



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



PLANT BASED PROTEIN

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

ANIMAL BASED PROTEIN

PROTEIN PER 100G

@thefitnesschef_

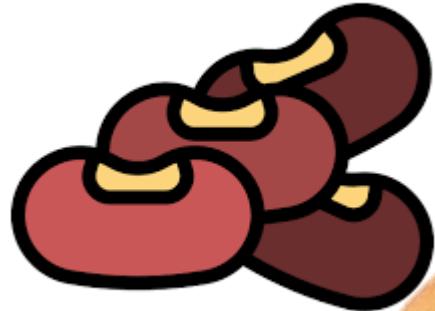
EGGS	TURKEY MINCE	CHICKEN BREAST
		
14g protein	25g protein	25g protein
PRAWNS	TUNA	SALMON
		
18g protein	25g protein	25g protein
PORK CHOP	RIEYE	DUCK
		
19g protein	19g protein	27g protein
SEMI SKIMMED MILK	GREEK YOGURT	EDAM CHEESE
		
4g protein	9g protein	26g protein

*Some incomplete proteins

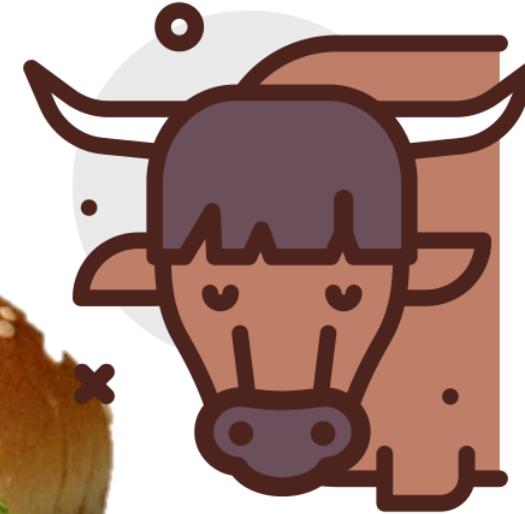
*All complete proteins

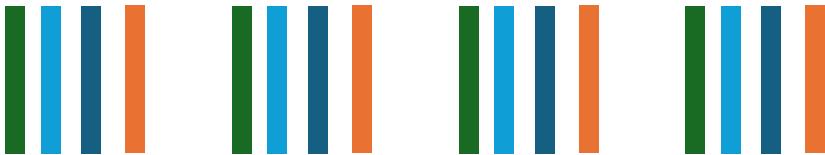






VS

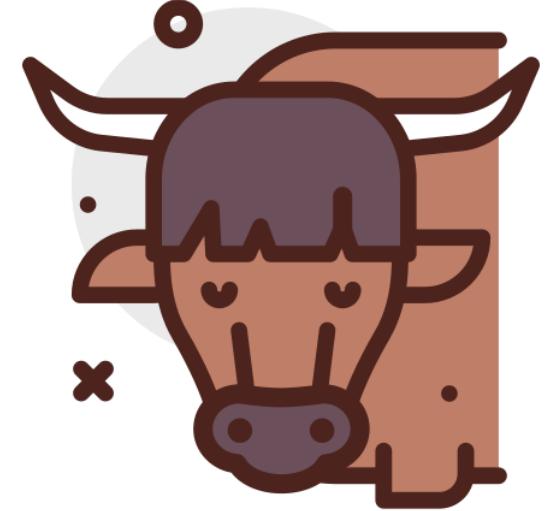




Healthy •



Safety • Sustainability



Healthy guideline for processed meat (sausage products)

		Fat (g/100g)	Sodium (mg/100g)	Sugar (g/100g)
	Singapore	Total fat ≤ 10	≤ 450	-
	Choice International Foundation	Saturated fat ≤ 5.0 Trans fat ≤ 0.1	≤ 450	≤ 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

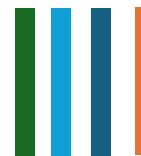


ประเภท/ชนิดอาหาร	ฐานคำนวณ	หลักเกณฑ์ เงื่อนไข และการพิจารณาให้สัญลักษณ์														
ไส้กรอก ลูกชิ้น โนโลหะ หมูยอ ไก่ชิ้ง	100 กรัม	<p>ไข่เตียม</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>ระยะ</th><th>ต่อ 100 กรัม</th></tr> </thead> <tbody> <tr> <td>ระยะที่ ๑ (พ.ศ.๒๕๖๖-๒๕๖๘)</td><td>≤ ๕๕๐ มิลลิกรัม</td></tr> <tr> <td>ระยะที่ ๒ (พ.ศ.๒๕๖๙-๒๕๗๐)</td><td>≤ ๕๐๐ มิลลิกรัม</td></tr> <tr> <td>ระยะที่ ๓ (พ.ศ.๒๕๗๑)</td><td>≤ ๔๕๐ มิลลิกรัม</td></tr> </tbody> </table> <p>น้ำตาลทั้งหมด ≤ ๒.๕ กรัม ต่อ 100 กรัม ไขมันทั้งหมด</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>ระยะ</th><th>ต่อ 100 กรัม</th></tr> </thead> <tbody> <tr> <td>ระยะที่ ๑ (พ.ศ.๒๕๖๖-๒๕๖๘)</td><td>≤ ๑๐ กรัม หรือ > ๑๐-๑๕* กรัม</td></tr> <tr> <td>ระยะที่ ๒ (พ.ศ.๒๕๖๙)</td><td>≤ ๑๐ กรัม</td></tr> </tbody> </table> <p>* สัดส่วนปริมาณของคราฟในมันอ่อนตัวห้อง ≤ ๖๕% ของไขมันทั้งหมด</p>	ระยะ	ต่อ 100 กรัม	ระยะที่ ๑ (พ.ศ.๒๕๖๖-๒๕๖๘)	≤ ๕๕๐ มิลลิกรัม	ระยะที่ ๒ (พ.ศ.๒๕๖๙-๒๕๗๐)	≤ ๕๐๐ มิลลิกรัม	ระยะที่ ๓ (พ.ศ.๒๕๗๑)	≤ ๔๕๐ มิลลิกรัม	ระยะ	ต่อ 100 กรัม	ระยะที่ ๑ (พ.ศ.๒๕๖๖-๒๕๖๘)	≤ ๑๐ กรัม หรือ > ๑๐-๑๕* กรัม	ระยะที่ ๒ (พ.ศ.๒๕๖๙)	≤ ๑๐ กรัม
ระยะ	ต่อ 100 กรัม															
ระยะที่ ๑ (พ.ศ.๒๕๖๖-๒๕๖๘)	≤ ๕๕๐ มิลลิกรัม															
ระยะที่ ๒ (พ.ศ.๒๕๖๙-๒๕๗๐)	≤ ๕๐๐ มิลลิกรัม															
ระยะที่ ๓ (พ.ศ.๒๕๗๑)	≤ ๔๕๐ มิลลิกรัม															
ระยะ	ต่อ 100 กรัม															
ระยะที่ ๑ (พ.ศ.๒๕๖๖-๒๕๖๘)	≤ ๑๐ กรัม หรือ > ๑๐-๑๕* กรัม															
ระยะที่ ๒ (พ.ศ.๒๕๖๙)	≤ ๑๐ กรัม															
แฮม	100 กรัม	<p>ไข่เตียม ≤ ๕๐๐ มิลลิกรัม ต่อ 100 กรัม น้ำตาลทั้งหมด ≤ ๒.๕ กรัม ต่อ 100 กรัม ไขมันทั้งหมด ≤ ๑๐ กรัม ต่อ 100 กรัม</p>														
เนื้อสัตว์ปรุงรส	100 กรัม	<p>ไข่เตียม ≤ ๔๕๐ มิลลิกรัม ต่อ 100 กรัม น้ำตาลทั้งหมด ≤ ๒ กรัม ต่อ 100 กรัม ไขมันทั้งหมด ≤ ๕ กรัม ต่อ 100 กรัม</p>														
เนื้อสัตว์แผ่น/แท่ง/ เส้นกรอบ/หยอง	100 กรัม	<p>ไข่เตียม ≤ ๑,๐๐๐ มิลลิกรัม ต่อ 100 กรัม น้ำตาลทั้งหมด ≤ ๖๕ กรัม ต่อ 100 กรัม ไขมันทั้งหมด ≤ ๘ กรัม ต่อ 100 กรัม</p>														

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



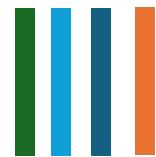
Flavor enhancer

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)



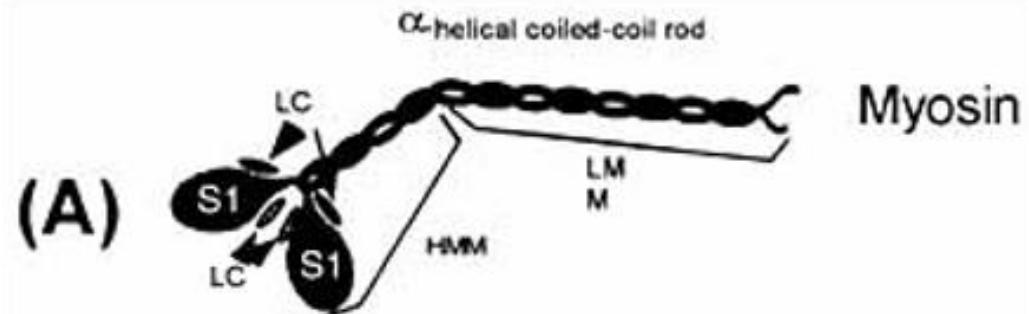
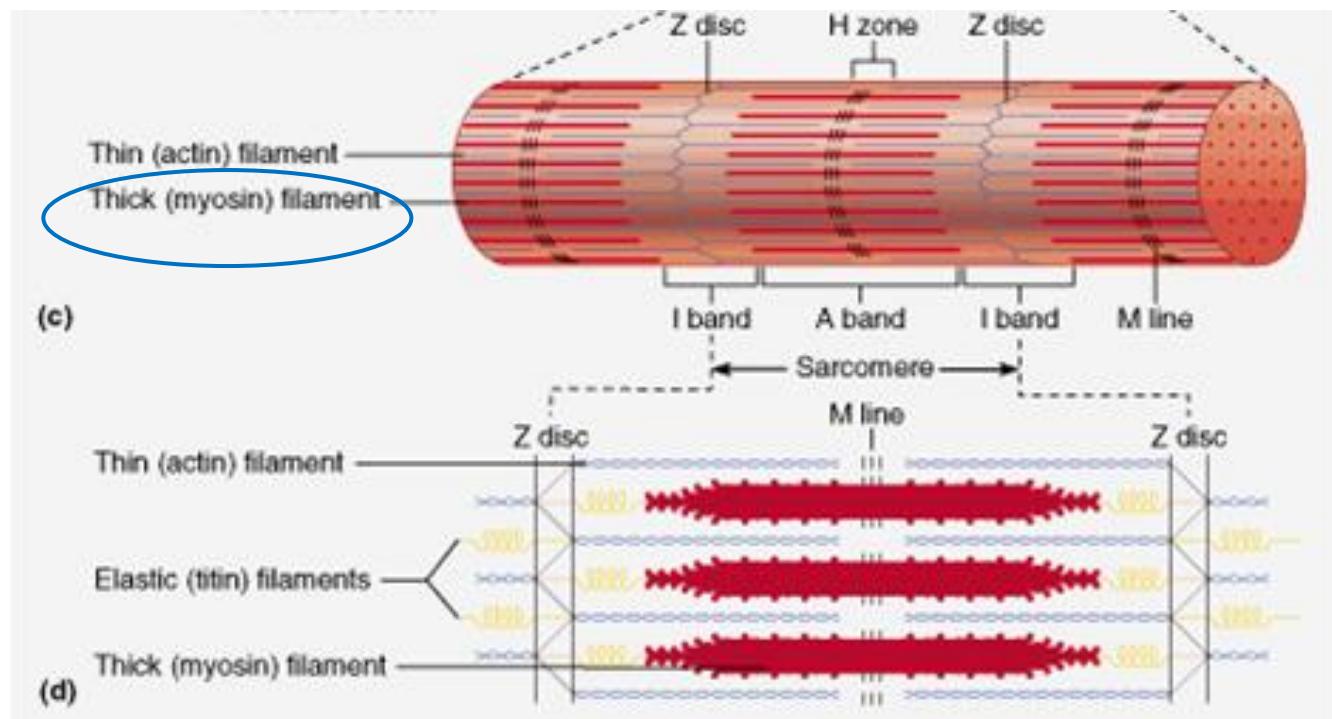
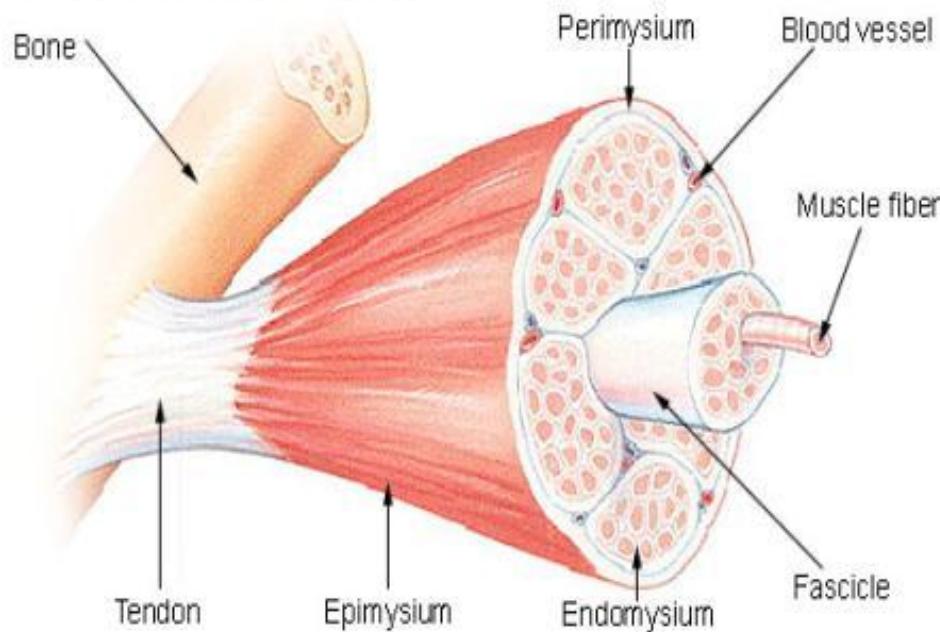
Sausage
emulsion



Bologna

Muscle Protein

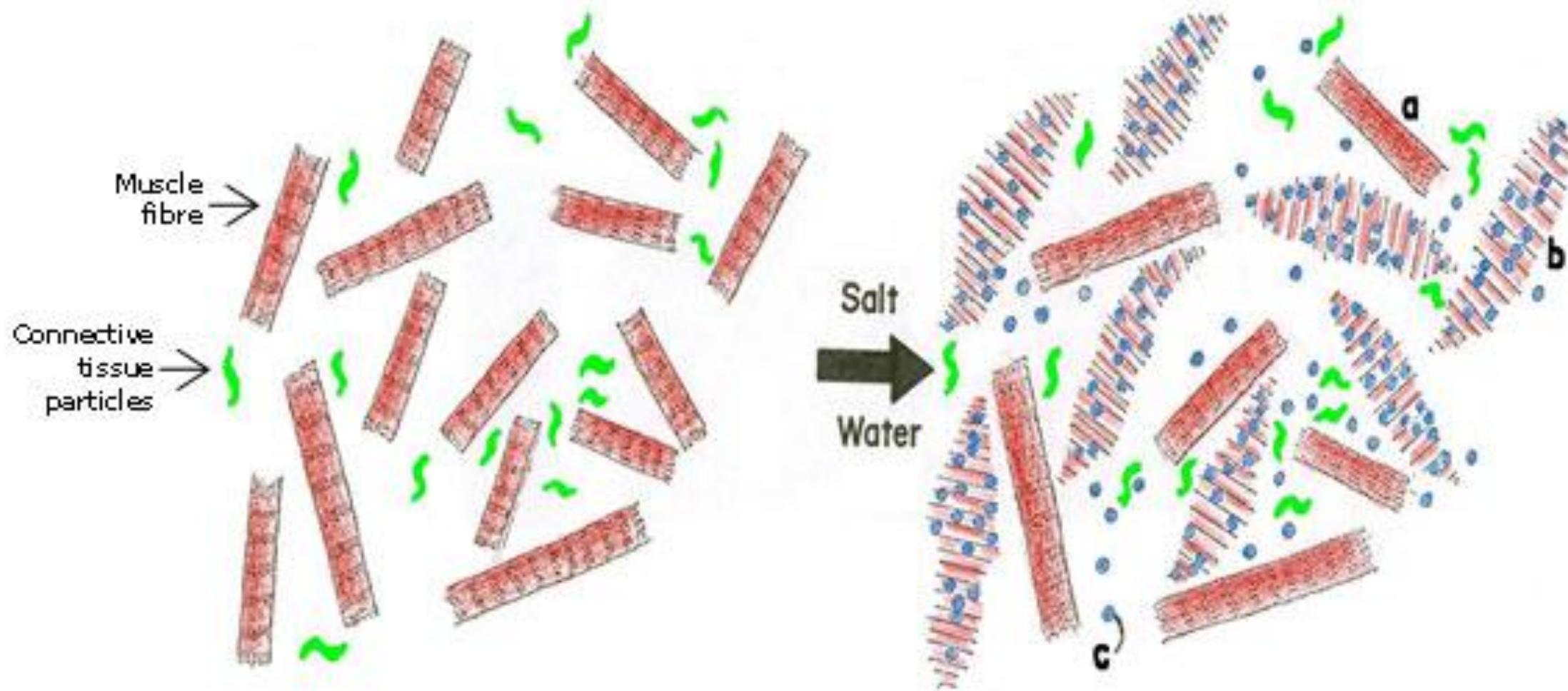
Structure of a Skeletal Muscle



Production of emulsified meat

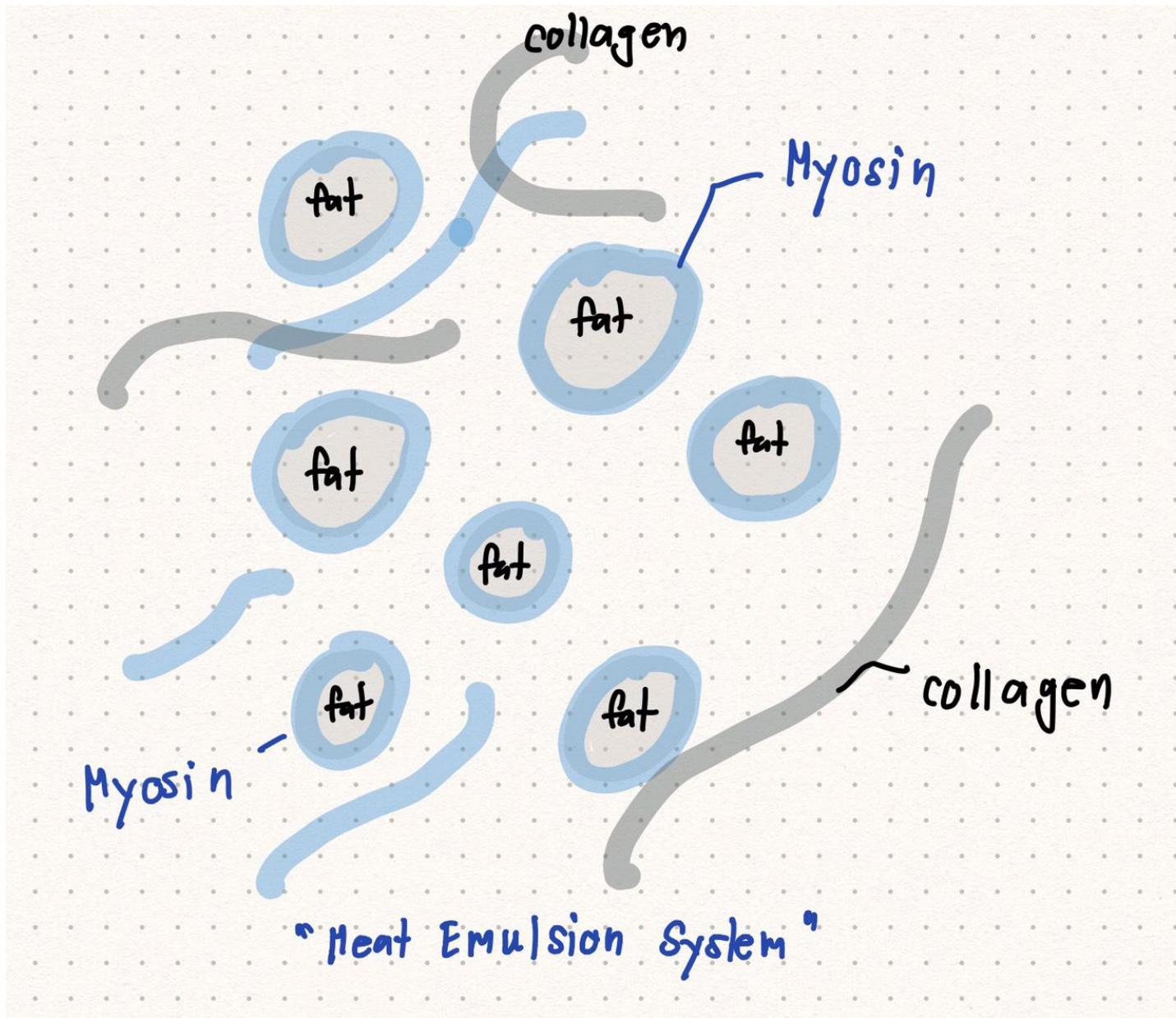


Youtube (CBS foodtech)



During chopping meat with salt

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



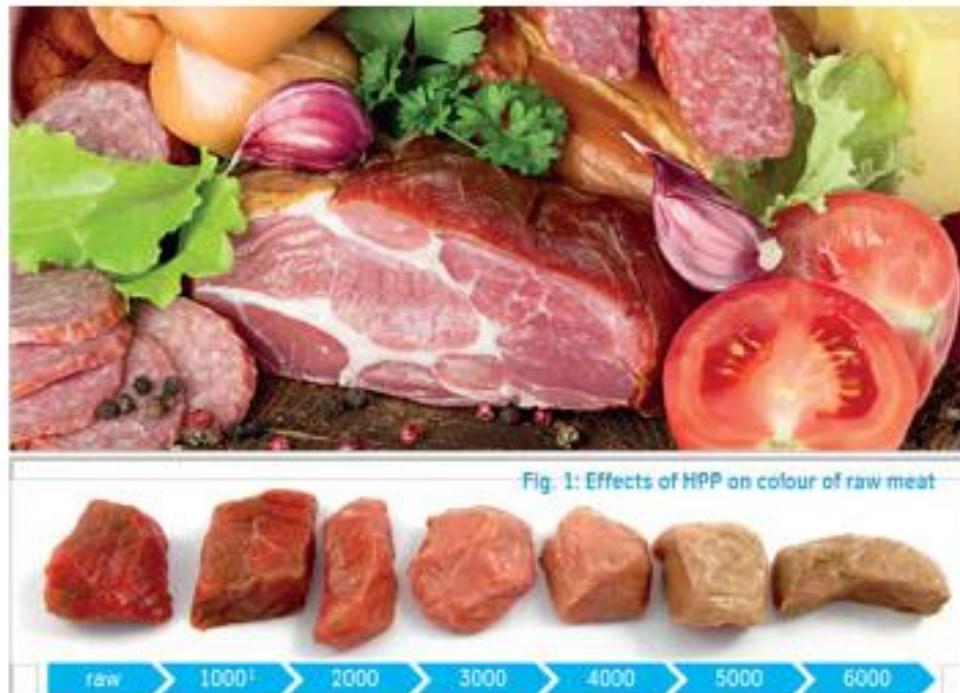
Emulsion system in meat sausage

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

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

1% salt + HPP
(200 MPa 4 min)

- 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

The image is the cover of the February 2022 issue of Food & Beverage Thailand magazine. The title 'FOOD & BEVERAGE THAILAND' is prominently displayed in large, bold, dark blue letters. Below the title, the word 'foods' is written in a smaller, italicized, lowercase font. The subtitle 'Industry-Focused magazine for Food & Beverage Professionals' is located at the bottom left. The date 'FEB 2022' is in a yellow circular badge at the top right. The central visual features a white background with a large, fluffy white dog and a grey cat sitting behind three stainless steel bowls containing different types of food: a salad mix, dry kibble, and raw meat. Below this image, the text 'PET FOOD AUTOMATION' is written in a large, bold, black font. At the bottom, there are four photographs of food processing equipment: a blue robotic arm, a large vertical 'GENERAL POUCH BAG FILLING MACHINE', a 'SELF GRAIN PREPARATION LINE' with two large stainless steel tanks, and a 'SELF STEAM CHAM TUNNEL' with a long conveyor belt. The bottom right corner features the logo 'MT FOOD SYSTEMS' in a stylized, bold font.

Food Focus Thailand

Feb, 2022

Vol 17 No 191



เทคโนโลยีการแปรรูปสมัยใหม่ เพื่อลดการใช้กล่องในพัสดุกันที่เนื้อสัตว์แปรรูป

เพลสติกเกลที่มีสีเดียวเป็นรูปไปได้ ใช้กรอก เย็น เบคอน และบีกัน เป็นอาหารที่ได้รับความนิยมและเป็นรากฐานการปรุงอาหาร ผู้เชื่อถือว่า “การรักษาสุขภาพด้วยเกลที่มีสีเดียว” ในกรุงรัตนโกสินทร์ (Sodium Chloride) เป็นส่วนประกอบหลักของการรักษาสีด้วยการเพลสติก เช่นไปพิมพ์สี หรือสีหิน ยังมีความสำคัญต่อสังคมในโลกการค้าและอุตสาหกรรม ไม่ใช่แค่สีเดียว แต่เป็นสีที่มีความสำคัญต่อสังคมและเศรษฐกิจ ไม่ใช่แค่สีเดียว แต่เป็นสีที่มีความสำคัญต่อสังคมและเศรษฐกิจ

A portrait of a woman with short dark hair, wearing a white shirt, smiling. To her left is a small icon of a microphone.

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ คานิษฐ์ วงศ์ไวน์

Assistant Professor Kanithaporn Vangna, Ph.D.

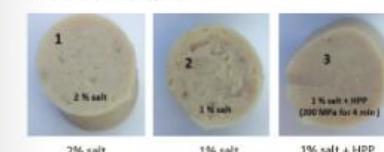
Department of Food Science and Technology

Faculty of Agro-Industry, Kasetsart University

kanithaporn.v@klu.ac.th

สุวีณา จันทพิรัก
Suveena Jantapirak
Department of Food Processing and Preservation
Institute of Food Research and Product Development,
Kasetsart University
suveena@kmutt.ac.th

สักสูตรกามิกะนเคนให้ได้มาตุนให้ใช้กามิกะนเคนรูปแบบใหม่ให้ไม่ใช่แค่กามิกะนเคนเดิมที่มีความดันสูงๆ ให้ได้มาตุนให้ใช้กามิกะนเคนรูปแบบใหม่ให้ได้มาตุนให้ใช้กามิกะนเคนสูงๆ (High Pressure Process) และใช้กามิกะนเคนอัลตร้าซาวด์ (Ultrasound Process) เพื่อให้ได้มาตุนให้กามิกะนเคนและกามิกะนเคนของรูปแบบเดิมที่ไม่ได้มาตุนให้ได้มาตุนให้ใช้กามิกะนเคนรูปแบบใหม่ได้



ภาพที่ 1 ผลการทดสอบความต้านทานต่อการบดปั่นของเม็ดพลาสติกที่ได้รับการรีไซเคิล (Bolumar et al., 2020)

2. การใช้หินในโลหะคราชวนค์สำหรับเบื้องต้นจะเป็นปูน
ไข่เดิมค่า เป็นหินในโลหะคราชวนค์ที่มีความเสื่อมเสียมากกว่าหินทราย
ให้ในมากกว่า 20 กิโลกรัม หินเป็นหินในโลหะคราชวนค์ที่มีความเสื่อมเสียไม่
ถึงคราชวนค์มากกว่าหินทรายมากกว่าหินทรายที่มีความเสื่อมเสีย



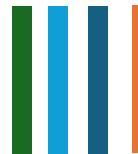
References

Bouček, T., V. Círal, K.H. Bak, A. Agarwal, A. Sikes, C. Guyon, A.-S. Stibler, M. de Lamballe, C. Hartel and D.A. Brügelmann. 2020. Chapter 10 - high-pressure processing (HPP) of meat products: Impact on quality and applications. *pp. 221-244.*

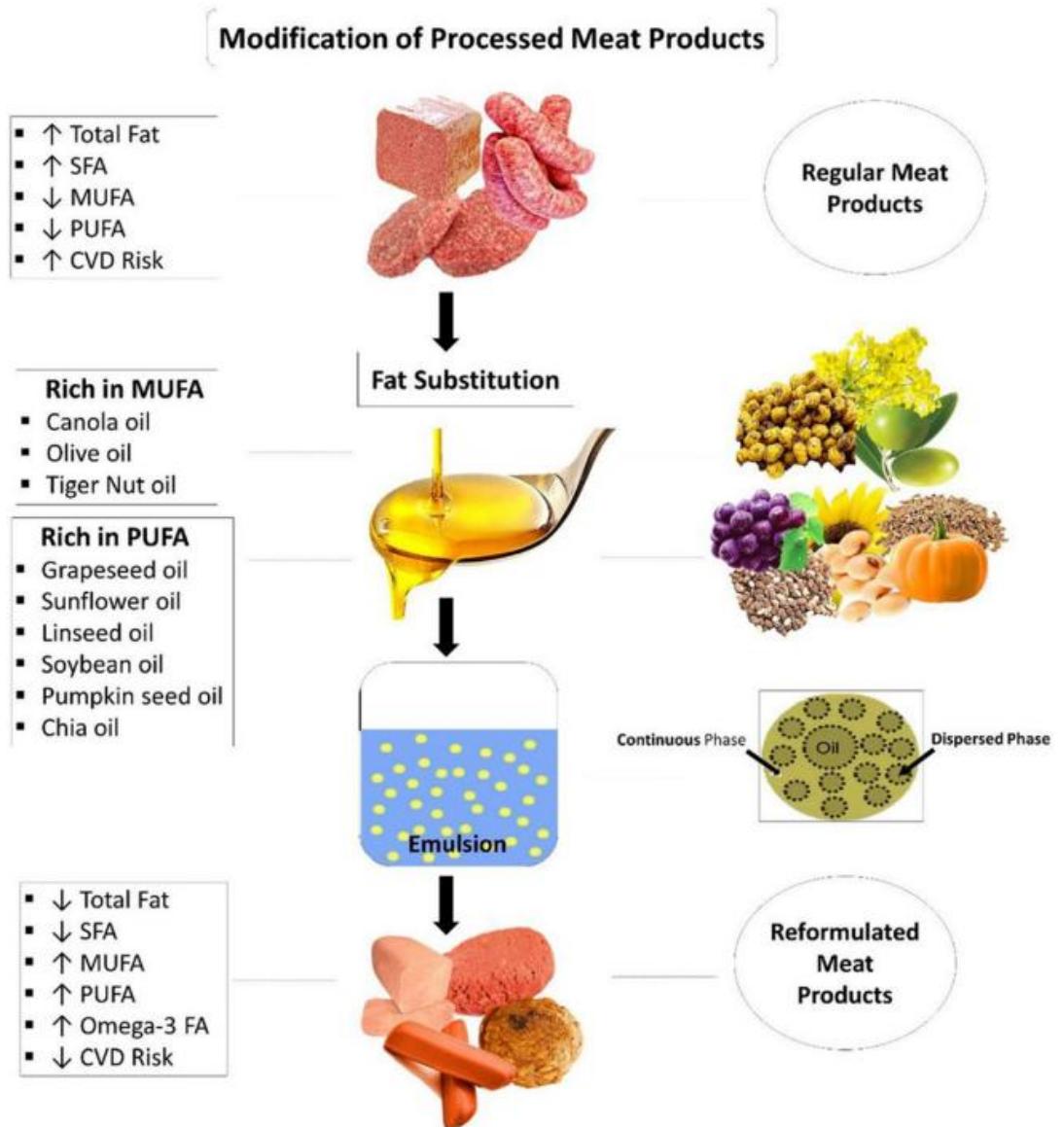
J. F. Bara, et al., eds. Present and future of high-pressure processing. Elsevier.

Gómez-Seizaraz, J.A., Galera-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: 71-78.



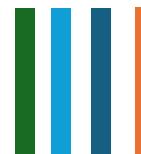


Reduced-fat meat products



Replace animal fat with vegetable oils

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



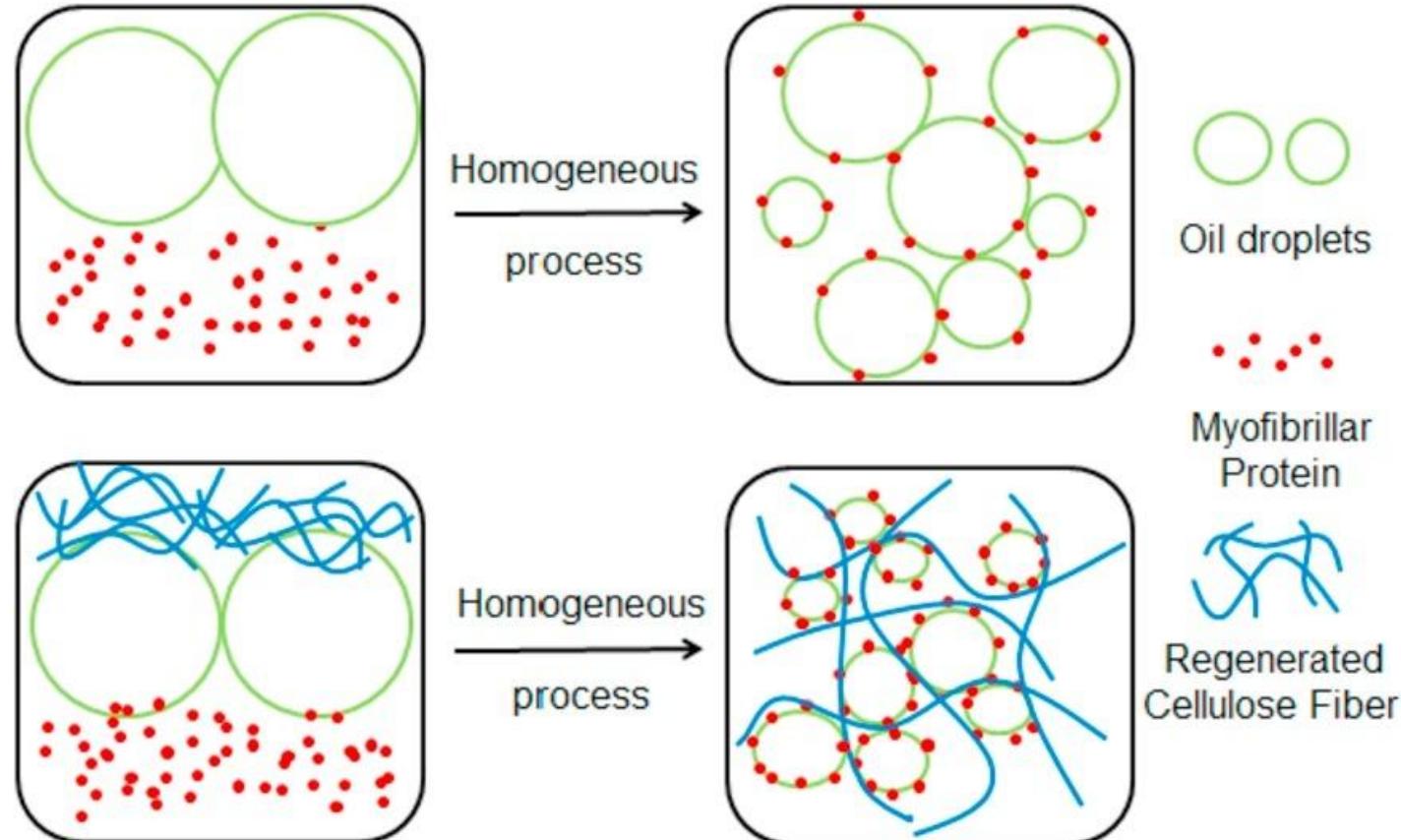
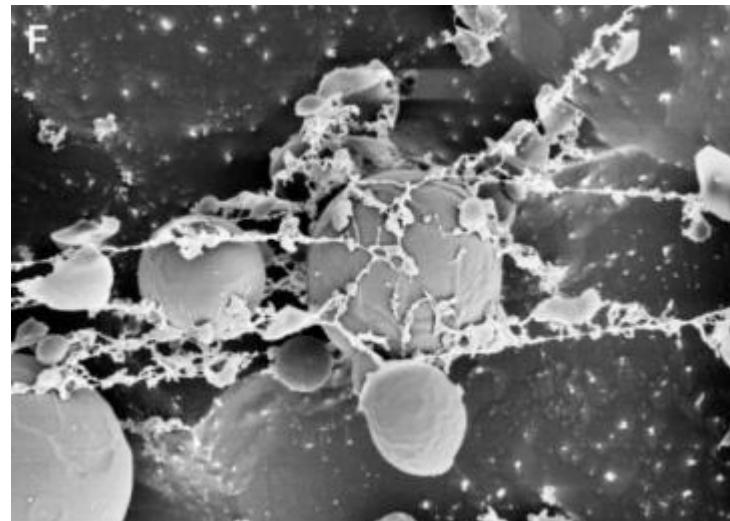
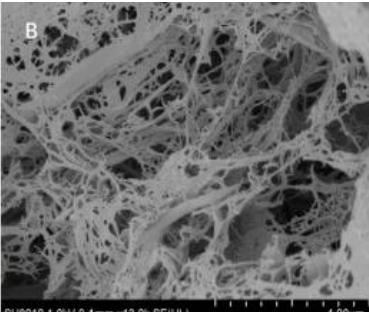
Reduced-fat meat products



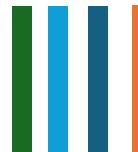
Food Hydrocolloids
Volume 87, February 2019, Pages 83-89



Cellulose fiber to stabilize meat emulsion system



(*Zhao et al., 2019*), Food Hydrocolloids 87



Reduced-fat meat products

Novel gel protein complex to stabilize meat emulsion system

Pea protein - agar gel complex

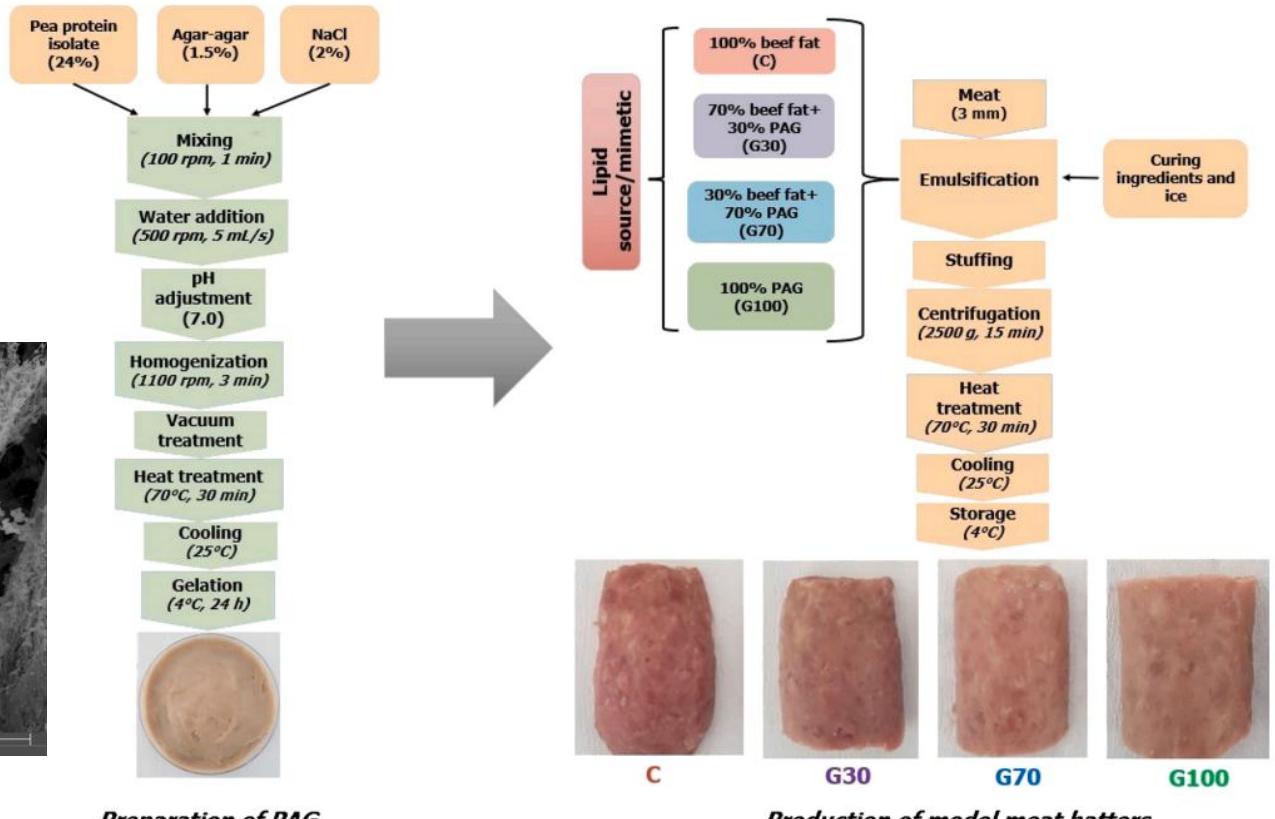
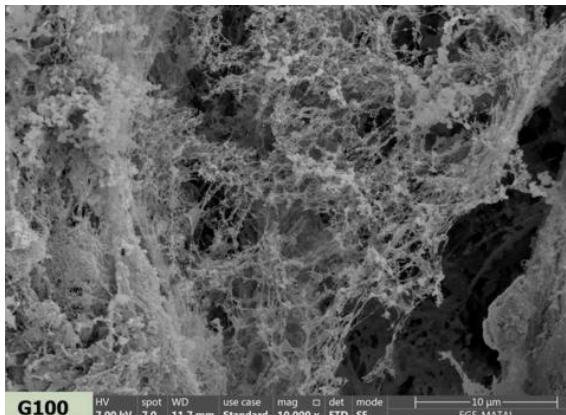
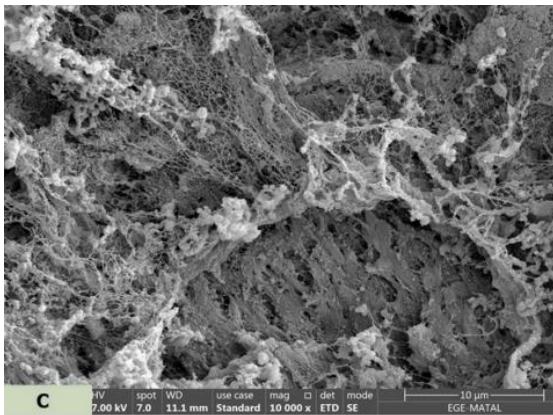


Fig. 1. Process flow diagrams for PAG and meat batters including the experimental design.

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

Starch



Beneficial properties

Swelling, gelation, gelatinization

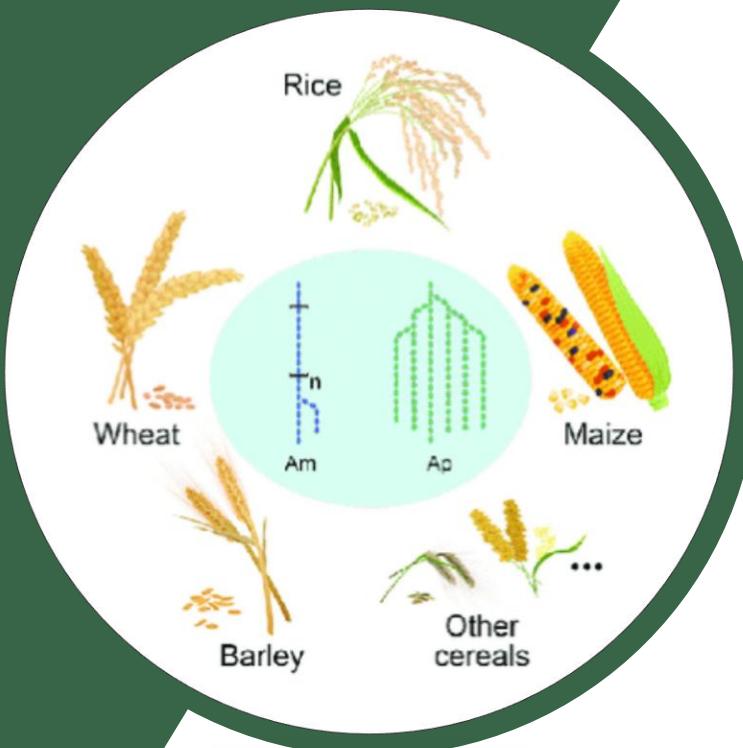
Modified starch have been widely use in food industrial

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%

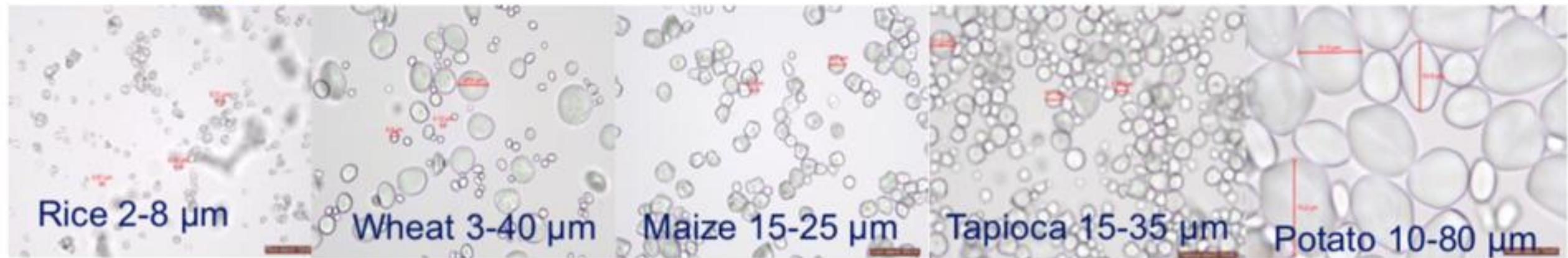
Waxy Starch 9%

Reduced-fat chicken sausage with native starch incorporation

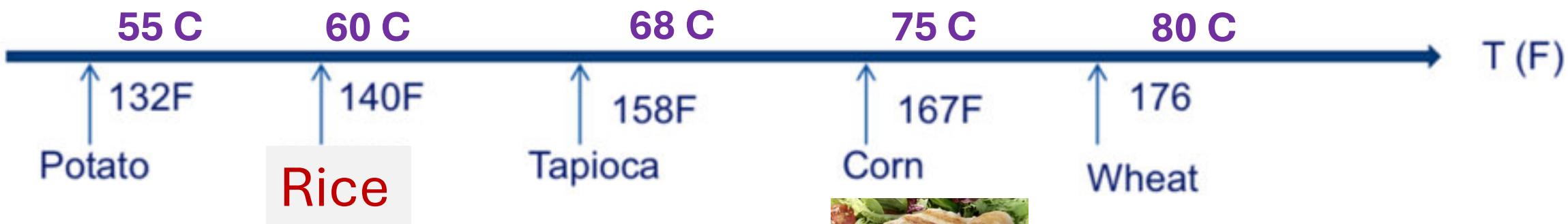
Kosim, Rumpagaporn and Vangnai* (2025)

Why rice starch should work ???

1. Small granules size !

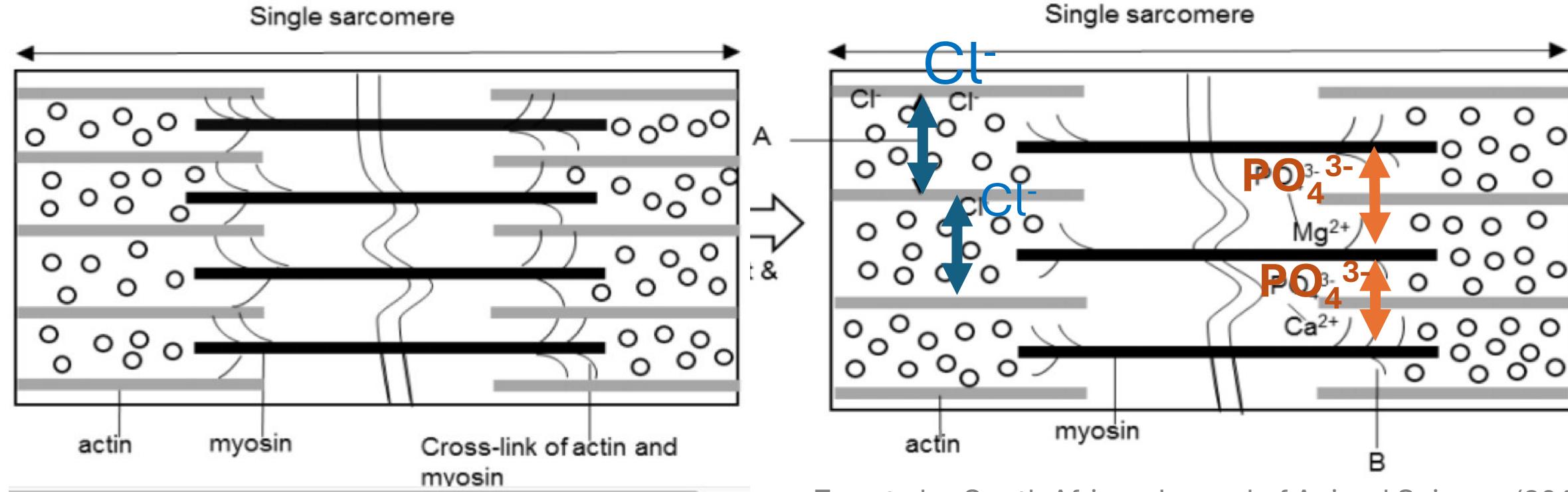


2. Low gelatinization temperature (F)



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 Ca^{2+} and Mg^{2+} in actin and myosin molecules

Meat Enhancement of salt and phosphate



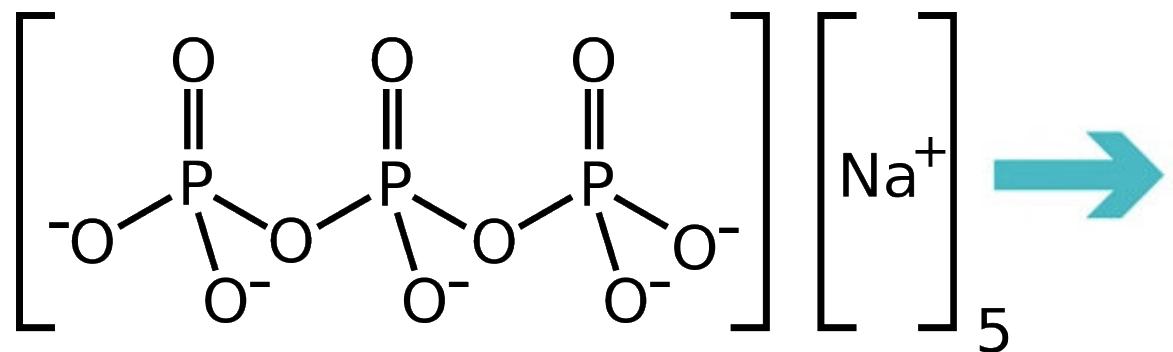
Water
Salt



Water
Salt
Phosphate

Phosphate

Non-clean label
ingredient



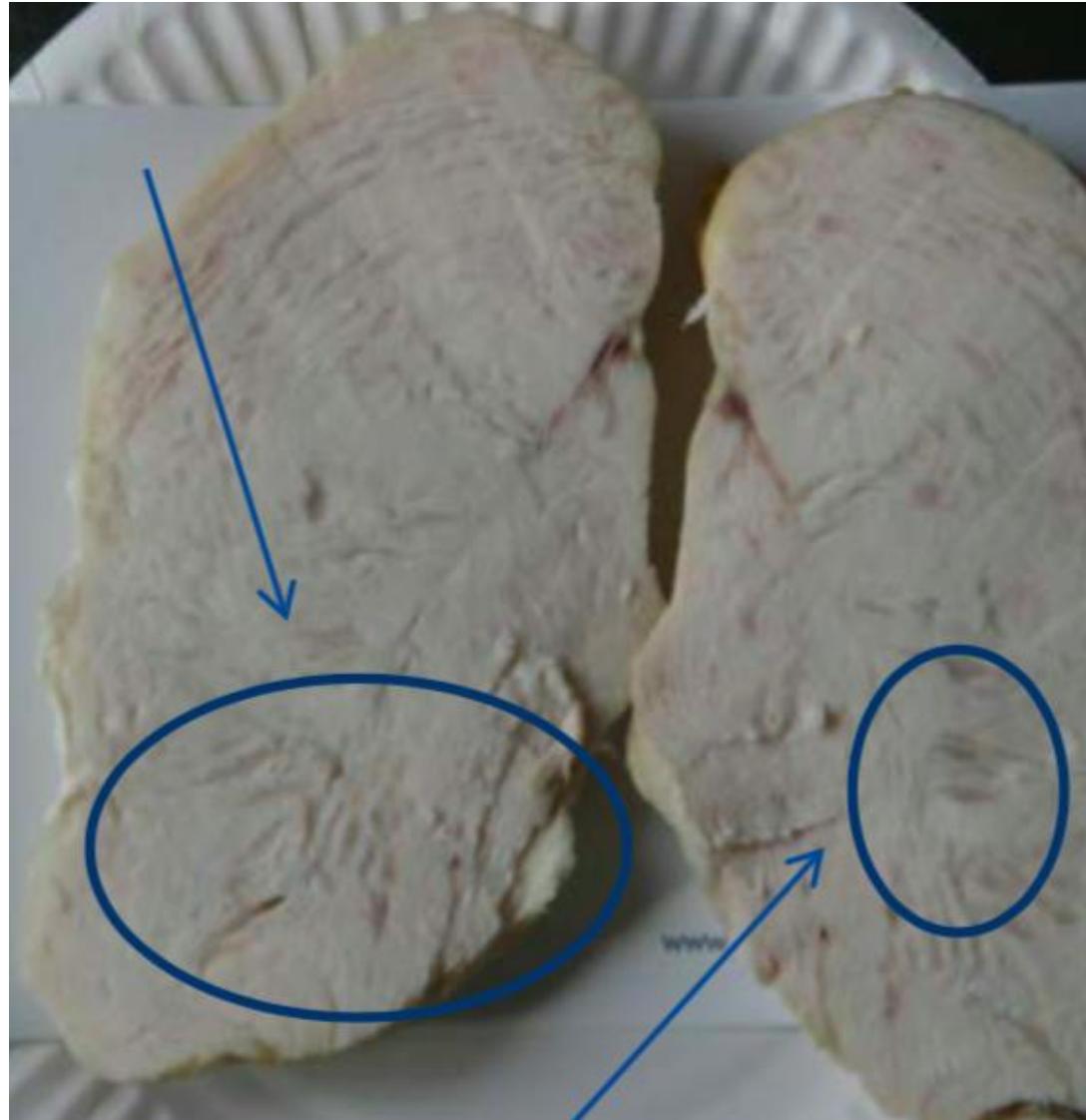
Sodium tripolyphosphate
(STPP)

Alternative natural
ingredient



- 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

SHARE

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.**



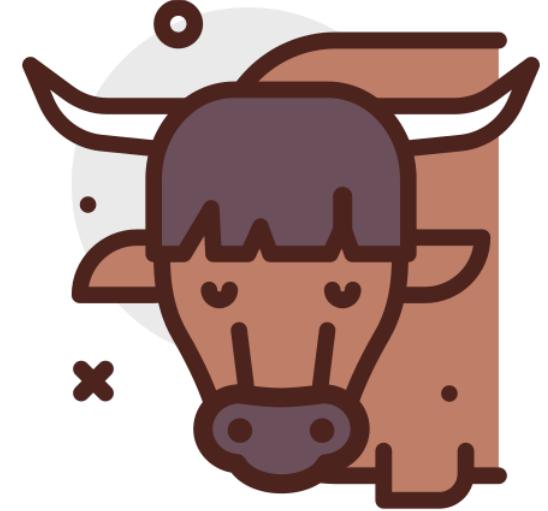
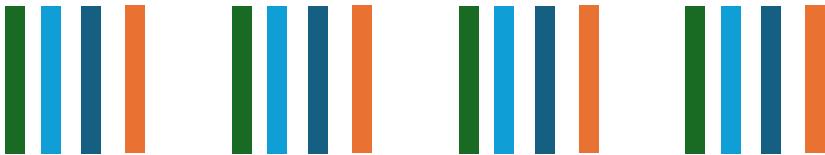
*Best Natural/Organic Winner
2015, Europe Innovation Awards*



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.



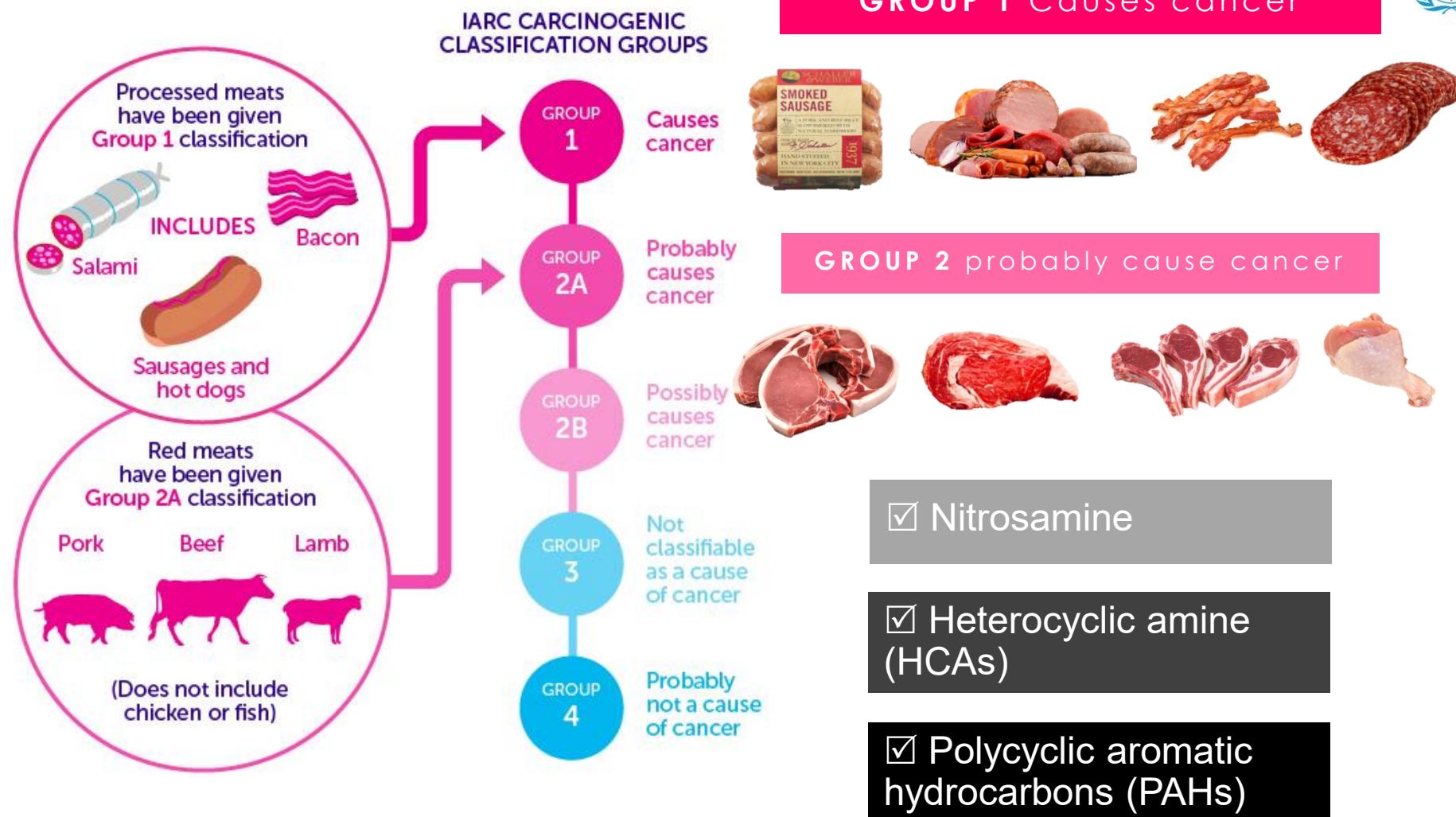


Healthy •

Safety • Sustainability

Processed meat and risk of cancers

International Agency
Research on Cancer



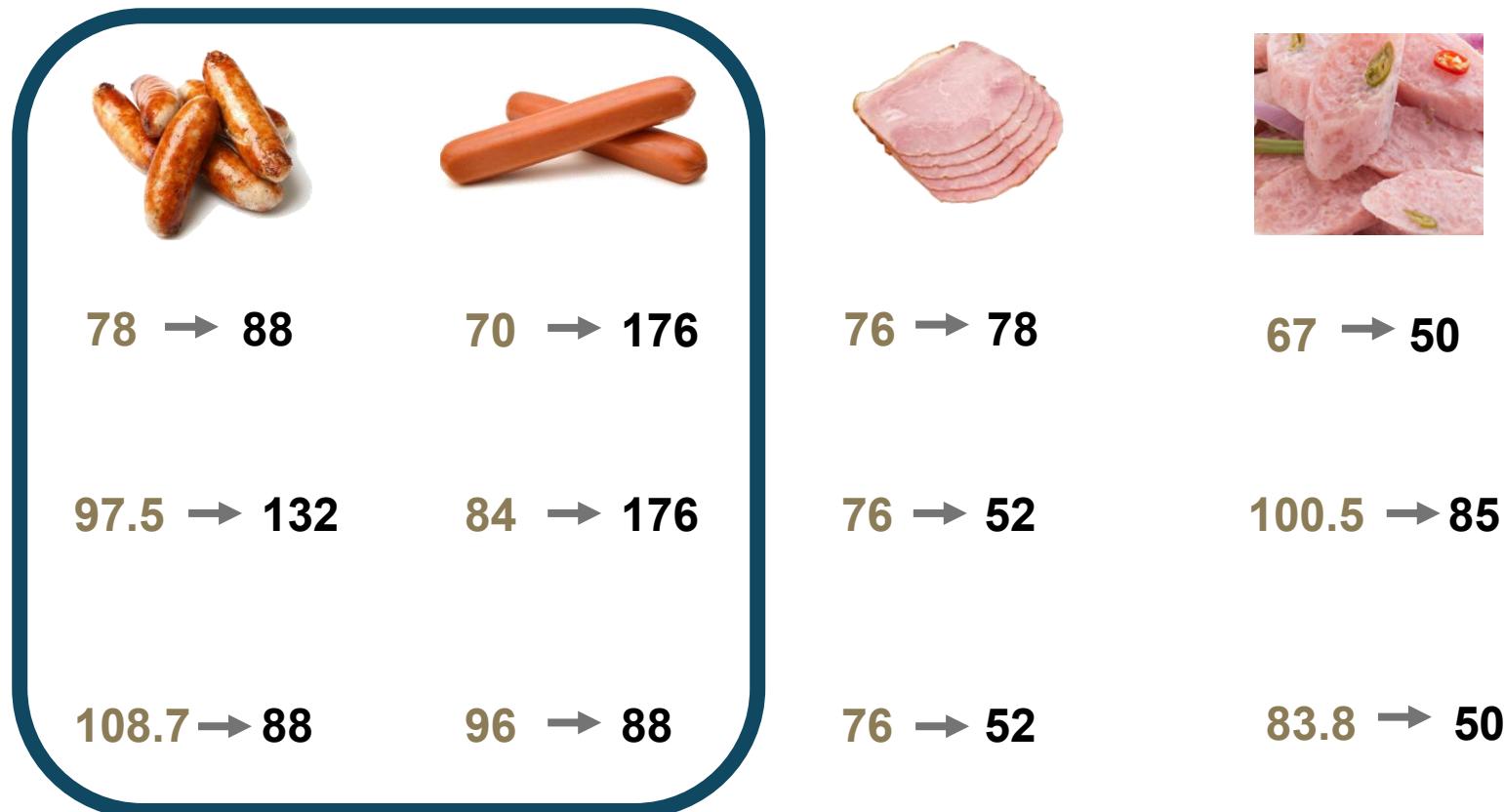
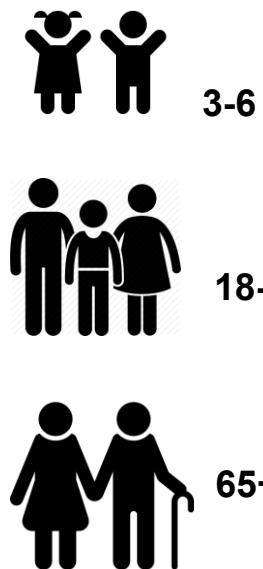


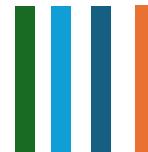
Food Consumption Data of Thailand (2016)

- Cured meat consumption levels
- Body weight of consumers

Unit: g/day

■ 2006
■ 2016





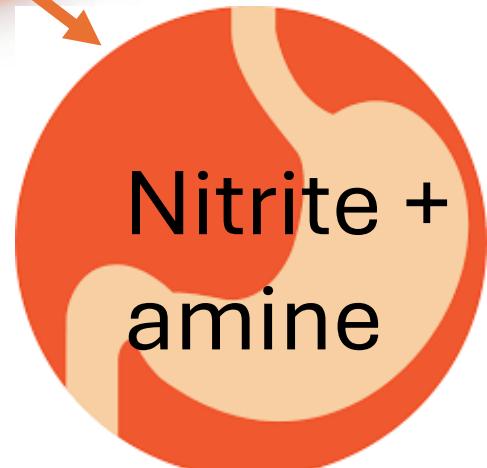
Safety concern of using nitrite

In food

Nitrite + amine  Nitrosamines

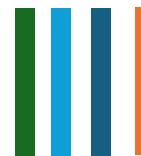


In our body



Nitrosamines

CANCER



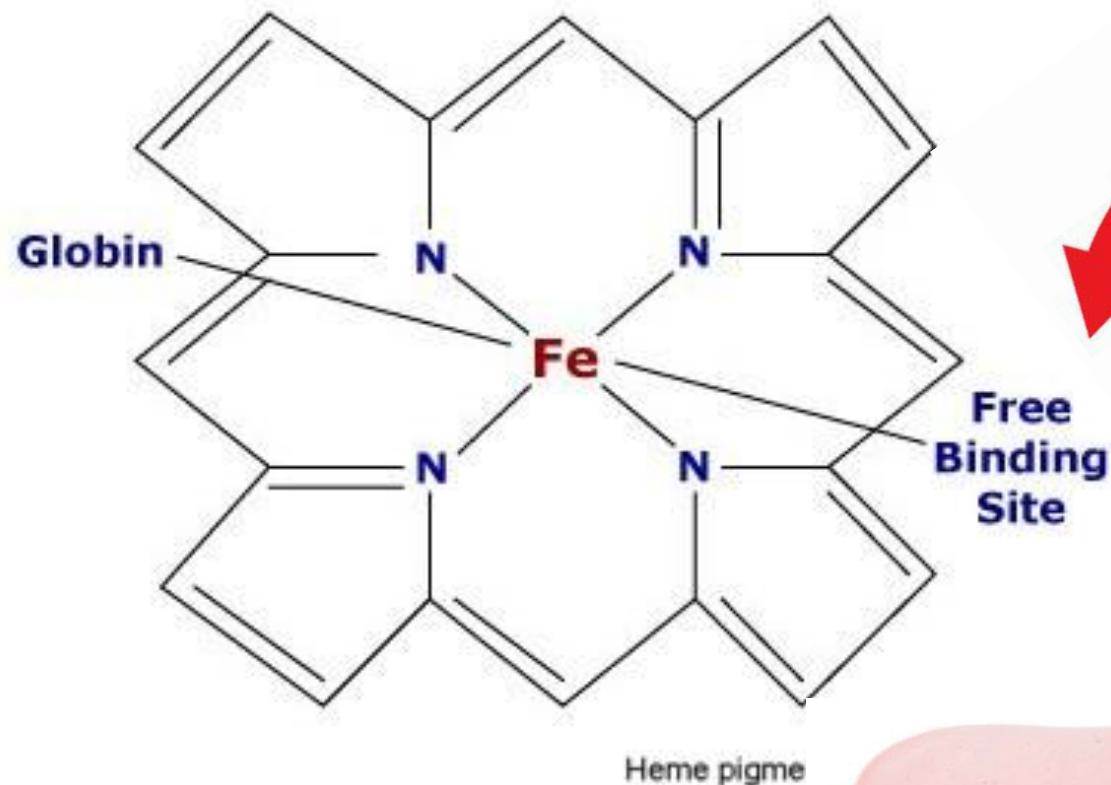
Curing agent (Nitrite)



- 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

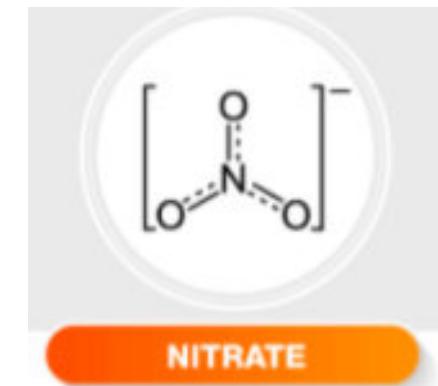
Stable pink cured color

Nitrite and Nitrate

Non-clean label
ingredient



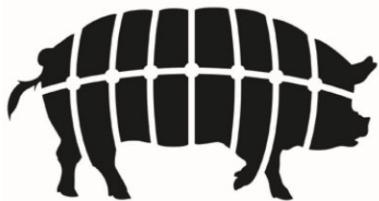
Alternative natural
ingredient



- Celery powder
- Celery extract
- Sea salt

Nitrate
reducing
bacteria

Nitrate reductase



Veg-Cure 508

Natural Celery-Derived Nitrite Cure

Ingredients	Ground Products	Whole Muscle	
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	This product has been manufactured to replace synthetically produced nitrites for the purpose of curing 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 hydroscopic, 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.

net wt.

()

LOT #:

Mfg. Date:

Ex. Date:

- Cultured celery powder
- Sea salt

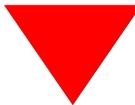


Processors are exploring "natural curing" products that are inherently sources of nitrites and nitrates. Celery powder eliminates the need for artificial curing agents.

The Limitation of Nitrite in Cured meat products

Ingoing nitrite ≤ 125 mg/kg

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



Residual nitrite ≤ 80 mg/kg

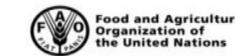
The Notification of Ministry of Public Health No.418 (2020)

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

Source : Ministry of Public Health (2020)

General Standard of Food Additives (GSFA)

C O D E X A L I M E N T A R I U S
INTERNATIONAL FOOD STANDARDS



E-mail: codex@fao.org - www.codexalimentarius.org

GENERAL STANDARD FOR FOOD ADDITIVES

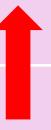
CODEX STAN 192-1995

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

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	
Children 	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)
Adults 	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

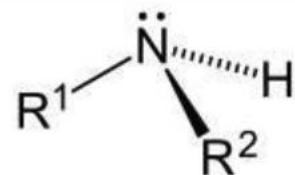


Children highly expose to nitrite

- high consumption level
- low body weight



How are nitrosamines formed in foods ?



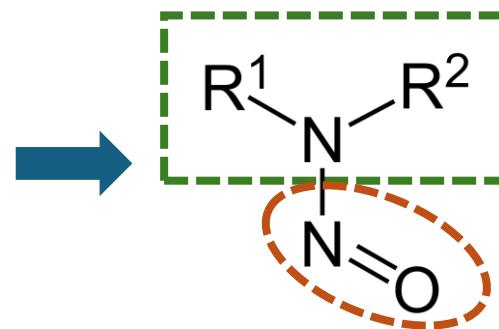
Secondary amine



Cured meat



Nitrite, nitric oxide



Nitrosamines



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



**POLYCYCLICAROMATIC
HYDROCARBONS
(PAHs)**

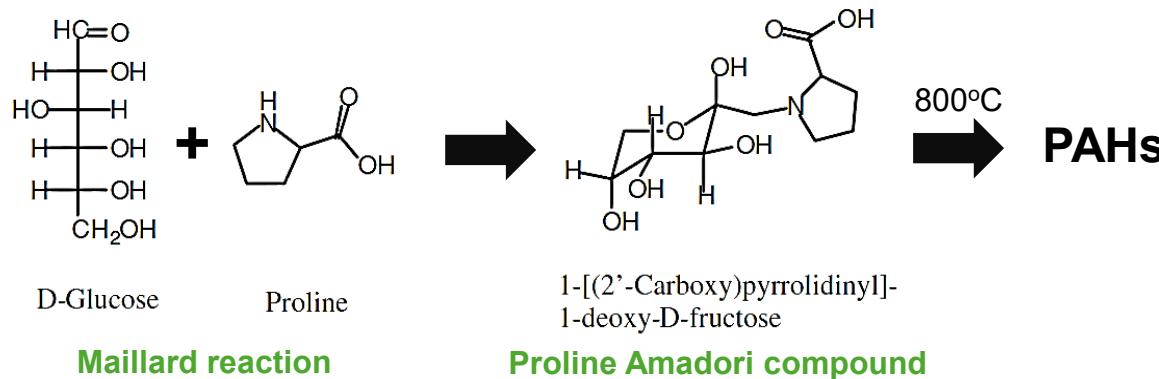
MECHANISM OF PAHs IN FOOD

Mechanism I

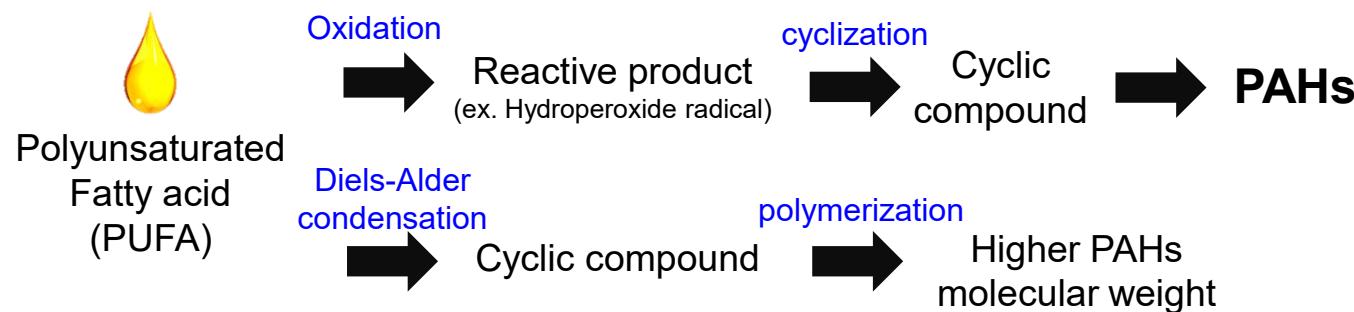
Viegas et al. (2014)



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)

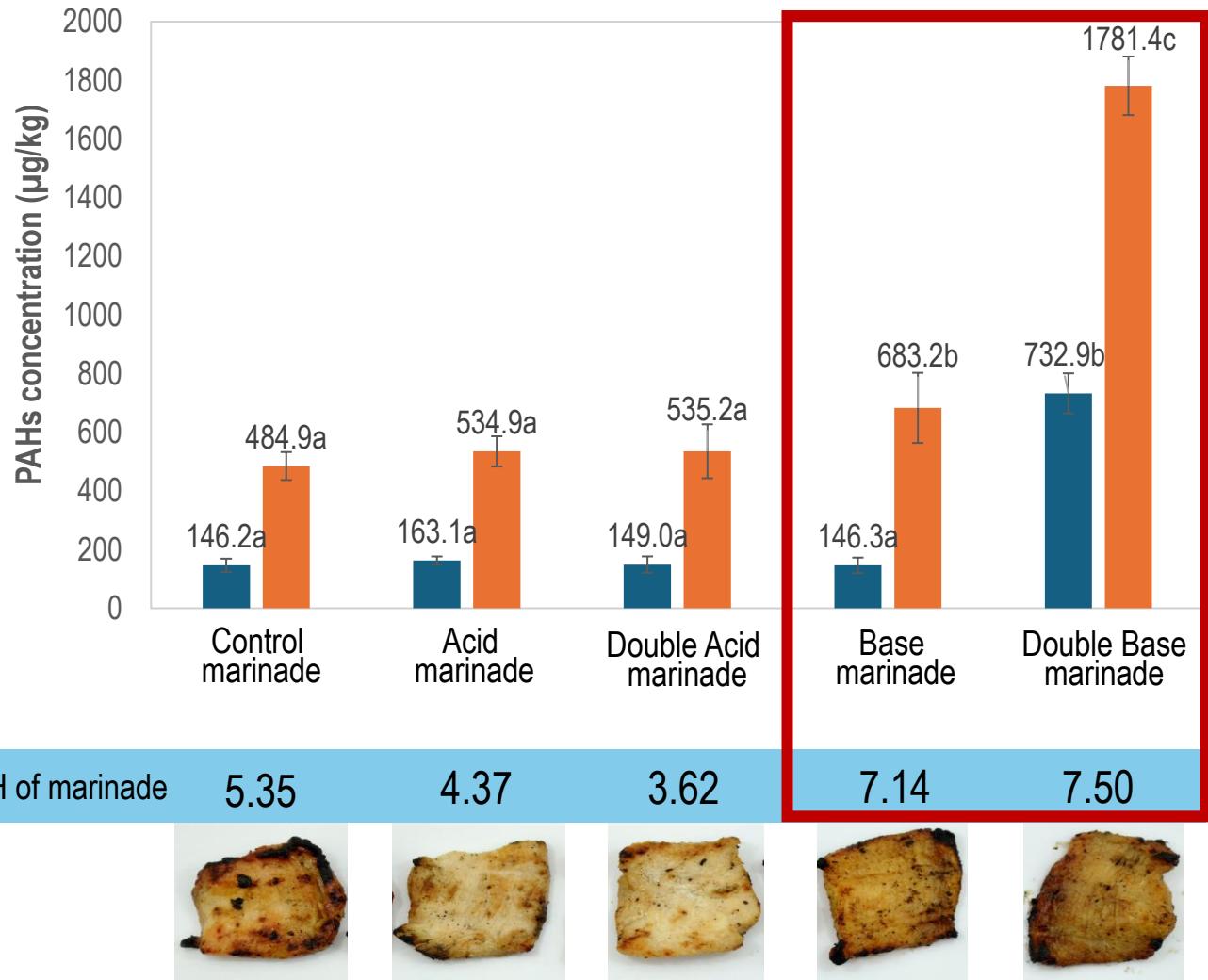
- 100 ppm
- 500 ppm

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



PAH4
PAH16

PAH4: BaA, Chry, BkF and BaP
PAH16: 16 PAHs



Wongmanepratip 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

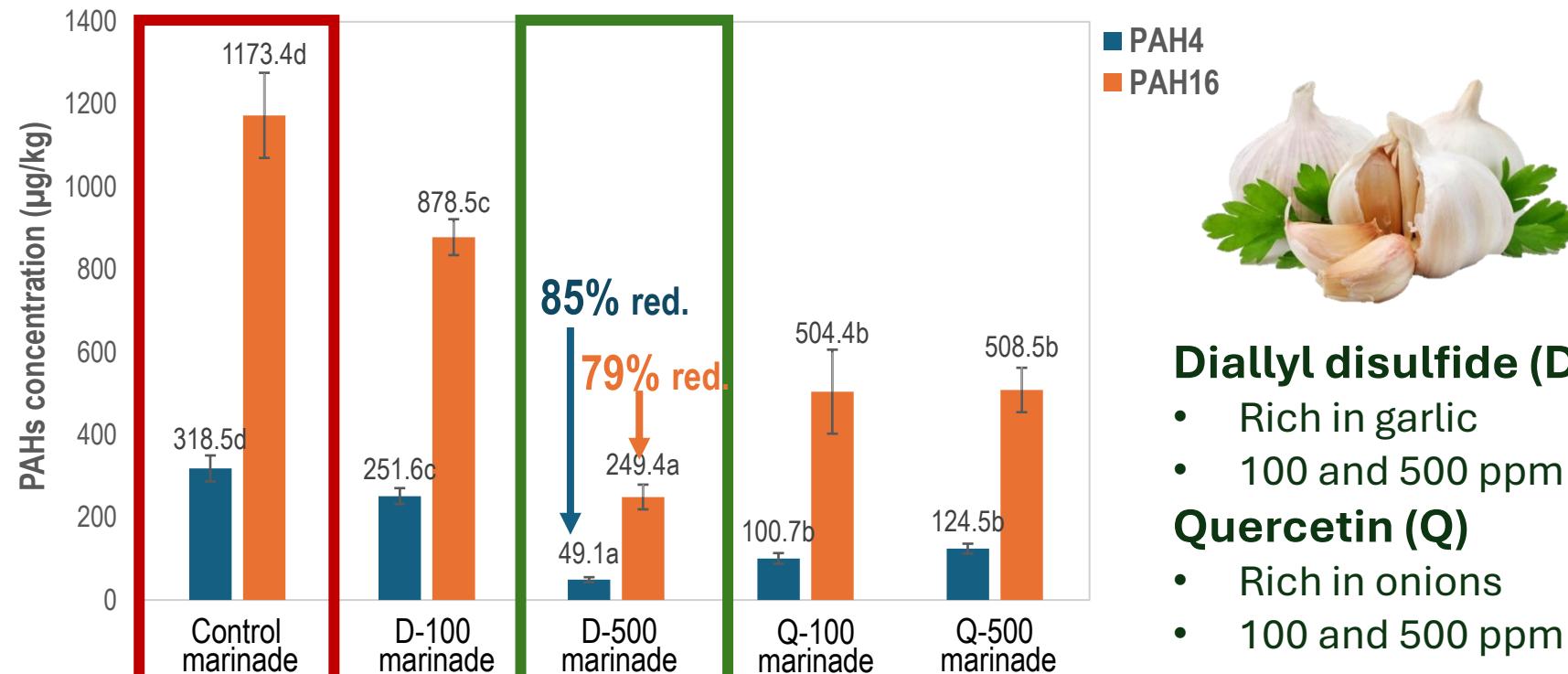
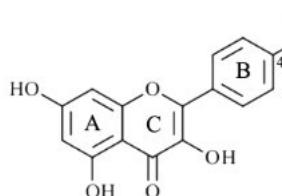


Figure. PAH4, PAH16 concentration of difference marinated meat samples

Wongmanepratip, 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.

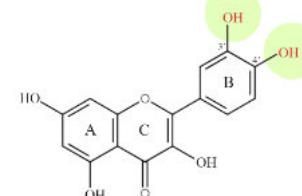
Precision safety

Kaempferol



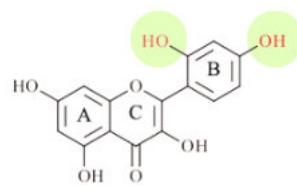
Flavonol

Quercetin



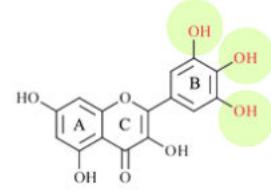
Flavonol

Morin



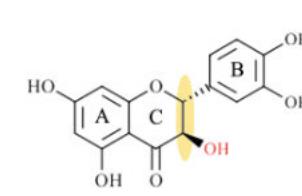
Flavonol

Myricetin



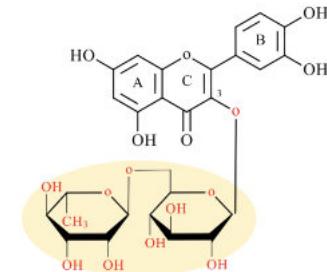
Flavonol

Taxifolin



Flavanonol

Rutin



Flavonol glycoside

Total PAH reduction

21%

18%

56%

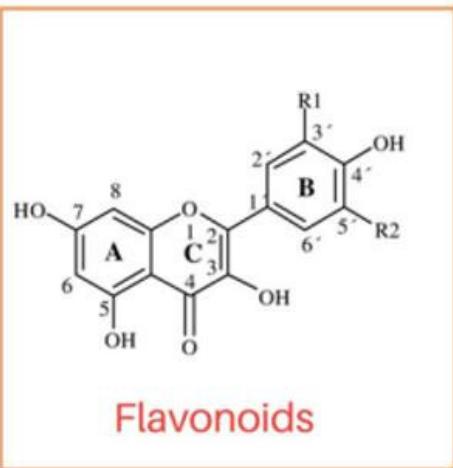
72%

30%

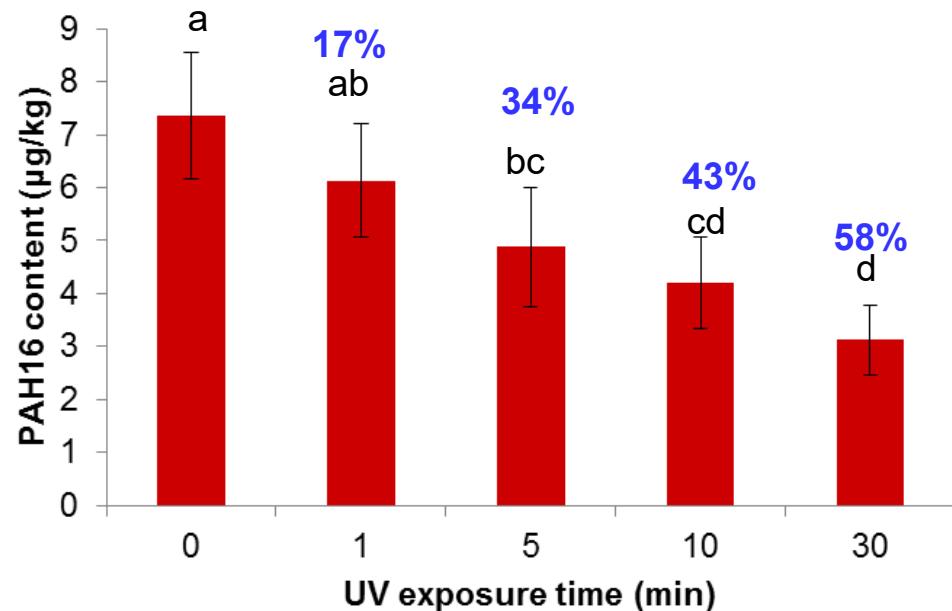
33%

- 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, Wongmanepratip, 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



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

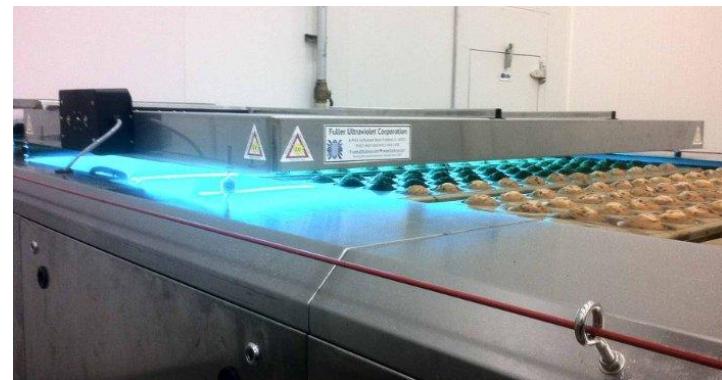
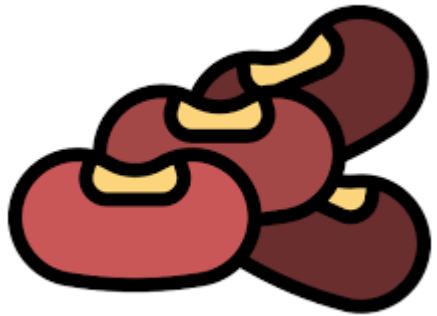


Figure Changes of PAH16 in UV-C treated and untreated smoked sausage.



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

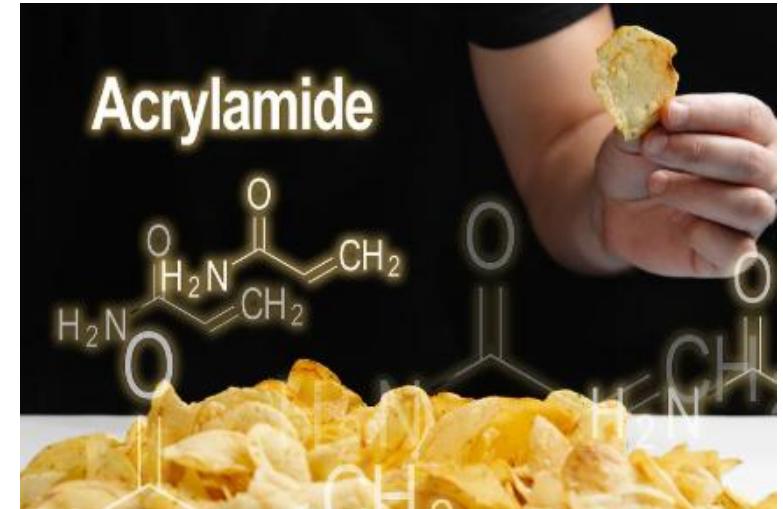
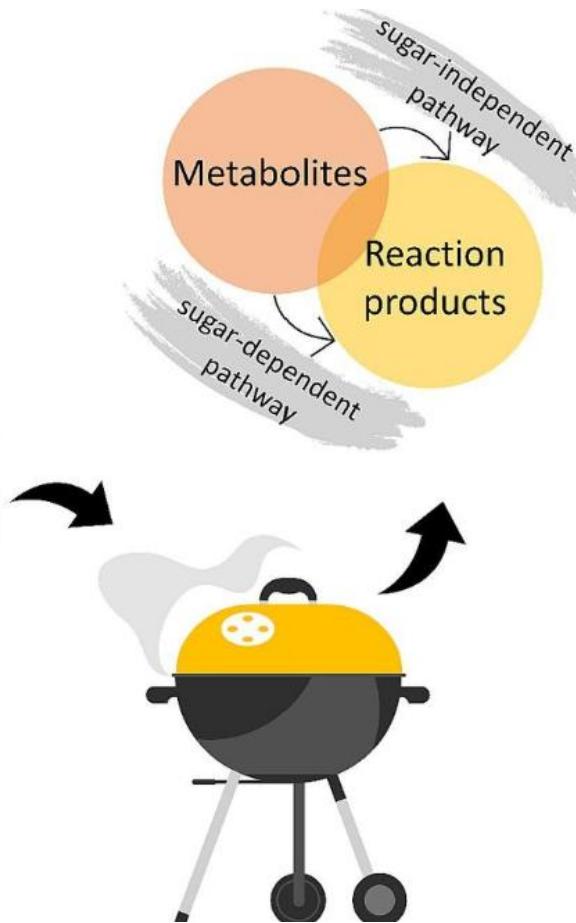
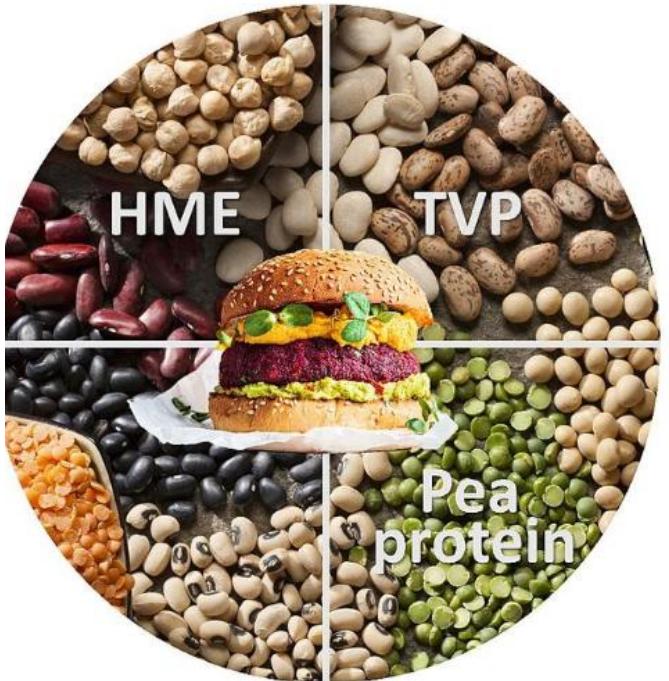
Burger Nutrition Comparison

					
Nutrition information serving size	Ground beef 80% lean, 20% fat (100 grams)	Beyond Burger (113 grams)	Impossible Burger (113 grams)	Morning Star Black Bean (67 grams)	Boca Burger (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

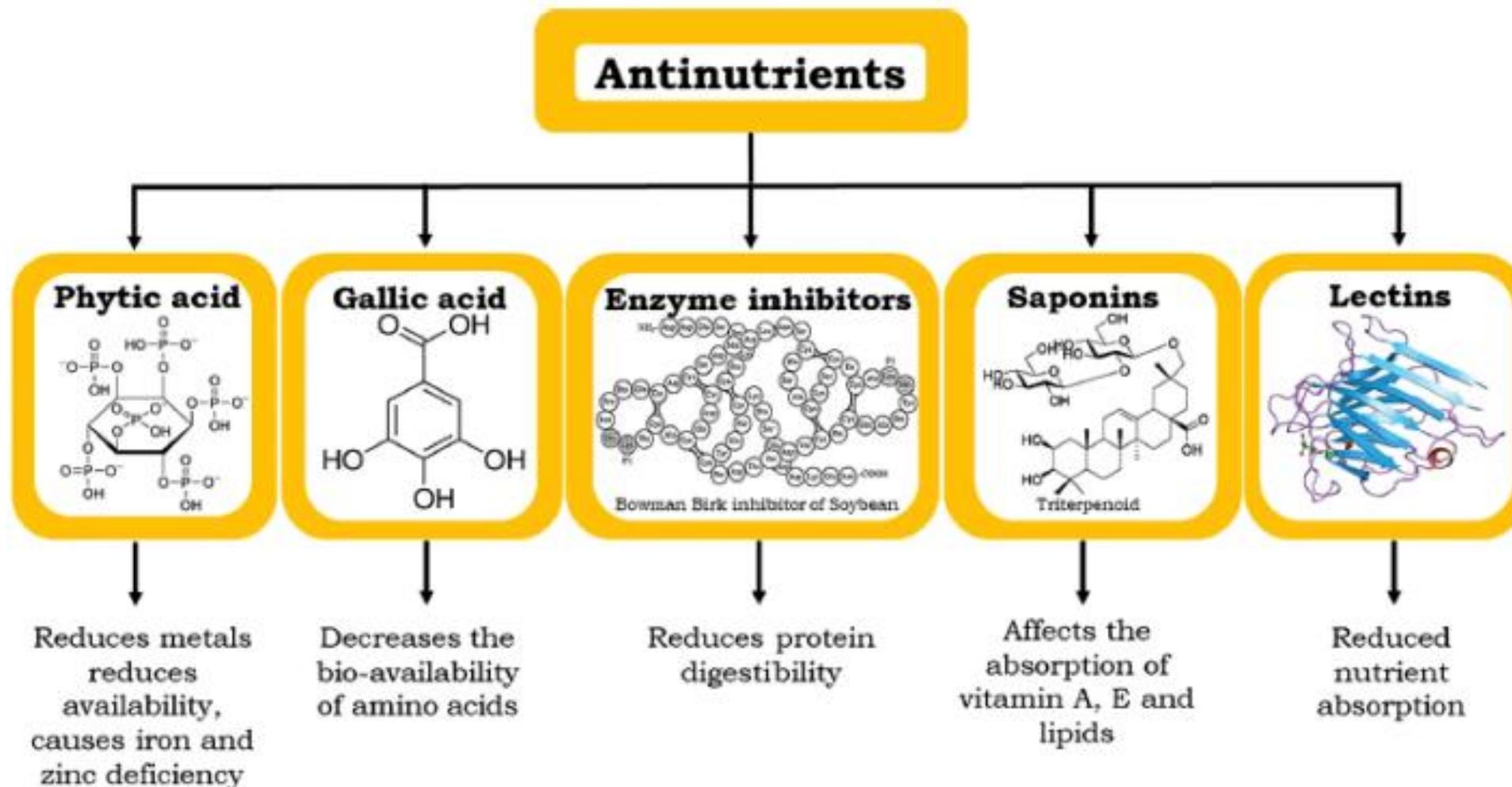
Image courtesy of AARP.

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

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







THANK YOU

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

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

Email: kanithaporn.v@ku.th

