

## แนวทางการสร้างเนื้อไก่ฟังก์ชันด้วยอัตลักษณ์ไก่พื้นเมืองไทย

### Creative approach for functional chicken meat by identity of Thai native chicken

สุกัญญา เจริญศิลป์<sup>1</sup>, วุฒิไกร บุญคุ้ม<sup>1,2</sup>, สุภูมิตร เมฆฉาย<sup>3</sup> และ มนต์ชัย ดวงจินดา<sup>1,2\*</sup>

Sukanya Charoensin<sup>1</sup>, Wuttigrai Boonkum<sup>1,2</sup>, Supamit Mekchay<sup>3</sup>  
and Monchai Duangjinda<sup>1,2\*</sup>

<sup>1</sup> ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น ขอนแก่น 40002

<sup>2</sup> Department of Animal Science, Faculty of Agricultural, Khon Kaen University, Khon Kaen 40002

<sup>3</sup> ศูนย์เครือข่ายวิจัยด้านการปรับปรุงพันธุ์และโอมิกส์ทางสัตว์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น ขอนแก่น 40002

<sup>2</sup> Network Center for Animal Breeding and Omics Research, Faculty of Agricultural, Khon Kaen University, Khon Kaen 40002

<sup>3</sup> ภาควิชาสัตวศาสตร์และสัตว์น้ำ สาขาวิชาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ เชียงใหม่ 50200

<sup>3</sup> Department of Animal and Aquatic Science, Faculty of Agriculture, Chiang Mai University, Chiang Mai, 50200

**บทคัดย่อ:** การเขียนบทความวิชาการฉบับนี้มีวัตถุประสงค์ 1) เพื่อค้นหาสารสำคัญที่โดดเด่นและมีศักยภาพในการบ่งชี้อัตลักษณ์ด้านการเป็นอาหารสุขภาพของไก่พื้นเมือง 2) เพื่อเสนอแนวทางการสร้างเนื้อฟังก์ชันของไก่พื้นเมือง เพื่อเป็นข้อมูลในการวางแผนเป้าหมายการปรับปรุงพันธุ์ไก่พื้นเมืองให้ตอบโจทย์ด้านการเป็นอาหารสุขภาพและเพิ่มทางเลือกให้กับผู้บริโภคที่รักสุขภาพในอนาคตต่อไป จากการรวบรวมผลงานวิจัยพบว่า ACE-I inhibitor, anserine และ พิวรีน เป็นสารสำคัญที่มีความโดดเด่นและมีศักยภาพในการเป็นอัตลักษณ์ด้านการเป็นอาหารสุขภาพของไก่พื้นเมือง เนื่องจาก anserine มีคุณสมบัติที่โดดเด่นทำหน้าที่เป็น anti-oxidant, anti-aging และ anti-lactic acid ส่วน ACE-I inhibitor เป็นโปรตีนตัวหลักในการควบคุมเมแทบอลิซึมป้องกันการเกิดโรคความดันโลหิตสูง ขณะที่พิวรีนมีปริมาณสูงในเนื้อไก่เมื่อเทียบกับสัตว์ชนิดอื่น ดังนั้นจึงเป็นโจทย์วิจัยที่น่าสนใจและท้าทายในการพัฒนาปริมาณ ACE-I inhibitor และ anserine ในเนื้อไก่ให้เพิ่มขึ้น และปรับปรุงปริมาณพิวรีนในเนื้อไก่ให้ลดลง บทความวิชาการฉบับนี้ จึงนำเสนอสารสำคัญทั้ง 3 ชนิด มาเป็นแนวทางในการพัฒนาเนื้อไก่ฟังก์ชัน ซึ่งมีความเป็นไปได้ทั้งหมด 4 แนวทาง ได้แก่ แนวทางที่ 1: High ACE-I inhibitor line แนวทางที่ 2: High-anserine line และแนวทางที่ 3: Low purine line และแนวทางที่ 4: 2High (high anserine-high ACE-I inhibitor peptidase)+1Low (Low purine) line ซึ่งแนวทางที่ 4 น่าจะเป็นแนวทางที่น่าจะตอบโจทย์ผู้บริโภคมากที่สุด เนื่องจากเป็นแนวทางที่ทำการคัดเลือกทั้ง 3 ลักษณะไปพร้อมกัน เพื่อเน้นสร้างจุดขายเนื้อไก่ 2High+1Low ให้มีความพิเศษกับคนเป็นโรคเกาต์หนักกลับมาบริโภคเนื้อไก่ได้ตามความเหมาะสมและยังสามารถช่วยต้านโรคความดันโลหิตสูงและโรคหัวใจที่สำคัญเป็นแหล่งของสารต้านอนุมูลอิสระที่สำคัญช่วยให้สุขภาพแข็งแรง ซึ่งจากข้อมูลข้างต้นน่าจะเป็นประโยชน์ในการเปิดตลาดใหม่เพื่อเป็นทางเลือกให้กับกลุ่มนักกีฬาและคนที่ชอบออกกำลังกายตามฟิตเนสต่างๆ ที่กำลังขยายตัวอย่างรวดเร็ว โดยเน้นประชาสัมพันธ์เป็นเนื้อไก่ 2High+1Low กินแล้วเพิ่ม endurance ในการออกกำลังกาย ไม่เกิดความเมื่อยล้าของกล้ามเนื้อ หรือแปรรูปเป็นอกไก่สกัด (chicken breast extract) เพื่อยกระดับการแข่งขันตลาดอาหารสุขภาพของไก่พื้นเมืองไปในระดับอุตสาหกรรมต่อไป

**คำสำคัญ:** anserine; พิวรีน; ACE-I inhibitor; อัตลักษณ์ไก่พื้นเมือง; สารสำคัญ

**ABSTRACT:** The aims of this article were to 1) Identify potential bioactive compounds in Thai native chicken and 2) develop a novel approach to usable functional chicken meat based on the identity of Thai native chickens that advantage in furthering the breeding goal. According to a literature review and previous research findings, anserine, an ACE-I inhibitor, has the potential to be dominant in native chicken meat and has a positive impact on human health, as opposed to purine, which has a negative impact on human health. Anserine is good sources of antioxidant

\* Corresponding author: [monchai@kku.ac.th](mailto:monchai@kku.ac.th)

Received: date; April 19, 2021 Accepted: date; August 27, 2021 Published: date; February 5, 2022

substances, anti-aging and anti-lactic acid. ACE-I inhibitor is the key protein in metabolic regulation that prevents the onset of hypertension, while purine is higher in poultry meat than other species. From above information, the discovery of increased amounts of ACE-I inhibitor and anserine in Thai native chicken is an intriguing and challenging research question. Purine level in chicken flesh was also reduced. According to information presented above, there are four approaches to developing functional chicken meat. 1) High ACE-I inhibitor line development, 2) High-anserine line development, 3) Low purine line development and 4) 2High (high anserine-high ACE-I inhibitor peptidase) + 1Low (Low purine) line development. The 4<sup>th</sup> approach seems to be the most likely to satisfy/meet customer demands, because it selects all of three traits at once. This presents a great opportunity and a compelling case for promoting Thai native chicken as a functional chicken meat that is especially useful for those with gout, allowing them to eat chicken as needed while simultaneously preventing hypertension and heart disease. More importantly, it is a good source of antioxidants, which have a beneficial effect on human health. From the data shown above, it would be beneficial to look into new markets for athletes and fitness enthusiasts, such as boosting exercise endurance without producing muscle weariness by promoting 2High + 1Low. Alternatively, to increase competition in the healthy food market industrial, local chicken meat can be processed into chicken breast extract.

**Keywords:** anserine; purine; ACE-I inhibitor; native chicken identity; bioactive compounds

## บทนำ

ไก่พื้นเมืองเป็นแหล่งพันธุกรรมที่สำคัญด้านความมั่นคงทางอาหารของหลายประเทศรวมถึงประเทศไทยและถือว่าเป็นสัตว์เศรษฐกิจที่สำคัญกับเกษตรกรและผู้ประกอบการ ซึ่งปัจจุบันเกษตรกรไม่เพียงแต่เลี้ยงเป็นอาชีพเสริมแต่บางรายให้ความสนใจหันมาเลี้ยงไก่พื้นเมืองไทยเป็นอาชีพหลัก จากการวิจัยที่ผ่านมานักวิชาการให้ความสำคัญกับการศึกษาวิจัยไก่พื้นเมืองไทยเกี่ยวกับอัตลักษณ์ด้านกายภาพ (physical properties) และอัตลักษณ์ด้านประสาทสัมผัส (sensory properties) รวมถึงประเทศในแถบเอเชียที่ให้ความสำคัญในการปรับปรุงพันธุ์ไก่พื้นเมืองที่เน้นคัดเลือกลักษณะประจำพันธุ์ตามอุดมทัศน์ (standard of perfection) และลักษณะสมรรถนะการเจริญเติบโตและการให้ผลผลิตไข่ (Faruque et al., 2013; Manjula et al., 2018; Tongsiri et al., 2019) รวมถึงประเทศไทย โดยศูนย์เครือข่ายวิจัยและพัฒนาการปรับปรุงพันธุ์สัตว์ (ไก่พื้นเมือง) ร่วมมือกับกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) ได้ปรับปรุงพันธุ์ไก่พื้นเมืองพันธุ์ประดู่หางดำ มข. 55 และพันธุ์ซี เคเคยู 12 ภายใต้เป้าหมายการปรับปรุงพันธุ์ (breeding goal) โตดี-ไข่ดก-ออกกว้าง จนประสบความสำเร็จได้รับความนิยมจากเกษตรกรและผู้ประกอบการในการนำไก่พื้นเมืองไทยไปใช้ประโยชน์กระจายไปทั่วประเทศรวมถึงประเทศเพื่อนบ้าน โดยให้ความสำคัญกับการสร้างการรับรู้ด้านสมรรถนะการผลิตเพื่อให้เห็นถึงความคุ้มค่าต่อการลงทุนของเกษตรกรผู้ผลิตและผู้ประกอบการ อย่างไรก็ตามในบริบทปัจจุบันกระแสความนิยมในการบริโภคอาหารที่คำนึงถึงสุขภาพเพิ่มขึ้น โดยผู้บริโภคไม่เพียงแต่พิจารณาถึงอาหารเป็นเพียงสิ่งที่จำเป็นพื้นฐานของร่างกายรวมถึงปัจจัยด้านราคาเท่านั้น หากแต่การตัดสินใจซื้อของผู้บริโภคยังคำนึงถึงสารสำคัญในอาหาร ที่มีผลต่อสุขภาพ ลดความเสี่ยงของการเกิดโรค และส่งเสริมการทำงานอื่นๆ ของร่างกายเรียกออาหารนี้ว่า “อาหารสุขภาพหรืออาหารฟังก์ชัน” (functional food) (Martirosyan and Singh, 2015) นอกจากนี้ผู้บริโภคยังเกิดมุมมองใหม่เกี่ยวกับอาหารเป็นปัจจัยสำคัญในการกำหนดสุขภาพ ดังคำกล่าวที่ว่า กินอาหารให้เป็นยาและอย่ากินยาเป็นอาหาร “Let food be thy medicine and medicine be thy food” (Roberfroid, 2000; Stanton et al., 2005)

ดังนั้นเพื่อให้สอดคล้องกับบริบทกระแสความนิยมในการบริโภคอาหารสุขภาพของผู้บริโภคยุคปัจจุบัน การปรับปรุงพันธุ์ไก่พื้นเมืองไทยควรหันมาให้ความสำคัญกับการกำหนดเป้าหมายปรับปรุงพันธุ์ (breeding goal) ให้สอดคล้องกับความต้องการของผู้บริโภคในยุคปัจจุบัน ทั้งนี้ที่ผ่านมาการศึกษาวิจัยข้อมูลเชิงลึกด้านคุณภาพเนื้อของไก่พื้นเมืองไทยเพื่อบ่งชี้การเป็นอาหารสุขภาพถือว่ามีศึกษาน้อย จากรายงานผลงานวิจัย Wattanachant et al. (2005) และ Jaturasitha et al. (2008) ศึกษาคุณภาพเนื้อไก่พื้นเมืองไทยพบว่ามีรสชาติอร่อย (taste) เนื้อสัมผัส (texture) มีความเฉพาะตัวเนื้อมีความแน่น (firmness) และฉ่ำ (juiciness) มีปริมาณโปรตีนสูง ไขมันต่ำกว่าไก่เนื้อทางการค้า ซึ่งข้อมูลดังกล่าวอาจยังไม่เพียงพอในการตอบโจทย์ผู้บริโภคในยุคปัจจุบันที่หันมาให้ความสนใจบริโภคอาหารที่คำนึงถึงสุขภาพเพิ่มขึ้น ดังนั้นการศึกษาวินิจฉัยการค้นหาราสารสำคัญ (bioactive compounds) ที่โดดเด่นเพื่อบ่งชี้ศักยภาพหรืออัตลักษณ์เชิงลึกของไก่พื้นเมืองเพื่อยกระดับเนื้อไก่พื้นเมืองให้เป็นอาหารสุขภาพ/อาหารฟังก์ชันจึงเป็นโจทย์วิจัยที่ท้าทายและน่าสนใจ จากการรวบรวมประโยชน์ของสารสำคัญในเนื้อไก่ พบว่ามีสารสำคัญที่น่าสนใจและเปิดมุมมองใหม่ให้กับ

นักวิชาการในการพัฒนาเนื้อไก่ฟังก์ชันเพื่อยกระดับการแข่งขันของตลาดอาหารสุขภาพในอนาคต ได้แก่ Angiotensin-I converting enzyme inhibitory peptides (ACE-I inhibitory peptides) ซึ่งมีคุณสมบัติเป็นโปรตีนออกฤทธิ์ (bioactive peptide) ที่ช่วยลดความเสี่ยงของการเกิดโรคความดันโลหิตสูง (hypertension) (Ahhmed and Muguruma, 2010) นอกจากนี้ยังมี สารสำคัญที่ทำหน้าที่เป็นทั้งสารชะลอความแก่ (anti-aging) และสารต้านอนุมูลอิสระ (anti-oxidant) ได้แก่ creatine, betaine, anserine, L-carnitine และ carnosine รวมถึงมีการใช้ประโยชน์ Collagen type II จากกระดูกอ่อนไก่มาใช้ในการเสริมของกระดูกอ่อนบริเวณข้อต่อ (Wei et al., 2009; Bagi et al., 2017) อย่างไรก็ตามยังมีสารสำคัญที่ส่งผลเชิงลบต่อสุขภาพเนื่องจากการบริโภคอาหารบางตัวที่มากเกินไปทำให้เป็นสาเหตุของการเกิดโรคเรื้อรัง (chronic disease) อาทิเช่น การบริโภคอาหารที่มีคอเลสเตอรอลสูงเกินความต้องการมีความเสี่ยงต่อการเกิดโรคหัวใจและความดันโลหิตสูง ในขณะที่หากมีปริมาณกรดยูริก (uric acid) ในเลือดสูงเกิน 6.8 mg/dL ถือว่าอยู่ในภาวะกรดยูริกในเลือดสูง (hyperuricemia) และเสี่ยงต่อการเกิดโรคเกาต์ (gout) โดยสาเหตุหลักของการมีปริมาณกรดยูริกสูงมาจากการบริโภคอาหารที่มีพิวรีนสูง ซึ่งในเนื้อไก่ถือว่าปริมาณพิวรีนสูงเมื่อเทียบกับสัตว์ชนิดอื่น ด้วยเหตุนี้คนที่ป่วยเป็นโรคเกาต์และคนที่อยู่ในภาวะกรดยูริกในเลือดสูงจึงหลีกเลี่ยงการบริโภคเนื้อไก่ และยังพบว่าผู้ป่วยที่มีปริมาณกรดยูริกสูงไม่เพียงแต่เสี่ยงต่อการเกิดโรคเกาต์แต่ยังเสี่ยงต่อการเกิดโรคความดันโลหิตสูงด้วย (Ahhmed and Muguruma, 2010) จากผลงานวิจัยที่กล่าวมาข้างต้นแสดงให้เห็นว่าในเนื้อไก่มีสารสำคัญหลายตัวที่น่าสนใจและมีศักยภาพน่าจะเป็นอัตลักษณ์ด้านการเป็นอาหารสุขภาพของไก่พื้นเมือง อย่างไรก็ตามยังไม่สามารถบ่งชี้ได้ว่าสารสำคัญตัวไหนที่โดดเด่นเหมาะที่จะนำมาเป็นแนวทางในการพัฒนาเนื้อไก่ฟังก์ชัน (functional chicken meat) ทั้งนี้เพื่อเป็นประโยชน์ในการยืนยัน ได้ว่าไก่พื้นเมืองเป็นอาหารสุขภาพ อีกทั้งเพิ่มความมั่นใจและตอบโจทย์ผู้บริโภคกลุ่มที่รักสุขภาพ และส่งเสริมให้ผู้บริโภคมีสุขภาวะที่ดีขึ้น รวมถึงเป็นข้อมูลในการกำหนดเป้าหมายการปรับปรุงพันธุ์ในอนาคตต่อไป ดังนั้นบทความวิชาการฉบับนี้มีวัตถุประสงค์ 1) เพื่อค้นหาสารสำคัญที่โดดเด่นและมีศักยภาพในการบ่งชี้อัตลักษณ์ด้านการเป็นอาหารสุขภาพของไก่พื้นเมือง 2) เพื่อเสนอแนวทางการสร้างเนื้อฟังก์ชันของไก่พื้นเมือง เพื่อเป็นแนวทางวางแผนปรับปรุงพันธุ์ให้มีการเพิ่ม/ลดสารสำคัญบางชนิดให้ตอบโจทย์ด้านสุขภาพและเพิ่มทางเลือกในการบริโภคไก่พื้นเมืองสำหรับผู้บริโภคที่รักสุขภาพในอนาคตต่อไป

## 1. สารสำคัญที่โดดเด่นและมีศักยภาพเหมาะที่จะเป็นอัตลักษณ์ด้านอาหารสุขภาพของไก่พื้นเมือง

จากการรวบรวมผลงานวิจัยดังแสดงใน Table 1 ในเนื้อไก่พื้นเมืองมีปริมาณสารสำคัญ (bioactive compounds) มากกว่าเนื้อสัตว์ชนิดอื่นหลายเท่า เช่น ACE-I inhibitor peptidase, anserine, carnosine และพิวรีน ซึ่งสารสำคัญเหล่านี้ถือว่าเป็นสารสำคัญที่มีความโดดเด่นและมีศักยภาพในการเป็นอัตลักษณ์ด้านสุขภาพของไก่พื้นเมืองและควรนำมาเป็นแนวทางในการสร้างเนื้อไก่ฟังก์ชัน โดยพิจารณาดังนี้ 1) มีปริมาณสูงในไก่พื้นเมืองและส่งเสริมเชิงบวกกับสุขภาพความงามและการออกกำลังกาย ได้แก่ anserine และ carnosine ซึ่งมีคุณสมบัติเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ เป็นสารช่วยชะลอความแก่, anti-glycation และ anti-lactic acid เหมาะที่จะนำมาเป็นแนวในการพัฒนาไก่พื้นเมืองให้มีปริมาณสารเหล่านี้เพิ่มสูงขึ้น 2) มีปริมาณสูงในไก่พื้นเมืองแต่ส่งเสริมเชิงลบกับสุขภาพ คือพิวรีนเหมาะที่จะนำมาเป็นแนวในการพัฒนาไก่พื้นเมืองให้มีปริมาณสารเหล่านี้ลดลง 3) เป็นตัวหลักในการควบคุมกลไกการเกิดโรค ได้แก่ ACE-I inhibitor peptidase ซึ่งเป็นสารสำคัญที่ทำหน้าที่เป็นตัวยับยั้ง (inhibitors) การทำงานของเอนไซม์ ACE ซึ่งเป็นเอนไซม์หลักในการกระตุ้นการเกิดโรคความดันโลหิตสูงในร่างกาย ดังนั้นสารสำคัญที่กล่าวมาข้างต้นจึงเหมาะที่จะนำมาเป็นแนวทางในการพัฒนาให้ไก่พื้นเมืองมีปริมาณเพิ่มขึ้นและบางตัวเหมาะในการพัฒนาให้ลดลง ดังแสดงใน Figure 1

**Table 1** Comparison of endogenous bioactive compounds

| Potential bioactive compounds                                                    | Functionality                                      | Native chicken        | Broiler           | Black-Bone  | Beef         | Reference                                     |
|----------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------|-----------------------|-------------------|-------------|--------------|-----------------------------------------------|
| <b>High content and positive effect on health, beauty and exercise (mg/100g)</b> |                                                    |                       |                   |             |              |                                               |
| Anserine                                                                         | Anti-aging,<br>Anti-glycation,<br>Anti-lactic acid | 809                   | 647               | 631         | 66.8<br>42.9 | Liu et al. (2011); Kojima et al. (2014)       |
| Carnosine                                                                        | Anti-aging,<br>Anti-glycation,<br>Anti-diabetes    | 808                   | 404               | -           | -            | Charoensin et al. (2021)                      |
|                                                                                  |                                                    | 455                   | 417               | 798         | 372          | Liu et al. (2011); Kojima et al. (2014)       |
| <b>High content and negative effect on health (mg/100g)</b>                      |                                                    | <b>Native chicken</b> | <b>Broiler</b>    | <b>Pork</b> | <b>Beef</b>  |                                               |
| Purine base                                                                      | Gout                                               | -                     | 141.2             | 90.9        | 90.2         | Kaneko et al. (2014)                          |
| Uric acid in breast                                                              | Gout                                               | -                     | 171.8             | 110.9       | 109.3        | Kaneko et al. (2014)                          |
| (calculated from molecular weight of uric acid)                                  |                                                    |                       |                   |             |              |                                               |
| <b>Major bioactive peptides in mechanism to control health</b>                   |                                                    |                       |                   |             |              |                                               |
| ACE-I inhibitor                                                                  | Anti-hypertension                                  | 91.64                 | 86.76             | -           | -            | Sangsawad et al. (2017)                       |
| <b>Taste - bioactive compound (mg/100 g)</b>                                     |                                                    |                       |                   |             |              |                                               |
| IMP                                                                              | Good taste                                         | 197.24-<br>446.30     | 153.90-<br>213.27 | -           | -            | Jung et al. (2013);<br>Jayasena et al. (2015) |
| Glutamic                                                                         | Good taste                                         | 18.09-<br>28.51       | 16.57-<br>18.80   | -           | -            | Jin et al. (2017);<br>Manjula et al. (2018)   |
| <b>General bioactive compounds (mg/100g)</b>                                     |                                                    |                       |                   |             |              |                                               |
| L-Carnitine                                                                      | Fat metabolism                                     | 5.18                  | 5.76              | -           | -            | Jayasena et al. (2015)                        |
| Betaine                                                                          | Source of methyl groups                            | 6.31                  | 11.9              | -           | -            | Jayasena et al. (2015)                        |

## 2. สารสำคัญที่มีหน้าส่งเสริมเชิงบวกกับสุขภาพ

### 2.1 Anti-blood pressure function

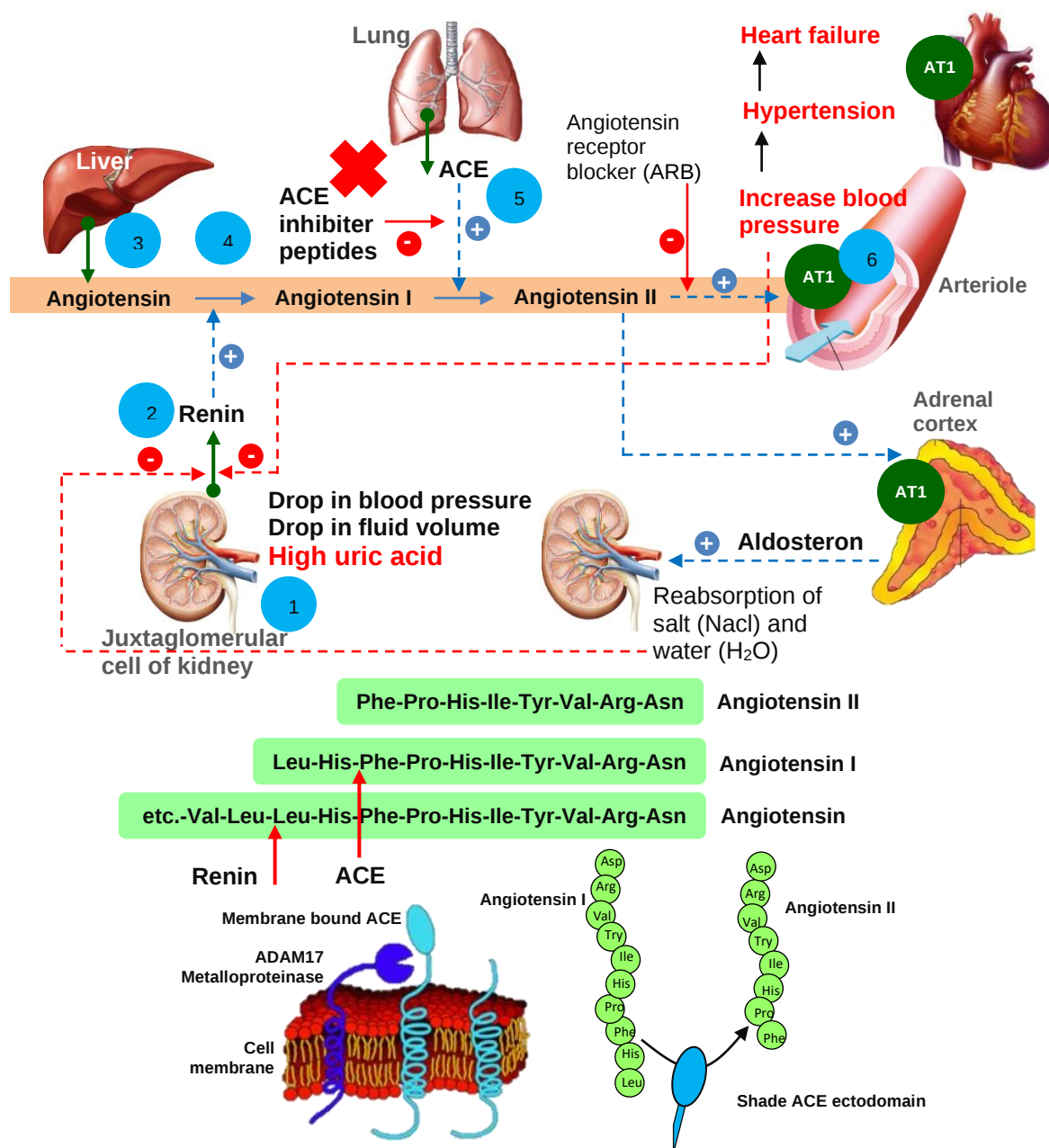
Angiotensin-I converting enzyme inhibitory peptides (ACE inhibitory peptides) เป็นสารสำคัญประเภทโปรตีนออกฤทธิ์ (bioactive peptides) ที่ทำหน้าที่เป็นตัวยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ ACE ซึ่งเป็นเอนไซม์หลักในการควบคุมการทำงานของระบบ rennin- angiotensin-aldosterone system (RAAS) ซึ่งเป็นกระบวนการที่เกี่ยวข้องกับการควบคุมความดันโลหิตของร่างกาย โดยเอนไซม์ ACE ทำหน้าที่เปลี่ยนฮอร์โมน angiotensin-I (Ag I) เป็น angiotensin-II (Ag II) ซึ่ง Ag II จัดเป็นฮอร์โมนหลักในการควบคุมการเกิดโรคความดันโลหิตสูงในร่างกาย โดย Ag II ช่วยในการกระตุ้นการทำงานผ่าน receptor type 1 (AT1) ที่อยู่บริเวณเยื่อ

ของเส้นเลือด arteriole ทำให้เส้นเลือดเกิดการหดตัว (vasoconstriction) จึงทำให้เกิดความดันโลหิตสูง ดังแสดงใน **Figure 1** ทั้งนี้ความดันโลหิตสูงเป็นสาเหตุหลักในการเกิดโรคหัวใจ (Saiga et al., 2008; Terashima et al., 2010; Erwanto et al., 2014) โดยภาวะที่ร่างกายมีความดันโลหิตสูงจะกระตุ้นให้ ACE inhibitors ทำงาน โดยจะไปยับยั้งเอนไซม์ ACE ไม่ให้เปลี่ยน Ag I เป็น Ag II ทำให้ความดันโลหิตลดลง ในวงการแพทย์มีการใช้ยา ACE inhibitors และ angiotensin II receptor blockers (ARBs) ในการรักษาผู้ป่วยโรคหัวใจและความดันโลหิตสูง

### 3. สารสำคัญที่มีหน้าที่ส่งเสริมเชิงบวกกับสุขภาพความงามและการออกกำลังกาย

#### 3.1 Anti-aging function

มิติใหม่ของการเพิ่มมูลค่าทางการผลิตสัตว์ปีกให้เป็นทั้งอาหารสุขภาพและความงาม ทั้งนี้ไก่พื้นเมืองมีสารสำคัญประเภทโปรตีนออกฤทธิ์ (bioactive peptides) ที่มีคุณสมบัติเป็นสารชะลอความแก่ (anti-aging) เป็นสารต้านอนุมูลอิสระ (anti-oxidant) และที่สำคัญสามารถยับยั้งกระบวนการไกลเคชัน (anti-glycation) (Peiretti et al., 2011) ) ซึ่งถือว่าเป็นปัจจัยสำคัญในการกำหนดสุขภาพความงาม ได้แก่ anserine และ carnosine เป็นต้น ซึ่งเป็นสารสำคัญที่มีโครงสร้างเป็นโปรตีนสายสั้น (natural dipeptide) โดยโครงสร้างของ carnosine ประกอบด้วย  $\beta$ -alanyl-L-histidine และ anserine เป็นอนุพันธ์ของ carnosine ที่มีการเติมหมู่เมทิล (methyl group) โดยการทำงานของเอนไซม์ N-methyltransferase จึงมีโครงสร้างเป็น  $\beta$ -alanyl-L-N-methyl-L-histidine ทำหน้าที่ยับยั้งการทำงานของอนุมูลอิสระ (free radicals) เช่น thiobarbituric acid reactive species (TBARS) inhibition, metal chelating activity, 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) และ reactive oxygen species (ROS) เป็นต้น หากอนุมูลอิสระเหล่านี้สะสมในร่างกายมากจนเกินไปจนทำให้ anti-oxidant ในร่างกายไม่เพียงพอต่อการรักษาสมดุลนำไปสู่การเกิด oxidative stress ส่งผลเสียต่อระดับ nucleic acid ทำให้เกิดการกลายพันธุ์ (mutation) และกระตุ้นการหดสั้นของดีเอ็นเอ (telomere shortening) มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของโปรตีนและการเกิด lipid oxidation ซึ่งกระบวนการเหล่านี้ถือว่าเป็นปัจจัยสำคัญต่อการกระตุ้นการเสื่อมสภาพของร่างกาย (aging) (Masaki, 2010; Islam and Pervin, 2011; Hipkiss et al., 2016) อย่างไรก็ตามปัจจัยที่สามารถยับยั้งการเสื่อมสภาพของร่างกาย หรือ anti-aging ได้แก่ anserine และ carnosine เป็นต้น ซึ่งมีคุณสมบัติเป็น anti-oxidant จากการศึกษาของ Hsieh et al. (2002) ยืนยันได้ว่า anserine และ carnosine สามารถยับยั้งการทำงานของอนุมูลอิสระ ได้แก่  $\text{Fe}^{2+}$ ,  $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{Zn}^{2+}$  และ  $\text{H}_2\text{O}_2$  ได้อย่างมีประสิทธิภาพ เนื่องจากเมื่อร่างกายมีปริมาณ  $\text{Zn}^{2+}$  มากเกินไปจะเสี่ยงต่อการเกิด neurotoxicity และส่งผลให้เกิดโรคอัลไซเมอร์ (alzheimer's disease; AD) และภาวะโรคสมองเสื่อม (vascular dementia; VD) นอกจากนี้การทำงานร่วมกันของ  $\text{Cu}^{2+}$  และ  $\text{Zn}^{2+}$  มีผลต่อประสิทธิภาพการทำงานของเซลล์ลดลงมากกว่าตัวอื่นๆ (Mori et al., 2015; Tanaka and Kawahara, 2017)



**Figure 1** Mechanism of ACE inhibitors to inhibit rennin- angiotensin-aldosterone system (RAAS) and ACE structure

Modified from Cristina et al. (2019); Serfozo et al. (2020)

### 3.2 Anti-glycation function

กระบวนการไกลเคชัน (glycation) หรือ Maillard reaction เป็นกระบวนการที่สำคัญต่อการเสื่อมสภาพการทำงานของเซลล์และร่างกาย (aging) ซึ่งเกิดจากการสร้างพันธะทางเคมีระหว่างโมเลกุล (crosslinking) หรือการ schiff's base ของโมเลกุลน้ำตาลกับโปรตีน ไขมัน หรือ DNA โดยไม่ได้อาศัยการทำงานของเอนไซม์ เช่น amadori product และ advanced glycation end-products (AGEs) เป็นต้น ซึ่งสารดังกล่าวเป็นสารประกอบที่เกิดจากการจับกันของโมเลกุลน้ำตาลกับโปรตีนโดยเฉพาะ collagen ทำให้ collagen ถูกทำลายและส่งผลให้เกิดริ้วรอย (Gkogkolou and Bohm, 2012; Fessel et al., 2014; Bingul et al., 2017) ดังนั้น AGEs จึงเป็นตัวชี้วัด (biomarker) ที่สำคัญในการบ่งชี้การแก่ของเซลล์และชราก่อนวัยอันควรและเป็นสาเหตุหลักต่อภาวะเสี่ยงการเกิดโรคเบาหวาน

(diabetes) เนื่องจากภาวะที่ร่างกายมีปริมาณน้ำตาลสูงจะกระตุ้นให้เกิดการสร้าง AGEs มากขึ้น (Zuck et al., 2017) โดย AGEs สามารถกระตุ้นสัญญาณผ่าน scavenging receptors (RAGEs) เหนี่ยวนำให้เกิด reactive oxygen species (ROS) ส่งผลให้เซลล์บริเวณนั้นตายหรือเสื่อมสภาพในการทำงานและก่อให้เกิดโรคอัลไซเมอร์ อีกทั้งยังเป็นสาเหตุของโรคความดันโลหิตสูง เนื่องจากโมเลกุลของน้ำตาลไปเกาะโปรตีนในหลอดเลือดและส่งผลให้ความยืดหยุ่นของหลอดเลือดลดลง (Hipkiss and Brownson, 2000) จากผลงานวิจัยก่อนหน้า รายงานว่า ไก่อายุ 20 สัปดาห์จะสามารถสร้าง anserine และ carnosine ได้มากกว่าไก่อายุ 90 สัปดาห์ โดยชี้วัดด้วยค่าปฏิกิริยาการยับยั้งระหว่าง anserine และ carnosine ต่อปฏิกิริยาการยับยั้ง anti-glycation activity เท่ากับ 57.19 และ 52.39% ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่าการพัฒนาไก่พื้นเมืองให้มีปริมาณ anserine และ carnosine เพิ่มขึ้น จึงถือว่าเป็นโจทย์ที่ท้าทายและน่าสนใจในการยกระดับตลาดอาหารสุขภาพของไก่พื้นเมือง (Kim et al., 2014)

### 3.3 Anti-lactic function

มิติใหม่ของวงการนักกีฬาหรือคนที่ชอบออกกำลังกายกำลังให้ความสนใจกับการกินเนื้อไก่สกัด (chicken breast extract; CBEX™) ที่มี carnosine และ anserine เพื่อเพิ่มสมรรถภาพของร่างกายให้มีความทนทาน (endurance) ทดแทนการกินผลิตภัณฑ์เออร์โกเจนิค (ergogenic) มากขึ้น โดยมีผลข้างเคียงต่อการทำงานของไตหนักเกินไปเพื่อกำจัดโปรตีนเออร์โกเจนิคส่วนเกินออกจากร่างกาย ซึ่งขณะที่ออกกำลังกายกล้ามเนื้อจะมีการผลิตกรดแลคติก (lactic acid/lactate + H<sup>+</sup>) ส่งผลให้กล้ามเนื้อเกิดความเมื่อยล้า (muscle fatigue) นักกีฬาก็มีความทนทานลดลง ทั้งนี้ carnosine และ anserine ถือว่าเป็นยาชูกำลังตัวใหม่ที่ทำหน้าที่ปรับความเป็นกรดต่างในร่างกายให้เป็นกลาง (pH buffer) และช่วยในการปรับความเป็นกรดต่างของกล้ามเนื้อให้ลดลงทำให้ นักกีฬาหรือคนที่ออกกำลังกายมีความทนทานเพิ่มขึ้น (Harada et al., 2002) จากการศึกษาของ Maemura et al. (2006); Sato et al. (2008) รายงานว่า คนที่บริโภค chicken breast extract ที่มี carnosine และ anserine ปริมาณ 4 กรัม/วัน ติดต่อกัน 30 วัน จะมีปริมาณ lactate ในเลือดน้อยกว่าและมีความทนทานมากกว่าคนที่ดื่มยาหลอก นอกจากนี้ (Yeum et al., 2010) ยังแสดงให้เห็นว่าภายหลังบริโภคเนื้อไก่ การออกฤทธิ์ (half-life) ของ anserine และ carnosine สั้นมากเพียง 5 และ 32 นาที ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่าการพัฒนาไก่พื้นเมืองหรือไก่ลูกผสมพื้นเมืองเป็นโจทย์ที่ท้าทายและน่าสนใจมากเพื่อเพิ่มทางเลือกให้กับคนรักสุขภาพและนักกีฬาสำหรับบริโภคเนื้อไก่เนื้อไก่เป็นยาชูกำลังได้

## 4. สารสำคัญที่มีหน้าที่ส่งเสริมเชิงลบกับสุขภาพ

### Hyperuricemia function

#### 1) สาเหตุของการเกิดโรคเกาต์

การบริโภคอาหารที่มีปริมาณพิวรีนสูงจะเป็นสาเหตุของการเกิดโรคเกาต์ เนื่องจากการเกิดเมแทบอลิซึมของพิวรีน (purine metabolism) ได้ผลผลิตสุดท้ายเป็นกรดยูริกโดยอาศัยการทำงานของเอนไซม์ xanthine oxidase ที่เปลี่ยน xanthine ให้เป็นกรดยูริกจึงเกิดการสะสมในร่างกาย ทั้งนี้หากเกิดการสะสมยูริกในเลือดสูงเกิน 6.8 mg/dL (hyperuricemia; high uric acid) จะถูกเปลี่ยนเป็นผลึกยูเรต (urate crystal) สะสมตามข้อจึงทำให้เกิดอาการปวดข้อ (สมาคมรูมาติสซั่มแห่งประเทศไทย, 2555; Maiuolo et al., 2015) ซึ่งสาเหตุของการเกิดภาวะกรดยูริกในเลือดสูงมีสาเหตุมาจากมีปริมาณยูเรตในเลือดสูงเกินไปประมาณ 10% และ 90% เกิดจากกระบวนการขับปัสสาวะไม่มีประสิทธิภาพอีกประมาณ 90% (Nguedia Assob et al., 2014) โดยทางการแพทย์จะรักษาด้วยยา allopurinol และ febuxostat สำหรับยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ purine nucleotide phosphorylase (PNP) และ xanthine oxidase ตามลำดับ และให้ยา urate oxidase เพื่อสลายยูเรต นอกจากนี้กรดยูริกยังเป็นปัจจัยเสี่ยงต่อการเกิดโรคหัวใจ นอกจากนี้ผู้ป่วยที่มีปริมาณกรดยูริกสูงยังมีความเสี่ยงต่อการเกิดโรคความดันโลหิตสูงและโรคไต (Kanaide et al., 2003; Kanbay et al., 2014) จากการศึกษาของ Perlstein et al. (2006) และ Nguedia Assob et al. (2014) รายงานว่าในคนปกติจะมีปริมาณกรดยูริกต่ำ ส่วนกลุ่มผู้ป่วยระยะ hypertension และ pre-hypertension จะมีปริมาณกรดยูริกสูง เนื่องจากกรดยูริกจะกระตุ้นให้ไตหลั่งฮอร์โมน renin ที่มีผลต่อกระบวนการ rennin- angiotensin-aldosterone system (RAAS) ซึ่งเป็นกลไกที่ควบคุมความดันโลหิตของร่างกาย

โดยกรดยูริกจะกระตุ้นการทำงานผ่าน uric acid transporters เช่น urate transporter 1 (URAT1) และ glucose transporter 9 (GLUT9) ที่อยู่บริเวณ Juxtaglomerular cell ของไตให้หลั่งฮอร์โมนเรนิน (renin) และกระตุ้นให้ตัวยับยั้งฮอร์โมน angiotensin I (Ang I) หลังจากนั้น Ang I จะถูกเปลี่ยนเป็น Ang II ด้วยเอนไซม์ ACE ที่ปอด ซึ่ง Ang II จะจับกับ AT1 ที่อยู่บนผนังเส้นเลือดและส่งสัญญาณผ่าน protein kinase ซึ่งเป็น secondary messenger ทำให้เส้นเลือดเกิดการหดตัว (vasoconstriction) จึงทำให้เกิดความดันโลหิตสูง นอกจากนี้ Ang II จะกระตุ้น AT1 ที่อยู่บน adrenal cortex ให้หลั่ง aldosterone ทำให้ proximal tubule ดูดน้ำและแร่ธาตุกลับตลอดเวลา จึงทำให้ไตทำงานหนักและเสี่ยงต่อการเกิดโรคไตตามมา (Kanaide et al., 2003; Feig et al., 2008; Bobulescu and Moe, 2012; Xu et al., 2016) ดังแสดงใน Figure 2

## 2) การบริโภคเนื้อไก่เสี่ยงต่อการเกิดโรคเกาต์จริงหรือไม่?

การบริโภคเนื้อไก่เป็นประจำจะส่งผลอย่างไรต่อปริมาณกรดยูริกในเลือด จากการศึกษาของ Taylor and Mensah (2017) รายงานว่านักเพาะกายหรือกลุ่มคนที่ต้องการสร้างกล้ามเนื้อ (bodybuilders) ที่ต้องบริโภคเนื้อไก่เป็นประจำทุกวัน จะมีปริมาณกรดยูริกอยู่ที่ 5.33 mg/dL ซึ่งสูงกว่าคนปกติ 3.33 mg/dL อยู่ 1.5 เท่า สอดคล้องกับ Teng et al. (2015) รายงานว่าแหล่งโปรตีนจากไก่เสี่ยงต่อการเกิดโรคเกาต์ โดยมีความเป็นไปได้ในการบริโภคเนื้อไก่เป็นประจำและต่อเนื่องเป็นเวลานานอาจนำไปสู่ภาวะกรดยูริกในเลือดสูงและเป็นโรคเกาต์ได้หากระบบการขับยูเรตของร่างกายไม่มีประสิทธิภาพ ในขณะเดียวกันคนที่เป็ภาวะกรดยูริกในเลือดสูงเมื่อบริโภคเนื้อไก่จะแสดงอาการแบบภาวะ acute คือภายหลังการบริโภคเนื้อไก่ภายใน 12-24 ชั่วโมง ทั้งนี้เนื่องจากในเนื้อไก่จะมีปริมาณพิวรีนและกรดยูริก 172.5 และ 201.7 mg/100g ตามลำดับ ซึ่งถือว่าอยู่ในระดับปานกลาง (moderate) แต่สูงกว่าเนื้อหมูและเนื้อโคส่วนของ sirloin ที่มีปริมาณพิวรีนเพียง 90.9 และ 90.2 mg/100g ตามลำดับ และสามารถคำนวณเป็นปริมาณกรดยูริกเท่ากับ 110.9 และ 109.3 mg/100g จากการศึกษา Schmidt et al. (2013) พบว่าคนที่บริโภคผักอย่างเดียว (vegans) จะมีปริมาณกรดยูริกในเลือด 3.72-3.97 mg/dL ซึ่งสูงกว่าคนที่บริโภคเนื้อโค เนื้อปลา และมังสาวิธที่มีกรดยูริกในเลือด 3.56, 3.50 และ 3.43 mg/dL ตามลำดับ ดังแสดงใน figure 2 เนื่องจากกลุ่ม vegans จะบริโภคถั่วเหลืองเป็นหลักและในถั่วเหลืองจะมีปริมาณพิวรีนและกรดยูริก 172.5 และ 201.7 mg/100g ซึ่งสูงกว่าในเนื้อไก่ เนื้อหมู และเนื้อโค นั้นแสดงให้เห็นว่าการบริโภคอาหารที่มีปริมาณพิวรีนสูงจะส่งผลให้มีปริมาณกรดยูริกในเลือดสูงตามมา และเมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณพิวรีนในเนื้อไก่ เนื้อหมู และเนื้อโค จะเห็นว่าในเนื้อไก่จะมีปริมาณพิวรีนและกรดยูริกสูงกว่าเนื้อสุกรและโค ดังแสดงใน Table 2 (Kaneko et al., 2014) ทั้งนี้เนื่องจากสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมจะมีเอนไซม์ uricase ในการย่อยกรดยูริกเป็น allantoin แล้วขับออกทางไต แต่ในสัตว์ปีกไม่มีเอนไซม์ uricase จึงอาจเป็นไปได้ว่าในสัตว์ปีกจึงเกิดการสะสมพิวรีนและกรดยูริกมากกว่าสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม (Simoyi et al., 2003) สอดคล้องกับ Austic and Cole (1972) รายงานว่าการเพิ่มระดับโปรตีนในอาหารสัมพันธ์เชิงบวกกับปริมาณกรดยูริกในเลือดที่เพิ่มขึ้น รวมถึงจะมีการขับออกของกรดยูริก (uric acid excretion) นอกจากนี้อาหารที่มีปริมาณพิวรีนสูง ได้แก่ เครื่องในสัตว์ทุกชนิด เห็ดหอมแห้ง (shiitake dried) กุ้งเคียว (anchovy, dried) สาหร่าย (spirulina) และ beer yeast เป็นต้น (Kaneko et al., 2014)

การใช้ประโยชน์กรดยูริกค่อนข้างซับซ้อนและปัจจุบันก็ยังไม่ทราบกลไกที่ชัดเจน จากการรวบรวมเอกสารพบว่าในมนุษย์ไม่มีเอนไซม์ uricase ในการย่อยกรดยูริก แต่ร่างกายจะมีการรักษาสมดุลของกรดยูริกด้วยการขับออกทางไตประมาณ 90% และถูกขับออกด้วยระบบขับถ่ายของร่างกายประมาณ 60-70% ส่วนที่เหลือจะถูกย่อยด้วยแบคทีเรียในลำไส้ด้วยกระบวนการ “intestinal uricolysis” (Bobulescu and Moe, 2012) อย่างไรก็ตามยังเป็นข้อสงสัยว่าทำไมร่างกายดูดกลับกรดยูริกถึง 90% จากรายงานของ Simoyi et al. (2003) พบว่ากรดยูริกทำหน้าที่เป็น antioxidant ป้องกันการเกิด lipid peroxidation และปกป้องดีเอ็นเอจากการทำลายของอนุมูลอิสระ (free radical) (Cohen et al., 1984) แต่ถ้าเกิดภาวะ hyperuricemia ประมาณ 10% มีสาเหตุมาจากมีปริมาณยูเรตในเลือดสูงเกินไป และ 90% เกิดจากกระบวนการขับปัสสาวะไม่มีประสิทธิภาพ (Nguedia Assob et al., 2014) ก็จะส่งผลให้เกิดโรคเกาต์และโรคหัวใจตามมา

จากข้อมูลที่ผ่านมาข้างต้นสรุปได้ว่าสารสำคัญที่โดดเด่นและมีศักยภาพในการบ่งชี้ตัวลักษณะด้านการเป็นอาหารสุขภาพในไก่พื้นเมือง ได้แก่ ACE-I inhibitor peptidase, Anserine และพิวรีน ซึ่งเหมาะที่จะนำไปเป็นแนวทางในการสร้างเนื้อไก่ฟังก์ชันในไก่พื้นเมืองต่อไป ดังแสดงใน Table 3

### De novo synthesis

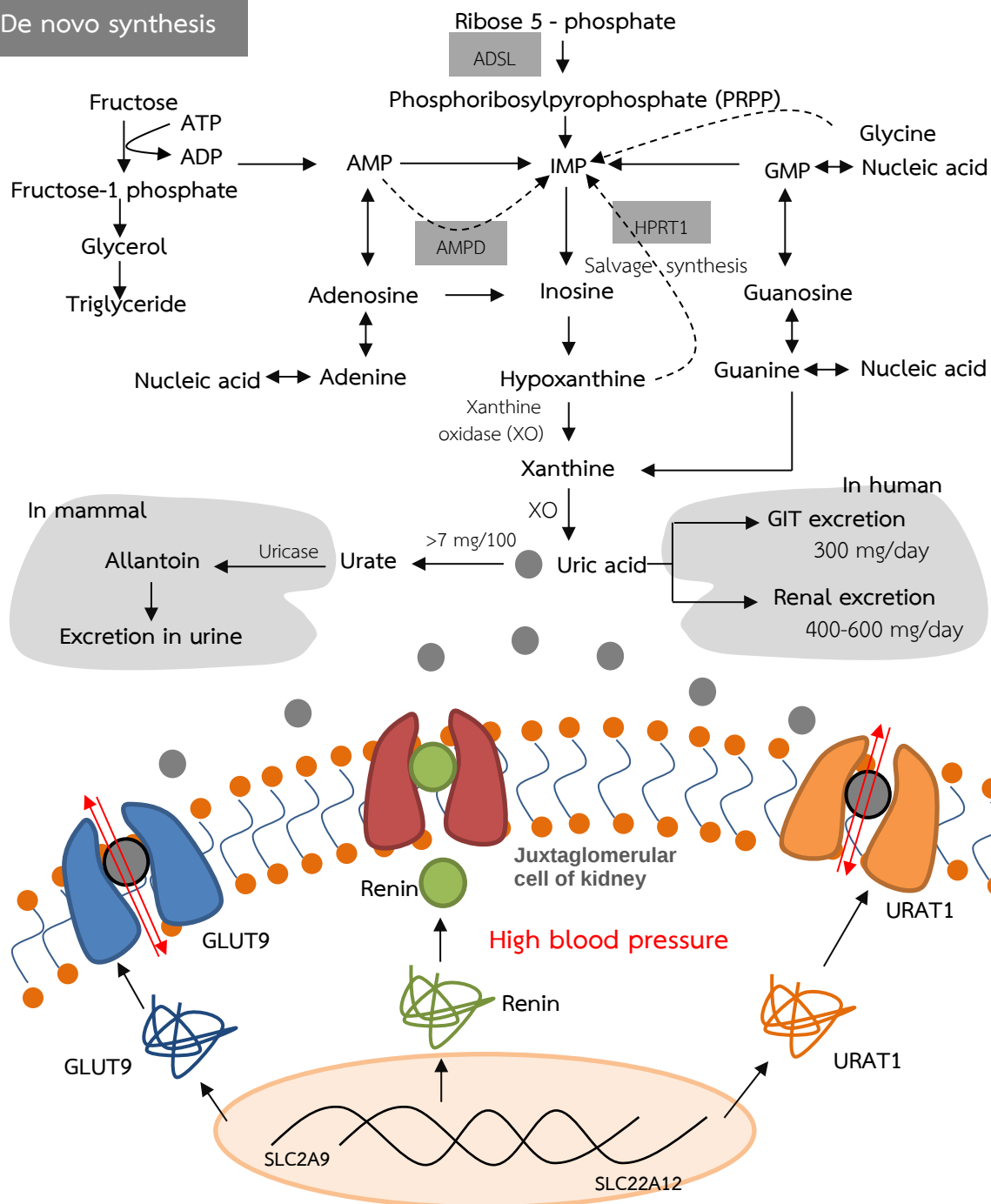


Figure 2 Purine metabolism and uric acid effect to renin expression

Modified from Kutzing and Firestein, (2008); Kaneko et al. (2014); Maiuolo et al. (2016)

**Table 2** Total purine, adenine, guanine, hypoxanthine and xanthine in chicken, pork and beef

| Bioactive compounds (mg/100g) | Native chicken | Broiler | Pork  | Beef  | Chicken liver | Beer yeast | Soybean | anchovy (dried) |
|-------------------------------|----------------|---------|-------|-------|---------------|------------|---------|-----------------|
| Total purine                  | -              | 141.2   | 90.9  | 90.2  | 312.2         | 2995.7     | 172.5   | 1108.6          |
| Adenine                       | -              | 20.5    | 17.6  | 16.2  | 121.6         | 1646       | 74.3    | 258.3           |
| Guanine                       | -              | 21.4    | 12.1  | 9.1   | 151.1         | 1203.9     | 98.2    | 464.6           |
| Hypoxanthine                  | 20.92          | 98.4    | 61.2  | 55.8  | ND            | 100.1      | 0       | 381.8           |
| Xanthine                      | -              | 1.0     | 0     | 9.1   | 39.5          | 45.7       | 0       | 4.0             |
| Uric Acid                     | -              | 171.8   | 110.9 | 109.3 | 363.1         | 3561.5     | 201.7   | 1314.2          |

Source: Kaneko et al. (2014); Jayasena et al, 2013

**Table 3** Potential bioactive compounds for creative line of functional chicken meat

| Bioactive compounds       | Creative line        | Functionality                                                    | Effect                                  | Reference                                                           |
|---------------------------|----------------------|------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------|---------------------------------------------------------------------|
| ACE-I inhibitor peptidase | High ACE-I inhibitor | Anti-hypertension                                                | Positive on health                      | Sangsawad et al. (2017)                                             |
| Anserine                  | High anserine        | Anti-aging<br>Anti-glycation<br>Anti-lactic acid<br>Anti-oxidant | Positive on health, beauty and exercise | Liu et al. (2011); Kojima et al. (2014)<br>Charoensin et al. (2021) |
| Total purine              | Low purine           | Gouts, hypertension                                              | Negative on health                      | Kaneko et al. (2014); Jayasena et al, 2013                          |

## 5. แนวทางการสร้างเนื้อฟังกซ์ในไก่พื้นเมืองไทย

การสร้างเนื้อฟังกซ์ในไก่พื้นเมืองไทยเพื่อตอบโจทย์ผู้บริโภคยุคปัจจุบันให้มีความสำคัญกับสุขภาพมากขึ้น ดังนั้นการกำหนดเป้าหมายการปรับปรุงพันธุ์จึงควรให้ความสำคัญกับการศึกษาสารสำคัญในไก่แต่ละสายพันธุ์เพื่อจะได้ทราบถึงศักยภาพของไก่แต่ละสายพันธุ์และสามารถนำข้อมูลดังกล่าวไปต่อยอดสู่การบ่งชี้เอกลักษณ์ของสายพันธุ์ในด้านการเป็นอาหารสุขภาพ รวมถึงนำไปใช้ในการวางแผนการปรับปรุงพันธุ์เพื่อพัฒนาเนื้อไก่ฟังกซ์ซึ่งมีหลายแนวทางดังนี้

### 5.1 แนวทางการพัฒนาไก่พื้นเมืองให้มี ACE inhibitors peptides เพิ่มขึ้น (high ACE inhibitors peptides line development)

จาก **Figure 1** แสดงให้เห็นว่า ACE inhibitors peptides เป็นสารสำคัญที่สามารถยับยั้งกระบวนการ rennin- angiotensin-aldosterone system (RAAS) ทำให้ความดันโลหิตและความเสี่ยงของการเกิดโรคหัวใจลดลง ดังนั้น ACE inhibitors peptides จึงเป็นอัตลักษณ์ด้านสุขภาพของไก่พื้นเมืองที่น่าสนใจ เนื่องจากเป็นโปรตีนหลัก (major bioactive peptide) ที่ควบคุมสมดุลความดันโลหิตของร่างกาย (blood pressure) ซึ่งจากการรวบรวมผลงานวิจัยเกี่ยวกับ ACE inhibitors peptides พบว่าการศึกษาอยู่ในระดับโปรตีน (proteomic) โดยเน้นศึกษาและค้นหาลำดับโปรตีน (protein profile) ของ ACE inhibitors peptides ที่มีศักยภาพสูงในการยับยั้ง ACE (ACE inhibitory activity) ได้ดีที่สุด โดย Saiga et al. (2008) รายงานว่า bioactive peptide ลำดับ Gly-Ala-Hyp-Gly-

Leu-Hyp-Gly-Pro มีค่า ACE-inhibitory activities ( $IC_{50}$ ) สูงสุด เท่ากับ 29  $\mu M$  ในขณะเดียวกัน Erwanto et al. (2014) ยืนยันได้ว่าไก่พื้นเมืองมีการสร้าง ACE inhibitors peptides ซึ่งวัดได้จากค่าปฏิกิริยาการยับยั้ง ACE เท่ากับ 65.24% และ Sangsawad et al. (2017) ทำการ hydrolyzed เนื้ออกของไก่เนื้อโคราชด้วยเอนไซม์จาก in vitro gastrointestinal พบว่าไก่เนื้อโคราชมีค่าปฏิกิริยาการยับยั้ง ACE เท่ากับ 91.64% ซึ่งมากกว่าไก่เนื้อทางการค้าเท่ากับ 86.76% ดังนั้นจึงเกิดสมมติฐานคือ ถ้าไก่สายพันธุ์ไหนมีค่า ACE inhibitory activity สูง มีความเป็นไปได้ว่าไก่สายพันธุ์นั้นน่าจะมีศักยภาพในการสร้าง ACE inhibitors peptides ได้ดีกว่า ดังนั้นแนวทางในการพัฒนาไก่พื้นเมืองให้มี ACE inhibitors peptides เพิ่มขึ้น ควรเริ่มต้นจากต่อยอดการศึกษาลำดับโปรตีน (protein profile) จากนั้นสามารถนำไปหาลำดับดีเอ็นเอ (DNA sequencing) และออกแบบ primer เพื่อนำมาศึกษา candidate gene และค้นหา gene marker ในการคัดเลือกให้ ACE inhibitors peptides ในไก่พื้นเมืองให้เพิ่มขึ้น ซึ่งในมนุษย์มีกลุ่มยีนที่น่าสนใจที่เกี่ยวข้องกับ ACE inhibitors peptides ได้แก่ Angiotensin receptor blocker (ARB), angiotensin II type1 receptor (AT1) และ angiotensin II type2 receptor (AT2) อย่างไรก็ตามพบการแสดงออกของยีนดังกล่าวในสัตว์เลี้ยงลูกแต่ยังไม่พบไก่พื้นเมือง ดังนั้นแนวทางในการพัฒนาไก่ให้มี ACE inhibitors peptides เพิ่มขึ้น ด้วยเทคนิคการปรับปรุงพันธุ์สัตว์แบบดั้งเดิม (conventional breeding) และเทคนิคการปรับปรุงพันธุกรรมโมเลกุล (molecular breeding) อาจเป็นไปได้ยาก แต่ในอนาคตเมื่อทราบลำดับดีเอ็นเอของยีนดังกล่าวก็สามารถนำมาศึกษาต่อยอดในทางปรับปรุงพันธุ์ได้ และยังคงมองว่า ACE inhibitors peptides เป็นสาระสำคัญที่น่าสนใจและมีศักยภาพในการเป็นอัตลักษณ์ด้านการเป็นอาหารสุขภาพของไก่พื้นเมือง รวมถึงนำไปใช้ในการวางแผนการปรับปรุงพันธุ์เพื่อสร้างสายพันธุ์ไก่ที่มีระดับ ACE inhibitors peptides ในเนื้อสูงเพื่อพัฒนาเนื้อฟังก์ขึ้นเน้นจุดขายสำหรับผู้บริโภคความดันโลหิตสูงและโรคหัวใจเพื่อเพิ่มมูลค่า และส่งออกเป็นเนื้อไก่เกรดพรีเมียม และสามารถนำข้อมูลดังกล่าวไปต่อยอดสู่การบ่งชี้อัตลักษณ์ของไก่พันธุ์แท้เพื่อสร้างการรับรู้ด้านการเป็นอาหารสุขภาพต่อไป

## 5.2 แนวทางการพัฒนาไก่พื้นเมืองให้มีปริมาณ anserine สูง (high anserine line development)

จากคุณสมบัติของ anserine และ carnosine ที่กล่าวมาข้างต้นมีความน่าสนใจและมีโอกาสในการเปิดตลาดใหม่ของเนื้อไก่ฟังก์ขึ้น เพื่อยกระดับการแข่งขันตลาดอาหารสุขภาพของประเทศไทย อย่างไรก็ตาม Tinbergen and Slump. (1976); Gil-Augusti et al. (2008); Liu (2011); Mateescu et al. (2012) รายงานว่าสัตว์ปีกจะมีศักยภาพในการสร้าง anserine มากกว่าสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมจากการศึกษาของ Charoensin et al. (2021) พบว่าไก่พื้นเมืองและไก่ลูกผสมพื้นเมืองมีปริมาณ anserine มากกว่าไก่เนื้อทางการค้า และยังพบว่าสารสกัดเนื้อไก่พื้นเมืองและไก่ลูกผสมพื้นเมืองมีคุณสมบัติในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระมากกว่าไก่เนื้อทางการค้าสอดคล้องกับ Jayasena et al. (2015) รายงานว่าไก่พื้นเมืองมีปริมาณ anserine และ carnosine เท่ากับ 614 และ 182 mg/100 g ตามลำดับ ซึ่งมากกว่าไก่เนื้อทางการค้าที่มีอยู่ 273 และ 76.8 mg/100 g ตามลำดับ นอกจากนี้ Jung et al. (2013) พบว่าไก่พื้นเมืองเกาหลี 5 สายพันธุ์มีศักยภาพในการสร้าง anserine และ carnosine แตกต่างกัน ในขณะเดียวกัน Kojima et al. (2014) รายงานว่าไก่พื้นเมืองจะมีศักยภาพในการสร้าง anserine ได้ดีกว่า carnosine ขณะที่ไก่กระดุกดำ (silky Fowl) จะมีศักยภาพในการสร้าง carnosine ได้ดีกว่าไก่พื้นเมืองและไก่เนื้อทางการค้าแสดงให้เห็นว่าไก่แต่ละสายพันธุ์มีความจำเพาะ (specific breed) ในการสร้าง anserine และ carnosine ได้ต่างกัน อย่างไรก็ตามเมื่อเปรียบเทียบกับสัตว์ชนิดอื่น Liu et al. (2011) รายงานว่าในเนื้อโคมีปริมาณ anserine น้อยมากเพียง 66.8 mg/100g ขณะที่ Kantha et al. (2000) รายงานว่าเนื้อโคมีปริมาณ carnosine มากกว่าเนื้อไก่ เท่ากับ 375-382 และ 70-90 mg/100g ตามลำดับ นอกจากนี้ Yeum et al. (2010) ยังแสดงให้เห็นว่าประสิทธิภาพการเกิดเมแทบอลิซึมของ anserine และ carnosine จากการบริโภคเนื้อไก่และเนื้อโค ทั้งนี้การบริโภคเนื้อไก่ประสิทธิภาพการเกิดเมแทบอลิซึมของ anserine จะดีกว่าการบริโภคเนื้อโค ขณะที่การบริโภคเนื้อโคประสิทธิภาพการเกิดเมแทบอลิซึมของ carnosine จะดีกว่า ดังนั้นจากข้อมูลดังกล่าวมาข้างต้นยืนยันได้ว่าควรให้ความสำคัญกับการพัฒนาไก่พื้นเมืองให้มีปริมาณ anserine เพิ่มขึ้นมากกว่าพัฒนา carnosine และยืนยันด้วยค่าอัตราพันธุกรรม (heritability) ของลักษณะปริมาณ anserine ในไก่พื้นเมืองเกาหลีเท่ากับ 0.213 ขณะที่ลักษณะปริมาณ carnosine เท่ากับ 0.039 ซึ่งถือว่าลักษณะปริมาณ anserine มีความผันแปรทางพันธุกรรมอยู่ในระดับปานกลาง ขณะที่ลักษณะ

ปริมาณ carnosine มีความผันแปรทางพันธุกรรมอยู่ในระดับต่ำ (Seo et al., 2013) แสดงให้เห็นว่าการพัฒนาไก่พื้นเมืองให้มีปริมาณ anserine เพิ่มขึ้นน่าจะมีความก้าวหน้าในการคัดเลือกดีกว่าลักษณะปริมาณ carnosine (มนต์ชัย, 2548) อย่างไรก็ตามในการพัฒนาไก่พื้นเมืองให้มีปริมาณ anserine สูง ควรเริ่มต้นจากการหาวิธีสกัดตามวิธีของ Jayasena et al. (2015) และวัดปริมาณด้วยเทคนิค HPLC จากนั้นทำการวิเคราะห์ค่า genetic parameter เพื่อวางแผนการปรับปรุงพันธุ์และคัดเลือกร่วมกับการใช้ gene marker ซึ่งยีนที่เกี่ยวข้องกับการสร้าง anserine ได้แก่ ยีน histamine N-methyltransferase-like (HNMT-like) และ ATP-grasp domain containing protein 1 (ATPGD1) จากการศึกษาของ Drozak et al. (2010); Drozak et al. (2015) ยืนยันได้ว่าการแสดงออกของยีน HNMT-like และ ATPGD1 ในไก่ ดังนั้นแนวทางในการพัฒนาไก่พื้นเมืองให้มีปริมาณ anserine สูง เริ่มต้นจากการศึกษา candidate genes เพื่อค้นหา gene markers ที่จะนำมาคัดเลือกไก่พื้นเมืองให้มีปริมาณ anserine เพิ่มขึ้น โดยสามารถออกแบบ primer จากลำดับดีเอ็นเอของยีน HNMT-like และ ATPGD1 จากข้อมูล Accession: NM\_001318432.1 และ Accession: GU453679.1 ตามลำดับ จากนั้นออกแบบ primer ด้วย <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/tools/primer-blast/> และทำการเลือก primer ตามเงื่อนไขที่ต้องการ โดยเลือก primer ที่มีประสิทธิภาพสูงกับความจำเพาะกับบริเวณที่สนใจศึกษา และวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของ candidate gene กับลักษณะปริมาณ anserine เพื่อทราบรูปแบบของ gene markers ที่จะนำไปคัดเลือกไก่พื้นเมืองให้มีปริมาณ anserine เพิ่มขึ้น

### 5.3 แนวทางการพัฒนาไก่พื้นเมืองให้มีปริมาณพิวรีนต่ำ (low purine line development)

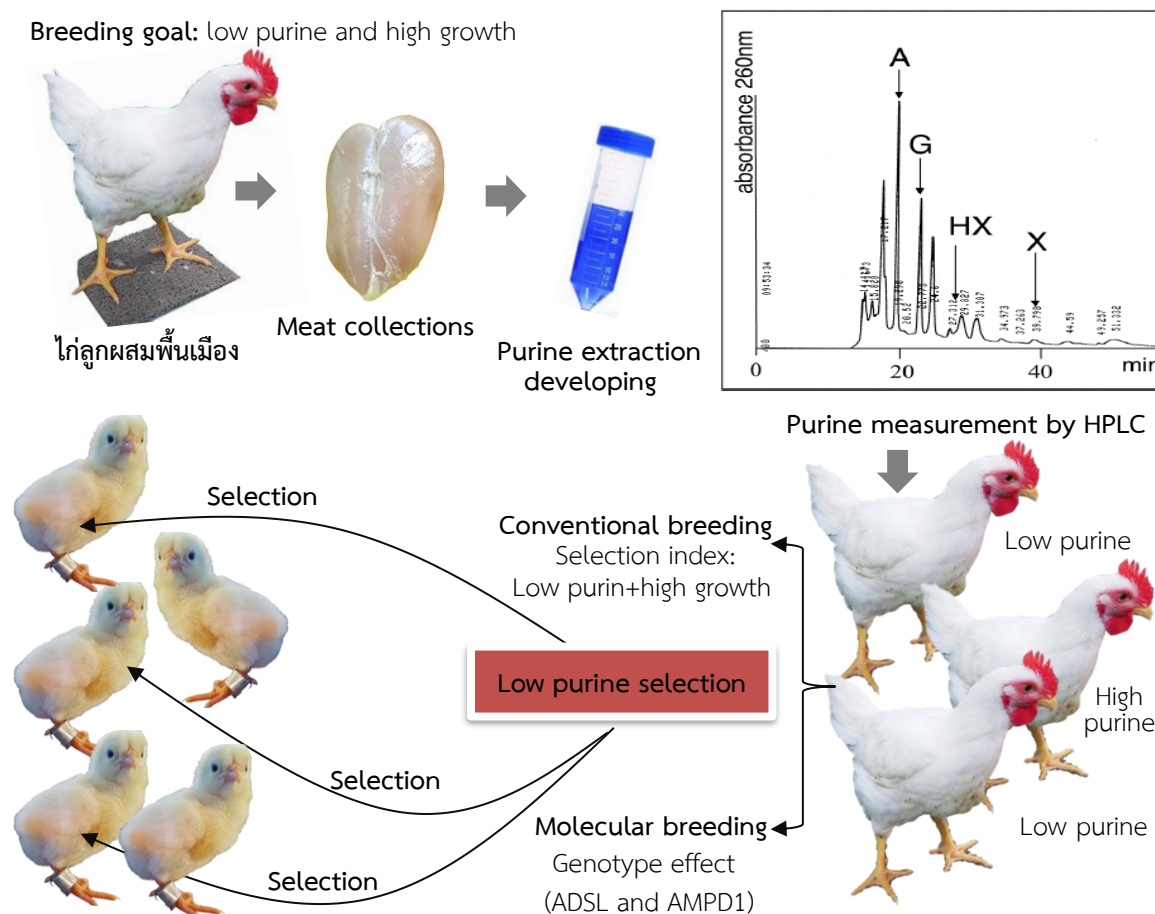
จากข้อมูลข้างต้นแสดงให้เห็นว่าการบริโภคเนื้อไก่ที่มีปริมาณพิวรีนสูงมีความเสี่ยงต่อการเกิดโรคเกาต์ จึงเกิดแนวคิดในการปรับปรุงพันธุ์ไก่พื้นเมืองให้มีปริมาณพิวรีนต่ำ อย่างไรก็ตามแนวทางในการปรับปรุงพันธุ์ไก่พื้นเมืองให้มีปริมาณพิวรีนต่ำ ยังไม่สามารถเริ่มด้วยเทคนิคการปรับปรุงพันธุ์สัตว์แบบดั้งเดิมและเทคนิคการปรับปรุงพันธุ์ทางอณูโมเลกุลได้โดยตรง เนื่องจากยังไม่มีข้อมูลปริมาณพิวรีนของไก่แต่ละสายพันธุ์ ทั้งนี้สายพันธุ์ที่น่าสนใจนำมาพัฒนาให้มีปริมาณพิวรีนต่ำ คือ ไก่ลูกผสมพื้นเมืองระดับเลือด 25% ซึ่งเป็นที่รู้จักกันทั่วไปคือไก่เคเคยูวัน ซึ่งพัฒนามาจากไก่สายพันธุ์สังเคราะห์ (ไก่ลูกผสมพื้นเมืองระดับเลือด 50%) ผสมกับไก่เนื้อทางการค้า ที่มีความโดดเด่นด้านการเจริญเติบโตและคุณภาพซาก เลี้ยงระยะเวลาสั้นก็ได้น้ำหนักตลาด (Tunim et al., 2020; Charoensin et al., 2021) อีกทั้งกำลังเป็นประเด็นและโจทย์วิจัยที่น่าสนใจด้านการเป็นอาหารสุขภาพ เนื่องจากไก่เคเคยูวันมีปริมาณกรดยูริกในพลาสมาต่ำกว่าสายพันธุ์อื่น (สุกัญญา และคณะ, 2556) ในขณะเดียวกัน อชิรญาณ และคณะ (2561) รายงานว่าปริมาณพิวรีนในเนื้อและปริมาณกรดยูริกในเลือดไก่โคราชไม่มีความสัมพันธ์กัน เนื่องจากปริมาณกรดยูริกในเลือดที่เกิดขึ้น 60-70% จะถูกขับออกทางไตและบางส่วนจะถูกดูดกลับทางลำไส้ ดังนั้นจึงเกิดสมมติฐาน คือ เนื้อไก่น่าจะไม่มีสารสะสมกรดยูริก จึงควรให้ความสำคัญกับการศึกษาปริมาณพิวรีนในเนื้อไก่มากกว่าศึกษาปริมาณกรดยูริกในพลาสมา จากการศึกษา ศศิกันต์ และคณะ (2561ก); ศศิกันต์ และคณะ (2561ข) รายงานว่าเนื้ออกไก่โคราชมีปริมาณพิวรีนต่ำกว่าไก่เนื้อทางการค้าและไก่โคราชอายุ 8-10 สัปดาห์ มีปริมาณพิวรีนสูงกว่า 12-20 สัปดาห์ ซึ่งจากข้อมูลการศึกษาที่ผ่านมาการศึกษาปริมาณพิวรีนยังไม่ชัดเจนและยังไม่มีทิศทางที่แน่นอน จึงยังไม่สามารถใช้เทคนิค molecular และ conventional breeding ในการคัดเลือกไก่ลูกผสมพื้นเมืองให้มีปริมาณพิวรีนลดลงได้โดยตรง นอกจากนี้พิวรีนประกอบด้วย adenine, guanine, hypoxanthine และ xanthine และจากผลวิจัยที่ผ่านมาแสดงให้เห็นว่ายังเป็นการศึกษาที่ให้ความสำคัญกับการศึกษาปริมาณพิวรีนมากกว่า อย่างไรก็ตามจากหลายงานวิจัยชี้ให้เห็นว่าปริมาณกรดยูริกในเลือดสูงไม่ได้มีสาเหตุมาจากการบริโภคอาหารที่มีปริมาณพิวรีนสูง แต่เป็นเพราะอนุพันธ์บางตัวของพิวรีนเท่านั้น ได้แก่ hypoxanthine และ adenine (Bednarov et al., 2013; Kaneko et al., 2015) โดยเมื่อพิจารณาปริมาณพิวรีนในเนื้ออกไก่มีอยู่ 141.2 mg/100g ซึ่งมากกว่า 50% ของปริมาณพิวรีนทั้งหมดเป็น hypoxanthine สูงถึง 98.4 mg/100g นอกจากนั้นจัดเป็น adenine, guanine และ xanthine เพียง 20.5, 21.4 และ 1.0 mg/100g ตามลำดับ เช่นเดียวกับใน beer yeast มีปริมาณพิวรีน 2,995.7 mg/100g แต่มากกว่า 50% ของปริมาณพิวรีนทั้งหมดเป็น adenine สูงถึง 1,646 mg/100g นอกจากนั้นจัดเป็น hypoxanthine, guanine และ xanthine 100.1, 1203.9 และ 45.7 mg/100g ตามลำดับ (Kaneko et al., 2014) ดังแสดงใน Table 2 แสดงให้เห็นว่าปริมาณพิวรีนสูงเป็นผลจากอนุพันธ์บางตัวเท่านั้น จาก

การศึกษาของ Kaneko et al. (2015) รายงานว่า ปริมาณพิวรีนในเนื้อส่วนใหญ่มากกว่า 50% เป็นปริมาณ hypoxanthine และมีบางชนิดที่เป็น guanine นอกจากนี้ยังมีรายงานว่า hypoxanthine มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณกรดยูริกมากกว่า guanine (Ellington, 2007) จึงเกิดสมมติฐาน คือ ยีนที่เกี่ยวข้องกับการสร้าง hypoxanthine น่าจะเป็น gene marker ในการคัดเลือกสายพิวรีนต่ำได้

แนวทางการปรับปรุงไก่พื้นเมืองไทยและไก่ลูกผสมพื้นเมือง ให้มีปริมาณพิวรีนลดลง ด้วยเทคนิคการปรับปรุงพันธุ์สัตว์แบบดั้งเดิมและเทคนิคการปรับปรุงพันธุกรรมโมเลกุล โดยเริ่มต้นจากเลี้ยงไก่พื้นเมืองเปรียบเทียบกับไก่ลูกผสมพื้นเมืองและไก่เนื้อทางการค้า จากนั้นเก็บข้อมูลการเจริญเติบโต คุณภาพซาก และเก็บข้อมูลเนื้อออกไก่ เพื่อนำไปสกัดพิวรีนและวัดปริมาณพิวรีนด้วยเทคนิคการแยกองค์ประกอบของสารออกจากกันโดยอาศัยหลักการทางโครมาโตกราฟี (High Performance Liquid Chromatography; HPLC) (Kaneko et al., 2014; Kaneko et al., 2015) จากนั้นทำการประเมินค่า genetic parameter ปริมาณพิวรีนเพื่อนำไปพิจารณาเครื่องมือในการปรับปรุงพันธุ์ ซึ่งถ้าลักษณะปริมาณพิวรีนมีอัตราพันธุกรรมสูงก็สามารถคัดเลือกสัตว์ด้วยค่าการผสมพันธุ์ (estimate breeding value: EBV) ได้โดยตรง แต่ถ้าอัตราพันธุกรรมต่ำควรนำมาคัดเลือกร่วมกับเครื่องหมายพันธุกรรม (gene marker) ที่สัมพันธ์กับปริมาณพิวรีนต่ำ อย่างไรก็ตามในไก่ยังไม่มีการศึกษาเกี่ยวกับยีนที่เกี่ยวข้องกับการสร้างพิวรีนโดยตรง (direct genes) พบเพียงในมนุษย์และสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมจะมียีนที่เกี่ยวข้องกับการดูดกลืนกรดยูริก คือ กลุ่มยีน uric acid transporter ได้แก่ ยีน SLC2A9, ABCG2, SLC17A1, SLC17A3, SLC17A4, SLC22A11, SLC22A12 และ SLC16A9 ส่งเคราะห์โปรตีน GLUT9, BCRP, NPT1, NPT4, NPT5, OAT4, URAT1 และ MCT9 ตามลำดับ (Kim et al., 2015) ซึ่งยีนที่มีการแสดงออกมากที่สุด คือ ยีน SLC2A9 ทำหน้าที่ส่งเคราะห์โปรตีน GLUT9 (glucose transporter 9) และยีน SLC22A12 ซึ่งทำหน้าที่ส่งเคราะห์โปรตีน urate transporter 1 (URAT1) ซึ่งเป็นโปรตีนที่เกี่ยวข้องการดูดกลืนกรดยูริก (Sato et al., 2011) แต่ไม่พบยีนดังกล่าวในสัตว์ปีก อาจเป็นไปได้ว่าเนื่องจากสัตว์ปีกไม่มีการดูดกลืนกรดยูริก ดังนั้นแนวทางในการปรับปรุงพันธุ์ไก่พื้นเมืองให้มีปริมาณพิวรีนลดลง ด้วยเทคนิค molecular breeding ควรให้ความสำคัญกับ candidate genes ที่เกี่ยวข้องทางอ้อม (indirect gene) กับการสร้าง hypoxanthine เพื่อนำมาเป็นแนวทางในการสร้างไก่สายพิวรีนต่ำต่อไป

กระบวนการสังเคราะห์และเมแทบอลิซึมของพิวรีนจะเกี่ยวข้องกับ de novo synthesis และ salvage synthesis (Figure 2) ซึ่งพบว่ามีสาร intermediate เกิดขึ้นหลายตัวที่เกี่ยวข้องกับการสังเคราะห์ hypoxanthine ได้แก่ phosphoribosylpyrophosphate (PRPP) จากการศึกษาของ McFarland and Coon (1983) รายงานว่าไก่ที่ถูกคัดเลือกให้มีปริมาณกรดยูริกสูง (high-uric acid line, HUA) จะเกิดปฏิกิริยาของ hypoxanthine/guanine phosphoribosyltransferase (HGPR), phosphoribosylpyrophosphate (PRPP) และ xanthine dehydrogenase มากกว่าไก่ที่ถูกคัดเลือกให้มีปริมาณกรดยูริกต่ำ (low-uric acid line, LUA) ซึ่งปฏิกิริยาดังกล่าวเป็นปฏิกิริยาของการย่อย xanthine ให้เป็นกรดยูริก นอกจากนี้ยังพบว่าการควบคุมย้อนกลับ (negative feedback) ของ IMP, GMP และ AMP มีผลต่อการยับยั้ง PRPP เพื่อป้องกันการเกิดภาวะกรดยูริกในเลือดสูง โดยลักษณะที่สัมพันธ์กับการสร้าง hypoxanthine โดยตรง คือ inosine monophosphate content (IMP) เนื่องจากเป็น intermediate ซึ่งกันและกัน โดย IMP จะเป็นสารตั้งต้นของการสร้าง hypoxanthine ทั้งนี้ยืนยันได้จากจากการศึกษาของ Simoyi et al. (2003) รายงานว่าเสริม inosine 0.6-0.7 mol ในอาหารไก่มีผลต่อปริมาณกรดยูริกและ hypoxanthine ในพลาสมาของไก่สูงกว่าอาหารปกติ ดังนั้นการค้นหายีนที่เกี่ยวข้องกับลักษณะ IMP น่าจะเป็น candidate gene ที่สำคัญของ hypoxanthine ได้

ยีนที่เกี่ยวข้องกับการสร้าง IMP หรือสัมพันธ์กับ hypoxanthine ทางอ้อม ได้แก่ adenosine monophosphate deaminase 1 (AMPD1) และยีน Adenylosuccinate lyase (ADSL) ซึ่งเป็นยีนที่เกี่ยวข้องกับ de novo synthesis ของพิวรีน จากการศึกษาของ Hui-Fang et al. (2010) รายงานว่าไก่พื้นเมืองจีนไทป์ CC มีปริมาณ IMP น้อยกว่ารูปแบบอื่นๆ ในขณะเดียวกัน ยีน adenosine monophosphate deaminase 1 (AMPD1) เป็นยีนที่เกี่ยวข้องกับการเปลี่ยน AMP ให้เป็น IMP (Hu et al., 2015) นอกจากนี้ AMPD1 ยังเกี่ยวข้องกับเมแทบอลิซึมของกล้ามเนื้อขณะออกกำลังกาย (Gineviciene et al., 2014) จากการศึกษาของ Hu et al. (2015) รายงานว่ายีน adenosine monophosphate deaminase 1 (AMPD1) ตำแหน่ง g.4064G/A และ g.6905G/A สัมพันธ์กับลักษณะ IMP โดยในไก่พื้นเมืองจีนไทป์ GG จะมีปริมาณ IMP น้อยกว่ารูปแบบอื่นๆ แสดงให้เห็นว่าการใช้ยีน ADSL และ AMPD1 น่าจะเป็น gene marker ในการคัดเลือกไก่ให้มีปริมาณพิวรีนลดลงได้ ดังแสดงใน Figure 3



**Figure 3** Creative approach for developing of low purine line in Thai native crossbred chicken

Modified from Kaneko et al. (2014)

อย่างไรก็ตาม ในการคัดเลือกจำเป็นต้องคำนึงถึงผลกระทบต่อลักษณะอื่นๆ เนื่องจากลักษณะ IMP และ glutamic acid เป็นสารสำคัญด้านรสชาติ (taste-active component) ซึ่งเป็นตัวบ่งชี้รสชาติอร่อย (umami taste) ของเนื้อไก่ (Hu et al., 2015; Chen et al., 2002; Rikimaru and Takahashi, 2010) รวมถึงลักษณะการเจริญเติบโต ซึ่งทั้งสองลักษณะถือว่าเป็นปัจจัยที่สำคัญต่อความต้องการของผู้บริโภคเช่นกัน จึงเกิดสมมติฐาน คือ ถ้าคัดเลือกไก่พื้นเมืองไทยให้มีปริมาณพิวรีนลดลงจะกระทบต่อรสชาติและการเจริญเติบโตอย่างไร จากการศึกษาของ Chen et al. (2002) พบว่า IMP มีความสัมพันธ์เชิงบวกกับลักษณะการเจริญเติบโต เท่ากับ 0.59 และจากการศึกษาของ อชิระญาณ และคณะ (2561) ได้ข้อสังเกตว่าลักษณะการเจริญเติบโต (น้ำหนักตัวที่อายุ 8 สัปดาห์) ของไก่โคราชมีความสัมพันธ์กับลักษณะปริมาณ guanine เท่ากับ 0.554 หมายความว่าทั้งสองลักษณะมีความสัมพันธ์กันในทิศทางเดียวกัน และอยู่ในระดับสูง (มนต์ชัย, 2548) แต่ก็มีความเป็นไปได้ที่มีสัตว์อยู่จำนวนหนึ่งที่ทั้งสองลักษณะไม่ไปในทิศทางเดียวกัน อาทิเช่น มีปริมาณพิวรีนต่ำและโตไม่ดี หรือ มีปริมาณพิวรีนต่ำและโตดี เป็นต้น นั้นแสดงให้เห็นว่ามีความเป็นไปได้ในการพัฒนาไก่ลูกผสมพื้นเมืองให้มีปริมาณพิวรีนลดลงและโตได้ดี ด้วยการสร้างดัชนีการคัดเลือก (selection index) ของลักษณะปริมาณพิวรีนและการเจริญเติบโต โดยให้ความสำคัญกับคุณค่าทางเศรษฐกิจ (economic value) กับลักษณะปริมาณพิวรีนมากกว่าลักษณะการเจริญเติบโต เพื่อคัดเลือกไก่ลูกผสมพื้นเมืองที่มีปริมาณพิวรีนต่ำและโตดีได้อย่างแม่นยำ อีกทั้งในอนาคตควรพิจารณา ACE inhibitors peptides ร่วมด้วยเนื่องจากเป็น bioactive peptide ตัวที่สำคัญที่น่าจะพิจารณาในอนาคตเพื่อตอบโจทย์เรื่องอาหารสุขภาพ ทั้งนี้มีสมมติฐานคือ ปริมาณพิวรีนและ ACE inhibitors peptides น่าจะมีความสัมพันธ์เชิงลบกัน เนื่องจากเมื่อร่างกายมีปริมาณพิวรีนสูงจะเกิดภาวะ

hyperuricemia และส่งผลให้ร่างกายเกิดความดันโลหิตสูง ในขณะที่ ACE inhibitors peptides จะทำงานตรงกันข้ามคือจะช่วยให้ยับยั้งการเกิดความดันโลหิตสูงของร่างกาย

#### 5.4 แนวทางการพัฒนาไก่พื้นเมือง 2High (High anserine-High ACE inhibitors peptides)+1Low (Low purine) line development

แนวทางการสร้างเนื้อไก่ฟังกซ์โดยคัดเลือกทั้ง 3 ลักษณะไปพร้อมกันน่าจะเป็นแนวทางที่ตอบโจทย์ผู้บริโภคได้ดีที่สุด ภายใต้การกำหนดเป้าหมายการปรับปรุงพันธุ์ เป็น 2High (high ACE-I inhibitor peptidase-high anserine)+1Low (Low purine) โดยพิจารณาความเป็นไปได้จากค่าอัตราพันธุกรรมของลักษณะ anserine ซึ่งมีค่าอัตราพันธุกรรมอยู่ในระดับปานกลางเท่ากับ 0.213 แสดงให้เห็นว่าลักษณะดังกล่าวมีความผันแปรทางพันธุกรรมที่สามารถคัดเลือกสัตว์ได้อย่างแม่นยำ รวมถึงมียีนที่เกี่ยวข้องกับการเพิ่ม ACE-I inhibitor peptidase ในเนื้อไก่ ได้แก่ ยีน ARBs, AT1 และ AT2, ยีนที่เกี่ยวข้องกับการเพิ่ม anserine ในเนื้อไก่เพิ่มขึ้น ได้แก่ HNMT-like และ ATPGD1 และยีนที่เกี่ยวข้องกับการลดปริมาณพิวรีนในเนื้อไก่ ได้แก่ ADSL และ AMPD1 ซึ่งสามารถนำยีนที่กล่าวมาข้างต้นมาศึกษาเปรียบเทียบหน้าที่ (candidate genes) เพื่อค้นหาเครื่องหมายพันธุกรรม (gene marker) ในการคัดเลือกไก่ 2High+1Low ต่อไป ดังนั้นแนวทางในการสร้างไก่ 2High+1Low ในไก่พื้นเมืองไทยควรเริ่มต้นจากหาวิธีสกัดสารต่างๆ เนื่องจาก bioactive compounds ทั้งหมดเป็นลักษณะใหม่ (new traits) จากนั้นนำไปวัดปริมาณด้วยเทคนิคการแยกองค์ประกอบของสารออกจากกันโดยอาศัยหลักการทางโครมาโตกราฟี (High Performance Liquid Chromatography; HPLC) ซึ่งเป็นเทคนิคที่มีความแม่นยำ และทำการวิเคราะห์ค่าเครื่องหมายทางพันธุกรรมเพื่อวางแผนการปรับปรุงพันธุ์ จากนั้นทำการประเมินค่าการผสมพันธุ์ (estimate breeding value; EBV) และสร้างดัชนีการคัดเลือก (selection index) เพื่อใช้ในการคัดเลือกร่วมกับเครื่องหมายทางพันธุกรรมเพื่อเพิ่มความแม่นยำในการคัดเลือก ในขณะที่เดียวกันการคัดเลือกควรพิจารณาผลกระทบต่อลักษณะอื่น (genetic correlation) อาทิเช่น ลักษณะการเจริญเติบโตมีความสัมพันธ์กับลักษณะปริมาณพิวรีน 0.554 หมายความว่าถ้าคัดเลือกให้มีปริมาณพิวรีนลดลงอาจทำให้ต่อน้ำหนักตัวไก่ลดลงด้วย ดังนั้นควรพิจารณาการเพิ่มลักษณะการเจริญเติบโตเข้าไปใน selection index จากข้อมูลข้างต้นแสดงให้เห็นว่ามีความเป็นไปได้ที่จะพัฒนาไก่ลูกผสมพื้นเมือง ให้มี 2High (high-anserine- high ACE-I inhibitor peptidase)+1Low (Low purine) เพื่อผลิตเนื้อไก่ฟังกซ์ออกสู่ตลาดอาหารสุขภาพ โดยเน้นพัฒนาผลิตภัณฑ์เป็นไก่ย่าง ไก่แยกชิ้นส่วนและไก่แปรรูป โดยเฉพาะอกไก่แปรรูปในอนาคตมีโอกาสูงที่จะสามารถเจาะตลาดใหม่ที่กำลังขยายตัวอย่างรวดเร็วคือกลุ่มนักกีฬาและคนที่ชอบออกกำลังกาย โดยเน้นสร้างจุดขายคุณสมบัติพิเศษของสารสำคัญ (bioactive compounds) ที่อยู่ในเนื้อไก่เพื่อยกระดับการแข่งขันตลาดอาหารสุขภาพของไก่พื้นเมืองต่อไป ดังแสดงใน Figure 4

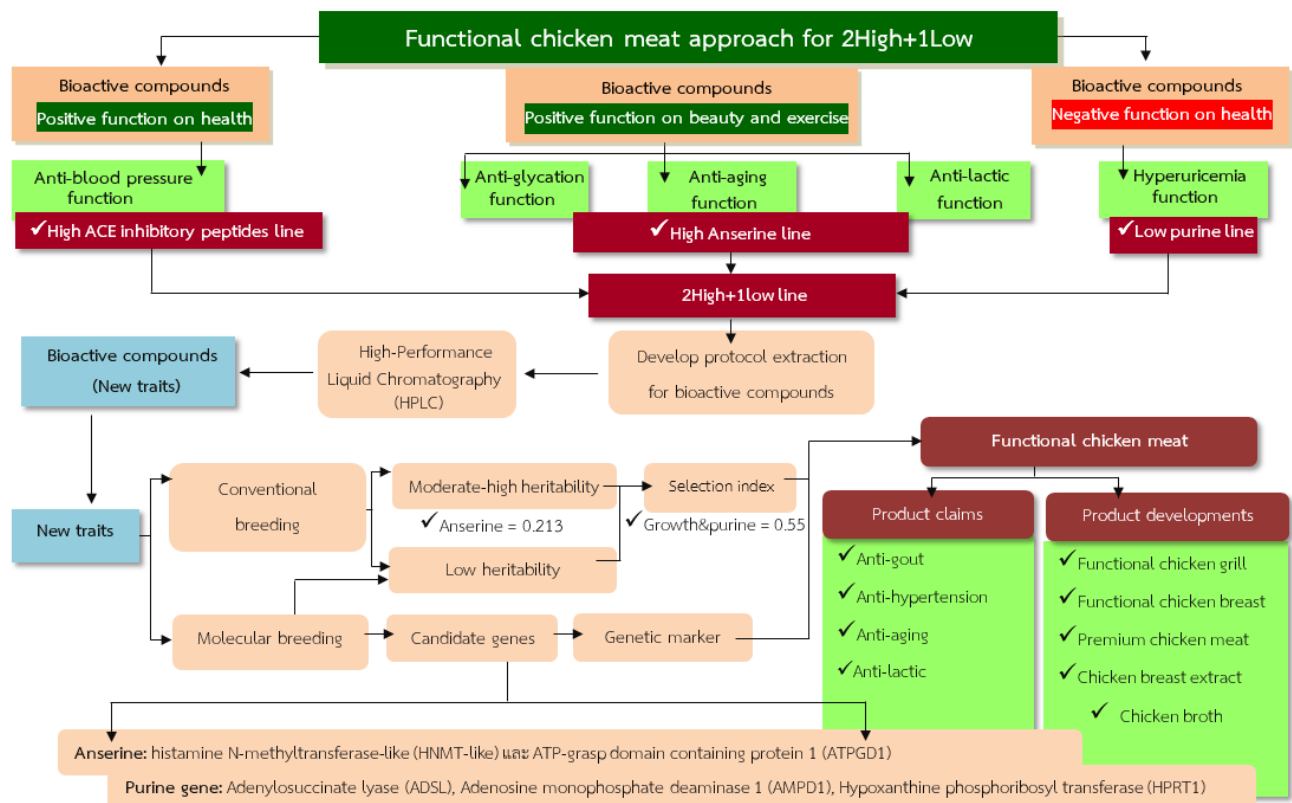


Figure 4 Functional chicken meat approach

## สรุปและข้อเสนอแนะ

ACE-I inhibitor, anserine และ พิวรีน เป็นสารสำคัญที่มีความโดดเด่นและมีศักยภาพในการเป็นอัตลักษณ์ด้านการเป็นอาหารสุขภาพของไก่พื้นเมือง โดยพิจารณาจากไก่พื้นเมืองมีศักยภาพในการสร้าง anserine และ พิวรีน ได้มากกว่าสัตว์ชนิดอื่น ทั้งนี้ anserine มีผลเชิงบวกกับสุขภาพเพราะมีคุณสมบัติเป็น anti-oxidant, anti-aging และ anti-lactic acid รวมถึง ACE-I inhibitor เป็นโปรตีนตัวหลักในการควบคุมเมแทบอลิซึมป้องกันการเกิดโรคความดันโลหิตสูง ในขณะที่พิวรีนมีผลเชิงลบกับสุขภาพเพราะเป็นปัจจัยที่สำคัญในการเกิดโรคเกาต์ ด้วยเหตุนี้คนที่ป่วยเป็นโรคเกาต์และคนที่อยู่ในภาวะกรดยูริกในเลือดสูง จึงหลีกเลี่ยงการบริโภคเนื้อไก่ จากข้อมูลข้างต้นจึงนำมาเป็นแนวทางในการสร้างเนื้อไก่ฟังก์ชัน ซึ่งจากการรวบรวมผลงานวิจัยมีความเป็นไปได้ทั้งหมด 4 แนวทาง ได้แก่

แนวทางที่ 1: High ACE-I inhibitor line มีความเป็นไปได้ในการต่อยอดการศึกษาระดับโปรตีน (proteomics) โดยเปลี่ยนลำดับโปรตีน (protein profile) ให้เป็นลำดับดีเอ็นเอ (DNA sequence) เพื่อเป็นแนวทางในการศึกษาในระดับ conventional breeding และ molecular marker สำหรับพัฒนาเนื้อไก่ฟังก์ชันต่อไป, แนวทางที่ 2: High-anserine line และแนวทางที่ 3: Low purine line มีความเป็นไปได้ที่จะสำเร็จในการพัฒนาเนื้อไก่ฟังก์ชัน เนื่องจากมีข้อมูลพร้อมทั้งด้านวิธีการวัดปริมาณ, conventional breeding และ molecular marker ดังแสดงใน Figure 4 และแนวทางที่ 4: 2High (high anserine-high ACE-I inhibitor peptidase)+1Low (Low purine) line ซึ่งถือว่าเป็นแนวทางที่น่าจะตอบโจทย์ผู้บริโภคมากที่สุด เนื่องจากเป็นแนวทางที่ทำการคัดเลือกทั้ง 3 ลักษณะไปพร้อมกันในการพัฒนาเนื้อไก่ฟังก์ชัน เพื่อเน้นสร้างจุดขายเนื้อไก่ 2High+1Low ให้มีความพิเศษกับคนเป็นโรคเกาต์กลับมากินไก่ได้ปกติและเมื่อบริโภคแล้วอาจช่วยต้านโรคความดันโลหิตสูงและโรคหัวใจ และที่สำคัญยังสามารถเปิดตลาดใหม่ให้กับกลุ่มนักกีฬาและคนที่ชื่นชอบการออกกำลังกายตามฟิตเนสต่างๆ ที่กำลังขยายตัวอย่างรวดเร็ว โดยเน้นประชาสัมพันธ์เป็นอกไก่ 2High+1Low บริโภคแล้วเพิ่มความอดทน (endurance) ในการออกกำลังกายลดความเมื่อยล้าของกล้ามเนื้อ หรือแปรรูปเป็นอกไก่สกัด (chicken breast extract) เพื่อยกระดับการแข่งขันตลาดอาหารสุขภาพของไก่พื้นเมืองไปในระดับอุตสาหกรรมต่อไป

## คำขอบคุณ

ขอขอบคุณ รศ.บัญญัติ เหล่าไพบูลย์ รศ.ดร.สุกร กตเวทิน นายวัชรพงษ์ เตียวยืนยง และนักศึกษาระดับบัณฑิตศึกษากลุ่มปรับปรุงพันธุ์สัตว์ ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น ที่ได้แลกเปลี่ยนข้อคิดเห็นในการเขียนบทความวิชาการเรื่องนี้จนสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

## เอกสารอ้างอิง

- มนต์ชัย ดวงจินดา. 2548. การประเมินพันธุ์กรรมสัตว์. ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์. มหาวิทยาลัยขอนแก่น, ขอนแก่น.
- ศศิกันต์ เกตุมาลา, อมรรัตน์ โมฬี, กาญจนา ธรรมนุ, และ จิรวัฒน์ ยงสวัสดิกุล. 2561ก. อินฟราเรดสเปกโทรสโกปีและคุณสมบัติเนื้อสัมผัสของเนื้อไก่3 สายพันธุ์เมื่อได้รับความร้อน. น. 82-89. ใน: ประชุมวิชาการ Meat Science and Technology ครั้งที่ 6 วันที่ 18-19 มิถุนายน 2561. โรงแรมรามารการ์เด้นส์, กรุงเทพฯ.
- ศศิกันต์ เกตุมาลา, อมรรัตน์โมฬี, และ จิรวัฒน์ ยงสวัสดิกุล. 2561ข. ผลของอายุการเลี้ยงต่อสมบัติทางเคมี-กายภาพของเนื้อไก่โคราช. น. 49-56. ใน: ประชุมวิชาการ Meat Science and Technology ครั้งที่ 6 วันที่ 18-19 มิถุนายน 2561. โรงแรมรามารการ์เด้นส์, กรุงเทพฯ.
- สมาคมรูมาติสซั่มแห่งประเทศไทย. 2555. แนวทางเวชปฏิบัติการดูแลรักษาโรคเกาต์. <http://www.thairheumatology.org/wp-content/uploads/2016/08/Guideline-for-Management-of-Gout.pdf>.
- สุกัญญา เจริญศิลป์ , มนต์ชัย ดวงจินดา, บัญญัติ เหล่าไพบูลย์, วุฒิไกร บุญคุ้ม, สจ๊ กัณหาเรียง และ หนึ่งฤทัย พรหมวาที. 2556. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร. 44: 351-354.
- อชิรญาณ วนดี, พรทิวา แก้วนาเคียน, รุจจิรา บุญน้อม, จิรวัฒน์ ยงสวัสดิกุล, และ อมรรัตน์โมฬี. 2561. ความสัมพันธ์ของระดับพิวรีนในเนื้อไก่กับน้ำหนักตัวและกรดยูริกในเลือดของไก่โคราชที่อายุต่างๆ กัน. น. 99-103. ใน: ประชุมวิชาการ Meat Science and Technology ครั้งที่ 6 วันที่ 18-19 มิถุนายน 2561. โรงแรมรามารการ์เด้นส์, กรุงเทพฯ.
- Ahhmed, A. M., and M. Muguruma. 2010. A review of meat protein hydrolysates and hypertension. Meat science. 86: 110–118.
- Austic, R. E., and R. K. Cole. 1972. Impaired renal clearance of uric acid in chickens having hyperuricemia and articular gout. American Journal of Physiology-Legacy Content. 223: 525-530.
- Bagi, C., E. Berryman, S. Teo, and N. Lane. 2017. Oral administration of undenatured native chicken type II collagen (UC-II) diminished deterioration of articular cartilage in a rat model of osteoarthritis (OA). Osteoarthritis Cartilage. 25: 2080–2090.
- Bednarova, M., M. Borkovcová, and T. Komprda. 2013. Purine derivate content and amino acid profile in larval stages of three edible insects. Journal of the Science of Food and Agriculture. 94: 71–76.
- Bingul, I., Z. Yilmaz, A. F. Aydın, J. Çoban, S. Dogru-Abbasoğlu, and M. Uysal. 2017. Antiglycation and anti-oxidant efficiency of carnosine in the plasma and liver of aged rats. Geriatrics & Gerontology International. 17: 2610–2614.
- Bobulescu, I. A. and O. W. Moe. 2012. Renal transport of uric acid: evolving concepts and uncertainties. Advances in Chronic Kidney Disease. 19: 358–371.
- Charoensin, S., B. Laopaiboon, W. Boonkum, J. Phetcharaburanin, M. O. Villareal, H. Isoda, and M. Duangjinda. 2021. Thai native chicken as a potential functional meat source rich in anserine, anserine/carnosine, and antioxidant substances. Animals. 11:1–13.

- Chen, G. H., H. F. Li, X. S. Wu, B. C. Li, K. Z. Xie, G. J. Dai, K. W. Chen, X. Y. Zhang, and K. H. Wang. 2002. Factors affecting the inosine monophosphate content of muscles in Taihe silkie chickens. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*. 15: 1358–1363.
- Cohen, A.M., R.E. Aberdroth, and Hochstein, P., 1984. Inhibition of free radical-induced DNA damage by uric acid. *The Federation of European Biochemical Societies*. 174: 147–150.
- Cristina, A., S. E. Silva, R. P. Scott, V. H. Koch, L. Ferreira De Almeida, and T. M. Coimbra. 2019. When less or more isn't enough: renal maldevelopment arising from disequilibrium in the renin-angiotensin system. *Frontiers in pediatrics*.
- Ellington, A. 2007. Reduction of purine content in commonly consume meat products through rinsing and cooking. M. S. Thesis. University of Georgia, Athens.
- Erwanto, Y., A. Ismanto, J. Jamhari, A. Prasetyo, and R. Yulianto. 2014. The potency of bioactive peptide of native chicken leg as an anti-hypertency agent. p.2632-2635 *Proceedings of the 16<sup>th</sup> AAAP Animal Science Congress Vol. II 10-14 November 2014, Gadjah Mada University, Yogyakarta, Indonesia*.
- Faruque, S., M. Islam, M. Afroz, and M. Rahman. 2013. Evaluation of the performance of native chicken and estimation of heritability for body weight. *Journal of Bangladesh Academy of Sciences*. 37: 93–101.
- Feig, D. I., D.H. Kang, and R. J. Johnson. 2008. Uric acid and cardiovascular risk. *The New England Journal of Medicine*. 359: 1811–1821.
- Fessel, G., Y. Li, V. Diederich, M. Guizar-Sicairos, P. Schneider, D. R. Sell, V. M. Monnier, and J. G. Snedeker. 2014. Advanced glycation end-products reduce collagen molecular sliding to affect collagen fibril damage mechanisms but not stiffness. *PLoS ONE*. 9: 1-12.
- Gil-Agustí, M., J. Esteve-Romero, and S. Carda-Broch. 2008. Anserine and carnosine determination in meat samples by pure micellar liquid chromatography. *Journal of Chromatography A*. 1189: 444–450.
- Gineviciene, V., A. Jakaitiene, A. Pranculis, K. Milasius, L. Tubelis, and A. Utkus. 2014. AMPD1 rs17602729 is associated with physical performance of sprint and power in elite Lithuanian athletes. *BMC Genetics*. 15: 2-9.
- Gkogkolou, P., and M. Böhm. 2012. Advanced glycation end products. *Dermato-Endocrinology*. 4: 259–270.
- Harada, R., K. Urashima, M. Sato, T. Ohmori, and F. Morimatsu. 2002. Effect of Carnosine and Chicken breast extract (CBEX) on ability to recover from exhaustion in mice. *Nippon Eiyo Shokuryo Gakkaishi*. 55: 209–214.
- Hipkiss, A. R., and C. Brownson. 2000. A possible new role for the anti-ageing peptide carnosine. *Cellular and Molecular Life Sciences*. 57: 747–753.
- Hipkiss, A. R., E. Baye, and B. D. Courten. 2016. Carnosine and the processes of ageing. *Maturitas*. 93:28–33.
- Hu, J., P. Yu, X. Ding, M. Xu, B. Guo, and Y. Xu. 2015. Genetic polymorphisms of the AMPD1 gene and their correlations with IMP contents in Fast Partridge and Lingshan chickens. *Gene*. 574: 204–209.
- Hui-Fang, L., H. Wei, S. Jing-Ting, Z. Yun-Fen, Z. Xue-Yu, and C. Kuan-Wei. 2010. Improving muscle inosine monophosphate (IMP) contents in Wenchang chicken by pyramiding favorable genotypes of ADSL and GARS-AIRS-GART genes. *Journal of Animal and Veterinary Advances*. 9: 1791–1795.
- Islam, M. N., and S. Pervin. 2011. Anti oxidants. *Journal of Dhaka National Medical College & Hospital*. 17: 61-64.
- Jaturasitha, S., T. Srikanthai, M. Kreuzer, and M. Wicke. 2008. Differences in carcass and meat characteristics between chicken indigenous to northern Thailand (black-boned and Thai native) and imported extensive breeds (bresse and rhode island red). *Poultry Science*. 87: 160–169.

- Jayasena, D. D., S. Jung, Y. S. Bae, H. B. Park, J. H. Lee, and C. Jo. 2015. Comparison of the amounts of endogenous bioactive compounds in raw and cooked meats from commercial broilers and indigenous chickens. *Journal of Food Composition and Analysis*. 37: 20–24.
- Jin, S., D. Jayasena, C. Jo, and J. Lee. 2017. The breeding history and commercial development of the Korean native chicken. *Worlds Poultry Science Journal*. 73: 163–174.
- Jung, S., Y. S. Bae, H. J. Kim, D. D. Jayasena, J. H. Lee, H. B. Park, K. N. Heo, and C. Jo. 2013. Carnosine, anserine, creatine, and inosine 5-monophosphate contents in breast and thigh meats from 5 lines of Korean native chicken. *Poultry Science*. 92: 3275–3282.
- Kanaide, H., T. Ichiki, J. Nishimura, & K. Hirano. 2003. Cellular mechanism of vasoconstriction induced by angiotensin II. *Circulation Research*. 93: 1015-1017.
- Kanbay, M., Y. Solak, E. Dogan, M. A. Lanaspa, and A. Covic. 2010. Uric acid in hypertension and renal disease: the chicken or the egg. *Blood purification*. 30: 288-295.
- Kaneko, K., T. Fukuuchi, K. Inazawa, N. Yamaoka, and S. Fujimori. 2015. Total purine content and comparison of the ratio of purine bases in common foodstuffs. *Gout and Nucleic Acid Metabolism*. 39: 7–21.
- Kaneko, K., Y. Aoyagi, T. Fukuuchi, K. Inazawa, and N. Yamaoka. 2014. Total Purine and Purine Base Content of Common Foodstuffs for Facilitating Nutritional Therapy for Gout and Hypercemia. *Biological and Pharmaceutical Bulletin*. 37: 709-721.
- Kantha, S. S., M. Takeuchi, S. Watabe, and H. Ochi. 2000. HPLC determination of carnosine in commercial canned soups and natural meat extracts. *LWT - Food Science and Technology*. 33: 60–62.
- Kim, S.-K., D. Kwon, D.-A. Kwon, I. K. Paik, and J.-H. Auh. 2014. Optimizing carnosine containing extract preparation from chicken breast for anti-glycating agents. *Korean Journal for Food Science of Animal Resources*. 34: 127–132.
- Kim, Y. S., Y. Kim, G. Park, S.-K. Kim, J.-Y. Choe, B. L. Park, and H. S. Kim. 2015. Genetic analysis of ABCG2 and SLC2A9 gene polymorphisms in gouty arthritis in a Korean population. *The Korean Journal of Internal Medicine*. 30: 913–920.
- Kojima, S., H. Saegusa, and M. Sakata. 2014. Histidine-containing dipeptide concentration and antioxidant effects of meat extracts from silky fowl: comparison with meat-type chicken breast and thigh meats. *Food Science and Technology Research*. 20: 621–628.
- Kutzing, M. K., and B. L. Firestein. 2008. Altered uric acid levels and disease states. *Journal of Pharmacology and Experimental Therapeutics*. 324: 1–7.
- Liu, Q. 2011. Concentrations of creatine, creatinine, carnosine, and anserine in bovine longissimus muscle and their correlations with carcass and palatability traits. M. S. Thesis. Iowa State University, Ames.
- Maemura, H., K. Goto, T. Yoshioka, M. Sato, Y. Takahata, F. Morimatsu, and K. Takamatsu. 2006. Effects of carnosine and anserine supplementation on relatively high intensity endurance performance. *International Journal of Sport and Health Science*. 4: 86–94.
- Maiuolo, J., F. Oppedisano, S. Gratteri, C. Muscoli, V. Mollace. 2016. Regulation of uric acid metabolism and excretion. *International Journal of Cardiology*. 213: 8–14.
- Manjula, P., H. B. Park, D. Seo, N. Choi, S. Jin, S. J. Ahn, K. N. Heo, B. S. Kang, and J. H. Lee. 2018. Estimation of heritability and genetic correlation of body weight gain and growth curve parameters in Korean native chicken. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*. 31: 26–31.

- Martirosyan, D. M. and Jaishree S. 2015. A new definition of functional food by FFC: what makes a new definition unique? *Functional Foods in Health and Disease*. 5: 209-223.
- Masaki, H. 2010. Role of antioxidants in the skin: anti-aging effects. *Journal of Dermatological Science*. 58:85–90.
- Mateescu, R. G., A. J. Garmyn, M. A. Oneil, R. G. Tait, A. Abuzaid, M. S. Mayes, D. J. Garrick, A. L. V. Eenennaam, D. L. Vanoverbeke, G. G. Hilton, D. C. Beitz, and J. M. Reecy. 2012. Genetic parameters for carnitine, creatine, creatinine, carnosine, and anserine concentration in longissimus muscle and their association with palatability traits in Angus cattle<sup>1</sup>. *Journal of Animal Science*. 90: 4248–4255.
- McFarland, DC and Coon, CN. 1983. Purine metabolism in high- and low-uric acid lines of chickens: hypoxanthine/guanine phosphoribosyltransferase activities. *Proceedings of the Society for Experimental Biology and Medicine*. 173: 41-7.
- Mori, M., D. Mizuno, K. Konoha-Mizuno, Y. Sadakane, and M. Kawahara. 2015. Quantitative analysis of carnosine and anserine in foods by performing high performance liquid chromatography. *Biomedical Research on Trace Elements*. 26: 147-152.
- Nguedia Assob, J. C., M. N., Ngowe, D. S. Nsagha, A. L. Njunda, Y. Waidim, and D. N. Lemuh. 2014. The relationship between uric acid and hypertension in adults in Fako Division, SW region Cameroon. *International Journal of Food Science*. 4: 1-4.
- Perlstein, T. S., O. Gumieniak, G. H. Williams, D. Sparrow, P. S. Vokonas, M. Gaziano, S. T. Weiss, and A. A. Litonjua. 2006. Uric acid and the development of hypertension: the normative aging study. *Hypertension*. 48: 1031–1036.
- Rikimaru, K., and H. Takahashi. 2010. Evaluation of the meat from Hinai-jidori chickens and broilers: Analysis of general biochemical components, free amino acids, inosine 5-monophosphate, and fatty acids. *Journal of Applied Poultry Research*. 19: 327–333.
- Roberfroid, M. B. "Defining functional foods." *Functional foods* (2000): 9.
- Saiga, A., K. Iwai, T. Hayakawa, Y. Takahata, S. Kitamura, T. Nishimura and F. Moramitsu. 2008. Angiotensin -converting enzyme-inhibitory peptides obtained from chicken collagen hydrolysate. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 56: 9586-9591.
- Sangsawad, P., S. Roytrakul, and J. Yongsawatdigul. 2017. Angiotensin converting enzyme (ACE) inhibitory peptides derived from the simulated in vitro gastrointestinal digestion of cooked chicken breast. *Journal of Functional Foods*. 29: 77–83.
- Sato, M., T. Wakayama, H. Mamada, Y. Shirasaka, T. Nakanishi, and I. Tamai. 2011. Identification and functional characterization of uric acid transporter Urat1 (Slc22a12) in rats. *Biochimica et Biophysica Acta*. 1808: 1441–1447.
- Schmidt, J. A., F. L. Crowe, P. N. Appleby, T. J. Key, and R. C. Travis. 2013. Serum uric acid concentrations in meat eaters, fish eaters, vegetarians and vegans: a cross-sectional analysis in the EPIC-oxford cohort. *PLOS ONE*. 8: 1-8.
- Seo, D., M. Cahyadi, N. Choi, S. Jin, H. B. Park, K. N. Heo, B. S. Kang, C. Jo and J. H. Lee. 2013. Estimation of heritability for meat quality traits in Korean native chicken. 59<sup>th</sup> International Congress of Meat Science and Technology. 18-23 August 2013, Izmir, Turkey.
- Serfozo, P., J. Wysocki, G. Gulua, A. Schulze, M. Ye, P. Liu, J. Jin, M. Bader, T. Myöhänen, J. A. García-Horsman, and D. Batlle. 2020. Ang II (angiotensin II) conversion to angiotensin-(1-7) in the circulation is POP

- (prolyl oligopeptidase)-dependent and ACE2 (angiotensin-converting enzyme 2)-independent. *Hypertension*. 75: 173–182.
- Simoyi, M. F., E. Falkenstein, K. V. Dyke, K. P. Blemings, and H. Klandorf. 2003. Allantoin, the oxidation product of uric acid is present in chicken and turkey plasma. *Comparative Biochemistry and Physiology Part B: Biochemistry and Molecular Biology*. 135: 325–335.
- Stanton, C., Ross, R. P., Fitzgerald, G. F., & Van Sinderen, D. (2005). Fermented functional foods based on probiotics and their biogenic metabolites. *Current Opinion in Biotechnology*. 16: 198–203.
- Tanaka, K.I., and M. Kawahara. 2017. Copper enhances zinc-induced neurotoxicity and the endoplasmic reticulum stress response in a neuronal model of vascular dementia. *Frontiers in Neuroscience*. 11: 1–10.
- Taylor, T., and W. Mensah. 2017. Effects of nutritional and dietary supplements on renal function among university bodybuilders in Ghana. *International annals of medicine*. 1: 1–7.
- Teng, G. G., A. Pan, J. M. Yuan, and W. P. Koh. 2015. Food sources of protein and risk of incident gout in the Singapore Chinese health study. *Arthritis & Rheumatology*. 67: 1933–1942.
- Terashima, M., T. Baba, N. Ikemoto, M. Katayama, T. Morimoto, and S. Matsumura. 2010. Novel angiotensin-converting enzyme (ACE) inhibitory peptides derived from boneless chicken leg meat. *Journal of agricultural and food chemistry*. 58: 7432–7436.
- Tinbergen, B. J., and P. Slump. 1976. The detection of chicken meat in meat products by means of the anserine/carnosine ratio. *Zeitschrift fur Lebensmittel-Untersuchung und –Forschung*. 161: 7–11.
- Tongsiri, S., G. M. Jeyaruban, S. Hermes, J. H. J. van der Werf, L. Li, and T. Chormai. 2019. Genetic parameters and inbreeding effects for production traits of Thai native chickens. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*. 32: 930–938.
- Tunim, S., Y. Phasuk, S. E. Aggrey, and M. Duangjinda. 2020. Gene expression of fatty acid binding protein genes and its relationship with fat deposition of Thai native crossbreed chickens. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*. 00: 1–8.
- Wattanachant, S., S. Benjakul, and D. A. Ledward. 2005. Composition, color, and texture of Thai Indigenous and broiler chicken muscles. *Poultry science*. 83: 123–128.
- Wei, W., L. L. Zhang, J. H. Xu, F. Xiao, C. De Bao, L. Q. Ni, X. F. Li, Y. Q. Wu, L. Y. Sun, R. H. Zhang, B. L. Sun, S. Q. Xu, S. Liu, W. Zhang, J. Shen, H. X. Liu, and R. C. Wang. 2009. A multicenter, double-blind, randomized, controlled phase III clinical trial of chicken type II collagen in rheumatoid arthritis. *Arthritis Research & Therapy*. 11.
- Xu, X, C. Li, P. Zhou & T. Jiang. 2016. Uric acid transporters hiding in the intestine. *Pharmaceutical Biology*. 54: 3151–3155.
- Yeum, K.-J., M. Orioli, L. Regazzoni, M. Carini, H. Rasmussen, R. M. Russell, and G. Aldini. 2010. Profiling histidine dipeptides in plasma and urine after ingesting beef, chicken or chicken broth in humans. *Amino acids*. 38: 847–858.
- Zuck, J., C. R. Borges, E. J. Braun, and K. L. Sweazea. 2017. Chicken albumin exhibits natural resistance to glycation. *Comparative Biochemistry and Physiology Part B: Biochemistry and Molecular Biology*. 203: 108–114.