

เนื้อสัตว์เพาะเลี้ยง (Cultured meat)

ทางเลือกความมั่นคงด้านอาหารของโลกอนาคต

เนื้อสัตว์เพาะเลี้ยง (Cultured meat) หรือที่รู้จักกันในชื่ออื่นๆ เช่น เนื้อสัตว์สังเคราะห์ (Synthetic meat) เนื้อสัตว์จากห้องปฏิบัติการ (Lab-grown meat) หรือเนื้อสัตว์สะอาด (Clean meat) เป็นนวัตกรรมด้านอาหารที่กำลังได้รับความสนใจอย่างมากในปัจจุบัน เทคโนโลยีนี้มีศักยภาพในการปฏิวัติอุตสาหกรรมผลิตเนื้อสัตว์ โดยเป็นการนำเสนอทางเลือกที่ยั่งยืนและมีจริยธรรมมากกว่าการเลี้ยงสัตว์แบบดั้งเดิม

ความสำคัญของเนื้อสัตว์เพาะเลี้ยงมาจากปัจจัยหลายประการ ได้แก่ 1) ความยั่งยืนด้านสิ่งแวดล้อม อุตสาหกรรมปศุสัตว์แบบดั้งเดิมเป็นแหล่งปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่สำคัญใช้พื้นที่และทรัพยากรน้ำจำนวนมาก เนื้อสัตว์เพาะเลี้ยงจึงเป็นทางเลือกที่มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อยกว่า 2) ความมั่นคงทางอาหาร เนื่องจากประชากรโลกที่เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วทำให้เกิดความท้าทายในการผลิตอาหารให้เพียงพอ เนื้อสัตว์เพาะเลี้ยงอาจเป็นวิธีการผลิตโปรตีนที่มีประสิทธิภาพมากขึ้น 3) สุขภาพสัตว์ การผลิตเนื้อสัตว์โดยไม่ต้องฆ่าสัตว์จำนวนมากสอดคล้องกับแนวคิดด้านจริยธรรมการบริโภคเนื้อสัตว์ 4) ความปลอดภัยด้านอาหาร การผลิตในสภาพแวดล้อมที่ควบคุมได้อาจลดความเสี่ยงจากโรคติดต่อจากสัตว์สู่คนและการปนเปื้อนของเชื้อโรคในกระบวนการผลิตและ 5) การพัฒนาด้านสุขภาพ มีความเป็นไปได้ในการปรับแต่งองค์ประกอบทางโภชนาการของเนื้อสัตว์เพาะเลี้ยงให้เหมาะสมกับความต้องการทางสุขภาพของผู้บริโภค (Bonny *et al.* 2015; Post 2012 และ Tuomisto and de Mattos 2011)

ความเป็นมาของเนื้อสัตว์เพาะเลี้ยง (History of cultured meat)

แนวคิดเริ่มต้นของเนื้อสัตว์เพาะเลี้ยงเริ่มในปี ค.ศ. 1931 Winston Churchill เสนอแนวคิดเกี่ยวกับการผลิตเนื้อสัตว์โดยไม่ต้องเลี้ยงสัตว์ทั้งตัวในบทความ “Fifty Years Hence” (Churchill 1931) ต่อมาในปี ค.ศ. 1950-1960 นักวิทยาศาสตร์เริ่มทดลองเพาะเลี้ยงเซลล์กล้ามเนื้อในห้องปฏิบัติการ และในปี ค.ศ. 1971 Russell Ross ได้ทำการสาธิตการเพาะเลี้ยงเซลล์กล้ามเนื้อหัวใจของหนูในหลอดทดลอง จากนั้นในปี ค.ศ. 1999 Willem van Eelen, Willem van Kooten และ Wiete Westerhof ได้ทำการจดสิทธิบัตรสำหรับกระบวนการผลิตเนื้อเพาะเลี้ยงเชิงอุตสาหกรรม (Van Eelen, Van Kooten and Westerhof 1999) การวิจัยและพัฒนา ก็ได้พัฒนาเรื่อยมาจนในปี ค.ศ. 2001 NASA เริ่มทดลองเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อปลาในอวกาศ และปี ค.ศ. 2002 มีงานวิจัยแรกเกี่ยวกับปลาเพาะเลี้ยงได้รับทุนจาก NASA ความก้าวหน้าสำคัญของเนื้อสัตว์เพาะเลี้ยงคือปี ค.ศ. 2013 ทีมวิจัยจาก

มหาวิทยาลัย Maastricht นำโดย Mark Post นำเสนอเบอร์เกอร์เนื้อวัวเพาะเลี้ยงชิ้นแรกของโลกโดยมีมูลค่าการผลิตสูงถึง 250,000 ยูโร และปี ค.ศ. 2016 Memphis Meats (ปัจจุบันคือ UPSIDE Foods) ได้นำเสนอลูกชิ้นเนื้อวัวเพาะเลี้ยงชิ้นแรกของโลก การพัฒนาเชิงพาณิชย์เริ่มชัดเจนขึ้นโดยปี ค.ศ. 2018 หลายบริษัทสตาร์ทอัพเริ่มพัฒนาผลิตภัณฑ์เนื้อเพาะเลี้ยงเชิงพาณิชย์ และในปี ค.ศ. 2020 สิงคโปร์เป็นประเทศแรกที่อนุมัติการขายเนื้อไก่เพาะเลี้ยงเชิงพาณิชย์ ปัจจุบันมี

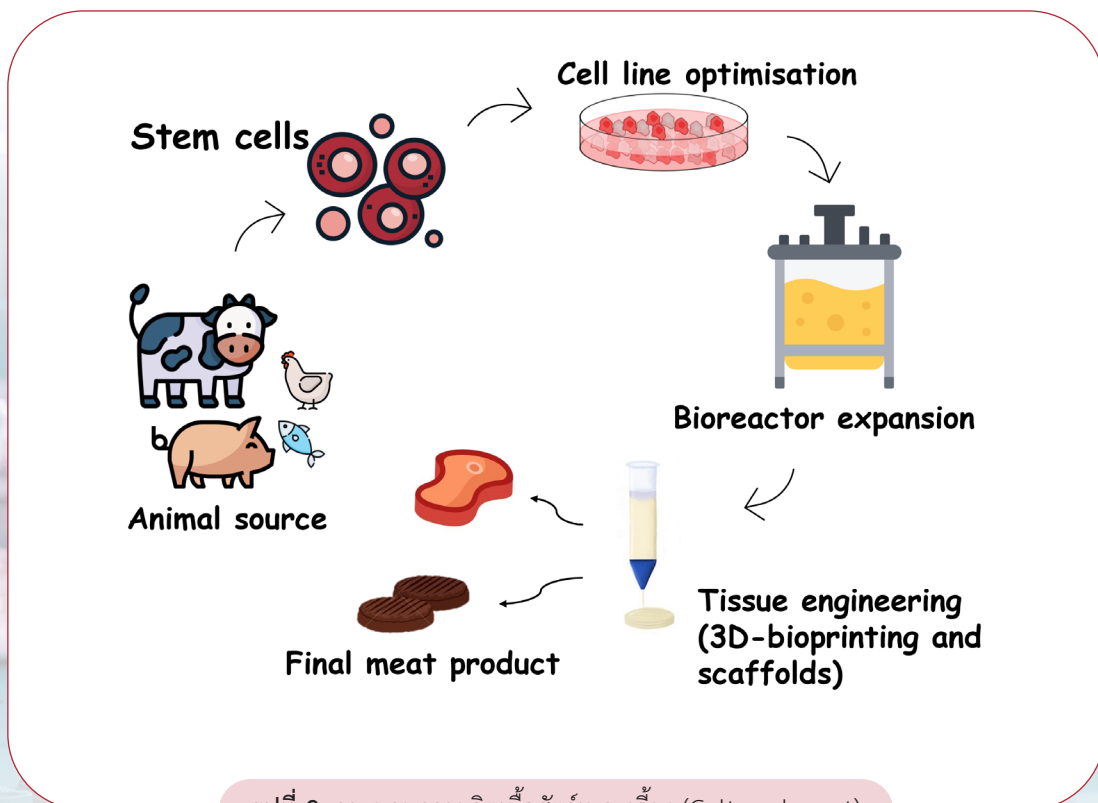
บริษัทและสถาบันวิจัยทั่วโลกกำลังพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตเนื้อเพาะเลี้ยง มีความก้าวหน้าในการลดต้นทุนการผลิตและปรับปรุงคุณภาพผลิตภัณฑ์และกำลังมีการพัฒนากระบวนการและมาตรฐานสำหรับอุตสาหกรรมนี้ในหลายประเทศ (Tech 2022) เนื้อสัตว์เพาะเลี้ยงจึงเป็นเทคโนโลยีที่มีประวัติความเป็นมายาวนานแต่เพิ่งมีความก้าวหน้าอย่างรวดเร็วในช่วงไม่กี่ปีที่ผ่านมา และกำลังเข้าสู่ขั้นตอนของการพัฒนาเชิงพาณิชย์



กระบวนการผลิตเนื้อสัตว์เพาะเลี้ยง (Cultured meat)

กระบวนการผลิตเนื้อสัตว์เพาะเลี้ยง (Cultured meat) เริ่มต้นด้วยการเก็บเซลล์ต้นกำเนิด (Stem cells) จากสัตว์ที่ยังมีชีวิต โดยทั่วไปจะใช้วิธีการเก็บตัวอย่างเนื้อเยื่อขนาดเล็ก (Biopsy) ซึ่งไม่ก่อให้เกิดอันตรายต่อสัตว์ (Tuomisto and de Mattos 2011) เซลล์ต้นกำเนิดที่ใช้นี้มักเป็นเซลล์กล้ามเนื้อต้นกำเนิด (Myosatellite cell) ซึ่งมีความสามารถในการแบ่งตัวและพัฒนาเป็นเซลล์กล้ามเนื้อ หลังจากได้เซลล์ต้นกำเนิดแล้วจะนำเซลล์เหล่านี้มาเพาะเลี้ยงเพื่อเพิ่มจำนวนเซลล์ในถังปฏิกรณ์ชีวภาพ (Bioreactor) ซึ่งควบคุมอุณหภูมิ ความชื้น และปริมาณออกซิเจนให้เหมาะสมกับการเจริญเติบโตของเซลล์ ในอาหารเลี้ยงเซลล์พิเศษ อาหารเลี้ยงเซลล์นี้ประกอบด้วยสารอาหารที่จำเป็นสำหรับการเจริญเติบโตของเซลล์ เช่น คาร์โบไฮเดรต โปรตีน ไขมัน วิตามิน และแร่ธาตุต่างๆ เพื่อให้เซลล์แบ่งตัวและพัฒนาอย่างรวดเร็ว มีการเติมสารกระตุ้นการเจริญเติบโต (Growth factors) ลงในอาหารเลี้ยงเซลล์ สารเหล่านี้มักเป็นโปรตีนที่ช่วยควบคุมการแบ่งตัวและการเปลี่ยนแปลงของเซลล์ (Rubio *et al.* 2019) การใช้สารกระตุ้นการเจริญเติบโตที่เหมาะสมช่วยให้สามารถผลิตเนื้อเยื่อได้อย่าง

มีประสิทธิภาพมากขึ้น และเพื่อให้เซลล์เจริญเติบโตเป็นเนื้อเยื่อที่มีโครงสร้างคล้ายกับเนื้อสัตว์จริง โดยใช้โครงร่างหรือแม่แบบ (Scaffold) ทำหน้าที่เป็นโครงสร้างให้เซลล์ยึดเกาะและเจริญเติบโตเป็นเนื้อเยื่อ 3 มิติ โครงร่างนี้มักทำจากวัสดุที่ย่อยสลายได้ เช่น คอลลาเจน โปรตีนจากพืช หรืออนุภาคนาขนาดเล็ก (Microcarrier technology) เป็นพื้นผิวให้เซลล์เกาะและเจริญเติบโต หรืออาจใช้เทคโนโลยีการพิมพ์ 3 มิติ (3D Bioprinting) ในการสร้างโครงสร้างเนื้อเยื่อที่ซับซ้อน (Ben-Arye and Levenberg 2019) จากนั้นนำไปบ่มต่อในถังปฏิกรณ์ชีวภาพที่ควบคุมอุณหภูมิ ความชื้น และปริมาณออกซิเจนให้เหมาะสมกับการเจริญเติบโตของเซลล์ ระหว่างการบ่มเซลล์จะแบ่งตัวและพัฒนาเป็นเส้นใยกล้ามเนื้อ (Muscle fibers) ซึ่งเป็นส่วนประกอบหลักของเนื้อสัตว์ เมื่อเนื้อเยื่อพัฒนาเต็มที่แล้ว จะทำการเก็บเกี่ยวโดยการนำออกจากถังปฏิกรณ์ชีวภาพ ในขั้นตอนนี้ อาจมีการล้างเนื้อเยื่อเพื่อกำจัดอาหารเลี้ยงเซลล์ที่เหลืออยู่ การเก็บเกี่ยวต้องทำภายใต้สภาวะที่ปลอดเชื้อเพื่อป้องกันการปนเปื้อน และขั้นตอนสุดท้ายคือการแปรรูปเนื้อเยื่อที่ได้เป็นผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ต่างๆ เช่น เนื้อบด หรือชิ้นเนื้อ ในขั้นตอนนี้ อาจมีการเติมส่วนผสมอื่นๆ เช่น ไขมัน สารให้สี หรือสารให้กลิ่นรส เพื่อปรับปรุงรสชาติและเนื้อสัมผัสให้ใกล้เคียงกับเนื้อสัตว์ทั่วไปมากที่สุด (Ben-Arye *et al.* 2020)



รูปที่ 2. กระบวนการผลิตเนื้อสัตว์เพาะเลี้ยง (Cultured meat)

เทคโนโลยีในการผลิตเนื้อสัตว์เพาะเลี้ยง (Cultured meat)

การผลิตเนื้อสัตว์เพาะเลี้ยงต้องอาศัยเทคโนโลยีที่ซับซ้อนหลายด้าน เพื่อให้มีประสิทธิภาพและคุณภาพสูงรวมทั้งลดต้นทุนการผลิตลง (Arshad *et al.* 2017; Specht *et al.* 2018 และ Zhang *et al.* 2020) ซึ่งเทคโนโลยีที่นำมาใช้ในการผลิตเนื้อสัตว์เพาะเลี้ยง ได้แก่

1. เทคโนโลยีการเพาะเลี้ยงเซลล์ ได้แก่การแยกและเพาะเลี้ยงเซลล์ต้นกำเนิด เริ่มต้นด้วยการเก็บเซลล์ต้นกำเนิดจากสัตว์มีชีวิต โดยทั่วไปจะใช้เซลล์กล้ามเนื้อหรือเซลล์ไขมัน และการพัฒนาอาหารเลี้ยงเซลล์ที่ปราศจากซีรัมสัตว์ (serum-free media)

2. วิศวกรรมเนื้อเยื่อ การสร้างโครงร่าง (scaffolds) ที่เหมาะสมสำหรับการเจริญเติบโตของเซลล์ การออกแบบโครงร่างที่เหมาะสมนี้จะช่วยให้สามารถควบคุมลักษณะเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์สุดท้ายได้ หรือการพัฒนาเทคนิคการสร้างเนื้อเยื่อแบบ 3 มิติ

3. เทคโนโลยีชีวภาพ ได้แก่ การดัดแปลงพันธุกรรมเพื่อปรับปรุงคุณสมบัติของเซลล์และการผลิตปัจจัยการเจริญเติบโต (growth factors) ด้วยวิธีทางชีววิทยาโมเลกุล

4. วิศวกรรมกระบวนการ ได้แก่ การออกแบบและพัฒนาถังปฏิกรณ์ชีวภาพ (bioreactors) สำหรับการเพาะเลี้ยงในปริมาณมากและการพัฒนาระบบควบคุมอัตโนมัติสำหรับการเพาะเลี้ยงเซลล์

5. การสร้างโครงสร้างเนื้อเยื่อ เพื่อให้ได้เนื้อสัตว์ที่มีลักษณะใกล้เคียงกับเนื้อสัตว์ธรรมชาติ จำเป็นต้องมีการสร้างโครงสร้างที่เหมาะสมเทคโนโลยีที่ใช้ ได้แก่ Scaffold technology การใช้โครงร่างที่ย่อยสลายได้ (Biodegradable scaffolds) เพื่อให้เซลล์เกาะและเจริญเติบโตเป็นเนื้อเยื่อ 3 มิติ การใช้เทคโนโลยีการพิมพ์ 3 มิติ (3D Bioprinting) ในการสร้างโครงสร้างเนื้อเยื่อที่ซับซ้อน และการใช้อนุภาคนาขนาดเล็ก (Microcarrier technology) เป็นพื้นผิวให้เซลล์เกาะและเจริญเติบโต

6. เทคโนโลยีการวิเคราะห์ขั้นสูง ได้แก่ การใช้เทคนิคการวิเคราะห์ระดับโมเลกุล เช่น โปรตีโอมิกส์ และเมตาโบโลมิกส์ หรือการใช้เทคโนโลยีการถ่ายภาพขั้นสูงเพื่อตรวจสอบการเจริญเติบโตของเซลล์

7. เทคโนโลยีเซนเซอร์และ IoT ได้แก่ การใช้เซนเซอร์อัจฉริยะเพื่อตรวจวัดและควบคุมสภาวะการเพาะเลี้ยง และการใช้ระบบ IoT ในการเก็บข้อมูลและควบคุมกระบวนการผลิต

8. เทคโนโลยีการแปรรูปอาหาร ได้แก่ การพัฒนาเทคนิคการแปรรูปที่เหมาะสมสำหรับเนื้อเพาะเลี้ยง การขึ้นรูป (สำหรับผลิตภัณฑ์ที่ต้องการรูปร่างเฉพาะ เช่น เนื้อชิ้นหรือเบอร์เกอร์) หรือการปรับปรุงเนื้อสัมผัสและรสชาติของผลิตภัณฑ์สุดท้าย

9. เทคโนโลยีการเก็บรักษา การบรรจุในบรรจุภัณฑ์ที่เหมาะสมเพื่อรักษาคุณภาพและยืดอายุการเก็บรักษา ในขั้นตอนนี้มีการใช้เทคโนโลยีที่ทันสมัย เช่น เทคโนโลยีการถนอมอาหาร เช่น การฉายรังสี หรือการใช้ความดันสูง เพื่อกำจัดจุลินทรีย์และยืดอายุการเก็บรักษา เทคโนโลยีบรรจุภัณฑ์แบบแอ็กทีฟ (Active packaging) บรรจุภัณฑ์ที่มีคุณสมบัติพิเศษ เช่น การดูดซับออกซิเจนหรือการปล่อยสารต้านจุลินทรีย์ เพื่อรักษาคุณภาพของผลิตภัณฑ์ เทคโนโลยีการตรวจสอบคุณภาพ เช่น การใช้เซนเซอร์ตรวจวัดคุณภาพและความปลอดภัยของผลิตภัณฑ์ก่อนการจำหน่าย การพัฒนาวิธีการเก็บรักษาเซลล์และเนื้อเยื่อในระยะยาว และการปรับปรุงอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์สุดท้าย

10. เทคโนโลยีการวิเคราะห์ข้อมูลขนาดใหญ่และ AI เช่น การใช้ machine learning ในการวิเคราะห์และปรับปรุงกระบวนการผลิต หรือการใช้ AI ในการออกแบบอาหารเลี้ยงเซลล์และสภาวะการเพาะเลี้ยงที่เหมาะสม

กฎหมายที่เกี่ยวข้องกับเนื้อสัตว์เพาะเลี้ยง (Cultured meat)

การพัฒนาและการจำหน่ายเนื้อสัตว์เพาะเลี้ยงมีความเกี่ยวข้องกับกฎหมายและระเบียบข้อบังคับหลายด้านซึ่งแตกต่างกันไปในแต่ละประเทศ ดังนี้

1. กฎหมายด้านความปลอดภัยอาหาร: ในหลายประเทศเนื้อสัตว์เพาะเลี้ยงถูกจัดอยู่ในหมวดหมู่ “อาหารใหม่” (Novel food) ซึ่งต้องผ่านการประเมินความปลอดภัยก่อนการวางจำหน่าย เช่น สหภาพยุโรป สหรัฐอเมริกา และสิงคโปร์

2. กฎหมายด้านการติดฉลากและการโฆษณา การติดฉลากและการโฆษณาเนื้อสัตว์เพาะเลี้ยงเป็นประเด็นที่มีการถกเถียงในหลายประเทศ โดยเฉพาะในเรื่องของการใช้คำ

ว่า “เนื้อสัตว์” (meat) กับผลิตภัณฑ์นี้ สหรัฐอเมริกาหลายรัฐ เช่น มิสซูรีและมอนทานา ได้ออกกฎหมายห้ามใช้คำว่า “เนื้อสัตว์” กับผลิตภัณฑ์ที่ไม่ได้มาจากสัตว์ที่เลี้ยงแบบดั้งเดิม ในขณะที่สหภาพยุโรป ยังไม่มีกฎระเบียบเฉพาะสำหรับการติดฉลากเนื้อสัตว์เพาะเลี้ยง แต่คาดว่าจะมีการพิจารณาในอนาคต (Alexandra and Cydnee 2022)

3. กฎหมายด้านทรัพย์สินทางปัญญา เทคโนโลยีการผลิตเนื้อสัตว์เพาะเลี้ยงเกี่ยวข้องกับนวัตกรรมหลายด้าน ทำให้การคุ้มครองทรัพย์สินทางปัญญามีความสำคัญ หลายบริษัทได้ยื่นจดสิทธิบัตรเกี่ยวกับเทคโนโลยีการผลิตเนื้อสัตว์เพาะเลี้ยง เช่น กระบวนการผลิต สูตรอาหารเลี้ยงเซลล์ และเทคนิคการสร้างโครงสร้างเนื้อเยื่อ แต่บางบริษัทก็เลือกที่จะปกป้องเทคโนโลยีของตนในรูปแบบของความลับทางการค้า แทนการจดสิทธิบัตร

4. กฎหมายด้านสวัสดิภาพสัตว์ แม้ว่าการผลิตเนื้อสัตว์เพาะเลี้ยงจะไม่เกี่ยวข้องกับการเลี้ยงสัตว์เต็มตัว แต่ยังมีประเด็นทางกฎหมายที่เกี่ยวข้องกับการใช้สัตว์ในการเก็บเซลล์ต้นกำเนิด หลายประเทศมีกฎหมายที่ควบคุมการใช้สัตว์เพื่อการทดลองทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งอาจครอบคลุมถึงการเก็บเซลล์เพื่อการผลิตเนื้อสัตว์เพาะเลี้ยง (Bhat *et al.* 2019)

การจำหน่ายเนื้อสัตว์เพาะเลี้ยง (Cultured meat) ในเชิงพาณิชย์

ปัจจุบันการจำหน่ายเนื้อสัตว์เพาะเลี้ยงในเชิงพาณิชย์ยังอยู่ในระยะเริ่มต้น โดยมีเพียงไม่กี่ประเทศที่อนุญาตให้มีการจำหน่าย สิงคโปร์เป็นประเทศแรกในโลกที่อนุมัติการจำหน่ายเนื้อสัตว์เพาะเลี้ยงในเชิงพาณิชย์ เมื่อปี ค.ศ. 2020 โดยบริษัท Eat Just ได้รับอนุญาตให้จำหน่ายเนื้อไก่เพาะเลี้ยงในสิงคโปร์ และผลิตภัณฑ์แรกที่วางจำหน่ายคือ นักเก็ตไก่ ภายใต้แบรนด์ GOOD Meat ต่อมาสหรัฐอเมริกาเป็นประเทศที่สองที่มีการอนุมัติให้จำหน่ายเนื้อสัตว์เพาะเลี้ยงเมื่อปี ค.ศ. 2023 โดยบริษัท GOOD Meat และ UPSIDE Foods ได้รับการอนุมัติจาก USDA ให้จำหน่ายเนื้อไก่เพาะเลี้ยงได้ และอิสราเอลเป็นประเทศที่สามที่มีการอนุมัติให้จำหน่ายเนื้อสัตว์เพาะเลี้ยงได้เมื่อปี ค.ศ. 2024 โดยบริษัท Aleph Farms ได้รับอนุมัติให้จำหน่ายเนื้อวัวเพาะเลี้ยงในอิสราเอล ในขณะที่หลายประเทศกำลังอยู่ในขั้นตอนการพิจารณากฎระเบียบและการอนุมัติการจำหน่ายเนื้อสัตว์เพาะเลี้ยง เช่น ญี่ปุ่น สหภาพยุโรป ออสเตรเลียและนิวซีแลนด์ เป็นต้น (Tech 2022)

บทสรุป

เนื้อสัตว์เพาะเลี้ยง (Cultured meat) เกิดขึ้นจากความต้องการแก้ปัญหาความยั่งยืนด้านสิ่งแวดล้อม สวัสดิภาพสัตว์ และความมั่นคงทางอาหาร ถือเป็นทางเลือกที่มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อยกว่าการผลิตเนื้อสัตว์แบบดั้งเดิม แนวคิดนี้มีมาตั้งแต่ต้นศตวรรษที่ 20 แต่การพัฒนาทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีทำให้เกิดความก้าวหน้าอย่างมากในช่วงทศวรรษที่ผ่านมา มีการพัฒนาเทคโนโลยีต่างเพื่อนำมาใช้ในการผลิตเนื้อสัตว์เพาะเลี้ยง และมีการพัฒนากฎระเบียบในหลายประเทศเพื่อรองรับการผลิตและจำหน่ายเนื้อสัตว์เพาะเลี้ยง ครอบคลุมด้านความปลอดภัยอาหาร การติดฉลาก ทรัพย์สินทางปัญญา สวัสดิภาพสัตว์และสิ่งแวดล้อม อย่างไรก็ตามแม้ว่าเนื้อสัตว์เพาะเลี้ยงจะมีศักยภาพสูงแต่เนื้อสัตว์เพาะเลี้ยงยังเผชิญกับความท้าทายหลายประการ เช่น ต้นทุนการผลิตที่สูง การพัฒนาเทคโนโลยีให้สามารถผลิตในระดับอุตสาหกรรม การสร้างการยอมรับจากผู้บริโภค และการพัฒนากฎระเบียบที่เหมาะสมในหลายประเทศ คาดว่าอุตสาหกรรมเนื้อสัตว์เพาะเลี้ยงจะเติบโตอย่างต่อเนื่อง โดยมีการคาดการณ์ว่าจะมีส่วนแบ่งการตลาดที่สำคัญในอนาคต อย่างไรก็ตามความสำเร็จจะขึ้นอยู่กับการพัฒนาเทคโนโลยี การลดต้นทุนการผลิต การปรับปรุงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ และการได้รับการยอมรับจากผู้บริโภค ซึ่งการเติบโตของอุตสาหกรรมเนื้อสัตว์เพาะเลี้ยงอาจส่งผลกระทบต่อเกษตรกรผู้เลี้ยงสัตว์แบบดั้งเดิม และอาจนำไปสู่การเปลี่ยนแปลงในห่วงโซ่อุปทานอาหารทั่วโลก ดังนั้นเนื้อสัตว์เพาะเลี้ยงถือเป็นนวัตกรรมที่มีศักยภาพในการแก้ปัญหาด้านความยั่งยืนและความมั่นคงทางอาหาร แม้จะยังมีความท้าทายหลายประการ แต่การพัฒนาอย่างต่อเนื่องทั้งในด้านเทคโนโลยีและกฎระเบียบ อาจทำให้เนื้อสัตว์เพาะเลี้ยงกลายเป็นส่วนสำคัญของระบบอาหารในอนาคต การติดตามพัฒนาการของอุตสาหกรรมนี้จึงมีความสำคัญทั้งในแง่ของนโยบายสาธารณะ การลงทุน และการเตรียมพร้อมสำหรับการเปลี่ยนแปลงในอนาคต

เอกสารอ้างอิง

- Alexandra S., and Cydnee B., 2022. What's the beef? Debates over cell-cultured meat. np.
- Arshad, Muhammad Sajid, Miral Javed, Muhammad Sohaib, Farhan Saeed, Ali Imran, and Zaid Amjad, 2017. Tissue engineering approaches to develop cultured meat from cells: A mini review. *Cogent Food & Agriculture*, **3**, p. 1320814.
- Ben-Arye, Tom, and Shulamit Levenberg, 2019. Tissue Engineering for Clean Meat Production, *Frontiers in Sustainable Food Systems*, **3**.
- Ben-Arye, Tom, Yulia Shandalov, Shahar Ben-Shaul, Shira Landau, Yedidya Zagury, Iris Ianovici, Neta Lavon, and Shulamit Levenberg, 2020. Textured soy protein scaffolds enable the generation of three-dimensional bovine skeletal muscle tissue for cell-based meat. *Nature Food*, **1**, pp. 210 - 20.
- Bhat, Z. F., Morton, J. D., Mason, S. L., Bekhit, A. E. A. and Bhat, H. F., 2019. Technological, regulatory, and ethical aspects of in vitro meat: A future slaughter-free harvest. *Compr Rev Food Sci Food Saf*, **18**, pp. 1192-208.
- Bonny, Sarah P. F., Graham E. Gardner, David W. Pethick, and Jean-François Hocquette, 2015. What is artificial meat and what does it mean for the future of the meat industry?. *Journal of Integrative Agriculture*, **14**, pp. 255-63.
- Churchill, W., 1931. *Fifty Years Hence* (The Strand Magazine). np.
- Post, M. J., 2012. Cultured meat from stem cells: challenges and prospects. *Meat Sci*, **92**, pp. 297-301.
- Rubio, Natalie, Isha Datar, David Stachura, David Kaplan, and Kate Krueger, 2019. Cell-based fish: A novel approach to seafood production and an opportunity for cellular agriculture. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, **3**.
- Specht, Elizabeth A., David R. Welch, Erin M. Rees Clayton, and Christie D. Lagally, 2018. Opportunities for applying biomedical production and manufacturing methods to the development of the clean meat industry. *Biochemical Engineering Journal*, **132**, pp. 161-68.
- Tech, Labrat, 2022. Lab Grown Meat Ag2030. [online]. Available at: https://www.nysf.edu.au/wp-content/uploads/2022/02/2_Innovation-Proposal_Eve-Tsolakidis-Francesca-Dobbie-Monique-Andjelic-and-Kiara-Hemetsberger.pdf.
- Tuomisto, H. L. and Teixeira de Mattos , M.J., 2011. Environmental impacts of cultured meat production. *Environ Sci Technol*, **45**, pp. 6117-23.
- Van Eelen, W. F., Van Kooten, W. J. and Westerhof, W., 1999. *Industrial production of meat from in vitro cell cultures*. Natherland. Patent No. WO/1999/031223.
- Zhang, Guoqiang, Xinrui Zhao, Xueliang Li, Guocheng Du, Jingwen Zhou, and Jian Chen, 2020. Challenges and possibilities for bio-manufacturing cultured meat. *Trends in Food Science & Technology*, **97**, pp. 443-50.