

# ไขความลับ Twin-Screw Extrusion

ออกแบบไลน์ผลิตให้ยืดหยุ่น รองรับหลากหลายสูตรอาหารแห่งอนาคต



[https://portapet.de/en/?\\_noStore=1](https://portapet.de/en/?_noStore=1)



**ศ.ดร. วัล รังสาดทอง** ภาควิชาเทคโนโลยีอุตสาหกรรมเกษตร อาหารและสิ่งแวดล้อม

คณะวิทยาศาสตร์ประยุกต์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

นักวิจัยดีเด่นแห่งชาติ ประจำปี 2569 (สาขาเกษตรศาสตร์และชีววิทยา).

งานสัมมนาพิเศษโดย **Food Focus Thailand**

วันอังคารที่ 30 มิถุนายน 2569 ณ โนโวเทล พิวจอร์พาร์ค รัชสีท



## สัตว์เลี้ยงคือสมาชิกในครอบครัว



### Pet Humanization

"เราดัดได้ หมาแมวอดไม่ได้" ผลักดัน  
กลุ่มอาหารพรีเมียมให้เติบโตต่อเนื่องด้วย  
สินค้าประเภท Repeat Purchase

เจ้าของปฏิบัติต่อสัตว์เลี้ยงเหมือนสมาชิกใน  
ครอบครัว หรือ "ลูกหลาน" (Pet Parenting)

## The "Silver Pet" Economy



### Birth Rates

อัตราการเกิดของประชากรที่  
ลดลง คนเลือกเลี้ยงสัตว์เพื่อ  
เติมเต็มครอบครัว



### Health Focus

เจ้าของให้ความสำคัญกับ  
สุขภาพและคุณภาพชีวิต  
ที่ยืนยาวของสัตว์เลี้ยง



### Emotional Bond

ความผูกพันทางอารมณ์ที่ลึกซึ้ง  
ยิ่งขึ้นในยุคสังคมเมืองที่โดดเดี่ยว



### Tech-Driven Care

คลื่นการเติบโตระลอกใหม่จาก

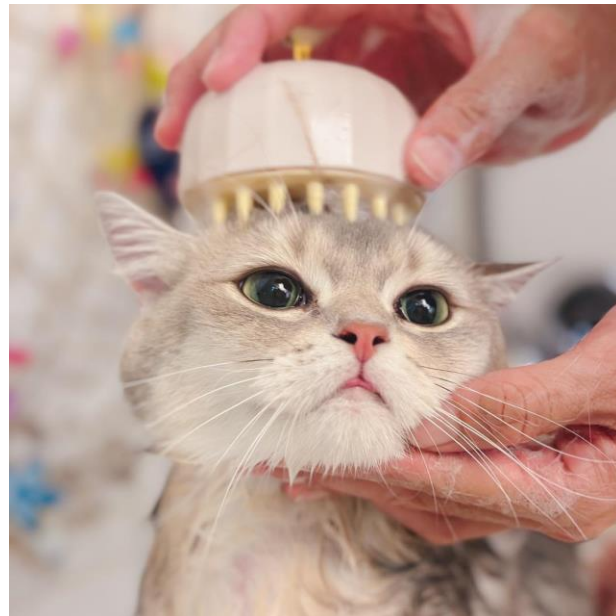
#### Pet Health Tech

บริการโรงแรมสัตว์เลี้ยง  
การดูแลด้าน Longevity เพื่อ  
คุณภาพชีวิตสัตว์เลี้ยง

# สุขภาพและความเป็นอยู่

## Pet Spas & Wellness

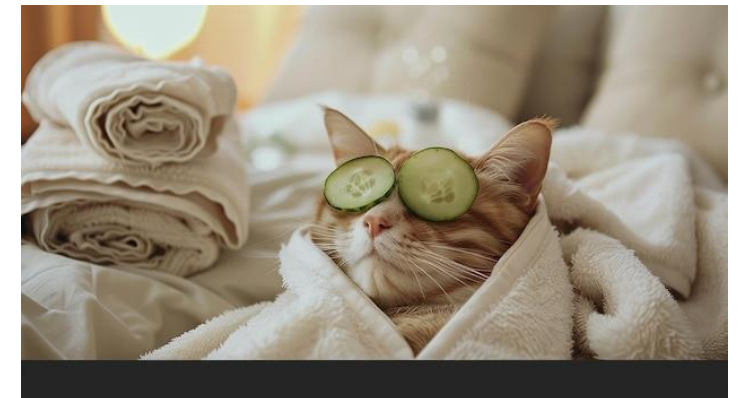
- บริการระดับพรีเมียมที่มากกว่าการอาบน้ำ:
- บริการนวดผ่อนคลายและสปาโรมา
- การตัดแต่งขนตามเทรนด์แฟชั่น
- กายภาพบำบัดและวารีบำบัดเพื่อฟื้นฟูร่างกาย



# แพชั่นและไลฟ์สไตล์

## Preventive Care

- การดูแลเชิงป้องกันเพื่ออายุที่ยืนยาว:
- **Pet Insurance:** ประกันสุขภาพที่ครอบคลุมทุกความเสี่ยง
- **Check-ups:** โปรแกรมการตรวจสุขภาพประจำปี
- **Mental Health:** การดูแลสุขภาพจิตและพฤติกรรมสัตว์



## วิวัฒนาการของกลุ่มการดูแลสัตว์เลี้ยง

คุณสมบัติ	ตลาดทั่วไป	พรีเมียม / เกรดคนกิน
ส่วนประกอบ	ของเหลือ	เนื้อสดและผัก วัตถุดิบที่มีคุณภาพ
เป้าหมาย โภชนาการ	การอยู่รอด พื้นฐาน	สุขภาพและอายุยืน
ระดับบริการ	ดูแลเอง (DIY)	สปาและ Telehealth
ความผูกพัน	สุนัขเฝ้าบ้าน	สมาชิกในครอบครัว



Source: [www.visitingvetcal.com](http://www.visitingvetcal.com)

## Market Segment for Pet Food

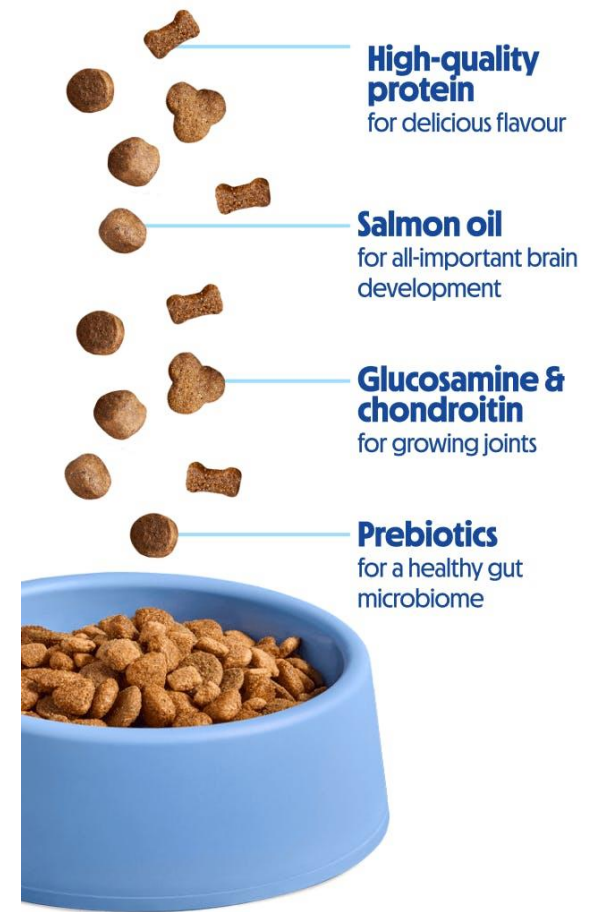
1. ประเภทสัตว์เลี้ยง	Dog	ครอง <b>ส่วนแบ่งตลาดสูงสุด</b> ทั่วโลก จากอัตราการเลี้ยงที่สูง ความต้องการเฉพาะตามสายพันธุ์ และปริมาณการบริโภค
	Cat	<b>เติบโตเร็วที่สุด</b> ได้รับอิทธิพลจากกระแสสินค้าพรีเมียมและสูตรเฉพาะ เช่น สูตรแมวเลี้ยงในบ้านหรือดูแลระบบทางเดินปัสสาวะ
	Others: Bird, Fish etc.	เป็น <b>ตลาดเฉพาะกลุ่ม</b> ที่มีความต้องการค่อนข้างคงที่
2. รูปแบบผลิตภัณฑ์	Dry Food/Kibble	มี <b>สัดส่วนยอดขายสูงสุดทั้งด้านปริมาณและมูลค่า</b> เนื่องจากราคาคุ้มค่า เก็บรักษาได้นาน และสะดวกต่อการใช้งาน
	Wet Food	มีความน่ากินสูง มักใช้เป็น <b>อาหารเสริมหรืออาหารมื้อหลัก</b> สำหรับสัตว์เลี้ยงที่เลือกกินหรือมีอายุมาก
	Treats & Snacks	กลุ่มที่เติบโตอย่างรวดเร็ว ใช้สำหรับ <b>การให้รางวัล การฝึก และการดูแลสุขภาพช่องปาก</b>
	Specialty Form	เช่น อาหาร <b>พรีสคริปต์</b> อาหารอบแห้ง และอาหารดิบ <b>แช่แข็ง</b> ซึ่งได้รับความนิยมจากเจ้าของที่ใส่ใจ <b>สุขภาพสัตว์เลี้ยง</b>
3. ลักษณะวัตถุดิบ	Conventional	ผลิตภัณฑ์สำหรับตลาดแบบ <b>แมส เน้นโภชนาการพื้นฐาน</b> และตอบโจทย์ผู้บริโภคที่คำนึงถึง <b>ราคา</b>
	Organic & Natural	ผลิตจาก <b>วัตถุดิบธรรมชาติ</b> ปลอด <b>GMO</b> และสารกำจัดศัตรูพืช รวมถึงไม่มีสารปรุงแต่งสังเคราะห์
	Grain-Free/ Human-Grade	สะท้อนแนวโน้ม <b>อาหารเพื่อสุขภาพของมนุษย์</b> โดยเน้นเนื้อสัตว์คุณภาพสูงและแหล่งคาร์โบไฮเดรตทางเลือก
4. ราคา	Economy/Value	ผลิตใน <b>ปริมาณมาก</b> เข้าถึงง่าย และมุ่งตอบสนองความต้องการพื้นฐานในราคาประหยัด
	Medium/Premium	กลุ่มหลักของตลาด ให้คุณค่าด้านโภชนาการที่สมดุลใน <b>ราคาที่ผู้บริโภคส่วนใหญ่สามารถเข้าถึงได้</b>
	Super-Premium/Specialized	<b>อาหารสัตวแพทย์</b> สูตรดูแลสุขภาพ <b>เฉพาะด้าน</b> เช่น ข้อต่อ ภูมิแพ้ หรือแบรนต์เฉพาะทางระดับสูง
5. ช่องทางการจัดจำหน่าย	Supermarket	<b>ช่องทางหลัก</b> ที่มียอดขายสูง เนื่องจากตอบโจทย์การซื้อขายอุปโภคบริโภคประจำวัน
	Special/ Pet Food Shop	ได้รับความนิยมสำหรับ <b>สินค้าพรีเมียม</b> มีการให้ <b>คำแนะนำด้านโภชนาการ</b> และ <b>อาหารสัตวแพทย์</b>
	Online & Direct-to-Consumer: DTC	เป็นกลุ่มที่ <b>เติบโตเร็วที่สุด</b> รองรับการค้าเสรีมากขึ้น การสั่งซื้อจำนวนมาก และการจัดแผนอาหารเฉพาะบุคคลสำหรับสัตว์เลี้ยง



<https://smithspets.co.uk/dogs/dog-food/>



[Puppy Food | Wet, Dry & Kibbl](https://www.dreamstime.com/e)  
<https://www.dreamstime.com/e> | [tails.com](https://www.dreamstime.com/e)

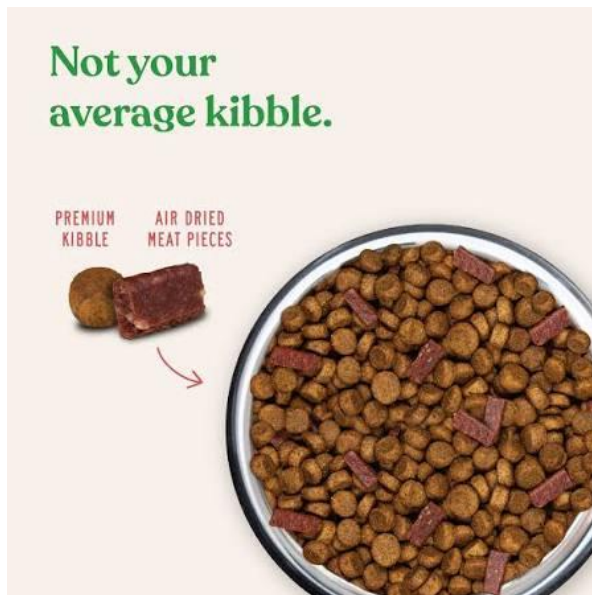


**High-quality protein**  
for delicious flavour

**Salmon oil**  
for all-important brain development

**Glucosamine & chondroitin**  
for growing joints

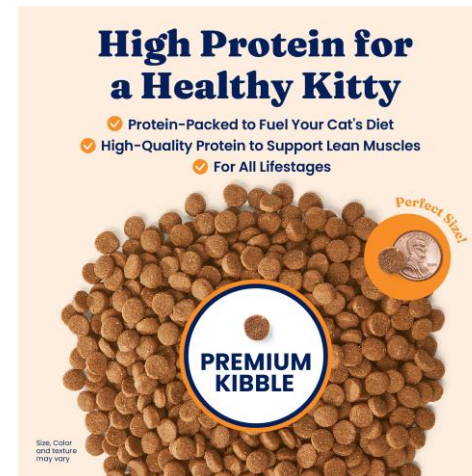
**Prebiotics**  
for a healthy gut microbiome



<https://openpaddockpet.com.au/products/pasture-raised-beef-kibble-for-dogs>



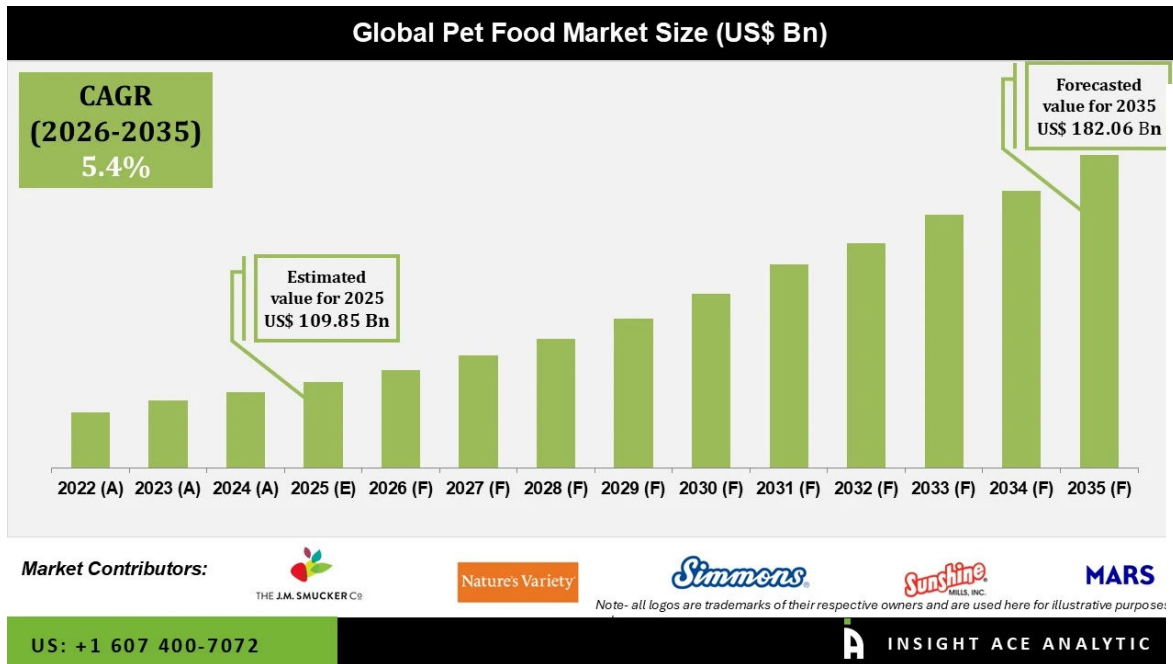
[Jinny Freeze dried](https://www.dreamstime.com) [www.dreamstime.com](https://www.dreamstime.com)



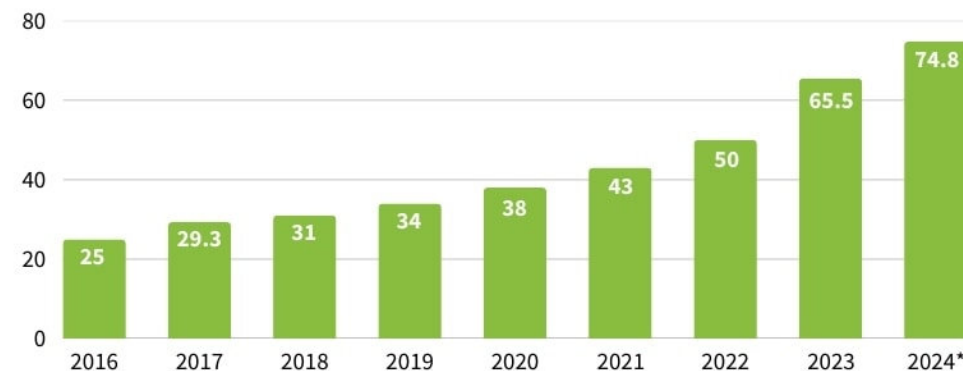
[Indigo Moon™ Chicken Dry Food for Cats | Solid Gold](https://www.dreamstime.com)



# อุตสาหกรรมอาหารสัตว์เลี้ยงไทย: ศักยภาพระดับโลก

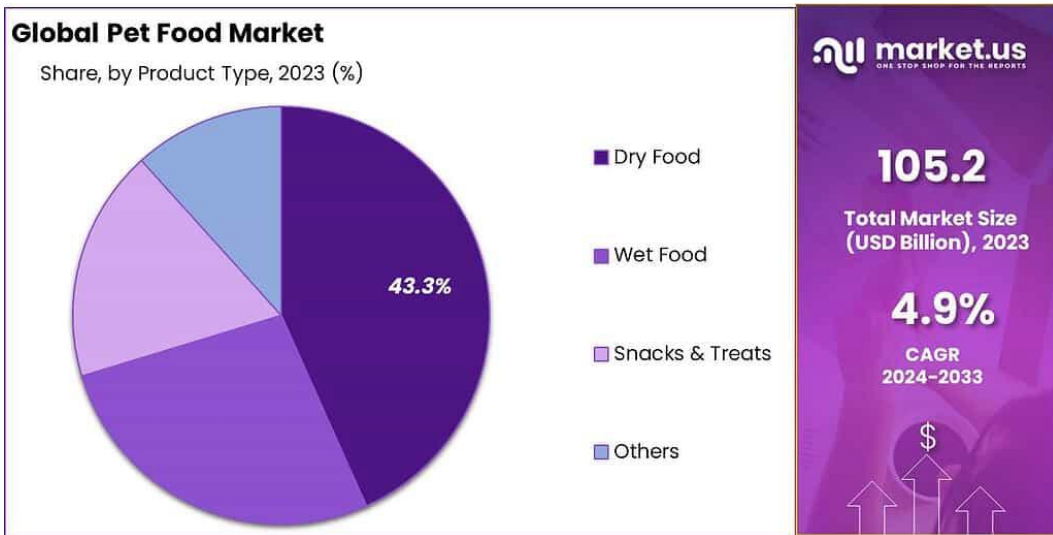


## Value of Thai pet industry (in billion Thai baht)



\*Forecast  
Source: Statista

GlobalPETS | www.globalpetindustry.com

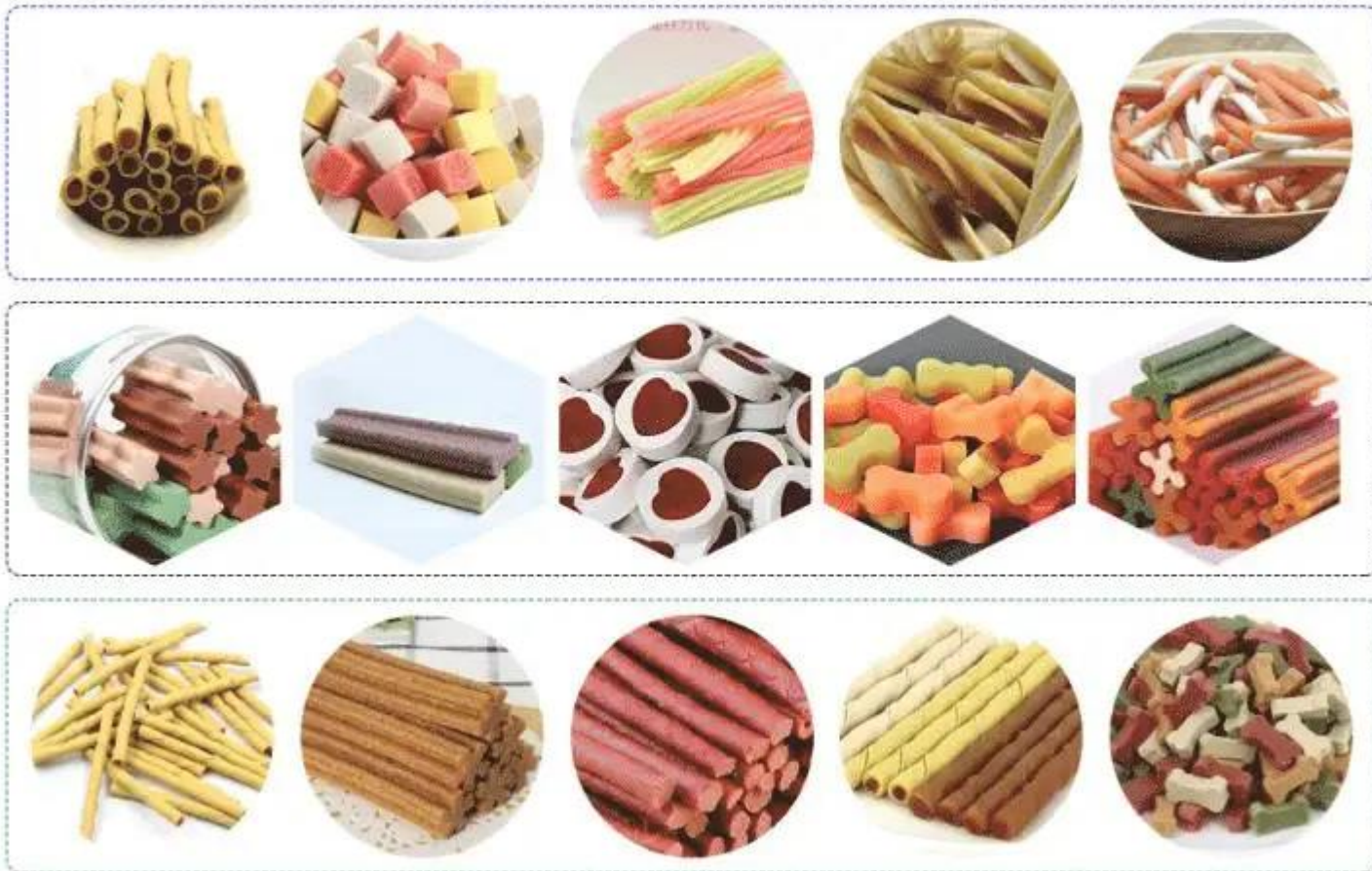


## 2nd Thailand: ผู้ส่งออกอันดับ 2 ของโลก เป็นรองเพียงเยอรมนี

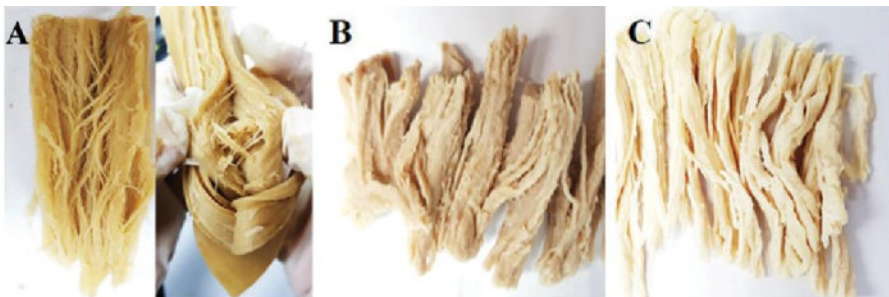
ตลาดสัตว์เลี้ยงไทยเติบโตอย่างแข็งแกร่งด้วยมูลค่ารวมกว่า 9.2 หมื่นล้านบาท ท่ามกลางภาวะเศรษฐกิจผันผวน โดยมีอัตราการเติบโตในปี 2024 สูงถึง 8-14%

Source: สมาคมการค้าอาหารสัตว์เลี้ยงไทย (TPFA) / กรมปศุสัตว์

# Pet Food by Extrusion



<https://www.foodmachineryint.com/feed-production-line>



al images of high-moisture meat analogues (A), dork (B), and chicken (C). (Adapted, with permission, from Samard [28])

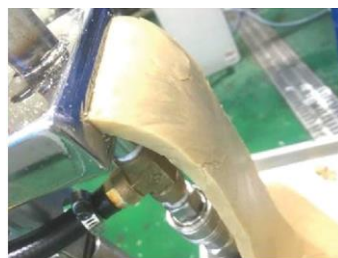


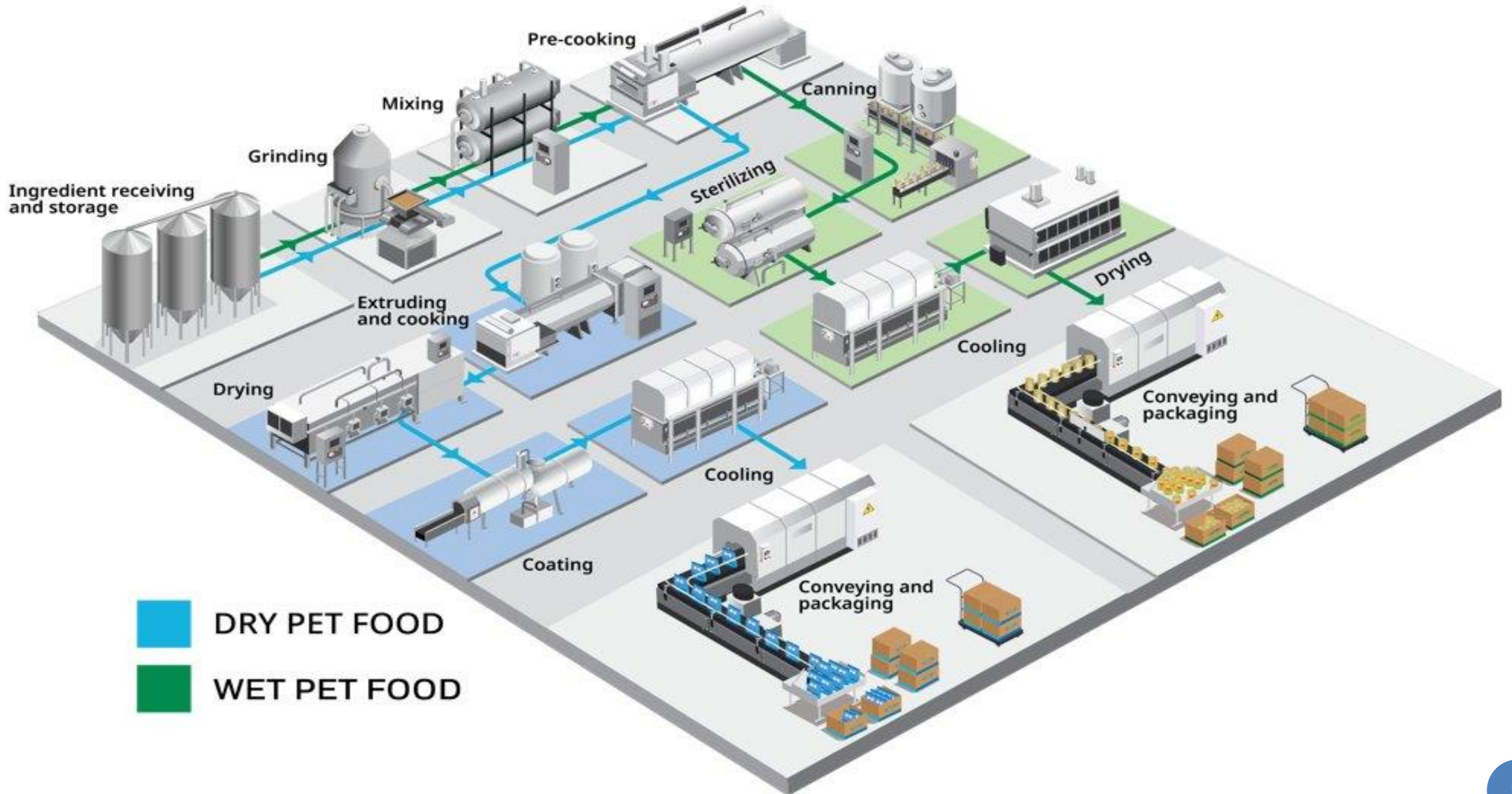
Fig. 2. A high-moisture meat analogue extruder nozzle extruding a collagen die.

<https://www.semanticscholar.org/paper/Asian-Perspective-on-High-Moisture-Extrusion-Maung-Ryu>

## ได้รับความนิยมนและเติบโตอย่างต่อเนื่อง

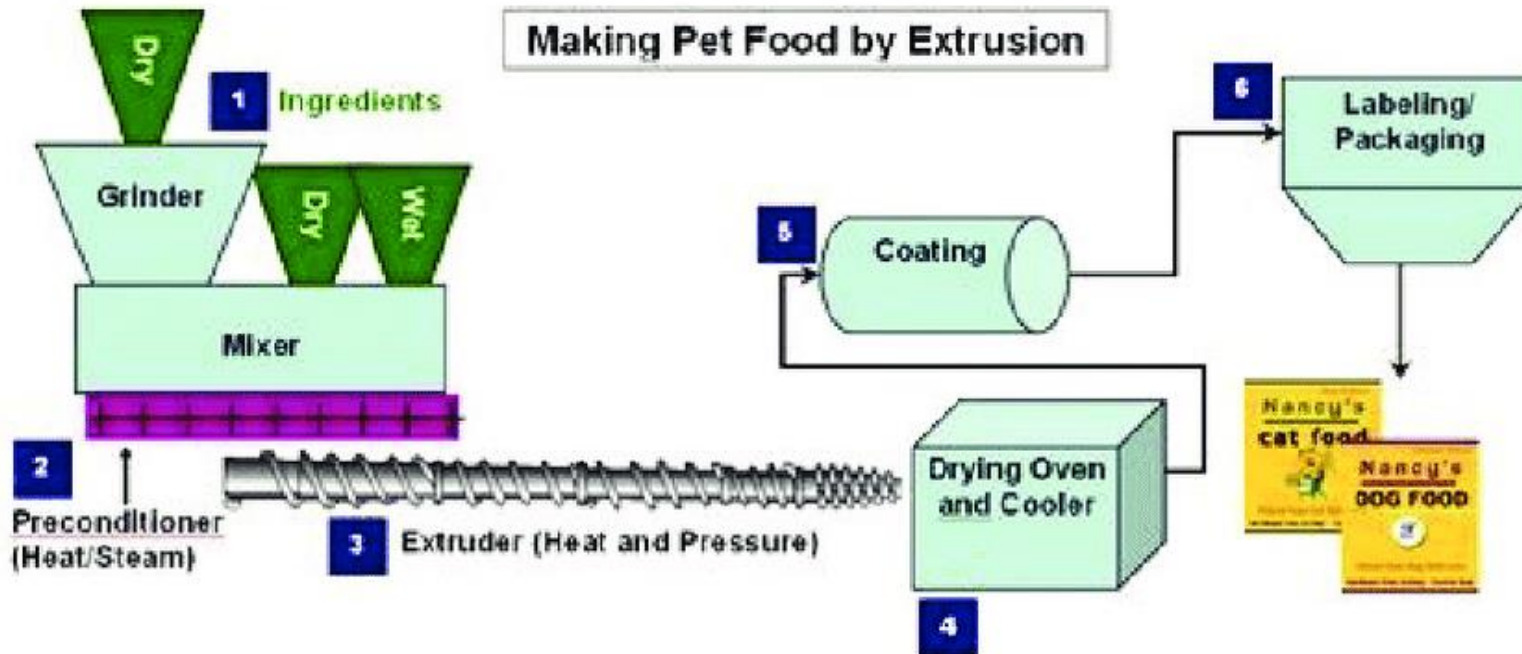
- ความหลากหลาย (Versatility):  
กรรมวิธีมีความยืดหยุ่นสูง ผลิตภัณฑ์มีความหลากหลาย
- ค่าใช้จ่าย (Cost): ใช้ต้นทุนการแปรรูปต่ำและให้ผลผลิตสูง
- ผลผลิต (High Productivity)/  
ประสิทธิภาพการผลิตสูง (Efficiency)
- คุณภาพของผลิตภัณฑ์สูง (Product quality) ควบคุมได้ดี
- เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม (Environmental-friendly): Low Waste/ No Process Effluents

# Pet Food Manufacturing Process



# Pet Food Extrusion Line: Dry Pet Food

More than 95% of kibble is manufactured using extrusion technology.



[https://www.researchgate.net/figure/Schematic-illustration-of-the-process-of-pet-food-extrusion\\_fig4\\_323466803](https://www.researchgate.net/figure/Schematic-illustration-of-the-process-of-pet-food-extrusion_fig4_323466803)

**Grinding:** บดวัตถุดิบให้ละเอียด

**Pre-conditioning:** การเติมน้ำหรือไอน้ำ:

**Extrusion Cooking:** ใช้ความร้อนสูง ( $120-150^{\circ}\text{C}$  สำหรับพองสูงหรืออุณหภูมิต่ำกว่า  $100^{\circ}\text{C}$  สำหรับพองต่ำ) และความดันเพื่อขึ้นรูป

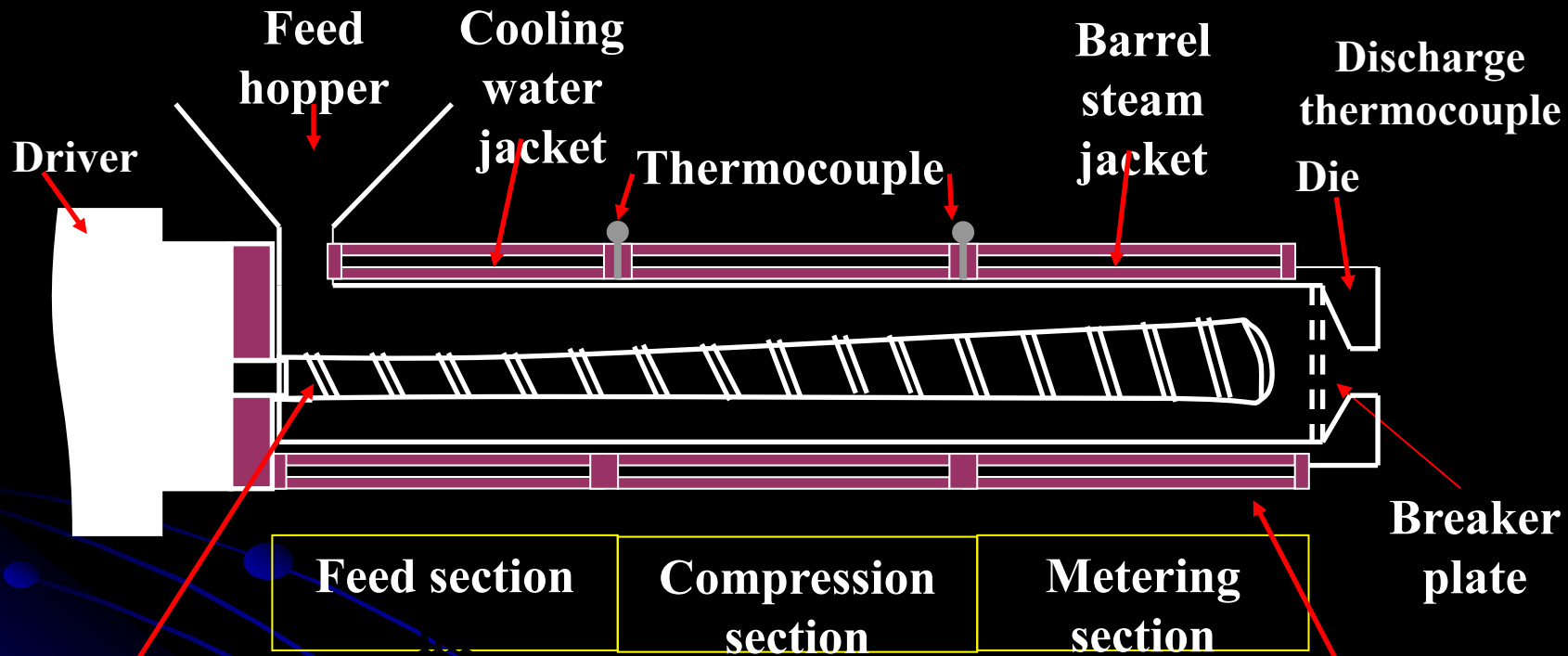
**Drying & Coating:** อบอุ่นความชื้นและเคลือบไขมัน/สารปรุงแต่งกลิ่นรส

## Product Characteristics

- Appearance
- Expansion index
- Bulk density
- Size
- Texture/ Hardness
- Digestibility

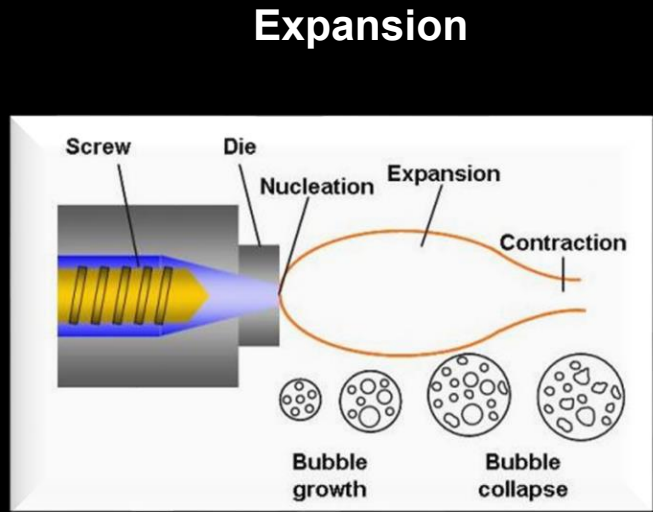


# Single Screw Extruder



Screw with increasing root diameter

Barrel with hardened liner



ขั้นตอนการลดความชื้น:

อบด้วยความร้อนสม่ำเสมอจน

เหลือความชื้น < 10%

ช่วยให้อาหารมีความกรอบที่เป็นเอกลักษณ์

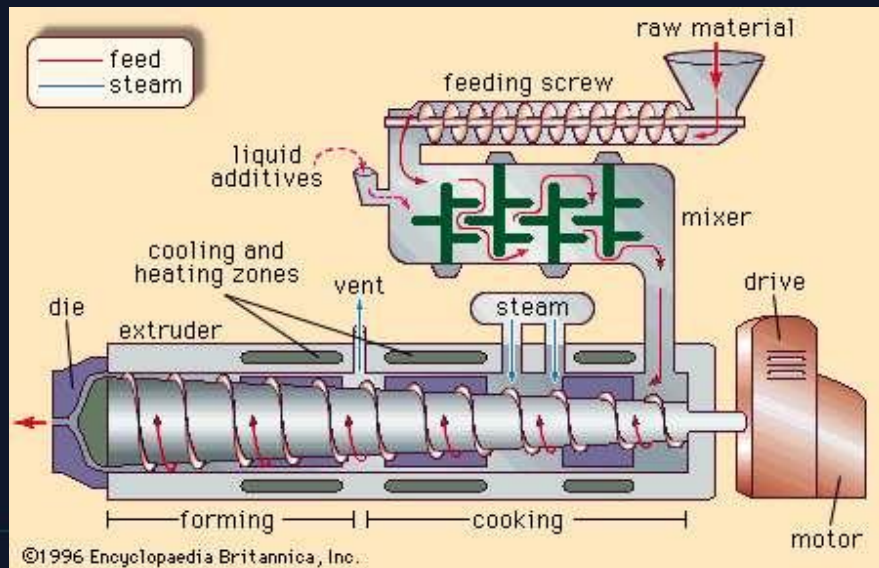
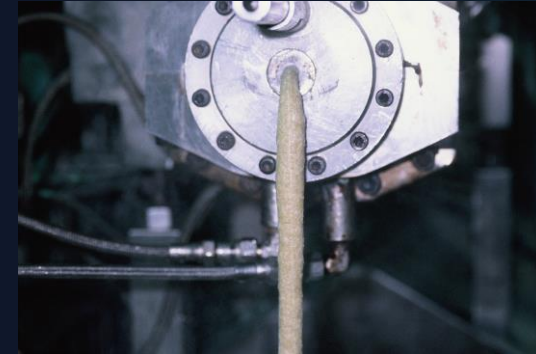
ป้องกันการเติบโตของเชื้อราและแบคทีเรีย

# Single Screw Extruder

- แบ่งตามขนาดของ shearing action เป็น
  1. High Shear (Breakfast Cereals and Snackfoods)
  2. Medium Shear (Semi-moist Petfoods)
  3. Low Shear (Pasta and Meat Products)
- Screw มีหลาย section.....feed section..เพื่ออัดให้เป็นเนื้อ เดียวกัน  
kneading section เพื่อผสม นวด เก็บ
- ใน High Shear Screw จะมี cooking section ด้วย
- วัตถุดิบจะเคลื่อนที่ไปข้างหน้าด้วยการทำงานของ screw

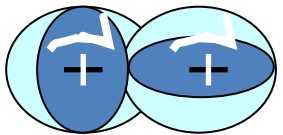
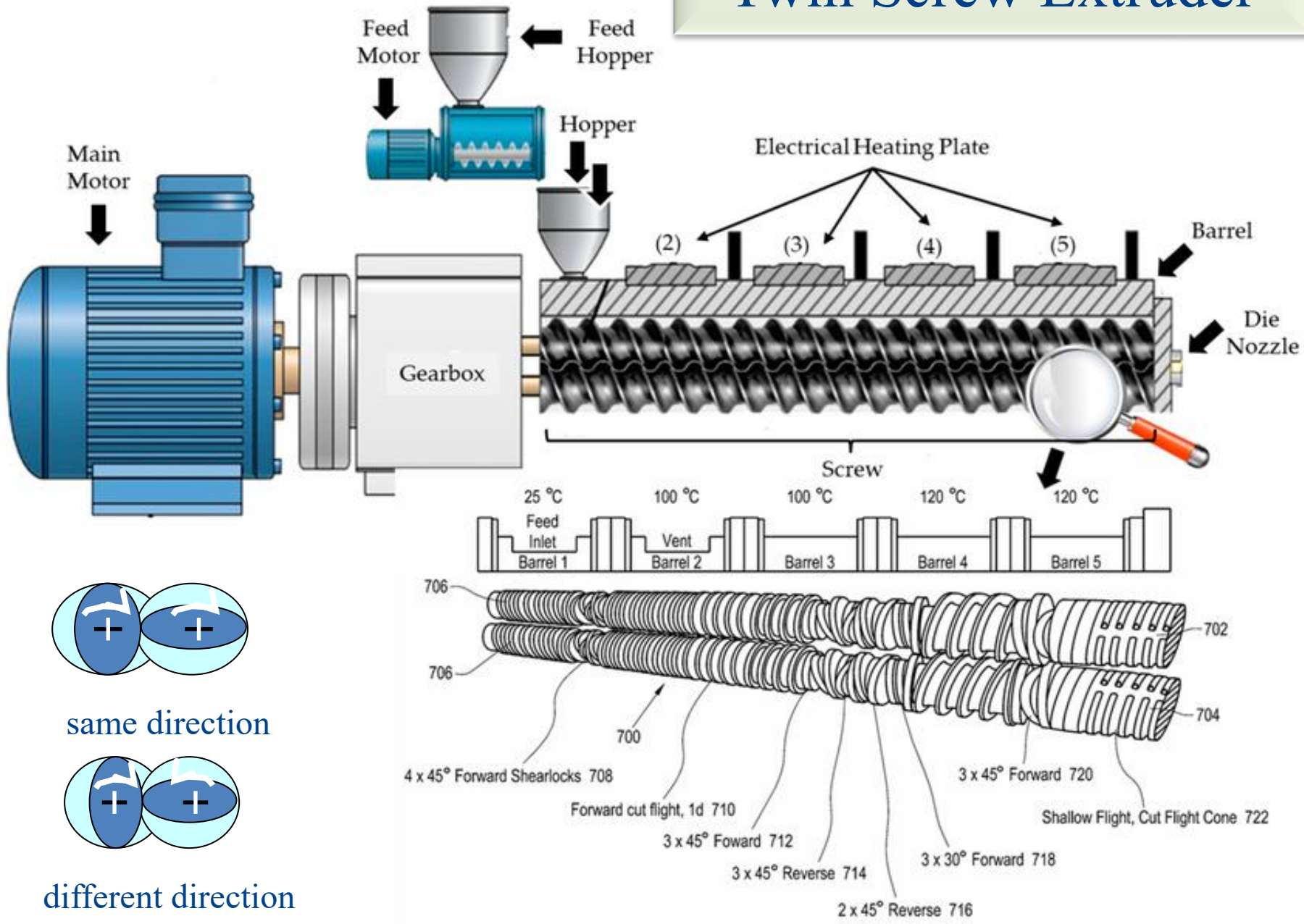
# Single Screw Extruder

- ✔ ต้นทุนต่ำ: ราคาประหยัดและค่าบำรุงรักษาไม่สูง
- ✔ ใช้งานง่าย: กลไกไม่ซับซ้อน ง่ายต่อการแก้ไขข้อบกพร่อง
- ✔ แรงดันสูง: สามารถสร้างแรงดันที่หัวตาย (Die) ได้สูง
- ✔ **Efficiency:** เหมาะสำหรับ high-output production
- ✔ **Durability:** Robust and reliable for continuous operation with minimal downtime.

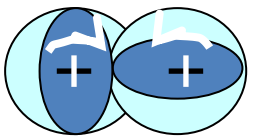


- ✘ การผสมวัตถุดิบอาจไม่สม่ำเสมอ
- ✘ ความไวต่อวัตถุดิบ: ขึ้นกับ particle size, moisture, หรือ fat content
- ✘ ทำความสะอาดยาก ต้องใช้ downtime for cleaning to prevent product contamination and degradation

# Twin Screw Extruder



same direction



different direction

- Various screw configurations (low shear conveying, high shear mixing, triple flight cone screws)
- Enables precise modulation of Specific Mechanical Energy (SME), low, medium, and high shear
- Can control the physical and chemical transformation of biopolymer feedstocks.
- Drive innovations for producing highly functionalized biomass.

# Specific Mechanical Energy (SME)

กระบวนการแปลงสภาพด้วยความร้อนและแรงเฉือน

$$\text{SME (kJ/kg)} = \frac{\left(\frac{N_{act}}{N_{max}} \times \frac{Md_{act}}{100}\right) - \left(\frac{N_{act}}{N_{max}} \times \frac{Md_{empty}}{100}\right)}{36M} \times P_{max} \quad (1)$$

where,  $N_{act}$ : actual screw speed in rpm,  $N_{max}$ : maximum screw speed in rpm,  $Md_{act}$ : actual torque in %,  $Md_{empty}$ : base torque in %,  $M$ : mass flow rate in kg/h, and  $P_{max}$ : maximum power of the gear motor in W.

$$\text{SME (Wh/kg)} = [\text{Motor Power (kW)} \times \text{\% Torque} \times (\text{Actual Speed} / \text{Base Speed})] / \text{Mass Flow Rate (kg/h)}$$

- ตัวแปรวิศวกรรมควบคุมที่สำคัญ: Raw Material, Barrel Temperature Profile, Screw Speed (RPM), และ Moisture Content
- Starch Gelatinization & Protein Denaturation: การทำให้แป้งเป็นเจลและการจัดเรียงโครงสร้างโปรตีนใหม่

Effect of screw speed and die temperature on physicochemical, textural, and morphological properties of soy protein isolate-based textured vegetable protein produced via a low-moisture extrusion

Die temperature (°C)	Screw speed (rpm)	Specific mechanical energy (kJ/kg)
180	350	15.50
	450	21.24
	550	21.72
190	350	14.91
	450	20.61
	550	21.08
200	350	14.31
	450	19.99
	550	20.44
210	350	13.71
	450	19.37
	550	19.81

a corotating intermeshing twin-screw extruder (Process-11, Thermo Fisher Scientific, Inc., UK)

Lyu et al., Food Science and Biotechnology (2023) 32:659–669

# Decoding the Different Types : From Intermeshing to Non-Intermeshing Designs

Common types of twin-screw extruders



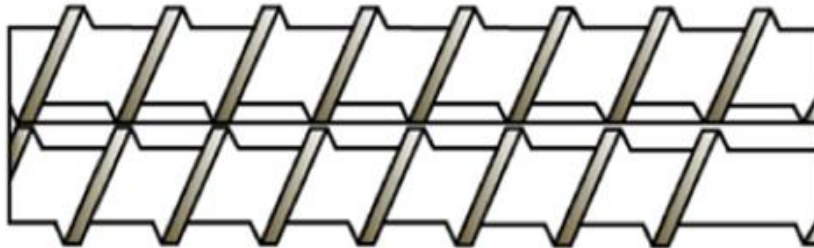
a) Co-rotating screw



b) Intermeshing co-rotating screw



c) Counter-rotating screw



d) Non-intermeshing co-rotating screw

## a) Co-Rotating Extruders:

- **High mixing efficiency**, ideal for intensive compounding and dispersive mixing
- Intermeshing area creates a spiral I (“∞”-shaped) flow that promotes uniform material distribution.

## b) Intermeshing Twin Screw Extruders :

- **Fully intermeshing**: tightly engaged screws that maximize mixing
- **Partially Intermeshing**: influencing mixing intensity and facilitating self-cleaning

## c) Counter-Rotating Extruders:

- Generates **stronger shear forces**
- Well-suited for **high-pressure applications** and high-viscosity or heat-sensitive materials

## d) Non-Intermeshing Twin Screw Extruders:

- The **screws operate more independently**.
- Enhances material exchange while providing a gentler processing environment.

# Twin-Screw Extruder

## Advantages:

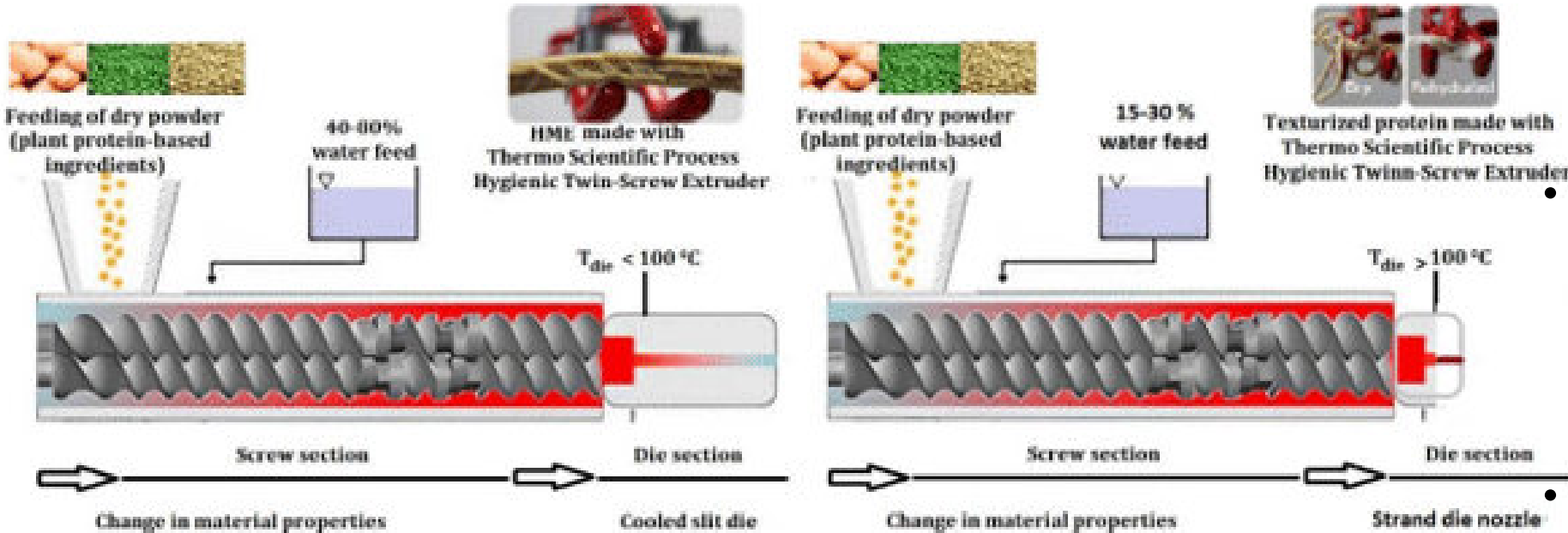
- ✔ **Superior Mixing & Flexibility:** highly expanded to dense meat analogues
- ✔ **Consistent Output:** ความเสถียร: การลำเลียงแบบ Positive displacement ทำให้ Flow คงที่ แม้มี่ feed variations
- ✔ **Versatile Feeding:** ใช้วัตถุดิบที่หลากหลายได้ทั้ง wet, sticky, or oily
- ✔ **Easy to Clean:** มีระบบ self-wiping และ modular design
  - ช่วยทำให้ลดเวลาในการปรับเปลี่ยนการผลิต
- ✔ **Tailored Process:** ด้วย modular design ช่วยควบคุมการผลิต ให้แม่นยำ
- ✔ **High Meat Inclusion:** รองรับการใช้เนื้อสัตว์สดได้สูงถึง 20- 40% ของสูตรอาหาร



## Disadvantages:

- ✘ **High Cost:** เงินลงทุนเบื้องต้นและค่าดูแลรักษาสูง
- ✘ **Complex Operation:** ต้องใช้ผู้ควบคุมที่มีทักษะและความเข้าใจสูง

# Twin-Screw Extruder: Modular Design

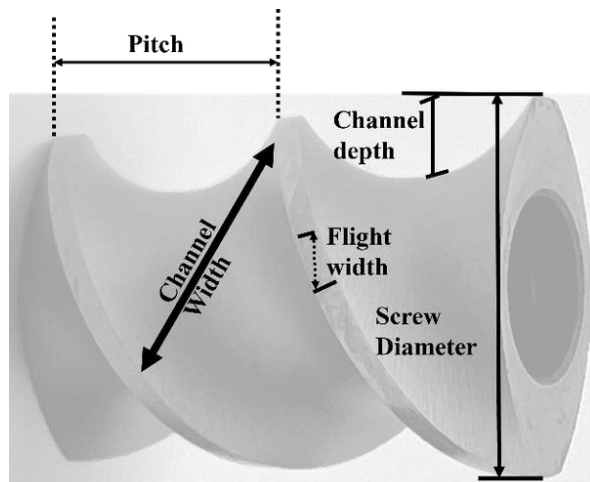


Co-rotational interlocking pilot scale scheme of a twin-screw extruder, presented by Thermofisher®, for the preparation of meat analogue products with high and low moisture content.

- **Independent temperature control** of three heating/cooling zones throughout the matrix
- **Comprehensive process control through 6 openings** along the die for material measurements: pressure, temperature
- **Individual adaptation of the entire nozzle dimension** according to processor needs

**Products:  
Textures of  
different sizes as  
required**

# Screw Functionality and Screw Profile: Design for Extrusion Processing



Description of screw terminology

Courtesy: Anton Paar GmbH

**Screw Geometry :** Variations, such as conical versus parallel designs, directly influence residence time, shear rate, and overall product quality.



- Metering zone**
- Shallow flights
  - Polymer melting
  - High shear
  - Drag flow to die section

- Compression zone**
- Shallow flights
  - Kneading action
  - Mixing element

- Feed zone**
- Deeper flight
  - Conveying action
  - No pressure

# Conveying Elements

Double Flighted A      Single Flighted      Double Flighted      SK



## Kneading blocks

30 Degree KB      45 Degree KB      60 Degree KB      90 Degree KB

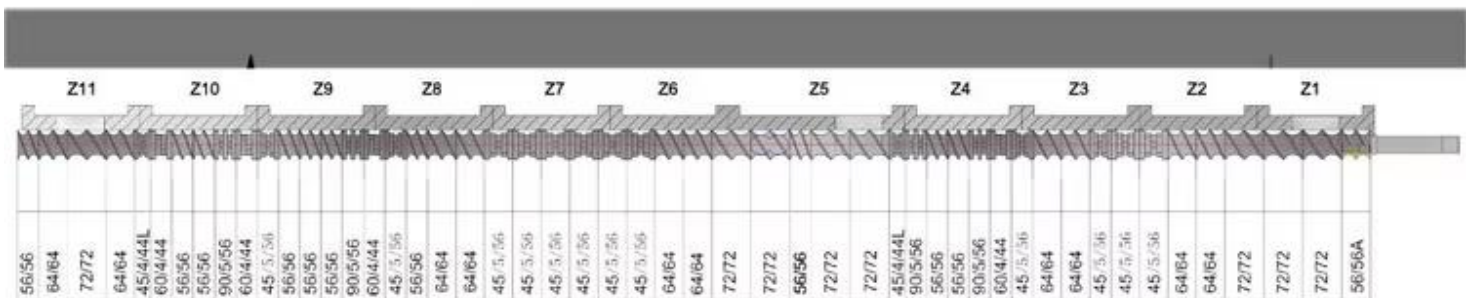


## Special Elements

Triple Flighted      SME      ZME      TME



## Screw Configuration



# Screw Element Designation and Function:

## Conveying:

- Gently move material through the extruder without breaking it down.



## Re-conveying:

- Re-conveying elements, also called reverse screw elements, slow down the flow of material.
- Added before/after the kneading elements to increase shear during extrusion.





### Kneading Element

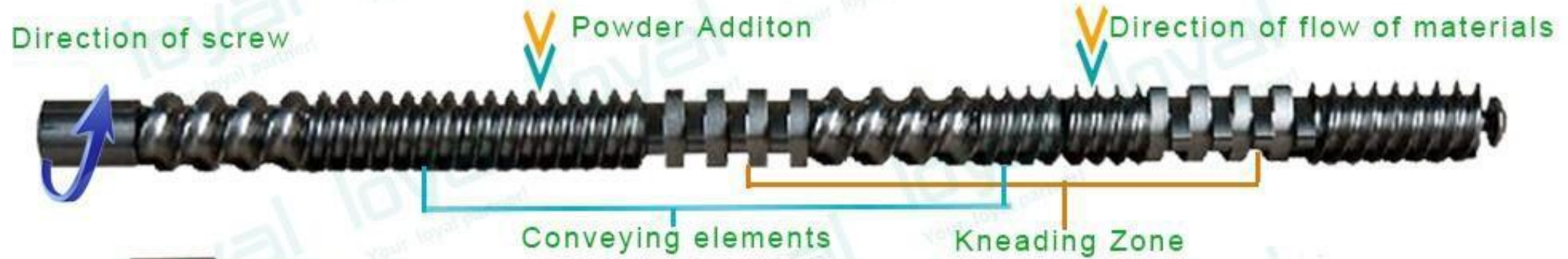
- **Break down** material and **mix** it together.
- **Different designs** of each kneading block provide a higher distributive or dispersive shear effect with either positive, negative, or neutral conveying effect.
- **Push material backward** to create more shear.
- **The length of reverse elements** is less than the extruder screw diameter to **prevent pressure peaks** and significant shear strain in the material.



### Toothed Mixing Element

- **Convey forward** and **mix** ingredients evenly.
- Are **placed before** the **extruder compression zone** to mix solid and liquid ingredients.

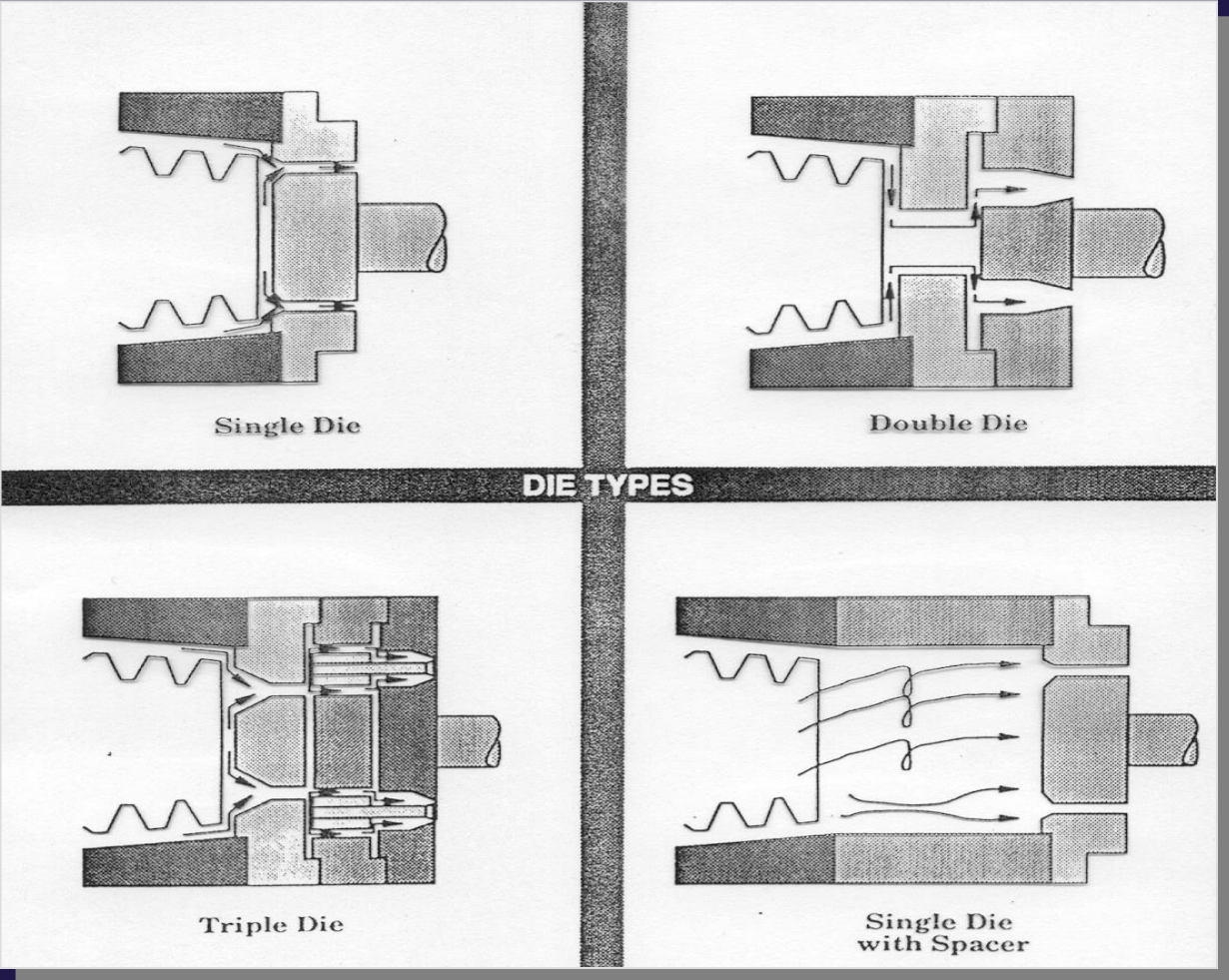
# SCREW ELEMENT COMBINATION



kneading mixing element

Conveying element

# Die Types

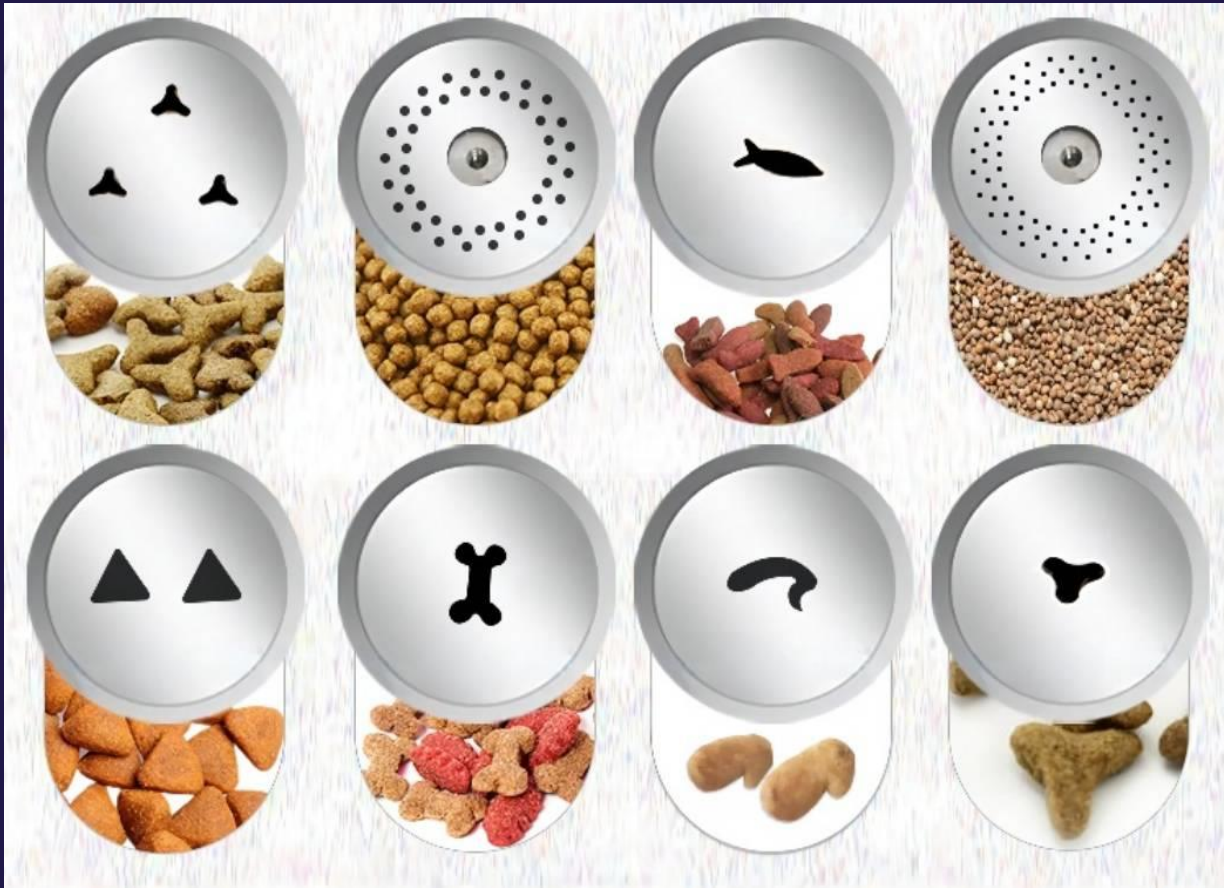


<https://www.foodextrusiondies.com/>



<https://hamillmachine.ca/projects/project/food-extrusion-dies/>

# Food Extrusion Dies



<https://www.dragonextruder.com/pet-food-processing-line/pet-food-processing-line.html>



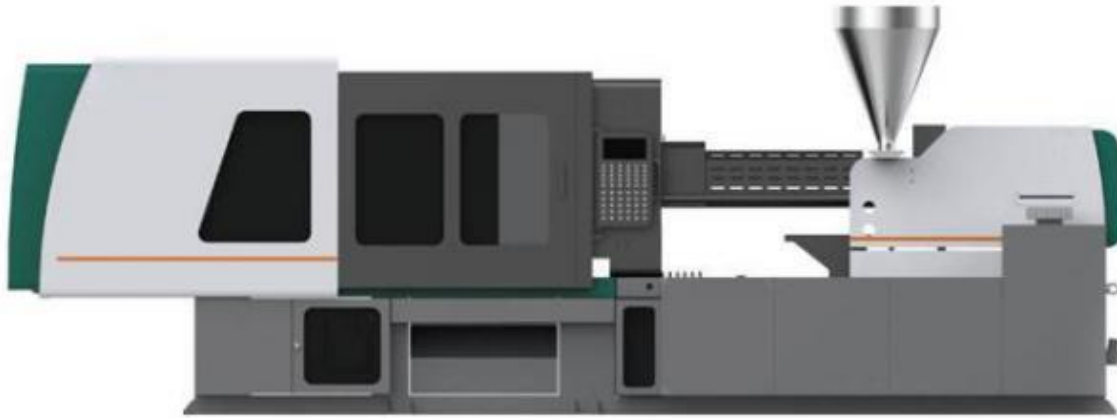
<https://frazernash.com/pet-food-machinery/>



[Grain Free Sally Snacks Pet Food Extruder All Natural Jerky Dog Treats Making Machine](#)

# Pet Treats Injection Moulding Machine

- Special machinery for producing pet snacks
- Various shapes can be made, such as hedgehog, crocodile, dog, bone, pork ears, barrel, etc.



**Moderate soft and hard and easy to digest**  
Can be adjusted according to the dog like their own hard and soft

**Hard**

**Care of the oral cavity**

Adjust the size suitable for the mouth of your pet

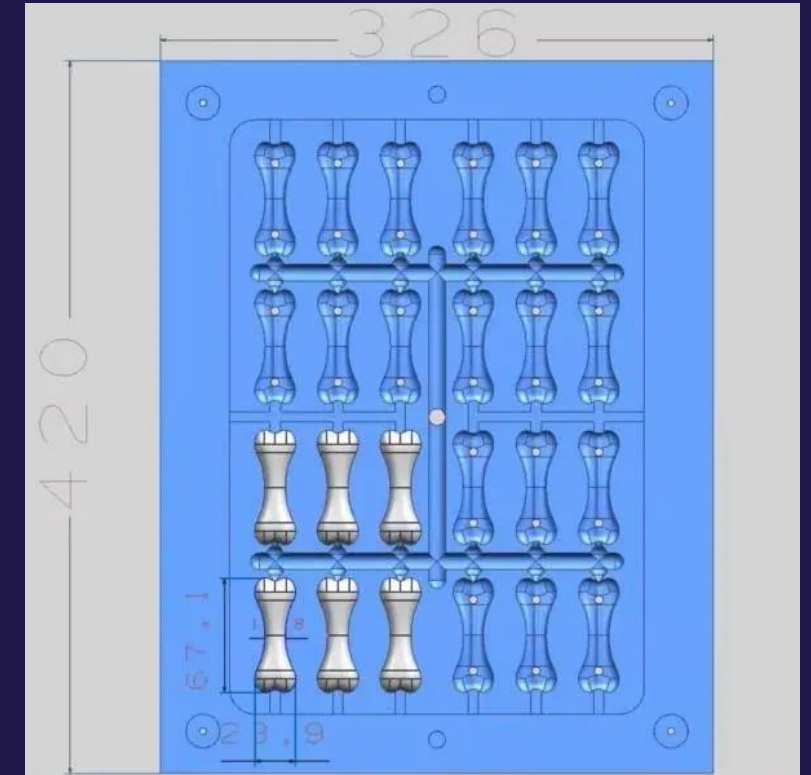
**Health quality**

**0** No preservatives added  
No added chemical pigments

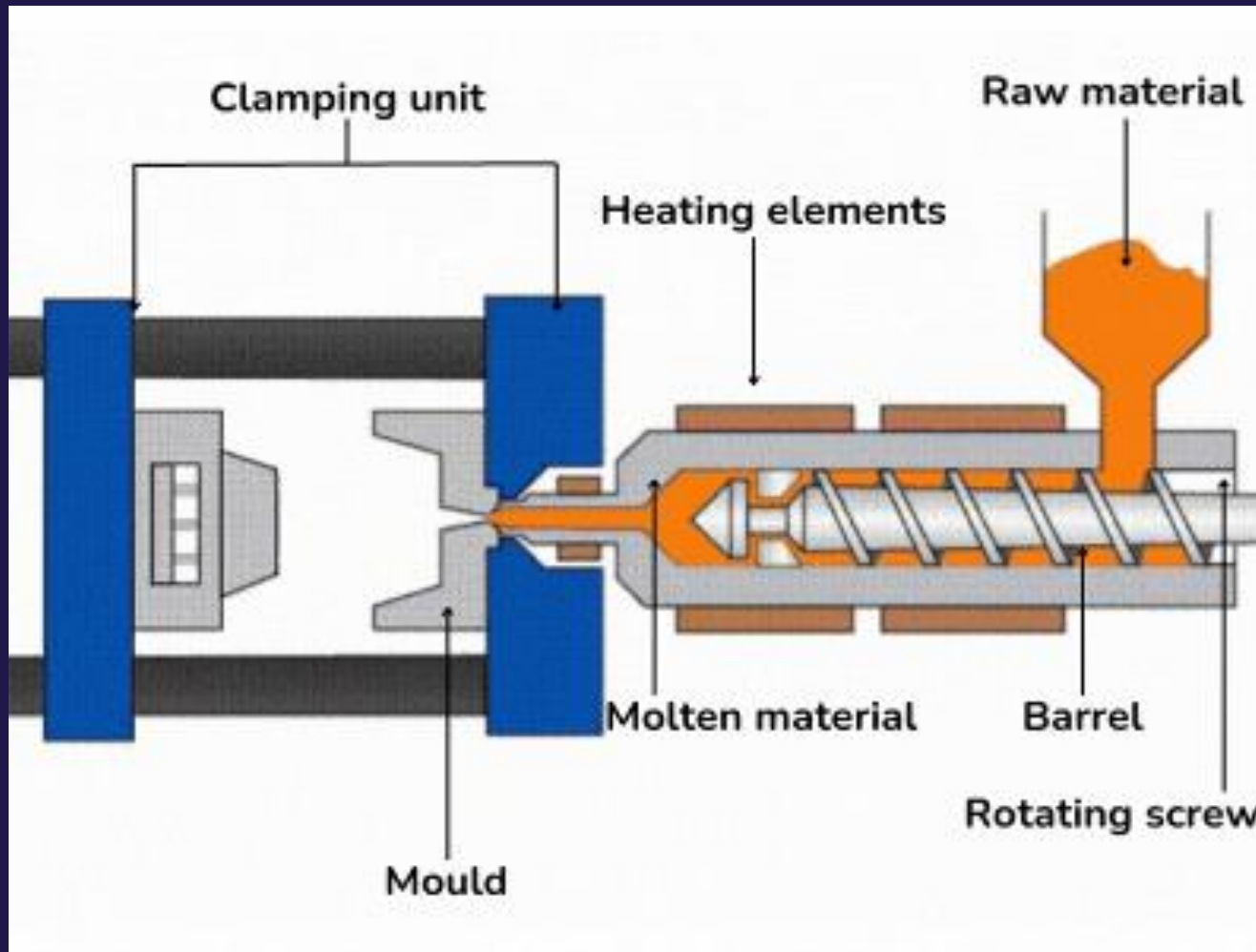
1. Heat opened to be long, the water content is sufficient, the size high and low, which is suitable for digestion the weak teeth.

2. Flow for several times to strengthen water, and the water will be absorbed by the mouth for dog to be able to bite hard objects.

The height is about 58mm



# The Dog Snacks Molding Machine

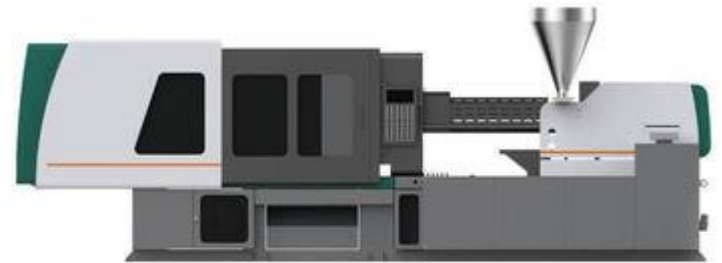
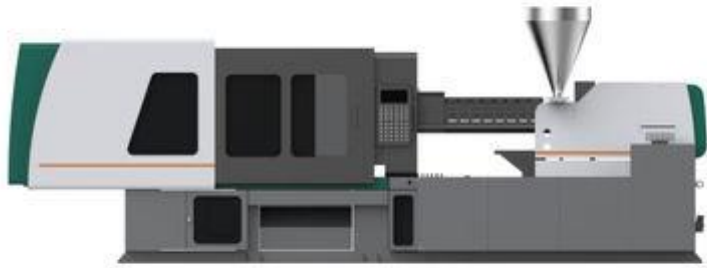


## The Injection Moulding Process

Operates using an extrusion process

- 1. Ingredient Preparation:**
- 2. Extrusion:** heated and pressurized, transforms the mixture into a dough-like consistency.
- 3. Molding:** The dough is then passed through the molding section, (desired shape and size)
- 4. Cutting:** cut into individual pieces and, if necessary, further shaped.
- 5. Drying/Cooking:** dried or baked to desired texture and shelf life.
- 6. Cooling and Packaging:**

# The Dog Snacks Molding Machine



Injection Mould Type Pet Treat Machine  
Dog Dental Treats Injected Molding

Favorite Dental Care Pet Food  
Manufacturing Machine Dog Chewing  
Toy Making

Various Shape Dog Chews Food Dog  
Treat Machine Pet Food Extruder  
89kw 180rpm Screw Speed

# “High-Meat” Trend in Pet Food Formulations:



There are multiple challenges inherent in addressing the “high-meat” trend in pet food formulations, but extrusion technologies are keeping up. (Courtesy Clextal)

<https://www.petfoodindustry.com/production/pet-food-processing/article/15466227/fresh-meat-in-pet-food-no-1-trend-affecting-extrusion>

According to the [Association of American Feed Control Officials](#) (AAFCO)

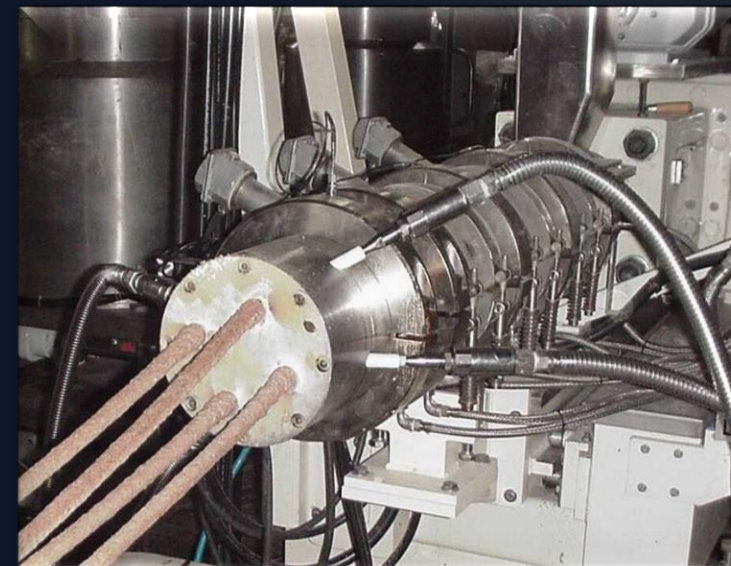
- **Adult dog foods** should contain at least **18% crude protein** (%ddb).
- **Reproducing female dogs and puppies’** foods should contain a minimum of **22.5%** crude protein.
- Most in the pet food industry have settled on a dog formula with at least **30% protein** as a food that can claim to be **“high protein.”**
- For **cat food** the protein levels are higher, at **26% for adult maintenance** diets and **30% for growth and reproduction-focused** formulas, according to AAFCO.

**‘Made with fresh meat’ or ‘from meat,’** for high-quality protein sources in their pets’ food, requires

- Understanding of the **meat ingredients**
- Special handling and storage,
- **Hygiene**
- **Modifications in extruder parameters**
- Upstream equipment

# Co-Extrusion

Turns virtually any twin-screw extruder into a line for high-value center-filled products



[clextral.com](http://clextral.com)

## การผสมผสานสองเนื้อสัมผัส

เทคโนโลยีที่ช่วยให้สามารถฉีดเนื้ออาหาร 2 ชนิดพร้อมกันผ่านหัว Die เดียวกัน:

- **Outer Shell:** ชั้นนอกที่กรอบหรือเหนียวนุ่มเพื่อโครงสร้าง
- **Inner Filling:** แกนกลางที่เป็นครีม ของเหลว หรือเนื้อนุ่ม
- **Functional Delivery:** เก็บรักษาคุณค่าสารอาหารไว้ในแกนกลาง

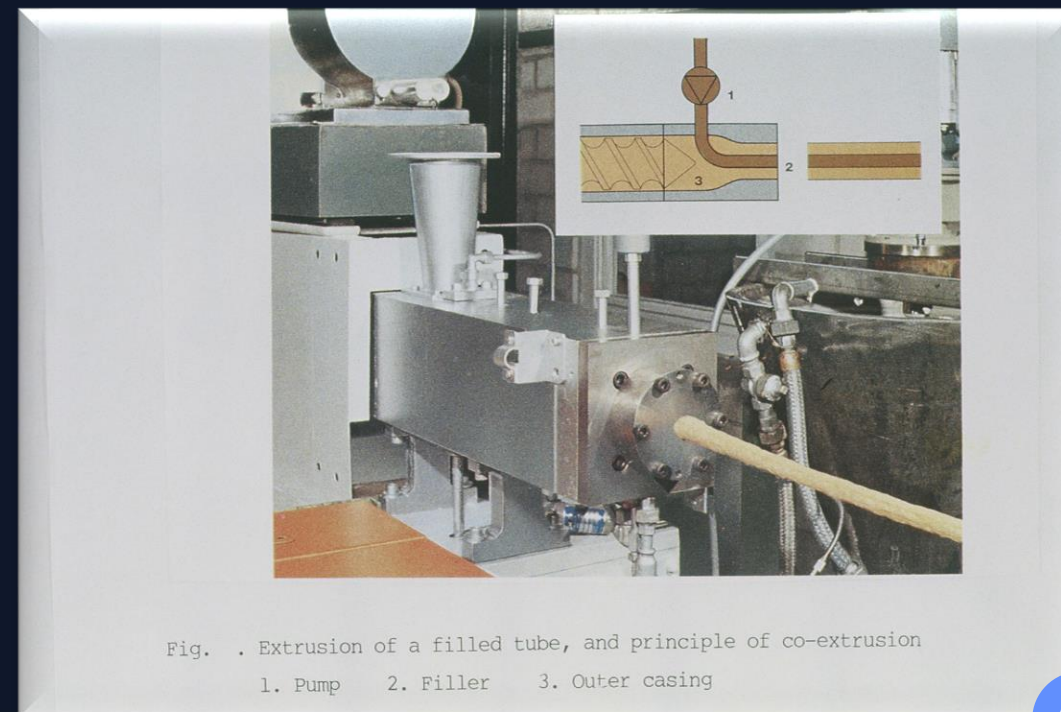


Fig. . Extrusion of a filled tube, and principle of co-extrusion  
1. Pump 2. Filler 3. Outer casing

## Dual Texture



*Especially in the pet treat market, co-extrusion technology offers processors the ability to differentiate products with unique texture and color combinations. (Source: Clextrol)*



*“Co-extrusion combines steam-induced expansion and filling injection for expanded products with dual textures,”*



*Co-extrusion can be applied when the same formula in two separate colors needs to be combined for visual appeal. (Source: Reading Bakery Systems)*

# Dental and Long-Lasting Chews

Filled tube-type product like the Sausage



*The long-lasting dental chew category where it is often used to deliver two formulas, each offering unique health benefits to pets. (Source: Kansas City Treats)*



## Dental Sticks

ฟังก์ชันขัดฟันพร้อมสารบำรุง

- ✓ **แท่งขัดฟันที่มีแกนกลางบรรจุสาร Active Ingredients** เช่น Enamel Care หรือ Breath Freshener
- ✓ **เทคนิค: Low-temperature injection** สำหรับแกนกลาง เพื่อรักษาคุณภาพวิตามิน
- ✓ **ผลลัพธ์: ยืดอายุผลิตภัณฑ์ (Shelf-life)** และความเสถียรของสารสำคัญ
- ✓ **Brand Image:** สร้างจุดขายที่แตกต่างบนแผงสินค้า

## Pillow Snacks สร้าง "โมเมนต์พิเศษ" ด้วยไส้ครีม



การผลิตขนมรูปหมอนที่มีความกรอบภายนอกและมีความชุ่มฉ่ำของไส้  
ตัวหรือแชลลอนภายใน

**เทคนิค:** ใช้หัวฉีดแบบ Manifold เพื่อความสม่ำเสมอของไส้

**ผลลัพธ์:** เพิ่มราคาสินค้าได้ 2.5 เท่า เมื่อเทียบกับขนมเม็ดปกติ

**Palatability:** ความน่ากินเพิ่มขึ้น 40% จากการทดสอบ

<https://www.greenies.com/cdn-cgi/image/width=600,height=600,f=auto,quality=90/sites/g/files/fnmzdf8461/files/migrate-product->

## Pill Wrappers

นวัตกรรม "ขนมซ่อนยา" (Pill Pockets)



**Core:** ไส้ครีมหอมพิเศษ (High-fat liver paste) เพื่อกลบกลิ่นยาได้อย่างสมบูรณ์

**Shell:** เนื้อนุ่มยืดหยุ่น (High moisture) เพื่อให้เจ้าของห่อหุ้มเม็ดยาได้ง่าย

โดยไม่แตกหัก

เป็นกลุ่มผลิตภัณฑ์ที่เติบโตสูงในช่องทางคลินิกสัตวแพทย์

# การออกแบบสูตร Shell vs Core

องค์ประกอบ	Outer Shell (เปลือก)	Inner Core (ไส้)
วัตถุดิบหลัก	แป้งสาลี, ข้าวโพด, โปรตีนเข้มข้น	น้ำมันปลา, เนื้อสัตว์บดละเอียด, ครีมเทียม วิตามิน
ความชื้น	ต่ำ (8-12%) เพื่อความกรอบ	สูง (20-30%) เพื่อความนุ่มนวล
ฟังก์ชันการผลิต	มีการการพองตัวในระดับที่ต้องการ	มีความหนืดคงที่แม้เจอความร้อน
จุดขายหลัก	Texture & Clean teeth	Flavor & Nutrition Injection



- **Outer Shell:** ออกแบบเพื่อป้องกันการสูญเสียความชื้นของไส้ภายใน และรักษาความกรอบ ลดต้นทุนวัตถุดิบเปลือกนอก แต่เพิ่มความพรีเมียมที่ไส้ใน
- **Filling Ratio:** ปรับสัดส่วนไส้ได้ยืดหยุ่น ตามโจทย์ต้นทุนและโภชนาการ
- **Interface Bond:** เทคนิคการทำให้เปลือกและไส้ยึดเกาะกัน ไม่หลุดจากกันหลังผ่านกระบวนการตัด
- **Heat Protection:** กระบวนการฉีดไส้ที่อุณหภูมิต่ำกว่าช่วยรักษาคุณภาพสารอาหารหลัก

# High Moisture Extrusion (HME)

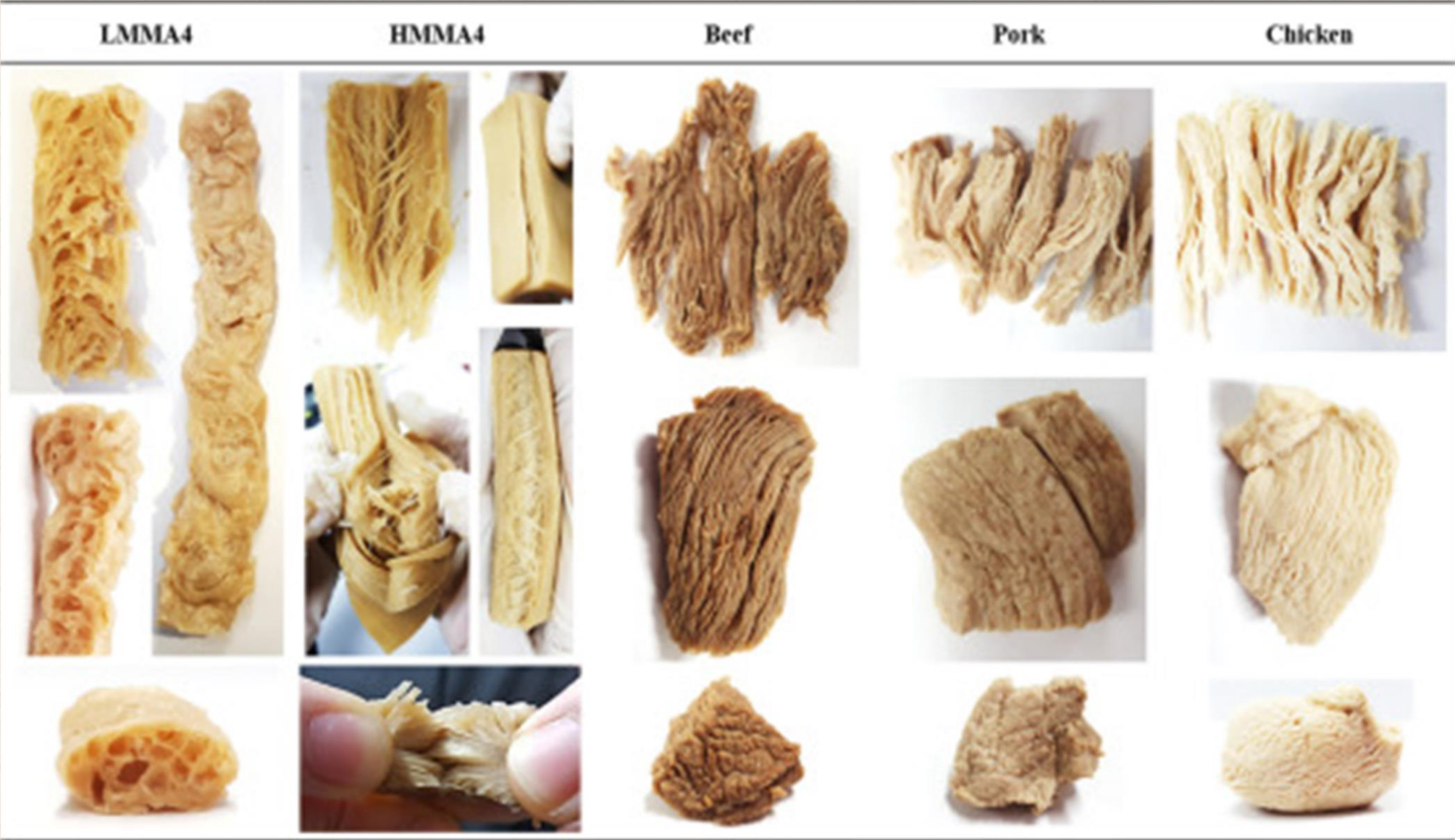


กระบวนการอัดขึ้นรูปที่มีระดับความชื้นสูงกว่า **40-70%** ต่างจากแบบดั้งเดิมที่อยู่ที่ 10-30%

สร้างเนื้อสัมผัสแบบเส้นใยกล้ามเนื้อ  
(Anisotropic Fibrous Structure)

เพิ่มความน่าทาน (Palatability)  
และการย่อยง่าย

# Extrusion of HMMA (High Moisture Meat Analogues)



Extrusion cooking of high-moisture meat analogues - ScienceDirect

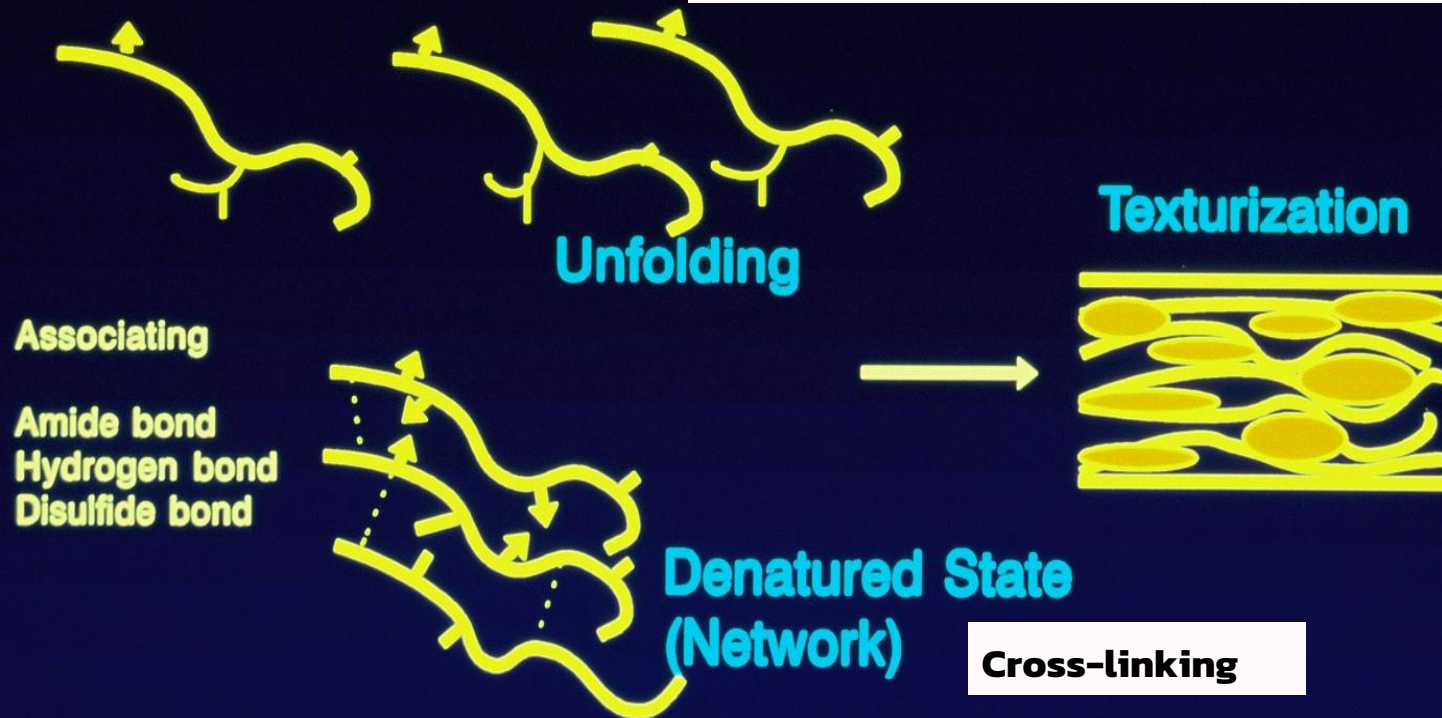
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780128153604000079>

# Principles of Protein Texturization

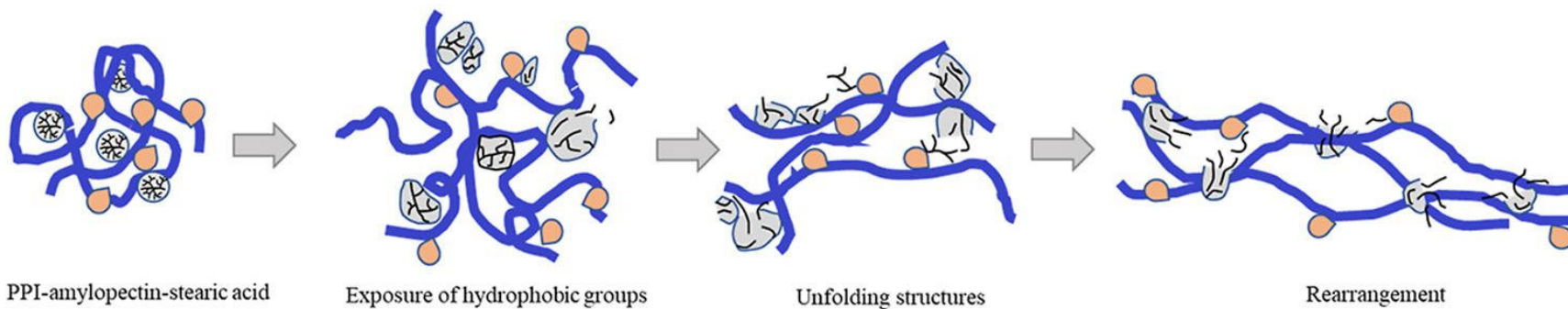
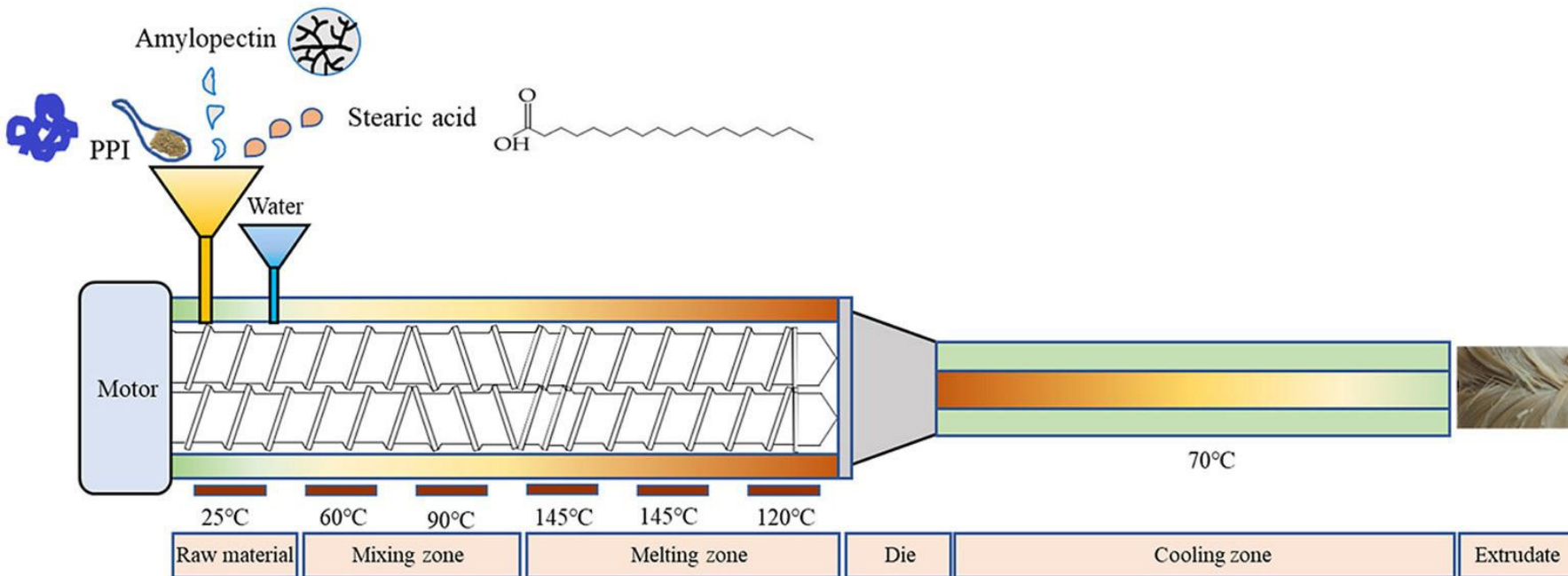


ในสภาวะ **Thermomechanical Action** โปรตีนจะเกิดการคลายตัว (Denaturation) และผสมผสานเป็นเนื้อเดียวกันภายใต้แรงเฉือนสูง

**Molecular Alignment:** โมเลกุลจะเรียงตัวตามทิศทางการไหล

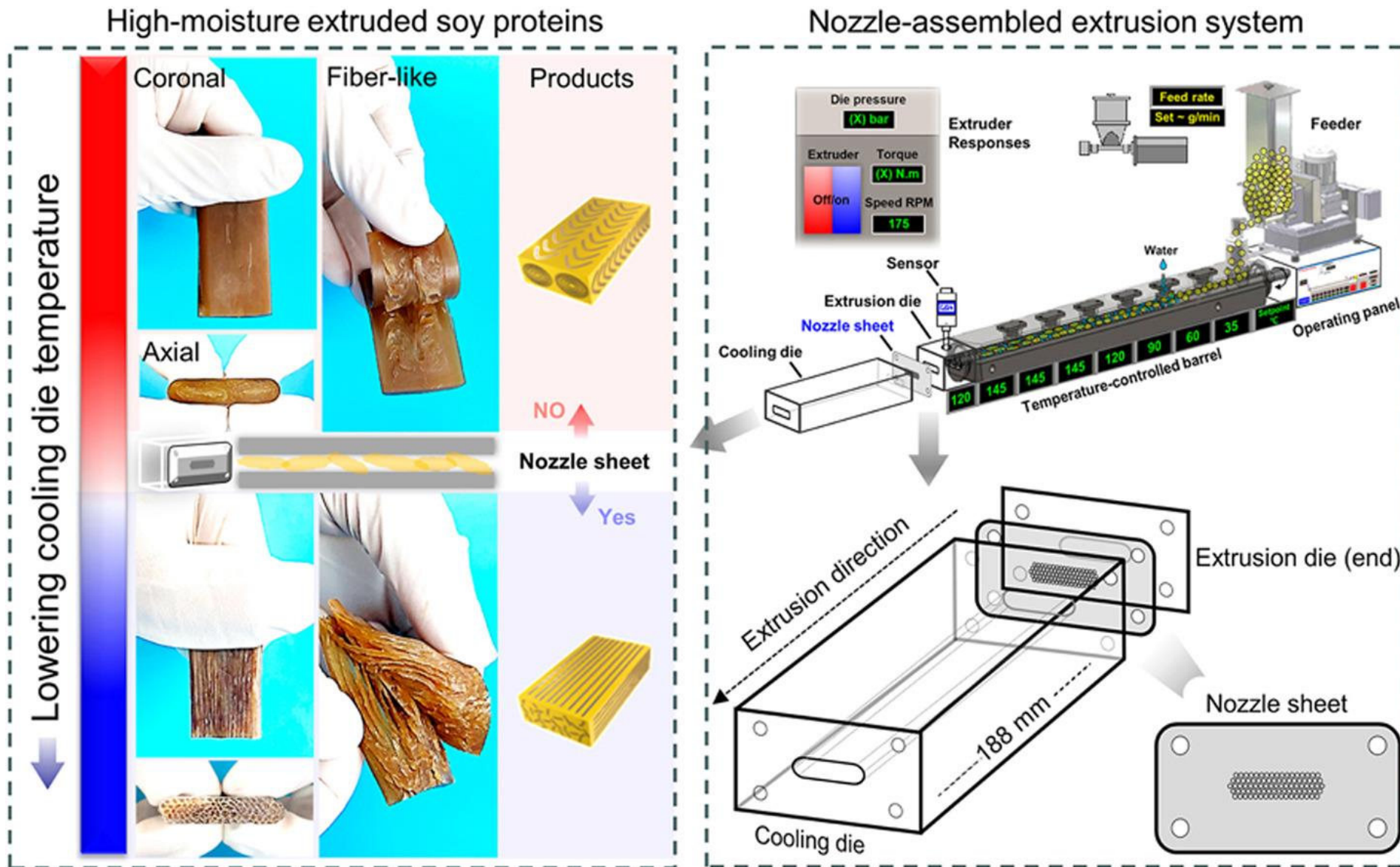


# Mechanism of high-moisture extruded protein fibrous structure formation based on the interactions among pea protein, amylopectin, and stearic acid.



- **อะไมโลเพกตินและกรดสเตียริก** ทำงานร่วมกันในการปรับปรุงเนื้อสัมผัส ความแข็ง และระดับความเป็นเส้นใยในโปรตีนถั่วลันเตา
- **กรดสเตียริก** ทำหน้าที่เป็น "Anchor" ช่วยขัดขวางการม้วนตัวกลับของสายโมเลกุลโปรตีน ในขณะที่อะไมโลเพกตินช่วยส่งเสริมการจัดเรียงตัวและการสร้างพันธะเชื่อมข้ามที่ยืดหยุ่น
- **ผลลัพธ์เชิงโครงสร้าง: ลดแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโปรตีน** ทำให้เกิดโครงสร้างมวลสารที่ยืดหยุ่น ซึ่งเอื้อต่อการจัดเรียงตัวเป็นโครงสร้างเส้นใยที่มีคุณสมบัติไม่เหมือนกันในแต่ละแนว (Anisotropic fibrous structures) เลียนแบบเนื้อสัตว์ได้ดีขึ้น

# Multihole Nozzle-Mediated High-Moisture Extrusion of Soy Proteins into Fiber-Rich Structures



Improved the component design of the cooling die with multihole nozzles

Fibrous structure, texture, and *in vitro* digestibility of the nozzle-produced HME-TVP were investigated at different cooling temperatures.

HME-TVP produced at 40 °C exhibited excellent freeze-thaw stability and rehydration capacity.

Structural changes in HME-TVP had little impact on [protein digestibility](#) unless the cooling die temperature was below 40 °

## Development of High-Moisture Meat Analogues with Hemp and Soy Protein Using Extrusion Cooking

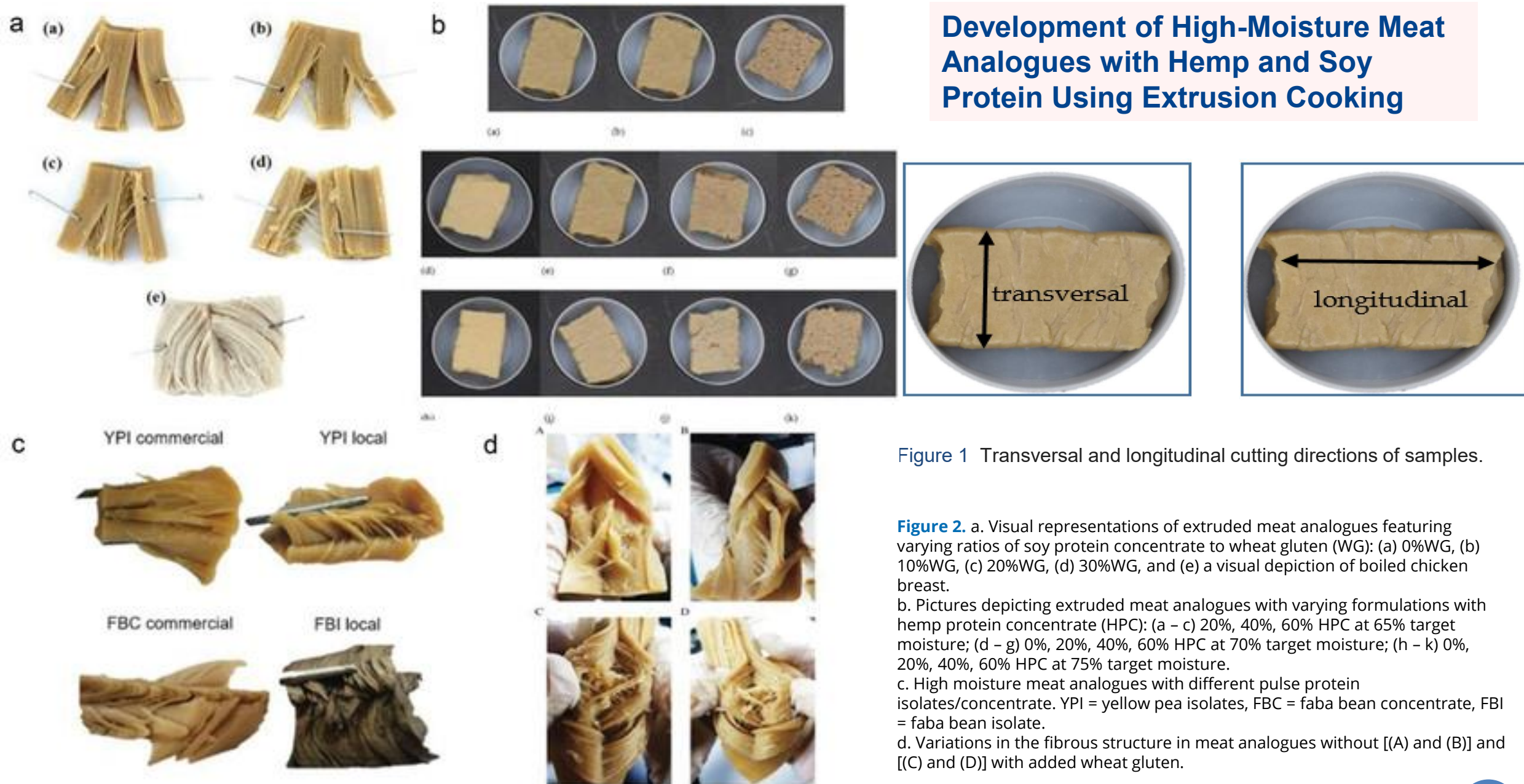
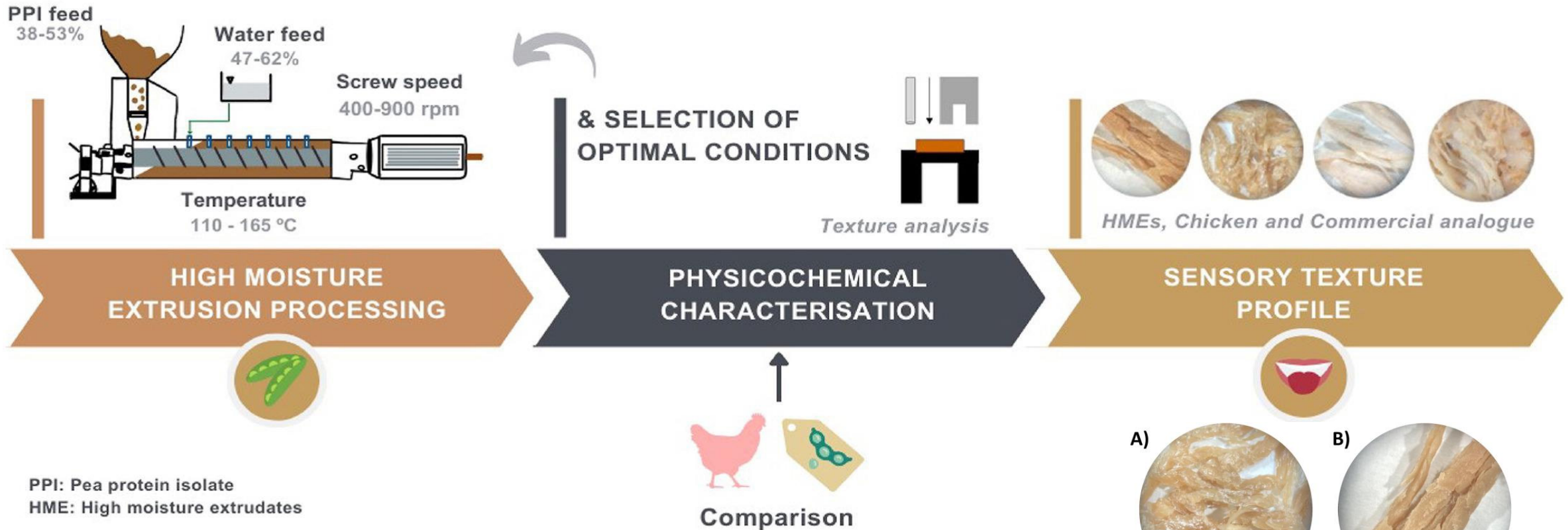


Figure 1 Transversal and longitudinal cutting directions of samples.

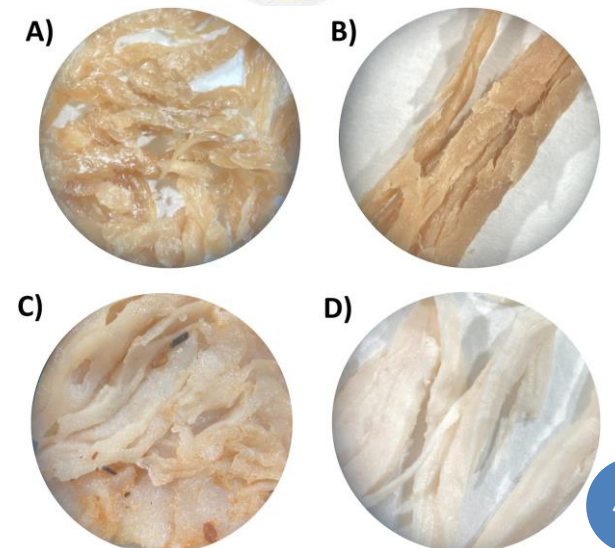
**Figure 2.** a. Visual representations of extruded meat analogues featuring varying ratios of soy protein concentrate to wheat gluten (WG): (a) 0%WG, (b) 10%WG, (c) 20%WG, (d) 30%WG, and (e) a visual depiction of boiled chicken breast.  
 b. Pictures depicting extruded meat analogues with varying formulations with hemp protein concentrate (HPC): (a – c) 20%, 40%, 60% HPC at 65% target moisture; (d – g) 0%, 20%, 40%, 60% HPC at 70% target moisture; (h – k) 0%, 20%, 40%, 60% HPC at 75% target moisture.  
 c. High moisture meat analogues with different pulse protein isolates/concentrate. YPI = yellow pea isolates, FBC = faba bean concentrate, FBI = faba bean isolate.  
 d. Variations in the fibrous structure in meat analogues without [(A) and (B)] and [(C) and (D)] with added wheat gluten.

# High Moisture Extrusion of Pea Protein Isolate to Mimic Chicken Texture: Instrumental and Sensory Insights



Technical evaluation of HME-plant-based meat products

Determination of their texture, microstructure, oral response, rheological properties, and sensory characteristics such as flavor, taste, and mouthfeel.



# Extrusion of high-moisture meat analogues from hempseed protein concentrate and oat fibre residue

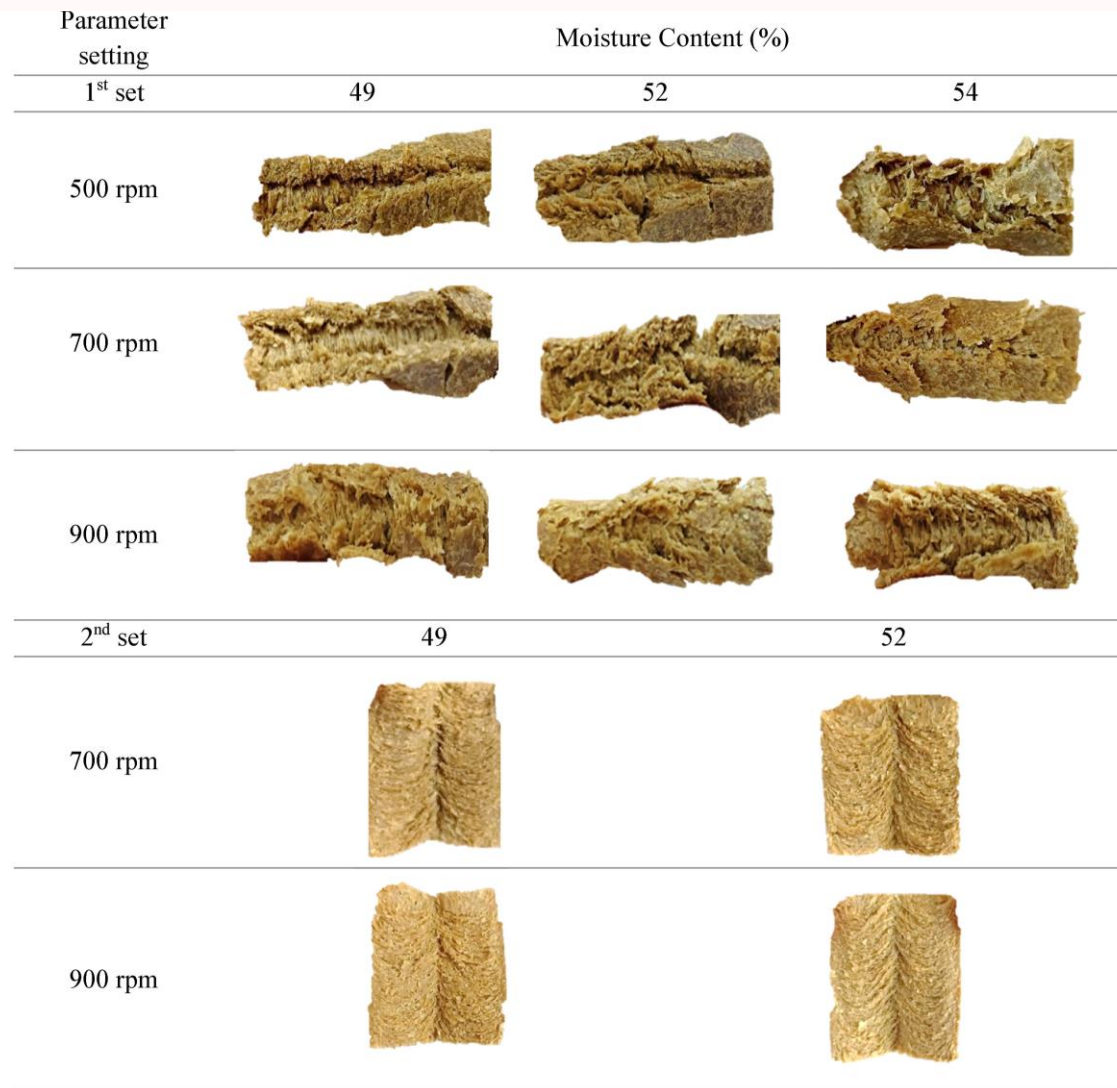


Fig. 1. Visual appearance of the structure of high-moisture meat analogues (HMMA) produced from hempseed protein concentrate (HPC) and oat fibre residue (OFR) at different screw speeds and moisture content.

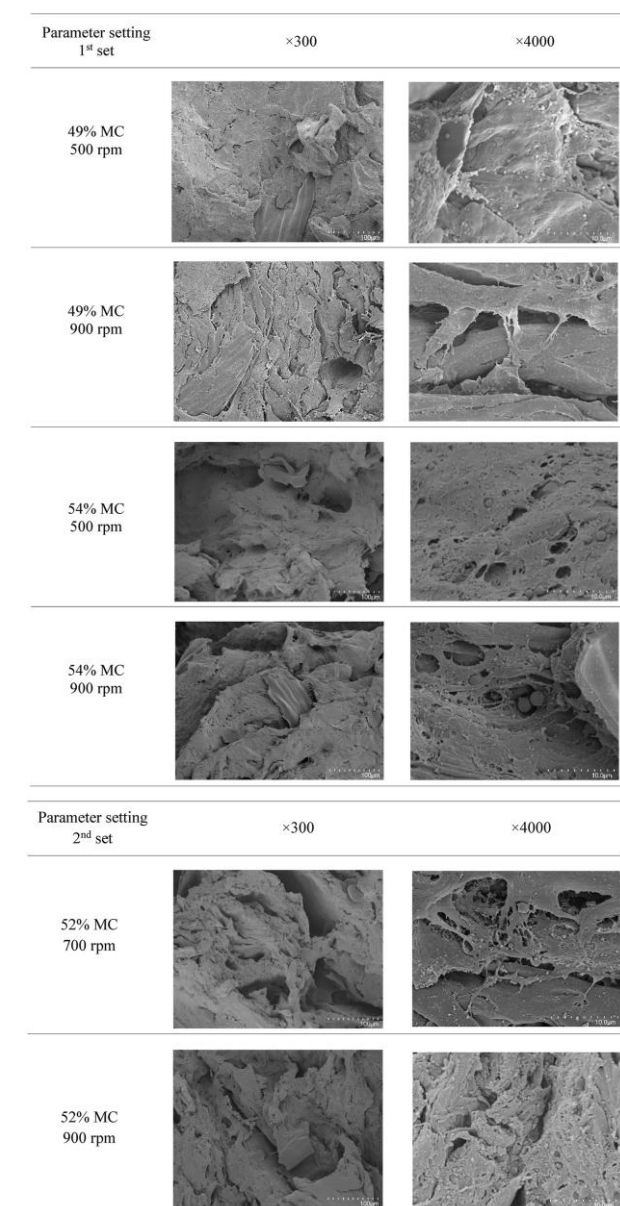
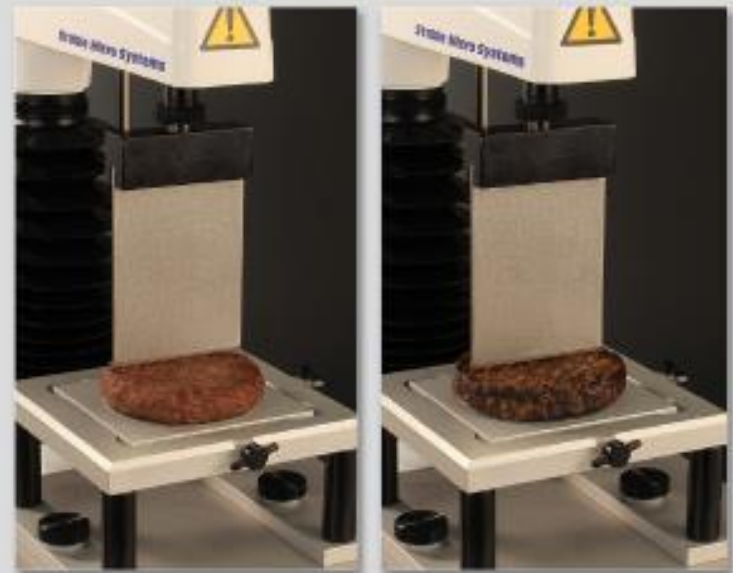


Fig. 2. Microstructure of high-moisture meat analogues (HMMA) produced from hempseed protein concentrate (HPC) and oat fibre residue (OFR) at different moisture contents and screw speeds, for both temperature profiles by SEM with ×300 and ×4000 magnification. MC-moisture content.

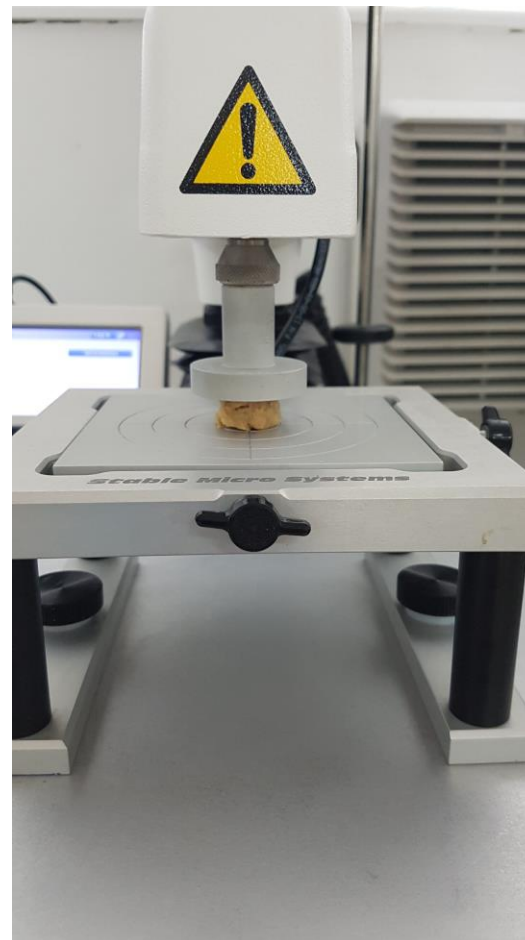
# Texture Profile Analysis of Animal vs Plant-Based Protein Products

## 2: Knife Blade test: Burgers

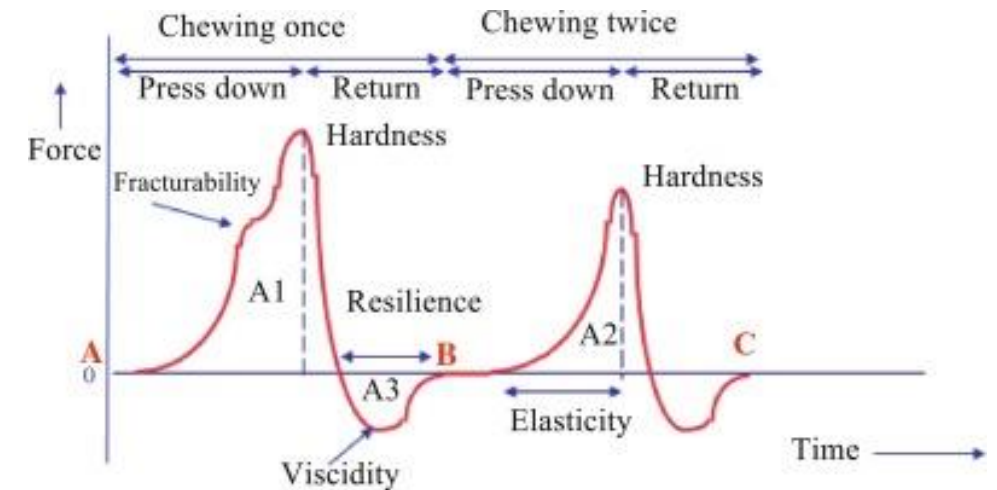
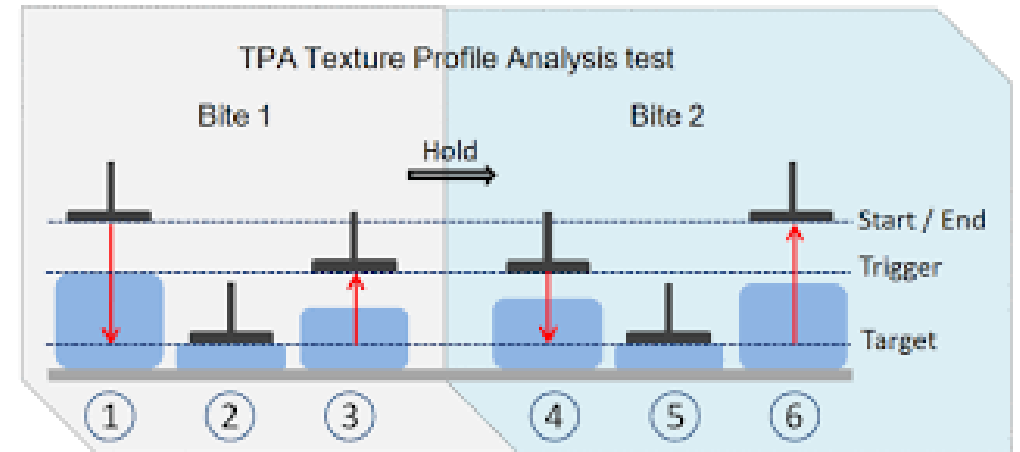


The Knife blade assessing 'bite force' of beef and Quorn burgers

Consider the front teeth in a line – their action can be imitated by the use of a blade on the Texture Analyser.



TPA Texture Profile Analysis



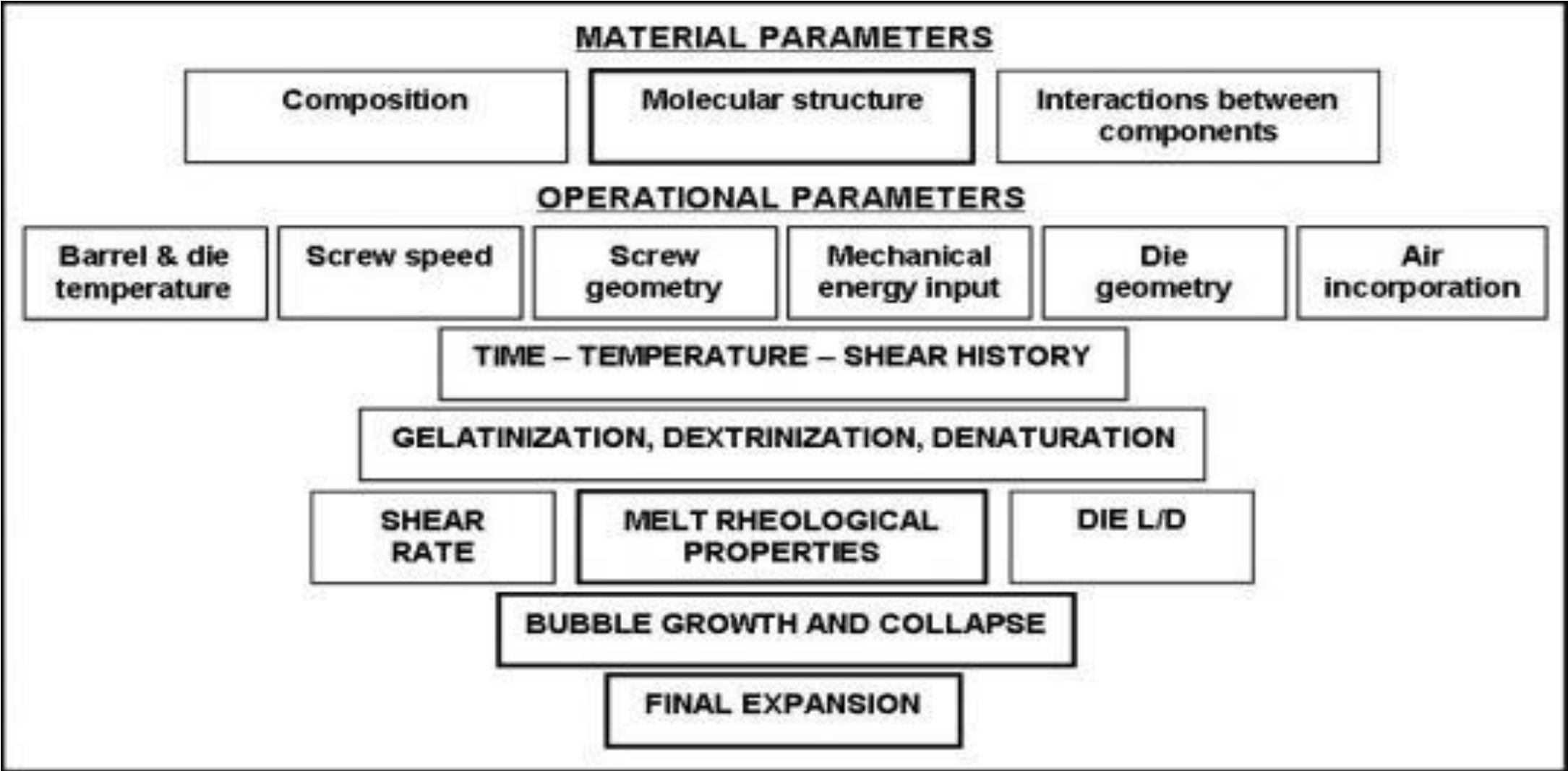
# Why Control?

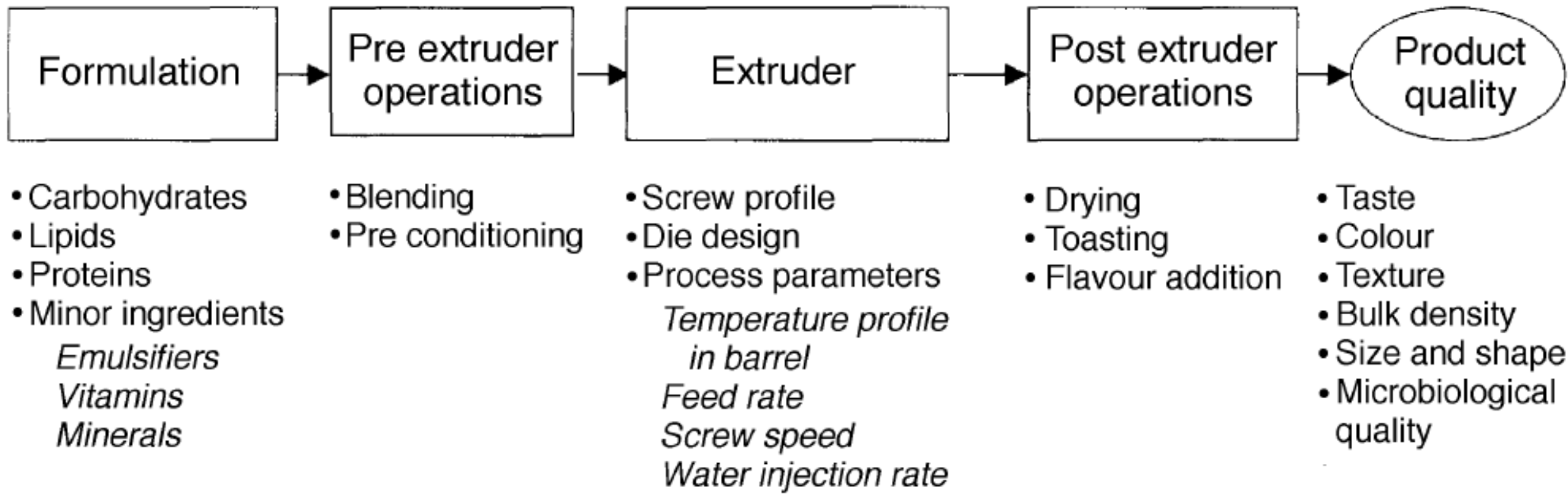
- improved quality
- consistent quality
- increased throughput
- reduction of energy usage
- reduction in waste
- more precise control
- more stable operation
- less operator intervention
- faster start-ups
- decrease in processing downtimes
- reduced product giveaway
- increased yield

## ปัจจัยที่มีผลต่อลักษณะของผลิตภัณฑ์

*Homogeneity of raw materials*  
*Raw material formulations*  
*Moisture content*  
*Extruder type*  
*Length:diameter ratio of the extruder barrel*  
*Barrel temperature profile*  
*Die temperature and pressure*  
*Screw configuration*  
*Rotation speed*  
*Specific mechanical energy (SME)*  
*Die shape and dimension*  
*Pressure profile in the barrel*  
*Feed rate*  
*Residence time distribution (RTD)*  
*Chemical changes in the barrel*  
*Room temperature and humidity*  
*Skill of the operator*

# Factors Influencing Extrudate Expansion





**Fig. 1** Key control points in meeting product requirements.

## สมบัติด้านการไหล (Rheological properties) ของวัตถุดิบ

มีผลต่อ: เนื้อสัมผัสและสี ของผลิตภัณฑ์หลังการอัดขึ้นรูป  
ปัจจัยที่สำคัญ เช่น

- ความชื้น
- ลักษณะทางกายภาพของวัตถุดิบ เช่น ขนาด ความแข็ง frictional characteristics ของผงอาหารหรือวัตถุดิบ
- องค์ประกอบทางเคมี
- ชนิดของแป้ง โปรตีน ไขมัน และน้ำตาล
- ความสามารถในการหล่อลื่น (lubricity) และ plasticising ของของไหล (วัตถุดิบที่เปลี่ยนไปเป็นของไหล)

**Table 1** Examples of starch-based products

<b>Class</b>	<b>Product type</b>	<b>Starch sources</b>
Breakfast cereals	Corn flake	maize
	Multigrain flake	wheat, maize, rice, oat
	High fibre flake	maize, wheat, rice
	Crisp rice	rice
	Oat puffs	oats
Snacks	Potato sticks	potato, maize
	Potato hoops	potato
	Corn puffs or curls	maize
	Puffs	wheat, potato, maize
	Prawn cracker	wheat, rice
	Half-products	maize
	Mexican style chips	wheat, potato
Biscuits	Flatbread	wheat, maize, rice, cassava
Petfoods	Dry cat and dog shapes	wheat, maize, rice
	Moist morsels	wheat
	Dry treats	wheat, maize
Fish feeds	Floating and sinking for fish	wheat
	Sunken types for prawns	wheat

**Table 2** Examples of protein-based products

<b>Product group</b>	<b>Product type</b>	<b>Protein source</b>
Human	beefburger	soya/wheat
	dehydrated meals	gluten
	pot noodle	soya/wheat gluten soya
Petfoods	canned chunks	soya, wheat
	dry chews	gluten, fava bean soya, wheat gluten

**Table 3** Composition of materials prepared from wheat grain as per cent of dry solids\*

<b>Component</b>	<b>Whole grain</b>	<b>Semolina</b>	<b>Flour</b>	<b>Starch</b>
Protein	12	11	11	0.2
Starch	75	78	80	90
Fibre	8.0	2.0	1.5	0.5
Lipid	2.5	1.5	1.5	1.0
Ash	1.5	1.0	1.0	0.5

\* Data from samples examined at CCFRA.

# อาหารเกรดมนุษย์และออร์แกนิก

## Human-Grade & Organic

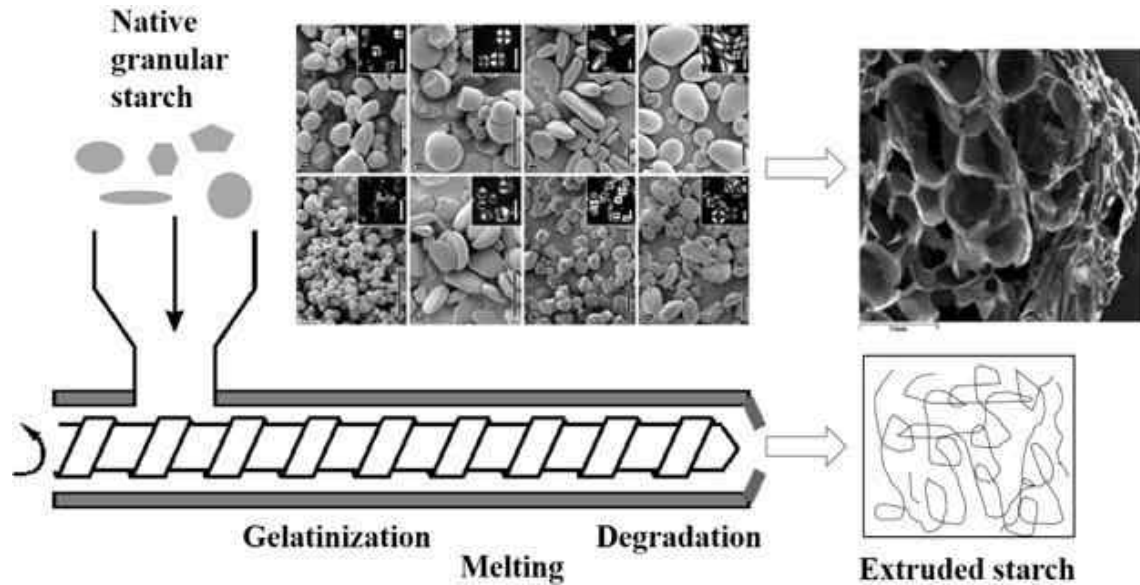
- **Human-Grade Food:** ใช้วัตถุดิบคุณภาพเดียวกับอาหารคน เพื่อความปลอดภัยสูงสุด
- **Natural & Organic:** ปราศจากสารกันเสียและสารสังเคราะห์ที่อาจเป็นอันตราย
- **Functional Foods:** เสริมสารอาหารเพื่อสุขภาพเฉพาะจุด เช่น บำรุงข้อต่อ สายตา และผิวหนัง

# LAMB DELIGHT

## 100% Human-grade Dog Food



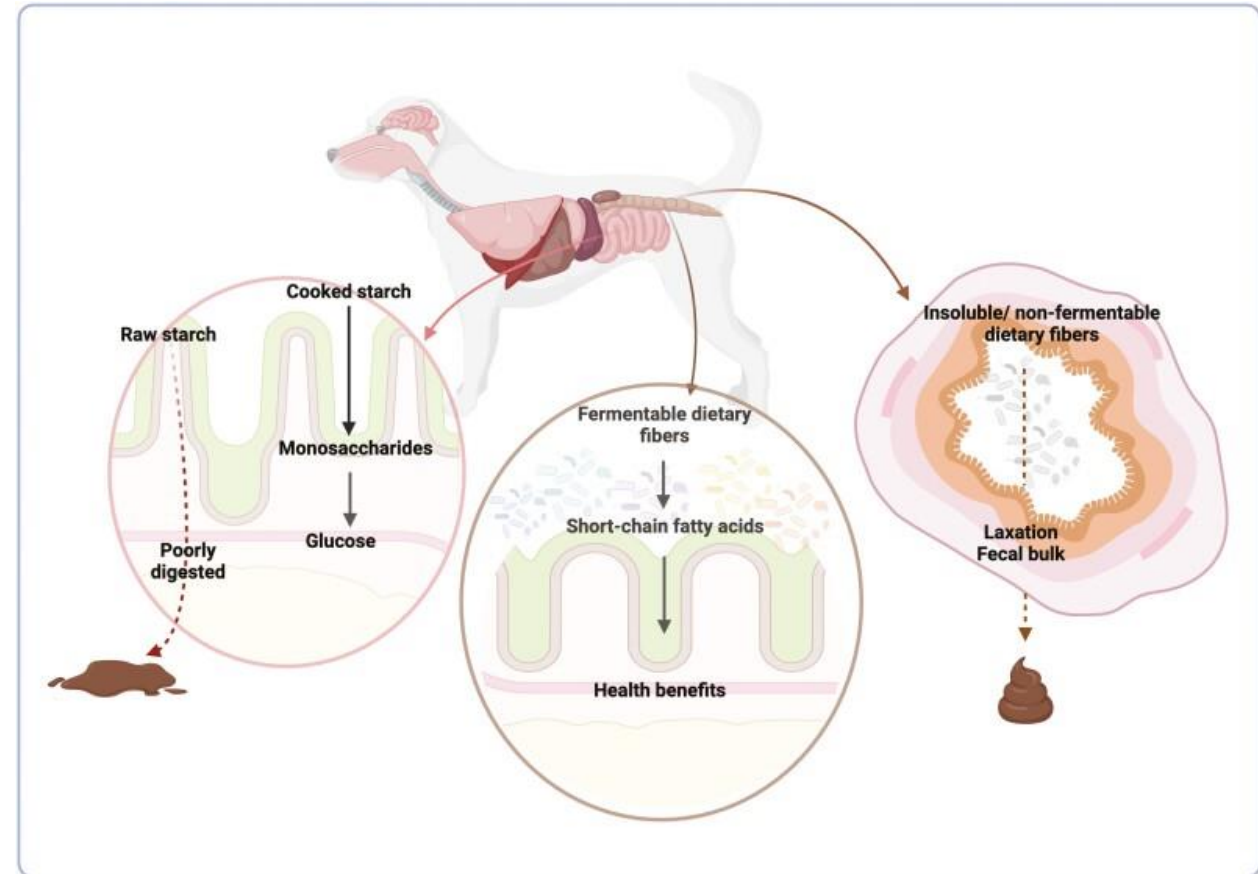
## Properties of Starch after Extrusion:



### โภชนาการและการย่อยสูง

ด้วยการควบคุมแรงเฉือน อุณหภูมิและความดันภายใน  
บารเรล ทำให้สามารถเพิ่ม gelatinization ของแป้งสูงกว่า  
95% ส่งผลดีต่อสัตว์เลี้ยง:

- ลดภาระการทำงานของกระเพาะอาหารและลำไส้
- เพิ่มประสิทธิภาพการดูดซึมสารอาหารอย่างคุ้มค่า

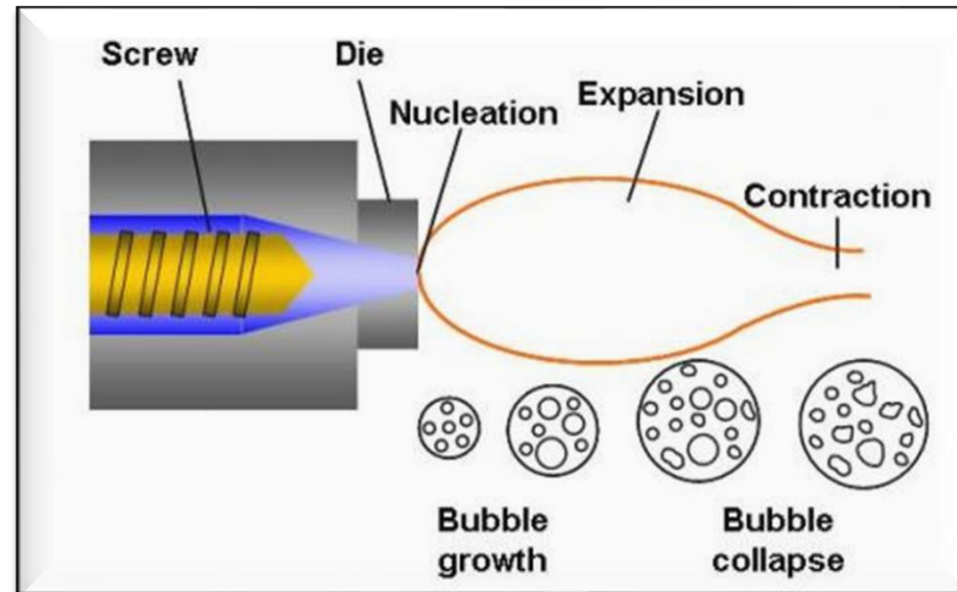
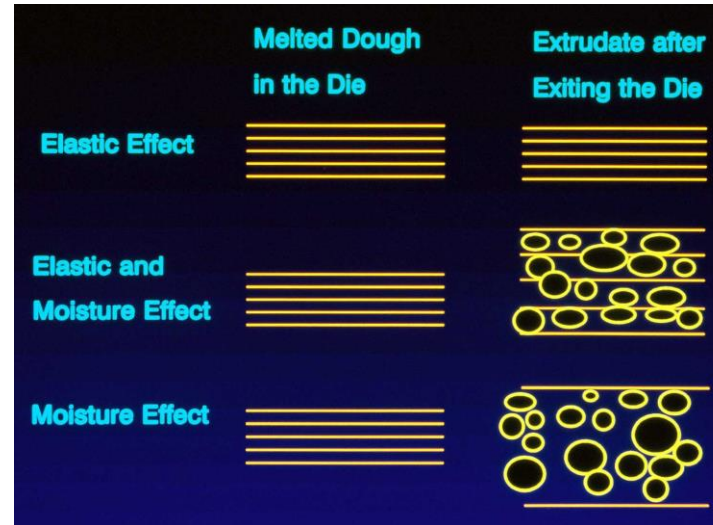


Overview of carbohydrate digestion and main physiological outcomes.

## ระดับการพองตัวของผลิตภัณฑ์

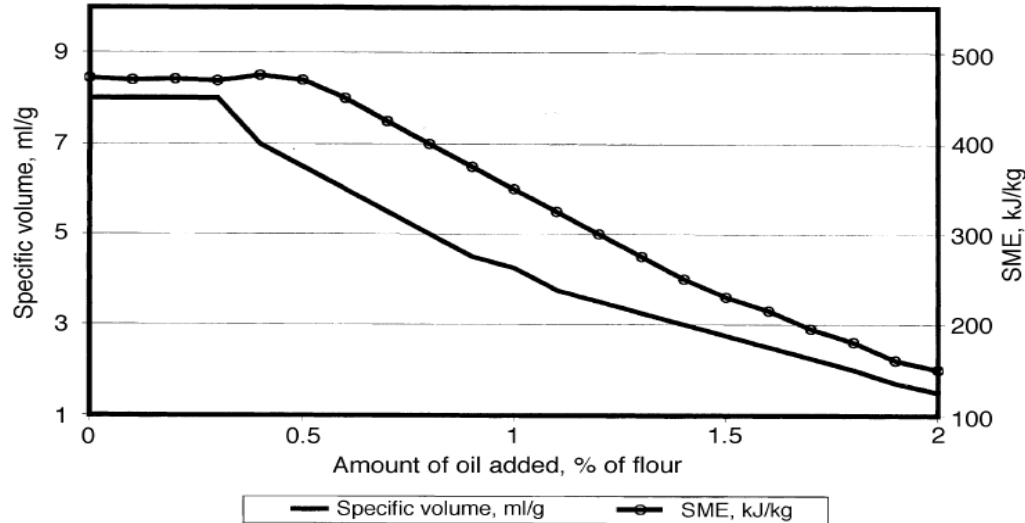
### Roles of Moisture in Extrusion

- Bubbling Agent for Puffing
- Improvement of Cooking
- Denaturing of Protein
- Increasing Extruder Capacity
- Reduction of Extruder Wear
- Reduction of Processing Cost



- ชนิดและสมบัติของวัตถุดิบ
- ความชื้น
- อุณหภูมิ
- ความเร็วรอบของสกรูอัด
- ความดัน
- ระยะเวลาที่มวลอาหารอยู่ในระบบ

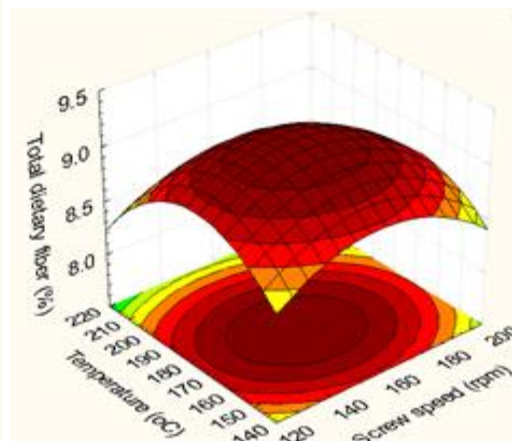
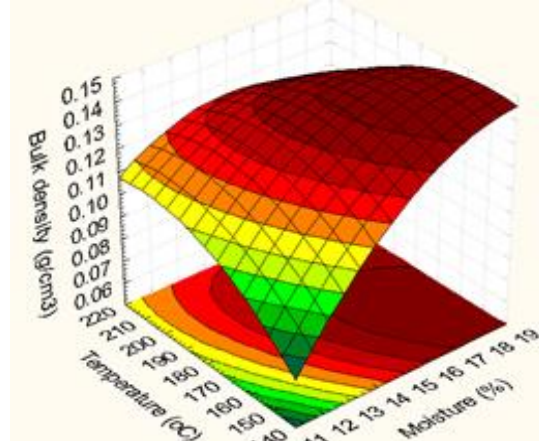
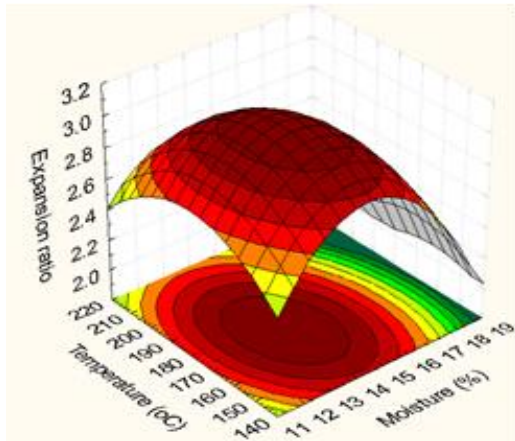
## Oil and Fat



**Fig. 1** Graph of the effect of oil addition to the extrusion cooking of wheat flour at 16% moisture at high shear/temperature conditions.

Level of Fat in Extruded Mix	Effect on Product Quality
0-12%	Little or no effect
12-17%	For each 1% of fat above 12%, the bulk density of the final product will increase 16 g/l.
16-22%	Product will have little or no expansion, but will remain durable.
Above 22%	Final product durability will be poor

# Effect of Extrusion Processing Parameters on Properties of Fiber-enriched Snacks



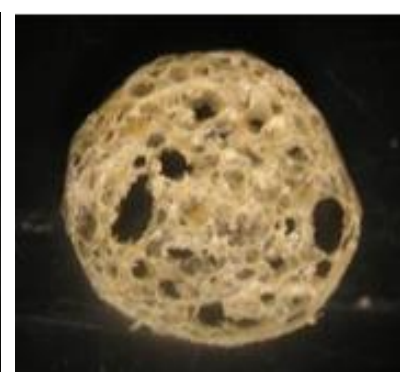
- Expansion ratio decreased with the increase of moisture content at a barrel temperature of zone 3 higher than 180°C.
- Bulk density and maximum force of the product were vice versa.
- Total dietary content were decreased with the increase of screw speed and barrel temperature zone 3.



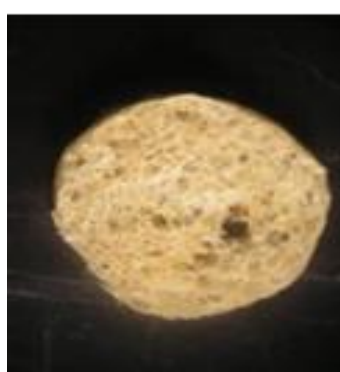
13% MC, 180 rpm, 160 °C



15% MC, 160 rpm, 180 °C



17% MC, 160 rpm, 200 °C



18.4% MC, 126 rpm, 180 °C

# Preconditioning Process



*Preconditioners maximize the capacity of extruders, bring more thermal energy into the process, and reduce wear on extruder parts.  
Credit: Clexal*

- **Warming' the recipe** before it enters the extrusion barrel, can **reduce** the amount of **energy input**.
- **Improved control** of the cooking step and increased consistency of the final product attributes
- The **more homogenized mix** can create **unique final product attributes**.
- **Better process control** can have a large impact on **overall process efficiency**.

## ตัวอย่างความสัมพันธ์ระหว่างพารามิเตอร์และคุณภาพของผลิตภัณฑ์จาก Extrusion

พารามิเตอร์...	ส่งผลกระทบต่อผลิตภัณฑ์...	ความเสี่ยงคุณภาพ
ความชื้นต่ำเกินไป	SME สูงมาก, ความร้อนเสียดสีสูง	อาหารไหม้ ขบ สูญเสียวิตามิน
ความเร็วรอบสกรูต่ำไป	การปรงสุกไม่ทั่วถึง การพองตัวต่ำ	เม็ดแน่นแข็ง สัตว์เลี้ยงไม่ชอบกิน
ความดันหน้าดาบไม่คงที่	ขนาดเม็ดไม่สม่ำเสมอ	บรรจุภัณฑ์ยาก ควบคุมน้ำหนักไม่ได้
อุณหภูมิสูงเกินไป	การสุกสมบูรณ์ แต่สีเข้มเกินไป	Maillard Reaction รุนแรง รสชาติเปลี่ยน

ลักษณะที่สำคัญที่สุดของกระบวนการเอ็กชทรูชันให้มีประสิทธิภาพสูงคือ

ความสามารถในการผลิตอย่างต่อเนื่อง:

- สามารถทำงานในสถานะที่เรียกว่า **dynamic steady state equilibrium**
- **Input variables** สมดุลกับ **output**

ขอขอบคุณ

Q & A

