

地域産素材を活用した食品の技術支援 (R5)

公益財団法人とかち財団 ものづくり支援部

食品技術グループ 横山真由子

1. 研究の背景と目的

たんぱく質は生体内で代謝の調節、物質輸送、防御等に関わる重要な栄養素であり、エネルギー源としても利用されている。たんぱく質は他の栄養素から体内で合成できず、必ず摂取しなければならない必須栄養素である¹⁾。日本人の食事摂取基準においてたんぱく質の目標量が設定されており、フレイル予防を考慮した改定も行われている²⁾。健康食品摂取の目的としても「たんぱく質の補充」が挙げられており、たんぱく質補給食品への消費者の関心は高い³⁾。また、健康の保持・増進だけではなくスポーツ競技者の筋肉量の増加においてもたんぱく質摂取は非常に重要である⁴⁾。

一方で、十勝地域はたんぱく質源となる肉類、乳製品、豆類等を生産しており、多くの低利用・未利用資源や食材の加工利用促進の余地を秘めている。牛肺は一部地域では食用として利用されている。これらのうち、低利用資源においては畜産副産物である牛肺の付加価値化、食材の利用促進においては大豆を丸ごとペースト化する技術について企業要望が寄せられている。本試験では牛肺の加工方法の開発と、大豆に含まれる栄養素の溶出を抑えた効率的な大豆ペーストの製造方法を検討することで、低利用資源の利用促進と大豆に含まれるたんぱく質等の栄養素を余すことなく摂取できる製品開発を目指した。

2. 試験研究の方法

2-1. 牛肺の利用促進のための加工方法の開発

2-1-1. 牛肺の特徴分析

牛肺は利用実績が少ない食材であることから、その特徴を把握するため、一般成分および味質・香り・食感を分析した。牛肺をカット後にミルサーで粉砕し、分析まで-40℃で冷凍保存した。常圧加熱・乾燥助剤法(135℃2時間)による水分量の測定、マクロ改良ケルダール法によるたんぱく質量の測定、ソックスレー抽出法による脂質量の測定、直接灰化法による灰分量の測定を行った⁵⁾。

ガス火を用いてフライパンで焼成した牛肺、比較対象として牛レバー、牛肩ロースを蒸留水で100倍希釈してミルサーで1分間攪拌した溶液をろ過して味認識装置(TS-5000Z、株式会社インテリジェントセンサーテクノロジー)により味質を分析した。

15 mL容ガラスバイアル瓶に粉砕したサンプル2gを加えて、ヘッドスペースガスをSPME法(DVB/Carboxen/PDMS, 50/30 μm, Supelco)により分析した⁶⁾。ヘッドスペースガスを50℃、30分間吸着して、ガスクロマトグラフ質量分析計(GCMS-QP2010 Plus、株式会社島津製作所)を用いて揮発成分を分析した。

牛肺の食感を評価するため、牛肺を肺実質、気管支、肺胸膜の3部位に分けた(図1)。

各 50g ずつ 10 分間沸騰水中で茹でた後、濃口しょうゆ 25g、上白糖 25g、蒸留水 50g を混合した調味液と共に 3 分 30 秒間加熱し、食感を簡易的に官能評価した。

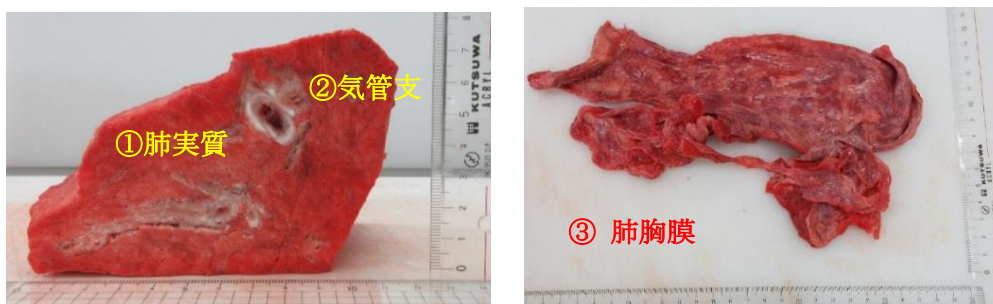


図 1.牛肺の組織画像

左:牛肺の断面、右:トリミングした肺胸膜

2-1-2. 牛肺のオフフレーバー改善の検討

牛肺特有の臭み（オフフレーバー）を改善するため、マスキング剤である「こま味 DSW」（奥野製薬株式会社）1.5%溶液を調整し、肉重量の 2 倍量に牛肺を 18 時間浸漬した。取り出した牛肺を沸騰水中で 10 分間加熱した。冷却した後、15 mL 容ガラスバイアル瓶に微細化したサンプル 2g を量り、2-1-1 記載の方法で揮発成分を分析した。

上記の方法で「こま味 DSW」溶液に浸漬した牛肺を沸騰水中で 10 分間加熱した。濃口しょうゆ 25g、上白糖 25g、蒸留水 50g を混合した調味液と共に 3 分 30 秒間加熱した。5 名のパネルによる官能評価により、マスキング剤使用の有無による咀嚼時の不快臭の強さを 2 点比較法によって評価した。

2-2. 大豆ペーストの製造条件の検討

前処理条件の検討として、大豆成分のロスが少ない下茹で時間と温度を検討した。大豆乾豆は十勝産トヨマサリ 3 等級を用いて 18 時間蒸留水に浸漬し、前処理として 90°C、1 分、5 分、10 分、15 分、20 分加熱をそれぞれ行った。対照は特許⁷⁾に記載のある 85°C、20 分加熱とした。その後、乾豆重量に対して 3~4 倍の水分を加えて、マスコロイダー処理（セレンディピターMKCA6-3、増幸産業株式会社）により大豆ペーストを得た。次に、115°C で F 値が 4 となるようにレトルト殺菌機(RCS-40RTG、株式会社日阪製作所)を用いて大豆ペーストを加熱処理した。大豆ペーストの水分量を常圧加熱乾燥助剤法（105°C2 時間）、たんぱく質量をマクロ改良ケルダール法にて測定した⁵⁾。

味・食感を簡易的に官能評価した。85°C、20 分加熱により調製した大豆ペーストと 90°C、10 分加熱により調製した大豆ペーストをそれぞれ蒸留水で 5 倍希釈してミルサーで 1 分間攪拌して抽出、ろ過した溶液を味認識装置(TS-5000Z、株式会社インテリジェントセンサーテクノロジー)により味質を分析した。糖度の比較を行うため上記 2 種類の大豆ペーストを各 2g ずつ蒸留水で 5 倍希釈した溶液を 12,000rpm で 5 分間遠心分離を行った。上澄み

液の糖度を糖度計(RX-7000 α、株式会社アタゴ)にて測定した結果に希釈倍率を乗じて糖度を算出した。糖濃度は高速液体クロマトグラフ法により分析した。分析条件は次の通りである。カラム：Asahipak NH2P-50 4E、移動相：CH3CN/水/りん酸=70/30/0.2、流速：1.0ml/min、オープン温度：50℃、検出器 示差屈折計 RID-10A (株式会社島津製作所)。

3. 結果と考察

3-1. 牛肺の利用促進のための加工方法の開発

3-1-1. 牛肺の特徴分析

牛肺と牛の他部位である肩ロース、もも、レバーの栄養成分を比較した(表 1)。牛肺は水分とたんぱく質の比率に対して脂質含量が低く低エネルギーであった。比較した部位の中でもレバーに近い成分組成であった。また、固形換算値で比較すると牛肺は高たんぱく質素材であることが分かった。したがって、牛肺は低エネルギーの食品や高たんぱく質の食品に興味を持つ消費者にニーズのある素材となる可能性が考えられた。

味質を肩ロース、レバーと比較した(図 2)。ヒトの認識可能な強度以下であった酸味、渋味刺激、塩味、苦味、渋味と、簡易的な官能評価では認識されなかった塩味は図より除いた。旨味、旨味コク、苦味雑味の3つの項目から、牛肺は肩ロースよりもレバーに近い味質であった。食感は気管支に次いで肺胸膜が硬く、肺実質が最も柔らかかった(データ省略)。どの部位も共通して弾力があり特徴的な食感であるため、部位の分別加工を行わなくても牛肺の特長になりうると思われた。揮発成分を肩ロース、レバーと比較するとヘキサナール、ヘプタナール、オクタナール、ノナナールといったアルデヒド類が他の部位より割合が高かった(表 2)。これらのアルデヒド類がオフフレーバーとして敬遠される可能性が示唆された。以上より、牛肺は高たんぱく質で特有の食味、食感を持ち合わせた有用な食材であることが分かった。しかし、牛肺の利用を促進するためにはオフフレーバーのマスキングが重要であると思われた。

表 1. 牛肺と他部位との栄養成分の比較

	栄養成分値/100 g				栄養成分値/100 g(乾物重量)			
	牛肺	肩ロース*1	もも*1	レバー*1	牛肺	肩ロース*2	もも*2	レバー*2
エネルギー(kcal)	107.4	221	148	119	—	—	—	—
水分(g)	77.9±0.0	63.8	71.4	71.5	—	—	—	—
炭水化物(g)	1.1	0.1	0.4	3.7	5.0	0.3	1.4	13.0
たんぱく質(g)	17.2±0.7	17.9	19.6	19.6	77.8	49.4	68.5	68.8
脂質(g)	3.8±0.9	17.4	8.6	3.7	17.2	48.1	30.1	13.0
灰分(g)	1.0	0.8	1.0	1.5	4.5	2.2	3.5	5.3

*1. 日本食品標準成分表(八訂)増補2023年より引用

*2. 日本食品標準成分表(八訂)増補2023年記載データより算出

3-1-2. 牛肺のオフフレーバー改善の検討

マスキング剤による揮発成分への影響を分析した（表 3）。マスキング剤を使用するとヘプタナールの割合が有意に減少した。ヘプタナールは腐敗様の香りを持つため、不快臭が低減される可能性が示唆された。官能評価により咀嚼時の不快臭を評価した結果、マスキング剤を使用した牛肺の方が低減していると回答したパネルは 5 名中 4 名であった。この原因は上述のヘプタナールの割合の減少と、「こま味 DSW」に含まれる成分がニオイ物質と化学反応する事による消臭効果⁸⁾ が働いていた可能性が考えられた。以上の検討により、市販マスキング剤である「こま味 DSW」は牛肺喫食時のオフフレーバー低減が期待でき、牛肺の利用促進のために有用な前処理方法であると考えられた。

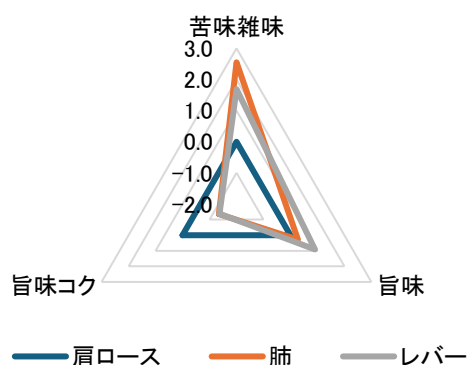


図 2. 牛肺と他部位との味質比較

表 2. 牛肺と他部位との揮発成分比較 (面積%)

	Hexanal	Heptanal	Octanal	Nonanal
牛肺	32.0±2.1	2.7±0.2	2.7±0.7	12.5±1.0
肩ロース	6.8±2.3	0.4±0.4	0.3±0.6	0.7±0.7
レバー	1.4±1.4	0.4±0.2	0.1±0.1	0.4±0.2

表 3. マスキング剤を使用した牛肺の揮発成分

	面積 (×10 ⁴)				面積%			
	Hexanal	Heptanal	Octanal	Nonanal	Hexanal	Heptanal	Octanal	Nonanal
マスキング剤不使用	647±96	59±5	47±6	70±6	35.6±3.2	3.3±0.2a	2.6±0.2	3.9±0.2
マスキング剤使用	809±0	42±0	39±14	54±16	33.9±5.4	1.7±0.4b	1.6±0.5	2.2±0.6

*異なるアルファベット間に有意水準 5% で有意差があった事を表す。

3-2. 大豆ペーストの製造条件の検討

前処理条件の検討のため、加熱条件の違いによる水分、たんぱく質量を比較した（表4）。90℃、20分以内の加熱では水分、たんぱく質、共に大きな差は見られなかった。味・食感に関しては前処理なしのみ、おから様の食感となったが、他の違いは殆どなかった。作業性は短時間の加熱は温度管理が難しいため5分以下の加熱条件を除外した。最も短時間で調製可能な90℃、10分間の加熱を至適前処理条件として、特許に記載された条件である85℃、20分加熱との比較を行った（図3）。味質の比較はヒトの認識可能な強度以下であった酸味、渋味刺激、塩味、苦味、渋味は図より除いた。塩味は簡易的な官能評価では認識されなかったため図より除いた。85℃、20分加熱と90℃、10分加熱の味質に大きな違いは見られなかった。したがって、90℃、10分加熱は特許に記載された条件である85℃、20分加熱と味質が劣らないと考えられた。糖度、糖濃度は85℃、20分加熱と比較して90℃、10分加熱はわずかに高い数値であった（表5）。したがって、90℃、10分加熱は85℃、20分加熱と糖度、糖濃度に関しても劣らないと考えられた。以上より、特許製法である85℃、20分加熱と比較して90℃、10分加熱は品質として劣る事は無く、短時間で製造が可能な条件であると考えられた。

表 4. 加熱条件による成分、味・食感、作業性の比較

	平均水分 (g/100g)	たんぱく質 (g/100g)	味・食感	作業性 (温度管理)
前処理なし	78.8	8.8	×	○
85℃、20分加熱	81.6	8.8	○	○
90℃、1分加熱	78.2	8.1	○	×
90℃、5分加熱	78.9	8.5	○	×
90℃、10分加熱	78.7	8.1	○	○
90℃、15分加熱	79.4	8.4	○	○
90℃、20分加熱	79.1	8.4	○	○

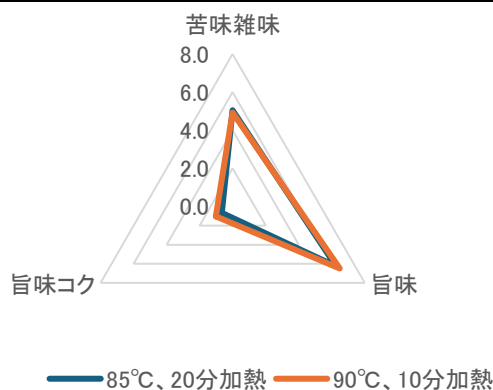


図 3. 前処理条件による味質の比較

表 5. 製法による糖度と総糖濃度の比較

	85°C、20 分加熱	90°C、10 分加熱
糖度(Brix%)	5.3	5.5
総糖濃度(g/100g)	1.4	1.6

4. まとめ

たんぱく質補給食品は現在、商品が非常に多様化している。十勝地域ではたんぱく質を多く含む多様な素材が生産されているため、十勝地域から多様なたんぱく質補給食品を発信することが可能と考えられる。本研究では十勝管内で利用が少ない牛肺の不快臭低減処理方法の知見を得た。これによって牛肺を用いた加工の幅が広がるだけでなく、牛肺の価値も向上する事が期待される。加えて、牛肺を用いた加工食品等が普及する事により十勝に牛肺を喫食する新たな食文化が構築されていく事も期待される。また、大豆ペースト製造において本研究により溶出成分が少なく短時間で製造可能な加熱条件を明らかにした。この製法が効率的な生産に生かされる事が期待される。本研究によって検討した技術により十勝の高たんぱく質素材の普及と商品の充実に繋がる事を期待している。

5. 参考文献

- 1) 「日本人の食事摂取基準（2015年版）策定検討会」報告書
<https://www.mhlw.go.jp/file/05-Shingikai-10901000-Kenkoukyoku-Soumuka/0000114399.pdf>
- 2) 上西一弘(2020). 日本調理科学会誌, 53(2), 153-156.
- 3) 令和元年 国民健康・栄養調査結果の概要
<https://www.mhlw.go.jp/content/001066903.pdf>
- 4) 藤田聡(2020). *NSCA JAPAN*, 27(10), 11-15.
- 5) 筑紫恒男(2016). 日本食品標準成分表 2015 年版（七訂）分析マニュアル・解説, 建帛社,
- 6) N. Mikami et. al. *Food Research International* 140, 110020, 2021
- 7) ソイ&ワールド株式会社, 正田醤油株式会社(2014). 大豆ペーストの製造方法及び大豆ペースト, 特願 2014-542047.
- 8) 奥野製菓工業株式会社, 提供資料