◇◇◇ 解説記事 ◇◇◇

代替肉／大豆ミートについて

中野　康行

不二製油株式会社 たん白事業部門 たん白開発部

は　じ　め　に

最近，代替肉やプラントベースフードの話題がテレビやラジオ，雑誌などで取り上げられ報道されている場面をよく見かけるようになった．10年前にはこのような状況になるとは想像もできなかったことである．現在，代替肉には様々なものがある．植物由来では大豆・小麦・豌豆などの植物性たん白，きのこ・こんにゃくを加工したもの，動物由来では昆虫・培養肉（動物細胞），微生物藻類由来ではマイコプロテインなど．

ではなぜ，いま代替肉が注目されるのか．ESGやSDGsという言葉が国連から生まれ，企業や社会がその対応を求められる中，環境保護や動物愛護などいくつも考えられるが主な要因は人口増加への対応である．世界人口は2019年で約77億人となり，2050年には約97億人になると予想されている[1]．この30年余りで新たに増えるとされる20億人分の食料は，森林を切り開く余地は少なく耕地面積ほぼ横ばいだが単収増で必要量を賄う予測がなされている[2]．順調に単収を伸ばして必要量確保できるのか懸念もある．特に，蛋白質の供給源である食肉の生産には多くの水や穀物を必要とし，生産量拡大の余地はさらに限られる．食肉より効率よく生産可能な代替肉による蛋白質の供給量を増やして補っていく必要がある．

蛋白質の供給源となり得る代替肉の種類と特徴をまとめたものを表1に示す．バッタなどの昆虫は動物であり，日本を含むアジアやアフリカなどの一部の地域を除き食経験は少ない．セミや蜂の子を食べるのは少し抵抗があった．これが肉食感とするかどうか評価は分かれる．コオロギを乾燥して見た目で虫とわからない粉末にしたものも販売されているが肉食感ではない．培養肉は，屠殺は行わずにすむが動物由来で食経験がない．2020年12月にシンガポールで米国企業による培養肉チキンナゲットの販売が認められ，レストランで初めて提供されたとのニュースがあった．これは鶏の羽の細胞を培養したものと，植物性たん白と調味料などを合わせてナゲットに仕上げた一皿約1800円の料理とのことで，どのようなものなのか食べてみたいが，食べることに抵抗ある人もいる．微生物藻類は，糸状菌由来のマイコプロテインを生産し，植物性たん白や卵白などと合わせて調理加工した製品がイギリスで開発され30年以上前から販売されている．個人的な感覚では肉食感とは言い難く，日本では入手困難である．一方，植物性たん白は，食肉を生産するより環境負荷が少なく，植物由来で食経験も長い，肉食感のものも既に世界中に流通している．他のものと比べて消費者が受け入れやすい．植物性たん白のなかでも，大豆は生産量が多く，蛋白質の含有量も多い，アミノ酸スコア100と食肉と同様で供給源として好ましい．日本では50年以上も前から肉の一部代替として食肉加工食品に利用されてきた代替肉の先頭ランナーでもある．他のものも，それぞれ課題を解決できれば代替肉の有力候補となり得る．これらの技術は近年フードテックと呼ばれ注目を集めているが，古くから研究されている最先端技術である．本報では，代表的な代替肉である大豆ミートについて，原料の大豆から順に説明する．

表1　代替肉の受容性

	環境保護	動物愛護	食経験	肉食感	消費者受容
植物性たん白	○	○	○	○	○
昆虫	○	×	○	△	△
培養肉（動物細胞）	○	△	×	?	?
微生物藻類	○	○	○	×	△

○：良い　△：どちらともいえない　×：悪い　？：不明

1.　大豆及び脱脂大豆

大豆はとうもろこし・小麦・米に並ぶ主要な四大作物の1つであり，蛋白質や脂質を多く含む成分に特長のある豆類である（図1）．原産地は中国東北部とも言われており，2019年の世界生産量は341.8百万t[3].

著者略歴

中野康行（Yasuyuki NAKANO）

1998年　長岡技術科学大学大学院 生物機能工学専攻 修了

現職　不二製油株式会社 たん白事業部門 たん白開発部 第三課 課長

〒598-8540　大阪府泉佐野市住吉町1番地

E-mail:nakano.yasuyuki@so.fujioil.co.jp

© 2021 Japan Society for Food Engineering



水分	11.7%
蛋白質	33.0%
脂質	21.7%
炭水化物	28.8%
（内食物繊維）	15.9%
灰分	4.8%

図１　大豆と大豆標準組成表 [6]

日本生産量は 21.8 万 t[4]．主要な生産国はブラジル・米国・アルゼンチンである．2018 年での世界の遺伝子組み換え大豆の作付面積は 78％[5] となっており組み換え大豆が主流である．

日本では，古くから豆乳・湯葉・豆腐・油揚げ・がんもどき・納豆など大豆は様々な食品に加工され利用されてきた．がんもどきの名前の由来は雁の肉に似ているからという説もあり肉の替わりとしても親しまれてきた．また，大豆は油を搾油して食用油として利用される．搾油後の脱脂大豆の多くは飼料や肥料など食品以外に用いられている．脱脂大豆は蛋白質や食物繊維を多く含み有用な食品原料となり得るが，有効利用されているとは言い難い．

今，牛肉１ kg 生産するのに必要な飼料は 11 kg と言われている [7]．「肉」としての生産性をみても脱脂大豆を肉様の食品に加工して食べることで，蛋白質の有効利用による食料不足への対応，家畜の増加抑制による温室効果ガス抑制，飼料生産のための耕地面積の抑制などによる地球規模の課題解決への一助となると考えられる．

大豆たん白は，幅広い食品の原料として用いられているので，その種類･製造方法及び利用例などを紹介する．

2.　大豆たん白

大豆を脱皮脱胚軸して搾油することで脱脂大豆が作られる．これを原料として粒状及び粉末状大豆たん白の製造が行われている（図 2）．2019 年度の国内生産量は粒状大豆たん白 33297t，粉末状大豆たん白 7652t[8]．

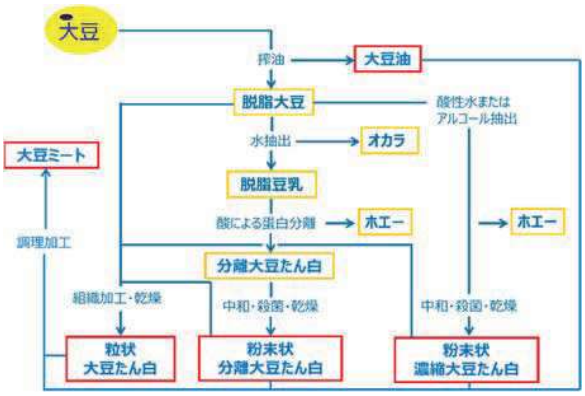


図２　大豆から大豆ミートまでの製造の流れ

粒状大豆たん白の生産量は近年増加傾向にある．

粒状大豆たん白は，脱脂大豆などの原料に水を加え，押し出し加工機械エクストルーダーを用い，混煉･加熱･加圧された生地がダイと呼ばれるノズルから大気圧下への放出と同時に膨化組織加工されたものである．通常，組織化温度は 140℃以上となる．組織加工されたものを乾燥・ふるい・包装工程を経て製品となる．製品の用途によっては，副原料などを配合する場合がある（図 3）．

一方，組織を膨化させずに冷却ダイを装着して押出す高水分タイプの製品も存在する．この場合は乾燥せず，冷凍・包装工程を経て製品となる．膨化させないのでより緻密な弾力のある組織を作ることができるのがこのタイプの特長であり，この製品も増えてきているが，以降の粒状大豆たん白の説明は，現在主流の膨化組織加工品に絞り説明する．

粉末状分離大豆たん白は，脱脂大豆から水抽出して脱脂豆乳とオカラに分離する．脱脂豆乳を酸沈澱してホエーを除き蛋白質を濃縮，中和･殺菌･乾燥･ふるい･包装工程を経て製品となる．大豆に含まれる蛋白質を 90％以上（乾燥重量換算）に濃縮することにより，より強固なゲル形成能，結着機能が引き出された食品素材となる（図 4）．

粉末状濃縮大豆たん白は，脱脂大豆からホエー成分を除いた蛋白質と食物繊維からなる．

粉末状大豆たん白は，ハム・ソーセージなどの食肉水産加工食品の結着やプロテイン粉末飲料などの蛋白源に使われる．

大豆たん白の種類と成分を示す（表 2）．粒状及び粉末状大豆たん白は高蛋白質で低脂質な食品素材である．

3.　粒状大豆たん白

3.1　種　　類

粒状大豆たん白には，ミンチタイプ（図 4），ミートタイプ（図 5）やその他パフタイプ（大豆の特長成分を

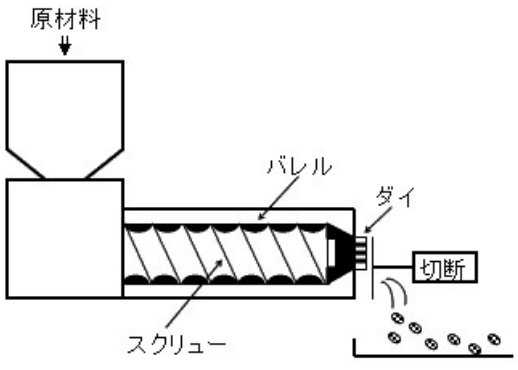


図３　エクストルーダー模式図

© 2021 Japan Society for Food Engineering



図 4　粒状（ミンチタイプ）及び粉末状大豆たん白
ニューフジニック 10（フレーク）上左
ニューフジニック 58（顆粒）上右
ニューフジプロ SEH 下
全て不二製油㈱製 [9]

表 2　大豆たん白製品の種類と成分例 [4]

	粉末状		粒状 大豆たん白
	分離 大豆たん白	濃縮 大豆たん白	
蛋白質％ ( ) 中乾物換算	86.0 (90.5)	64.0 (68.1)	55.1 (58.6)
水分％	5.0	6.0	6.0
脂質％	0.2	0.3	0.6
炭水化物％	4.2	25.2	32.0
灰分％	4.5	4.5	6.3
無機質（㎎ /100g） カルシウム リン 鉄 ナトリウム カリウム	 50 800 10 1400 300	 450 820 12 5 1900	 330 770 12 7 2500



図 5　粒状大豆たん白ミートタイプ
スライス製品：ベジプラス 2900 上左（上面撮影）上右（横面撮影）とブロック製品：アペックス 110 下左（上面撮影）下右（横面撮影）（不二製油㈱製）[9]

生かした高たん白，低糖質，イソフラボン含有などのシリアル用素材）（図 6）など用途に応じて様々な形状・食感のものがある．使用する蛋白質原料としては，脱脂大豆や大豆粉または粉末状（分離または濃縮）大豆たん白がある．蛋白質以外の原料としては，でんぷん・食物繊維・食用植物油脂・調味料・色素などが一般的に用いられる．

ミンチタイプは，フレーク製品と顆粒製品に分かれ，挽肉の代替素材として用いられる．これらは水戻しして味付け調理により，肉汁保持・肉粒感付与・成形性付与・歩留り向上などの目的で，餃子・肉まん・ハンバーグ・メンチカツ・焼売など幅広い加工食品に使われる．それぞれの最終加工食品に合わせた，食感（ハード・ソフト）・色（ビーフ・ポーク・チキン）・形状（フレーク・顆粒，大・中・小）のものを選択し適量挽肉に混ぜ合わせて使用する（表 3）．

ミートタイプは，スライス製品とブロック製品に分かれる．ミンチタイプと異なり形が大きく一枚肉のような形状特長があるので，割れや欠けの少ない安定形状と噛み応えのある食感の両立が必要の為調整がより難しくなる．

スライス製品はエクストルーダーの出口のダイをスライス形状に加工することで作ることができる．従来はスポンジ食感であったが膨化を抑えて緻密な組織食感のものが製造技術の進歩により作れるようになった．

スライス製品を水戻し味付け調理することで薄切り肉様の食品（牛丼，焼肉，すき焼き，回鍋肉，ジャーキーなど）いわゆる大豆ミートを作ることができる．



図 6　高蛋白パフ素材の大豆加工食品（大豆パフ）
ソヤパフ 40（不二製油㈱製）[9]

表 3　粒状大豆たん白の機能と用途

機能	利用用途
保水性、保油性による焼き縮み抑制、歩留り改善	ハンバーグ、焼売、餃子、肉まんなどの挽肉製品
肉粒感	唐揚げ、角煮、挽肉製品
繊維感	ナゲット、ツナ加工品などの水産製品
クリスピー感	シリアルバー、スナック

© 2021 Japan Society for Food Engineering

ブロック製品はエクストルーダーの出口のダイをブロック形状に加工することで作ることができる．大きな形状のブロック製品を作る場合は，ダイの開口部も大きくなる．原料配合はブロック製品に適した硬さを求めるため蛋白含量の高い原料を選ぶこともできる．このブロック製品も水戻し味付け調理を行うことで角煮や唐揚げなどの大豆ミートに加工される．一般に，粒状大豆たん白などを肉様に味付け調理加工したものは大豆ミートとよばれている．

粒状大豆たん白の発売当初は，大豆風味やスポンジ食感の影響もあり挽肉の一部代替利用にとどまっていたが，近年の技術革新により，風味食感の改良が進み肉の全体を代替するまでできるようになった．

3.2　製造条件

ミンチタイプで肉汁を保持してソフトな食感に仕上げたい場合は，エクストルーダーでの組織加工時の添加水を少なくして膨化を促進させることで吸水しやすい組織とさせたフレーク製品に仕上げる（図 7.1）．フレーク形状は，ダイから押出され切断された膨化した組織化物をフレーキング装置でカットして作られる．

また，ミンチタイプでしっかりした噛み応えを付与したい場合は，組織加工時に添加水を多くして膨化を抑えて硬めの組織とさせた顆粒製品に仕上げる（図 7.1）．

添加水量の他，スクリュー回転速度（図 7.2），バレルの加熱温度（図 7.3），原料供給量（図 7.4）の 4 つの因子によって粒状大豆たん白の品質には変化が生じる．これらの運転条件因子を調整して目標品質のものが得られるよう運転する．川崎らによって報告されたエクストルーダーの運転条件と粒状大豆たん白の品質検討結果 [11] を図 7.1 から 7.4 に，およびまとめを表 3 に示す．原料は脱脂大豆，エクストルーダーは Werner & Pfleiderer 社の CONTINUA37 を使用．

3.3　食　　感

粒状大豆たん白は，蛋白質・食物繊維・糖質をバランスよく含む脱脂大豆を原料に用いることが多く，これを組織加工することによって肉様食感の食品素材となる．食感は製品によってそれぞれ異なる．原料配合で成分を調整して食感を変えることができる．一般に，蛋白質が多くなると硬く，糖質が多くなると柔らかくなる．また，蛋白質や糖質の種類によっても食感は異なる．

また，製品の膨化度が高いと吸水値およびかさ（比容）が高くなり食感は柔らかくなる．逆に，膨化度が低いと吸水値およびかさが低くなっていき食感は硬くなる（表 4）．フレーク製品は一般に顆粒製品より吸水値が高く，一方で食感は柔らかい．充分量の水で充分吸水させたときの吸水値と水戻し後の粒状大豆たん白の硬さとの関係を図 8 に示す．官能評価と硬さ分析値とはほぼ一致した．

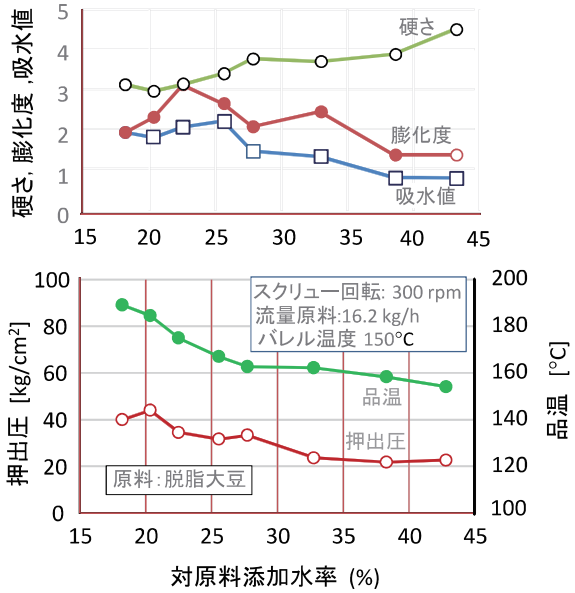


図 7.1　エクストルーダーの運転条件と粒状大豆たん白の品質 [11] 添加水の影響（原料流量に対する添加水率を 18～42%に変化させた時の品温・押出圧の変化と吸水値・膨化度・硬さの製品物性への影響.）吸水値：60℃ 30 分吸水（自重を 1 とした吸水倍率），膨化度（ml/g）：比容，硬さ：1 mm に粉砕し水和後，テクスチュロメーターで測定　図 7.2, 7.3 も同じ定義.

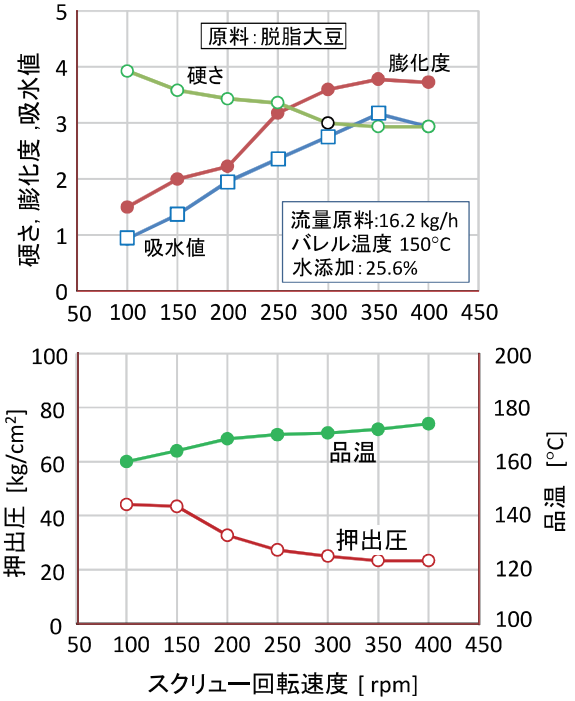


図 7.2　エクストルーダーの運転条件と粒状大豆たん白の品質 [11] スクリュー回転速度の影響（スクリュー回転を 100～400 rpm に変化させた時の品温・押出圧の変化と吸水値・膨化度・硬さの製品物性への影響）吸水値·膨化度·硬さの定義は図 7.1 と同じ.

© 2021 Japan Society for Food Engineering

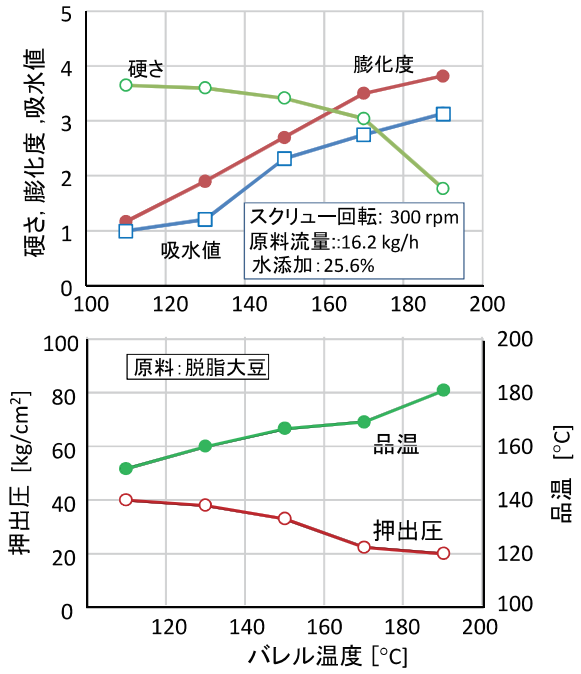


図 7.3　エクストルーダーの運転条件と粒状大豆たん白の品質 [11] バレル温度の影響（バレル温度を 110 ～ 190℃に変化させた時の品温・押出圧の変化と吸水値・膨化度・硬さの製品物性への影響）吸水値･膨化度･硬さの定義は図 7.1 と同じ.

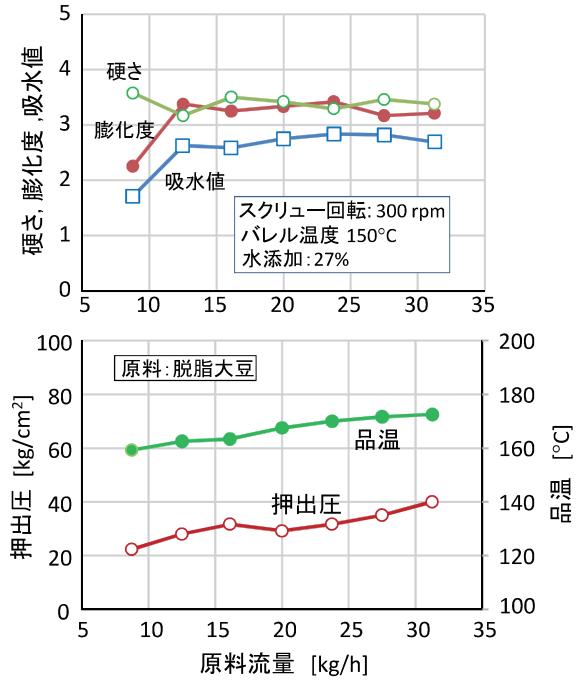


図 7.4　エクストルーダーの運転条件と粒状大豆たん白の品質 [11] 原料供給量の影響（原料流量を 9 ～ 31 kg/h に変化させた時の品温・押出圧の変化と吸水値・膨化度・硬さの製品物性への影響）吸水値･膨化度･硬さの定義は図 7.1 と同じ.

表 4　エクストルーダーの運転条件と粒状大豆たん白の品質 [12] 可変要因の影響まとめ

	組織化条件		粒状大豆たん白の品質		
運転条件因子	原料温度	押出圧力	膨化度	吸水性	硬さ
添加水増加	⇩	⇩	⇩	⇩	⇧
スクリュー回転数増加	⇧	⇩	⇧	⇧	⇩
バレル温度上昇	⇧	⇩	⇧	⇧	⇩
原料供給量増加	⇧	⇧	⇨	⇨	⇨

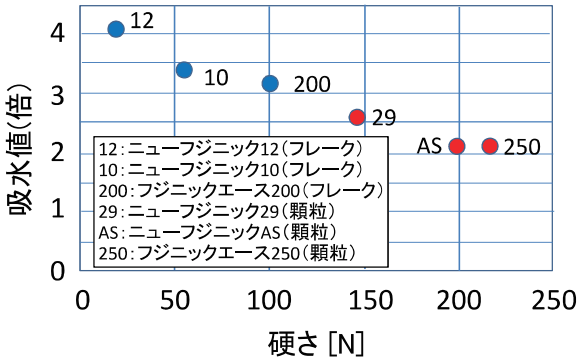


図 8　ミンチタイプ粒状大豆たん白（水戻し後）の吸水値と硬さの関係
測定機器　テクスチャーアナライザー TA-XT2
STABLE MICRO SYSTEMS
サンプルは，全て不二製油㈱製 [9]

製品の硬さ評価については，主に水または湯戻し後の粒状大豆たん白の試料に対して官能評価にて行なわれる．数値で評価する場合，テクスチャーアナライザーなどで測定を行う．硬さ（荷重），硬さ（応力）･硬さ（変形）・凝集性・付着性・ガム性などが測定可能である．食感の評価については，官能評価が重要である．機器分析結果はそれを客観的にサポートする情報となる．

吸水値は，例えば容器に 30 g の粒状大豆たん白を入れ，25℃の水 180 g を加え 10 分静置で吸水させた後，傾斜をつけたザルに容器ごとひっくり返して 5 分水切りした後，粒状大豆たん白の重量を測定して以下の式で算出できる．

$$\text{吸水値（倍）} = (\text{吸水後の重量} - 30) / 30$$

なお，可変項目は任意に変更できる．

比容は，重量あたりの体積であり，100 g のサンプルの体積をメスシリンダーで測定して g あたりの ml に換算する．膨化程度の指標になる．

粒度は，数種類のメッシュサイズの標準篩いを用いて 100 g のサンプルの粒度分布を測定する．食感は，形や大きさによっても影響を受ける．

© 2021 Japan Society for Food Engineering

3.4 構　造

脱脂大豆から調整した粒状大豆たん白の走査型電子顕微鏡による微細構造観察の顕微鏡像を図11に示す．繊維状・層状・塊状部分があり，これらが特有の噛み応えを出し，空隙部分が水戻り可能とする構造と推察される．繊維の長さや太さ，空隙の大きさを見ることができる．また，必要に応じて染色を施し光学顕微鏡観察で蛋白質・脂質・でんぷんなどの成分の分布も確認することができる．

3.5 風味及び成分

粒状大豆たん白は，ほのかに煮豆的な風味がある．原料や加工条件によって風味は変化する．加熱が進むと煎り豆的な風味に，逆に加熱が少ないと青臭い風味になる．製品の風味評価については，主に水または湯戻し後の粒状大豆たん白を試料として臭いや味の官能評価にて行なう．

臭い評価については，数値で表す場合，ガスクロマトグラフ質量分析GC–MSで大豆の特有の臭いのひとつであるn–ヘキサナールや臭い全体の量トータルピークエリアなど測定し評価することができる．GC–MSの測定条件によって数値が変わるので，官能評価とできるだけ同様な条件で測定することで概ね一致する．

味評価については，味覚センサーを用いて甘味·酸味·塩味・苦味・渋味・旨味など味の特徴傾向を調べることも有効である．味覚センサーによる味評価結果と官能評価には必ずしも一致する訳ではないが，味の変化を評価する上では有効な方法になるものと考えられる．

風味の評価については，官能評価が最も重要であると考えるが，機器分析結果はそれを客観的にサポートする情報として活用が期待できる．

製品成分については，水分・蛋白質・脂質・灰分・炭水化物の5成分を通常の食品成分分析法にて測定する（表2）．含まれる成分によっても風味や食感に影響を及ぼすのでどのような組成か確認することが重要である．その他，必要に応じてミネラルやアミノ酸組成やイソフラボン含量など測定する．

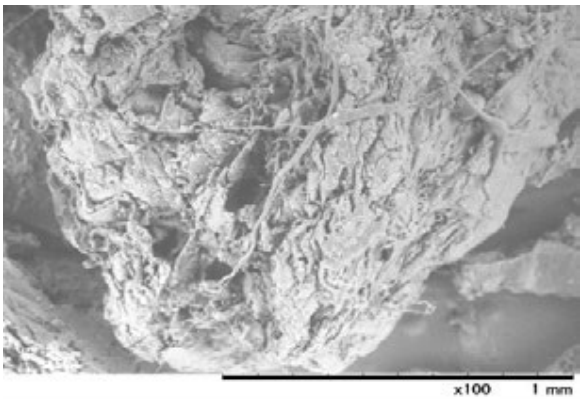


図11　粒状大豆たん白の顕微鏡像 [13]
測定機器
卓上顕微鏡　Miniscope TM–1000　㈱日立ハイテク

4. 大豆ミート

粒状大豆たん白を加工した大豆ミートは，以前からベジタリアン向けなどに製造され国内外で販売されてきた．近年，欧米では肉に近づけた風味·食感のハンバーグが環境保護，持続可能な経済活動などを背景に注目され生産数量を拡大してきている．

一方，日本では肉に比べてカロリー減で健康的なイメージの大豆ミートのハンバーグ・ソーセージなどの製品が食肉加工品メーカー各社及び他食品メーカーから販売されておりスーパーマーケットで購入できる．ハンバーガーチェーン各社ではソイパティのハンバーガーを食べられる．コンビニエンスストア各社では大豆ミートの弁当ビビンバ丼やおにぎりなど販売されていて，大豆ミートメニューのあるレストランも増えつつある．また，粒状大豆たん白を水戻し加工した大豆ミンチも販売されている．これは家庭で好みの味を付けて挽肉と同様ハンバーグなどに調理して食べることができる．2020年は特に多くの大豆ミートが市場に供給され一般消費者の認知度も向上している．これらは使用する副原料によって大きく3つに分類される．

ビーガン向けの大豆ミートのハンバーグの場合は，動物由来原料使用不可で，噛み応えや食感の中心となる粒状大豆たん白，それらをまとめる結着のための粉末状大豆たん白，ジューシーのための大豆油やパーム油の植物性油脂及び水，旨味のため酵母エキスや植物性ブイヨンの調味料などを原料に生地を作り，成型・焼成・凍結・包装を経て製造することができる．最近では植物由来の調味料や油でも肉の旨味に近いものができつつある．

オボ・ラクトベジタリアン向けの場合は，動物由来原料のうち卵・乳由来のものは使用可である．これらが使えると食感や味の幅が広がる．

一般消費者向けの場合は，原料に使用制限はなく，ビーフエキスやポークエキス，牛脂や豚脂などを用いることができる．肉の旨味という点で動物由来の調味料や脂が有利である．

コンセプトや目的・用途に応じた原料パーツを組み替えることで様々なアイテムや味・食感を作ることができる．

例えば，豚カツの食感に近い粒状大豆たん白を選択することで歯応えのしっかりした大豆ミートのカツも作ることができる(図12)．大豆ミートのハムやソーセージ，ナゲットなどについても繊維食感の粒状大豆たん白を選択することや他の原料の配合調整で概ね同様な

© 2021 Japan Society for Food Engineering

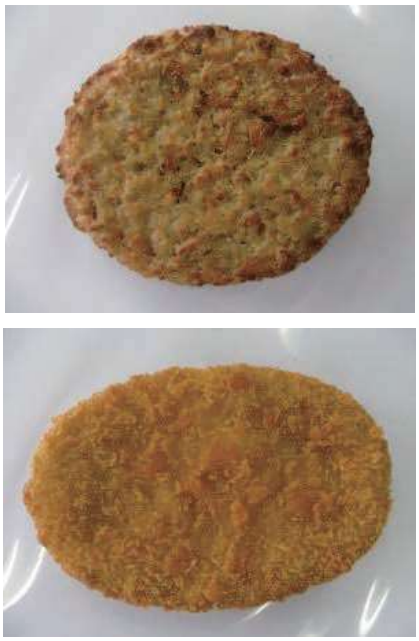


図 12　大豆ミートのベジバーグとカツ
大豆ミートのベジバーグ VSB-80 上と大豆ミートのカツ VSC-115 下（不二製油㈱製）[9]

工程で作ることができる．

5.　まとめと今後の展望

唐揚げ，ジャーキー，すき焼き，ハンバーグ，ナゲット，ソーセージ，ハム，カツ，ケバブなど様々な大豆ミートが粒状大豆たん白を原料に作れるようになった．完成度も年々高まってきている．海外ではステーキも製造販売されているが，これはまだ改良の余地がある．畜肉以外では海老，雲丹，鮪など魚介類，卵やチーズなど乳製品の代替製品も販売されている．今後，さらに研究開発が進み市場に様々な動物資源の代替製品が供給されていくだろう．

大豆ミートを作るには，原材料の選定・押出機械の選定・ダイの設計・組織化条件の設定・味付け調理加工が重要になる．これらの組み合わせ検討で知見を蓄積し目標品質のものが得られる．

食肉と比べて大豆ミートはまだ僅かな量であるが，品質向上に伴い需要は増えていくと考える．代替肉は，栄養，美味しさ，安全，適切な価格で十分量供給できる肉様食品として市場に認められたものが，肉との比較選択肢のひとつとして定着していくものと考える．

大豆ミートが地球環境，人々の健康，食料問題など社会課題の解決に大きく貢献する日は思ったよりも早く来るのではないかと考えている．

参　考　文　献

1) 国際連合広報センター　世界人口推計 2019 年版 (2021).
https://www.unic.or.jp/news_press/info/33789/
2) 農林水産省大臣官房政策課食料安全保障室 2050 年における世界の食料需給の見通し　令和元年 9 月 (2021).
https://www.maff.go.jp/j/zyukyu/jki/j_zyukyu_mitosi/attach/pdf/index-12.pdf
3) SOY STATS international : world soybean production (2021).
http://soystats.com/international-world-soybean-production/
4) 農林水産省大豆関連データ集 過去生産実績　生産動向　生産実績 (2021).
https://www.maff.go.jp/j/seisan/ryutu/daizu/d_data/attach/pdf/index-45.pdf
5) 農研機構　生物機能利用研究部門　遺伝子組み換え関連情報 (2021).
http://www.naro.affrc.go.jp/laboratory/nias/gmo/info/general.html
6) 文部科学省　第 2 章日本食品標準成分表 (2019).
http://www.mext.go.jp/a_menu/syokuhinseibun/1365419.htm
7) 農林水産省　知ってる？日本の食料事情 (2019).
www.maff.go.jp/chushi/jikyu/pdf/shoku_part1.pdf
8) 一般社団法人日本植物蛋白食品協会　植物性蛋白の格付検査依頼実績 (2021).
http://www.protein.or.jp/pdf/kaku_2019by.pdf
9) 不二製油株式会社　大豆加工素材　大豆たん白素材　大豆加工食品 (2020).
https://www.fujioil.co.jp/product/soy/
10) 一般社団法人日本植物蛋白食品協会　植物性たん白の種類と成分（例）(2021).
http://www.protein.or.jp/protein.html
11) Kawasaki Y.et al.:Soy protein texturization with twin-Screw extruder and its utilization for food. Proceedings of session lecyures and scientific presentations on ISF-JOCS world congress 1988 Vol.II. The Japan oil chemists' society. 1192-1198 (1988).
12) 坂田哲夫：調理食品の技術　Vol.19 No3 (2013) 125-133.
13) 釘宮渉・坂田哲夫：食肉の科学　Vol.61 No2 (2020) 127-132.

© 2021 Japan Society for Food Engineering