



## Rheology and extrusion

## ジューシーさの知覚

## ソフトトライボロジーによる肉類似体の潤滑特性の測定

## 著者

Gabriela Saavedra  
Thermo Fisher Scientific  
Karlsruhe, Germany

## はじめに

世界の人口は2050年までに100億人に達すると予測されています。この増加する人口への食糧供給は、食料安全、栄養、持続可能な開発を環境に配慮したアプローチで行う上で大きな課題をもたらします。動物性タンパク質を植物性タンパク質で部分的または全体的に置き換えることは、食品産業の環境への影響を軽減しながら、増加する人口のタンパク質ニーズを満たすための有望なソリューションとなります。

肉の代替品の1つは、高水分押出調理によって製造された植物ベースの代替肉の形で提供されます<sup>1</sup>。消費者の期待に応えるためには、筋肉繊維の食感を再現するだけでなく、肉の味、香り、ジューシーさを忠実に模倣した新製品の開発が必要です<sup>2</sup>。したがって、今日の主要な技術的課題は、代替肉の官能特性、食感、ジューシーさ、および感覚知覚を動物性食品に匹敵するレベルで達成することです。ここで、脂質は肉製品の品質に重要な役割を果たし、消費者のジューシーさの認識と密接に関連しています。そのため、代替肉への脂質の添加が重要になります。

代替肉のジューシーさは、製品の潤滑特性に関連しています。私たちが食物を消費するとき、それは咀嚼、移動、嚥下などのプロセスを経ますが、これらは全て摩擦を伴います。消費される食品の潤滑能力は、知覚される口当たりを決定する上で重要な役割を果たします<sup>3, 4, 5, 6</sup>。これらの特性は、多くの場合、ソフトフードの潤滑特性と、ジューシーさやクリーミーさなどの感覚属性との相関を測定するための有効な手法として注目されている口腔トライボロジーを使用して評価されます。

このアプリケーションノートでは、エンドウ豆ベースの代替肉の表面特性に対する油の影響を評価します。

## 材料と手法

### 押出試験

押出試験は、同方向回転型のThermoScientific™ Pricess™ 16二軸スクリーエクストルーダーを使用して実施しました。エクストルーダーはスプリットバレルデザインで、長さ直径の比率(L/D)は40です。8つのセクションに分かれたバレルにはセクション毎に材料投入ポートがあり、各セクションを個別に冷却または加熱できます。拡張可能なモジュラー冷却スリットダイを50℃に設定して使用しました。エンドウ豆タンパク質分離物は、Kubota Brabender Technologie社製減量式二軸スクリーフィーダーで供給され、2つのペリスタリックポンプをそれぞれ水と菜種油の供給に使用しました(図1)。

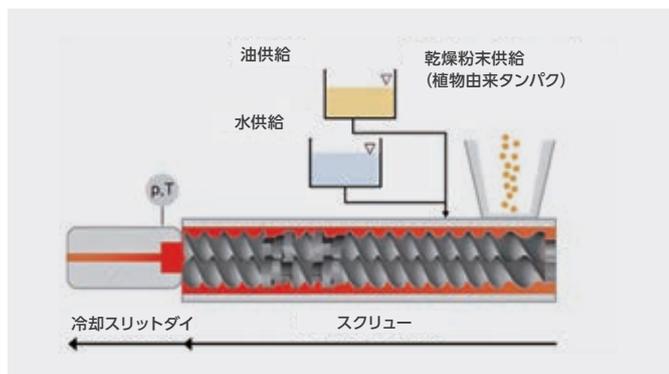


図1. 二軸スクリーエクストルーダーを使用した代替肉押出プロセスの概略図

エンドウ豆タンパク質分離物を最初のセクションに供給しました。水と油は3番目のセクションで追加しました。固体と水の比率は、45:55のタンパク質粉末と水でプロセス全体を通して一定としました。油の濃度は0、2、4および6質量%に変化させました。合計の材料投入速度は2 kg/hでした。

押出試験は、400 rpmのスクリー速度で行いました。バレル温度は次のように調整しました。 $T_{\text{barrel}2} = 40\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、 $T_{\text{barrel}3} = 80\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、 $T_{\text{barrel}4} = 100\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、 $T_{\text{barrel}5} = 120\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、 $T_{\text{barrel}6-8} = 140\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、 $T_{\text{die\_adapter}} = 140\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、冷却スリットダイは50℃に設定しました。

### トライボロジー特性評価

応力制御されたThermo Scientific™ HAAKE™ MARS™ 60レオメーターを使用して作成された代替肉表面の摩擦係数を測定し、ストライベック曲線をプロットしました。この測定のために、3ボールオンプレート形状をレオメーターに取り付け、ガラスボールとサンプルをトライボペアとして使用して、サンプルの油面を測定しました。プレートは押出物から切り出されました。トライボペアとサンプル間の摩擦係数を2 Nの垂直応力と20℃の温度に対してプロットし、測定ポイントを100点採取しました。個々のサンプルを最低5回分析しました。

### 結果

最初に、作成直後のサンプルの視覚的特性を評価しました。サンプルの内部繊維状構造の目視検査を可能にするために試料調製を行いました。このために、サンプルを事前に決められた破断点でカットしました。切り込みは、サンプル作成の流れ方向に対して横方向に設定しました。オイル含有量が最小のエンドウ豆

タンパク質サンプルは、異方性構造にわずかな変化がありました。さらに、このタンパク質から作られたサンプルでは、油濃度が増加するにつれて、明確な繊維の構造が徐々に失われることが観察されました。最終的に、最も高い油濃度では、エンドウ豆タンパク質サンプルは、どろどろした粘稠度で生地に似たテクスチャーに変化しました(図2)。タンパク質マトリックス内に存在する油滴に加えて、油の一部が代替肉の表面上に存在していると考えられます。

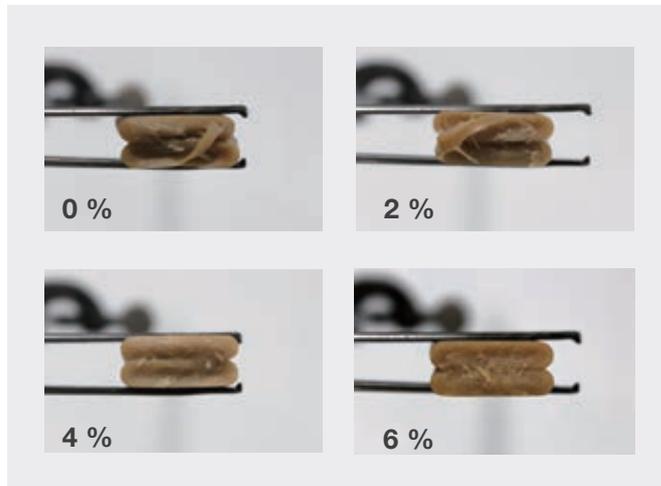


図2. さまざまな菜種油濃度で押出成形されたエンドウ豆タンパク質

この表面オイルの変化は、エクストルーダーのバレル内で発生する摩擦と、サンプルを口にした際の初期感覚の両方に影響を与えます。

これをテストするために、トライボロジー測定を実施して、オイルがタンパク質マトリックス内に十分にカプセル化されているかどうか、またはオイルがサンプルの表面に存在するかを評価しました。結果を図3に示します。

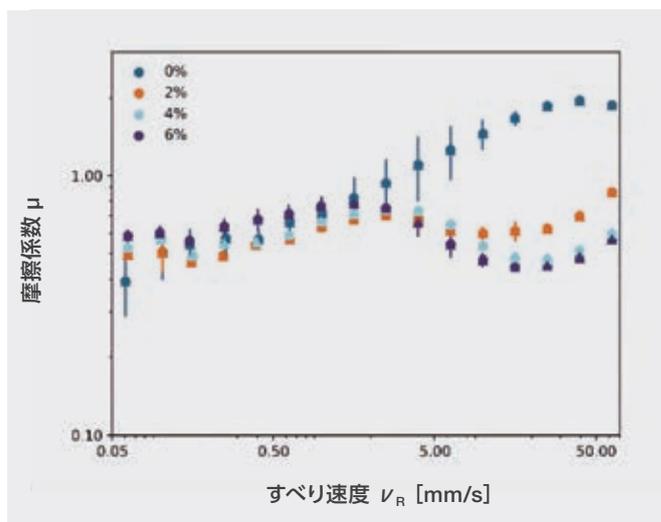


図3. さまざまな菜種油濃度のエンドウ豆タンパク質押出物のストライベック曲線

図3からわかるように、調査したサンプルの摩擦係数は、押出プロセス中に添加される油の量によって異なります。油を添加していないサンプルはすべり速度の増加とともに摩擦を増加させますが、油を含むサンプルはすべり速度の増加とともに摩擦の減少を示します。これは、押出物の表面に油が存在していることを示しています。油がトライボペアを潤滑すると、摩擦係数が低下します。さらに、油が4%および6%の試料は、油が2%添加されたサンプルよりも摩擦係数が低いため、油の添加量は潤滑特性に影響します。

### まとめ

この研究では、材料の配合とプロセスパラメーターに関する洞察を得るため、特性評価方法としてのトライボロジーの適用に取り組みました。結果として、エクストルーダーで作成されたサンプルの客観的な評価を可能にしました。

### 参考文献

1. Cheftel, J.C.; Kitagawa, M.; Quéguiner, C. New protein texturization processes by extrusion cooking at high moisture levels. *Food Reviews International* 1992, 8 (2), 235–275.
2. Hoek, A.C.; Luning, P.A.; Weijzen, P.; Engels, W.; Kok, F.J.; de Graaf, C. Replacement of meat by meat substitutes. A survey on person- and product-related factors in consumer acceptance. *Appetite* 2011, 56 (3), 662–673.
3. Huang, X.; Ahn, D.U. Lipid oxidation and its implications to meat quality and human health. *Food Science and Biotechnology* 2019, 28 (5), 1275–1285.
4. Zhang, X.; Zhao, Y.; Zhao, X.; Sun, P.; Zhao, D.; Jiang, L.; Sui, X. The texture of plant protein-based meat analogs by high moisture extrusion: A review. *Journal of Texture Studies* 2022, 1–14
5. Ilo, S.; Schoenlecher, R.; Berghofe, E. Role of lipids in the extrusion cooking processes. *Grasas y Aceites* 2000, 51 (1–2), 97–110.
6. Guy, R. *Extrusion cooking: technologies and applications*. Cambridge, UK: Woodhead publishing, 2001.

詳細はこちらをご覧ください [thermofisher.com/extrusion](https://thermofisher.com/extrusion)

研究用にはのみ使用できます。診断用には使用いただけません。  
© 2023 Thermo Fisher Scientific Inc. All rights reserved.  
All trademarks are the property of Thermo Fisher Scientific and its subsidiaries unless otherwise specified.  
実際の価格は、弊社販売代理店までお問い合わせください。  
価格、製品の仕様、外観、記載内容は予告なしに変更する場合がありますのであらかじめご了承ください。  
標準販売条件はこちらをご覧ください。 [thermofisher.com/jp-tc](https://thermofisher.com/jp-tc) **MC066-A23100B**

### サーモフィッシャーサイエンティフィック株式会社

分析機器に関するお問い合わせはこちら

TEL: 0120-753-670 FAX: 0120-753-671

Analyze.jp@thermofisher.com

facebook.com/ThermoFisherJapan

@ThermoFisherJP

[thermofisher.com](https://thermofisher.com)

thermo scientific