



# Hybrid Proteins:

## A New Paradigm of **MEAT** for Nutrition, and Sustainability

Assoc.Prof.Dr. Kanithaporn Vangnai



Department of Food Science and Technology  
Faculty of Agro-Industry, Kasetsart University

[kanithaporn.v@ku.th](mailto:kanithaporn.v@ku.th)



# PLANT BASED PROTEIN

# ANIMAL BASED PROTEIN

PROTEIN PER 100G

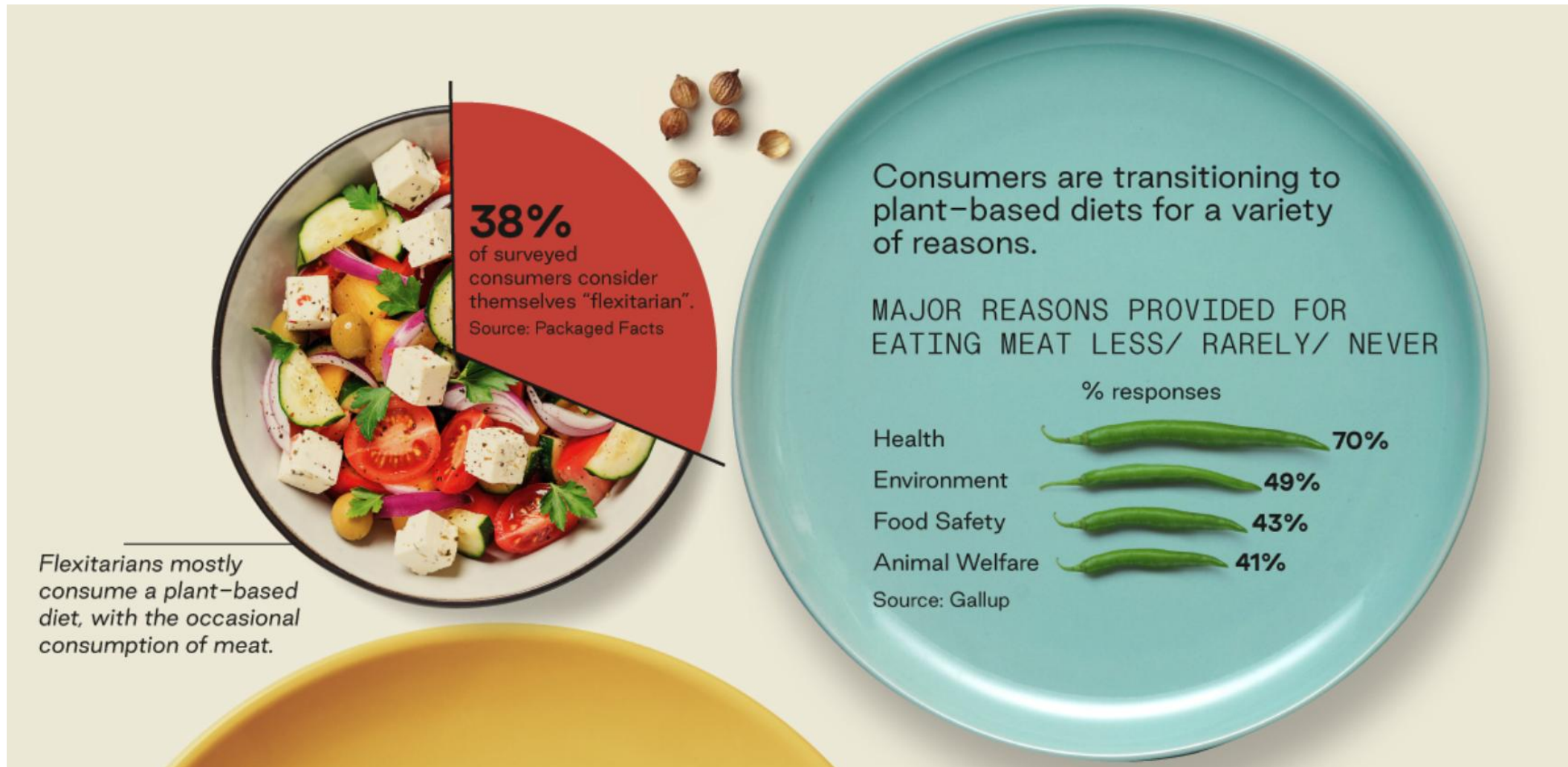
@thefitnesschef\_

CHICKPEAS  7g protein	OATS  11g protein	TOFU  13g protein
BROWN RICE  3g protein	QUINOA  4g protein	LENTILS  6g protein
CASHEWS  18g protein	PEANUT BUTTER  28g protein	ALMONDS  29g protein
AVOCADO  2g protein	BROCCOLI  4g protein	EDAMAME  12g protein

\*Some incomplete proteins

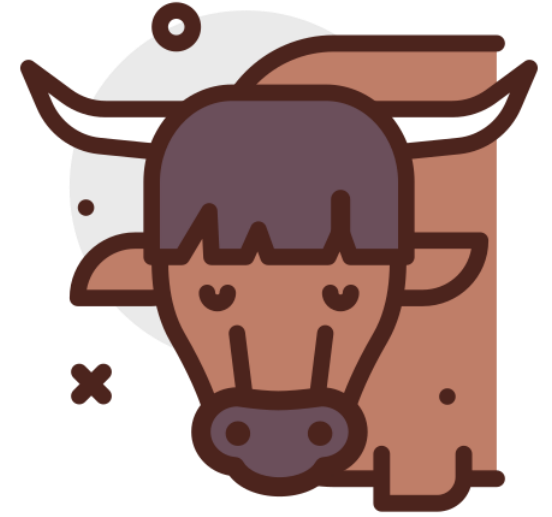
EGGS  14g protein	TURKEY MINCE  25g protein	CHICKEN BREAST  25g protein
PRAWNS  18g protein	TUNA  25g protein	SALMON  25g protein
PORK CHOP  19g protein	RIBEYE  19g protein	DUCK  27g protein
SEMI SKIMMED MILK  4g protein	GREEK YOGURT  9g protein	EDAM CHEESE  26g protein

\*All complete proteins








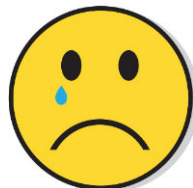




Healthy • Safety • Sustainability

# Healthy guideline for processed meat (sausage products)

		Fat (g/100g)	Sodium (mg/100g)	Sugar (g/100g)
	Singapore	Total fat $\leq 10$	$\leq 450$	-
	Choice International Foundation	Saturated fat $\leq 5.0$ Trans fat $\leq 0.1$	$\leq 450$	$\leq 2.5$
	Survey products (average)	Total Fat Approx. 20	Approx. 680	-





กรมอนามัย  
DEPARTMENT OF HEALTH

สัญลักษณ์โภชนาการ

# "ทางเลือกสุขภาพ" (Healthier Choice)

ทางเลือกที่ดีกว่า



**เป็นสัญลักษณ์** ที่แสดงว่าผลิตภัณฑ์อาหารนั้น  
ได้ผ่านเกณฑ์การพิจารณาแล้วว่า มีปริมาณน้ำตาล  
ไขมัน และโซเดียมที่เหมาะสม

- ลดหวาน
- ลดมัน
- ลดเค็ม

“ลดปัจจัยเสี่ยงต่อการเกิดโรคไม่ติดต่อเรื้อรัง”



หลักเกณฑ์และเงื่อนไขการพิจารณาสัญลักษณ์โภชนาการอย่างง่าย  
ตามประกาศคณะกรรมการพัฒนาและส่งเสริมการใช้สัญลักษณ์โภชนาการอย่างง่าย  
เรื่อง เกณฑ์สารอาหารหรือคุณค่าทางโภชนาการ  
ที่ใช้ประกอบการพิจารณารับรองการแสดงสัญลักษณ์โภชนาการ “ทางเลือกสุขภาพ” อาหารแต่ละกลุ่ม

## กลุ่มผลิตภัณฑ์จากเนื้อสัตว์

### กลุ่มผลิตภัณฑ์จากเนื้อสัตว์



ประเภท/ชนิดอาหาร	ฐานคำนวณ	หลักเกณฑ์ เงื่อนไข และการพิจารณาให้สัญลักษณ์								
ไส้กรอก ลูกชิ้น โบโลน่า หมูยอ ไก่จ้อ	๓๐๐ กรัม	โซเดียม								
		<table><tr><th>ระยะ</th><th>ต่อ ๑๐๐ กรัม</th></tr><tr><td>ระยะที่ ๑ (พ.ศ.๒๕๖๖-๒๕๖๘)</td><td>≤ ๕๕๐ มิลลิกรัม</td></tr><tr><td>ระยะที่ ๒ (พ.ศ.๒๕๖๙-๒๕๗๑)</td><td>≤ ๕๐๐ มิลลิกรัม</td></tr><tr><td>ระยะที่ ๓ (พ.ศ.๒๕๗๒)</td><td>≤ ๔๕๐ มิลลิกรัม</td></tr></table>	ระยะ	ต่อ ๑๐๐ กรัม	ระยะที่ ๑ (พ.ศ.๒๕๖๖-๒๕๖๘)	≤ ๕๕๐ มิลลิกรัม	ระยะที่ ๒ (พ.ศ.๒๕๖๙-๒๕๗๑)	≤ ๕๐๐ มิลลิกรัม	ระยะที่ ๓ (พ.ศ.๒๕๗๒)	≤ ๔๕๐ มิลลิกรัม
		ระยะ	ต่อ ๑๐๐ กรัม							
		ระยะที่ ๑ (พ.ศ.๒๕๖๖-๒๕๖๘)	≤ ๕๕๐ มิลลิกรัม							
		ระยะที่ ๒ (พ.ศ.๒๕๖๙-๒๕๗๑)	≤ ๕๐๐ มิลลิกรัม							
		ระยะที่ ๓ (พ.ศ.๒๕๗๒)	≤ ๔๕๐ มิลลิกรัม							
น้ำตาลทั้งหมด ≤ ๒.๕ กรัม ต่อ ๑๐๐ กรัม										
ไขมันทั้งหมด										
<table><tr><th>ระยะ</th><th>ต่อ ๑๐๐ กรัม</th></tr><tr><td>ระยะที่ ๑ (พ.ศ.๒๕๖๖-๒๕๖๘)</td><td>≤ ๓๐ กรัม หรือ &gt; ๑๐-๑๕* กรัม</td></tr><tr><td>ระยะที่ ๒ (พ.ศ.๒๕๖๙)</td><td>≤ ๓๐ กรัม</td></tr></table>	ระยะ	ต่อ ๑๐๐ กรัม	ระยะที่ ๑ (พ.ศ.๒๕๖๖-๒๕๖๘)	≤ ๓๐ กรัม หรือ > ๑๐-๑๕* กรัม	ระยะที่ ๒ (พ.ศ.๒๕๖๙)	≤ ๓๐ กรัม				
ระยะ	ต่อ ๑๐๐ กรัม									
ระยะที่ ๑ (พ.ศ.๒๕๖๖-๒๕๖๘)	≤ ๓๐ กรัม หรือ > ๑๐-๑๕* กรัม									
ระยะที่ ๒ (พ.ศ.๒๕๖๙)	≤ ๓๐ กรัม									
* สัดส่วนปริมาณของกรดไขมันอิ่มตัวต้อง ≤ ๒๕% ของไขมันทั้งหมด										
แฮม	๑๐๐ กรัม	โซเดียม ≤ ๔๐๐ มิลลิกรัม ต่อ ๑๐๐ กรัม น้ำตาลทั้งหมด ≤ ๒.๕ กรัม ต่อ ๑๐๐ กรัม ไขมันทั้งหมด ≤ ๓๐ กรัม ต่อ ๑๐๐ กรัม								
เนื้อสัตว์ปรุงรส	๑๐๐ กรัม	โซเดียม ≤ ๔๕๐ มิลลิกรัม ต่อ ๑๐๐ กรัม น้ำตาลทั้งหมด ≤ ๒ กรัม ต่อ ๑๐๐ กรัม ไขมันทั้งหมด ≤ ๘ กรัม ต่อ ๑๐๐ กรัม								
เนื้อสัตว์แผ่น/แท่ง/ เส้นกรอบ/หยอง	๑๐๐ กรัม	โซเดียม ≤ ๑,๐๐๐ มิลลิกรัม ต่อ ๑๐๐ กรัม น้ำตาลทั้งหมด ≤ ๒.๕ กรัม ต่อ ๑๐๐ กรัม ไขมันทั้งหมด ≤ ๘ กรัม ต่อ ๑๐๐ กรัม								

# Healthier and Cleaner Meat Products



- Reduced sodium
- Reduced fat
- Reduced additives



# Strategies for salt reduction in meat products



**Ingredients:** 57 % sodium chloride, 28 % potassium chloride, 12 % magnesium sulphate, 2 % lysine hydrochloride, 1 % silicon dioxide and 0.0036 % iodine. Pansalt contains iodine 25 mg/kg.

## Salt substitutes

- Bitterness
- Loss of saltiness

## Flavor enhancer

Yeast extracts, Lactates, MSG, nucleotides, dipeptides, mycoprotein, yeast autolysates

## Optimizing physical form of salt

- Flake-type salt
- Using less amount of salt
- Flattened shape, larger surface area
- Increasing protein solubilization
- Improve cooking yield



# Function of salt and fat in meat products



Emulsified product  
(emulsion)



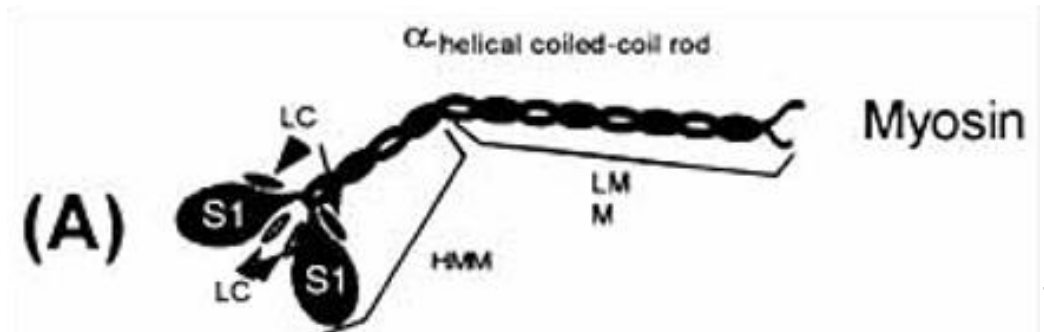
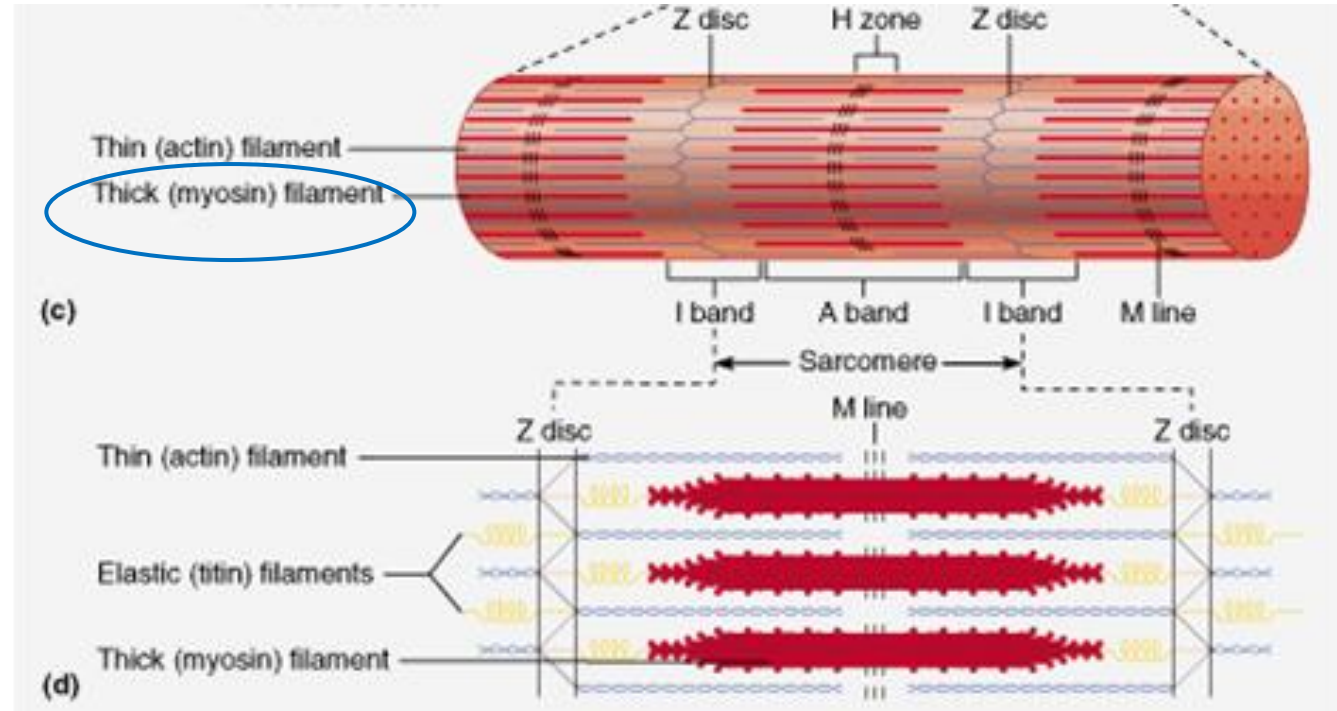
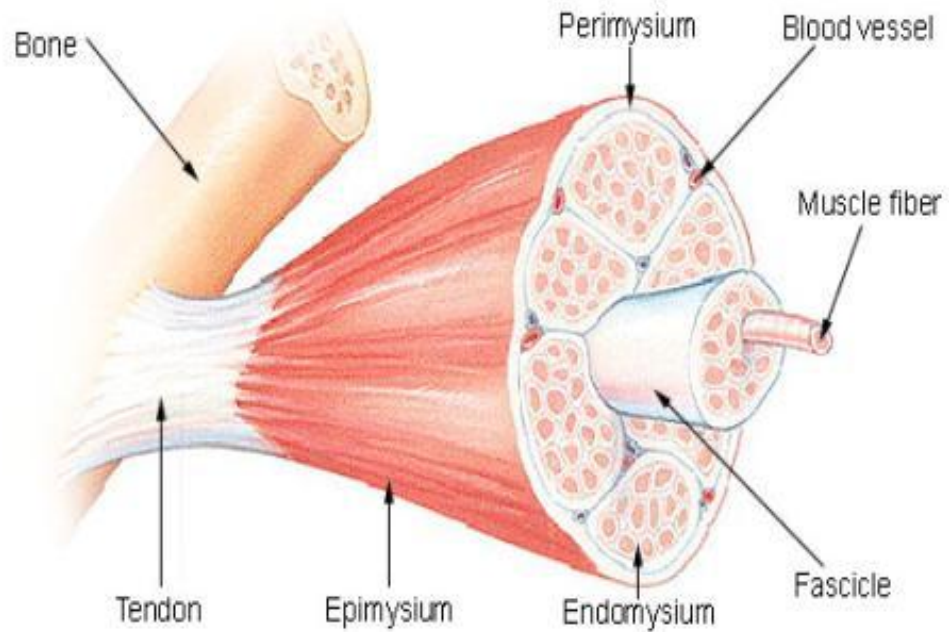
Sausage  
emulsion



Bologna

# Muscle Protein

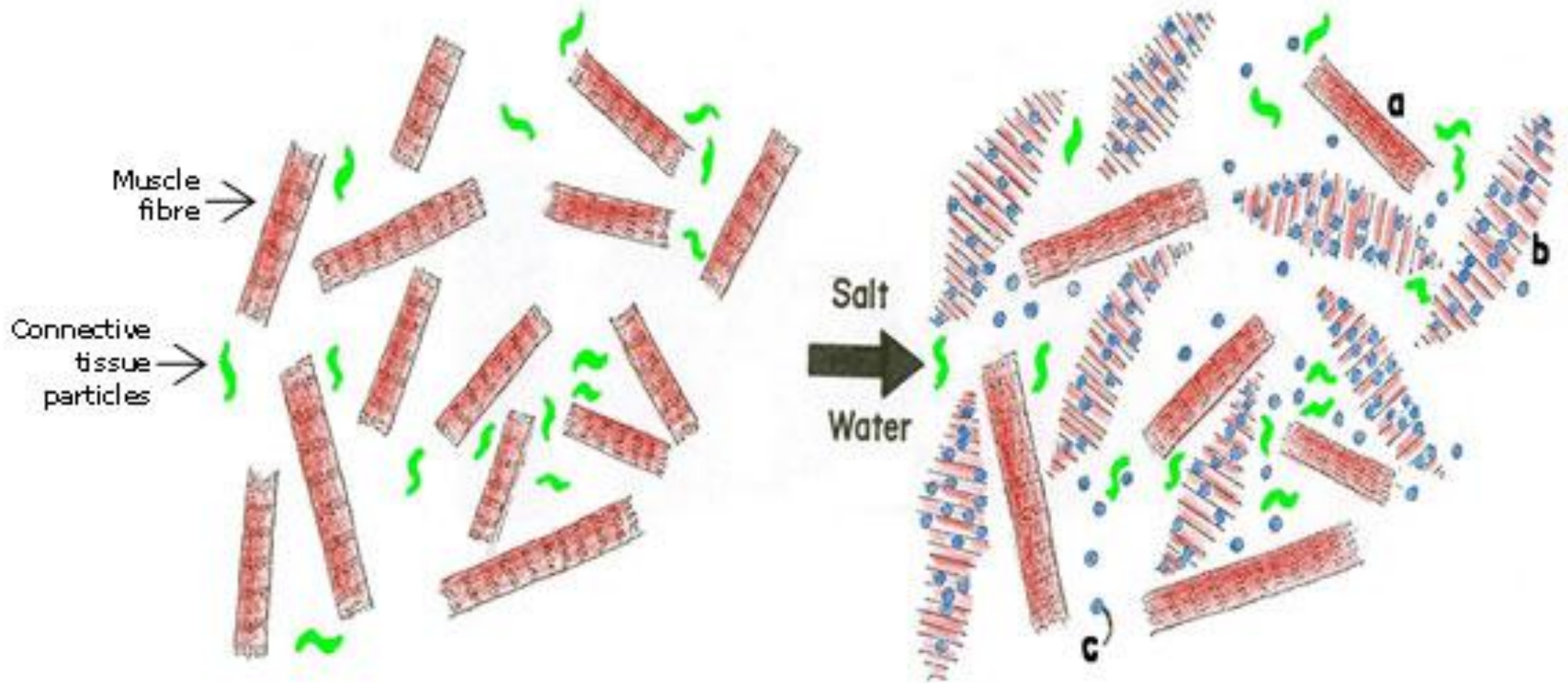
**Structure of a Skeletal Muscle**



# Production of emulsified meat

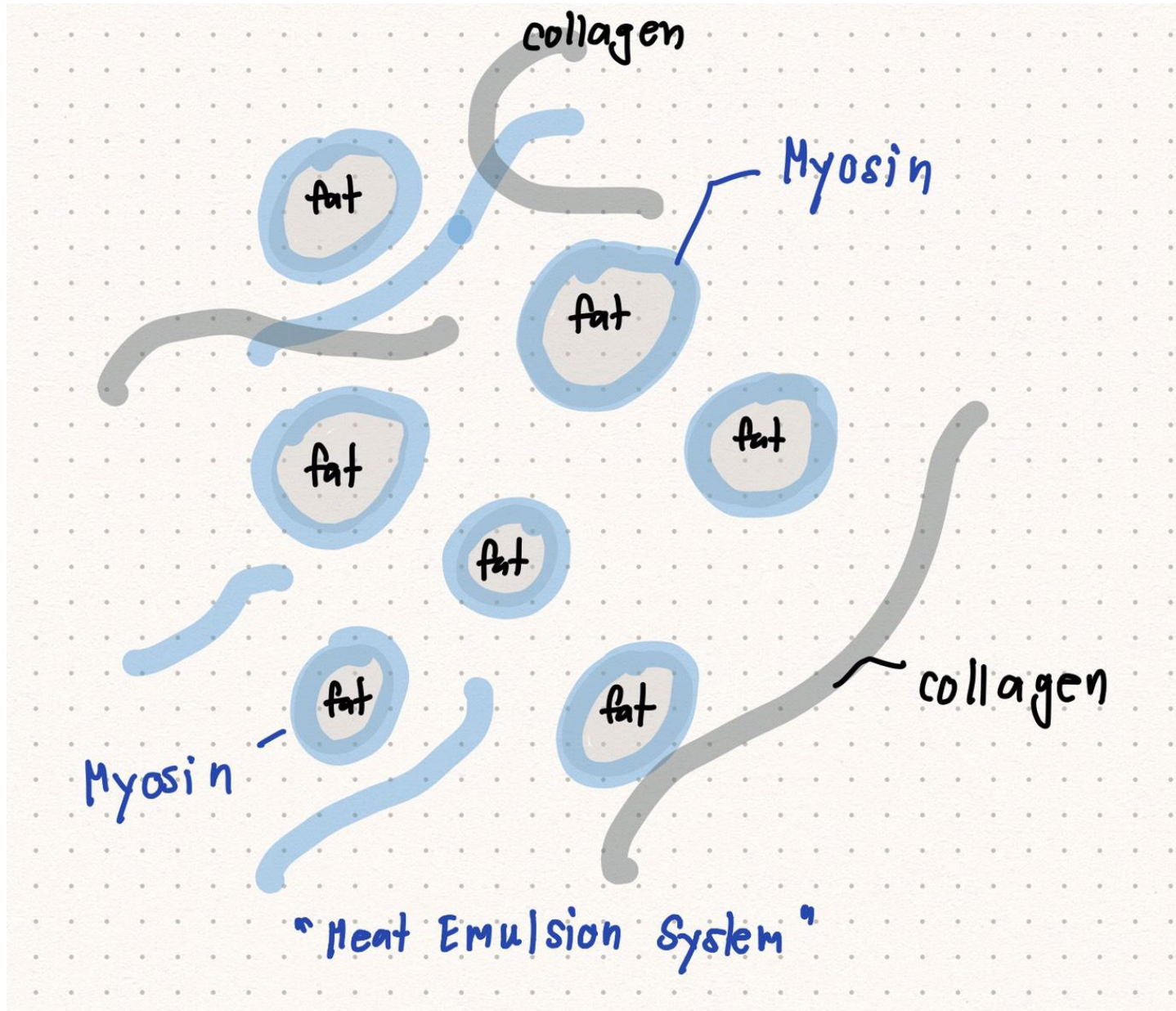


Youtube (CBS foodtech)



## **During chopping meat with salt**

Salt (NaCl) – extract salt soluble protein (myosin) from muscle fiber



## Emulsion system in meat sausage

### Factor affecting meat emulsion stability

- Amount and type of salt soluble protein
- Meat temperature keep it lower than  $< 20^{\circ}\text{C}$  to prevent fat melting  
(defect – fat pocket at surface of product)

# Strategies for salt reduction in meat products

## High pressure process (HPP)



<https://www.newfoodmagazine.com/news/25341/fresh-high-pressure-meat-sausages/>

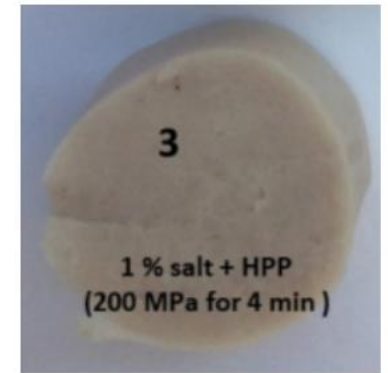
- Non-thermal process
- Cold pasteurization
- 100-900 MPa



2% salt



1% salt




1% salt + HPP  
(200 MPa 4 min)

Use of high-pressure processing to develop low sodium frankfurters (Bolumar *et al.*, 2020)

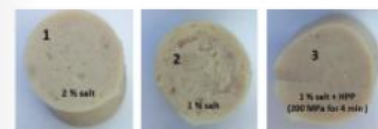
- induces the change of the myofibrillar proteins along with an increase in the dispersion of sodium ions
- Increase protein extraction
- Protein gelation holding the water inside



 ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กนิษฐา วังไณ  
Assistant Professor Kanithaporn Vangnai, Ph.D.  
Department of Food Science and Technology  
Faculty of Agro-Industry, Kasetsart University  
kanithaporn.v@ku.ac.th

 สุวีณา จันทพิรกิจ  
**Suveena Jantapirak**  
Department of Food Processing and Preservation  
Institute of Food Research and Product Development,  
Kasetsart University  
suveena.1@kru.ac.th


สำหรับวิธีการเสนอให้นำเทคโนโลยีการแปรรูปแบบใหม่มาใช้เพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์แปรรูปให้ดีขึ้นต่ำ โดยมีการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีความดันสูง (High Pressure Process) และอัลตราซาวนด์ (Ultrasound Process) เพื่อพัฒนาคุณสมบัติและคุณภาพของผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ให้ดีขึ้น ตัวอย่างที่ได้นำมาคือเนื้อเค็มแบบปริมาณปกติ

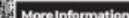
[illegible]

**Figure 1** Use of high pressure processing to develop low sodium frankfurters (Bolam et al., 2020)

2. การใช้เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์สำหรับเนื้อหาตัวแปรรูป  
โซเดียมต่ำ เป็นเทคโนโลยีการใส่สิ่งแวดล้อมทางปัญญาที่มีมูลค่า  
ได้อินมากกว่า 20 กิโลวัตต์ จัดเป็นเทคโนโลยีที่ไม่ใช่ตัวแปรเทคโนโลยี  
อุตสาหกรรมใหม่มาจากการพัฒนาการผลิตสินค้าใหม่เพื่อใช้ในชีวิตประจำวัน

พอได้เริ่มทำที่ซึ่งมีการเคียว (Curing) เมื่อที่เป็นวัสดุดิบในน้ำเกลือที่ขุ่นก็จะไปปรากฏในขั้นต่อไป เช่น แสงหรือความร้อน โดยการอัลตราซาวด์จะส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างไปเป็นโมเลกุลโพลีเมอร์ โดยที่ขบวนการเกิดขึ้นจะเชื่อมระหว่างโปรตีนเซลล์และโมเลกุล ทำให้ช่องว่างในเซลล์กลั่นเนื้อทรายจน "ตม" มากขึ้น (Sponge Effect) (ภาพที่ 2)

การเข้ามาของนักเคลื่อนไหวเข้าไปในชั้นเรียนจึงทำให้ครูเข้มงวดขึ้น ไร้ระเบียบ  
ความหมายของพิธีกรรมและทำวัตรเปลี่ยนโดยพิธีกรรมแบบใหม่มีความเคร่งครัด  
ขึ้นเสียโดยรอบ จึงทำให้มีการใช้ความรุนแรงและข้อพิพาทมากขึ้นในโรงเรียนของ  
1-2% นอกจากนี้โรงเรียนในโครงการเหล่านี้ยังได้กำหนดระเบียบซึ่งนักเรียน  
เช่นเดียวกับการระบบการศึกษาได้ควบคุมดูแล เนื่องจากเป็นการทำหลายสิ่งหลาย  
อย่างเช่น การไม่สวมเสื้อ หรือการไม่สวมหมวก เป็นต้น (เพื่อให้ได้ผลมากขึ้น)  
เป็นต้น การไปปกครองโดยที่ความผิดและโทษจะแตกต่างกันไป 



**เอกสารอ้างอิง / References**

Boumar, T., V. Orlien, K.H. Bak, K. Agarovic, A. Sikas, C. Guyon, A.-S. Stübler, M. de Lamballerie, C. Hertel and D.A. Brüggermann. 2020. Chapter 10–high-pressure processing (HPP) of meat products: Impact on quality and applications. p. 221-244. In: F. J. Barco, et al., eds. Present and future of high-pressure processing. Elsevier.

Gómez-Saiz, J.A., Galán-Navarro, A., Lorenzo, J.M. and Sosa-Morales, M.E. 2021. Ultrasound effect on salt reduction in meat products: a review. *Current Opinion in Food Science*, 38: 71-79.

**VICINI ENTERPRISE**  
Food Ingredient Innovator

**1 Milk Alternatives**  
It's great to have choices of Protein sources for individual needs, not only Soy milk. We're ready for:  
Oat Milk Powder/Protein  
Almond Milk Powder and  
Multi-grain Powder

**FAZER MILLS**  
NIDUSWISSE  
NIDUSWISSE

**2 Probiotic**  
Maintain a healthy balance of **BIOGROWING** intestinal flora.  
Excipients: Flax seed and  
Bifidobacterium spp. are the main  
probiotic genus found in the upper  
and lower intestine.

**3 Flavor**  
With consumer seeking  
healthly ingredient,  
We can combine with  
comforting and  
refreshing flavor profiles

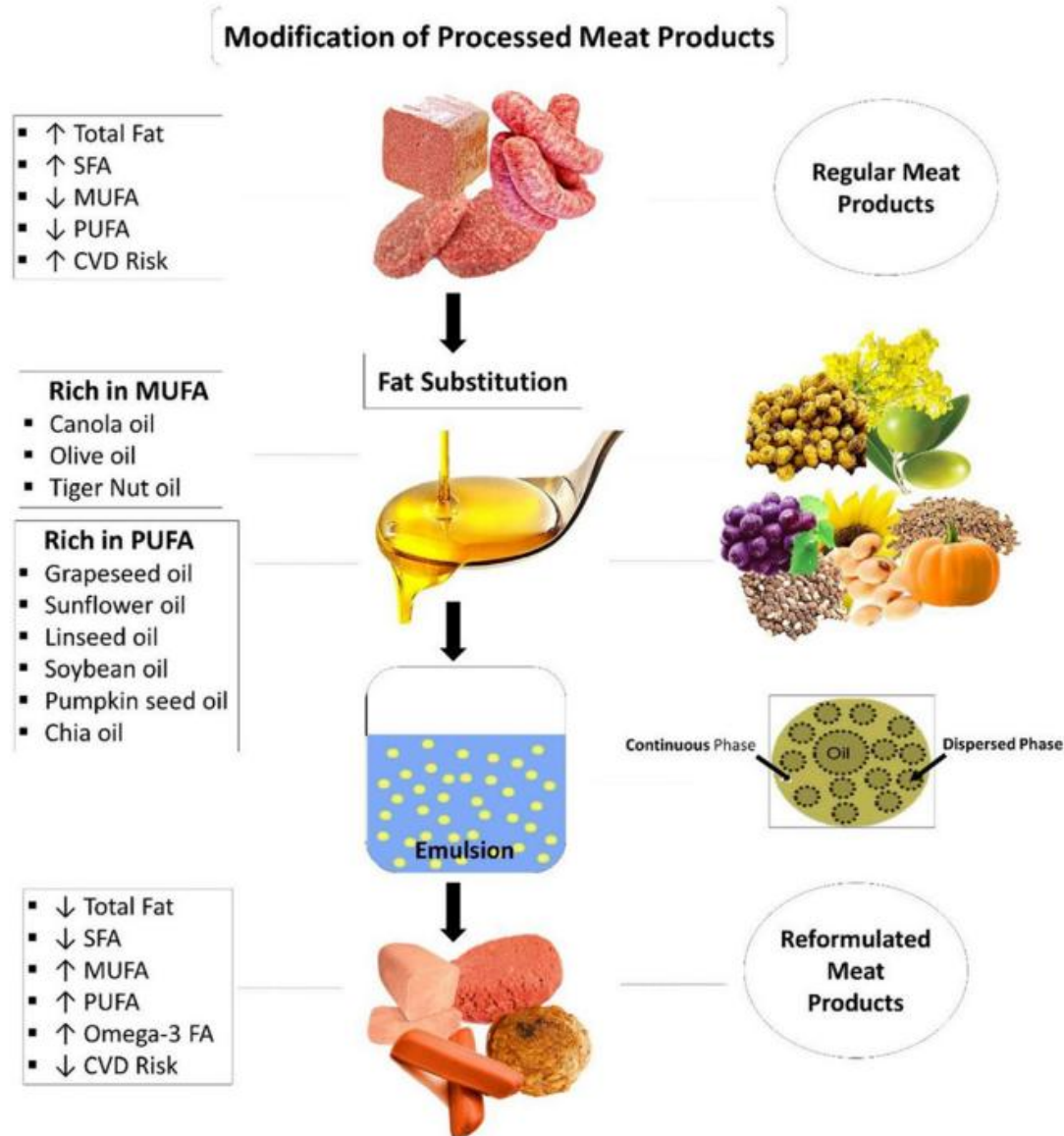
**"The Simple ways" to  
Start the year off right  
Start with **Wellness Food****

**4 Monk Fruit**  
Zero-calorie Sweetener!  
Extract from an **Organic** monk fruit  
natural and Zero Calories  
**No influence in blood sugar level**  
Soft taste, High Sweetness, high solubility in water

2020 Vicini Enterprise LLC All Rights Reserved. Vicini Enterprise, NIDUSWISSE, BIOGROWING, and Probiotic are trademarks of Vicini Enterprise LLC. All other trademarks are the property of their respective owners.  
E-mail: [Marketing@vicini.com](mailto:Marketing@vicini.com) Tel: +86 (0) 20 2200 0888 Fax: +86 (0) 20 2200 5589



# Reduced-fat meat products



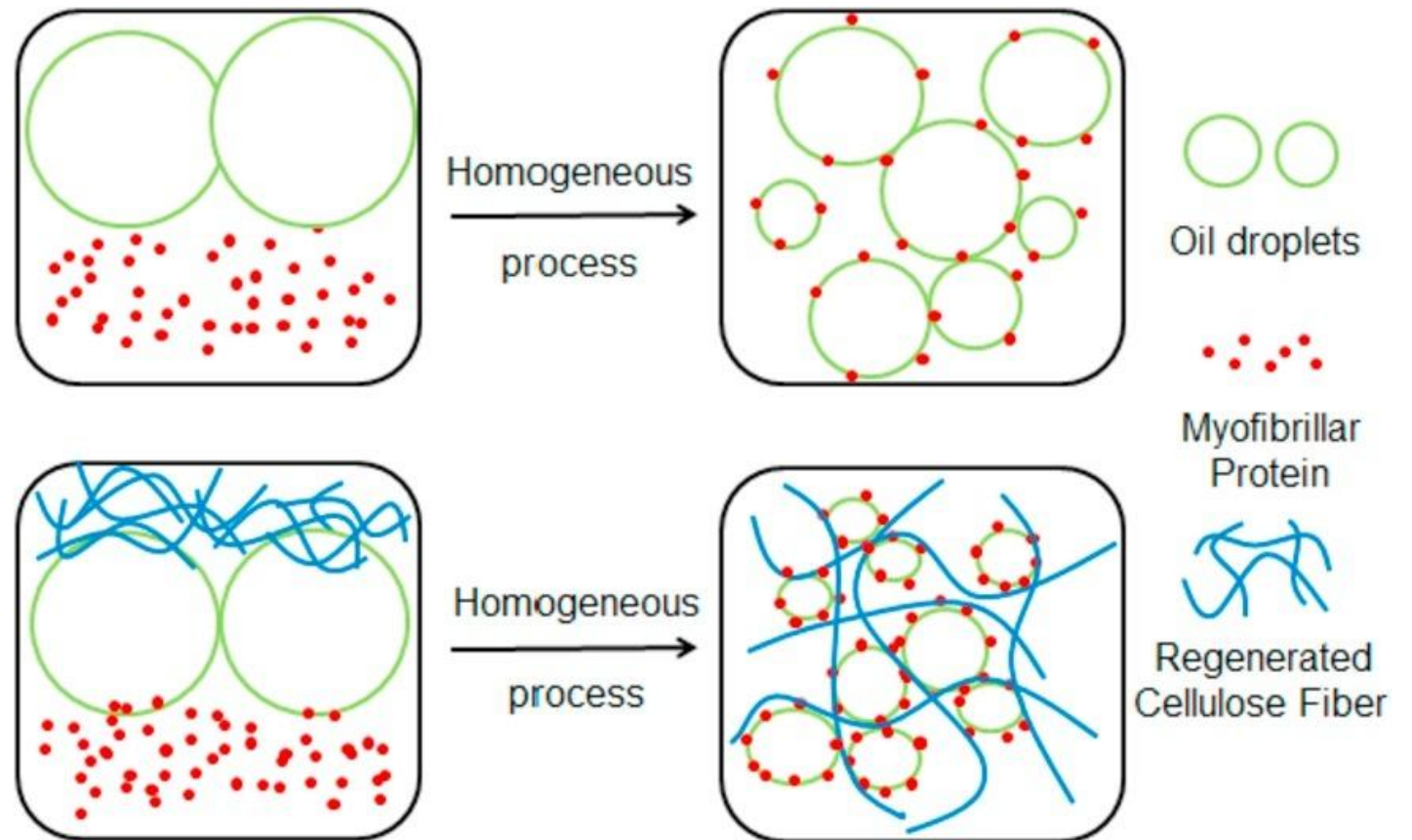
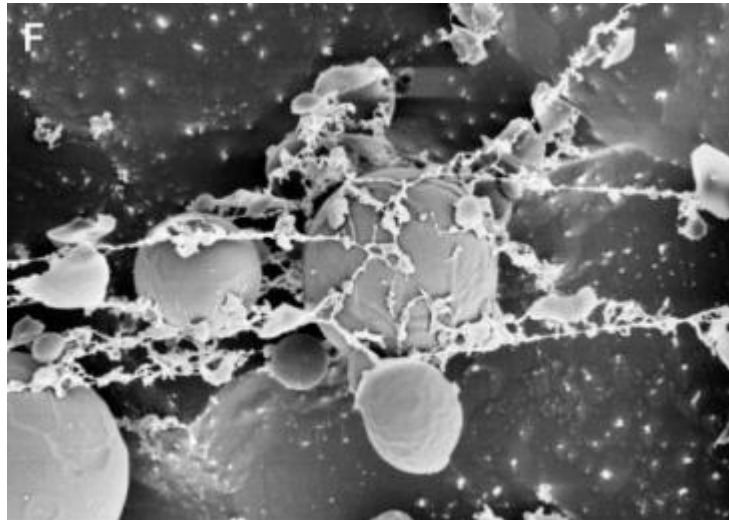
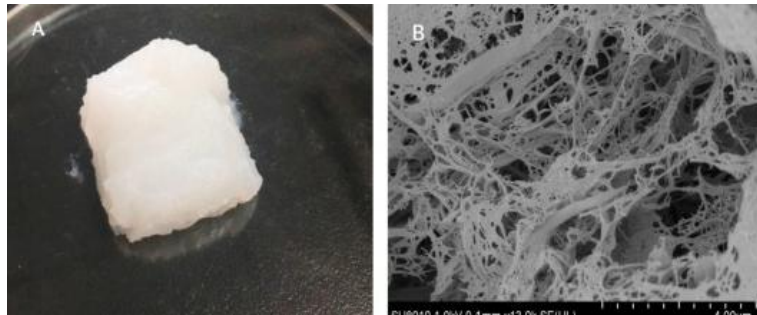
Replace animal fat with vegetable oils

- Increase PUFAs // Decrease SFAs
- **Limitation >> Lipid oxidation**
- Limiting the shelf life and quality aspects



# Reduced-fat meat products

## Cellulose fiber to stabilize meat emulsion system



Food Hydrocolloids  
Volume 87, February 2019, Pages 83–89



Effect of regenerated cellulose fiber on the properties and microstructure of emulsion model system from meat batters

Yinyu Zhao, Qin Hou, Songmin Cao, Yan Wang, Guanghong Zhou, Wangang Zhang,

# Reduced-fat meat products

Novel gel protein complex to stabilize meat emulsion system

Pea protein - agar gel complex

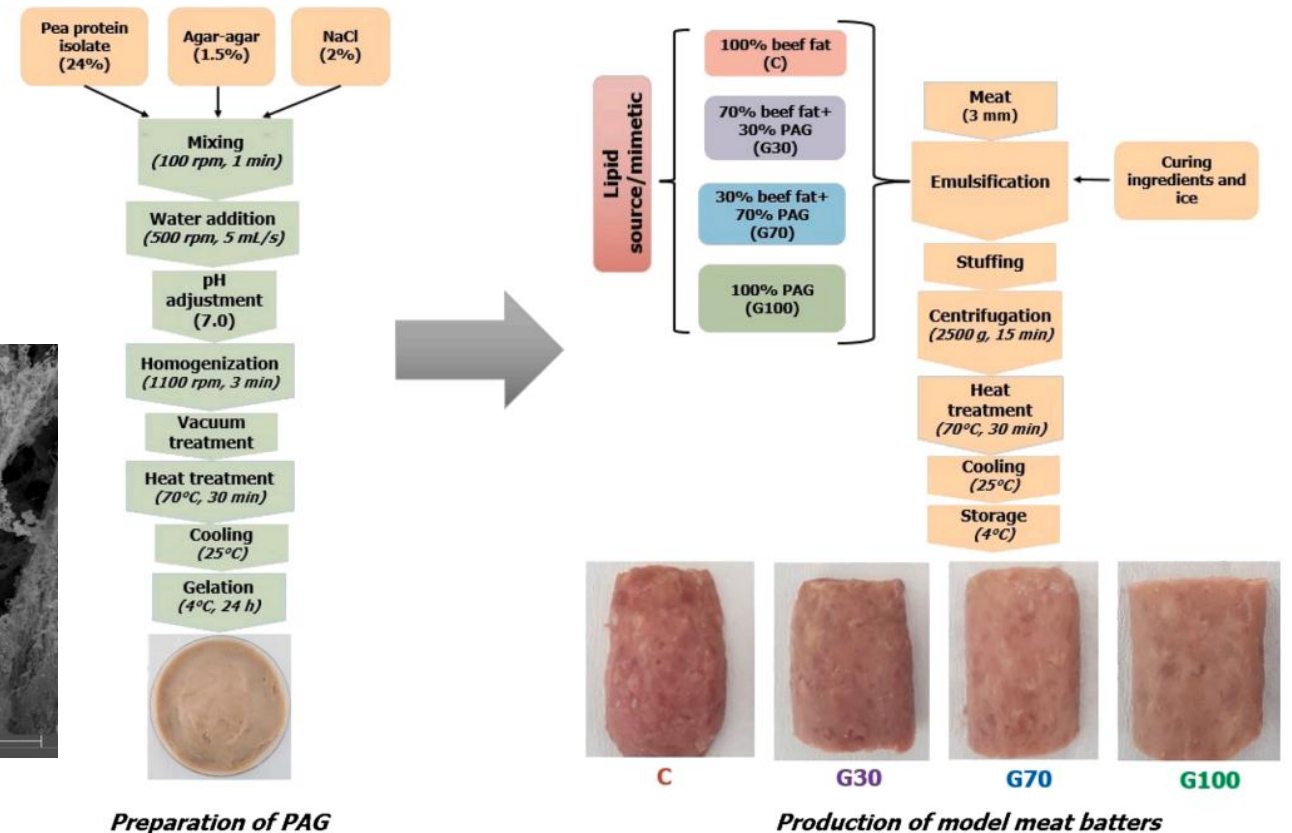
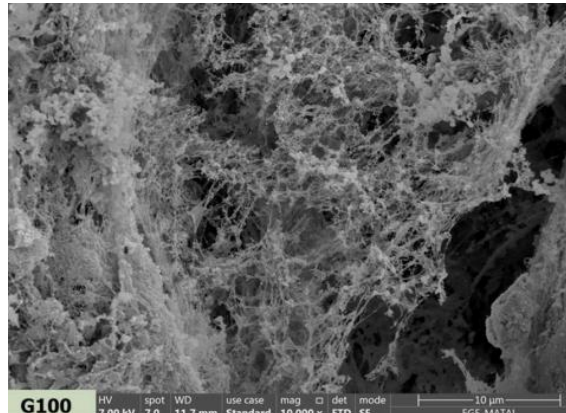
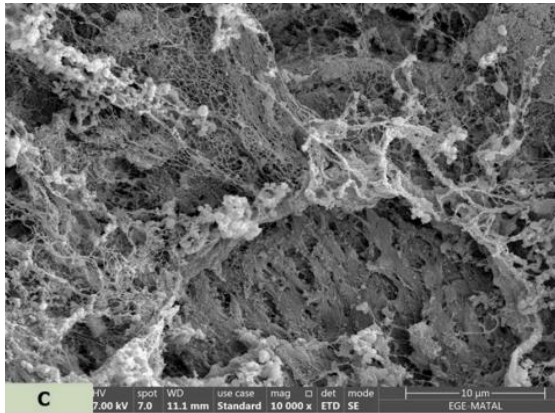


Fig. 1. Process flow diagrams for PAG and meat batters including the experimental design.

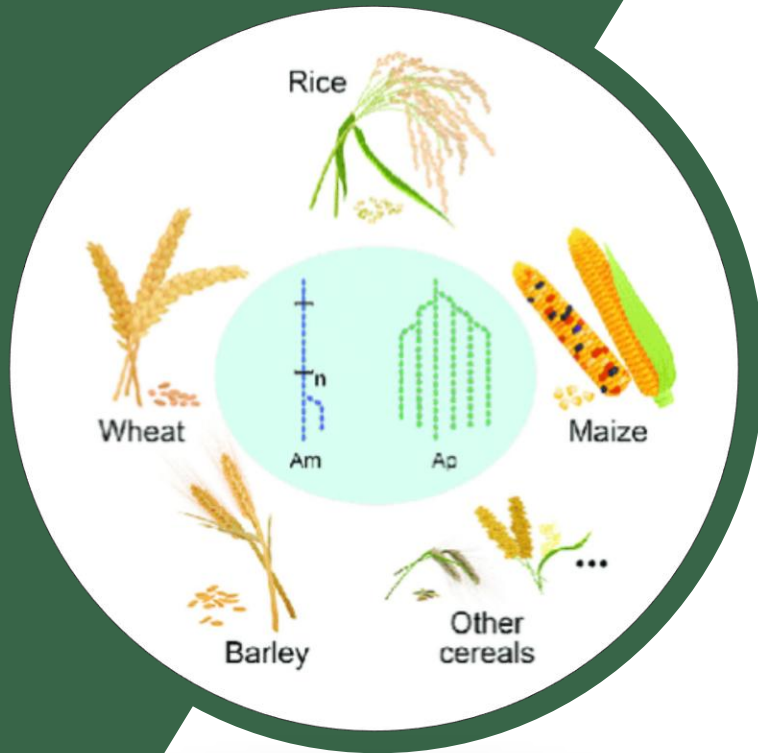
(Ozturk-Kerimoglu et al., 2021), Food Structure 29

# Starch

## Beneficial properties

Swelling, gelation, gelatinization

**Modified starch** have been widely use in food industrial



## Native starch:

High availability and low cost, consumer demand and market trend towards 'clean label'

## Utilization

- Emulsion stability agent
- Freeze-thaw agent

## Using rice native starch to produce frozen reduced fat sausage



Control

Rice Starch 3%

Rice Starch 6%

Rice Starch 9%

Waxy Starch 3%

Waxy Starch 6%

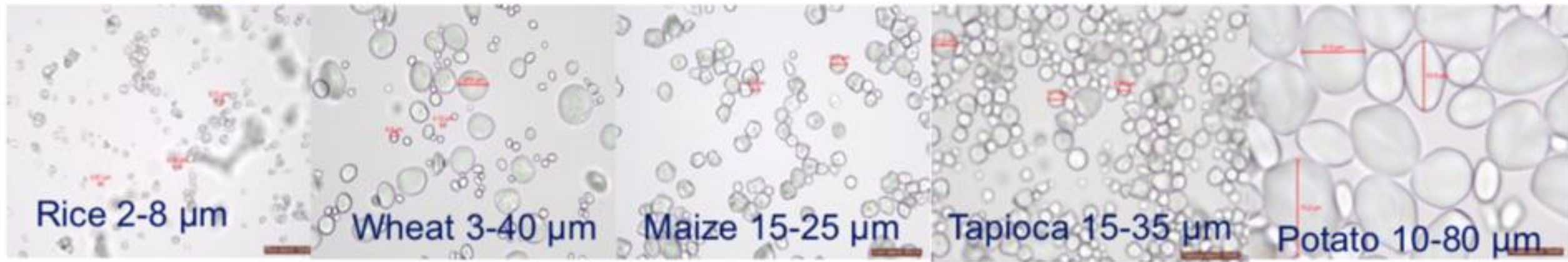
Waxy Starch 9%

Reduced-fat chicken sausage with native starch incorporation

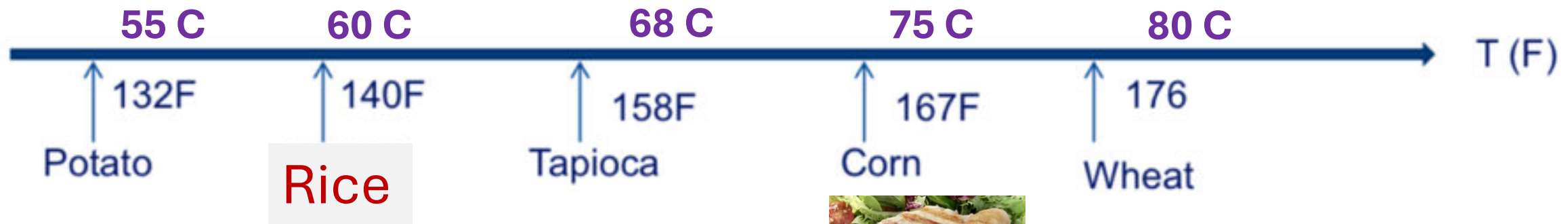
Kosim, Rumpagaporn and Vangnai\* (2025)

# Why rice starch should work ???

## 1. Small granules size !

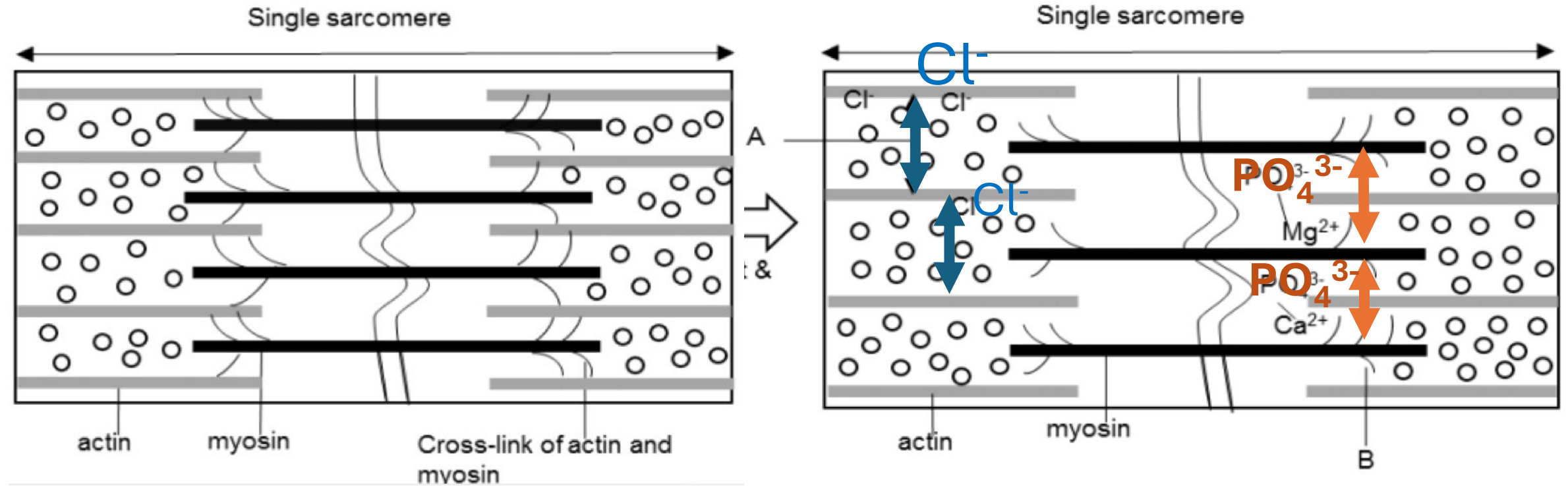


## 2. Low gelatinization temperature (F)



# Phosphate

Increase water holding capacity



Tan et al In South African Journal of Animal Science (2018)

- Chloride ions bond to the actin filaments and expand the filament matrix  
→ more water could retain in the meat matrix
- Negative charge of phosphate strong bound with  $\text{Ca}^{2+}$  and  $\text{Mg}^{2+}$  in actin and myosin molecules

# Meat Enhancement of salt and phosphate



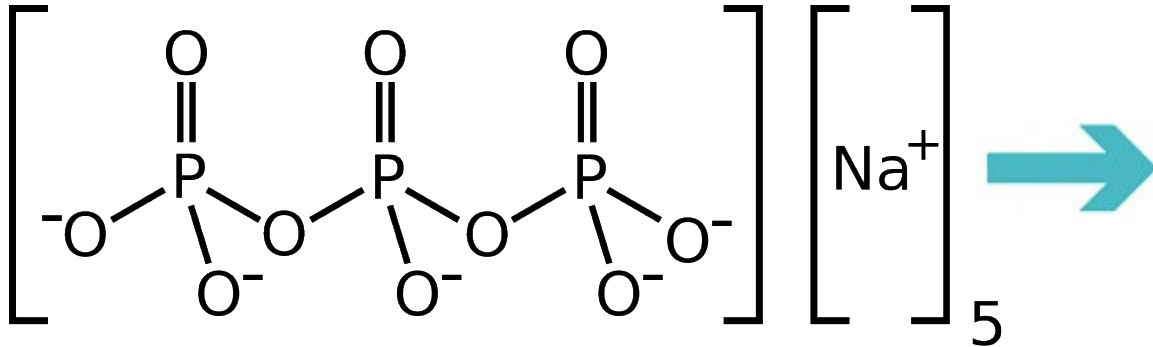
Water  
Salt



Water  
Salt  
Phosphate

# Phosphate

## Non-clean label ingredient



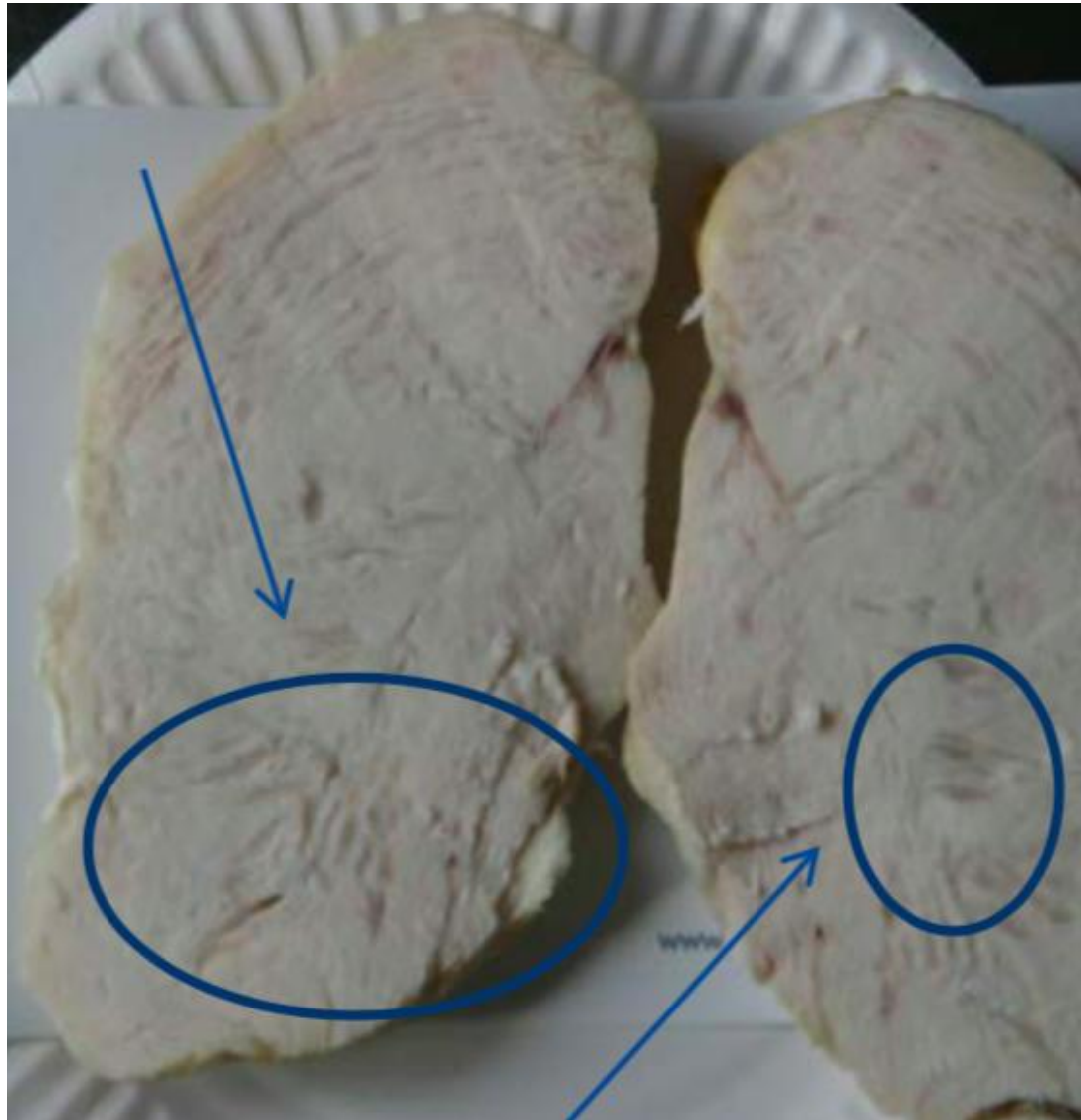
Sodium tripolyphosphate (STPP)

## Alternative natural ingredients



- Unmodified natural starch
- Fruit fiber





## Carbohydrate-based ingredient

Undesirable appearance

Fibrous appearance

Gel pocket (tiger stripes)

\*Adding amounts and process need to be optimized



# Citrus Fibre

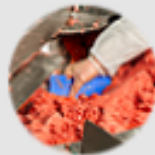
...a natural, clean label solution

**Citri-Fi®** is a unique all **natural Citrus Fibre** produced from Orange Pulp or peel without the use of any chemical processing aids.

The patented process gives an holistic structure that can **bind and hold both water and fat** to improve your product and **reduce your costs**.



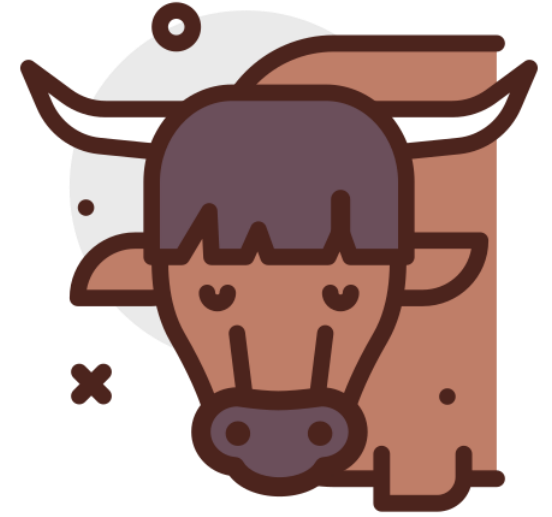
*Best Natural/Organic Winner  
2015, Europe Innovation Awards*



## Meat

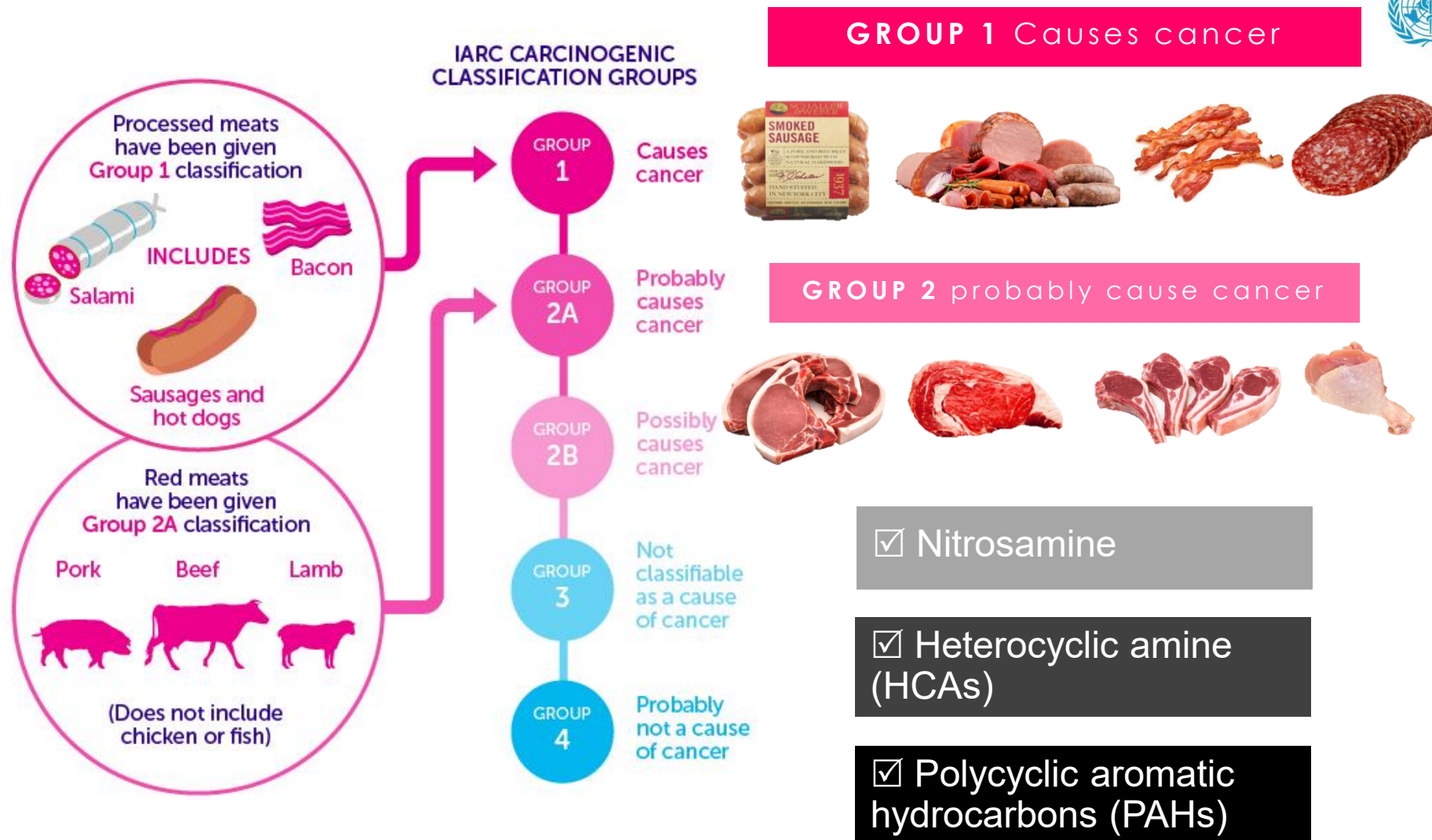
**Reduced fat meatballs** and other processed meat products. **Phosphate free brine injection** and tumbling. **Stabilisation of marinades** with or without oil. **Gluten** free binding systems for raw comminuted meat products like burgers and sausage to bind water and fat during shelf life and cooking. Creates stable fat or oil emulsions for adding to meat products.





Healthy • Safety • Sustainability

# Processed meat and risk of cancers





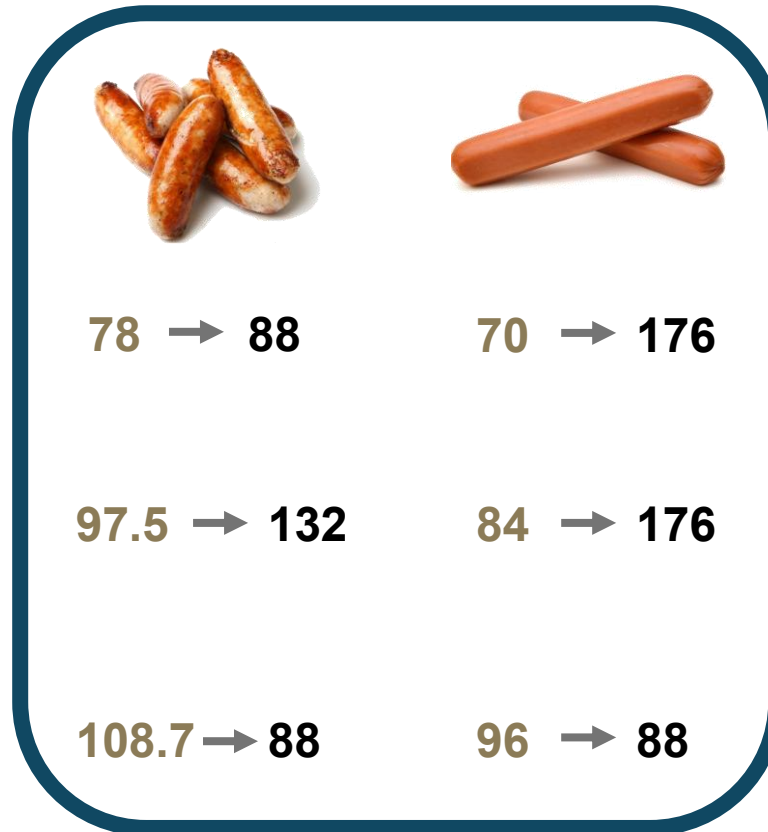
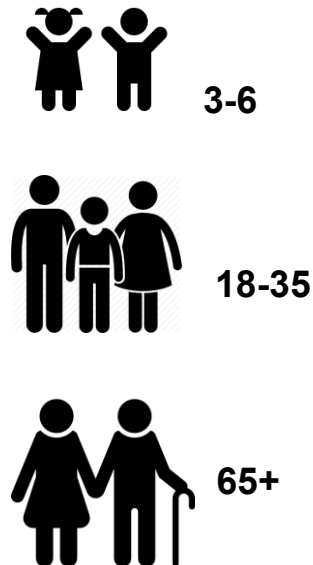
# Food Consumption Data of Thailand (2016)

- Cured meat consumption levels
- Body weight of consumers

Unit: g/day

■ 2006

■ 2016



76 → 78

76 → 52

76 → 52



67 → 50


100.5 → 85

83.8 → 50



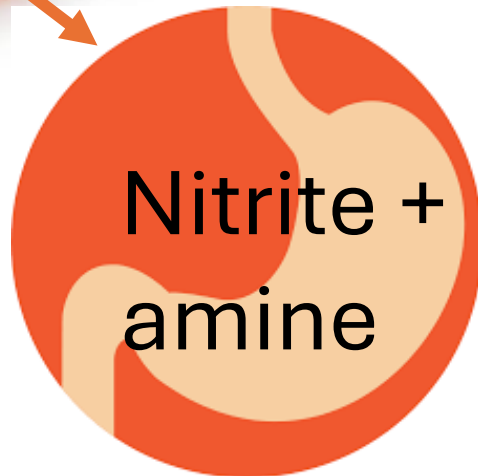
# Safety concern of using nitrite

In food

Nitrite + amine  → Nitrosamines



In our body



→ Nitrosamines

**CANCER**

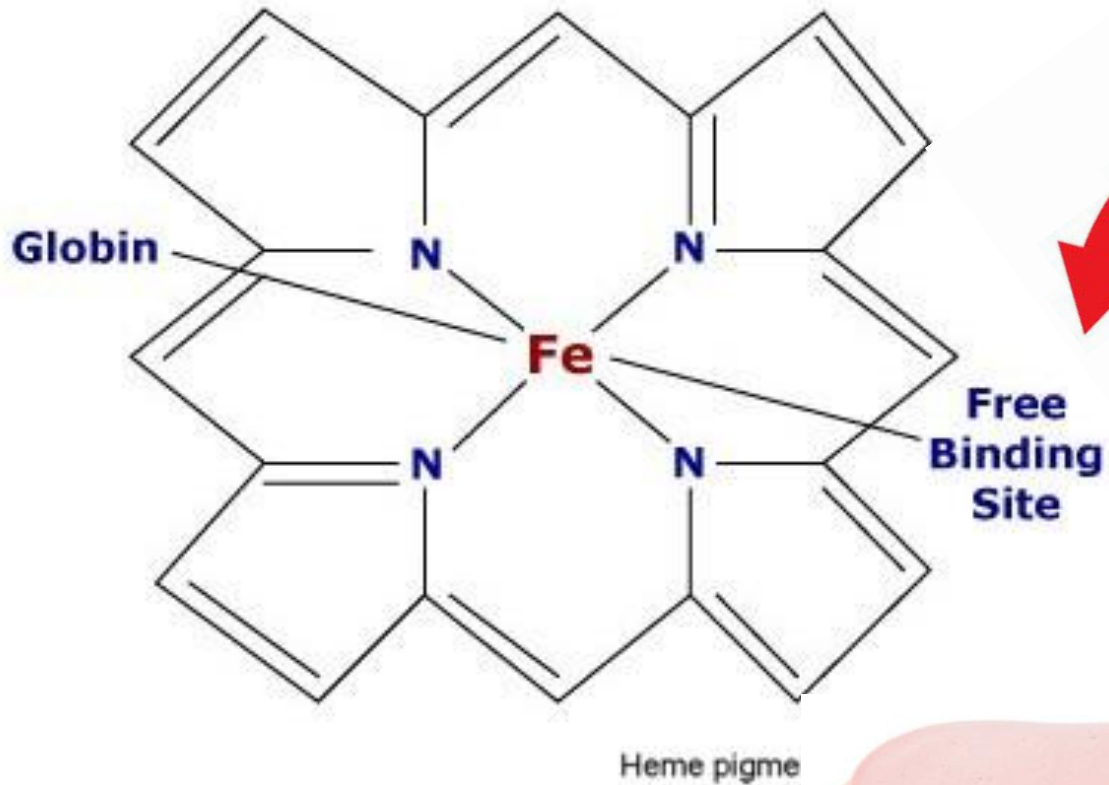
# ||| Curing agent (Nitrite)



- **Safety**  
inhibit *Clostridium Botulinum*
- **Produce pink color**  
**interact with myoglobin**
- **Unique flavor** “cured flavor”
- **Antioxidants** inhibit lipid oxidation

# MYOGLOBIN

<http://meat.tamu.edu/color.html>



Nitrite



Nitric oxide (NO)

Nitric oxide



Nitrosylhemochrome

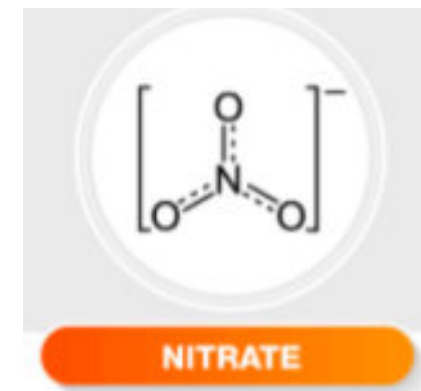
Stable pink cured color

# ||| Nitrite and Nitrate

**Non-clean label  
ingredient**



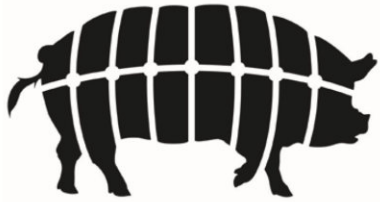
**Alternative natural  
ingredient**



- Celery powder
- Celery extract
- Sea salt

+ Nitrate  
reducing  
bacteria

**Nitrate reductase**



# Veg-Cure 508

## Natural Celery-Derived Nitrite Cure

Ingredients	Ground Products	Whole Muscle	This product has been manufactured to replace synthetically produced nitrites for the purpose of curing meat.
Cultured Celery Powder (Natural Flavors), Sea Salt, Silicone Dioxide (to prevent caking)	Use 0.25-0.50% by the weight of the meat	Use 0.25-0.50% by the weight of the meat	

Veg-Cure 508 as of 7/1/20 replaces Veg-Cure 504. The 508 is double the strength of the previous 504, thus, only half the previous ratio is recommended. It is extremely hygroscopic, and to prevent clumping we recommend that you either use this container all at once, or make sure to immediately put the cap back on tight when you are finished.

LOT #:                      net wt.                      (                      )                       
Mfg. Date:                      Ex. Date:

- Cultured celery powder
- Sea salt

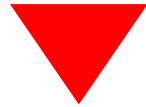


Processors are exploring "natural curing," products that are inherently sources of nitrites and nitrates. Celery powder eliminates the need for artificial curing agents.

# The Limitation of Nitrite in Cured meat products

Ingoing nitrite  $\leq 125$  mg/kg

The Notification of Ministry of Public Health No.281 (2004)



Residual nitrite  $\leq 80$  mg/kg

The Notification of Ministry of Public Health No.418 (2020)

**\*Residual nitrite level depends on several factors such as raw material, cooking process, storage condition.**

General Standard of Food Additives (GSFA)



GENERAL STANDARD FOR FOOD ADDITIVES



CODEX STAN 192-1995

Adopted in 1995. Revision 1997, 1999, 2001, 2003, 2004, 2005, 2006, 2007, 2008, 2009, 2010, 2011, 2012, 2013, 2014, 2015, 2016, 2017, 2018, 2019

Source: [http://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/sh-proxy/en/?lnk=1&url=https%253A%252F%252Fworkspace.fao.org%252Fsites%252Fcode%252Fstandards%252FCXS%2B192-1995%252FCXS\\_192e.pdf](http://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/sh-proxy/en/?lnk=1&url=https%253A%252F%252Fworkspace.fao.org%252Fsites%252Fcode%252Fstandards%252FCXS%2B192-1995%252FCXS_192e.pdf)

# Total risk from cured meat consumption

**Table 4** The total percentage of hazard quotients (HQs) for nitrite from cured meat products consumption in current and previous studies (Per Capita)

Consumer	Region	HQs (% of ADI)		References
		Mean exposure	High exposure	
<b>Children</b> 	Current study	16.9	119.0	Thailand (our study)
	Thailand	12.6	42.5	(Benjapong et al., 2011)
	Estonia	22.7	N/A	(Elias et al., 2020)
	Brunei Darussalam	94.8	N/A	(Abd Hamid et al., 2020)
	Sweden	48.6	90.0	(Larsson, 2011)
<b>Adults</b> 	Current study	2.2	21.1	Current study
	Thailand	1.2	12.2	(Benjapong et al., 2011)
	Austria	48.0	93.2	(Vlachou et al., 2020)
	Fiji	357.0	429.0	(Chetty et al., 2019)

Fiji's nitrite concentration was 110-164 mg/kg in chicken sausage



Risk < 100% = Safe



Risk ≥ 100% = Dangerous



## Residual nitrite in cured meat products

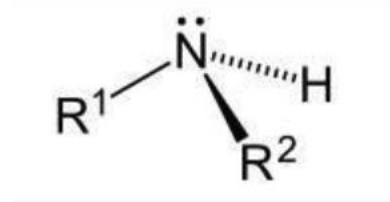


### Children highly expose to nitrite

- high consumption level
- low body weight



# How are nitrosamines formed in foods ?

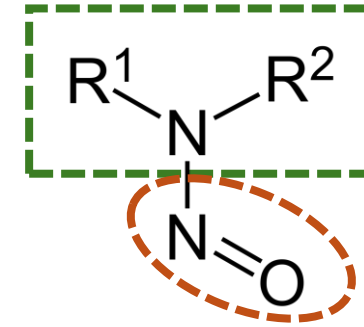


Secondary amine

+

Nitrosating Agent

Nitrite, nitric oxide



Nitrosamines



Cured meat

Sodium nitrite  
curing agent



Uncured cooked meat products

Contaminated nitrite  
and nitrate

- Feed
- Water, ice in slaughtering process and further processing
- Ingredients and additives: salt, spice



2024/1225

2.5.2024

**COMMISSION DECISION (EU) 2024/1225**

**of 30 April 2024**

**concerning national provisions notified by Denmark on the addition of nitrite to certain meat products**

## Scientific Evidence on Nitrosamines and Cancer Risk (EFSA, 2024)

Aspect	Scientific Evidence
Main target organ	Liver (primary), also stomach, esophagus, pancreas, bladder, kidney, lung, colon, brain
Mechanism	Metabolic activation → DNA alkylation → mutations → cancer
Genotoxicity	<u>Strong; even low chronic exposure can increase risk</u>
MOE threshold	MOE <10,000 = health concern (EFSA, 2024)
Regulatory focus	Limit nitrosamine precursors (nitrite/nitrate), lower exposure, enhance monitoring
<u>NDMA Toxicity and Cancer Types</u>	Most toxic nitrosamine; strong genotoxic and carcinogenic effects, especially in the <u>liver (hepatocellular carcinoma)</u> ; also linked to stomach, esophagus, pancreas, kidney, bladder cancers

## EU maximum nitrite limits for meat products (effective October 2025)

Product category	Maximum added nitrite (mg/kg) (as nitrite ions)	Maximum residual nitrite in finished product (mg/kg) (as nitrite ions)
Non-heat-treated	80 (119 mg/kg sodium nitrite)	45
Sterilized meat products (canned meat)	55 (82 mg/kg sodium nitrite)	25
General heat-treated cured meat (sausage, ham, bacon)	80 (119 mg/kg sodium nitrite)	50 ประกาศกระทรวง 418 (2563) กำหนดที่ 80 mg/kg
Traditional cured meat (salami, dry cured ham)	100	65-105

A close-up photograph of three grilled sausages resting on a black, heavily scratched cutting board. A large kitchen knife is visible in the background, slightly out of focus. The sausages are charred and glistening. A semi-transparent black rectangular box is overlaid in the center of the image, containing white text.

---

---

**POLYCYCLICAROMATIC  
HYDROCARBONS  
(PAHs)**

---

---

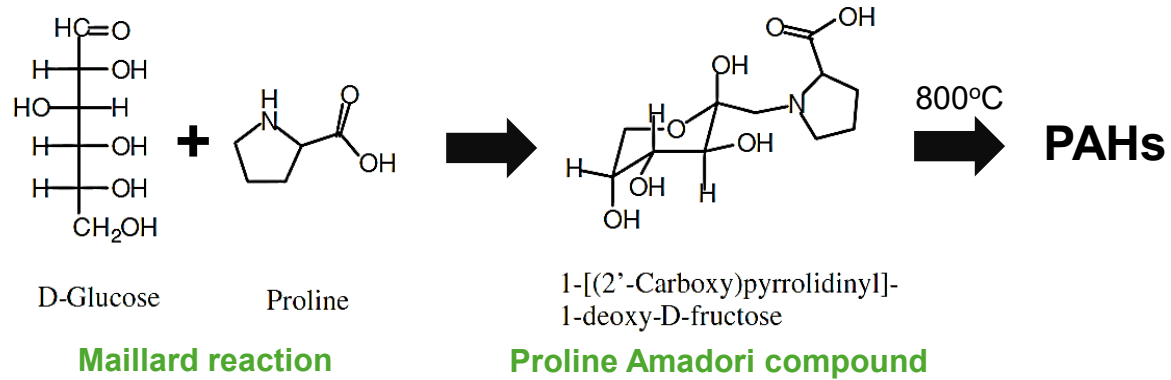
# MECHANISM OF PAHs IN FOOD

## Mechanism I

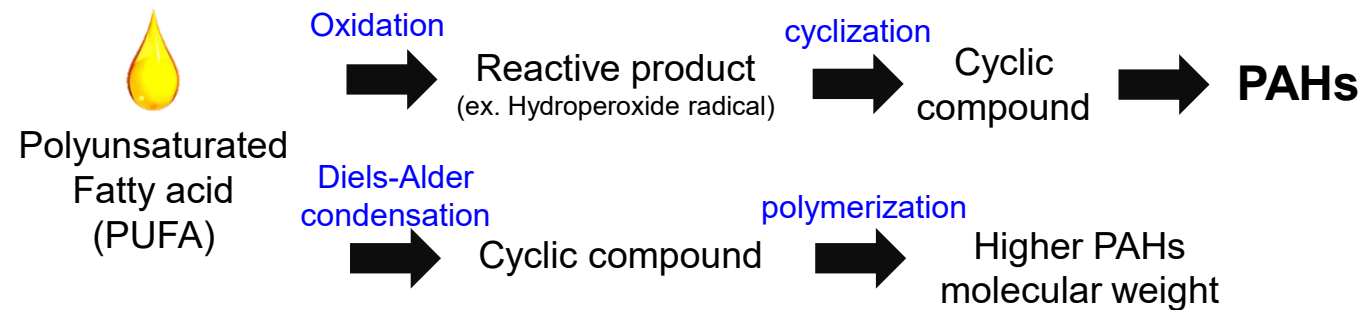
Viegas *et al.* (2014)



## Mechanism II Britt *et al.* (2002)



## Mechanism III Min *et al.* (2018)



# MARINATION INGREDIENTS



## Oil types

Palm-oil marinade  
Sunflower-oil marinade

## pH values

### Citric acid

- Acid marinade
- Double-acid marinade

### Sodium bicarbonate

- Base marinade
- Double-base marinade

## Antioxidants

### Diallyl disulfide (DADS)

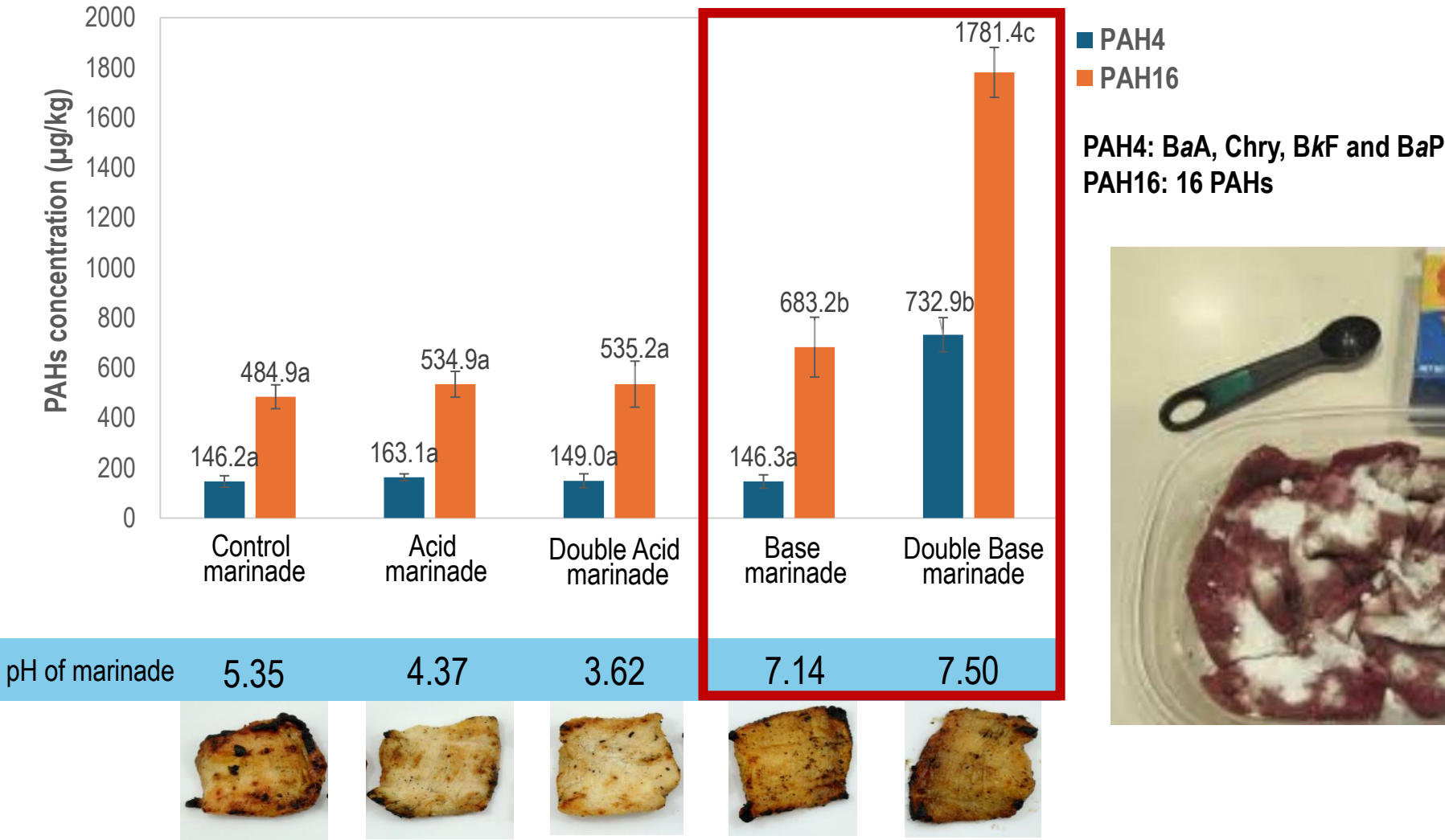
- 100 ppm
- 500 ppm

### Quercetin

- 100 ppm
- 500 ppm

# Effect of **pH value** of marinades on the formation of PAHs in grilled chicken breast

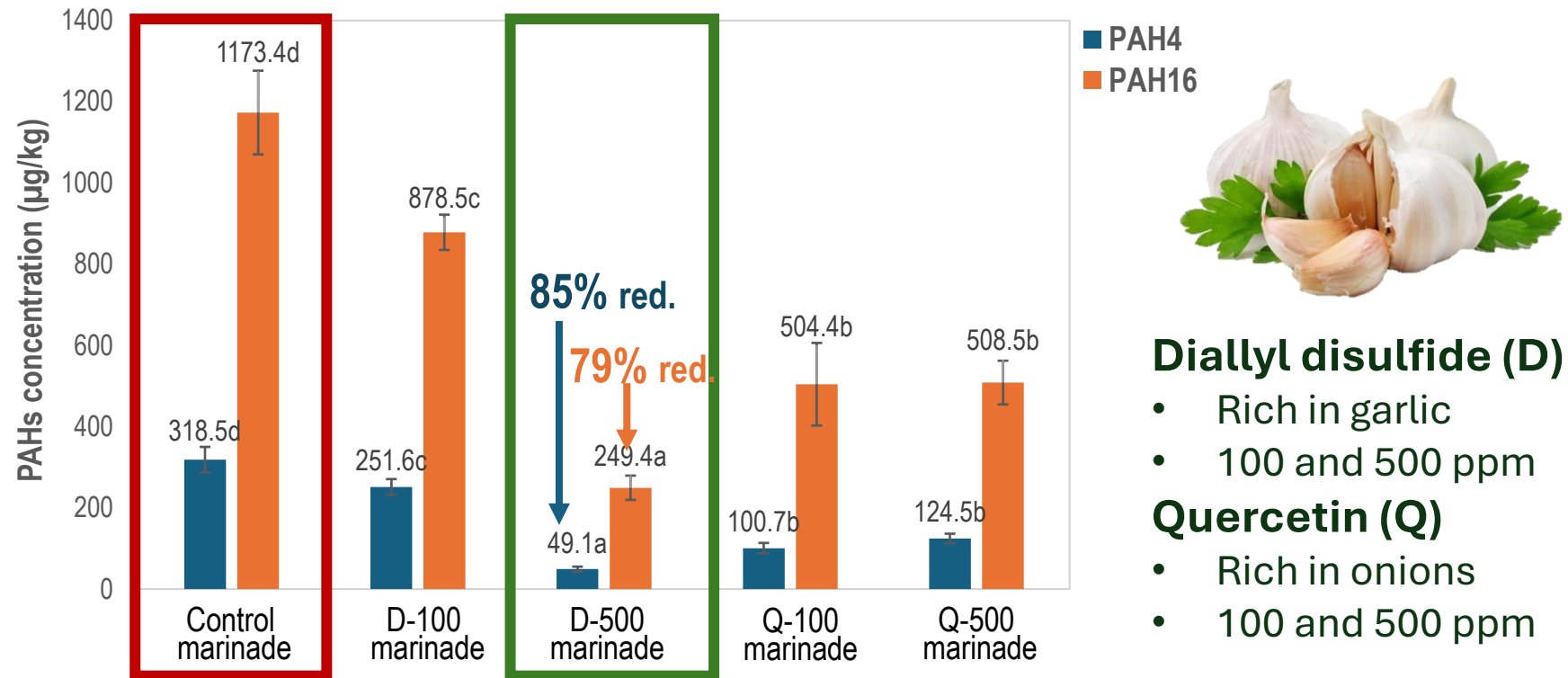
PAH4, PAH16  
concentration  
of difference  
marinated  
meat samples



Wongmaneepratip and Vangnai\* (2017) Effect of oil types and pH on carcinogenic polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in grilled chicken. **Food Control** 79, 119-125.



## Effect of addition **antioxidants** in marinades on the formation of PAHs in grilled pork

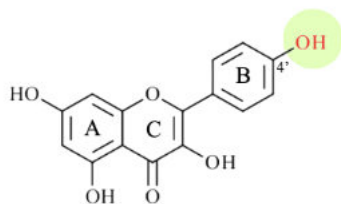


**Figure.** PAH4, PAH16 concentration of difference marinated meat samples

Wongmaneepratip, Na Jom and Vangnai\* (2019) Inhibitory effects of dietary antioxidants on the formation of carcinogenic PAHs in grilled pork. **Asian-Australasian Journal of Animal Science** 32(8): 1205-1210.

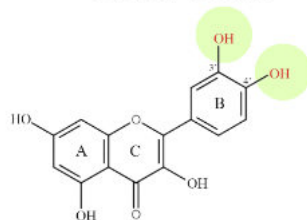
# Precision safety

**Kaempferol**



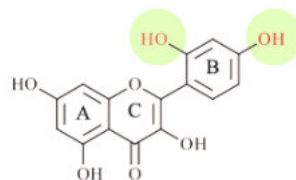
Flavonol

**Quercetin**



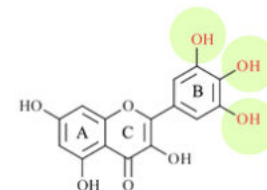
Flavonol

**Morin**



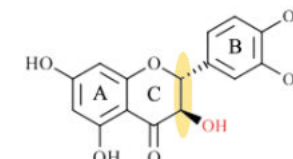
Flavonol

**Myricetin**



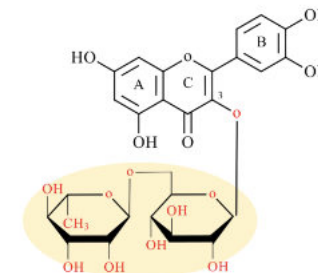
Flavonol

**Taxifolin**



Flavanonol

**Rutin**



Flavonol glycoside

**Total PAH  
reduction**

21%

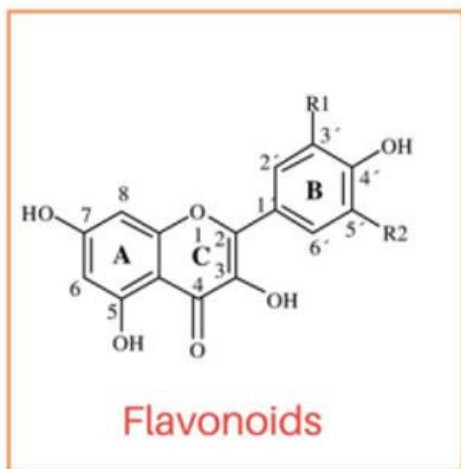
18%

56%

72%

30%

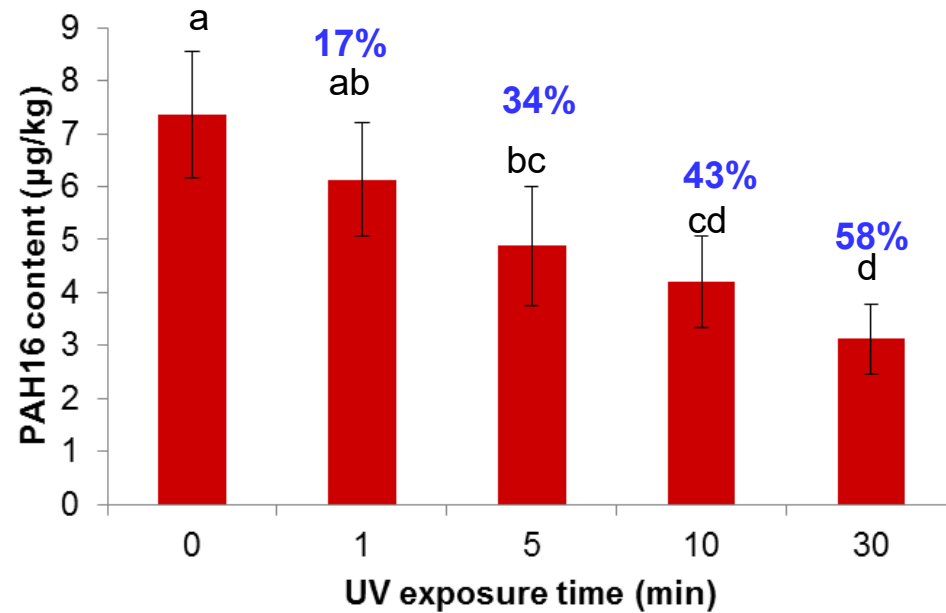
33%



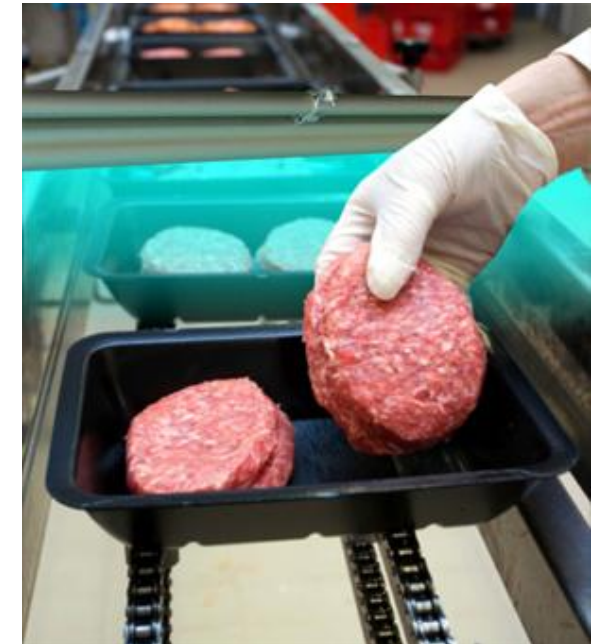
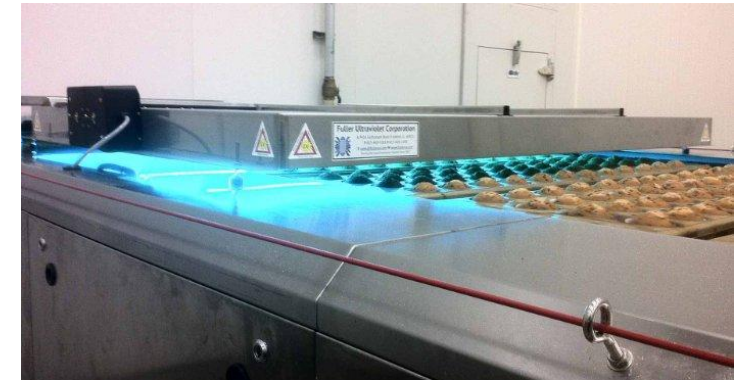
- Multiple hydroxyl groups on the B-ring
- Position of hydroxyl group :: meta position >> ortho position
- 2,3-double bond in conjunction with a 4-keto moiety on the C-ring
- Absence of a glycoside group on the C ring
- ABTS assay proved most effective in demonstrating the PAH inhibition
- Applied as the guideline to select natural antioxidants to reduce PAHs

Hunyh, Wongmaneepratip, and Vangnai\* (2024). Relationship between flavonoid chemical structures and their antioxidant capacity in preventing PAH formation in heated meat model system. **Foods** 32(8): 1205-1210.

# UV-C SMOKED SAUSAGE



<sup>a-d</sup> Mean values with different subscripts indicate a significant difference ( $p < 0.05$ ).  
% Reduction as compare to control sample.



**Figure** Changes of PAH16 in UV-C treated and untreated smoked sausage.



Healthy • Safety • Sustainability



**Ingredients:**

Grass-fed beef.



**Ingredients:**

Black beans, quinoa,  
onion, flaxseed,  
olive oil & sea salt.








**Ingredients:**

Pea protein isolate, canola oil,  
coconut oil, water, yeast extract,  
maltodextrin, natural flavors,  
gum arabic, sunflower oil, salt,  
succinic acid, acetic acid,  
non-GMO modified food starch,  
cellulose from bamboo,  
methylcellulose, potato starch,  
beet juice extract, ascorbic acid,  
, annatto extract , citrus fruit  
extract, vegetable glycerin.

@MeowMeix

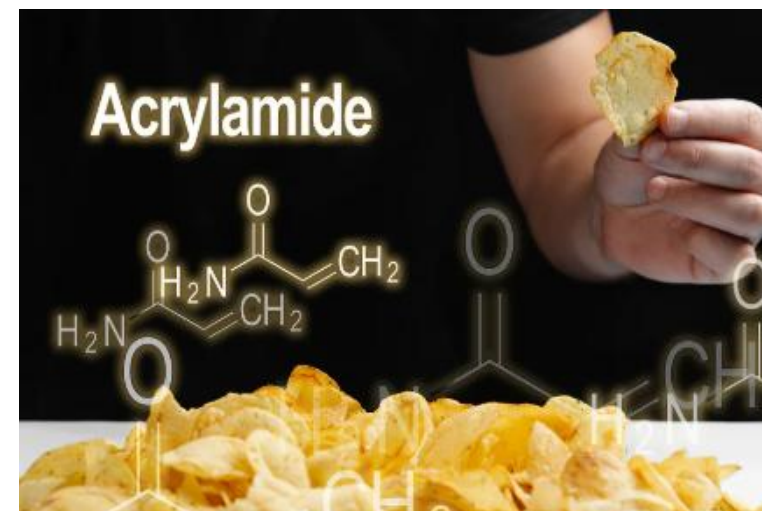
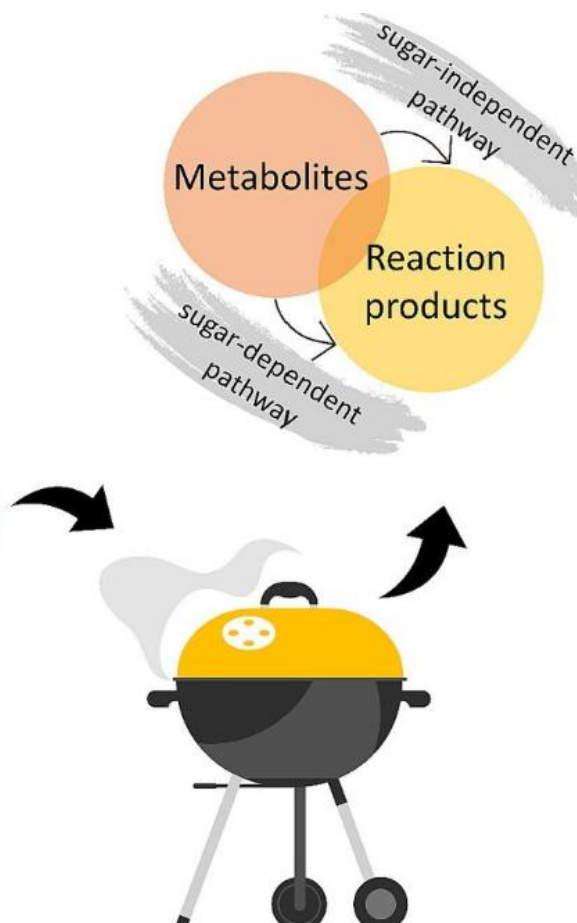
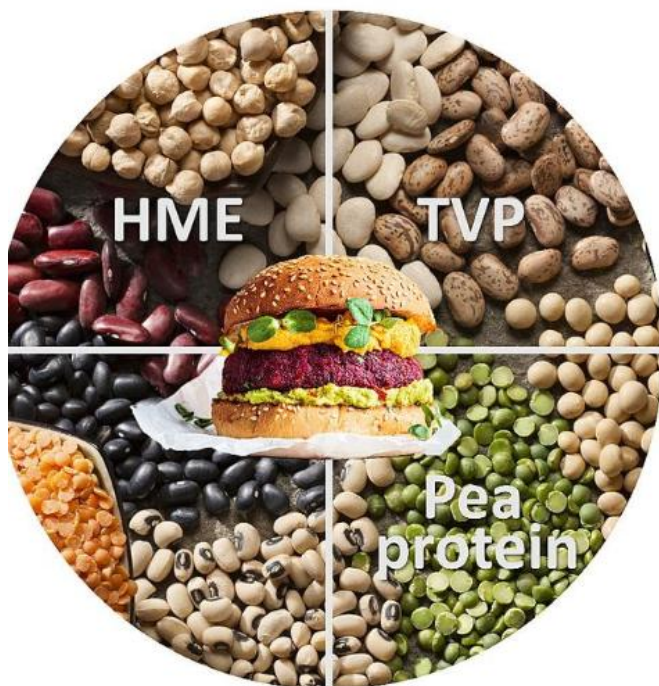
## Burger Nutrition Comparison

					
<b>Nutrition information</b> serving size	<b>Ground beef</b> 80% lean, 20% fat (100 grams)	<b>Beyond Burger</b> (113 grams)	<b>Impossible Burger</b> (113 grams)	<b>Morning Star Black Bean</b> (67 grams)	<b>Boca Burger</b> (71 grams)
Calories	270 calories	290 calories	240 calories	110 calories	100 calories
Saturated Fat	6.7g	5g	8g	0.5g	1g
Protein	26g	20g	19g	9g	13g
Sodium	75mg	450mg	370mg	320mg	350mg

*Image courtesy of AARP.*

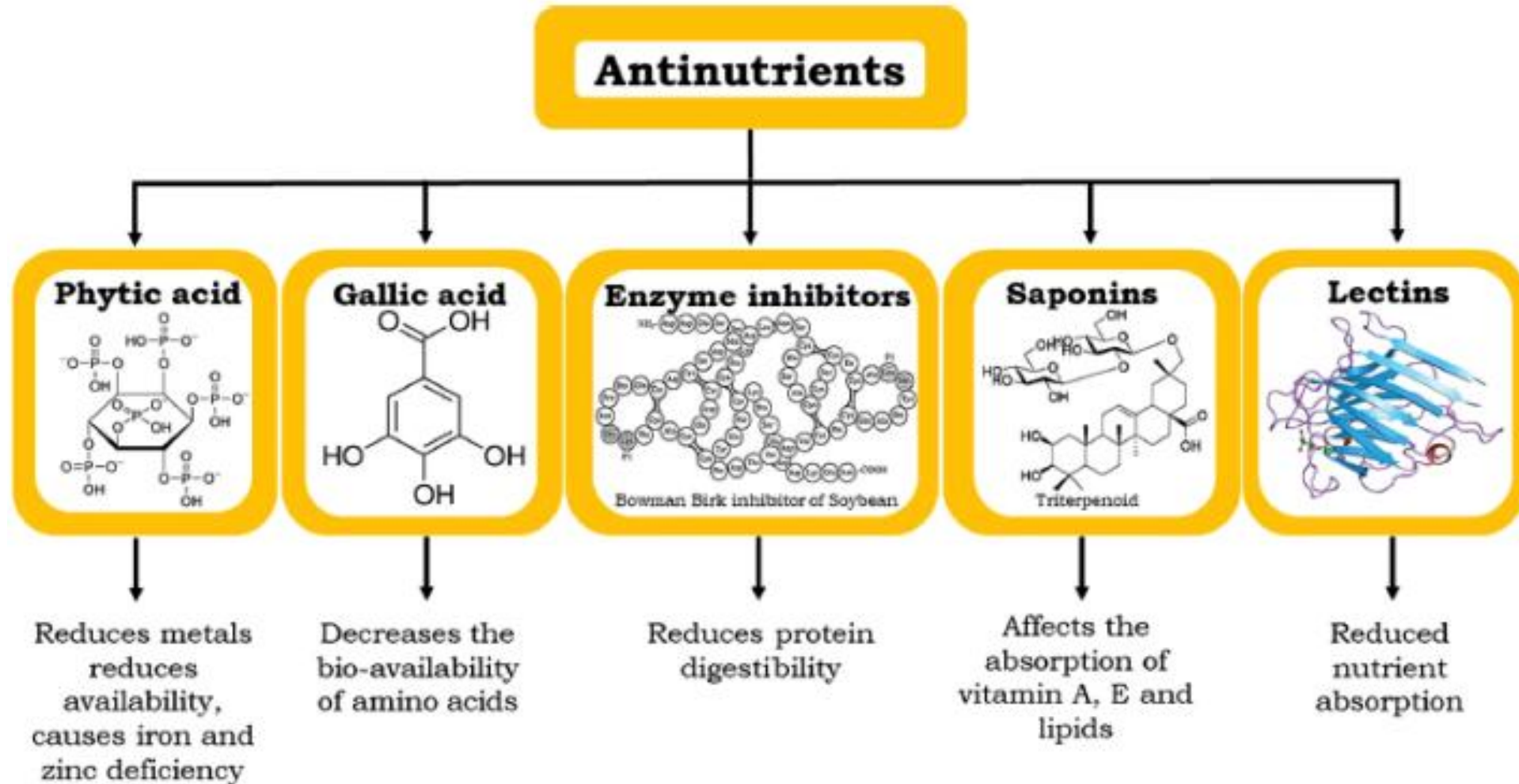
# Maillard reaction products and metabolite profile of plant-based meat burgers compared with traditional meat burgers and cooking-induced alterations

Banny Silva Barbosa Correia <sup>a</sup>, Søren Drud-Heydary Nielsen <sup>a</sup>, Johanna Jorkowski <sup>b</sup>,  
Louise Margrethe Arildsen Jakobsen <sup>a</sup>, Christian Zacherl <sup>b</sup>, Hanne Christine Bertram <sup>a</sup>  





# Antinutrients in plant-based foods



# THANK YOU

**Asst.Prof.Dr. Kanithaporn  
Vangnai**

Department of Food Science and Technology,  
Faculty of Agro-Industry  
Kasetsart University

Email: [kanithaporn.v@ku.th](mailto:kanithaporn.v@ku.th)

