

明 細 書

発明の名称：肉様食品組成物

技術分野

[0001] 本発明は、肉様食品組成物に関する。

背景技術

[0002] 成形肉は、細かい屑肉及び内臓肉等を軟化剤で柔らかくして結着剤で固め、形状を整えたものであり、人工ステーキ肉等として利用されている。成形肉は、天然の肉製品と比較して、コストの観点からは有利である。一方、成型肉は結着剤を利用して細かい肉をつないでいるため、つなぎ目の結着部分が非常に離れやすくなっており、ステーキ肉本来の食感を生み出すことが困難である。

[0003] 他方、世界中で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。非動物由来である食肉代用組成物は、低カロリーでタンパク質含有量が高いという観点から、食料問題への対応、ヴィーガン（v e g a n）食としての提供等において注目されている。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1～2）等が知られている。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献1：特開2017-517273号公報

特許文献2：特開2009-537178号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0005] 食肉代用組成物は、そのほとんどがいわゆる“ミンチ肉”の作製に用いられている。植物ベースの食肉代用組成物の多くは、植物タンパク質繊維が一方方向かつ単一平面内に整列されており、このため咀嚼中に容易にすぐ分解さ

れ、肉の咀嚼の感覚を与えることができていない。

[0006] 肉様の立体構造を人工的に作製するため、例えば、培養肉の場合、筋細胞を細長い構造に変化させ、細胞が付着するような足場（筋組織代替）を培養液に入れて、筋細胞の集合体を積層し、立体筋組織を作製し、ステーキ肉のような肉本来の質感及び食感を生み出す技術開発が進められている。しかしながら、足場材料を培養液と同様に安価で安定的に大量生産が可能となるまで、まだ時間がかかると考えられる。

[0007] 現在のところ、食肉又は植物タンパク質を使用した人工ステーキ肉及び人工ブロック肉等の肉様食品組成物がいくつか実用化されている。しかしながら、これら肉様食品組成物は、質感（例えば、外観）及び官能特性（例えば、食感、ジューシーさ、柔らかさ）を総合した“本物らしさ”が、未だ充分ではない。

[0008] 本発明は、本物らしさに優れた肉様食品組成物を提供することを課題とする。

課題を解決するための手段

[0009] 本発明者は、食肉原料及び／又は食肉代用組成物原料を含む肉様食品組成物に対して、精製されたタンパク質を含有するシートを更に含ませることで、質感（外観）及び官能特性（食感、ジューシーさ、柔らかさ）を総合した“本物らしさ”が向上することを見出した。本発明はこの知見に基づくものである。

[0010] 本発明は、例えば、以下の各発明に関する。

[1]

食肉原料及び食肉代用組成物原料からなる群より選択される少なくとも1種の原料と、精製されたタンパク質を含有するシートと、を含む、肉様食品組成物。

[2]

上記タンパク質が、構造タンパク質である、[1]に記載の肉様食品組成物。

[3]

上記タンパク質が、アラニン残基含有量が10～40%であり、かつグリシン残基含有量が10～55%であるタンパク質である、[1]又は[2]に記載の肉様食品組成物。

[4]

上記タンパク質が、フィブロインである、[1]～[3]のいずれかに記載の肉様食品組成物。

[5]

上記シートが、紡糸されたタンパク質繊維からなる、[1]～[4]のいずれかに記載の肉様食品組成物。

[6]

動物性タンパク質を含まない、[1]～[5]のいずれかに記載の肉様食品組成物。

[7]

動物由来成分を含まない、[1]～[6]のいずれかに記載の肉様食品組成物。

[8]

ステーキ肉形状に成形されている、[1]～[7]のいずれかに記載の肉様食品組成物。

[9]

上記食肉原料及び食肉代用組成物原料からなる群より選択される少なくとも1種の原料を含む層と、上記シートとが、交互に配置されてなる、[8]に記載の肉様食品組成物。

[10]

上記シートの少なくとも一方の面に上記食肉原料及び上記食肉代用組成物原料からなる群より選択される少なくとも1種の原料を含む層が形成されたシートを含み、

上記層が形成されたシートが、ステッチング、ウィービング、ブレイディ

ング、ニッティング及びニードルパンチングからなる群より選択される少なくとも１種の処理が施されてなる、〔１〕～〔９〕のいずれかに記載の肉様食品組成物。

〔１１〕

肉様食品組成物の本物らしさを向上させる方法であって、

精製されたタンパク質を含有するシートの少なくとも一方の面に食肉原料及び食肉代用組成物原料からなる群より選択される少なくとも１種の原料を付着させることを含む、方法。

〔１２〕

上記食肉原料及び食肉代用組成物原料からなる群より選択される少なくとも１種の原料にタンパク質架橋剤を添加することを更に含む、〔１１〕に記載の方法。

〔１３〕

上記タンパク質架橋剤が、トランスグルタミナーゼである、〔１２〕に記載の方法。

発明の効果

[0011] 本発明によれば、従来の肉様食品組成物と比べて、本物らしさに優れた肉様食品組成物を提供することができる。

図面の簡単な説明

[0012] [図1]タンパク質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2]実施例１及び比較例１の人工ステーキ肉組成物を示す写真である。

[図3]実施例２及び比較例２の人工ステーキ肉組成物を示す写真である。

[図4]実施例５の人工ステーキ肉組成物を示す写真である。

[図5]実施例６の人工ステーキ肉組成物を示す写真である。

[図6]実施例７～１３の調理済みの人工ステーキ肉組成物のＴＰＡで測定した硬さ（Hardness）の測定結果を示すグラフである。

[図7]実施例７～１３の調理済みの人工ステーキ肉組成物のSSFで測定した

硬さ (H a r d n e s s) の測定結果を示すグラフである。

[図8]実施例 7 ～ 1 3 の調理済みの人工ステーキ肉組成物の T P A で測定した凝集性 (C o h e s i v e n e s s) の測定結果を示すグラフである。

[図9]実施例 7 ～ 1 3 の調理済みの人工ステーキ肉組成物の T P A で測定した弾力性 (S p r i n g i n e s s) の測定結果を示すグラフである。

[図10]実施例 1 4 ～ 2 0 の調理済みの人工ステーキ肉組成物の S S F で測定した硬さ (H a r d n e s s) の測定結果を示すグラフである。

[図11]実施例 1 4 ～ 2 0 の調理済みの人工ステーキ肉組成物の S S F で測定した弾力性 (S p r i n g i n e s s) の測定結果を示すグラフである。

[図12]実施例 1 4 ～ 2 0 の調理済みの人工ステーキ肉組成物の S S F で測定した凝集性 (C o h e s i v e n e s s) の測定結果を示すグラフである。

[図13]実施例 1 4 及び 2 1 の調理済みの人工ステーキ肉組成物の T P A で測定した硬さ (H a r d n e s s) の測定結果を示すグラフである。

[図14]実施例 1 4 及び 2 1 の調理済みの人工ステーキ肉組成物の S S F で測定した硬さ (H a r d n e s s) の測定結果を示すグラフである。

[図15]実施例 1 4 及び 2 1 の調理済みの人工ステーキ肉組成物の S S F で測定した凝集性 (C o h e s i v e n e s s) の測定結果を示すグラフである。

。

[図16]実施例 1 4 及び 2 1 の調理済みの人工ステーキ肉組成物の S S F で測定した弾力性 (S p r i n g i n e s s) の測定結果を示すグラフである。

[図17]実施例 1 4 及び 2 1 の調理済みの人工ステーキ肉組成物の S S F で測定した咀嚼性 (C h e w i n e s s) の測定結果を示すグラフである。

発明を実施するための形態

[0013] 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。

[0014] 本実施形態に係る肉様食品組成物は、食肉原料及び食肉代用組成物原料からなる群より選択される少なくとも 1 種の原料と、精製されたタンパク質を含有するシートと、を含む。本実施形態に係る肉様食品組成物は、このよう

な構成を備えているため、調理（例えば、加熱調理）されたときに、従来の肉様食品組成物と比べて、質感（外観）及び官能特性（食感、ジューシーさ、柔らかさ）を総合した“本物らしさ”が向上する。

[0015] 本明細書において「肉様食品組成物」とは、食肉原料及び／又は食肉代用組成物原料を主として含み、所望の形状に成形する工程を経て得られる食品組成物をいう。いわゆる成型肉も本明細書でいう肉様食品組成物に含まれるが、天然の食肉をカットしただけの肉は本明細書でいう肉様食品組成物には含まれない。肉様食品組成物の形状としては、ステーキ肉形状（例えば、全カットのステーキ、チョップ等の形状）、ブロック肉形状（例えば、立方体、直方体等の形状）、薄切り肉形状などが例示される。

[0016] 本明細書において「人工ステーキ肉組成物」は、ステーキ肉形状に成形した肉様食品組成物をいう。

[0017] 本明細書において「食肉」とは、食用となる家畜及び家禽の肉を意味する。食肉の具体例としては、牛肉、豚肉、鶏肉、馬肉、羊肉、山羊肉及び鴨肉が挙げられる。「食肉原料」は、例えば、食肉を切断、スライス、ミンチ等の処理により小片化したものが挙げられる。肉様食品組成物に使用される食肉原料としては、本発明による効果がより顕著に発揮されることから、挽肉（ミンチ肉）が好ましい。食肉原料に使用される食肉は、１種のみであってもよく、２種以上の組み合わせであってもよい。

[0018] 本明細書において、「食肉代用組成物」は、家畜及び家禽由来の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。「食肉代用組成物原料」は、食肉代用組成物における主要なタンパク質源を意味し、例えば、培養された細胞（動物細胞等）、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。なお、動物由来成分（動物性タンパク質等）を含まない肉様食品組成物は、食肉代用組成物に該当する。

[0019] 精製されたタンパク質を含有するシート（以下、単に「シート」ともいう。）は、精製されたタンパク質を主要成分として含み、シート形状に成形されたものである。本実施形態に係るシートは、精製されたタンパク質からなるものであってもよい。

[0020] 本実施形態に係るシートに含まれるタンパク質の種類は、特に制限されず、例えば、植物、真菌、藻類、動物又は微生物由来のタンパク質であってよい。当該タンパク質は、組換えタンパク質であってよい。組換えタンパク質は、遺伝子組換え技術を使用して製造されたタンパク質を意味する。組換えタンパク質は、例えば、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もよい。

[0021] 本実施形態に係るシートに含まれるタンパク質は、非植物源に由来するものであってもよい。具体的には、例えば、非植物から精製されたタンパク質であってよく、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タンパク質であってよい。同様に、本実施形態に係るシートに含まれるタンパク質は、非動物源に由来するものであってもよい。具体的には、例えば、非動物から精製されたタンパク質であってよく、非動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タンパク質であってよい。

[0022] 本実施形態に係るシートに含まれるタンパク質は、親水性タンパク質であってもよく、疎水性タンパク質であってもよい。本実施形態に係るシートに含まれるタンパク質は、タンパク質を構成する全てのアミノ酸残基の疎水性

指標（ハイドロパシー・インデックス、HI）の総和を求め、次にその総和を全アミノ酸残基数で除した値（平均HI、以下「疎水度」とも表す。）が1.0以下であるものが好ましい。アミノ酸残基の疎水性指標については、公知の指標（Hydropathy index: Kyte J, & Doolittle R (1982) “A simple method for displaying the hydropathic character of a protein”, J. Mol. Biol., 157, pp. 105–132）を使用する。具体的には、各アミノ酸の疎水性指標は、下記表1に示すとおりである。

[表1]

アミノ酸	HI	アミノ酸	HI
イソロイシン(Ile)	4.5	トリプトファン(Trp)	-0.9
バリン(Val)	4.2	チロシン(Tyr)	-1.3
ロイシン(Leu)	3.8	プロリン(Pro)	-1.6
フェニルアラニン(Phe)	2.8	ヒスチジン(His)	-3.2
システイン(Cys)	2.5	アスパラギン(Asn)	-3.5
メチオニン(Met)	1.9	アスパラギン酸(Asp)	-3.5
アラニン(Ala)	1.8	グルタミン(Gln)	-3.5
グリシン(Gly)	-0.4	グルタミン酸(Glu)	-3.5
スレオニン(Thr)	-0.7	リシン(Lys)	-3.9
セリン(Ser)	-0.8	アルギニン(Arg)	-4.5

[0023] 本実施形態に係るシートに含まれるタンパク質の疎水度は、-1.0以上、-0.9以上、又は-0.8以上であってよく、また、1.0以下、0.9以下、0.8以下、0.7以下、0.6以下、0.5以下、0.4以下、0.3以下、0.2以下、0.1以下、0以下、-0.1以下、-0.2以下、-0.3以下、-0.4以下、-0.5以下、-0.6以下、又は-0.7以下であってよい。疎水度が0.5以下であると、水性成分との親和性が高くなり、肉様食品組成物の質感（外観）及び官能特性（食感、ジューシーさ、柔らかさ）をより一層向上させることができる。

[0024] 本実施形態に係るシートに含まれるタンパク質は、アミノ酸残基数が50

以上であってよい。当該アミノ酸残基数は、例えば、１００以上又は１５０以上であってよく、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。

[0025] 本実施形態に係るシートに含まれるタンパク質は、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。構造タンパク質は、また、一定の条件下において自己凝集し繊維やフィルム、樹脂、ゲル、ミセル、ナノパーティクル等の構造体を形成するタンパク質のことをいい、天然においては、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。

[0026] 本実施形態に係るシートに含まれるタンパク質は、例えば、球状タンパク質であってよい。球状タンパク質は、複雑な三次構造や四次構造を持つ、球状の形に折りたたまれている。タンパク質構造の中心に疎水性側鎖を配置するため、通常水溶性である。球状タンパク質としては、例えば、酵素、ヘモグロビン、ミオグロビン、グロブリン、フィブリン及びアルブミン等が挙げられる。

[0027] 本実施形態に係るシートに含まれるタンパク質は、グリシン残基、アラニン残基、セリン残基等のアミノ酸残基の割合が高いことが好ましい。これは、側鎖の小さいアミノ酸残基ほど水素結合しやすく、強度の高いシートを得やすいためである。また、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、タンパク質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。

[0028] 一実施形態において、本実施形態に係るシートに含まれるタンパク質は、アラニン残基含有量が１０～４０％であり、かつグリシン残基含有量が１０～５５％であることが好ましい。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＝（タンパク質に含まれるアラニン残基の数／タンパク質の全アミノ酸残基の数）×１００（％）

また、本明細書において、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、プロリン残基含有量、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、プロリン残基、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。

[0029] 本実施形態に係るシートに含まれるタンパク質のアラニン残基含有量は、例えば、12～40%であってよく、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。また、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。

[0030] シートへの加工性を向上させる観点では、加工時点においては分子間の強固な水素結合を阻害することが重要であり、この観点から側鎖の大きいアミノ酸又は屈曲性を有するアミノ酸が一定程度、配列全体に均質に含まれていることが望ましい。例えば、タンパク質を、所定のアミノ酸残基数の連続したアミノ酸配列を単位として区切ったときに、各単位に含まれるチロシン残基、スレオニン残基及びプロリン残基の合計含有量が所定値以上になるものであってよい。具体的には、例えば、任意の連続した20アミノ酸残基の中、プロリン残基、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。

[0031] 本実施形態に係るシートに含まれるタンパク質は、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。

[0032] 本実施形態に係るシートに含まれるタンパク質は、グルタミン残基及び／又はリジン残基を含むものであってもよい。グルタミン残基及び／又は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の食用架橋結合剤の存在下に、タンパク質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。

[0033] 本実施形態に係るシートに含まれるタンパク質は、反復配列を有するものであってよい。すなわち、本実施形態に係るシートに含まれるタンパク質は、タンパク質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。

[0034] 本実施形態に係るシートに含まれるタンパク質は、(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。

- [0035] 本実施形態に係るシートに含まれるタンパク質は、フィブロインが好ましい。フィブロインとしては、例えば、天然由来のフィブロイン、人工フィブロイン等が挙げられる。
- [0036] 天然由来のフィブロインとしては、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。
- [0037] 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*)、チュウサー蚕 (*Antheraea mylitta*)、ムガ蚕 (*Antheraea assama*) 等のカイコが産生する絹タンパク質、スズメバチ (*Vespa similima xanthoptera*) の幼虫が吐出するホーネットシルクタンパク質が挙げられる。
- [0038] 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)、AAA27840.1 (アミノ酸配列)) が挙げられる。
- [0039] クモ類が産生するフィブロインとしては、例えば、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

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 (*Polty* 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 (*Dyschirion* 属) に属するクモ、クロゴケグモ、セアカゴケグモ、ハ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スパイダーシルクタンパク質が挙げられる。スパイダーシルクタンパク質としては、例えば、MaSp (MaSp1 及び MaSp2)、ADF (ADF3 及び ADF4) 等の牽引糸タンパク質、MiSp (MiSp1 及び MiSp2) 等が挙げられる。

[0040] クモ類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、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 アクセシ

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 angulate 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]（GenBank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。

[0041] 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。

[0042] 本明細書において「人工フィブロイン」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。人工フィブロインは、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。

[0043] 人工フィブロインは、天然由来フィブロインに準ずる構造を有する繊維状タンパク質であってもよく、天然由来フィブロインが有する反復配列と同様の配列を有するフィブロインであってもよい。「フィブロインが有する反復配列と同様の配列」とは、実際に天然由来フィブロインが有する配列であってもよく、それと類似する配列であってもよい。

[0044] 人工フィブロインは、例えば、天然由来のフィブロイン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）であってもよく、また天然由来のフィブロインに依らず人工的にアミノ酸配列を設計したもの（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）であってもよい。

[0045] 人工フィブロインとしては、例えば、人工絹（シルク）フィブロイン（カイコが産生する絹タンパク質のアミノ酸配列を改変したもの）、及び人工クモ糸フィブロイン（クモ類が産生するスパイダーシルクタンパク質のアミノ酸配列を改変したもの）などが挙げられる。人工フィブロインとしては、フィブリル化が容易で繊維形成能が高いことから、人工クモ糸フィブロインを含むことが好ましく、人工クモ糸フィブロインからなることがより好ましい。

- [0046] 人工フィブロインは、例えば、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ってよい。人工フィブロインは、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。
- [0047] 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、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。）であってもよい。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もよい。mは2～300の整数を示し、10～300の整数であってもよい。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。

[0048] 人工フィブロインの具体例としては、例えば、下記表2に示す人工フィブロインが挙げられる。

[0049] [表2]

	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(%)	チロシン残基 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)	19.5	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

[0050] 本実施形態に係るシートに含まれるタンパク質は、コラーゲンが好ましい。コラーゲンとしては、例えば、天然由来のコラーゲン、人工コラーゲン等が挙げられる。本発明で用いることができるコラーゲン（コラーゲン又はそれに由来するタンパク質）としては、例えば、式3：[REP2]_pで表されるドメイン配列を含むタンパク質（ここで、式3中、pは5～300の整数を示す。REP2は、Gly-X-Yから構成されるアミノ酸配列を示し、X及びYはGly以外の任意のアミノ酸残基を示す。複数存在するREP2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。）を挙げることができる。

[0051] 本実施形態に係るシートに含まれるタンパク質は、例えば、常法に従って組換え発現させた後、常法に従って単離・精製することにより得ることができる。なお、精製されたタンパク質は、好ましくは当該タンパク質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。一実施形態において、シートの機械物性及び成形性の観点から、精製されたタンパク質の精製純度は、60%以上であることが好ましい。

- [0052] 本実施形態に係るシートに含まれるタンパク質は、抗菌性を有するものであってよい。抗菌性を有するタンパク質として、具体的には、例えば、抗菌性アミノ酸配列を有するタンパク質、抗菌性タンパク質モチーフを有するタンパク質が挙げられる。本実施形態に係るシートに含まれるタンパク質が抗菌性を有することによって、本実施形態に係る肉様食品組成物に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輸送され得る。
- [0053] 本実施形態に係るシートに含まれるタンパク質は、抗酸化作用を有するものであってよい。抗酸化作用を有するタンパク質として、具体的には、例えば、抗酸化能力を有するアミノ酸組成を有するタンパク質、抗酸化能力を有するタンパク質モチーフを有するタンパク質が挙げられる。本実施形態に係るシートに含まれるタンパク質が抗酸化作用を有することによって、本実施形態に係る肉様食品組成物の褐変や退色、栄養価の低下を防ぐことが可能になる。
- [0054] 本実施形態に係るシートに含まれるタンパク質は、プレバイオティクス、ポストバイオティクス、及び／又はパラプロバイオティクスの機能性を有するものであってよい。プレバイオティクス、ポストバイオティクス、及び／又はパラプロバイオティクスの機能性を有するタンパク質として、具体的には、例えば、プレバイオティクス、ポストバイオティクス、及び／又はパラプロバイオティクスの機能性を有するアミノ酸配列を有するタンパク質、プレバイオティクス、ポストバイオティクス、及び／又はパラプロバイオティクスの機能性を有するタンパク質モチーフを有するタンパク質が挙げられる。本実施形態に係るシートに含まれるタンパク質がプレバイオティクス、ポストバイオティクス、及び／又はパラプロバイオティクスの機能性を有することによって、本実施形態に係る肉様食品組成物に腸内微生物叢を調節することにより、いくつかの健康上の利点を提供することが期待できる。
- [0055] 本実施形態に係るシートは、上述した精製されたタンパク質を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。

- [0056] 本実施形態に係るシートが、上述した精製されたタンパク質を2種以上含有する場合、当該シートは、具体的に、例えば、精製されたタンパク質を2種以上含有するタンパク質溶液又は繊維を用いて、シートを作成することで得ることができる。また当該シートは、2種以上のタンパク質溶液又は繊維を用いて、シートを作成することで得ることができる。更に当該シートは、直径、長さ、密度、または捲縮方法の中から選ばれる少なくとも一つの特徴が異なる2種以上のタンパク質繊維を用いて、シートを作成することで得ることができる。
- [0057] 本実施形態に係るシートは、例えば、上述した精製されたタンパク質を含むドープ液を使用し、フィルム等のシート形状に成形する方法、当該ドープ液を使用してタンパク質繊維を紡糸した後、当該タンパク質繊維を使用して織物、編物、不織布、ウェブ、メッシュ等のシート形状に成形する方法などにより得ることができる。
- [0058] ドープ液は、例えば、上述した精製されたタンパク質を水、低級アルコール、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、水酸化ナトリウム、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、溶解して作製することができる。
- [0059] シート形状のフィルムは、例えば、以下のようにして製造することができる。まず、ドープ液を基材表面に所定の厚さで（例えば、乾燥及び／又は脱溶媒後の厚さで1～1000 μ mとなるように）塗布する。基材は、樹脂基板、ガラス基板、金属基板等であってよい。基材は、キャスト成形後のフィルムを容易に剥離できる観点から、好ましくは樹脂基板である。樹脂基板としては、例えば、ポリエチレンテレフタレート（PET）フィルム、ポリテトラフルオロエチレン等のフッ素樹脂フィルム、ポリプロピレン（PP）フィルム、又はこれらのフィルム表面にシリコン化合物を固定化させた剥離フィルムであってよい。乾燥及び／又は脱溶媒は、例えば、真空乾燥、熱風乾燥、風乾、及び液中浸漬から選ばれる少なくとも一種の手段で行われる。

乾燥及び／又は脱溶媒後の未延伸フィルムは、水中で１軸延伸又は２軸延伸することもできる。

[0060] タンパク質繊維は、長繊維であってもよく、短繊維であってもよい。タンパク質繊維は、フィラメント系（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。

[0061] タンパク質繊維は、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、上述した方法で調製したドープ液を用いて、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、タンパク質繊維を得ることができる。

[0062] 図１は、タンパク質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１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。

[0063] 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、タンパク質繊維３６が、巻糸体５として得られる。１８ａ～１８ｇは糸ガイドである。

[0064] 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、0.2～6.0m l /時間が好ましく、1.4～4.0m l /時間であることがより好ましい。凝固したタンパク質が凝固液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。

[0065] なお、タンパク質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。

[0066] 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。

[0067] 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。

[0068] 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。

[0069] 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4 0 倍以下、3 0 倍以下、2 0 倍以下、1 5 倍以下、1 4 倍以下、1 3 倍以下、1 2 倍以下、1 1 倍以下、1 0 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。

[0070] タンパク質繊維は、乾燥されたものであってよい。乾燥されたタンパク質繊維を用いることによって、本実施形態に係るシート若しくは調理前の肉様食品組成物に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輸送され得る。

[0071] タンパク質繊維は、応力が0. 5 g f / d 以上であってよい。応力は、0 . 8 g f / d 以上であるのが好ましく、1 g f / d 以上であるのがより好ましい。タンパク質繊維の応力は、1 ~ 1 0 g f / d であってよく、1 ~ 5 g f / d であるのが好ましく、1 ~ 3 g f / d であるのがより好ましい。応力がこの範囲にあると、肉様食品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。

[0072] タンパク質繊維は、直径が5 0 μ m 未満であってよい。タンパク質繊維の直径は、例えば、4 5 μ m 未満又は4 0 μ m 未満であることが好ましく、3 5 μ m 以下、3 2 μ m 以下又は3 0 μ m 以下であることがより好ましく、1 5 μ m 以下又は1 0 μ m 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、肉様食品組成物の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 μ m 以上、1 0 μ m 以上、1 5 μ m 以上、1 8 μ m 以上、2 0 μ m 以上、2 2 μ m 以上、2 5 μ m 以上、3 0 μ m 以上、3 2 μ m 以上、3 5 μ m 以上、4 0 μ m 以上、又は4 5 μ m 以上であってよい。タンパク質繊維の直径は、例えば、5 ~ 5 0 μ m、1 0 ~ 5 0 μ m、1 5 ~ 5 0 μ m、5 ~ 4 5 μ m、5 ~ 4 0 μ m、5 ~ 3 5 μ m、5 ~ 3 2 μ m、5

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

[0073] タンパク質繊維を用いた織物、編物、不織布、ウェブ、メッシュ等の製造は、常法に従って実施することができる。

[0074] 織物及び編物は、タンパク質繊維を含む原料糸を織成又は編成して得ることができる。織成方法及び編成方法としては公知の方法を利用することができる。使用される編機としては、例えば、丸編機、経編機、横編機などが使用でき、生産性の観点からは、丸編機の使用が好ましい。横編機としては、成型編み機、無縫製編機などがあるが、特に最終製品の形態で編地を製造可能であることから、無縫製編機の使用がより好ましい。使用される織機としては、例えば、有杼織機、及び、グリッパー織機、レピア織機、ウォータージェット織機、エアジェット織機等の無杼織機が挙げられる。

[0075] 不織布は、例えば、タンパク質繊維を含む繊維を用いて、公知の製造方法により製造することができる。具体的には、例えば、タンパク質繊維を含む繊維から、乾式法、湿式法及びエアレイド法等でウェブ（単層ウェブ、及び積層ウェブを含む。）を形成させた後、ケミカルボンド法（浸漬法、スプレー法等）及びニードルパンチ法等によりウェブの繊維間を結合させて、不織布を得ることができる。また、3Dプリントされた不織布を挙げることもできる。

[0076] 本実施形態に係るシートは、細断シートであってよい。必要に応じて、シートを小さく裁断したものを使用してもよい。

[0077] 本実施形態に係るシートは、シート密度が10～100 g/m^2 であってよい。シート密度は、10～30 g/m^2 であってよく、10～50 g/m^2 であってよく、10～70 g/m^2 であってよく、30 g/m^2 ～70 g/m^2 であってよく、30 g/m^2 ～100 g/m^2 であってよい。50～100 g/m^2 であるのが好ましく、70～100 g/m^2 であるのがより好ましい。シート密度とは、シートの重量をシートの面積で除すことにより求められる値である。

[0078] 本実施形態に係るシートは、シート厚さが0.1～2 mm であってよい。

シート厚さは、0.1～1 mmであるのが好ましく、0.1～0.5 mmであるのがより好ましい。シート厚さがこの範囲にあると、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。

[0079] 本実施形態に係るシートがタンパク質繊維を用いた織物、編物、不織布、ウェブ、メッシュ等である場合、シートに含まれるタンパク質繊維の直径が50 μ m未満であってよい。タンパク質繊維の直径は、例えば、45 μ m未満又は40 μ m未満であることが好ましく、35 μ m以下、32 μ m以下又は30 μ m以下であることがより好ましく、15 μ m以下又は10 μ m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。直径が更に小さいタンパク質繊維は、例えば、電気紡糸法（エレクトロスピニング）により得ることができる。電気紡糸法を使用することで、タンパク質繊維の直径を約10 nm～10 μ mの範囲にすることができる。タンパク質繊維の平均直径は、10 nm～1 μ mの範囲にあることが好ましく、10 nm～500 nmの範囲にあることがより好ましい。なお、ここでいうタンパク質繊維の直径は、タンパク質繊維断面の長径を意味する。

[0080] 本発明はまた、本実施形態に係るシートを肉様食品組成物に組み込むための化学的または機械的処理を含み得る。本実施形態に係るシートを使用すると、調理前と調理後と関わらず、サイズに制限なく、肉様食品組成物の構造的完全性を保つことができ、望ましい機械的特性を備えた肉様食品組成物を提供することができる。

[0081] 本実施形態に係るシートのタンパク質繊維の特性は、プロテアーゼ処理によってさらに変更できる。タンパク質繊維のタンパク質分解と加水分解は、タンパク質繊維全体の機械的特性を弱めたり変化させたりする可能性がある。プロテアーゼ処理されたタンパク質繊維を肉様食品組成物に組み込むと、最終製品のテクスチャーと口当たりをさらに変化させることができる。タンパク質繊維のアミノ酸配列と、様々なプロテアーゼの切断部位を考慮し、様

々なプロテアーゼを利用してタンパク質繊維を処理することができる。利用可能なプロテアーゼとしては、例えば、パパイン、ブロメライン、ケラチナーゼ、フィシン、トリプシン、 α -キモトリプシン、レンニン、ペプシン、コラゲナーゼ、エラスターゼ、アルカラゼ、ニュートラーゼ、プロテアーゼXⅠV、プロティナーゼK、及び真菌プロテアーゼが挙げられるが、これらに限定されない。

[0082] 本実施形態に係る肉様食品組成物におけるシートの含有量は、肉様食品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、1.0重量%以上であってよく、2.0重量%以上であってよい。本実施形態に係る肉様食品組成物におけるシートの含有量は、肉様食品組成物全量を基準として、例えば、5重量%以下であってよく、4重量%以下であってよく、3重量%以下であってよく、2重量%以下であってよく、1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%以下であってよい。

[0083] 本実施形態に係る肉様食品組成物におけるタンパク質成分の含有量は、肉様食品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。本実施形態に係る肉様食品組成物におけるタンパク質成分の含有量は、肉様食品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。

- [0084] 本実施形態に係る肉様食品組成物におけるタンパク質成分は、動物性タンパク質（動物源に由来するタンパク質）であってよく、非動物性タンパク質（例えば、植物性タンパク質、微生物性タンパク質等の非動物源に由来するタンパク質）であってよい。本実施形態に係る肉様食品組成物は、タンパク質成分として動物性タンパク質を含まないものであってもよい。動物性タンパク質には、動物から取得されたタンパク質、動物のタンパク質をコードする遺伝子を使用して組換え発現させたタンパク質が含まれる。
- [0085] 本実施形態に係る肉様食品組成物は、結合剤、架橋剤（タンパク質架橋剤）及びゲル化剤から選ばれる少なくとも1種を含んでいてもよい。結合剤としては、例えば、ジャガイモ、タピオカ等から得られるデンプンが挙げられる。架橋剤としては、例えば、食品グレードの化学架橋剤、トランスグルタミナーゼ、チロシナーゼ、ラッカーゼ、ペルオキシダーゼ、スルフヒドリルオキシダーゼが挙げられる。ゲル化剤としては、例えば、ジェランガム、キサンタンガム、グアーガム、アラビアガム、トラガカントガム、ローカストビーンガム、コンニャクグルコマンナン、アルギン酸ナトリウム、アルギン酸プロピレングリコール、カラギーナン、寒天、デキストラン、ペクチン、微結晶セルロース、カルボキシメチルセルロース及びメチルセルロース等の親水コロイド、並びにフィブリノーゲン／トロンプイン、血液タンパク質、血漿タンパク質、卵アルブミン、乳清タンパク質及びゼラチン等のタンパク質が挙げられる。
- [0086] 本実施形態に係る肉様食品組成物は、食品に許容されるその他成分を更に含んでいてもよい。その他成分としては、例えば、油脂、調味料、ハーブ、香料、食肉原料及び食肉代用組成物原料に含まれるタンパク質以外のタンパク質（濃縮物及び分離物を含む。）、乳化剤、機能性成分及び栄養補助成分が挙げられる。油脂としては、例えば、コーン油、オリーブ油、大豆油、ピーナッツ油、アーモンド油、ゴマ油、綿実油、菜種油、キャノーラ油、ベニバナ油、ヒマワリ油、麻油、パーム油、クルミ油、藻類脂質、ココナッツ

オイル、シアバター、マンゴーバター、ココアバター、小麦胚芽油、米ぬか油、並びに微生物由来の油及び脂質（細菌、藻類、古細菌、遺伝子組み換え細菌、藻類、古細菌を含む）を挙げることができる。動物性脂肪の融解温度プロファイルおよび食感を模倣するために飽和脂肪を用いることが好ましい。脂肪の代替として、食用オレオゲル又はマイクロカプセル化脂質を使用することも挙げられる。食用オレオゲル又はマイクロカプセル化脂質を使用して、脂肪滴の移動を最小限に抑えることができる。本実施形態に係るシート及び脂質を用いて、脂肪組織を再現することが挙げられる。例えば、本実施形態に係るシートに脂質を含浸させることによって、脂肪組織レプリカを調製することが挙げられる。本実施形態に係るシートは、脂質とタンパク質繊維シートから調製された脂肪組織レプリカの層状構造を作成することによって、本実施形態に係る肉様食品組成物に霜降り効果を作り出すことができる。脂質と本実施形態に係るシートから調製されてなるものとすることで、本実施形態に係る肉様食品組成物により噛み応えとジューシーさを提供することができる。調味料及びハーブとしては、例えば、ローズマリー、オレガノ、クミン、セージ、コショウ、タイム、バジル及びカレー粉が挙げられる。香味料としては、例えば、スパイス抽出物、スパイス油、天然液体煙、酵母抽出物、キノコ抽出物、タマネギ抽出物、ニンニク抽出物及びハーブ抽出物が挙げられる。乳化剤としては、例えば、レシチン、モノ及びジグリセリド、モノグリセリド誘導体及び脂肪酸誘導体が挙げられる。機能性成分としては、例えば、ポリフェノールなどの抗酸化物質、ラクトフェリンなどの免疫賦活物質、プロバイオティクス、プレバイオティクスおよびバイोजェニックスなどの腸内環境整備物質が挙げられる。栄養補助成分としては、例えば、食物繊維（イヌリン、メチルセルロース、オオバコ、小麦デキストリン等）、ビタミン及びミネラル（葉酸、ビタミンB12及びその他のビタミンB、ビタミンC、ビタミンD、ビタミンA、カルシウム、亜鉛、鉄、ヨウ素等）が挙げられる。

[0087] 本実施形態に係る肉様食品組成物は、例えば、ヴィーガン（vegan）

食としての提供が可能になることから、動物由来成分を含まないものであってよい。動物由来成分とは、動物から取得された成分（例えば、上記その他成分）であり、動物性タンパク質も含む。本実施形態に係る肉様食品組成物は、培養された細胞を含有してもよい。例えば、インビトロにおいて3次元組織を形成する細胞組成物及び細胞外マトリクスを含有することが挙げられる。細胞組成物及び細胞外マトリクスは、バイオプリントされたものであってよい。

[0088] 本実施形態に係る肉様食品組成物は、例えば、食肉原料及び食肉代用組成物原料からなる群より選択される少なくとも1種の原料と、精製されたタンパク質を含有するシートと、必要に応じて結合剤、架橋剤（タンパク質架橋剤）及びゲル化剤から選ばれる少なくとも1種と、必要に応じて食品に許容されるその他成分と、を混合する工程（混合物取得工程1）、得られた混合物を所望の形状に成形する工程（成形工程）を経て製造することができる。当該製造方法は、例えば、肉様食品組成物を殺菌する工程、肉様食品組成物を包装する工程等を更に実施してもよい。

[0089] 本実施形態に係る肉様食品組成物はまた、例えば、食肉原料及び食肉代用組成物原料からなる群より選択される少なくとも1種の原料と、必要に応じて結合剤、架橋剤（タンパク質架橋剤）及びゲル化剤から選ばれる少なくとも1種と、必要に応じて食品に許容されるその他成分と、を混合して混合物を得る工程（混合物取得工程2）、精製されたタンパク質を含有するシートの少なくとも一方の面に前工程で得られた混合物を付着させる工程（付着工程）、混合物を付着させたシートを所望の形状に成形する工程（成形工程）を経て製造することもできる。当該製造方法は、例えば、肉様食品組成物を殺菌する工程、肉様食品組成物を包装する工程等を更に実施してもよい。

[0090] 本実施形態に係る肉様食品組成物は、食肉原料及び食肉代用組成物原料からなる群より選択される少なくとも1種の原料を含む層と、シートとが、交互に配置されてなるものであってよい。当該肉様食品組成物は、例えば、上記付着工程でシート上に原料を含む層が形成されたシートを得て、これを渦

巻き状に巻き、原料を含む層とシートが交互に配置されたロールを得る工程を経て製造することができる。また例えば、上記付着工程を繰り返し、原料を含む層とシートとを交互に積層させて積層体を得る工程を経て製造することもできる。原料を含む層と、シートとが、交互に配置されてなるものとすることで、質感（外観）及び官能特性（食感、ジューシーさ、柔らかさ）を総合した“本物らしさ”が、より一層向上する。

[0091] 本実施形態に係る肉様食品組成物には、機械的絡まりを強化する処理を加えてもよい。すなわち、本実施形態に係る肉様食品組成物は、上記付着工程後、シートの少なくとも一方の面に原料を含む層が形成されたシートをステッチング、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3次元成形技術で処理を施す工程を経て製造してもよい。3次元成形技術による処理は、1種単独で施してもよいし、2種以上を組み合わせで施してもよい。また、上述した処理に限らず、上記付着工程でシート上に原料を含む層が形成されたシートを得て、シートと原料が織り混ぜることができる処理を経て製造してもよい。当該工程では、ニードルパンチングで処理することが好ましい。ニードルパンチングは、例えば、フック付きの針で運ばれる繊維で繊維層を相互に取り付けることができる（フックは、針がプリフォームを離れたときに繊維が運ばれた場所に留まるように設計されています）。ニードルパンチングは、例えば、インジェクター、テンドライザー（Meat tenderizer）、もしくはミートハンマー（meat hammer）、ミートマレット（meat mallet）を用いて処理することが挙げられる。当該肉様食品組成物は、例えば、上記付着工程でシート上に原料を含む層が形成されたシートを得て、シートと原料が織り混ぜるよう、繊維シートにフェルト針を当てて、繊維を原料層に打ち込むことが挙げられる。ニードルパンチ処理は、必要に応じて、高速若しくは低速で行ってもよい。複数のニードルパンチプロセスを行ってもよい。複数方向からニードルパンチ処理を行ってもよい。ニードルパンチ処理は、原料を含む層シートに均一に行われてもよく、アプリケーションの要求食感に応じて、不

均一に行われてもよい。原料を含む層と、シートとが、織り混ぜされてなるものとすることで、質感（外観）及び官能特性（食感、ジューシーさ、柔らかさ）を総合した“本物らしさ”が、より一層向上する。

[0092] 当該肉様食品組成物は、原料を含む層とシートとを交互に積層させるラミネート工程を経て、積層体にステッチング、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3次元成形技術で処理を施す工程を経て製造してもよい。原料を含む層と、シートとが、交互に配置され、複数のレイヤーをつなぎ合わせて、より構造的な完全性を提供することができる。当該肉様食品組成物は、上記付着工程でシート上に原料を含む層が形成されたシートをステッチング、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3次元成形技術で処理させる工程と、原料を含む層とシートとを交互に積層させるラミネート工程を繰り返して、積層体にステッチング、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3次元成形技術で処理を経て製造してもよい。原料を含む層と、シートとが、織り混ぜされてなるものとすることで、質感（外観）及び官能特性（食感、ジューシーさ、柔らかさ）を総合した“本物らしさ”が、より一層向上する。

[0093] 本発明はまた、本発明に係る肉様食品組成物又はその加工物を含む、人工肉製品にも関する。肉様食品組成物の加工物としては、例えば、加熱処理した肉様食品組成物、調味した肉様食品組成物、必要に応じて他の具材と共に調理した肉様食品組成物（調理済み品、半調理済み品を含む。）が挙げられる。肉様食品組成物は、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、ベーコン製品、ジャーキー製品、ソーセージ製品、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肉様食品組成物又はその加工物であり得る。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。

[0094] 本発明はさらに、本発明に係る肉様食品組成物若しくはその加工物、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。肉様食品組成物若しくはその加工物、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。

[0095] 上述した本発明は、肉様食品組成物の本物らしさを向上させる方法であって、精製されたタンパク質を含有するシートの少なくとも一方の面に食肉原料及び食肉代用組成物原料からなる群より選択される少なくとも1種の原料を付着させることを含む、方法と捉えることもできる。当該方法は、食肉原料及び食肉代用組成物原料からなる群より選択される少なくとも1種の原料にタンパク質架橋剤（例えば、トランスグルタミナーゼ）を添加することを更に含むことが好ましい。これにより、本物らしさをより一層向上させることができる。当該方法の具体的態様等は、上述した態様を制限なく適用できる。

実施例

[0096] 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。

[0097] 〔試験例1：肉様食品組成物の製造及び評価〕

<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、牛肉／豚肉の合挽肉（6／4）、Beyond Beef（登録商標）（Beyond Meat社製）、及びOmniPork（OmniFoods社製）の3種類を用意した。

Beyond Beef（登録商標）成分リスト：水、エンドウタンパク、エキスペラープレスカノーラオイル、精製ココナッツオイル、ライスプロテイン、天然フレーバー、ココアバター、リョクトウタンパク質、メチルセルロース、ジャガイモデンプン、リンゴ抽出物、ザクロ抽出物、塩、塩化カリウム、酢、レモン果汁濃縮物、ヒマワリレシチン、ビート果汁抽出物（色用）。

O m n i P o r k 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）。

[0098] （タンパク質架橋剤）

タンパク質架橋剤として、味の素株式会社製アクティバ（登録商標）微生物トランスグルタミナーゼ K S - C T （ 1 % トランスグルタミナーゼ、 9 9 % マルチトール）及び T G - K （ 1 % トランスグルタミナーゼ、 7 5 % カゼインカルシウム、 2 4 % デキストリン）を用意した。

[0099] （精製されたタンパク質を含有するシート）

精製されたタンパク質を含有するシートは、以下の手順で作製した。

[0100] ネフィラ・クラビペス (N e p h i l a c l a v i p e s) 由来のフィブロイン (G e n B a n k アクセッション番号：P 4 6 8 0 4 . 1、G I : 1 1 7 4 4 1 5) の塩基配列及びアミノ酸配列をG e n B a n k 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2及び配列番号1で示されるアミノ酸配列を有する人工フィブロイン（以下、それぞれ「P R T 9 6 6」及び「P R T 7 9 9」ともいう。）を設計した。P R T 9 6 6 の疎水性指標は0. 4 7であり、P R T 7 9 9 の疎水性指標は- 0. 8 0である。

[0101] 設計した配列番号2及び配列番号1で示されるアミノ酸配列を有する人工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N d e I サイト、終止コドン下流にE c o R I サイトを付加した。これらの2種類の核酸をクローニングベクター (p U C 1 1 8) にクローニングした後、同核酸をN d e I 及びE c o R I 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p E T - 2 2 b (+) に組換えて発現ベクターを

得た。

[0102] 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2 mL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100 mLのシード培養用培地 (表3) 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。

[0103] [表3]

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

[0104] 当該シード培養液を500 mLの生産培地 (表4) を添加したジャーファーマンターに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。

[0105] [表4]

生産培地	
試薬	濃度 (g/L)
グルコース	12.0
KH ₂ PO ₄	9.0
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)	0.1 (mL/L)

[0106] 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455 g/1 L、Yeast Extract 120 g/1 L) を1 mL/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。

[0107] 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、目的とする人工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人工フィブロインに相当するサイズのバンドの出現により、目的とする人工フィブロインの発現を確認した。

[0108] 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-HCl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、人工フィブロインの凍結乾燥粉末を得た。

[0109] 上記で得られた人工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。人工フィブロインPRT966の凍結乾燥粉末の濃度が28質量%になるように、人工フィブロインPRT966の凍結乾燥粉末に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 1（ドープ液 1）とした。

[0110] 同様に、上記で得られた人工フィブロイン P R T 7 9 9 の凍結乾燥粉末を、濃度 2 6 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、7 0℃で 1 時間溶解させた。その後、ゴミと泡を取り除き、紡糸液 2（ドープ液 2）とした。

[0111] 図 1 に示す紡糸装置を使用し、窒素エアポンプでドープ液 1 又はドープ液 2 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、それぞれの人工フィブロイン繊維を得た。

－湿式紡糸条件－

ドープ液 温度：2 5℃

凝固液（メタノール）1 温度：5℃

凝固液（メタノール）2 温度：2 5℃

水浴延伸槽 温度：2 5℃

ホットローラー（H R） 温度：6 0℃

[0112] 小型整経機（S W 5 5 0，C C I T E C H I N C. 製）を用いて、ボビン（人工フィブロイン由来）から長さ 3. 6 m 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（N P - 3 0 0，I N T E C C O. L T D. 製）を使用して切断し、長さ 5 0 m m の人工フィブロイン短繊維を得た。

[0113] 得られた人工フィブロイン短繊維を重曹水に 1 0 分間分散して処理した後、ろ過した。その後、人工フィブロイン短繊維をイオン交換水で数回洗浄した。

[0114] その後、公知のカード機にてカーディングを行って、人工フィブロイン P R T 9 6 6 短繊維が交絡してなるウェブとして、精製されたタンパク質 P R T 9 6 6（人工フィブロイン P R T 9 6 6）を含有するシート（以下、「繊維シート」ともいう。）を得た。

[0115] <実施例 1>

牛肉／豚肉の合挽肉（6／4）9 6. 4 重量部に対して、トランスグルタ

ミナーゼTG-K3.5質量部を添加し、数分間こねて、酵素（トランスグルタミナーゼ）を均一に分散させた。これを繊維シート（0.1重量部相当）の一方の面上に厚みが均一となるように広げて、繊維シート上に食肉層が形成されたシートを得た。次いで、得られたシートを渦巻き状に巻き、食肉層と繊維シートが交互に配置されたロールを得た。得られたロールを真空密封し、4℃で18時間保存して酵素反応を完了させた。次に、ロールをスライスして厚さ約2cmのディスクを切り出し、ステーキ肉形状に成形した肉様食品組成物（人工ステーキ肉組成物）を得た。得られた人工ステーキ肉組成物を、直ちに官能評価に供した。

[0116] <比較例1>

牛肉／豚肉の合挽肉（6／4）96.4重量部に対して、トランスグルタミナーゼTG-K3.5質量部を添加し、数分間こねて、酵素（トランスグルタミナーゼ）を均一に分散させた。これを円筒状に成形し、真空密封して4℃で18時間保存して酵素反応を完了させた。次に、実施例1と同等の形状となるように、円筒をスライスして厚さ約2cmのディスクを切り出し、ステーキ肉形状に成形した肉様食品組成物（人工ステーキ肉組成物）を得た。得られた人工ステーキ肉組成物を、直ちに官能評価に供した。

[0117] <実施例2>

牛肉／豚肉の合挽肉（6／4）96.4重量部に代えてBeyond Beef（登録商標）96.3質量部を使用したこと、トランスグルタミナーゼTG-Kに代えて、トランスグルタミナーゼKS-CTを使用したこと、繊維シートを0.2質量部使用したこと以外は、実施例1と同様の手順で人工ステーキ肉組成物を得た。得られた人工ステーキ肉組成物を、直ちに官能評価に供した。

[0118] <比較例2>

牛肉／豚肉の合挽肉（6／4）96.4重量部に代えてBeyond Beef（登録商標）96.3質量部を使用したこと、トランスグルタミナーゼTG-Kに代えて、トランスグルタミナーゼKS-CTを使用したこと以外は、比較例1と同様の手順で人工ステーキ肉組成物を得た。得られた人工ステーキ肉組成物を中温で内部温度が70℃に達するまで加熱調理した。調理後の人工ステーキ肉組成物は、直ちに官能評価に供した。

[0119] <実施例3>

牛肉／豚肉の合挽肉（6／4）96.4重量部に代えてOmniPork 96.0質量部を使用したこと、トランスグルタミナーゼTG-Kに代えて、トランスグルタミナーゼKS-CTを使用したこと、繊維シートを0.5質量部使用したこと以外は、実施例1と同様の手順で人工ステーキ肉（人工ポークチョップ）組成物を得た。得られた人工ステーキ肉組成物を中温で内部温度が70℃に達するまで加熱調理した。調理後の人工ステーキ肉組成物は、直ちに官能評価に供した。

[0120] <比較例3>

牛肉／豚肉の合挽肉（6／4）96.4重量部に代えてOmniPork 96.0質量部を使用したこと、トランスグルタミナーゼTG-Kに代えて、トランスグルタミナーゼKS-CTを使用したこと以外は、比較例1と同様の手順で人工ステーキ肉（人工ポークチョップ）組成物を得た。得られた人工ステーキ肉組成物を中温で内部温度が70℃に達するまで加熱調理した。調理後の人工ステーキ肉組成物は、直ちに官能評価に供した。

[0121] <官能評価>

実施例1～3及び比較例1～3の人工ステーキ肉組成物（加熱調理済み）について、全体的な外観、全体的な食感、ジューシーさ、柔らかさ、及び本物らしさ（ステーキ／ポークチョップらしさ）の評価項目について、官能評価を実施した。官能評価は、パネル3名～4名により実施し、各評価項目とも評点1～9の9段階（1が最も悪く、9が最も良い。）で評価した。

[0122] 「全体的な外観」は、目視で観察したときに本物の肉により近い外観であ

る程“良い”と判定した。「全体的な食感」は、咀嚼したときに本物の肉により近い食感である程“良い”と判定した。「ジューシーさ」は、咀嚼したときに感じられる肉汁がより多く感じられる程“良い”と判定した。「柔らかさ」は、咀嚼したときに柔らかい程“良い”と判定した。「本物らしさ」は、質感（外観）及び官能特性（食感、ジューシーさ、柔らかさ）を総合してより本物の肉（ステーキ肉／ポークチョップ）に近い程“良い”と判定した。結果（パネル3名～4名の評点の平均値）を表5～7に示す。

[0123] [表5]

（パネル3名の平均）	全体的な外観	全体的な食感	ジューシーさ	柔らかさ	ステーキらしさ
実施例1	4.00	5.00	1.67	5.33	3.33
比較例1	3.00	5.00	1.67	4.67	2.00

[0124] [表6]

（パネル4名の平均）	全体的な外観	全体的な食感	ジューシーさ	柔らかさ	ステーキらしさ
実施例2	4.40	4.40	4.80	4.60	2.60
比較例2	3.80	3.00	4.40	4.80	1.00

[0125] [表7]

（パネル4名の平均）	全体的な外観	全体的な食感	ジューシーさ	柔らかさ	ポークチョップらしさ
実施例3	5.00	5.00	6.00	5.00	4.50
比較例3	2.50	2.00	5.50	4.00	1.00

[0126] 実施例1～3の人工ステーキ肉組成物は、それぞれ比較例1～3の人工ステーキ肉組成物に対して繊維シートを添加したものである。表4～6に示すとおり、繊維シートの添加によって、全体的な外観、全体的な食感、ジューシーさ及び柔らかさが向上する傾向が認められ、これらを総合した本物らしさ（ステーキらしさ／ポークチョップらしさ）が向上した。

[0127] 図2は、実施例1及び比較例1の人工ステーキ肉組成物を示す写真である。図2中、(1a)、(1d)及び(1f)は、実施例1の人工ステーキ肉組成物であり、(1b)、(1c)及び(1e)は、比較例1の人工ステーキ肉組成物である。また、図2中、(1a)及び(1b)は、加熱調理前の人工ステーキ肉組成物であり、(1c)、(1d)、(1e)及び(1f)は、加熱調理後の人工ステーキ肉組成物である。

[0128] 図3は、実施例2及び比較例2の人工ステーキ肉組成物を示す写真である。図3中、(2a)、(2d)及び(2e)は、実施例2の人工ステーキ肉組成物であり、(2b)、(2c)及び(2f)は、比較例2の人工ステーキ肉組成物である。また、図3中、(2a)及び(2b)は、加熱調理前の人工ステーキ肉組成物であり、(2c)、(2d)、(2e)及び(2f)は、加熱調理後の人工ステーキ肉組成物である。

[0129] [試験例2：肉様食品組成物の製造及び評価]

<実施例4>

牛肉／豚肉の合挽肉(6／4)96.9重量部に対して、トランスグルタミナーゼK S-C T 2質量部を添加し、数分間こねて、酵素(トランスグルタミナーゼ)を均一に分散させた。これを繊維シート(1.1重量部相当)の一方の面上に厚みが均一となるように広げて、繊維シート上に食肉層が形成されたシートを得た。次いで、シートと挽肉が織り混ざるよう、繊維シートにフェルト針を当てて、繊維を挽肉層に打ち込んだ。繊維シートと挽肉からなる各層を、6層まで重ねた。そして、裏側からもう一度フェルト針を用いて、ニードルパンチングを行って、真空密封して4℃で18時間保存して酵素反応を完了させ、人工ステーキ肉組成物を得た。得られた人工ステーキ肉組成物を中温で内部温度が70℃に達するまで加熱調理した。調理後の人工ステーキ肉組成物は、直ちに官能評価に供した。

[0130] <比較例4>

フェルト針でニードルパンチ処理を行われなかったこと以外は、実施例4と同様の手順で人工ステーキ肉組成物を得た。得られた人工ステーキ肉組成

物を、中温で内部温度が70℃に達するまで加熱調理した。調理後の人工ステーキ肉組成物は、直ちに官能評価に供した。

[0131] <実施例5>

人工ステーキ肉組成物のテクスチャーを調製するため、タンパク質性繊維シートは、疎水性と機械的特性が異なる2種類の精製されたタンパク質から調製した。

[0132] 上記実施例1～4に用いられる繊維シートと同様に、公知のカード機にてカーディングを行って、人工フィブロインPRT966短繊維及び人工フィブロインPRT799短繊維が7:3の比率で混合された短繊維が交絡してなるウェブとして、精製されたタンパク質PRT966（人工フィブロインPRT966）及びPRT799（人工フィブロインPRT799）を含有する混合シート（以下、「混合繊維シート」ともいう。）を得た。

[0133] 繊維シートを混合繊維シート使用したこと以外は、実施例4と同様の手順で人工ステーキ肉組成物を得た。得られた人工ステーキ肉組成物を、中温で内部温度が70℃に達するまで加熱調理した。調理後の人工ステーキ肉組成物は、直ちに官能評価に供した。図4は、調理後の人工ステーキの外観及び断面を示す写真である。

[0134] <実施例6>

牛肉／豚肉の合挽肉（6／4）96.9重量部に代えてBeyond Beef（登録商標）97.5質量部を使用したこと、トランスグルタミナーゼKSC-Tを使用したこと、混合繊維シートを0.5質量部使用したこと、及び繊維シートとBeyond Beef（登録商標）からなる各層を、4層まで重ねたこと以外は、実施例5と同様の手順で人工ステーキ肉組成物を得た。繊維シートと挽肉からなる各層を、6層まで重ねた。得られた人工ステーキ肉組成物を、中温で内部温度が70℃に達するまで加熱調理した。調理後の人工ステーキ肉組成物は、直ちに官能評価に供した。図5は、調理後の人工ステーキの外観及び断面を示す写真である。

[0135] <官能評価>

実施例4、実施例5、及び比較例4の人工ステーキ肉組成物（加熱調理済み）について、全体的な外観、全体的な食感、ジューシーさ、柔らかさ、及び本物らしさ（ステーキらしさ）の評価項目について、官能評価を実施した。官能評価は、パネル4名により実施し、各評価項目とも評点1～9の9段階（1が最も悪く、9が最も良い。）で評価した。実施例6の人工ステーキ肉組成物（加熱調理済み）について、全体的な外観、全体的な食感、ジューシーさ、柔らかさ、及び本物らしさ（ステーキらしさ）の評価項目について、官能評価を実施した。官能評価は、パネル2名により実施し、各評価項目とも評点1～9の9段階（1が最も悪く、9が最も良い。）で評価した。

[0136] 「全体的な外観」は、目視で観察したときに本物の肉により近い外観である程“良い”と判定した。「全体的な食感」は、咀嚼したときに本物の肉により近い食感である程“良い”と判定した。「ジューシーさ」は、咀嚼したときに感じられる肉汁がより多く感じられる程“良い”と判定した。「柔らかさ」は、咀嚼したときに柔らかい程“良い”と判定した。「本物らしさ」は、質感（外観）及び官能特性（食感、ジューシーさ、柔らかさ）を総合してより本物の肉（ステーキ肉）に近い程“良い”と判定した。結果（パネル4名又はパネル2名の評点の平均値）を表8に示す。

[0137] ニードルパンチ処理された人工ステーキ肉組成物は、ニードルパンチ処理されなかったサンプルと比較して、よりしっかりしたテクスチャが感じられ、ビーフステーキに類似していると評価された。

[0138] 疎水性と機械的特性が異なる2種類のタンパク質を使用し、ニードルパンチで処理した人工ステーキ肉組成物は、1種類の疎水性が高いタンパク質のみを使用して調製したサンプルと比較して、より柔らかく、ビーフステーキに類似していると評価された。

[表8]

(パネル 4 名の平均)	全体的な外観	全体的な食感	ジューシーさ	柔らかさ	ステーキらしさ
実施例 4	6.25	5.5	4.75	3.75	6
比較例 4	4.75	3.75	4.5	3.75	3.75
実施例 5	6.5	7.25	6.25	5.5	7
(パネル 2 名の平均)	全体的な外観	全体的な食感	ジューシーさ	柔らかさ	ステーキらしさ
実施例 6	2.5	5	4.5	5.5	4

[0139] [試験例 3 : 肉様食品組成物の製造及び評価]

(精製されたタンパク質を含有する繊維シート)

精製されたタンパク質を含有する繊維シートは、以下の手順で作製した。

[0140] 小型整経機 (SW550, CCI TECH INC. 製) を用いて、ボビン (人工フィブロイン PRT966 由来。PRT966 繊維径は $10.7 \pm 0.3 \mu\text{m}$ であった。) から長さ 3.6 m 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、 20 m/min の速度で、長繊維を固定した長さ (表 9 参照) に切断し、約 20 g の短繊維を得た。短繊維は、 90°C の水を使用して捲縮させ、一晩風乾した。

[0141] その後、公知のカード機にてカーディングを行って、人工フィブロイン PRT966 短繊維が交絡してなるウェブとして、精製されたタンパク質 PRT966 を含有するシート (以下、「繊維シート 2」ともいう。) を得た。得られた繊維シート 2 の密度が測定され、肉サンプルの準備のために所定のサイズにカットされた。

[0142] 他の精製されたタンパク質を含有するシートとして、市販されているゼラチン繊維 (Gelacell 社製) を使用し、上記と同様にして繊維シートを得た。ゼラチン繊維の繊維径は $4 \mu\text{m}$ であった。

[0143] <実施例 7 ~ 21>

160gのOmniPork（登録商標）ミートベースをピンローラーで20cm×30cmの長方形の薄層に広げて、その上に同じサイズの繊維シート2を配置した。ローラーカッターを使用して、カードウェブと組み合わせた肉層を10cm×10cmのサイズの正方形にカットし、6層まで積み重ねて「プリフォーム」を得た。次いで、シートとOmniPork（登録商標）が織り混ざるよう、繊維シート2にフェルト針を当てて、繊維を肉層に打ち込んだ。プリフォームの反対側からニードルパンチングプロセスを繰り返してそして、裏側からもう一度フェルト針を用いて、ニードルパンチングを行って、プリフォーム内の繊維のインターレースの程度を高めた。ニードルパンチされたプリフォームをラップで包み、調理するまで冷蔵庫で4℃で保存し、人工ステーキ肉組成物を得た。

- [0144] 得られた人工ステーキ肉組成物は、200℃に設定された電気グリルを使用して、クッキングシートの上で両側で7分間調理された。調理済みの人工ステーキ肉組成物は、スライスせん断力（Slice Shear Force；SSF）テスト（20℃、湿度60%）及びテクスチャプロファイル分析（Texture Profile Analysis；TPA）（20℃、湿度60%）のためのサンプルを下記のように準備した。

SSFサンプルサイズ：L4cm×W2cm×H～1.5cm

TPAサンプルサイズ：2cm×2cm×～1.5cm

- [0145] SSFは、Universal Testing Instrument EZ Test（島津製作所）を使用して、4回実施した。調理されたサンプルは、4cm×2cm×～1.5cm（元の高さ）にカットされ、500Nロードセルに取り付けられた厚さ3mm、刃先45°のせん断刃を使用してスライスした。切断時間は、サンプルが半分に切断されるまで、サンプルの厚さ全体にわたって行った。クロスヘッド速度は200mm/minであった。SSFは、ニュートンで「スライスせん断力」を生成し、サンプルを切断するために必要な最大の力（以下、「硬さ」ともいう。）である。これは、消費者の「最初の一口」の体験を定量化するテクスチャパラメータで

ある。

[0146] タンパク性繊維で調製された全筋肉肉サンプルのTPAは、Universal Testing Instrument EZ Test（島津製作所）を使用して、各処理に対して8回実施した。調理されたサンプルは、2 cm×2 cm×～1.5 cm（元の高さ）にカットされ、圧縮プレート（サイズφ11.5 cm）を使用し、500 Nロードセルで元の高さの50％に圧縮された。クロスヘッド速度は200 mm/minで、2回の圧縮の時間間隔は2秒であった。TPAパラメータは、弾力性（2回目と1回目の圧縮で最大力に達するのに必要な時間の比率）、凝集性（2回目と1回目の圧縮中に行われる作業）及び咀嚼性（硬さ×弾力性×凝集性）である。

[0147]

[表9]

		ミート ベース	長繊維長さ (mm)	密度 (g/m ²)	添加した長 繊維の割合 (重量%)
実施例 7	PRT966 繊維径 10 μ m	OmniPork	52	13.72	0.51
実施例 8				21.2	0.80
実施例 9				26.52	0.99
実施例 10				29.94	1.12
実施例 11			30	23.6	0.89
実施例 12				25.2	0.95
実施例 13				29.5	1.11
実施例 14			30	25	0.94
実施例 15			46		0.94
実施例 16			52		0.94
実施例 17			17.4	29.5	1.11
実施例 18			23.5		
実施例 19			30		
実施例 20			52		
実施例 21	市販ゼラチン 繊維径 4 μ m		—	25~30	0.94~1.13

[0148] 図6は、実施例7～13の調理済みの人工ステーキ肉組成物のTPAで測定した硬さ（Hardness）の測定結果を示すグラフである。対照としてOmniPorkのみで作製した調理済みの人工ステーキ肉組成物のTPAで測定した硬さの測定結果を併せて示している。図7に示す数値は、対照

の測定結果を100(%)とした相対値である。また参考として、豚もも肉の調理済みステーキ(参考例1)及び豚ヒレ肉の調理済みステーキ(参考例2)のTPAで測定した硬さの測定結果を併せて示している。

[0149] 図7は、実施例7～13の調理済みの人工ステーキ肉組成物のSSFで測定した硬さ(Hardness)の測定結果を示すグラフである。対照としてOmniPorkのみで作製した調理済みの人工ステーキ肉組成物のSSFで測定した硬さの測定結果を併せて示している。図7に示す数値は、対照の測定結果を100(%)とした相対値である。また参考として、豚もも肉の調理済みステーキ(参考例1)及び豚ヒレ肉の調理済みステーキ(参考例2)のSSFで測定した硬さの測定結果を併せて示している。

[0150] 図6及び図7に示すとおり、ニードルパンチされた繊維シートを含むサンプル(実施例7～13)は、OmniPorkのみの対照と比較してTPA及びSSFで測定した硬さが大幅に高かった(図6及び図7)。さらに、ステープルファイバー(短繊維)の長さが30mmに固定されているとき(実施例11～13)に繊維シートの密度を上げると、TPAとSSFで測定された硬さの両方を段階的に上げることができる。ステープルファイバー(短繊維)の長さが52mmに固定されているとき(実施例7～10)に繊維シートの密度を上げると、SSFで測定した硬さの段階的な増加が見られた。特に、ニードルパンチされた繊維シートを含む多くのサンプルのSSFで測定した硬さは、動物ベースの豚肉(参考例1及び参考例2)のSSFで測定した硬さと同じ範囲であった。これは、再構築されたOmniPorkの「最初の一口体験」がその動物の対応物のそれと類似していることを意味している。

[0151] 図8は、実施例7～13の調理済みの人工ステーキ肉組成物のTPAで測定した凝集性(Cohesiveness)の測定結果を示すグラフである。対照としてOmniPorkのみで作製した調理済みの人工ステーキ肉組成物のTPAで測定した凝集性の測定結果を併せて示している。図8に示す数値は、対照の測定結果を100(%)とした相対値である。また参考とし

て、豚もも肉の調理済みステーキ（参考例１）及び豚ヒレ肉の調理済みステーキ（参考例２）のＴＰＡで測定した凝集性の測定結果を併せて示している。

- [0152] 図９は、実施例７～１３の調理済みの人工ステーキ肉組成物のＴＰＡで測定した弾力性（Springiness）の測定結果を示すグラフである。対照としてOmni porkのみで作製した調理済みの人工ステーキ肉組成物のＴＰＡで測定した弾力性の測定結果を併せて示している。図９に示す数値は、対照の測定結果を１００（％）とした相対値である。また参考として、豚もも肉の調理済みステーキ（参考例１）及び豚ヒレ肉の調理済みステーキ（参考例２）のＴＰＡで測定した弾力性の測定結果を併せて示している。
- [0153] 図８及び図９に示すとおり、ニードルパンチされた繊維シートを含むサンプル（実施例７～１３）は、Omni Porkのみの対照と比較して有意に高い凝集性と弾力性を持っていた。繊維シートの密度が増加すると、凝集性が増加した。ステープルファイバー（短繊維）の長さを３０mmから５２mmに増やすと、特定の密度（２９g／m²）で弾力性が増すことが示されている（実施例１０及び実施例１３）。凝集性はステープルファイバー（短繊維）の長さの影響をあまり受けないため、最終製品の凝集性を維持しながら、さまざまなステープルファイバー（短繊維）の長さでさまざまな口当たりを作り出すことができる。特に、処理されたサンプルの多くは、凝集性及び弾力性共に、動物ベースの豚肉（参考例１及び参考例２）と同程度の範囲であった。
- [0154] 図１０は、実施例１４～２０の調理済みの人工ステーキ肉組成物のSSFで測定した硬さ（Hardness）の測定結果を示すグラフである。対照としてOmni porkのみで作製した調理済みの人工ステーキ肉組成物のSSFで測定した硬さの測定結果を併せて示している。図１０に示す数値は、対照の測定結果を１００（％）とした相対値である。また参考として、豚もも肉の調理済みステーキ（参考例１）及び豚ヒレ肉の調理済みステーキ（参考例２）のSSFで測定した硬さの測定結果を併せて示している。

- [0155] 図10に示すとおり、繊維シートのステープルファイバー（短繊維）の長さを短くすることにより、SSFで測定した硬さを増加させることができる。これにより、繊維シートを含む肉製品のテクスチャーを製品タイプに応じて微調整することができる。
- [0156] 図11は、実施例14～20の調理済みの人工ステーキ肉組成物のSSFで測定した弾力性（Springiness）の測定結果を示すグラフである。対照としてOmni porkのみで作製した調理済みの人工ステーキ肉組成物のSSFで測定した弾力性の測定結果を併せて示している。図11に示す数値は、対照の測定結果を100（%）とした相対値である。また参考として、豚もも肉の調理済みステーキ（参考例1）及び豚ヒレ肉の調理済みステーキ（参考例2）のSSFで測定した弾力性の測定結果を併せて示している。
- [0157] 図11に示すとおり、特定の繊維シートの密度では、ステープルファイバー（短繊維）の長さを増やすことにより、弾力性の値を増やすことができる。図9で示した結果と同様の傾向であった。
- [0158] 図12は、実施例14～20の調理済みの人工ステーキ肉組成物のSSFで測定した凝集性（Cohesiveness）の測定結果を示すグラフである。対照としてOmni porkのみで作製した調理済みの人工ステーキ肉組成物のSSFで測定した凝集性の測定結果を併せて示している。図12に示す数値は、対照の測定結果を100（%）とした相対値である。また参考として、豚もも肉の調理済みステーキ（参考例1）及び豚ヒレ肉の調理済みステーキ（参考例2）のSSFで測定した凝集性の測定結果を併せて示している。
- [0159] 図12に示すとおり、凝集性がステープルファイバー（短繊維）の長さによって大きく影響されることはないが、繊維シートの密度の変化によって操作できることが更に証明された。
- [0160] 図13は、実施例14及び21の調理済みの人工ステーキ肉組成物のTPAで測定した硬さ（Hardness）の測定結果を示すグラフである。対

照としてOmni porkのみで作製した調理済みの人工ステーキ肉組成物のTPAで測定した硬さの測定結果を併せて示している。図13に示す数値は、対照の測定結果を100(%)とした相対値である。また参考として、豚サーロインの調理済みステーキ(参考例3)及び豚ひき肉の調理済みステーキ(参考例4)のTPAで測定した硬さの測定結果を併せて示している。

[0161] 図14は、実施例14及び21の調理済みの人工ステーキ肉組成物のSSFで測定した硬さ(Hardness)の測定結果を示すグラフである。対照としてOmni porkのみで作製した調理済みの人工ステーキ肉組成物のSSFで測定した硬さの測定結果を併せて示している。図14に示す数値は、対照の測定結果を100(%)とした相対値である。また参考として、豚サーロインの調理済みステーキ(参考例3)及び豚ひき肉の調理済みステーキ(参考例4)のSSFで測定した硬さの測定結果を併せて示している。

[0162] 図15は、実施例14及び21の調理済みの人工ステーキ肉組成物のSSFで測定した凝集性(Cohesiveness)の測定結果を示すグラフである。対照としてOmni porkのみで作製した調理済みの人工ステーキ肉組成物のSSFで測定した凝集性の測定結果を併せて示している。図15に示す数値は、対照の測定結果を100(%)とした相対値である。また参考として、豚サーロインの調理済みステーキ(参考例3)及び豚ひき肉の調理済みステーキ(参考例4)のSSFで測定した凝集性の測定結果を併せて示している。

[0163] 図16は、実施例14及び21の調理済みの人工ステーキ肉組成物のSSFで測定した弾力性(Springiness)の測定結果を示すグラフである。対照としてOmni porkのみで作製した調理済みの人工ステーキ肉組成物のSSFで測定した弾力性の測定結果を併せて示している。図16に示す数値は、対照の測定結果を100(%)とした相対値である。また参考として、豚サーロインの調理済みステーキ(参考例3)及び豚ひき肉の調理済みステーキ(参考例4)のSSFで測定した弾力性の測定結果を併せて示している。

[0164] 図17は、実施例14及び21の調理済みの人工ステーキ肉組成物のSSFで測定した咀嚼性（Chewiness）の測定結果を示すグラフである。対照としてOmniporkのみで作製した調理済みの人工ステーキ肉組成物のSSFで測定した咀嚼性の測定結果を併せて示している。図17に示す数値は、対照の測定結果を100（%）とした相対値である。また参考として、豚サーロインの調理済みステーキ（参考例3）及び豚ひき肉の調理済みステーキ（参考例4）のSSFで測定した咀嚼性の測定結果を併せて示している。

[0165] 図13～17に示すとおり、ゼラチン繊維シート（実施例21）は、処理されたサンプルの凝集性を高めることができた。ゼラチンは粉末形態でも優れた結合剤であるため、繊維ウェブは凝集性の増加に寄与する要因ではなく、ゼラチンタンパク質の固有の結合強度であると結論付けられた。この結合効果は、SSFで測定した硬さでも見られた。より大きな繊維径及びステープルファイバー（短繊維）の長さで、ゼラチン繊維シートは、処理されたサンプルのテクスチャー特性をさらに改善するのに効果的であることが証明される可能性がある。さらに、ゼラチン繊維シートの構造的完全性及び機械的特性は、水分と接触すると低下するため、より高い機械的特性（例えば、より高いシート密度）のゼラチン繊維シートは、ゼラチン繊維シートで処理されたサンプルのテクスチャー特性を改善し得る。

符号の説明

[0166] 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…タンパク質繊維。