

明 細 書

発明の名称：発酵大豆飲料濃縮物及びその製造方法

技術分野

[0001] 本発明は、発酵大豆飲料濃縮物及びその製造方法に関する。

背景技術

[0002] 近年、健康的観点及び食料資源的観点から、大豆やエンドウ豆などの豆類並びに各種ナッツ及び種子類など、タンパク質含量の高い植物素材が、乳や肉に代わる非動物性のタンパク質源として世界的に注目されており、その需要が高まっている。このようなタンパク質含量の高い植物素材は、ミルクやチーズなど乳製品の代替品として利用されるほか、近年では食肉の代替品としても利用が広がっている。2020年における人工肉の世界市場は2500億円以上と推定されているが、2030年には1兆8千億円を越えると試算されている。

[0003] 豆からタンパク質を抽出し、乾燥し、粉末化した粉末は、加工食品の原料として多方面で利用されている。また、飲料としては豆乳類の消費量は年々増加しており、例えば日本国内の豆乳類の生産量はこの10年で約2倍に増加している。タンパク質の含量を高めた特濃タイプの豆乳も開発され、消費は拡大している。

[0004] 一方、発酵食品は自然で健康的な食材として広く知られており、特に乳製品に代表される乳酸菌やビフィズス菌を利用した製品の市場は年々拡大している。また、近年では乳酸菌などの微生物は、乳以外の様々な食品にも利用されており、整腸効果や免疫調節など様々なその健康効果が期待されている。

[0005] そのような背景から植物素材の発酵物として豆乳を乳酸菌などの微生物で発酵したヨーグルト様の発酵物も注目を集めている。一方で大豆由来の発酵製品には、豆臭や青臭さなどの風味上の課題や、豆腐の様な脆い組織となるという物性上の課題がある。そのため、使用する乳酸菌種の選択や添加物の

探索などによる風味向上など、様々な工夫が重ねられてきた（特許文献1）

。

先行技術文献

特許文献

[0006] 特許文献1：特開2018-68267

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0007] 上記のとおり、植物性のタンパク質供給源として、大豆タンパク質を豊富に含む豆乳発酵物に対する需要は大きい、そのような発酵物はまだ種類も限られている。特にタンパク質供給食材としての観点から大豆タンパク質の濃度を高めようと豆乳発酵物の濃縮を試みると、青臭い風味や脆い物性などがより顕著になる。これらの課題を解決するための多くの提案がなされてきており、そのひとつは特定の乳酸菌種を選択することである。しかし、それでは、特定の機能性を有する乳酸菌などの微生物の活用や、独自の特性を有する乳酸菌などの微生物での発酵による製品の差別化などは困難であるという結果になる。

[0008] また、牛乳と大豆はそれぞれに異なるアレルゲンを含み、それぞれが特定原材料に指定されている。そのため、乳製品用の製造設備を大豆製品の製造にも用いることは食の安全面においてリスクを伴い、豆乳発酵には専用設備の設置が求められる。発酵設備は温調装置や防黴性などを要求されるため、その設備投資額は大きく、このことは豆乳発酵物の普及を阻む要因となっている。

[0009] このような背景のもと、本発明は、豆乳など大豆飲料を原料とする新しい発酵物及びその製造方法を提供することを目的とする。本発明は、また、発酵工程で得た発酵大豆飲料が含む大豆タンパク質の総量を上回る量の大豆タンパク質を含む発酵大豆飲料濃縮物及び多様な種類の微生物発酵を経た発酵大豆飲料濃縮物並びにその製造方法を提供することも目的とする。さらに、

本発明は、最終製品の量に対して小規模な発酵設備であっても製造できる発酵大豆飲料濃縮物及びその製造方法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

[0010] 本発明者は、大豆飲料に乳酸菌などの微生物を加えて該大豆飲料を発酵することにより大豆飲料のタンパク質を凝固させた後、得られた発酵大豆飲料と大豆飲料を混合して特定のpH未満となるようにpHを調整し、その混合物から固形分を濃縮することにより得られた発酵大豆飲料濃縮物により、上記の課題が解決できることを見出し、本発明を完成させた。

[0011] すなわち、本発明は以下に関する。

[1]

発酵大豆飲料濃縮物の製造方法であって、
大豆飲料に微生物を加えて大豆飲料を発酵させる、発酵工程、
発酵工程で得た発酵大豆飲料と大豆飲料とを混合して増量してpH6.0未満の混合物を得る、増量工程、及び
増量工程で得た混合物から固形分を濃縮する濃縮工程
を含む、製造方法。

[2]

前記微生物が、Lactobacillus属、Lactococcus属、Leuconostoc属、Streptococcus属、Pediococcus属及びBifidobacterium属から選択される属の微生物を含み、ここで、前記微生物の属は旧分類に基づく、[1]に記載の方法。

[3]

前記濃縮工程が、前記混合物から濃縮した固形分を含む固形画分を分離する工程を含む、[1]又は[2]に記載の方法。

[4]

前記増量工程における大豆飲料の重量が、発酵大豆飲料の重量の20%以上500%以下である、[1]～[3]のいずれかに記載の方法。

[5]

前記増量工程が、37℃以下の温度で実施される、[1]～[4]のい

れかに記載の方法。

[6]

前記発酵工程における大豆飲料及び／又は前記増量工程における大豆飲料の大豆タンパク質含有量が、0.5%以上である、[1] ～ [5] のいずれかに記載の方法。

[7]

前記発酵工程における大豆飲料が、緩衝剤を含む、[1] ～ [6] のいずれかに記載の方法。

[8]

前記増量工程における大豆飲料が、pH調整剤を含む、[1] ～ [7] のいずれかに記載の方法。

[9]

前記発酵工程後の発酵大豆飲料のpHがpH3.5以上pH5.5以下であり、

前記増量工程後の混合物のpHがpH4.7以上pH5.9以下であり、ただし、増量工程後の混合物のpHは発酵工程後の発酵大豆飲料のpHよりも高い、[1] ～ [8] のいずれかに記載の方法。

[1 0]

前記増量工程が、発酵工程で得た発酵大豆飲料と大豆飲料を、pH5.7以下の混合物が得られるように混合する工程である、[1] ～ [9] のいずれかに記載の方法。

[1 1]

前記濃縮工程が、遠心分離装置及び膜分離装置から成る群から選択される装置を用いて実施される、[1] ～ [1 0] のいずれかに記載の方法。

[1 2]

[1] ～ [1 1] のいずれかに記載の方法で製造された、発酵大豆飲料濃縮物。

[1 3]

水分100g当たりのタンパク質量が8g以上である、及び／又は含まれる炭水化物量を1とした場合のタンパク質量相対比（重量比）が4以上である、[12]に記載の発酵大豆飲料濃縮物。

[14]

前記微生物が、Lactobacillus属、Amylolactobacillus属、Holzapfelia属、Bombilactobacillus属、Companilactobacillus属、Lapidilactobacillus属、Agri lactobacillus属、Schleiferilactobacillus属、Lacticaseibacillus属、Paralactobacillus属、Latilactobacillus属、Loigolactobacillus属、Dellagليا属、Liquorilactobacillus属、Ligilactobacillus属、Lactiplantibacillus属、Furfurilactobacillus属、Paucilactobacillus属、Limosilactobacillus属、Secundilactobacillus属、Levilactobacillus属、Fructilactobacillus属、Acetilactobacillus属、Apilactobacillus属、Lentilactobacillus属、Lactococcus属、Leuconostoc属、Streptococcus属、Pediococcus属及びBifidobacterium属から選択される属の微生物を含み、ここで、前記微生物の属は新分類に基づく、[1]に記載の方法。

[15]

前記微生物が、Lactobacillus属、Lacticaseibacillus属、Latilactobacillus属、Lactiplantibacillus属、Limosilactobacillus属、Levilactobacillus属及びStreptococcus属から選択される属の微生物を含み、ここで、前記微生物の属は新分類に基づく、[1]に記載の方法。

発明の効果

[0012] 本発明によれば、新しい発酵大豆飲料濃縮物及びその製造方法を提供することができ、特に、発酵工程で得た発酵大豆飲料が含む大豆タンパク質の総量を上回る量の大豆タンパク質を含む発酵大豆飲料濃縮物を提供することができる。さらに本発明によれば、発酵に用いる微生物種や株の変更のみに頼ることなく、発酵大豆飲料濃縮物の物性や風味を変化させることができる。本発明の製造方法は、最終製品の量に対して小規模な発酵設備であっても製造できるという利点も有する。

図面の簡単な説明

[0013] [図1]実施例1で異なる大豆飲料を発酵して得た発酵大豆飲料濃縮物の、増量工程におけるpHと回収した固形画分率の関係を示した図である。

[図2]実施例4で異なる乳酸菌で発酵して得た発酵大豆飲料濃縮物の、増量工程におけるpHと回収した固形画分率の関係を示した図である。比較例1（非発酵・乳酸添加）で大豆飲料に乳酸を加えた際のpHと回収した固形画分率の関係も示す。

[図3]実施例5で発酵大豆飲料に大豆飲料を混合した際の、混合比とpHの関係を示した図である。

[図4]参考例で、大豆飲料Aを発酵させて得た発酵大豆飲料の酸度とpHの相関を示した図である。両者の関係を示す近似式も示す。

[図5]実施例6で、リンゴ酸ナトリウムを含む大豆飲料とリンゴ酸ナトリウムを含まない大豆飲料を同じ乳酸菌を用いて同じ条件で発酵した後、それぞれの発酵大豆飲料にリンゴ酸ナトリウムを含まない大豆飲料を加えて混合した際の、発酵大豆飲料に対する大豆飲料の添加量と混合後のpHの関係を示す。

[図6]実施例8で得た発酵大豆飲料と、同じ発酵大豆飲料に大豆飲料を加えた後濃縮して得た発酵大豆飲料濃縮物の、物性を比較した図である。

[図7]実施例9において発酵大豆飲料に加える大豆飲料の量を変えて増量工程後のpHを変化させて得られた発酵大豆飲料濃縮物の物性を比較した図である。矢印は、位相差 $\delta^\circ = 45$ の点を示す。

[図8]実施例10において異なる乳酸菌で発酵して得られた発酵大豆飲料濃縮物の物性（ヒステリシス曲線）を比較した図である。

[図9]実施例10において異なる乳酸菌で発酵して得られた発酵大豆飲料濃縮物の物性（ひずみ変化による線形弾性率測定）を比較した図である。

[図10]実施例11において、発酵大豆飲料に大豆飲料を添加する増量工程において温度を変化させた場合に得られる発酵大豆飲料濃縮物の粒度分布及び粒子サイズの小さい方からの累積頻度を比較した図である。

[図11]実施例12において濃縮工程の遠心力を変化させた場合に得られる発酵大豆飲料濃縮物の固形画分率を示した図である。

発明を実施するための形態

[0014] 以下、本発明の実施形態（以下、「本実施形態」ともいう。）について説明するが、本発明は、本実施形態に限定されるものではない。

本実施形態は、発酵大豆飲料濃縮物の製造方法に関し、この方法は：

大豆飲料に微生物を加えて大豆飲料を発酵させる、発酵工程；

発酵工程で得た発酵大豆飲料と大豆飲料とを混合して増量してpH6.0未満の混合物を得る、増量工程；及び

増量工程で得た混合物から固形分を濃縮する濃縮工程を含む。

[0015] 本明細書における大豆飲料は、大豆及び水を原料として製造され、微生物による発酵により大豆タンパク質の凝集物を形成する限り、特に限定されない。その例としては、日本農林規格に定められた豆乳類の規格の中の豆乳及び調製豆乳、並びに同規格の中の豆乳飲料のうち、微生物による発酵で大豆タンパク質の凝集物を形成するものが挙げられる。大豆の繊維質（おから）を、除去することなく飲料中に懸濁した状態で含んでいる豆乳様の飲料であるいわゆる「まるごと大豆飲料」も本実施形態における大豆飲料に含まれる。また、大豆を細かく粉碎した大豆粉や豆乳を乾燥した粉末豆乳などを溶解又は懸濁することにより製造された飲料も含まれる。大豆タンパク質の凝集を妨げない限り、大豆飲料はその他の食品原料や食品添加物を含んでいてもよい。

[0016] 微生物による発酵で大豆タンパク質が凝集する限り、大豆飲料の大豆固形分及び大豆タンパク質の量も特に限定されない。例えば、大豆固形分1%以上（大豆タンパク質換算0.5%以上）、好ましくは4%以上（大豆タンパク質換算1.8%以上）、より好ましくは6%以上（大豆タンパク質換算3.0%以上）の大豆飲料を用いることができる。日本農林規格によれば、豆乳は、大豆固形分8%以上（大豆タンパク質換算3.8%以上）、調製豆乳は、大豆固形分6%以上（大豆タンパク質換算3.0%以上）、豆乳飲料は

、大豆固形分４％以上（大豆タンパク質換算１．８％以上）である。大豆飲料の大豆固形分及び大豆タンパク質の量の上限値は特に限定されず、例えば、大豆飲料は、大豆固形分２０％以下又は１５％以下であってよい。なお、本明細書中において、「％」は、特筆しない限り「重量％」を意味する。

[0017] 大豆飲料の発酵に用いる微生物は、発酵により大豆飲料中のタンパク質を凝集させることができるもので食品に利用できるものであれば、特に限定されない。

[0018] なお、本明細書中において、特筆しない限り、微生物の分類は、２０２０年３月に公知であった分類（本明細書において「旧分類」という。）に基づく。例えば、旧分類としては、Bergey's Manual of Systematic Bacteriology 2nd editionの記載に基づく分類が挙げられる（Lactobacillus属については第３巻（２００９年）に記載されている）。特にLactobacillus属については、旧分類下、２０２０年３月には２６２種から構成されることが知られていたが、２０２０年４月にゲノムレベルでの再分類（本明細書において、「新分類」という。）が発表された（Zheng J, et al., Int J Syst Evol Microbiol. 2020 Apr; 70(4): 2782-2858. なお、新分類においては、２０１９年８月１９日の基準株のゲノムデータを用いている）。旧分類下でLactobacillus属に分類されていた微生物は、新分類下では２５属（Lactobacillus属、Amylolactobacillus属、Holzapfelia属、Bombilactobacillus属、Companilactobacillus属、Lapidilactobacillus属、Agrilactobacillus属、Schleiferilactobacillus属、Lacticaseibacillus属、Paralactobacillus属、Latilactobacillus属、Loigolactobacillus属、Dellaglia属、Liquorilactobacillus属、Ligilactobacillus属、Lactiplantibacillus属、Furfurilactobacillus属、Paucilactobacillus属、Limosilactobacillus属、Secundilactobacillus属、Levilactobacillus属、Fructilactobacillus属、Acetilactobacillus属、Apilactobacillus属、Lentilactobacillus属）に再分類されているが、本明細書においてLactobacillus属という場合、特筆しない限り、旧分類に基づきLactobacillus属に分類されていた微生物を指す。

- [0019] 大豆飲料の発酵に用いる微生物の代表的な例としては、Lactobacillus plantarum（新分類名：Lactiplantibacillus plantarum）やLactobacillus brevis（新分類名：Levilactobacillus brevis）、Streptococcus thermophilus、Lactococcus lactisなど、大豆飲料中で増殖可能で酸生成を行うことが知られた微生物が挙げられる。シュークロース、ラフィノース及びスタキオースなど元来大豆飲料に含まれる糖源や栄養分を利用できない微生物も、大豆飲料にグルコースやフラクトースなどその微生物が利用可能な糖源や栄養分を加えることにより大豆飲料中で酸生成を行うことができれば、利用できる。そのような微生物の例としては、Bifidobacterium属やLactobacillus delbrueckii subsp. bulgaricusが挙げられる。風味改善などを目的としてSaccharomyces属などの酵母を用いてもよい。また、Bifidobacterium属やLactobacillus gasseriなど健康機能性が知られる微生物を用いてもよい。
- [0020] 一態様において、本実施形態の大豆発酵に用いる微生物は乳酸菌及びビフィズス菌から選択され、乳酸菌とビフィズス菌を併用してもよい。そのような微生物としては、例えば、Lactobacillus属、Lactococcus属、Leuconostoc属、Streptococcus属、Pediococcus属、Bifidobacterium属などに属する乳酸菌及びビフィズス菌が挙げられる。これらの属の種としては、例えば、Lactobacillus acidophilus、Lb. brevis（新分類名：Levilactobacillus brevis）、Lb. casei（新分類名：Lacticaseibacillus casei）、Lb. delbrueckii subsp. bulgaricus、Lb. delbrueckii subsp. lactis、Lb. fermentum（新分類名：Limosilactobacillus fermentum）、Lb. gasseri、Lb. helveticus、Lb. johnsonii、Lb. paracasei（新分類名：Lacticaseibacillus paracasei）、Lb. plantarum（新分類名：Lactiplantibacillus plantarum）、Lb. reuteri（新分類名：Limosilactobacillus reuteri）、Lb. rhamnosus（新分類名：Lacticaseibacillus rhamnosus）、Lactococcus lactis subsp. cremoris、Lc. lactis subsp. lactis、Lc. lactis subsp. lactis biovar. diacetylactis、Leuconostoc mesenteroides、Pediococcus acidilactici、P. pentosaceus、Streptococcus thermophilus、Bifidobacterium breve、B. infantis

、B. longumなどが挙げられる。一態様において、本実施形態の大豆発酵に用いる微生物はLactobacillus属、Lactococcus属、Leuconostoc属及びStreptococcus属から選択される属の微生物を含む。

[0021] 一態様において、本実施形態の大豆発酵に用いる微生物は、Lactobacillus属、Amylolactobacillus属、Holzapfelia属、Bombilactobacillus属、Companilactobacillus属、Lapidilactobacillus属、Agrilactobacillus属、Schleiferilactobacillus属、Lacticaseibacillus属、Paralactobacillus属、Latilactobacillus属、Loigolactobacillus属、Dellaglia属、Liquorilactobacillus属、Ligilactobacillus属、Lactiplantibacillus属、Furfurilactobacillus属、Paucilactobacillus属、Limosilactobacillus属、Secundilactobacillus属、Levilactobacillus属、Fructilactobacillus属、Acetilactobacillus属、Apilactobacillus属、Lentilactobacillus属、Lactococcus属、Leuconostoc属、Streptococcus属、Pediococcus属及びBifidobacterium属から選択され、ここで、前記微生物の属は新分類に基づく。一態様において、好ましくは、本実施形態の大豆発酵に用いる微生物は、特に発酵用スターターやプロバイオティクスとして食品工業に多用されるLactobacillus属、Lacticaseibacillus属、Latilactobacillus属、Lactiplantibacillus属、Limosilactobacillus属、Levilactobacillus属及びStreptococcus属から選択され、ここで、前記微生物の属は新分類に基づく。

[0022] 本実施形態の一態様において、微生物は多糖生成菌である。多糖生成能に優れた多糖生成菌株を使用することにより、柔らかく滑らかな発酵大豆飲料濃縮物を得ることができる。多糖生成はあらゆる乳酸菌及びビフィズス菌により可能であり、生成量が多い代表的な種としては、Leuconostoc mesenteroides、Lactococcus lactis subsp. cremoris、Streptococcus thermophilusなどが挙げられる。一態様において、これらは単独又は他の菌と組み合わせて使用することができる。

[0023] 大豆飲料の発酵には、複数種の微生物を組み合わせ用いてもよく、市販品を用いてもよい。例えば、近年では低脂肪や脂肪ゼロを訴求するヨーグル

ト製品を製造するための、乳酸菌などの微生物がスターターメーカー各社から販売されており、そのような微生物は、脂肪分が少なくても多量の多糖を作ることによって、ソフトで滑らかな発酵物を作ることができる。大豆飲料中のタンパク質を凝集させることができる限り、それらを利用してもよい。さらに、従来は乳業用に販売されていた乳酸菌などの微生物を植物質の発酵にも応用できるように、該微生物を含みミルクフリー素材で調製したヨーグルトスターターも市販されており、それらを使用してもよい。例えば、CHR HANSEN社（YOFLEXシリーズ、EXACTシリーズなど）、DUPONT社（YO-MIXシリーズ、CHOOZITシリーズなど）、SACCO社（CRYOFASTシリーズ、LYOFASTシリーズなど）、DSM社（DELVO-YOGシリーズ、DELVO-FRESHシリーズなど）から各種スターターが市販されており、それらのスターターを、得ようとする濃縮物の特性、乳由来成分の可否、風味などを考慮して適宜選択して使用することができる。一実施形態において、特に豆乳の発酵において優れた風味と物性をもたらすことが知られているスターター及び乳酸菌などの微生物を用いることができる。

[0024] 発酵工程について説明する。

発酵に用いる大豆飲料を、発酵に使用する微生物に適した温度（一般的には20℃～45℃の範囲）に調整した後、微生物を接種する。スターターとして用いる微生物の接種には、衛生的に行われる限り、一般的なスターターの接種方法を適用してもよい。市販の乳酸菌粉末や凍結乳酸菌液などを直接大豆飲料に加えて接種してもよいし、予め豆乳などを用いて前培養することにより得られた種菌の培養物を大豆飲料に加えてもよい。大豆飲料は、微生物接種に先立って、予め滅菌、殺菌、除菌など、雑菌による汚染を防止するための処理をすることが望ましい。また、接種前又は接種後の大豆飲料は、発酵前にホモジナイザーで均質化することが好ましい。

[0025] 接種後、微生物が発酵容器に均一に分散する様に一定時間の攪拌を行うことが望ましい。大豆飲料に対するスターターの接種比は、スターターに含ま

れる微生物の菌濃度や活力に応じて適宜設定することができ、通常は0.0001%から10%の範囲である。該接種比は、濃縮スターターの場合は好ましくは0.0001%から0.1%、培養カルチャーをスターターとする場合は好ましくは0.1%から5%の範囲である。市販の微生物を用いる場合、微生物は推奨量で接種することができる。発酵時間も使用する微生物によって適宜設定することができる。数時間で発酵が完了する微生物もあれば、数日かかる微生物もある。発酵工程は、微生物の至適温度付近で実施することが望ましい。高温短時間発酵の微生物は、例えば、35℃から45℃の範囲で2時間から20時間、好ましくは2時間から10時間培養することができる。低温長時間発酵の微生物は、例えば、20℃から35℃の範囲で10時間から240時間、好ましくは10時間から72時間培養することができる。

[0026] 大豆中のタンパク質の等電点はpH4.5付近であるが、大豆飲料においては、pHが5.9を下回るあたりから徐々に固形分の凝集が始まる。凝集が始まるpHは大豆飲料の種類や製造方法、ロットによって多少の変動がある。特に調製豆乳の様に乳化剤や消泡剤など大豆以外の成分を含む大豆飲料においては、凝集が始まるpHは、大豆以外の成分の影響により変動する場合がある。発酵工程は、大豆飲料のpHがこの凝集が起こるpHよりも低下するまで行う。発酵終了時のpHが低いほど、後の増量工程で多量の大豆飲料を加えることができるので、最終的な発酵大豆飲料濃縮物の製造量を増やすことができる。一方、増量工程で加える大豆飲料の量が多いと、発酵工程で生成した種々の成分や微生物数は希釈されることとなる。そのため、製品に求められる要素を考慮して発酵終了時のpHを決めるとよい。例えば、発酵工程において得られる発酵大豆飲料のpHは、pH3.5以上pH5.5以下、pH3.5以上4.7以下、pH3.8以上pH5.5以下又はpH3.8以上4.7以下であることができ、好ましくはpH3.5以上pH5.5以下の範囲であり（小数点第2位を四捨五入した値がこれらの範囲に入る場合を含む。以下pHについて同様である。）、より好ましくはpH3.

8 以上 pH 4.7 以下の範囲である。

[0027] 発酵工程における大豆飲料は、緩衝剤を含んでもよい。緩衝剤は、食品への添加が許容できるものであれば特に限定されず、例えば、リンゴ酸及びその塩（例えばリンゴ酸ナトリウム）、クエン酸及びその塩（例えばクエン酸ナトリウム）、コハク酸及びその塩（例えばコハク酸ナトリウム）などの有機酸及びその塩が挙げられる。緩衝剤を添加することで、添加しない場合と比較して、発酵工程終了時の pH が同程度でも、緩衝作用により発酵大豆飲料の酸度がより高くなる（より多くの乳酸を含有できる）。これにより、続く増量工程において、より多く的大豆飲料を発酵大豆飲料に添加することができる。本明細書における緩衝剤は、pH 調整作用を有するものであってもよく、所望の緩衝作用を有する限り、後述の増量工程における pH 調整剤と同じであってもよい。一態様において、大豆飲料は、好ましくは、酸解離定数（ pK_a ）が 3.8 と 6 の間、例えば 3.8 以上 5.9 以下の緩衝剤を含むことができる。添加量は、緩衝能を発揮する量であれば特に限定されない。

[0028] 増量工程について説明する。

発酵工程が終了した発酵大豆飲料に、大豆飲料を混合して増量する。混合を容易にするために、酸凝固で形成されたカードを破碎することが好ましい。カードは、発酵終了直後に破碎してもよいし、発酵物を冷却してから破碎してもよい。冷却後にカードを破碎すると、発酵大豆飲料の組織が滑らかになる場合が多く、好ましい。カードの破碎方法は限定されない。カードが固い場合は、アジテーターやカードブレイカーなどの機械設備によりカードを破碎する。カードが柔らかい場合は、攪拌せずとも、送液に用いるポンプによってカードが破碎される場合もある。また、カードを、送液管に設けたミキサーを通して破碎することもできる。

[0029] 増量工程で混合する大豆飲料は、種類や組成において、発酵に用いた大豆飲料と同じでも異なってもよい。また、混合の手順については、一定量の発酵大豆飲料に徐々に大豆飲料を加えてもよいし、一定量の大豆飲料に徐々に

発酵大豆飲料を加えてもよい。発酵大豆飲料と大豆飲料を、定量ポンプなどで一定比率で同時に送り込みながら、インラインミキサーなどで混合する方法でもよい。いずれの場合においても、混合物ができるだけ均質になるように容器内で発酵大豆飲料と大豆飲料を攪拌することにより混合を行うことが望ましい。

- [0030] 発酵大豆飲料と大豆飲料の混合比率は、得られる混合物のpHがpH6.0未満の範囲である限り任意であり、製品の設計、例えば使用する大豆飲料、得ようとする物性などに応じて自由に決めることができる。好ましくは混合物のpHが、pH4.7以上pH5.9以下の範囲である。様々な製品設計に適合し得るpHとして、特に、下限値が好ましくはpH4.8、より好ましくはpH5.0、上限値が好ましくはpH5.8、より好ましくはpH5.7、特に好ましくはpH5.6の範囲である。例えば、増量工程で得られる混合物のpHは、pH4.8以上pH5.8以下、pH4.8以上pH5.7以下、pH4.8以上pH5.6以下、pH5.0以上pH5.8以下、pH5.0以上pH5.7以下、又はpH5.0以上pH5.6以下であることができる。上述した発酵工程で酸性に変化したpHが、増量工程で中性側に変化するため、増量工程で得られる混合物のpHは、発酵工程で得た発酵物（発酵大豆飲料）のpHより高くなる。例えば、一態様において、発酵終了時の発酵物のpHは、好ましくはpH3.5以上pH5.5以下の範囲であり、増量工程で得られる混合物のpHは、pH4.8以上pH5.6以下の範囲であり、ただし、混合物のpHは発酵物のpHよりも高い。
- [0031] 増量工程において、発酵大豆飲料と混合する大豆飲料は、pH調整剤を含んでもよい。pH調整剤は、増量工程で得た混合物のpHより大豆飲料のpHが高く維持される限り、特にその種類や量は限定されず、食品への添加が許容されるpH調整剤を使用することができる。増量工程で得た混合物のpHより大豆飲料のpHが高く維持される範囲において、より低いpHであるほど、発酵大豆飲料に対する添加量を増やせるため望ましい。pH調整剤としては、緩衝剤として上述したものをを用いることができ、例えば、クエン酸

、リンゴ酸、コハク酸などの有機酸をpH調整剤として使用することができる。

[0032] 増量工程で加えた大豆飲料中の大豆タンパク質は、発酵大豆飲料と混合されることによってpHが低下し、そのため、該大豆タンパク質は短時間のうちに凝集する。混合終了時のpHが低いと最終的に得られる発酵大豆飲料濃縮物が比較的固く、混合終了時のpHが高いと最終的に得られる発酵大豆飲料濃縮物が比較的柔らかい。一方、混合終了時のpHが低いと、続く濃縮工程でホエイ分離する場合に分離が容易になり、固形画分を回収しやすい。混合終了時のpHが高過ぎると、固形分の一部がホエイに流出又は残存したり、固形画分回収のためにより高度な分離条件が必要となる場合がある。さらにpHは高いほど酸味は感じ難くなる。目的に応じてこれらの要素を考慮して、発酵大豆飲料と大豆飲料の混合物のpHを決めることができる。大豆飲料の種類や乳酸菌の種類を変えても大豆飲料中で凝集が形成されるpHの値に大きな差は生じないが、多少の変動は生じ得る。したがって、増量工程終了時の混合物のpHは、予備試験に基づいて設定することが望ましい。

[0033] 増量工程で混合する大豆飲料の量は、混合物のpHに応じて適宜決定することができる。例えば、その下限値については、発酵大豆飲料の0.1倍（10%）以上、好ましくは0.2倍（20%）以上、より好ましくは0.3倍（30%）以上、さらに好ましくは0.5倍（50%）以上、さらにより好ましくは1倍（100%）以上、例えば1.5倍（150%）以上の量の大豆飲料を混合することができる。また、その上限値は、増量工程後のpHが所望の範囲である限り、特に限定されない。例えば、混合する大豆飲料のpHが低い場合には、例えば発酵大豆飲料の20倍（2000%）程度の量の大豆飲料を混合してもよい。一態様において、発酵大豆飲料の好ましくは1.5倍（1500%）以下、より好ましくは10倍（1000%）以下、例えば5倍（500%）以下の量の大豆飲料を添加することができる。例えば、増量工程において、発酵大豆飲料の0.1倍以上1.5倍以下、0.1倍以上10倍以下、0.1倍以上5倍以下、0.2倍以上1.5倍以下、0.2倍

以上10倍以下、0.2倍以上5倍以下、0.3倍以上15倍以下、0.3倍以上10倍以下、0.3倍以上5倍以下、0.5倍15倍以下、0.5倍以上10倍以下、又は0.5倍以上5倍以下の量の大豆飲料を混合することができる。

[0034] 一態様において、上述のとおり、発酵工程における大豆飲料は緩衝剤を含み、これにより、発酵後の酸度を高めることができる。その結果、増量工程により多く的大豆飲料を添加することができ、固形分の回収量が増加し得る。また、増量工程における大豆飲料はpH調整剤を含むことができる。その結果、増量工程により多く的大豆飲料を添加することができ、固形分の回収量が増加し得る。本実施形態の製造方法によれば、このように、増量工程で大量に大豆飲料を添加した場合でも、固形分率の高い発酵大豆飲料濃縮物を得ることができる。したがって、最終製品の量に対して小規模な発酵設備であっても発酵大豆飲料濃縮物を製造することができる。

[0035] 増量工程で加えた大豆飲料中のタンパク質の凝集は、微生物の発酵に頼らない化学的な反応により生じ、したがって、増量工程では発酵工程の様に発酵微生物の至適温度を維持する必要はない。むしろ増量工程は、温度を低く維持しながら実施した方が、よりきめ細かな組織を有する最終製品が得られる。理論に束縛されるものではないが、その理由は以下のように考えられる：発酵大豆飲料中の乳酸が大豆飲料中のタンパク質と混合されてタンパク質の凝集を起こす化学反応を低温でゆっくり進めることにより、局所的なタンパク質凝集の発生を防ぐことができる。したがって、一態様において、発酵工程で得た発酵大豆飲料を冷却し、予め冷却された大豆飲料と混合することが、両者を冷却せずに混合するよりも望ましい。また、発酵に用いた微生物の代謝が活発な温度で発酵大豆飲料と大豆飲料を混合すると2次発酵が起こってpHが更に低下し、そのため混合物のpHを一定値で留めることが難しい場合がある。かかる観点からも、増量工程を低温で実施することが好ましい。

[0036] 例えば、増量工程は、45℃未満、例えば43℃以下、好ましくは37℃

以下、より好ましくは30℃以下の温度で実施することができる。一態様において、0～20℃の温度範囲で増量工程を実施することができる。ただし増量工程前の事前冷却は、本実施形態において不可欠なものではない。また混合と冷却を瞬時に同時に行うこともでき、これは、例えば、インラインミキサーなどの強い攪拌力を持つ装置に発酵大豆飲料と大豆飲料を少量ずつ同時に送り込んで瞬時に混合しながら冷却プレートで直ちに冷却することにより実現できる。

[0037] 濃縮工程について説明する。

増量工程で得た発酵大豆飲料と大豆飲料の混合物においては、発酵大豆飲料に由来する大豆タンパク質が酸により凝集しているばかりでなく、後から加えられた大豆飲料中の大豆タンパク質もまた発酵大豆飲料中の酸によって凝集している。したがって、凝集した固形分を混合物から濃縮することで、発酵工程で発酵した大豆飲料中のタンパク質に加えて増量工程で加えた大豆飲料中のタンパク質も同時に濃縮することができる。そのため、発酵工程後に混合物をそのまま濃縮した場合と比較して、発酵槽の大きさに比して大量の発酵大豆飲料濃縮物を得ることができる。濃縮工程は、好ましくは、混合物から濃縮した固形分を含む固形画分を、液性画分であるホエイなどから分離する工程を含む。なお、本実施形態において、固形分を濃縮するとは、濃縮前と比較して、固形分を含む画分である固形画分から水分が減少することを指し、濃縮工程後の固形画分は、水分を含んでもよい。好ましくは、濃縮工程において、混合物から固形分を濃縮し、分離可能な固形画分を得ることができる。

[0038] 固形分の濃縮は、食品加工や食品製造に一般的に用いられる方法によって実施することができ、例えば、遠心分離装置（セパレーター）、膜分離装置、あるいはそれらの組み合わせによって行うことができる。フィルタープレスなどの圧搾機や脱水機など、目の細かいろ過設備であり工業的に固体と液体を分離できる装置を、特に限定なく、濃縮操作に利用することができる。遠心分離により濃縮を実施する場合、例えばクワルクチーズの製造に用いら

れるクワルクセパレーターなど食品加工用の遠心分離機を利用することができる。遠心分離時の回転速度は、所望の濃縮物が得られる限り特に限定されず、例えば $15,000 \times g$ 以下、好ましくは $1,500 \times g \sim 10,000 \times g$ 、より好ましくは $3,000 \times g \sim 8,000 \times g$ の範囲である。得ようとする濃縮物の物性に依じて、回転速度や処理時間を適宜設定することができる。膜分離については、食品加工で使われる精密ろ過膜（MF膜）又は限外濾過膜（UF膜）を利用できる。

[0039] このような遠心分離装置や膜分離装置による濃縮操作によって、大豆や微生物に由来する低分子の臭い物質や発酵で生じた乳酸を含む有機酸、大豆飲料中の糖類などが、ホエイと共に固形分から分離される。濃縮により得られる固形画分にも一定量のホエイが残存するものの、増量工程前の発酵大豆飲料やその発酵大豆飲料を増量工程なしでそのまま濃縮して得た濃縮物に比較して、上述の濃縮操作によって大幅に有機酸、臭い物質、糖類などの濃度を下げることができる。また、濃縮操作によって、大豆タンパク質は固形画分に回収されるため、発酵工程で得た大豆飲料発酵物が含む大豆タンパク質の総量を上回る量の大豆タンパク質を含む大豆飲料発酵物を得ることができる。

[0040] 遠心分離装置を用いる場合は遠心速度、分離板面積、送液量などによって、膜分離装置を用いる場合は膜面積や送液量、送液圧力などによって、濃縮後の固形画分と分離液との比を調節することができる。この調節によって、得られる固形画分の硬さや流動性などを調整することができる。

[0041] この様にして得た発酵大豆飲料濃縮物は、固形分の高いギリシアヨーグルトの様な物性と風味を有し、そのまま食したり、調理素材として用いたりすることができる。本実施形態の製造方法によれば、目的に応じた風味や物性の付与も容易である。例えば、増量工程で混合物のpHをpH6に近い高い値に調整することによって酸味を抑えると、大豆を原料として製造された、クリームのような濃厚な口当たりを持つ食素材として活用できる濃縮物が得られる。また、このような発酵大豆飲料濃縮物は酸味を感じにくいため、紅茶

やココア、チョコレートなど酸味と合わせることが難しい素材やフレーバーで発酵大豆飲料濃縮物に風味を付けることも容易である。また、濃縮工程で固形分を高くすることによって、ギリシアヨーグルトよりも更に濃厚なクワルクチーズの様な食感を持つ発酵大豆飲料濃縮物を得ることもでき、このような発酵大豆飲料濃縮物は、大豆を原料として製造したフレッシュチーズの代替食品としても利用できる。発酵大豆飲料濃縮物に酢や食塩、香辛料など調味原料を加え、得られた調味済み濃縮物を、サラダディップやサラダドレッシング、マヨネーズなどの調味ソースとして利用できる。発酵大豆飲料濃縮物は、凍結することにより氷菓として利用してもよい。

[0042] 得られた発酵大豆飲料濃縮物はそのまま用いてもよいが、殺菌によって微生物の発酵を抑えることにより、その賞味期限を延長することができる。殺菌温度と殺菌時間は使用する菌株によって異なる。高温で殺菌すると大豆タンパク質が変性して物性の低下を招くことから、発酵大豆飲料濃縮物は、55℃以上63℃以下の温度で30秒から10分間殺菌処理することが望ましい。

また、風味や物性などの観点から濃縮後の殺菌を避けたい場合には、発酵タンクや分離設備を蒸気滅菌可能かつ密閉型の設備にすることにより、製造工程での微生物汚染を防いで衛生的な産物を得ることができる。なお、この場合、発酵に用いた微生物は生残するため、後発酵が弱い微生物を使用することが望ましい。

[0043] 本実施形態において、発酵大豆飲料濃縮物とは、大豆飲料を発酵して得られた発酵大豆飲料の濃縮物を含む限り特に限定されず、発酵していない大豆飲料の濃縮物や他の成分を含んでもよい。好ましくは、本実施形態における発酵大豆飲料濃縮物は、発酵大豆飲料の濃縮物に加えて、未発酵の大豆飲料の濃縮物を含む。

[0044] 以上の工程を経て製造された発酵大豆飲料濃縮物は、以下の特徴の少なくとも一以上を有する。

1) 大豆飲料中の大豆タンパク質を酸凝固させた後にホエイ画分を除いてい

るため、発酵大豆飲料濃縮物は、高い大豆タンパク質含有率を有する。

2) 発酵大豆飲料濃縮物は、大豆タンパク質の他に乳酸菌などの微生物が生成する多糖類や菌体そのものを含む。そのため、発酵大豆飲料濃縮物は、大豆飲料に乳酸を加えて大豆タンパク質を酸沈殿させて得た濃縮物に比較して柔らかく、流動性を維持し、滑らかな物性を有する。特に多糖生成量の多い微生物を発酵に用いた場合、発酵大豆飲料濃縮物は柔らかく滑らかな物性を有する。

3) 発酵により大豆飲料中のタンパク質を凝集させることができる限り、食品に利用可能な微生物を幅広く用いることができる。物性や風味を微生物の種類に応じて微妙に変更できるため、菌株の特性を生かした設計ができる。微生物発酵に由来する健康効果も期待できる。

4) 発酵して凝固した後に大豆飲料を加えてpHを高くしてから濃縮を行うため、発酵大豆飲料濃縮物のpHも発酵直後に比較して高く、摂食した際に酸味を感じにくい。

5) 必須の原料は大豆飲料と発酵用微生物のみであり、基本的に他の添加物は必要としない。

[0045] また、本実施形態の製造方法は、上記の特徴に加えて以下の利点を有する。

1) 発酵設備を小型化できる。発酵設備は、加熱殺菌設備や保温装置、冷却装置が付随し、密閉性も要求される。そのため発酵設備は通常のタンクなどに比較して大型で高価である。液状のタンパク質を乳酸発酵によって凝固させる製法としては、ヨーグルトやチーズの製法の様に、全量発酵が一般的である。しかし全量発酵においては、長い発酵時間にわたり発酵液を発酵タンク内に静置する必要があることから、必要な発酵タンクの容量とスペースが大きく、高価な発酵設備に対する大きな設備投資や製造施設を設置するためのスペース確保が必要である。これに対し、本実施形態の製造方法では、使用する大豆飲料の一部のみを発酵し、残りは発酵後に混合するだけである。そのため、本実施形態の製造方法では、発酵に必要な設備やスペースを小さく

くすることができる。

[0046] 2) 厳密な発酵管理が不要である。上記1) で言及したような全量発酵の場合、発酵終了時の酸度やpHが製品の品質を決定付ける。したがって、冷却によって発酵を止めるタイミング、発酵タンク冷却水の温度管理、発酵設備内の温度ムラによる発酵の進み具合の違いなどに細心の注意を払って発酵を管理する必要がある。一方、本実施形態の製造方法では最終製品の酸度やpHは、発酵大豆飲料と未発酵の大豆飲料を混合する増量工程で調整することができ、厳密な発酵管理は必要ない。

[0047] 3) 発酵に用いる大豆飲料や微生物の種類にかかわらず、発酵大豆飲料濃縮物を製造することができる。大豆飲料としては、無調整豆乳や調製豆乳、まると大豆飲料など、大豆タンパク質を含む様々なものを利用できる。また、発酵に用いる微生物も、大豆飲料を発酵して酸を生成することによりタンパク質凝固を生じさせることができれば限定されないため、菌種や菌株の選択の自由度が高い。

[0048] 本実施形態は、また、発酵大豆飲料濃縮物にも関する。一態様において、本実施形態の発酵大豆飲料濃縮物は、タンパク質を水分100g当たり8g以上、好ましくは10g以上含む。一態様において、本実施形態の発酵大豆飲料濃縮物は、その組成中の炭水化物量に対するタンパク質量の比（重量比）が、炭水化物量1に対して、タンパク質量4以上、好ましくは5以上である。

一態様において、本実施形態の発酵大豆飲料濃縮物（例えば、後述の実施例で得られる発酵大豆飲料濃縮物）は、30ml容量のテルモシリンジ（針なし）で吸引吐出することにより発酵大豆飲料濃縮物の組織を均質化した後に粒度分布計（レーザ回折／散乱式）で測定した粒子径分布において、粒子径ピークが20μm以下、好ましくは15μm以下である。一態様において、本実施形態の発酵大豆飲料濃縮物は、上記の方法で測定した粒子径分布において、全粒子に対する50μm以上の大きさの粒子の割合が20%以下、好ましくは10%以下、より好ましくは5%以下であり、さらに好ましくは

2%以下であり、特に好ましくは1%以下である。一態様において、本実施形態の発酵大豆飲料濃縮物は、チクソトロピー性を有する。一態様において、本実施形態の発酵大豆飲料濃縮物は、レオメーターでせん断速度 ($\dot{\gamma}$; $1/s$) を20から100まで変化させた場合のせん断応力 (τ ; Pa) が、70以上150以下である。

実施例

[0049] 以下の実施例は、少なくとも下記(1)～(3)の工程を含む発酵大豆飲料濃縮物の製造方法に関する。

- (1) 大豆飲料に微生物を加えて大豆飲料を発酵させ、発酵大豆飲料を得る、発酵工程。
- (2) 発酵大豆飲料と大豆飲料とを混合して増量する増量工程。
- (3) 増量工程で得られた混合物を濃縮する濃縮工程。

[0050] [実施例1]

本試験は、種類や銘柄の異なる大豆飲料を原料として用いたときの、増量工程における大豆飲料混合後のpHと濃縮工程後の固形画分率の関係を示す。

市販の大豆飲料6種類に乳酸菌スターター(Sacco社 SY42)をメーカー推奨接種率にて接種し、発酵(43℃、10時間)を行った。冷蔵庫で15℃以下に冷却した後、乳酸発酵によって形成されたカードをへらを用いて破碎した。それぞれの発酵大豆飲料に、発酵に使用したのと同じ大豆飲料を徐々に加えて増量し、攪拌混合した。得られた混合物を、工機ホールディングス Himac CR-N22高速冷却遠心機とR12A6ローターを用いて遠心分離(7,000×g, 10min)して、上清と沈殿に分離し、その後、上清を棄てて固形画分を回収した。

[0051] 発酵大豆飲料に加える大豆飲料の量を変えることにより、混合した後のpHを調整した。調整後のpHと、遠心分離で回収した発酵大豆飲料濃縮物の固形画分率との関係を図1に示した。固形画分率は、遠心分離後に上清を棄てて得られた固形画分の重量の、遠心分離前の発酵大豆飲料と大豆飲料の混

合液の総重量に対する比（固形画分の重量／遠心分離前の発酵大豆飲料と大豆飲料の混合液の総重量）である。この結果から、使用した大豆飲料の違いにより得られる固形画分率は異なるが、いずれの大豆飲料の場合も、増量工程における大豆飲料混合後のpHが5.6から6.0の間で、濃縮工程後の固形画分率が大きく変化することがわかる。いずれの大豆飲料の場合でも、固形画分率は、増量工程における大豆飲料混合後のpHが5.7以下、特に5.6以下で高く、6.0以上で低かった。

[0052] なお、ここで用いた大豆飲料は以下の6種類である。

大豆飲料A：キッコーマン飲料株式会社 おいしい無調整豆乳1000ml
（大豆固形分8%以上）

大豆飲料B：キッコーマン飲料株式会社 調製豆乳1000ml（大豆固形分7%）

大豆飲料C：マルサンアイ株式会社 毎日おいしい無調整豆乳 1000ml
（大豆固形分9%）

大豆飲料D：マルサンアイ株式会社 調製豆乳 1000ml（大豆固形分7%）

大豆飲料E：大塚食品株式会社 国産大豆のミルクのようにやさしいダイズ
950ml（まるごと大豆飲料。大豆固形分7%以上）

大豆飲料F：キッコーマン飲料株式会社 豆乳飲料バナナ200ml（大豆固形分4%以上）

[0053] [実施例2]

本試験においては、水で希釈して含有成分量を変化させた大豆飲料に乳酸菌を加えて発酵した際の到達pHを調べた。実施例1の大豆飲料Aをイオン交換水で1.3倍、2倍、2.7倍、4倍及び8倍に希釈した後、希釈した大豆飲料Aを実施例1の乳酸菌を用いて発酵（43℃、12時間）し、発酵完了時のpHを調べた。大豆飲料Aの組成を表1に示す。表1の組成は、メーカーによる測定に基づく栄養成分表示の通りである。表2に、各サンプルの希釈率、希釈率に基づいて算出した含有タンパク質量、及び発酵後のpH

を示す。いずれの希釈率においても到達 pH は希釈操作をしない場合と同等以下であり、大豆飲料中のタンパク質を指標として大豆タンパク質量 0.5 % まで希釈しても発酵可能であることが確認された。

[表1]

表示項目	表示値
熱量	57 kcal
たんぱく質	4.1 g
脂質	3.7 g
ー飽和脂肪酸	0.48 g
コレステロール	0 mg
炭水化物	1.8 g
ー糖質	1.6 g
ー食物繊維	0.2 g
食塩相当量	0 g
カリウム	213 mg
カルシウム	17 mg
マグネシウム	28 mg
鉄	0.5 mg

[表2]

希釈倍数	タンパク含量 (%)	発酵後到達 pH
1.0	4.1	4.34
1.3	3.1	4.28
2.0	2.1	4.19
2.7	1.5	4.16
4.0	1.0	4.19
8.0	0.5	4.22

[0054] [実施例 3]

本試験においては、水で希釈して含有成分量を変化させた大豆飲料及びその発酵大豆飲料を原料とした場合に濃縮工程で得られる固形画分率を調べた

。実施例 1 の大豆飲料 A をイオン交換水で 2 倍、4 倍、8 倍に希釈した後、希釈した大豆飲料 A を実施例 1 の乳酸菌を用いて発酵（37℃、16 時間）し、同様に希釈した大豆飲料 A を加えて pH を 5.4 及び pH 6.2 に調整した。対照として、無希釈の大豆飲料 A を用いて、同様の手順を実施した。各サンプルを工機ホールディングス Himac CR-N22 高速冷却遠心機と R18A ローターを用いて遠心分離（7,000×g, 10 min）し、上清を棄てて固形画分を回収した。原料とした大豆飲料の希釈倍数において、増量工程で調整した pH ごとに、得られた固形画分率を表 3 に示す。大豆飲料の希釈倍数に応じて、得られる固形画分率は低下するが、固形画分率に希釈倍数を掛けた数値を比較すると、いずれの希釈倍数のサンプルもほぼ同じ数値を示した。大豆タンパク質を指標とした濃度が少なくとも 0.5 % 以上の大豆飲料では、濃縮工程での固形分の回収の効率はほぼ差がないことが確認された。

[表3]

希釈倍数 (A)	タンパク含量 (%) (B)	pH 5.4での 固形画分率	pH 6.2での 固形画分率	A × B
1	4.1	0.51	0.13	4.1
2	2.1	0.26	0.06	4.2
4	1.0	0.12	0.03	4.0
8	0.5	0.06	0.02	4.0

[0055] [比較例 1]

本試験は、実施例 4 の発酵大豆飲料に代えて、大豆飲料に乳酸を添加して pH を低下させて調製した凝乳を用いた際の、増量工程後の pH と濃縮工程後の固形画分率の関係を示したものである。

実施例 1 の大豆飲料 A に乳酸（食品添加物）を加えて pH を 4.5 に低下させて凝乳を調製した。この凝乳に同じ大豆飲料を加えて pH を調整した後

、得られた混合液を工機ホールディングス H i m a c C R - N 2 2 高速冷却遠心機と R 1 2 A 6 ローターを用いて遠心分離（7, 0 0 0 × g, 1 0 m i n）し、上清を棄てて固形画分を回収した。大豆飲料を加えて調整した後の p H と、遠心分離後に得られた固形画分率の関係を図 2 に示した。固形画分率は、遠心分離後に上清を棄てて得られた固形画分の重量の、遠心分離前の凝乳と大豆飲料の混合液の総重量に対する比（固形画分の重量／遠心分離前の凝乳と大豆飲料の混合液の総重量）である。大豆飲料を加えて調整した後の p H が p H 4. 5 から p H 5. 6 までの範囲において固形画分率は 0. 3 7 から 0. 4 7 で僅かずつ上昇したが、p H 5. 7 では固形画分率は 0. 0 7 に急激に低下した。p H 5. 8 以上では固形画分率は 0. 0 3 であった。

[0056] [実施例 4]

本試験は、菌種や菌株の異なる乳酸菌スターターを用いて大豆飲料を発酵した際の、その後の増量工程での大豆飲料混合後の p H と、濃縮工程後の固形画分率との関係を示したものである。

実施例 1 の大豆飲料 A に異なる 4 種類の市販の乳酸菌スターターを別々に適量（メーカー推奨量）接種し、発酵（4 3 ℃、1 0 時間；乳酸菌 D のみ 3 0 ℃、2 4 時間）を行った。それぞれの乳酸菌で調製した発酵大豆飲料に、発酵に使用したものと同一大豆飲料を異なる比率で加え、攪拌混合して増量した。得られた混合物の p H を測定し、その後、工機ホールディングス H i m a c C R - N 2 2 高速冷却遠心機と R 1 2 A 6 ローターを用いて遠心分離（7, 0 0 0 × g, 1 0 m i n）により混合物を濃縮した。上清を棄て、固形画分物を回収した。

[0057] 発酵大豆飲料と大豆飲料を混合後の p H と、固形画分率との関係を図 2 に示す。固形画分率は、遠心分離後に上清を棄てて得られた固形画分の重量の、遠心分離前の発酵物と大豆飲料の混合液の総重量に対する比（固形画分の重量／遠心分離前の発酵物と大豆飲料の混合液の総重量）である。この結果から分かる通り、いずれの乳酸菌スターターを用いた場合も、増量工程にお

ける大豆飲料混合後のpHが5.6と6.0の間の範囲で、濃縮工程後の固形画分率が大きく変化した。具体的には、固形画分率は、pH5.6以下では高く、pH6.0以上では低かった。比較例1において同じ大豆飲料Aを使用した場合に著しく固形画分率が低かったpH5.7においても、いずれの乳酸菌で発酵した場合においてもpH5.6の場合と同様に高い固形画分率が得られた。増量工程における大豆飲料混合後のpHがpH5.8以上では固形画分率は低下するが、いずれの乳酸菌を用いた場合も比較例1の様な極端な低下ではなかった。また5.7よりも低いpHでは、いずれの乳酸菌で培養した場合でも比較例1よりも高い固形画分率が得られた。比較例1と実施例4では以下の違いが見られた：比較例1ではpH5.6をピークにpHが低いほど固形画分として回収できる嵩がより少なく、これに対し、実施例4ではpHが低いほど固形画分として回収できる嵩が増えた。また、実施例4で得た発酵大豆飲料濃縮物は、どのpHにおいても比較例1で得たものに比較して柔らかく滑らかな組織であった。さらに実施例4で得た発酵大豆飲料濃縮物は、用いた乳酸菌によって、その風味と物性に違いが感じられ、それぞれの乳酸菌の発酵の特徴を伴っていた。

[0058] 理論に束縛されるものではないが、乳酸菌で発酵した実施例4の場合には、乳酸菌体や乳酸菌が生成した多糖類などが含まれることから、それらが絡み合って、発酵物の比率が高いほど固形画分として回収される嵩が増えると考えられる。各乳酸菌による発酵物としての特性が多少反映されるものの、いずれの乳酸菌を用いた場合でも、増量工程後のpH値と濃縮後の固形画分率との関係は、同様の傾向を示した。一方、乳酸で酸凝固させた凝乳においては、増量工程後のpHが低いほど大豆タンパク質の凝集が強くなり、その結果固形画分として回収される嵩が小さくなったと考えられる。

[0059] なお、各乳酸菌スターターは以下のとおり、それぞれが異なる性質を有し、乳酸菌種も異なる。乳酸菌Dは低温長時間で発酵を行うことができ、その他は高温短時間で発酵を行うことができる。

・乳酸菌A：Y O - M I X 8 8 3 (D U P O N T 社 Streptococcus thermop

hiles と Lactobacillus delbrueckii subsp. bulgaricus) ミルクフリー。

多糖生成能高。比較的柔らかな発酵物が得られる。

・乳酸菌B:CRYOFAST SY42 (SACCO社 Streptococcus thermophiles と Lactobacillus delbrueckii subsp. bulgaricus) ミルクフリー。比較的しっかりした組織の発酵物が得られる。

・乳酸菌C:CRYOFAST SY1 (SACCO社 Streptococcus thermophiles と Lactobacillus delbrueckii subsp. bulgaricus) 酸味が強い発酵物が得られる。

・乳酸菌D:CRYOFAST MW031N (SACCO社 Lactococcus lactis subsp. lactis、Lactococcus lactis subsp. cremoris、Lactococcus lactis subsp. lactis biovar. diacetylactisと Leuconostoc mesenteroides) 甘い香りを伴い、エメンタルチーズに似た風味を有する発酵物が得られる。

[0060] [実施例5]

本試験においては、本実施形態の一態様の増量工程における、一定量の発酵大豆飲料に対する、添加可能な大豆飲料の量の比を確認した。

実施例1の大豆飲料Aに実施例4の乳酸菌Bを適量(メーカー推奨量)接種し、発酵(43℃、10時間)を行った。得られた発酵大豆飲料に、発酵に用いたものと同じ大豆飲料を異なる量で添加し、攪拌混合した。得られた混合物のpHを測定した。

[0061] 添加した大豆飲料の量の、発酵大豆飲料の量に対する比と、混合後のpHとの関係を図3に示す。実施例1の結果から、本試験で用いた大豆飲料Aは、pH5.7以下のpHにおいて高い固形画分率をもたらすことが確認されている。本試験におけるpH5.7となる大豆飲料の添加率は360%であった。言い換えると、増量工程で発酵大豆飲料の量に対して3.6倍量の大豆飲料を添加しても、十分量の固形分が回収できることが確認された。図1に示すとおり、大豆飲料の種類により、高い固形画分率が得られる増量工程後のpH値は多少変動がある。ここで、大豆飲料のpHが低ければ、多量の

大豆飲料を添加しても低いpHの混合物が得られる。したがって、大豆飲料の種類やpHなどによっては、増量工程で非常に多量（20倍量程度、例えば10倍程度）の大豆飲料を添加しても十分量の固形分を回収できると考えられる。増量工程において添加する大豆飲料の量の下限値は、混合後のpHが所望の範囲になる限り特に限定されず、例えば、該大豆飲料の量は、発酵大豆飲料の量に対して10%、20%又は30%などであってもよいと考えられる。

[0062] [参考例]

実施例1の大豆飲料Aを、実施例1と同様の乳酸菌で発酵させ、発酵物中の乳酸酸度とpHの関係を経時で実測した。発酵物の乳酸酸度（単に、酸度ということもある。）は、平沼自動滴定装置COM-1700A（平沼産業株式会社）を用いて測定した。結果を図4に示す。図4に示したグラフに基づき、pHと乳酸酸度の関係を示す近似式を導き、これも図4に示した。pHとこの近似式に基づき算出した乳酸酸度との対応表を下記表4に示す。

[表4]

pHと乳酸酸度の対応表（実施例1の大豆飲料A）

pH	3.9	4.0	4.2	5.7	5.8	6.0	6.5	6.8
酸度 (%)	0.747	0.710	0.640	0.234	0.214	0.178	0.093	0.072

[0063] 上記表4の対応表に基づき、混合物をpH5.7又はpH5.8に調整するために必要な、発酵大豆飲料1部に対する大豆飲料の量（重量換算）を算出した。それらの結果を以下の表5及び表6に示す。算出結果から明らかのように、十分に発酵したpH3.9の発酵物に無調整豆乳を加えてpH5.8に調整する場合には、15倍程度の豆乳を添加することができる。pHと酸度の関係は大豆飲料によって多少異なり得ることも考慮すると、この結果からも、発酵大豆飲料のpH、大豆飲料のpH及び目的とする混合物のpHに応じて、発酵大豆飲料の20倍程度の大豆飲料を添加することができると考えられる。

[表5]

発酵大豆飲料 1 部に対する大豆飲料の量（混合物の pH を 5.7 とする場合）

		発酵大豆飲料 pH		
		pH 3.9	pH 4.0	pH 4.2
大豆飲料 pH	pH 6.0	9.2	8.6	7.3
	pH 6.5	4.0	3.7	3.1
	pH 6.8	3.2	2.9	2.5

[表6]

発酵大豆飲料 1 部に対する大豆飲料の量（混合物の pH を 5.8 とする場合）

		発酵大豆飲料 pH		
		pH 3.9	pH 4.0	pH 4.2
大豆飲料 pH	pH 6.0	14.8	13.8	11.8
	pH 6.5	4.9	4.5	3.9
	pH 6.8	3.7	3.5	3.0

[0064] [実施例 6]

大豆飲料を加える発酵大豆飲料の緩衝能が高いほど、pH は変化し難く、より多くの大豆飲料を加えることができる。そこで本試験では、大豆飲料に有機酸の塩を加え、発酵を行い、増量工程では有機酸塩を含まない大豆飲料を加え、大豆飲料の添加量と pH の関係を調べた。

[0065] 実施例 1 の大豆飲料 A にリンゴ酸ナトリウムを 0% から 0.8% の濃度で添加し、実施例 1 の乳酸菌で発酵（43℃、12 時間）を行った。発酵前後の pH と発酵後酸度を表 7 に示す。発酵物の乳酸酸度は、平沼自動滴定装置 COM-1700A（平沼産業株式会社）を用いて測定した。表 7 に示すとおり、リンゴ酸ナトリウムの添加量を変えても発酵前後の pH は大きく変化しなかった。一方で、発酵物の酸度はリンゴ酸ナトリウムの添加量が多くなるほど高くなった。

[表7]

リンゴ酸Na濃度 (%)	pH		発酵後酸度 (%)
	発酵前	発酵後	
0.00	6.61	4.37	0.70
0.05	6.61	4.36	0.72
0.10	6.61	4.37	0.74
0.20	6.60	4.39	0.77
0.40	6.58	4.42	0.82
0.80	6.56	4.42	0.85

[0066] そこで、次に、リンゴ酸ナトリウムを含まない発酵大豆飲料又はリンゴ酸ナトリウムを0.8%含む発酵大豆飲料に、リンゴ酸ナトリウムを含まない大豆飲料を加えた際の、大豆飲料の添加量（発酵大豆飲料に対する添加量（%））とpHの関係を図5に示す。図5に示すとおり、リンゴ酸ナトリウムを含む発酵大豆飲料では、それを含まない発酵大豆飲料と比較して、同じpHに調整するために必要な大豆飲料の添加量が多くなった。例えばpH5.7に調整する場合、リンゴ酸ナトリウムを含まない発酵大豆飲料には、発酵物の量の3.5倍量程度大豆飲料を添加した一方で、0.8%のリンゴ酸ナトリウムを含む発酵大豆飲料には、発酵物の量の5倍量以上の大豆飲料を添加した。発酵大豆飲料の緩衝能が高い場合には、増量工程における発酵物への大豆飲料の添加量を増やすことができ、したがって、次工程の濃縮工程において、同じ量の発酵大豆飲料からより多くの固形分を得ることができると考えられる。

[0067] 数種の緩衝剤について検討したところ、以下のことが明らかになった：発酵大豆飲料の調製において、リンゴ酸ナトリウムに代えて、又はリンゴ酸ナトリウムに加えて、例えばクエン酸ナトリウム、コハク酸ナトリウムなどのpKaが3.8と6の間、例えば3.8以上5.9以下（発酵物のpHと増量後のpHの間）である有機酸の塩を添加すると、発酵大豆飲料の緩衝力が特に高くなり、発酵時に同じpHでもより多くの乳酸を生成することができる（酸度が高くなる）。その結果、増量工程時により多くの大豆飲料を添加

することができ、固形画分の回収量が増加すると考えられる。

また、発酵大豆飲料に添加する大豆飲料は増量工程で目標とするpHよりも高いpHである必要があり、そのような範囲においてより低いpHであると添加できる量は多くなる。したがって、大豆飲料にpH調整剤を添加してpHを調整することにより、更にその添加量を増やすこともできる。

[0068] [実施例7]

本試験では、本実施形態の一態様において、発酵大豆飲料、増量工程を経ずに発酵大豆飲料をそのまま濃縮することにより得られた濃縮物、及び発酵大豆飲料に大豆飲料を加える増量工程を実施してから濃縮することにより得られた発酵大豆飲料濃縮物のそれぞれの組成を分析して比較した。

実施例1の大豆飲料Aに実施例4の乳酸菌Bを適量（メーカー推奨量）接種し、発酵（43℃、10時間）を行った。以下のとおり、サンプル1～5を調製した。

- ・ サンプル1：得られた発酵大豆飲料そのもの
- ・ サンプル2：得られた発酵大豆飲料をそのまま遠心分離（7,000×g, 10min）して得られた濃縮物
- ・ サンプル3：サンプル2を得る際の遠心分離で得られた上清（ホエイ）
- ・ サンプル4：発酵大豆飲料に、発酵に用いたものと同じ大豆飲料を添加して増量し、攪拌混合してpH5.5に調整した後、混合物を遠心分離（7,000×g, 10min）することによって得られた発酵大豆飲料濃縮物
- ・ サンプル5：サンプル4を得る際の遠心分離で得られた上清（ホエイ）

サンプル1～5を一般財団法人日本食品分析センターに送付して栄養成分分析を依頼した。

[0069] 結果を表8に示す。発酵後の大豆飲料中のタンパク質量は、表1に示した発酵前のタンパク質量から変化しなかった。大豆飲料を発酵したのみのサンプル1中のタンパク質含量に比較して、発酵大豆飲料をそのまま濃縮したサンプル2中のタンパク質含量は1.6倍に高くなった。発酵大豆飲料に大豆飲料を添加して混合した後に混合物を濃縮することにより得られた発酵大豆

飲料濃縮物であるサンプル4中のタンパク質含量は、サンプル1中のタンパク質含量と比較して2.2倍と、さらに高くなっている。炭水化物の量は、サンプル1、2、及び4で大きな差はなかった。

次に、各サンプルについて同量、具体的には100gの発酵大豆飲料を処理した場合に得られるタンパク質の総量に着目する。大豆飲料を発酵したのみで得られたサンプル1のタンパク質含量は4.1gであった。これに対して、発酵大豆飲料をそのまま濃縮したサンプル2では、計算によれば、4.0gのタンパク質（濃縮物のタンパク質含量6.6g/100gに、60%の回収率を掛けて得られる値）がサンプル中に回収されたことになり、サンプル1とほぼ変わらない。一方、発酵大豆飲料に大豆飲料を加えた後に混合物を濃縮することにより得られた濃縮物（サンプル4）では、計算によれば、12.6gのタンパク質（タンパク質含量9.0g/100gに、大豆飲料を加えて増した容量比である3.33を掛け、さらに42%の回収率を掛けて得られる値）がサンプル中に回収されたことになり、サンプル4のタンパク質収量はサンプル2のその3倍以上であったことが確認された。また、発酵大豆飲料をそのまま濃縮することによって得たホエイ（サンプル3）や発酵大豆飲料に大豆飲料を添加して混合後に混合物を濃縮することによって得たホエイ（サンプル5）はタンパク質含量が低く、このことから、発酵大豆飲料や添加した大豆飲料中の大豆タンパク質が効率良く濃縮物に回収されていることが確かめられた。

[表8]

サンプル 番号	サンプル概要	発酵物:飲料比	遠心後 回収率	水分 (g/100g)	タンパク 質 (g/100g)	脂質 (g/100g)	灰分 (g/100g)	炭水化 物 (g/100g)
1	発酵大豆飲料	1.00 : 0	遠心なし	90.3	4.1	3.3	0.5	1.8
2	発酵大豆飲料の濃縮物 (大豆飲料の添加無)	1.00 : 0	60%	85.6	6.6	5.4	0.6	1.8
3	サンプル2のホエイ	1.00 : 0	40%	97.3	0.3	0.1	0.5	1.9
4	発酵大豆飲料濃縮物 (大豆飲料添加後濃縮)	1.00 : 2.33	42%	81.0	9.0	7.7	0.6	1.7
5	サンプル4のホエイ	1.00 : 2.33	58%	96.9	0.5	0.1	0.5	2.1

[0070] 上記表8中のサンプル1、2及び4について、水分100g当たりのタン

パク質量、サンプル中の炭水化物量に対するタンパク質量の比、を以下に示す。また、発酵前的大豆飲料Aをサンプル0とする。水分100g当たりのタンパク質量が、サンプル0～2では8g未満であったのに対し、サンプル4では10g以上であった。また、炭水化物量に対するタンパク質量の比が、サンプル0～2では4未満であったのに対し、サンプル4では5以上であった。

[表9]

各サンプルの比較

サンプル 番号	サンプル概要	水分100gに対する タンパク質量 (a)	(a)についてサンプル1を1 とした場合の相対比	炭水化物量を1とした場合 のタンパク質量の相対比 (b)	(b)についてサンプル1 を1とした場合の相対比
0	大豆飲料 (発酵前)	4.54	1.00	2.24	0.99
1	発酵大豆飲料	4.54	1.00	2.27	1.00
2	発酵大豆飲料の濃縮物 (大豆飲料添加なし)	7.71	1.70	3.66	1.61
4	発酵大豆飲料濃縮物 (大豆飲料添加後濃縮)	11.11	2.45	5.29	2.33

[0071] [実施例8]

本試験においては、大豆飲料を発酵したのみで得られた産物と、発酵大豆飲料と大豆飲料を混合する増量工程後に混合物を濃縮することにより得られる産物との間の、物性の違いを確認した。

実施例1の大豆飲料Aに実施例4の乳酸菌Bを適量（メーカー推奨量）接種し、発酵（43℃、10時間）を行った。得られた発酵大豆飲料に、未発酵の同じ大豆飲料を加えて増量し、攪拌混合して、pHを5.6に調整した。その後、工機ホールディングス Himac CR-N22高速冷却遠心機とR12A6ローターを用いて混合物を遠心分離（7,000×g, 10min）した。上清を棄てて、固形画分を回収した。発酵のみ行うことにより得られたサンプルと、発酵後に大豆飲料の添加による増量及び遠心分離による濃縮を行うことにより得られたサンプルについて、レオメーター（HAKE Viscotester iQ）を用いて、せん断速度を連続的に変化させて、ヒステリシス曲線の測定を行った。

[0072] 結果を図6に示す。濃縮を行うことにより得られたサンプルは、発酵のみ

行うことにより得られたサンプルに比較して、測定した全せん断速度域において、高い粘度を有することが確認された。それに伴って、濃縮を行うことにより得られたサンプルは、せん断応力も高く、速度の上昇時と下降時の曲線に囲まれた面積も大きく、チクソトロピー性が認められた。以上により、大豆飲料を発酵したのみの場合と発酵後に大豆飲料を混合して濃縮を行った場合では、得られる産物の物性が明らかに異なっており、発酵だけでは得られない物性を有する産物が本製法によって得られることが確認された。また、発酵後に大豆飲料を混合して濃縮を行った場合、発酵した場合に比較して、チクソトロピー性が高いため、両者の間には食感にも大きな違いがある。具体的には、発酵後に大豆飲料を混合して濃縮を行うことにより得られた産物は、スプーンで掬う時や口に入れた直後などは粘度を感じて濃厚でありながら、かき混ぜたり咀嚼したりすると滑らかで飲み込みやすい物性の産物であった。

[0073] [実施例 9]

本試験においては、増量工程において発酵大豆飲料に加える大豆飲料の量を変えて増量混合時の pH を変化させると、濃縮後に得られる発酵大豆飲料濃縮物の物性も異なることを確認したものである。

実施例 1 の大豆飲料 A に実施例 4 の乳酸菌 B を適量（メーカー推奨量）接種し、発酵（43℃、10時間）を行った。得られた大豆発酵物に、未発酵の同じ大豆飲料を様々な添加量で加えて増量し、攪拌混合することによって pH 5.0、pH 5.5、pH 5.6 及び pH 5.7 に調整した。その後、工機ホールディングス Himac CR-N22 高速冷却遠心機と R12A6 ローターを用いて、それぞれの混合物を遠心分離（7,000×g, 10min）した。上清を棄てて固形画分を回収した。得られた 4 種の固形画分について、レオメーター（HAKE Viscotester iQ）を用いて、ひずみ変化による線形弾性率測定を行った。

[0074] 結果を図 7 に示す。G'（貯蔵弾性）、G''（損失弾性）ともに、pH が高くなるほど低い値を示すこと、言い換えると、pH が高くなると組織が軟

化することが確認された。また、弾性と塑性の遷移点を示す G' と G'' の曲線の交差点（位相差 $\delta^\circ = 45$ となる点）も、 $pH 5.0$ と $pH 5.5$ 以上との間で違いが認められた。以上により、増量工程において発酵大豆飲料に大豆飲料を加えた後の pH を変えることにより、異なる物性を有する発酵大豆飲料濃縮物を製造することができることが確認された。

[0075] [比較例 2]

本試験は、実施例 10 のための対照である。詳細には、本試験においては、乳酸菌による発酵により得られた発酵大豆飲料の代わりに、大豆飲料に乳酸を加えて酸凝固させたものを用いた場合の産物の物性を調べた。

実施例 1 の大豆飲料 A に乳酸（食品添加物）を加えて pH を 4.5 に低下させて凝乳を調製した。この凝乳に、同じ大豆飲料を加えて $pH 5.6$ に調整した。その後、工機ホールディングス Himac CR-N22 高速冷却遠心機と R12A6 ローターを用いて、混合物を遠心分離（ $7,000 \times g$, 10 min）し、上清を棄てて固形画分を回収した。得られた固形画分について、レオメーター（HAKE Viscotester iQ）を用いてせん断速度を連続的に変化させてヒステリシス曲線の測定を行った。また、該固形画分について、同装置を用いてひずみ変化による線形弾性率測定を行った。結果は実施例 10 で説明する。

[0076] [実施例 10]

本試験においては、発酵に用いる乳酸菌株のみが異なる条件において得られた発酵大豆飲料濃縮物の物性を比較した。

実施例 1 の大豆飲料 A に、3 種類の異なる市販乳酸菌スターター（実施例 4 の乳酸菌 A 若しくは B）又は乳酸菌 E（ST386（SACCO 社 Streptococcus thermophiles））を適量（メーカー推奨量）接種し、発酵（ $43^\circ C$ 、10 時間）を行った。得られた発酵大豆飲料に未発酵の同じ大豆飲料を加えて増量し、攪拌混合して $pH 5.6$ に調整した。その後、工機ホールディングス Himac CR-N22 高速冷却遠心機と R12A6 ローターを用いて、それぞれの混合物を遠心分離（ $7,000 \times g$, 10 min）し、

上清を棄てて固形画分を回収した。得られた3種の固形画分について、レオメーター（H A A K E V i s c o t e s t e r i Q）を用いてせん断速度を連続的に変化させてヒステリシス曲線の測定を行った。また、これらの3種の固形画分について、レオメーター（H A A K E V i s c o t e s t e r i Q）を用いてひずみ変化による線形弾性率測定を行った。

[0077] ヒステリシス曲線の結果を図8に示す。乳酸菌で発酵することにより得られた本実施例のサンプルは、比較例2の酸凝固品を用いて得られたサンプルと比較して、調べたせん断速度の全域でせん断応力、粘度共に顕著に低い値を有した。また使用した乳酸菌によって、同じせん断速度における粘度やせん断応力の値が異なること、言い換えると、使用する微生物を変えることにより、ある程度異なる物性を有する発酵大豆飲料濃縮物を製造できることが確認された。多糖生成力が強く低脂肪乳や植物質の発酵に適した株として市販されている乳酸菌AやBを用いて得られたサンプルは、柔らかい物性を有し、比較例2の酸凝固品を用いて得られたサンプルや乳酸菌Eを用いて得られたサンプルと比較して、せん断応力、粘度共に低い値を有した。

[0078] 線形弾性率測定の結果を図9に示す。乳酸菌で発酵することにより得られた本実施例のサンプルは、比較例2の酸凝固品から得られたサンプルと比較して、 G' （貯蔵弾性）、 G'' （損失弾性）共に顕著に低い値を有し、特に多糖生成力が高い乳酸菌AやBを用いて得られたサンプルは低い値を有した。この結果より、大豆飲料に乳酸を加えて得た酸凝固品から得られたサンプルと比較して、発酵大豆飲料濃縮物は、濃縮工程後に柔らかく滑らかな物性を有し、特に多糖生成が高い株を用いた大豆飲料濃縮物は、より柔らかく滑らかであることが確認された。なお、図7と図9の測定結果の微差は、発酵容器からスプーンですくい取ったサンプルを測定装置の測定部位に移す操作の際の組織破壊の程度に起因するが、 G' 及び G'' 値の示す挙動は両測定で同様であることが確認できた。発酵大豆飲料濃縮物は、レオメーターでせん断速度（ $\dot{\gamma}$ ；1/s）を20から100まで変化させた場合のせん断応力（ τ ；Pa）が、70以上150以下であった。

[0079] 以上のレオメーターでの測定の結果は、食感によっても裏付けられた。乳酸菌による発酵物を用いて得られたサンプルは、酸凝固品を用いて得られたサンプルと比較して、柔らかくて滑らかな組織を有し、特に乳酸菌A及びBを用いたものは滑らかであった。一方で、乳酸菌Eを用いて得られたサンプルは、比較的しっかりした組織を有し、濃厚感を強く感じるものであった。

[0080] [実施例11]

本試験においては、増量工程において発酵大豆飲料と大豆飲料を混合する際の温度が、濃縮工程を経て得られる発酵大豆飲料濃縮物の物性に与える影響を調べた。

実施例1の大豆飲料Aに実施例4の乳酸菌Aを適量（メーカー推奨量）接種し、発酵（43℃、10時間）を行った。発酵を終えた発酵大豆飲料は4℃に冷却した後に試験に用いた。冷却後の発酵大豆飲料と、発酵に用いたものと同じ大豆飲料を、0℃、20℃、30℃、37℃、43℃のそれぞれの温度に調整した恒温槽に入れてコンディショニングした。その後、発酵大豆飲料と大豆飲料を、各温度に維持したまま、pH5.5となるように、混合して増量した。各温度に維持した混合物を、それぞれ工機ホールディングス Himac CR-N22 高速冷却遠心機とR12A6ローターを用いて遠心分離（7,000×g, 10min）した。上清を棄てて固形画分を回収した。得られた各サンプルについて、30ml容量のテルモシリンジ（針なし）で吸引吐出することにより組織を均質化した後に、粒度分布計（株式会社堀場製作所製 レーザ回折／散乱式粒子径分布測定装置LA-960）により粒子径分布を測定した。

[0081] 結果を図10に示す。0℃、20℃、30℃、37℃、43℃と増量工程時の温度が高くなるにしたがって、粒度分布において明らかに大きな粒子が増える傾向が認められた。特に温度の上昇とともに、粒子径5μmから20μm付近の粒子の数が減少し、50μmから100μm付近の粒子の数が顕著に多くなる傾向が認められた。これに伴い、食感も変化し、具体的には、増量工程時の温度が低い方が食感はより滑らかであり、温度が高くなると舌

にざらつきを感じた。また、各粒子径分布測定における、粒子サイズの小さい方からの累積頻度（積算分布）も図10に示す。増量工程時の温度が低くなるにつれて、全粒子に対する $50\mu\text{m}$ 以上の粒子の比が20%以下、10%以下、5%以下と低下し、口当たりの良さが向上した。全粒子に対する $50\mu\text{m}$ 以上の粒子の比を5%以下、より好ましくは2%以下、特に好ましくは1%以下に抑えることが、滑らかな食感を維持する上で望ましいと考えられる。

[0082] [実施例12]

本試験においては、濃縮工程において固液の分離を遠心分離装置により行う事例において、遠心力と得られる固形画分率の関係を調べた。

実施例1の大豆飲料Aに実施例4の乳酸菌Cを適量（メーカー推奨量）接種し、発酵（ 43°C 、10時間）を行った。得られた発酵大豆飲料に発酵に用いたものと同じ大豆飲料を添加して増量し、攪拌混合してpH5.5に調整した。得られた混合物を、遠心機（工機ホールディングス Himac CR-N22高速冷却遠心機とR18Aローター）で遠心分離し、固液を分離した。食品工業用の遠心分離装置は、分離板型のものが多く、その遠心力は一般的に $5,000\times g$ から $10,000\times g$ 程度である。分離板型遠心機では分離板の間隔が1mm以下と狭いため瞬時の沈降を可能にしている。しかしながら、本試験では沈降距離の長い50mlの遠沈管を用いた実験であるため、遠心時間を10分間とした。遠心力が $3,000\times g$ から $10,000\times g$ となるようにローターの回転速度を調整し、各遠心力において得られた固形画分の比率を比較した。固形画分の比率は、遠心分離後に上清を棄てて得られた固形画分の重量を、遠心分離に供したサンプル重量で割ることにより求めた。

[0083] 結果を図11に示す。試験した $3,000\times g$ から $10,000\times g$ の遠心力においていずれも固形画分は上清ときれいに分離され、上清に濁りは認められなかった。固形画分の比率は0.43から0.64の範囲であり、遠心力が高くなるに伴って固形画分の比率が低下した。これは遠心力が強いほ

ど固形画分が圧縮されて含まれるホエイが固形画分から滲出したためと考えられる。この結果から、食品工業に用いられる一般的な遠心分離装置を用いることによって本発明における濃縮工程を容易に実施できることが確認された。また、遠心分離の条件を調節することで、目的とする硬さの製品を得られることが確認された。

[0084] 本出願は、2020年3月16日に出願された日本国特許出願第2020-45455号に基づく優先権を主張するものであり、その内容はここに参照として組み込まれる。

産業上の利用可能性

[0085] 本発明の製造方法によれば、大豆タンパク質含有量が高い発酵大豆飲料濃縮物を、小型の発酵設備でも効率よく製造できる。また、本発明の製造方法においては、用いる大豆飲料や発酵微生物の選択の自由度も広く、それぞれの材料の特性を生かした発酵大豆飲料濃縮物を製造することができる。また本発明の製造方法によれば、滑らかな物性を有する発酵大豆飲料濃縮物を製造することができる。製造した発酵大豆飲料濃縮物は、食品としてあるいは食品製造の原料として広く用いることができる。

請求の範囲

- [請求項1] 発酵大豆飲料濃縮物の製造方法であって、
大豆飲料に微生物を加えて大豆飲料を発酵させる、発酵工程、
発酵工程で得た発酵大豆飲料と大豆飲料とを混合して増量してpH
6.0未満の混合物を得る、増量工程、及び
増量工程で得た混合物から固形分を濃縮する濃縮工程
を含む、製造方法。
- [請求項2] 前記微生物が、Lactobacillus属、Lactococcus属、Leuconostoc属、Streptococcus属、Pediococcus属及びBifidobacterium属から選択される属の微生物を含み、ここで、前記微生物の属は旧分類に基づく、請求項1に記載の方法。
- [請求項3] 前記濃縮工程が、前記混合物から濃縮した固形分を含む固形画分を分離する工程を含む、請求項1又は2に記載の方法。
- [請求項4] 前記増量工程における大豆飲料の重量が、発酵大豆飲料の重量の20%以上500%以下である、請求項1～3のいずれか一項に記載の方法。
- [請求項5] 前記増量工程が、37℃以下の温度で実施される、請求項1～4のいずれか一項に記載の方法。
- [請求項6] 前記発酵工程における大豆飲料及び／又は前記増量工程における大豆飲料の大豆タンパク質含有量が、0.5%以上である、請求項1～5のいずれか一項に記載の方法。
- [請求項7] 前記発酵工程における大豆飲料が、緩衝剤を含む、請求項1～6のいずれか一項に記載の方法。
- [請求項8] 前記増量工程における大豆飲料が、pH調整剤を含む、請求項1～7のいずれか一項に記載の方法。
- [請求項9] 前記発酵工程後の発酵大豆飲料のpHがpH3.5以上pH5.5以下であり、
前記増量工程後の混合物のpHがpH4.7以上pH5.9以下で

あり、ただし、増量工程後の混合物のpHは発酵工程後の発酵大豆飲料のpHよりも高い、請求項1～8のいずれか一項に記載の方法。

[請求項10] 前記増量工程が、発酵工程で得た発酵大豆飲料と大豆飲料を、pH 5.7以下の混合物が得られるように混合する工程である、請求項1～9のいずれか一項に記載の方法。

[請求項11] 請求項1～10のいずれか一項に記載の方法で製造された、発酵大豆飲料濃縮物。

[請求項12] タンパク質を水分100g当たり8g以上含む、及び／又は含まれる炭水化物量に対するタンパク質量の比（重量比）が4以上である、請求項11に記載の発酵大豆飲料濃縮物。