

# เนื้อจากพืชในมุมมองของคุณภาพโปรตีนและการลดความเสี่ยงต่อการเกิดโรคไม่ติดต่อเรื้อรัง

วราลี จ้อยมาก

สาขาวิชามนุษยนิเวศศาสตร์ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช

## Plant-based Meat in Aspects of Protein Quality and Reducing the Risk of NCDs

Waralee Joymak

School of Human Ecology, Sukhothai Thammathirat Open University

Thai JPEN 2022;30(2):11-20.

### บทคัดย่อ

เนื้อจากพืชเป็นอาหารทางเลือกสำหรับผู้บริโภคที่ต้องการหลีกเลี่ยงเนื้อสัตว์จากประเด็นทางสุขภาพในการเพิ่มความเสี่ยงต่อการเกิดโรคต่าง ๆ เช่น โรคมะเร็ง โรคหัวใจและหลอดเลือด รวมไปถึงการควบคุมน้ำหนัก อย่างไรก็ตาม การศึกษาเรื่องคุณภาพโปรตีนของเนื้อจากพืช ซึ่งเป็นประเด็นสำคัญของการเป็นผลิตภัณฑ์ทดแทนเนื้อสัตว์ยังคงไม่มีข้อสรุปที่ชัดเจน บทความนี้จึงรวบรวมข้อมูลจากงานวิจัยต่าง ๆ เพื่อศึกษาคุณภาพของโปรตีนในเนื้อจากพืชและการนำไปใช้ประโยชน์เพื่อป้องกันโรคต่าง ๆ โดยพบว่า เนื้อจากพืชมีกรดอะมิโนจำเป็นที่ครบถ้วน และจัดเป็นโปรตีนคุณภาพดีตามมาตรฐานจากการวัดความสามารถในการย่อยและการดูดซึมโปรตีน เมื่อพิจารณาการบริโภคเนื้อจากพืชเพื่อป้องกันโรคมะเร็งแล้ว พบว่ายังไม่สามารถสรุปได้ชัดเจนเนื่องจากเลกฮีมโกลบินและองค์ประกอบอื่น ๆ เช่น ไขมัน ซึ่งเป็นปัจจัยเสี่ยงที่ก่อให้เกิดโรคมะเร็งได้ ซึ่งยังคงขาดข้อมูลทางการวิจัยมารองรับ แต่ในขณะเดียวกันการลดความเสี่ยงต่อการเกิดโรคหัวใจและหลอดเลือด รวมถึงการควบคุมน้ำหนักนั้นมีความเป็นไปได้ในทางบวก เนื่องจากมีใยอาหารเป็นส่วนประกอบ ซึ่งช่วยลดระดับคอเลสเตอรอลและช่วยเพิ่มความรู้สึกอิ่มให้อยู่ยาวนานขึ้น ท้ายที่สุดการบริโภคเนื้อจากพืชอาจเป็นประโยชน์ต่อสุขภาพ แต่ยังคงมีประเด็นการศึกษามากของผลิตภัณฑ์เนื้อจากพืชที่มีต่อโรคไม่ติดต่อเรื้อรังโดยตรงและเป็นที่ยอมรับต่อผู้บริโภคที่สามารถนำไปต่อยอดงานวิจัยและศึกษาเพิ่มเติมได้

### ABSTRACT

Plant-based meat (PBM) has become an alternative approach for some consumers who need to reduce negative health impacts from meat consumption including cancer, cardiovascular disease, not to mention the positive correlation to weight management. However, the major issue of PBM used as a meat

replacement is that a study about the quality of the protein consumed needs to be elucidated. With this purpose in mind, these findings revealed that PBM contained complete indispensable amino acids and was categorized as good protein by a dietary protein quality evaluation. However, PBM's effect on preventing cancer is still debatable because there is minimal data of its ingredient, leghemoglobin. On the other hand, the effects on cardiovascular protection and weight management tend to be positive, through the properties of fiber which can decrease serum cholesterol levels and promote satiety. In conclusion, PBM may have potential health benefits, but more evidence about the effects of PBM products on NCDs need to be clarified to make the final assumption.

**คำสำคัญ:** เนื่องจากพืช กรดอะมิโนจำเป็น คุณภาพโปรตีน โรคเมะเร็ง โรคหัวใจและหลอดเลือด การควบคุมน้ำหนัก  
**Keywords:** plant-based meat, amino acid, protein quality, cancer, cardiovascular disease, wight management

## บทนำ

กระแสของผลิตภัณฑ์อาหารในปี ค.ศ. 2021 เนื่องจากพืช ถือได้ว่าเป็นที่พูดถึงอย่างกว้างขวาง อีกทั้งเป็นที่นิยมในกลุ่มนักวิจัย ผู้ผลิตและผู้บริโภคในประเทศไทย ด้วยคุณประโยชน์ในเชิงสุขภาพ การตระหนักถึงปัญหาด้านสิ่งแวดล้อม สวัสดิภาพสัตว์ และข้อจำกัดในการบริโภคอาหารของผู้บริโภค ทำให้ผลิตภัณฑ์เนื่องจากพืชกลายเป็นทางเลือกที่ตอบสนองต่อความต้องการของผู้บริโภคในยุคใหม่

เนื่องจากพืช คือ อาหารที่มีลักษณะเนื้อสัมผัสและโครงสร้างคล้ายเนื้อสัตว์ แต่ผลิตหรือทดแทนบางส่วนด้วยโปรตีนจากพืช เช่น โปรตีนจากถั่ว ธัญชาติ (ข้าวเจ้า ข้าวสาลี ข้าวโพด ข้าวโอ๊ต ข้าวไรย์ ข้าวบาร์เลย์) สาหร่ายหรือเห็ด เป็นต้น มักนิยมใช้ในการบริโภคเพื่อทดแทนเนื้อสัตว์สำหรับผู้ที่มีข้อจำกัดในการบริโภคเนื้อ เช่น จากความเชื่อ ศาสนา หรือข้อจำกัดทางสุขภาพ เป็นต้น

เนื่องจากพืชเข้ามามีบทบาทในอุตสาหกรรมอาหารตั้งแต่ในอดีต โดยเริ่มจากการแปรรูปถั่วเหลืองกลายเป็นเต้าหู้ในประเทศจีน หลังจากนั้นถั่ว ธัญชาติ ถูกนำมาใช้ในการผลิตและปรับปรุงในรูปแบบของโปรตีนเกษตรหรือเนื้อเทียม (Textured vegetable protein) แต่พบว่า มีรสสัมผัสหยาบแห้ง และกลิ่นเฉพาะตัวจากวัตถุดิบ อีกทั้งยังมีคุณค่าทางโภชนาการที่ไม่สามารถเทียบเท่ากับเนื้อสัตว์ได้ ซึ่งทำให้ผู้บริโภคไม่ยอมรับและไม่เป็นที่นิยมในที่สุด<sup>2</sup> แต่ในปัจจุบัน พบว่า ธุรกิจเนื้อสัตว์กำลังเผชิญปัญหาในเรื่องของความมั่นคงทางอาหาร จากความ

ต้องการที่สูงขึ้นของผู้บริโภค อันเนื่องมาจากอัตราการเพิ่มขึ้นของประชากรส่งผลให้เกิดการบริโภคที่มากขึ้น ร่วมกับรายได้ที่สูงขึ้นของประชากร รองรับกับการเลือกซื้อผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ได้มากขึ้น<sup>3</sup> ซึ่งมีการคาดการณ์ไว้ว่า อัตราการบริโภคเนื้อสัตว์จะสูงขึ้นถึงร้อยละ 72 ในปี ค.ศ. 2030<sup>4</sup> แต่ในขณะเดียวกันพื้นที่ในการทำปศุสัตว์ลดลง เนื่องจากถูกใช้เป็นที่อยู่อาศัยมากขึ้น อีกทั้งปัญหาด้านสิ่งแวดล้อมอันเกิดจากการทำปศุสัตว์ก่อให้เกิดการผลิตก๊าซเรือนกระจก สาเหตุหนึ่งของการเกิดภาวะโลกร้อน จึงทำให้ผู้ผลิตเริ่มมองหาแนวทางเพื่อแก้ไขปัญหาเหล่านี้โดยการหาผลิตภัณฑ์โปรตีนทางเลือกที่ยั่งยืนสำหรับการทดแทนเนื้อสัตว์<sup>4</sup> การพัฒนาผลิตภัณฑ์เนื่องจากพืชจึงกลับมาเป็นที่นิยมอีกครั้งในกลุ่มนักวิจัยและผู้ผลิตโดยมุ่งเน้นการปรับปรุงคุณลักษณะเฉพาะให้มีความคล้ายคลึงกับเนื้อสัตว์จนได้เป็นเนื้อจากพืชที่มีสี กลิ่น รส และเนื้อสัมผัสอันเป็นที่ยอมรับจากผู้บริโภคในที่สุด

เหตุผลหลักของการบริโภคเนื้อสัตว์ คือ ความต้องการสารอาหารประเภทโปรตีนให้กับร่างกาย นักวิจัยและผู้ผลิตจึงจำเป็นต้องผลิตเนื่องจากพืชให้ได้คุณค่าทางโภชนาการที่ใกล้เคียงกับเนื้อสัตว์ให้มากที่สุด การเลือกใช้อาหารในกลุ่มถั่ว ธัญชาติ ซึ่งเป็นแหล่งโปรตีนที่สำคัญจากพืชและอุดมไปด้วยสารอาหารที่มีประโยชน์ต่อร่างกายดังตารางที่ 1 ช่วยให้ผู้ผลิตเนื่องจากพืชสามารถให้โปรตีนแก่ผู้บริโภคได้ แต่คุณภาพของโปรตีนนั้นอาจจะไม่เพียงพอต่อความต้องการของร่างกายอย่างแท้จริง อีกทั้งพบว่า เนื่องจากพืชมีราคา

ค่อนข้างสูงทำให้ผู้บริโภคไม่สามารถเข้าถึงได้ทุกกลุ่ม แต่อย่างไรก็ตามกลับพบว่า ถึงแม้เนื้อจากสัตว์และเนื้อจากพืชจะมีมูลค่าเท่ากัน ผู้บริโภคมากกว่าร้อยละ 60 ยังคงตัดสินใจเลือกบริโภคเนื้อสัตว์ เนื่องจากความไม่คุ้นเคยของรสชาติและเนื้อสัมผัส<sup>5,6</sup> จึงทำให้นักวิจัยหันมาใส่ใจประเด็นคุณภาพของโปรตีนในเนื้อจากพืช<sup>7</sup> ด้วยประโยชน์จากส่วนประกอบของเนื้อจากพืชและกระแสการรักษาสภาพในยุคปัจจุบัน พร้อมกับมีการรายงานผลประโยชน์ต่อสุขภาพ จากงานวิจัยได้มีการกล่าว

ถึงการบริโภคเนื้อสัตว์เป็นปัจจัยที่ก่อให้เกิดโรคต่าง ๆ เช่น โรคมะเร็ง โรคหัวใจและหลอดเลือด โรคอ้วน เป็นต้น การลดปริมาณการบริโภคเนื้อสัตว์จึงเป็นหนึ่งในวิธีที่ช่วยป้องกันความเสี่ยงที่อาจเกิดขึ้นได้ ทำให้ผู้บริโภคทั่วไปที่ไม่ได้มีข้อจำกัดด้านการบริโภคอาหารสนใจในเนื้อจากพืชมากขึ้น เพื่อใช้เป็นอาหารทางเลือกเพื่อสุขภาพ<sup>8</sup> และการพัฒนาผลิตภัณฑ์ที่เป็นที่ยอมรับต่อผู้บริโภคมมากขึ้น

**ตารางที่ 1** คุณค่าทางโภชนาการของผลิตภัณฑ์โปรตีนเกษตร เนื้ออบและเนื้ออบจากพืช (ต่อ 100 กรัม)<sup>9-11</sup>

สารอาหาร	ชนิดผลิตภัณฑ์ (ต่อ 100 กรัม)		
	โปรตีนเกษตร	เนื้ออบ	เนื้ออบจากพืช
พลังงาน (แคลอรี)	327	247	140
โปรตีน (กรัม)	51	17	11
ไขมันทั้งหมด (กรัม)	1.2	19	7
ไขมันอิ่มตัว (กรัม)	0.1	7.3	1
คอเลสเตอรอล (มิลลิกรัม)	0	71	0
โซเดียม (มิลลิกรัม)	20	66	210
คาร์โบไฮเดรต (กรัม)	34	0	9
ใยอาหาร (กรัม)	18	0	5
น้ำตาล (กรัม)	16	0	2

อย่างไรก็ตามพบว่า ในบทบาทของการเป็นผลิตภัณฑ์เพื่อทดแทนเนื้อสัตว์ยังคงมีประเด็นที่คลุมเครือและควรศึกษาเพิ่มเติมในเรื่องของคุณภาพโปรตีนและกรดอะมิโนจำเป็น รวมถึงการนำไปใช้เพื่อประโยชน์ทางสุขภาพในโรคต่าง ๆ บทความฉบับนี้จึงจัดทำขึ้นเพื่อรวบรวมข้อมูลจากงานวิจัยอื่น ๆ ที่ศึกษาเกี่ยวกับการวิเคราะห์คุณภาพของโปรตีนของเนื้อจากพืช รวมถึงรายงานวิจัยการศึกษาและหลักการที่เป็นไปได้จากการใช้เนื้อจากพืชเป็นผลิตภัณฑ์ทดแทนเนื้อสัตว์ในการป้องกันโรคต่าง ๆ

### เนื้อจากพืชและคุณภาพของโปรตีน

เนื้อสัตว์ เป็นสารอาหารหลักที่สำคัญของมนุษย์ ถือเป็นแหล่งโปรตีนที่สำคัญ โดยมีหน่วยย่อยที่สุด คือ กรดอะมิโน ซึ่งมีกรดอะมิโนที่สำคัญต่อร่างกาย คือ กรดอะมิโนจำเป็น 9

ชนิด ประกอบด้วย ฮิสทีดีน ไอโซลิวซีน ลิวซีน โลซีน เมไทโอนีน ฟีนอลอะลานีน ทรีโพรทอน ทรีโอนีน และวาเลีน ซึ่งร่างกายไม่สามารถสังเคราะห์เอง ต้องได้รับการบริโภคอาหารเท่านั้น ในอาหารประเภทเนื้อสัตว์ นม ไข่ มักจะมีกรดอะมิโนจำเป็นครบถ้วนเพียงพอกับความต้องการของร่างกาย ในทางตรงกันข้ามนั้น อาหารในกลุ่มพืช ถั่ว ธัญชาติมักมีกรดอะมิโนจำเป็นที่ไม่ครบถ้วน<sup>12</sup> จึงเป็นหนึ่งในปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อ การตัดสินใจบริโภคสินค้าประเภทเนื้อจากพืช ผู้ผลิตแก้ไขโดยการเลือกใช้วัตถุดิบที่หลากหลายมาผสมรวมกัน เพื่อทดแทนกรดอะมิโนที่ขาดหายจากวัตถุดิบแต่ละชนิด หรือการสกัดนำส่วนโปรตีนเข้มข้นมาใช้เพื่อให้กรดอะมิโนจำเป็นที่ขาดหายไป ทำให้ผลิตภัณฑ์มีกรดอะมิโนจำเป็นที่ครบถ้วน<sup>13</sup> ดังตารางที่ 2 โดยพบว่า ส่วนประกอบที่นิยมใช้ในการผลิตเนื้อจากพืช คือ กลุ่มถั่วเหลือง ได้แก่ สารสกัดถั่วเหลือง และสารสกัดถั่วเหลือง

ตารางที่ 2 ปริมาณกรดอะมิโนจำเป็น (กรัม/100 กรัม) ของแหล่งอาหารชนิดต่างๆ<sup>12</sup>

กรดอะมิโน จำเป็น	ปริมาณที่ ควรได้รับ (กรัม)	*ปริมาณกรดอะมิโนจำเป็น (กรัม/100 กรัม) ของแหล่งอาหารชนิดต่างๆ									
		ไข่	เนื้อวัว	นม	ถั่วเหลือง สกัด	ถั่วเหลือง เข้มข้น	แป้งถั่วเหลือง สกัดไขมัน	แป้งสาลี	เมล็ดถั่ว	เมล็ด ทานตะวัน	แป้งถั่วลิสง ไขมันต่ำ
ฮิสทีดีน	0.7	1.202	0.699	0.714	2.303	1.578	1.268	1.4	0.586	0.632	0.854
ไอโซลิวซีน	1.4	2.434	0.997	1.592	4.253	2.942	2.281	2.0	0.983	1.139	1.188
ลิวซีน	2.73	4.15	1.743	2.578	6.783	4.917	3.828	5.0	1.68	1.659	2.191
ไลซีน	2.1	3.339	1.852	2.087	5.327	3.929	3.129	1.1	1.771	0.937	1.213
เมไทโอนีน	1.05**	1.495	0.571	0.66	1.13	0.814	0.634	0.7	0.195	0.494	0.415
ฟีนิลอะลานีน	1.75**	2.53	0.865	1.271	4.593	3.278	2.453	3.7	1.151	1.169	1.752
ทริปโตเฟน	0.28	0.775	0.144	0.371	1.116	0.835	0.683	ไม่ได้วัด	0.159	0.348	0.328
ธรีโอนีน	1.05	2.129	0.875	1.188	3.137	2.474	2.042	1.8	0.813	0.928	1.158
วาเลีน	1.82	2.991	1.087	1.762	4.098	3.064	2.346	2.3	1.035	1.315	1.418

\* ปริมาณสารอาหารที่แนะนำให้บริโภคในแต่ละวันสำหรับคนปกติเพศชาย น้ำหนักตัว 70 กิโลกรัม

\*\* รายงานค่าเป็นผลรวมระหว่าง ซิสเตอีนกับเมไทโอนีน และ ฟีนิลอะลานีนกับไทโรซีน

เข้มข้น กลุ่มธัญชาติ ได้แก่ ข้าว บาร์เลย์ และโอ๊ต กลุ่มถั่ว ได้แก่ ถั่วลันเตา ถั่วเลนทิล ถั่วลูนิน และถั่วลูกไก่ เป็นต้น และกลุ่มโปรตีนทางเลือกจากจุลินทรีย์จำพวกเชื้อรา (mycoprotein)<sup>14</sup>

ทั้งนี้ นอกจากการวิเคราะห์ความครบถ้วนของชนิดกรดอะมิโนจำเป็นแล้ว การวัดคุณภาพของโปรตีนนั้นยังสามารถใช้การวัดความสามารถในการย่อยโปรตีน (protein digestibility corrected amino acid score, PDCAAs) เป็นตัวชี้วัดได้อีกด้วย ซึ่งคือค่าความสามารถในการย่อยโปรตีนเพื่อให้ได้กรดอะมิโน แล้วนำไปใช้ประโยชน์ต่อในร่างกาย โดยขึ้นอยู่กับโปรไฟล์กรดอะมิโน (amino profile) ของโปรตีนในอาหารเปรียบเทียบกับค่าอ้างอิงมาตรฐานได้เป็นค่า amino acid score แล้วนำไปคำนวณกับความสามารถในการย่อยโปรตีนที่แท้จริง จึงได้เป็นค่า PDCAAs<sup>15</sup> โดยกำหนดค่าชี้วัดคุณภาพของโปรตีนที่สามารถให้กรดอะมิโนจำเป็นเพียงพอกับความต้องการของร่างกายมีค่าเท่ากับ 1.0 หรือโปรตีนตัวอย่างสามารถให้กรดอะมิโนที่จำเป็นต่อร่างกายร้อยละ 100 มักพบได้ในอาหารประเภทนม ไข่ เนื้อสัตว์ มีอาหารกลุ่มพืช ถั่ว ธัญพืชบางชนิดเท่านั้นที่แสดงค่า PDCAAs ใกล้เคียงค่ามาตรฐาน ได้แก่ ถั่วเหลือง ถั่วลันเตา ถั่วเลนทิล และบาร์เลย์ เป็นต้น<sup>16</sup>

อย่างไรก็ดี พบว่า ค่า PDCAAs ไม่ได้เป็นตัวบ่งชี้ที่

ชัดเจน เนื่องจากค่าที่คำนวณออกมาได้นั้นไม่สะท้อนถึงการย่อยในบริเวณลำไส้เล็กและการดูดซึมเข้าสู่ร่างกาย เพราะใช้การเก็บตัวอย่างจากการย่อยที่แท้จริงด้วยการตรวจปริมาณไนโตรเจนจากอุจจาระ ซึ่งอาจถูกรบกวนได้จากปัจจัยอื่นๆ เช่น จากสารต้านโภชนาการหรือจากการย่อยสลายโดยแบคทีเรียในลำไส้ใหญ่ เป็นต้น<sup>17</sup> ทำให้ค่าที่ได้สูงเกินความเป็นจริง ในปี ค.ศ. 2013 องค์การอาหารและการเกษตรแห่งสหประชาชาติ (The Food and Agriculture Organization of the United Nations, FAO) จึงประกาศวิธีการคำนวณ amino acid score รูปแบบใหม่ คือ ค่า digestible indispensable amino acid score (DIAAs) ที่แสดงถึงความสามารถในการดูดซึมกรดอะมิโนที่ลำไส้เล็กส่วนปลายที่สะท้อนให้เห็นค่าความเป็นจริงมากกว่า โดยแสดงผลในรูปของร้อยละ ทั้งนี้ FAO ได้กำหนดค่ามาตรฐานของ DIAAs เพื่อระบุคุณภาพของโปรตีนไว้คือ โปรตีนคุณภาพดีเยี่ยม/สูง (excellent/high) มีค่ามากกว่าหรือเท่ากับร้อยละ 100 โปรตีนคุณภาพดี/แหล่งของโปรตีน (good/source) มีค่าร้อยละ 75-99<sup>18</sup> เมื่อพิจารณาค่า DIAAs จากส่วนประกอบของเนื้อจากพืช ดังตารางที่ 3 แล้วพบว่า มีเพียงถั่วเหลือง และถั่วเลนทิลเท่านั้นที่จัดเป็นโปรตีนคุณภาพดีเพียงพอกับความต้องการของร่างกาย ดังนั้น เมื่อพิจารณาโดยรวมแล้วในแง่ความครบถ้วนของกรดอะมิโนจำเป็น

ตารางที่ 3 คุณภาพโปรตีนของอาหารชนิดต่างๆ<sup>16</sup>

ชนิดอาหาร	ค่า PDCAAs*	ค่า DIAAs**
นม	1.00	1.08
เวย์	1.00	0.90
ถั่วเหลือง	1.00	0.92
มันฝรั่ง	1.00	0.85
ถั่วลันเตา	0.91	0.66
ถั่วเลนทิล	0.80	0.75
บาร์เลย์	0.76	0.50
ถั่วแดง	0.74	0.61
ถั่วลูกไก่	0.71	0.69
ถั่วปินโต	0.66	ไม่มีข้อมูล
ข้าว	0.64	0.52
ข้าวโอ๊ต	0.62	0.44
ข้าวสาลี	0.54	0.39

DIAAs; digestible indispensable amino acid score, PDCAAs, protein digestibility corrected amino acid score

\*FAO FN Paper 92 2011, ages 0.5-3 year, AA ref standard (mg/g protein)

\*\*FAO FN Paper 92 2011, older child, adolescent, adult, AA ref standard (mg/g protein)

และคุณภาพของโปรตีนจากค่า PDCAAs และค่า DIAAs จะเห็นได้ชัดว่าเนื้อจากพืชมีความครบถ้วนของกรดอะมิโน แต่เมื่อพิจารณาคุณภาพจากการย่อยและการดูดซึมกรดอะมิโนนั้นอาจจะไม่เพียงพอกับความต้องการของร่างกาย ทว่าผลวิจัยนี้เป็นกรณีวิเคราะห์โดยข้อมูลของวัตถุดิบแต่ละชนิดที่เป็นส่วนประกอบของเนื้อจากพืช อาจมีปัจจัยรบกวนจากสารต้านโภชนาการที่ส่งผลต่อการย่อยและการดูดซึม เช่น ทริปซิน และสารยับยั้งเอนไซม์โปรทีเอส เป็นต้น<sup>17</sup> ในขณะเดียวกันมีผลการวิจัยในรูปแบบของผลิตภัณฑ์เนื้อจากพืชพบว่า ผลิตภัณฑ์แปรรูปเบอร์เกอร์จากพืชมีค่า DIAAs มากกว่าร้อยละ 80 จัดเป็นโปรตีนคุณภาพดีถึงดีเยี่ยม<sup>19</sup> ทั้งนี้ อาจเพราะผลิตภัณฑ์มีการผ่านกระบวนการต่างๆ ซึ่งอาจส่งผลให้เกิดการยับยั้งสารต้านโภชนาการ ทำให้เกิดการระบวนการย่อยและดูดซึมได้ดียิ่งขึ้น<sup>16</sup> แต่ในปัจจุบันผลิตภัณฑ์เนื้อจากพืชมีหลากหลายรูปแบบ และส่วนประกอบที่แตกต่างกันออกไป ในงานวิจัยที่ได้กล่าวถึงเป็นเพียงแค่กลุ่มตัวอย่างขนาดเล็ก จึงยังคงเป็นประเด็นที่ควรมีการศึกษาและวิจัยเพิ่มเติม

## เนื้อจากพืชและบทบาทในการบริโภคเพื่อลดความเสี่ยงในการเกิดโรค

แม้ว่าเนื้อสัตว์จัดเป็นแหล่งอาหารที่ให้สารอาหารประเภทโปรตีนที่มีคุณภาพสูง และให้สารอาหารที่จำเป็นต่อร่างกาย ทว่าการบริโภคเนื้อแดงและผลิตภัณฑ์แปรรูปจากเนื้อสัตว์เป็นสาเหตุหนึ่ง que เพิ่มความเสี่ยงต่อการเกิดโรคเรื้อรัง เช่น โรคมะเร็ง โรคหัวใจและหลอดเลือด และภาวะน้ำหนักตัวเกิน<sup>20-22</sup> อีกทั้งยังมีรายงานผลถึงความสัมพันธ์ของการบริโภคเนื้อแดงและผลิตภัณฑ์เนื้อแปรรูปกับอัตราการเสียชีวิตที่สูงขึ้นด้วย<sup>23</sup> ดังนั้น นักวิจัยและผู้บริโภคที่มีความใส่ใจต่อสุขภาพจึงมีความสนใจในการเลือกใช้เนื้อจากพืช เพื่อป้องกันความเสี่ยงต่อการเกิดโรค<sup>24</sup>

## บทบาทของเนื้อจากพืชกับโรคมะเร็ง

กองทุนวิจัยมะเร็งโลก (World Cancer Research Fund, WCRF) ได้รายงานความสัมพันธ์ระหว่างอาหารโภชนาการ และการออกกำลังกาย กับความเสี่ยงในการเกิดมะเร็ง โดยกล่าวไว้ว่าการบริโภคเนื้อแดงและผลิตภัณฑ์แปรรูปจากเนื้อสัตว์ เช่น ไส้กรอก แฮม เป็นต้น เป็นหนึ่งในปัจจัยที่อาจเพิ่มความเสี่ยงในการเกิดมะเร็งลำไส้<sup>25</sup> โดยมีกลไกที่เป็นไปได้คือ ฮีม (heme) ซึ่งเป็นองค์ประกอบในเนื้อแดงเมื่อทำปฏิกิริยากับความร้อนเกิดเป็นสาร nitrosating agent และเปลี่ยนเป็นสารประกอบไนโตรซามีน ซึ่งเป็นกลุ่มสารประกอบที่อาจก่อให้เกิดมะเร็งในมนุษย์ได้ ในขณะที่เดียวกันผลิตภัณฑ์แปรรูปจากเนื้อสัตว์นั้นมักจะใช้สารประกอบประเภทไนเตรตและไนไตรต์เป็นสารกันเสียและเป็นสารให้สีแดงอมชมพูกับผลิตภัณฑ์ ซึ่งเมื่อทำปฏิกิริยากับเอมีนในขณะที่ได้รับความร้อนแล้วก่อให้เกิดสารประกอบไนโตรซามีนเช่นกัน<sup>21,26</sup> อย่างไรก็ตามผู้บริโภคยังคงมีความต้องการบริโภคผลิตภัณฑ์เหล่านี้อยู่ ผู้ผลิตจึงหันมาใช้เนื้อจากพืช แปรรูปตามแบบผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ เพื่อตอบสนองความต้องการนี้ จึงเป็นการลดปริมาณการบริโภคเนื้อสัตว์และผลิตภัณฑ์แปรรูปจากเนื้อสัตว์ลงโดยตรง ทำให้ไม่ได้รับฮีมและสารประกอบประเภทไนเตรตและไนไตรต์ ซึ่งเป็นการลดความเสี่ยงต่อการได้รับปัจจัยที่อาจเพิ่มความเสี่ยงในการเกิดมะเร็ง แต่เนื้อจากพืชมีส่วนประกอบที่ปรุงแต่งเพื่อให้มีรสชาติคล้ายฮีมจากเนื้อสัตว์ที่มีชื่อว่า เลกฮีโมโกลบิน (leghemoglobin) ซึ่งเป็นโปรตีนที่ทำหน้าที่เหมือนกับโปรตีนในฮีมของเนื้อสัตว์ เกิดจากปมของรากถั่วเหลือง ผู้ผลิตใช้วิธีการตัดต่อ

พันธุวิศวกรรม (Genetically modified organism, GMOs) เข้ากับยีสต์เพื่อผลิตเลกฮิวโมโกลบินนี้<sup>27</sup> ที่อาจเป็นปัจจัยหนึ่งที่สามารถก่อให้เกิดความเสี่ยงของการเกิดโรคมะเร็งได้ ถึงแม้องค์การอาหารและยาแห่งสหรัฐอเมริกา (Food and Drug Administration, FDA) ได้ขึ้นทะเบียนเลกฮิวโมโกลบินผ่านมาตรฐานหรือข้อกำหนดที่รับรองว่าได้รับการยอมรับโดยทั่วไปว่าปลอดภัย (generally recognized as safe, GRAS) สามารถใช้เป็นวัตถุเจือปนในอาหารภายใต้เงื่อนไขที่กำหนดไว้<sup>28</sup> อย่างไรก็ตามยังคงไม่มีผลการศึกษาที่แน่ชัดเรื่องการเป็นปัจจัยเพิ่มความเสี่ยงในการเกิดโรคมะเร็ง มีเพียงงานวิจัย โดย Hadi J และ Brightwell G (2021) รายงานผลวิจัยไว้ถึงผลิตภัณฑ์เนื่องจากพืชเพียงหนึ่งชนิดเท่านั้นที่เมื่อผ่านกระบวนการให้ความร้อนแล้วเกิดเป็นสารประกอบไนโตรซามีน (ข้อมูลไม่มีการตีพิมพ์) แต่ยังไม่มีการอธิบายกลไกที่แน่ชัด นอกจากนี้ยังไม่มีการศึกษาการเปลี่ยนแปลงของเลกฮิวโมโกลบินเมื่อได้รับความร้อนอีกด้วย<sup>5,29</sup> จึงจำเป็นจะต้องมีการศึกษาเพิ่มเติมถึงความเสี่ยงด้านการก่อโรคมะเร็งที่อาจเกิดขึ้นได้จากส่วนผสมของเนื้อจากพืชให้แน่ชัด

นอกจากฮีมที่มีกลไกการเกิดสารก่อมะเร็งแล้ว การเกิดสารประกอบ heterocyclic amine (HCA) เป็นสารก่อมะเร็งอีกชนิดหนึ่ง มีความเป็นไปได้ที่จะเกิดขึ้นในผลิตภัณฑ์เนื้อจากพืช เนื่องจากสารประกอบ HCA เกิดจากการทำปฏิกิริยาเมลลาร์ด (Maillard reaction) ระหว่างกรดอะมิโนอิสระ (free amino acid) น้ำตาลรีดิวซ์ (reducing sugar) และครีเอทีนีน (creatinine) เมื่อผ่านการปรุงประกอบด้วยความร้อนสูงกว่า 150 องศาเซลเซียส<sup>30</sup> ซึ่งองค์ประกอบเหล่านี้ล้วนเป็นส่วนประกอบในผลิตภัณฑ์เนื้อจากพืช และโดยส่วนมากผลิตภัณฑ์เนื้อจากพืชมักจะนำไปปรุงประกอบด้วยวิธีย่าง อบ หรือทอดที่ใช้อุณหภูมิสูง ทำให้มีแนวโน้มที่จะเกิดปฏิกิริยาดังกล่าวและเกิดสารประกอบ HCA ได้ จากงานวิจัย พบว่า สารประกอบ HCA สามารถก่อให้เกิดโรคมะเร็งผ่านกลไกการกระตุ้นการทำงานของ cytochrome P450 ชนิด 1A2 ที่สามารถเหนี่ยวนำให้เกิดปฏิกิริยาของเอนไซม์ N-acetyltransferase ที่เป็นหนึ่งในปัจจัยที่ก่อให้เกิดโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ได้ เนื่องจากส่งผลให้เกิดความผิดปกติของการจับคู่เบสบนสาย DNA และพัฒนาเป็นมะเร็งลำไส้ได้<sup>31</sup> แต่ยังมีรายงานวิจัยอื่นแสดงให้เห็นว่า จากสารสกัดธรรมชาติที่มีสารพอลิฟีนอลเป็นองค์ประกอบซึ่งมีความสามารถในการยับยั้งสารอนุมูลอิสระ ระหว่างปฏิกิริยาเมลลาร์ดที่ทำให้เกิดสารประกอบ HCA ทำให้เนื้อสัตว์

ที่ผ่านการปรุงประกอบอุณหภูมิสูงมีปริมาณสารประกอบ HCA ลดลง และพบอีกว่าสารต้านอนุมูลอิสระมีความสามารถในการควบคุมกระบวนการทำงานภายในเซลล์ผ่านกลไกการซ่อมแซม DNA ได้อีกด้วย<sup>31,32</sup> และเมื่อพิจารณาส่วนประกอบของผลิตภัณฑ์เนื้อจากพืชแล้ว พบว่า มีสารต้านอนุมูลอิสระจำพวกกลุ่มพอลิฟีนอลและวิตามินเป็นองค์ประกอบอยู่<sup>33,34</sup> จึงเป็นไปได้ว่าผลิตภัณฑ์เนื้อจากพืชอาจมีโอกาสน้อยที่จะเกิดสารประกอบ HCA ซึ่งเป็นสารก่อมะเร็งได้น้อยกว่าเนื้อสัตว์ แต่ทั้งนี้ยังไม่อาจสรุปได้ชัดเนื่องจากประเด็นการเกิดสารประกอบ HCA ในผลิตภัณฑ์เนื้อจากพืชยังคงมีข้อมูลไม่เพียงพอ อย่างไรก็ตามผลิตภัณฑ์เนื้อจากพืชนั้นมียาอาหารเป็นส่วนประกอบและมีรายงานวิจัยแล้วว่าการบริโภคโยอาอาหารสามารถลดความเสี่ยงต่อการเกิดโรคมะเร็งลำไส้ได้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งโยอาอาหารจากกลุ่มถั่วและธัญพืชที่เป็นโยอาอาหารแบบไม่ละลายน้ำ เนื่องจากโยอาอาหารชนิดนี้มีความสามารถในการจับกับสารก่อมะเร็งและช่วยให้ขับอุจจาระออกเร็วขึ้นเพื่อลดการสัมผัสของสารก่อมะเร็งกับบริเวณลำไส้ ทำให้ลดความเสี่ยงการเกิดโรคมะเร็งลำไส้ได้<sup>35</sup> ดังนั้นการบริโภคเนื้อจากพืชแทนเนื้อสัตว์อาจมีแนวโน้มลดความเสี่ยงต่อการเกิดมะเร็งลำไส้ได้ แต่ทั้งนี้ยังคงต้องการงานวิจัยเพื่อหาข้อสรุปที่แน่ชัดเพิ่มเติม

### บทบาทของเนื้อจากพืชกับโรคหัวใจและหลอดเลือด

เนื้อสัตว์จัดเป็นอาหารหลักที่ทำให้คุณค่าทางโภชนาการสูงแต่ในขณะเดียวกันหลายงานวิจัยกล่าวไว้ว่า การบริโภคเนื้อสัตว์เป็นจำนวนมากเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้เกิดโรคหัวใจและหลอดเลือด อันเนื่องมาจากในเนื้อสัตว์นั้นมีปริมาณไขมันสูง มีกรดไขมันอิ่มตัวและคอเลสเตอรอลเป็นองค์ประกอบ ซึ่งส่งผลให้ระดับแอลดีแอลคอเลสเตอรอลในเลือดสูงขึ้น (low density lipoprotein cholesterol, LDL-C) ที่เป็นปัจจัยหลักของการเพิ่มความเสี่ยงต่อการเกิดโรคหัวใจและหลอดเลือด<sup>36,37</sup> และเมื่อพิจารณาเปรียบเทียบคุณค่าทางโภชนาการระหว่างผลิตภัณฑ์เบอเกอร์เนื้อจากพืชและเนื้อวัวในงานวิจัย พบว่าในผลิตภัณฑ์เนื้อจากพืชนั้นไม่มีคอเลสเตอรอล และมีปริมาณไขมันที่น้อยกว่าเนื้อวัว<sup>5</sup> อีกทั้งปริมาณไขมันเหล่านั้นมาจากส่วนผสมซึ่งผู้ผลิตนิยมใช้น้ำมันพืช เช่น น้ำมันคาโนลา น้ำมันมะพร้าว น้ำมันดอกทานตะวัน และน้ำมันปาล์ม เป็นต้น ซึ่งมีองค์ประกอบเป็นกรดไขมันอิ่มตัวที่น้อยกว่า<sup>14</sup> และมีงานวิจัยกล่าวถึงประโยชน์ของการแทนที่เนื้อสัตว์ด้วยโปรตีนจากพืชมีส่วนช่วยลดปัจจัยเสี่ยงที่ก่อให้เกิดโรคหัวใจและหลอดเลือด

คือ ช่วยลดความดันโลหิต ลดระดับคอเลสเตอรอลรวม และระดับแอลดีแอลคอเลสเตอรอลในเลือด<sup>38</sup> เนื่องจากเนื้อจากพืชมีส่วนประกอบที่เป็นใยอาหาร ซึ่งใช้เป็นแหล่งโปรตีน หรือมีบทบาทสำคัญในการคงรูปผลิตภัณฑ์ เช่น ใยอาหารจากถั่วต่าง ๆ อัลทีท กัมหรือเมทิลเซลลูโลส (methylcellulose) เป็นต้น ที่มีการวิจัยรองรับว่าการเพิ่มปริมาณการบริโภคใยอาหารช่วยลดความเสี่ยงการเกิดโรคหัวใจและหลอดเลือดได้ และยังมีรายงานวิจัยว่า ใยอาหารละลายน้ำสามารถช่วยลดระดับคอเลสเตอรอลรวม และแอลดีแอลคอเลสเตอรอลในเลือดได้ โดยการทำหน้าที่ในการจับกับน้ำดี และเพิ่มการขับออกของน้ำดี ทำให้เกิดการใช้คอเลสเตอรอลในร่างกายเพิ่มขึ้นจากการผลิตน้ำดีขึ้นมาทดแทน เนื่องจากน้ำดีใช้คอเลสเตอรอลเป็นสารตั้งต้นในการผลิต<sup>39</sup> จึงช่วยลดความเสี่ยงในการเกิดโรคหัวใจและหลอดเลือดได้<sup>24,40,41</sup> อีกทั้งวัตถุดิบของเนื้อจากพืชที่นิยมใช้ถั่ว ธัญชาติต่าง ๆ จึงพบว่า มีสารออกฤทธิ์ ได้แก่ วิตามิน เช่น วิตามินอี สารพฤกษเคมี (phytochemical) และสารไฟโตสเตอรอล (phytosterol) ซึ่งมีคุณสมบัติในการป้องกันการเกิดความเสี่ยงโรคหัวใจและหลอดเลือดได้อีกด้วย<sup>34</sup> โดยเฉพาะอย่างยิ่งสารไอโซฟลาโวน (isoflavone) ที่เป็นสารพฤกษเคมีที่พบได้ในถั่วเหลือง ซึ่งมักเป็นส่วนประกอบหลักของเนื้อจากพืช มีคุณสมบัติช่วยลดระดับคอเลสเตอรอลผ่านกลไกการควบคุมการแสดงออกของยีนส์ sterol regulatory element binding protein 2 (SREBP-2) ที่มีบทบาทควบคุมการกำจัดคอเลสเตอรอลในเลือด<sup>34,42,43</sup>

ในทางตรงกันข้าม พบว่าในผลิตภัณฑ์เนื้อจากพืชมีปริมาณโซเดียมที่สูงกว่าเนื้อสัตว์ โดยอยู่ที่ประมาณ 300-500 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม เพื่อใช้ในการแต่งรสชาติ<sup>44</sup> นอกเหนือจากโซเดียมแล้ว การบริโภคโซเดียมปริมาณมากในระยะยาวส่งผลให้เกิดโรคความดันโลหิตสูง ซึ่งเป็นหนึ่งในปัจจัยเสี่ยงที่นำไปสู่การเกิดโรคหัวใจและหลอดเลือด<sup>45</sup> ดังนั้น เมื่อเปรียบเทียบคุณประโยชน์ของเนื้อจากพืชเพื่อใช้ในการป้องกันโรคหัวใจและหลอดเลือดแล้ว พบว่า ยังคงมีผลลัพธ์ที่ไม่ชัดเจน ควรมีการศึกษาเพิ่มเติมถึงความสัมพันธ์ของการบริโภคเนื้อจากพืชกับความเสี่ยงต่อการเกิดโรค

### บทบาทของเนื้อจากพืชกับการควบคุมน้ำหนัก

การควบคุมน้ำหนักจากการบริโภคอาหารในรูปแบบของอาหารจากพืช ซึ่งเน้นที่การบริโภคผัก ถั่ว ธัญชาติ พบว่า

มีความสัมพันธ์กับการลดลงของน้ำหนักตัว และค่าดัชนีมวลกาย (body mass index, BMI) ผลจากใยอาหารที่เป็นส่วนประกอบในอาหาร โดยใยอาหารที่ละลายน้ำสามารถเพิ่มความรู้สึกอิ่มท้องจากการชะลอการย่อยอาหารตั้งแต่บริเวณทางเดินอาหารส่วนบน จากการเกิดเจลของใยอาหารละลายน้ำและผสมรวมกับอาหาร ทำให้น้ำย่อยทำปฏิกิริยากับอาหารได้น้อยลง เพิ่มระยะเวลาที่อาหารจะค้างอยู่ในกระเพาะนานขึ้น ซึ่งป้องกันการเพิ่มขึ้นของน้ำตาลในเลือดอย่างรวดเร็ว ส่งผลให้รู้สึกอิ่มท้องนานขึ้น และหิวช้าลง<sup>46</sup> อีกทั้งพบว่า โปรตีนจากพืชยังสามารถกระตุ้นการหลั่งฮอร์โมน peptide YY (PYY) และ glucagon-like peptide I (GLP-I) ซึ่งเป็นฮอร์โมนที่ควบคุมความอิ่มไม่แตกต่างจากการได้รับโปรตีนจากเนื้อสัตว์ จึงส่งผลต่อการควบคุมน้ำหนักตัวได้<sup>47-49</sup> เมื่อพิจารณาแล้ว จึงมีความเป็นไปได้ว่า การบริโภคเนื้อจากพืชเพื่อทดแทนเนื้อสัตว์อาจจะช่วยควบคุมน้ำหนักได้ อย่างไรก็ตามจากงานวิจัยกล่าวถึงความสัมพันธ์ของการบริโภคเนื้อแดงและผลิตภัณฑ์แปรรูปกับน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้น เนื่องจากอาหารกลุ่มนี้จัดเป็นอาหารที่ให้พลังงานสูง และมักเป็นส่วนหนึ่งของการบริโภคอาหารรูปแบบตะวันตกซึ่งให้พลังงานสูงเช่นกัน จึงเป็นหนึ่งปัจจัยที่ทำให้เกิดภาวะน้ำหนักเกินได้<sup>22</sup> ผู้บริโภคตระหนักถึงผลเสียต่อสุขภาพจากการได้รับพลังงานเกินความต้องการของร่างกายจึงเป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่ผู้บริโภคเลือกเนื้อจากพืช หากแต่เมื่อพิจารณาจะพบว่า การบริโภครูปแบบอาหารจากพืช มักจะบริโภคผัก ถั่ว ธัญชาติโดยตรง ซึ่งเป็นแหล่งอาหารที่ให้พลังงานน้อยกว่า ในขณะที่เนื้อจากพืชผ่านกระบวนการแปรรูป และมีการปรุงแต่งเพื่อให้ได้กลิ่น รส เนื้อสัมผัสที่คล้ายคลึงเนื้อสัตว์ จากผลการวิจัย พบว่า พลังงานที่ได้รับจากการบริโภคเนื้อจากพืชบางชนิดมีพลังงานสูงกว่าเนื้อสัตว์<sup>14</sup> เนื่องจากการใส่ไขมันเพื่อปรับปรุงเนื้อสัมผัสให้มีความชุ่มฉ่ำคล้ายเนื้อสัตว์ และการใส่แป้งเพื่อช่วยในการคงรูปของวัตถุดิบ แต่อีกประเด็นสำคัญของการควบคุมน้ำหนักคือ การปรับเปลี่ยนพฤติกรรม การบริโภคให้เหมาะสมกับความต้องการของร่างกาย ถึงแม้เนื้อจากพืชจะเป็นอีกหนึ่งทางเลือกเพื่อหลีกเลี่ยงการได้รับไขมัน แต่การบริโภคเนื้อจากพืชไม่ใช่การบริโภคผักโดยตรงเพื่อใช้ควบคุมน้ำหนัก จึงจำเป็นจะต้องมีการพิจารณาถึงส่วนประกอบและพฤติกรรมการบริโภคให้เหมาะสมกับความต้องการของร่างกาย ถึงแม้จะมีใยอาหารแต่ยังไม่เพียงพอที่แน่ชัดว่าการใช้เนื้อจากพืชทดแทนเนื้อสัตว์สามารถช่วยควบคุมน้ำหนักได้จริง

## บทสรุป

ปัจจุบันจากการวิจัยแสดงให้เห็นว่าเนื่องจากพืชมีคุณภาพทางโปรตีนที่ดี มีกรดอะมิโนที่จำเป็นครบถ้วนเพียงพอกับความต้องการของร่างกาย แต่ทั้งนี้การบริโภคเพื่อลดความเสี่ยงในการเกิดโรคมะเร็งยังไม่ชัดเจน เนื่องจากยังมีประเด็นที่ควรศึกษาเพิ่มเติมเกี่ยวกับสารเลกฮีมโกลบิน ซึ่งใช้ปรุงแต่งให้ได้รสชาติคล้ายเนื้อสัตว์ และการเกิดสารประกอบ HCA ในเนื้อจากพืชยังคงไม่มีงานวิจัยที่ชัดเจน ในขณะที่การบริโภคเพื่อป้องกันการเกิดโรคหัวใจและหลอดเลือด และเพื่อควบคุมน้ำหนักนั้น แม้จะยังไม่ชัดเจน แต่มีแนวโน้มทางบวก ทั้งนี้ ขึ้นอยู่กับการพิจารณาตามความต้องการและความเหมาะสมของผู้บริโภค

อย่างไรก็ตาม จากการรวบรวมข้อมูลในบทความนี้ชี้ให้เห็นถึงช่องว่างของงานวิจัย ซึ่งยังต้องการการศึกษาเพิ่มเติมในอนาคตถึงบทบาทของเนื้อจากพืช เนื่องจากผลงานวิจัยส่วนใหญ่ยังเป็นเพียงการคาดการณ์ที่เป็นส่วนประกอบของเนื้อจากพืช แต่พบว่ายังคงไม่มีงานวิจัยที่นำผลิตภัณฑ์เนื้อจากพืชมาศึกษาถึงผลของการลดความเสี่ยงต่อการเกิดโรคไม่ติดต่อเรื้อรังโดยตรงหรือการนำมาเปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์อาหารอื่น ๆ อีกทั้งยังขาดประเด็นที่เกี่ยวข้องกับคุณภาพทางโปรตีนในผลิตภัณฑ์เนื้อจากพืชรูปแบบต่าง ๆ ที่เป็นที่ยอมรับจากผู้บริโภคในเรื่องของคุณค่าทางโภชนาการ รสชาติและเนื้อสัมผัส ทั้งนี้ อาจนำบทความนี้ไปใช้เป็นพื้นฐานสำหรับการต่อยอดงานวิจัยต่อไป

## เอกสารอ้างอิง

- Puranabhandu O. Thailand's Food Trends in 2021. [Internet]. 2021[cited 2022 Apr 19]. Available from: URL: <https://www.fas.usda.gov/data/thailand-thailand-food-trends-2021>.
- Kyriakopoulou K, Dekkers B, van der Goot AJ. Chapter 6 - Plant-based meat analogues. In: Galanakis C, editor. Sustainable Meat Production and Processing: Academic Press; 2019. p. 103-26.
- Fiorentini M, Kinchla AJ, Nolden AA. Role of sensory evaluation in consumer acceptance of plant-based meat analogs and meat extenders: A scoping review. *Foods*. 2020;9(9):1334.
- Kumar P, Chatli MK, Mehta N, Singh P, Malav OP, Verma AK. Meat analogues: Health promising sustainable meat substitutes. *Crit Rev Food Sci Nutr*. 2017;57(5):923-32.
- He J, Evans NM, Liu H, Shao S. A review of research on plant-based meat alternatives: Driving forces, history, manufacturing, and consumer attitudes. *Compr Rev Food Sci Food Saf*. 2020;19(5):2639-56.
- Santo RE, Kim BF, Goldman SE, Dutkiewicz J, Biehl EMB, Bloem MW, et al. Considering plant-based meat substitutes and cell-based meats: A public health and food systems perspective. *Front Sustain Food Syst*. 2020;4(134).
- Lee HJ, Yong HI, Kim M, Choi Y-S, Jo C. Status of meat alternatives and their potential role in the future meat market - A review. *Asian-Australas J Anim Sci*. 2020;33(10):1533-43.
- Bhat ZF, Fayaz H. Prospectus of cultured meat-advancing meat alternatives. *J. Food Sci. Technol*. 2011;48(2):125-40.
- Meat zero brand. MEAT ZERO: Plant-Based Ground Meat. [Internet] 2021 [cited 2022 Apr 19]. Available from: <https://www.meatzerobrand.com/en/meat-zero-plant-based-ground-meat/>.
- Ground beef, raw [cited 2022 Apr 19]. Available from: [https://www.nutritionvalue.org/Ground\\_beef%2C\\_raw](https://www.nutritionvalue.org/Ground_beef%2C_raw). [Internet] 2021 21500000\_nutritional\_value.html?size=100+g.
- Textured vegetable protein, dry. [Internet] 2021 [cited 2022 19 Apr]. Available from: [https://www.nutritionvalue.org/Textured\\_vegetable\\_protein%2C\\_dry\\_41440000\\_nutritional\\_value.html](https://www.nutritionvalue.org/Textured_vegetable_protein%2C_dry_41440000_nutritional_value.html).
- Kyriakopoulou K, Keppler JK, van der Goot AJ. Functionality of Ingredients and Additives in Plant-Based Meat Analogues. *Foods*. 2021;10(3):600.
- Vliet Sv, Kronberg SL, Provenza FD. Plant-based meats, human health, and climate change. *Front Sustain Food Syst*. 2020;4(128).
- Bohrer BM. An investigation of the formulation and nutritional composition of modern meat analogue products. *Food Sci Hum Wellness*. 2019;8(4):320-9.
- Hughes GJ, Ryan DJ, Mukherjee R, Schasteen CS. Protein digestibility-corrected amino acid scores (PDCAAs) for soy protein isolates and concentrate: Criteria

- for evaluation. *J. Agric. Food Chem.* 2011;59(23):12707-12.
16. Hertzler SR, Lieblein-Boff JC, Weiler M, Allgeier C. Plant proteins: Assessing their nutritional quality and effects on health and physical function. *Nutrients*. 2020;12(12):3704.
  17. Schaafsma G. Advantages and limitations of the protein digestibility-corrected amino acid score (PDCAAS) as a method for evaluating protein quality in human diets. *Br. J. Nutr.* 2012;108(2):333-6.
  18. Food and agriculture organization of the united nations. Dietary protein quality evaluation in human nutrition: Report of an FAO expert consultation. *FAO Food Nutr Pap*. 2013;92:1-66.
  19. Fanelli NS, Bailey HM, Thompson TW, Delmore R, Nair MN, Stein HH. Digestible indispensable amino acid score (DIAAS) is greater in animal-based burgers than in plant-based burgers if determined in pigs. *Eur. J. Nutr.* 2022 Feb;61(1):461-475.
  20. Micha R, Wallace SK, Mozaffarian D. Red and processed meat consumption and risk of incident coronary heart disease, stroke, and diabetes mellitus: a systematic review and meta-analysis. *Circulation*. 2010;121(21):2271-83.
  21. Chan DSM, Lau R, Aune D, Vieira R, Greenwood DC, Kampman E, et al. Red and processed meat and colorectal cancer incidence: meta-analysis of prospective studies. *PloS one*. 2011;6(6):20456.
  22. Rouhani MH, Salehi-Abargouei A, Surkan PJ, Azadbakht L. Is there a relationship between red or processed meat intake and obesity? A systematic review and meta-analysis of observational studies. *Obes Rev*. 2014;15(9):740-8.
  23. Richi EB, Baumer B, Conrad B, Darioli R, Schmid A, Keller U. Health risks associated with meat consumption: A review of epidemiological studies. *Int J Vitam Nutr Res*. 2015;85(1-2):70-8.
  24. Boukid F. Plant-based meat analogues: from niche to mainstream. *Eur. Food Res. Technol*. 2021;247(2):297-308.
  25. World Cancer Research Fund. Cancer prevention recommendations London, United Kingdom: World Cancer Research Fund; 2018 [Available from: <https://www.wcrf-uk.org/preventing-cancer/our-cancer-prevention-recommendations/>].
  26. Choi Y, Song S, Song Y, Lee JE. Consumption of red and processed meat and esophageal cancer risk: meta-analysis. *World J. Gastroenterol*. 2013;19(7):1020-9.
  27. Eisen M. How GMOs can save civilization (and probably already have) Berkeley, CA, United States. [Internet] 2018 [cited 2021 November 9]. Available from: <https://impossible-foods.com/blog/how-gmos-can-save-civilization-and-probably-already-have>.
  28. Impossible Foods Incorporated. GRAS Notification for soy leghemoglobin protein preparation derived from *Pichia pastoris*. Washington, D.C., United States of America: The U.S. Food and Drug Administration; 2017.
  29. Hadi J, Brightwell G. Safety of alternative proteins: Technological, environmental and regulatory aspects of cultured meat, plant-based meat, insect protein and single-cell protein. *Foods*. 2021;10(6):1226.
  30. Linghu Z, Karim F, Taghvaei M, Al-bashabsheh Z, Houser TA, Smith JS. Amino acids effects on heterocyclic amines formation and physicochemical properties in pan-fried beef patties. *J Food Sci*. 2020;85(4):1361-70.
  31. Kang HJ, Lee SY, Lee DY, Kang JH, Kim JH, Kim HW, et al. Main mechanisms for carcinogenic heterocyclic amine reduction in cooked meat by natural materials. *Meat Science*. 2022;183:108663.
  32. Gibis M, Weiss J. Inhibitory effect of marinades with hibiscus extract on formation of heterocyclic aromatic amines and sensory quality of fried beef patties. *Meat Science*. 2010;85(4):735-42.
  33. Ed Nignpense B, Francis N, Blanchard C, Santhakumar AB. Bioaccessibility and bioactivity of cereal polyphenols: A review. *Foods*. 2021;10(7):1595.
  34. van Vliet S, Bain JR, Muehlbauer MJ, Provenza FD, Kronberg SL, Pieper CF, et al. A metabolomics comparison of plant-based meat and grass-fed meat indicates large nutritional differences despite comparable Nutrition Facts panels. *Scientific Reports*. 2021;11(1):13828.
  35. Kunzmann AT, Coleman HG, Huang W-Y, Kitahara CM, Cantwell MM, Berndt SI. Dietary fiber intake and risk of colorectal cancer and incident and recurrent adenoma in the Prostate, Lung, Colorectal, and Ovarian Cancer Screening Trial. *Am. J. Clin. Nutr.* 2015;102(4):881-90.
  36. Feskens EJM, Sluik D, van Woudenberg GJ. Meat consumption, diabetes, and its complications. *Current Diabetes Reports*. 2013;13(2):298-306.

37. Guasch-Ferrè M, Satija A, Blon-din SA, Janiszewski M, Emlen E, O'Connor LE, et al. Meta-analysis of randomized controlled trials of red meat consumption in comparison with various comparison diets on cardiovascular risk factors. *Circulation*. 2019;139(15):1828-45.
38. Huang J, Liao LM, Weinstein SJ, Sinha R, Graubard BI, Albanes D. Association between plant and animal protein intake and overall and cause-specific mortality. *Intern Med*. 2020;180(9):1173-84.
39. Gunness P, Gidley MJ. Mechanisms underlying the cholesterol-lowering properties of soluble dietary fibre polysaccharides. *Food Funct*. 2010;1(2):149-55.
40. Anderson JW, Baird P, Davis RH, Jr, Ferreri S, Knudtson M, Koraym A, et al. Health benefits of dietary fiber. *Nutr. Rev*. 2009;67(4):188-205.
41. Erkkilä AT, Lichtenstein AH. Fiber and cardiovascular disease risk: How strong is the evidence? *J Cardiovasc Nurs*. 2006;21(1):3-8.
42. Plat J, Baumgartner S, Vanmierlo T, Lýtjohann D, Calkins KL, Burrin DG, et al. Plant-based sterols and stanols in health & disease: "Consequences of human development in a plant-based environment?". *Progress in Lipid Research*. 2019;74:87-102.
43. Chalvon-Demersay T, Azzout-Marniche D, Arfsten J, Egli L, Gaudichon C, Karagounis LG, et al. A systematic review of the effects of plant compared with animal protein sources on features of metabolic syndrome. *J Nutr*. 2017;147(3):281-92.
44. Hu FB, Otis BO, McCarthy G. Can plant-based meat alternatives be part of a healthy and sustainable diet? *JAMA*. 2019;322(16):1547-8.
45. Wu C-Y, Hu H-Y, Chou Y-J, Huang N, Chou Y-C, Li C-P. High blood pressure and all-cause and cardiovascular disease mortalities in community-dwelling older adults. *Medicine*. 2015;94(47):2160.
46. Howarth NC, Saltzman E, Roberts SB. Dietary Fiber and Weight Regu-lation. *Nutr. Rev*. 2001;59(5):129-39.
47. Neacsu M, McBey D, Johnstone AM. Chapter 22 - Meat reduction and plant-based food: Replacement of meat: Nutritional, health, and social aspects. In: Nadathur SR, Wanasundara JPD, Scanlin L, editors. *Sustainable Protein Sources*. San Diego: Academic Press; 2017. p. 359-75.
48. Kristensen MD, Bendtsen NT, Christensen SM, Astrup A, Raben A. Meals based on vegetable protein sources (beans and peas) are more satiating than meals based on animal protein sources (veal and pork) - a randomized cross-over meal test study. *J. Food Nutr. Res.*. 2016;60:32634.
49. Westerterp-Plantenga MS, Lemmens SG, Westerterp KR. Dietary protein - its role in satiety, energetics, weight loss and health. *Br. J. Nutr*. 2012;108(2):105-12.