよい。当該タンパク質成分としては、従来の食肉代用組成物に使用されている非動物源に由来するタンパク質成分であることが好ましく、具体的には例えば、大豆、エンドウ豆、小麦、オート麦、ライ麦、大麦、カノーラ、ヒマワリ、モロコシ、米、アマランス、ジャガイモ、タピオカ、クズウコン、カンナ、ルピナス、菜種、藻類、可食性糸状菌及びこれらの混合物等の非動物源に由来するタンパク質が挙げられる。
- [0065] 本実施形態に係る食肉代用組成物におけるポリペプチドの含有量は、食肉代用組成物全量を基準として、例えば、0.1重量%以上であってよく、0.2重量%以上であってよく、0.3重量%以上であってよく、0.4重量%以上であってよく、0.5重量%以上であってよく、0.6重量%以上であってよく、0.7重量%以上であってよく、0.8重量%以上であってよく、0.9重量%以上であってよく、1重量%以上であってよく、1.5重量%以上であってよく、2重量%以上であってよく、2.5重量%以上であってよく、3重量%以上であってよく、3.5重量%以上であってよく、4重量%以上であってよく、4.5重量%以上であってよく、5重量%以上であってよく、10重量%以上であってよく、15重量%以上であってよく、20重量%以上であってよく、30重量%以上であってよく、40重量%以上であってよく、50重量%以上であってよい。本実施形態に係る食肉代用組成物におけるポリペプチドの含有量は、食肉代用組成物全量を基準として、例えば、90重量%以下であってよく、80重量%以下であってよく、70

重量%以下であってよく、60重量%以下であってよく、50重量%以下であってよく、40重量%以下であってよく、30重量%以下であってよく、20重量%以下であってよく、15重量%以下であってよく、10重量%以下であってよく、5重量%以下であってよく、4.5重量%以下であってよく、4重量%以下であってよく、3.5重量%以下であってよく、3重量%以下であってよく、2.5重量%以下であってよく、2重量%以下であってよく、1.5重量%以下であってよく、1重量%以下であってよく、0.9重量%以下であってよく、0.8重量%以下であってよく、0.7重量%以下であってよく、0.6重量%以下であってよく、0.5重量%以下であってよく、0.4重量%以下であってよく、0.3重量%以下であってよく、0.2重量%以下であってよい。本実施形態に係る食肉代用組成物におけるポリペプチドの含有量は、食肉代用組成物全量を基準として、例えば、0.1~10重量%であってよく、0.2~10重量%であってよく、0.3~10重量%であってよく、0.4~10重量%であってよく、0.5~10重量%であってよく、0.6~10重量%であってよく、0.7~10重量%であってよく、0.8~10重量%であってよく、0.9~10重量%であってよく、1~10重量%であってよく、0.1~9重量%であってよく、0.1~8重量%であってよく、0.1~7重量%であってよく、0.1~6重量%であってよく、0.1~5重量%であってよく、0.5~9重量%であってよく、0.5~8重量%であってよく、0.5~7重量%であってよく、0.5~6重量%であってよく、0.5~5重量%であってよく、1~9重量%であってよく、1~8重量%であってよく、1~7重量%であってよく、1~6重量%であってよく、1~5重量%であってよく、1~4重量%であってよく、1.5~10重量%であってよく、1.5~9重量%であってよく、1.5~8重量%であってよく、1.5~7重量%であってよく、1.5~6重量%であってよく、1.5~5重量%であってよく、2~10重量%であってよく、2~9重量%であってよく、2~8重量%であってよく、2~7重量%であってよく、2~6重量%であってよく、2~5

重量%であってよく、3～10重量%であってよく、3～9重量%であってよく、3～8重量%であってよく、3～7重量%であってよく、3～6重量%であってよく、3～5重量%であってよい。

[0066] 本実施形態に係る食肉代用組成物におけるポリペプチドの含有量は、食肉代用組成物全量を基準として、例えば、0.1体積%以上であってよく、0.2体積%以上であってよく、0.3体積%以上であってよく、0.4体積%以上であってよく、0.5体積%以上であってよく、0.6体積%以上であってよく、0.7体積%以上であってよく、0.8体積%以上であってよく、0.9体積%以上であってよく、1体積%以上であってよく、1.5体積%以上であってよく、2体積%以上であってよく、2.5体積%以上であってよく、3体積%以上であってよく、3.5体積%以上であってよく、4体積%以上であってよく、4.5体積%以上であってよく、5体積%以上であってよく、10体積%以上であってよく、15体積%以上であってよく、20体積%以上であってよく、30体積%以上であってよく、40体積%以上であってよく、50体積%以上であってよい。本実施形態に係る食肉代用組成物におけるポリペプチドの含有量は、食肉代用組成物全量を基準として、例えば、90体積%以下であってよく、80体積%以下であってよく、70体積%以下であってよく、60体積%以下であってよく、50体積%以下であってよく、40体積%以下であってよく、30体積%以下であってよく、20体積%以下であってよく、15体積%以下であってよく、10体積%以下であってよく、5体積%以下であってよく、4.5体積%以下であってよく、4体積%以下であってよく、3.5体積%以下であってよく、3体積%以下であってよく、2.5体積%以下であってよく、2体積%以下であってよく、1.5体積%以下であってよく、1体積%以下であってよく、0.5体積%以下であってよい。本実施形態に係る食肉代用組成物におけるポリペプチドの含有量は、食肉代用組成物全量を基準として、例えば、0.1～10体積%であってよく、0.5～10体積%であってよく、1～10体積%であってよく、1.5～10体積%であってよく、2.5～

10体積%であってよく、0.1～5体積%であってよく、0.1～4体積%であってよく、0.1～3体積%であってよく、0.1～2.5体積%であってよく、5～10体積%であってよく、0.5～8体積%であってよく、0.5～5体積%であってよく、0.5～4体積%であってよく、0.5～3.5体積%であってよく、0.5～3体積%であってよく、1～8体積%であってよく、1～5体積%であってよく、1.5～5体積%であってよく、2.5～5体積%であってよく、3～8体積%であってよく、0.5～2.5体積%であってよい。

[0067] 本実施形態に係る食肉代用組成物におけるポリペプチドの含有量は、食肉代用組成物に含まれるタンパク質成分の総量を基準として、例えば、10重量%以上であってよく、20重量%以上であってよく、30重量%以上であってよく、40重量%以上であってよく、50重量%以上であってよい。本実施形態に係る食肉代用組成物におけるポリペプチドの含有量は、食肉代用組成物に含まれるタンパク質成分の総量を基準として、例えば、90重量%以下であってよく、80重量%以下であってよく、70重量%以下であってよく、60重量%以下であってよく、50重量%以下であってよく、40重量%以下であってよく、30重量%以下であってよく、20重量%以下であってよい。

[0068] 本実施形態に係る食肉代用組成物におけるタンパク質成分の含有量は、食肉代用組成物全量を基準として、例えば、0.5重量%以上であってよく、1重量%以上であってよく、2重量%以上であってよく、3重量%以上であってよく、4重量%以上であってよく、5重量%以上であってよく、6重量%以上であってよく、7重量%以上であってよく、8重量%以上であってよく、9重量%以上であってよく、10重量%以上であってよく、20重量%以上であってよく、30重量%以上であってよく、40重量%以上であってよく、50重量%以上であってよい。本実施形態に係る食肉代用組成物におけるタンパク質成分の含有量は、食肉代用組成物全量を基準として、例えば、90重量%以下であってよく、80重量%以下であってよく、70重量%以下

であってよく、60重量%以下であってよく、50重量%以下であってよく、40重量%以下であってよく、30重量%以下であってよく、20重量%以下であってよく、10重量%以下であってよい。

[0069] 本実施形態に係る食肉代用組成物は、例えば、水、植物油、糖類、塩類、ミネラル、着色料、抗酸化剤、増粘安定剤、食物繊維、香料、食用架橋結合剤等を含んでいてもよい。

[0070] 植物油としては、例えば、コーン油、オリーブ油、ダイズ油、ピーナッツ油、アーモンド油、ゴマ油、綿実油、ナタネ油、キャノーラ油、ベニバナ油、ヒマワリ油、亜麻仁油、パーム油、クルミ油、藻類の油、ココナツオイル、シアバター、マンゴーバター、ココアバター、コムギ胚芽油、米糠油、又は細菌、藻類、古細菌若しくは真菌若しくは遺伝子改変された細菌、藻類、古細菌若しくは真菌により産生される油等が挙げられる。糖類としては、例えば、オリゴ糖、糖及びクズウコン、コーンスターチ、カタクリデンプン、ジャガイモデンプン、サゴ、タピオカ等の植物由来のデンプンが挙げられる。塩類としては、例えば、塩化ナトリウム、塩化カリウム、グルタミン酸塩（例えば、グルタミン酸モノナトリウム）、グリシン塩、グアニル酸塩、イノシン酸塩、及び5'-リボヌクレオチド塩が挙げられる。ミネラルとしては、例えば、アルミニウム、アンモニウム、カルシウム、マグネシウム、及びカリウムの塩が挙げられる。抗酸化剤としては、天然のものであっても、又は合成のものであってもよく、例えば、着色された植物性タンパク質の酸化による変色を防止し得るものが挙げられる。増粘安定剤としては、例えば、アルギン酸及びその塩、寒天、カラギーナン及びその塩、加工ユーケマ藻類、ガム（カロブビーン、グアー、トラガカント、及びキサンタン）、ペクチン、及びナトリウムカルボキシメチルセルロースが挙げられる。食物繊維としては、例えば、大豆繊維及びグルテンフィラメントが挙げられる。香料としては、例えば、香辛料抽出物、香辛料油、天然燻煙液、天然燻煙抽出物、酵母抽出物、椎茸抽出物、並びにオニオンフレーバー、ガーリックフレーバー、及びハーブフレーバー等の香味剤が挙げられる。食用架橋結合剤として

は、例えば、フィラメント形成を促進し得るものが挙げられ、具体的には、コンニャクグルコマンナン（KGM）粉、トランスグルタミナーゼ等の食用架橋結合剤、Pureglucan（登録商標，Takeda製）等のβグルカン、カルシウム塩、及びマグネシウム塩等が挙げられる。

[0071] 本実施形態に係る食肉代用組成物は、本発明に係るポリペプチドを添加すること以外は、常法に従って得ることができる。本実施形態に係る食肉代用組成物は、例えば、本発明に係るポリペプチドと、必要に応じて上述した各種成分とを均一に混合し、所望の形状に成形することで得ることができる。また、本実施形態に係る食肉代用組成物は、例えば、本発明に係るポリペプチド以外の上述した各種成分を均一に混合した後、当該混合物に本発明に係るポリペプチドを添加して均一に混合し、所望の形状に成形することで得ることもできる。さらに、本実施形態に係る食肉代用組成物は、本発明に係るポリペプチドが繊維の形態である場合、例えば、本発明に係るポリペプチド以外の上述した各種成分を均一に混合した後、当該混合物にステッチング、ウィーピング、ブレイディング、ニッティング、ニードルパンチング等の処理を経て、所望の形状に成形することで得ることもできる。

[0072] 本発明はまた、本発明に係る食肉代用組成物又はその加工物を含む、人工肉製品にも関する。食肉代用組成物の加工物としては、例えば、加熱処理した食肉代用組成物、調味した食肉代用組成物、必要に応じて他の具材と共に調理した食肉代用組成物（調理済み品、半調理済み品を含む。）が挙げられる。食肉代用組成物は、ヒト又は動物のいずれかの食用として様々な食品に加工され得る。例えば、最終製品は、挽肉製品、ステーキ製品、サーロインティップ製品、ケバブ製品、細断製品、角切り肉製品、又はナゲット製品を模造するヒトの食用としての食肉代用組成物であり得る。前述の製品のいずれも、トレイに載せられて、包装物で覆われるか、真空包装されるか、レトルト用の缶若しくは袋に入れられるか、又は凍結される。

[0073] 本発明はさらに、本発明に係る食肉代用組成物又は人工肉製品を調理する工程を備える、人工肉料理の製造方法にも関する。食肉代用組成物又は人工肉

製品の調理は、常法に従って実施することができる。

実施例

[0074] 以下、試験例に基づいて本発明をより具体的に説明する。ただし、本発明は以下の試験例に限定されるものではない。

[0075] 〔試験例 1：食肉代用組成物の調製及び評価〕＜比較例 1＞ 市販のテキスチャード・ベジタブル・プロテイン（TVP, Bob's Red Mill 製）に、表 2 に記載の各成分を表 2 に示す重量百分率（最終的に得られた比較例 1 の食肉代用組成物全体に対する重量百分率）となるように添加し、均一に混合した。混合後、家庭用の電子レンジを用いて、700W、2 分間加熱した。室温まで放冷した後、蒸発液量に等しい量の水（7 g）を添加した。

[0076] [表2]

成分	メーカー	全体に対する重量百分率 (%)
水	-	33.5%
ビートジュース	Biotta	13.4%
ビーフコンソメ	Edward & Sons	1.6%
イーストフレークス	KAL	2.1%
上白糖	日本製菓製糖(株)	2.1%
微量ミネラル点添剤(鉄)	Trace Minerals Research	1.1%
食塩	味の素(株)	1.1%

[0077] 次に、上記で得た混合物に、表 3 に記載の各成分を表 3 に示す重量百分率（最終的に得られた比較例 1 の食肉代用組成物全体に対する重量百分率）となるように添加し、均一に混合した。

[表3]

成分	メーカー	全体に対する重量百分率 (%)
片栗粉	日清製粉グループ	2.1%
ジャガイモプロテインアイソレート	Xi'an Shearwater Biological Technology	2.1%
大豆プロテインアイソレート	Now Foods	1.1%

[0078] 得られた混合物に、表 4 に記載の各成分を表 4 に示す重量百分率（最終的に得られた比較例 1 の食肉代用組成物全体に対する重量百分率）となるように添加し、均一に混合した。以上のプロセスより、比較例 1 の食肉代用組成物を得た。

[表4]

成分	メーカー	全体に対する重量百分率(%)
サラダオイル	日清オイリオグループ	2.4%
オリーブオイル	日清オイリオグループ	3.2%
食物繊維セルロース粉末	Nutricology	2.1%
ココナッツオイル	California Gold Nutrition	7.5%

[0079] 比較例1の食肉代用組成物60gを手に取り、ハンバーグのタネの形状に成形し、フライパンを使用して加熱調理して官能評価に供した。

[0080] <比較例2> 比較例1の食肉代用組成物60gを約3gのサラダオイルと混合して、比較例2の食肉代用組成物を得た。これを手に取り、ハンバーグのタネの形状に成形し、フライパンを使用して加熱調理して官能評価に供した。

[0081] <実施例1> 小型整経機（SW550, CCI TECH INC. 製）を用いて、シルクボビン（カイコ由来）から長さ3.6mの長繊維数百本を得た。得られた長繊維を、卓上型強力繊維切断機（NP-300, INTEC CO. LTD. 製）を使用して切断し、長さ3mmのシルク短繊維（約100g）を得た。

[0082] 比較例1の食肉代用組成物60gと、上記で得たシルク短繊維約3gを混合して、実施例1の食肉代用組成物を得た。これを手に取り、ハンバーグのタネの形状に成形し、フライパンを使用して加熱調理して官能評価に供した。

[0083] <実施例2> 実施例1で得られたシルク短繊維約3gを80℃超の熱湯に1分間浸漬した後、ろ過した。ろ過後、シルク短繊維に約10gのサラダオイルを加えて均一に分散させた。比較例1の食肉代用組成物60gと、得られたシルク短繊維の分散液を混合して、実施例2の食肉代用組成物を得た。これを手に取り、ハンバーグのタネの形状に成形し、フライパンを使用して加熱調理して官能評価に供した。

[0084] （官能評価） 比較例1～2及び実施例1～2の食肉代用組成物を調理して得たハンバーグについて、外観、旨さ、芳香（香り）及び食感を官能評価した。官能評価は、パネル1名により実施し、各項目とも評点1～4の4段階

(1 : 悪い、2 : 普通、3 : やや良い、4 : 良い) で評価した。結果を表5
に示す。

[0085] [表5]

	外観	旨さ	芳香	食感	フリーコメント(良かったところ)	フリーコメント(良くないところ)
比較例1	1	1	1	1	・特になし。	・ハンバーグの形がポロポロでまとまりがない。 ・食感もポロポロと崩れる。 ・お肉らしさを感じない。
比較例2	1	1	1	2	・サラダ油によってジューシーな感じになり、比較例1のポロポロ感が少し改善された。 ・油が増えたことで味や香りが少しお肉に近づいた。 ・繊維が結合組織の役割となり、お肉にまとまりが出た。その結果、食感が少しだけお肉に近づいた。 ・繊維はよく分散しており、口の中では繊維の存在をほとんど感じることはなかった。	・少し改善されたものの、まだポロポロ感がある。 ・お肉本来の柔らかさは感じない。
実施例1	3	3	2	3	・繊維が結合組織の役割となり、さらにお肉にまとまりが出た。その結果、見た目や食感がかなりお肉に近づいた。 ・繊維が油を吸収しており、肉全体に柔らかさを感じた。 ・油の香りがお肉らしさを出していた。	・繊維がまとまっていている箇所があり、たまに噛みきれない繊維が存在した。

[0086] 図1～3に、比較例1～2及び実施例1～2のハンバーグの写真を示した。

[0087] 比較例1及び比較例2のハンバーグの外観（質感含む。）は類似していたが、比較例2のハンバーグは、サラダオイルの添加により、食肉の香りが少し強くなった。

[0088] 実施例1のハンバーグは、シルク短繊維を添加したことにより、肉の形を保持できており、外観が改善した。また「肉のような筋」の食感を感じることができた。一方、添加したシルク短繊維が表面に浮き出っていた（図1等）。

(1：悪い、2：普通、3：やや良い、4：良い)で評価した。結果を表5に示す。

[0085] [表5]

	外観	味	食感	香り	総合評価	備考
比較例1	1	1	1	1	1	ハンバーグの断面が崩れて肉が露出している。 食感も肉が口で崩れる。 臭気は、臭い。
比較例2	1	1	1	1	2	ハンバーグの断面が崩れて肉が露出している。 食感も肉が口で崩れる。 臭気は、臭い。
実施例1	3	3	3	2	3	ハンバーグの断面が崩れて肉が露出している。 食感も肉が口で崩れる。 臭気は、臭い。
実施例2	4	4	4	2	4	ハンバーグの断面が崩れて肉が露出している。 食感も肉が口で崩れる。 臭気は、臭い。

[0086] 図1～3に、比較例1～2及び実施例1～2のハンバーグの写真を示した。

[0087] 比較例1及び比較例2のハンバーグの外観（質感含む。）は類似していたが、比較例2のハンバーグは、サラダオイルの添加により、食肉の香りが少し強くなった。

[0088] 実施例1のハンバーグは、シルク短繊維を添加したことにより、肉の形を保持できており、外観が改善した。また「肉のような筋」の食感を感じることができた。一方、添加したシルク短繊維が表面に浮き出っていた（図1等）。

[0089] 実施例2のハンバーグは、ハンバーグの形が崩れることなく、程良い焼き面を付けることができおり（図2等）、外観が顕著に改善した。また、シルク短繊維が結合組織の役割を果たし、比較例2及び実施例1と比べて、さらに肉にまとまりが出た。その結果、見た目や食感がかなり肉に近づいた。また、シルク短繊維が油を吸収しており、肉全体に柔らかさを感じた。油の香りがお肉らしさを出していた。

[0090] 「試験例2：食肉代用組成物の調製及び評価」＜実施例3＞ ネフィラ・クラベス（*Nephila clavipes*）由来のフィブロイン（GenBankアクセッション番号：P46804.1、GI：1174415）の塩基配列及びアミノ酸配列をGenBankのウェブデータベースより取得した後、生産性の向上を目的としてアミノ酸残基の置換、挿入及び欠失を施し、さらにN末端にタグ配列及びヒンジ配列を付加して、配列番号1で示されるアミノ酸配列を有する組換えフィブロイン（以下、「PRT799」ともいう。）を設計した。

[0091] 設計した組換えフィブロインをコードする核酸をそれぞれ合成した。当該核酸には、5'末端にNdeIサイト、終止コドン下流にEcoRIサイトを付加した。この核酸をクローニングベクター（pUC118）にクローニングした後、同核酸をNdeI及びEcoRIで制限酵素処理して切り出した後、タンパク質発現ベクターpET-22b（+）に組換えて発現ベクターを得た。

[0092] 得られた発現ベクターで、大腸菌BLR（DE3）を形質転換した。当該形質転換大腸菌を、アンピシリンを含む2mLのLB培地で15時間培養した。当該培養液を、アンピシリンを含む100mLのシード培養用培地（表6）にOD₆₀₀が0.005となるように添加した。培養液温度を30℃に保ち、OD₆₀₀が5になるまでフラスコ培養を行い（約15時間）、シード培養液を得た。

[0093]

[表6]

シード培養用培地	
試薬	濃度 (g/L)
グルコース	5.0
KH ₂ PO ₄	4.0
K ₂ HPO ₄	9.3
Yeast Extract	6.0
アンピシリン	0.1

[0094] 当該シード培養液を500mLの生産培地（表7）を添加したジャーフェンターにOD₆₀₀が0.05となるように添加した。培養液温度を37℃に保ち、pH6.9で一定に制御して培養した。また培養液中の溶存酸素濃度を、溶存酸素飽和濃度の20%に維持した。

[0095] [表7]

生産培地	
試薬	濃度 (g/L)
グルコース	12.0
KH ₂ PO ₄	9.9
MgSO ₄ ·7H ₂ O	2.4
Yeast Extract	15
FeSO ₄ ·7H ₂ O	0.04
MnSO ₄ ·5H ₂ O	0.04
CaCl ₂ ·2H ₂ O	0.04
アデカノール（アデカ、LG-295S）	5.1 (mL/L)

[0096] 生産培地中のグルコースが完全に消費された直後に、フィード液（グルコース455g/L、Yeast Extract 120g/L）を1mL/分の速度で添加した。培養液温度を37℃に保ち、pH6.7で一定に制御して培養した。また培養液中の溶存酸素濃度を、溶存酸素飽和濃度の20%に維持するようにし、20時間培養を行った。

[0097] その後、1Mのイソプロピルーβ-チオガラクトピラノシド（IPTG）水溶液を培養液に対して終濃度1mMになるよう添加し、目的とする組換えフィブロインを発現誘導させた。IPTG添加後20時間経過した時点で、培養液を遠心分離し、菌体を回収した。IPTG添加前とIPTG添加後の培養液から調製した菌体を用いてSDS-PAGEを行い、IPTG添加に依存した目的とする組換えフィブロインに相当するサイズのバンドの出現により、目的とする組換えフィブロインの発現を確認した。

[0098] IPTGを添加してから24時間後に回収した菌体を20mM Tris-HCl緩衝液（pH7.4）で洗浄した。洗浄後の菌体を約1mMのフェニルメチルスルホニルフルオリド（PMSF）を含む20mM Tris-H

CI緩衝液（pH7.4）に懸濁させ、高圧ホモジナイザー（の「Panda Plus 2000, GEA Niro Saovi社製）を用いて菌体を繰り返し3回破碎した。破碎した細胞を遠心分離機（Model 7000, クボタ社製）で遠心分離（11,000g、10分、室温）し、沈殿物を得た。得られた沈殿物を、高純度になるまで20mM Tris-HCl緩衝液（pH7.4）、又は3% SDS緩衝液（pH3.0）で洗浄した。洗浄後の沈殿物を100mg/mLの濃度になるように8M グアニジン緩衝液（8M グアニジン塩酸塩、10mM リン酸二水素ナトリウム、20mM NaCl、1mM Tris-HCl、pH7.0）で懸濁し、60℃で30分間、スターラーで攪拌し、溶解させた。溶解後、透析チューブ（三光純薬株式会社製のセルロースチューブ36/32）を用いて水で透析を行った。透析後に得られた白色の凝集タンパク質を遠心分離により回収し、凍結乾燥機で水分を除き、組換えフィブロインの凍結乾燥粉末を得た。

[0099] 上記で得られた組換えフィブロインの凍結乾燥粉末を用いて、紡糸液（ドープ液）を調製した。凍結乾燥粉末の濃度が24質量%になるように、凍結乾燥粉末に99%ギ酸を添加した。ローテーターで14時間溶解した後、ゴミと泡を取り除いた。これを紡糸液（ドープ液）とした。

[0100] 図4に示す紡糸装置を使用し、窒素エアポンプでドープ液を、凝固液（メタノール）へ吐出させた。湿式紡糸の条件は下記に示すとおりとした。これにより、組換えフィブロイン繊維を得た。＜湿式紡糸条件＞ ドープ液 温度：25℃ 凝固液（メタノール）1 温度：5℃ 凝固液（メタノール）2 温度：25℃ 水浴延伸槽 温度：25℃ ホットローラー（HR） 温度：60℃

[0101] 小型整経機（SW550, CCI TECH INC. 製）を用いて、ボビン（組換えフィブロイン由来）から長さ3.6mの長繊維数百本を得た。得られた長繊維を、卓上型強力繊維切断機（NP-300, INTEC CO. LTD. 製）を使用して切断し、長さ2mmの組換えフィブロイン短繊維（約100g）を得た。

- [0102] 得られた組換えフィブロイン短繊維を重曹水に10分間分散して処理した後、ろ過した。その後、組換えフィブロイン短繊維をイオン交換水で数回洗浄した。
- [0103] 比較例1の食肉代用組成物60gと、サラダオイル約3gと、洗浄した組換えフィブロイン短繊維0.6gを混合して、実施例3の食肉代用組成物を得た。これを手に取り、ハンバーグのタネの形状に成形し、フライパンを使用して加熱調理して官能評価に供した。
- [0104] <実施例4> 洗浄した組換えフィブロイン短繊維の混合量を0.6gから3gに変更したこと以外は、実施例3と同様の方法で、実施例4の食肉代用組成物を得た。これを手に取り、ハンバーグのタネの形状に成形し、フライパンを使用して加熱調理して官能評価に供した。
- [0105] <比較例3> 試験例1の比較例2と同様の方法で、比較例3の食肉代用組成物を得た。これを手に取り、ハンバーグのタネの形状に成形し、フライパンを使用して加熱調理して官能評価に供した。
- [0106] <比較例4> 比較例3の食肉代用組成物を手に取り、ハンバーグのタネの形状に成形し、フライパンを使用して、実施例3～4及び比較例3よりも長時間（2倍の時間）加熱調理して官能評価に供した。
- [0107] （官能評価） 比較例3～4及び実施例3～4のハンバーグについて、外観、旨さ、芳香、食感及び総合評価（総合的な肉らしさ）を官能評価した。官能評価は、パネル2名により実施し、各項目とも評点1～4の4段階（1：悪い、2：普通、3：やや良い、4：良い）で評価した。結果を表8に示す。

[0108] [表8]

パネル2名の評点の平均	外観	旨さ	芳香	食感	総合評価
比較例3	2.0	2.0	2.0	1.5	2.0
比較例4	2.0	2.5	2.5	2.0	2.5
実施例3	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0
実施例4	3.0	4.0	3.5	3.5	3.5

- [0109] 図5～6に、比較例3～4及び実施例3～4のハンバーグの写真を示した。

- [0110] 実施例3～4のハンバーグは、組換えフィブロイン繊維を添加したことにより、外観と全体の形を保ち、焼け目の割れがなかった。また、驚くべきことに、比較例3及び実施例3～4のハンバーグは、加熱調理時間が同じであるにも関わらず、表面の焼け目の差が観察された（図5）。比較例4のハンバーグは、比較例3及び実施例3～4のハンバーグよりも2倍の調理時間をかけたにも関わらず、実施例4のハンバーグのような焼け目を付けることができなかった（図6）。実施例3～4のハンバーグは、比較例3～4のハンバーグと比べて、食感が向上し、調理した時も崩れにくかった。
- [0111] 実施例3～4のハンバーグの味については、比較例3のハンバーグで感じられた原料の粉末感が消え、更に「肉のような筋」が感じられる一方で、最後の繊維感を感じられなかった。また、実施例3～4のハンバーグは、比較例3のハンバーグとは違うお肉らしい味を感じた。実施例3～4のハンバーグは、実施例3のハンバーグと評価が類似していたが、表面に組換えフィブロイン短繊維の浮き出しは見られなかった。
- [0112] 組換えフィブロイン短繊維を5重量%添加した実施例4のハンバーグは、より風味豊かで、無傷で（表面に割れ目がなく）、粉っぽい食感が少なかった。
- [0113] 〔試験例3：食肉代用組成物の調製及び評価〕＜材料＞（食肉原料及び食肉代用組成物原料） 食肉原料又は食肉代用組成物原料として、豚肉の挽肉、及びOmniPork（OmniFoods社製）の2種類を用意した。
OmniPork成分リスト：水、タンパク質ブレンド（大豆タンパク質濃縮物、大豆タンパク質分離物、シイタケ発酵エンドウ豆&米タンパク質）、増粘剤（メチルセルロース、マルトデキストリン）、酵母エキス、パーム油、ポテトスターチ、サトウキビ糖、塩、天然フレーバー（キャノーラとひまわり油）、大麦麦芽エキス、着色料（ビートレッド）、デキストロース、固結防止剤（二酸化ケイ素）。
- [0114] （ポリペプチド繊維）実施例3で得られた人工フィブロインPRT799の凍結乾燥粉末を、濃度31質量%となるように、ギ酸（株式会社朝日化学社

製)に添加した後、80℃で溶解させた。その後、ゴミと泡を取り除き、紡糸液1(ドープ液1)とした。

[0115] 疎水度の向上を目的として、配列番号1で示されるアミノ酸配列中のQQを全てVFに置換し、かつ残りのQをIに置換したものを設計した(配列番号2で示されるアミノ酸配列PRT966)。

[0116] 実施例3と同様に得られた組換えフィブロインPRT966の凍結乾燥粉末を用いて、紡糸液を調製した。凍結乾燥粉末の濃度が26質量%になるように、凍結乾燥粉末に99%ギ酸を添加した。40℃で溶解した後、ゴミと泡を取り除いた。これを紡糸液2(ドープ液2)とした。

[0117] 同様に、上記で得られた組換えフィブロインPRT966の凍結乾燥粉末を、濃度30質量%となるように、ギ酸に添加した後、40℃で溶解させた。その後、ゴミと泡を取り除き、紡糸液3(ドープ液3)とした。

[0118] 調製したドープ液1、ドープ液2又はドープ液3をリザーブタンクに充填した。不活性ガス(窒素)を用いて、内径0.20mmの孔径のニードルから紡糸液を吐出し、凝固液(メタノール)槽中へ吐出させた。タンパク質が凝固し、メタノール洗浄浴、水洗浄浴で順次洗浄及び延伸した後、乾熱板を用いて乾燥させ、組換えフィブロイン繊維(原糸)1~3を得た。湿式紡糸の条件は以下のとおりである。吐出圧:0.5bar延伸倍率:5~7倍凝固浴液の温度:5~20℃乾燥温度:60℃

[0119] 物性測定光学顕微鏡を用いて繊維の直径を求めた。温度:20℃、相対湿度:60%RHの雰囲気温度で、引張り試験機(島津社製小型卓上試験機EZ-S)を用いて、タンパク質繊維の応力及び伸度を測定し、タフネスを算出した。サンプルは厚紙で型枠を作製したものに貼り付け、つかみ具間距離は20mm、引張り速度は10mm/minで行った。ロードセル容量1N、つかみ治具はクリップ式とした。タフネスは、以下の式に基づいて算出した。 $[E / (r^2 \times \pi \times L) \times 1000]$ (単位: MJ/m³)但し、E 破壊エネルギー(単位: J) r 繊維の半径(単位: mm) π 円周率 L 引張り試験測定時のつかみ具間距離: 20mm得られた各組換えフィブロイ

ン繊維の応力、

伸度及び繊維径を評価し、組換えフィブロイン繊維 1 の物性値を 100%とし、それぞれの測定値を換算し、結果を表 9 に示す。同様に、市販の大豆繊維及び天然由来のシルク繊維の応力、伸度及び繊維径も評価し、結果を表 9 に示す。

[0120] [表9]

	応力 (%)	応力の標準 偏差 (%)	ひずみ (%)	ひずみの標準 偏差 (%)	繊維径 (μm)
組換えフィブロイン繊維	100	7.3	100	11.2	26.9
組換えフィブロイン繊維	153	8.2	62	15.4	10.7
組換えフィブロイン繊維	117	8.6	192	23.4	28.7
大豆繊維	253	25.6	54	26.3	13.9
天然由来シルク繊維	310	30	58.4	32.6	11.9

[0121] 上記長繊維を卓上型強力繊維切断機 (NP-300, INTEC CO. LTD. 製) により、長繊維を 3 mm の長さに切断され、約 20 g の 3 mm 組換えフィブロイン短繊維 1~3 を得た。

[0122] (ハンバーグのタネの調製) 表 10 に示すように、食肉原料又は食肉代用組成物にそれぞれ得られた短繊維添加し (実施例 5~8、比較例 5~8)、数分間こねて、繊維を均一に分散させた。100g の食肉代用組成物を取り、直径 9 cm、厚さ 1.8 cm の円形モールドに入れて、ハンバーグのタネの形状に成形し、蓋をして 4℃ で保管した。

[0123] (ハンバーグの調理及び評価) 16 時間後、電気グリルを 180℃ に設定し、クッキングシートを使用してハンバーグのタネを片面 7 分ずつ加熱調理した。

[0124]

[表10]

	食肉原料又は食肉代用組成物	食肉原料又は食肉代用組成物の含有量（重量％）	短繊維	短繊維の含有量（重量％）
比較例 5	豚肉の挽肉	100	-	-
比較例 6	Omni Por k	100	-	-
比較例 7	Omni Por k	99	大豆繊維	1
比較例 8	Omni Por k	99	天然由来シルク繊維	1
実施例 5	Omni Por k	99	組換えフィブロイン繊維 1	1
実施例 6	Omni Por k	99	組換えフィブロイン繊維 2	1
実施例 7	Omni Por k	99	組換えフィブロイン繊維 3	1
実施例 8	Omni Por k	95	組換えフィブロイン繊維 2	5

[0125] 調理プロセスに発生した外観（ハンバーグの直径）の変化を評価し、比較例 6 の変化率を 100% とし、それぞれの測定値を換算し、結果を図 7 に示す。調理前後のハンバーグの直径の変化は、次の式で計算された。直径の減少率（%）＝ $\left[\left(\text{生タネの直径} \right) - \left(\text{調理後の直径} \right) \right] / \left(\text{生タネの直径} \right) \times 100\%$

[0126] 食肉原料を用いる場合（比較例 5）、調理中、動物肉のタンパク質は変性し、急激に収縮した。食肉代用組成物にあるテクスチャ化された植物性タンパク質はすでに変性されたタンパク質であるため、食肉代用組成物を用いる場合（比較例 6）、調理プロセス中に収縮する現象が顕著ではなかった。食肉代用組成物に 1 重量％のタンパク質繊維を添加しても、直径の減少が見られなかったが、5 重量％の組換えフィブロイン繊維 2 を添加すること（実施例 8）によって、ハンバーグの直径の減少率が増加され、調理する際に、より本物らしい外観変化を示した。

[0127] 〔試験例 4：食肉代用組成物の調製及び評価〕（ハンバーグのタネの調製、調理及び評価） 表 11 に示すように、食肉原料又は食肉代用組成物に上記でそれぞれ得られた短繊維添加し（実施例 9～13、比較例 9～12）、上記試験例 3 のようにハンバーグのタネを作成し、加熱調理して、4℃、相対湿度 60% で保管し、テクスチャプロファイル分析に供した。

[0128]

[表11]

	食料原料又は食料 代用組成物	食料原料又は食料 代用組成物の含有量 (体積%)	短繊維	短繊維の含有 量(体積%)
比較例 9	豚肉の挽肉	100	—	—
比較例 10	Omni Pork	100	—	—
比較例 11	Omni Pork	98.5	大豆繊維	1.5
比較例 12	Omni Pork	98.5	天然由来シルク繊維	1.5
実施例 9	Omni Pork	98.5	短繊維フイ ロイン繊維 1	1.5
実施例 10	Omni Pork	98.5	短繊維フイ ロイン繊維 2	0.5
実施例 11	Omni Pork	98.5	短繊維フイ ロイン繊維 2	1.5
実施例 12	Omni Pork	97.5	短繊維フイ ロイン繊維 2	2.5
実施例 13	Omni Pork	98.5	短繊維フイ ロイン繊維 3	1.5

[0129] 実施例 9～13、および比較例 9～12 について、調理済ハンバーグのテクスチャ評価は、Universal Testing Instrument EZ Test（島津製作所）を使用して、テクスチャプロファイル分析を実施した。調理したハンバーグのサンプルを元の高さ× 2.5 cm × 2.5 cm にカットし、500 N ロードセルで元の高さの 50% に圧縮した。クロスヘッド速度は 300 mm / min で、2 回の圧縮の時間間隔は 2 秒で設定した。各サンプルに対して、9 回繰返して測定を行って、「硬さ」、「凝集性」、「弾力性」及び「咀嚼性」を含めた総合的なテクスチャプロファイル評価を行なった。「硬さ」、「凝集性」、「弾力性」及び「咀嚼性」は、図 8 および以下の式に基づいて算出した。短繊維が添加なしの比較例 10 の測定値を 100% とし、それぞれの測定値を換算し、評価結果を表 12 及び図 9～12 に示す。

硬さ : Hardness (H)

プランジャーで食物に負荷を加えた時の最大試験力

凝集性 (Cohesiveness) : $A2/A1$

食品に負荷を加えると、その食物は変形したり破損します。

負荷を連続 2 回加えて、1 回目と 2 回目の負荷面積（エネルギー）の比

弾力性 (Springiness) : $T2/T1$

プランジャーで食物に連続 2 回の負荷を加え、その「くぼみ、変位」の比

咀嚼性 (Chewiness) : H×A2/A1×T2/T1

硬さ×弾力性×凝集性・・・固形食品

[0130] [表12]

	硬さ (%)	硬さの 標準偏差 (%)	弾力性 (%)	弾力性の 標準偏差 (%)	凝集 性 (%)	凝集性 の標準 偏差 (%)	咀嚼 性 (%)	咀嚼性 の標準偏差 (%)
比較例 1 Q	100	8	100	7	10	9	100	19
実施例 1 Q	147	11	98	8	10	7	148	18
実施例 1 1	178	13	94	8	96	8	164	16
実施例 1 2	204	15	92	4	87	5	181	19
実施例 1 3	207	28	108	8	8	12	248	31
実施例 9	125	12	102	8	10	3	127	18
比較例 1 1	179	19	78	7	89	4	118	18
比較例 1 2	189	20	64	2	78	5	78	11
比較例 9	208	78	122	7	18	13	488	14

[0131] 食肉代用組成物に 1.5 体積%の繊維を添加した場合、大豆繊維（比較例 1）及び天然由来シルク繊維（比較例 12）の添加は、ハンバーグの硬さを増加したが（図 9）、ハンバーグの弾力性および凝集力を大幅に低下させた（図 10 および図 11）。一方、組換えフィブロイン繊維（実施例 9、実施例 11、及び実施例 13）の添加は、ハンバーグの弾力性および凝集力を大幅に低下させることなく（図 10 および図 11）、硬さを高めることができた（図 9）。

[0132] 疎水性が異なる 2 種類のタンパク質を使用し、疎水度の高い組換えフィブロイン繊維（実施例 10～12）を用いる場合、疎水度の低い組換えフィブロイン繊維（実施例 9）と比べて、より硬さを増加させることができ、より高い咀嚼性をもたらすことができた。

[0133] 機械的特性が異なる 2 種類のタンパク質を使用し、繊維の直径が約 30 μm の組換えフィブロイン繊維 3 を用いる場合（実施例 13）、直径が約 10 μm の組換えフィブロイン繊維 2 を用いる場合（実施例 11）と比べて、より本

物らしいテクスチャを示した。

[0134] 組換えタンパク質の添加量を0.5～2.5体積%の範囲で増加させる場合（実施例10～12）、ハンバーグの弾力性および凝集力を大幅に低下させることなく、硬さを高めることができ、より本物らしいテクスチャを示した。

[0135] 〔試験例5：食肉代用組成物の調製及び評価〕（ハンバーグのタネの調製、調理及び評価） 表13に示すように、食肉原料又は食肉代用組成物に上記でそれぞれ得られた短繊維添加し（実施例14、比較例13～15）、上記試験例3のようにハンバーグのタネを作成し、加熱調理した。最初の片面を加熱調理する際の外観変化を図13および図14に示す。

[0136] [表13]

	食肉原料又は食肉代用組成物	食肉原料又は食肉代用組成物の含有量（重量%）	短繊維	短繊維の含有量（重量%）
比較例13	豚肉の挽肉	100	-	-
比較例14	Omni Pork	100	-	-
実施例14	Omni Pork	95	組換えフィブロイン繊維2	5

[0137] 食肉原料を用いる場合（比較例13）、調理中、水分と脂肪が下に流され、排出されたが、食肉代用組成物を用いる場合（比較例14）、水分の一部が上の表面に排出され、そのまま表面に水滴が形成された。食肉代用組成物に組換えフィブロイン繊維を添加すること（実施例14）によって、食肉原料を用いる場合と同様に、水滴の形成が見られなくなり、調理する際に、より本物らしい外観変化を示した。

[0138] 〔試験例6：食肉代用組成物の調製及び評価〕（ハンバーグのタネの調製、調理及び評価） 表14に示すように、食肉原料又は食肉代用組成物に上記でそれぞれ得られた短繊維添加し（実施例15～17、比較例15～17）、上記試験例3のようにハンバーグのタネを作成し、加熱調理した。

[0139]

[表14]

	食肉原料又は 食肉代用組成 物	食肉原料又は 食肉代用組成 物の含有量 (重量%)	短繊維	短繊維の含有 量(重量%)
比較例 15	豚肉の挽肉	100	-	-
比較例 16	Omni Por k	100	-	-
比較例 17	Omni Por k	95	大豆繊維	5
比較例 18	Omni Por k	95	天然由来シルク繊維	5
実施例 15	Omni Por k	95	結換えフィブ ロイン繊維 1	5
実施例 16	Omni Por k	95	結換えフィブ ロイン繊維 2	5
実施例 17	Omni Por k	95	結換えフィブ ロイン繊維 3	5

[0140] 調理プロセスに発生した外観（ハンバーグの直径）の変化を評価し、比較例 16 の変化率を 100% とし、それぞれの測定値を換算し、結果を図 15 に示す。調理前後のハンバーグの直径の変化は、次の式で計算された。直径の減少率 (%) = $\left[(\text{生タネの直径}) - (\text{調理後の直径}) \right] / (\text{生タネの直径}) \times 100\%$

[0141] 食肉原料を用いる場合（比較例 15）、調理中、動物肉のタンパク質は変性し、急激に収縮した。食肉代用組成物を用いる場合（比較例 16）、調理プロセス中に収縮する現象が顕著ではなかった。食肉代用組成物に大豆繊維（比較例 17）若しくは天然由来シルク繊維（比較例 18）を添加しても、直径の減少が見られなかったが、5 重量% のそれぞれの結換えフィブロイン繊維 1～3（実施例 15～17）を添加することによって、ハンバーグの直径の減少率が増加され、調理する際に、より本物らしい外観変化を示した。

[0142]

符号の説明

[0143] 1…押出し装置、2…未延伸糸製造装置、3…湿熱延伸装置、4…乾燥装置、6…ドープ液、10…紡糸装置、20…凝固液槽、21…延伸浴槽、36…ポリペプチド繊維。