หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 5

วิจารณ์ผลการทดลอง

5.1 ศึกษาผลการใช้สารเชื่อมในอาหารกุ้งกุลาดำ

ในการผลิตอาหารกุ้งปกติจะต้องใช้สารเชื่อมในสูตรอาหาร เพื่อทำให้เม็ดอาหารมีความคงตัวในน้ำสูงเมื่อใช้เครื่อง pellet mill หรือ เครื่องบดเนื้อในการอัดเม็ด สารเชื่อมที่นิยมใช้กัน เช่น sodium alginate, wheat gluten, carrageenan, guar gum (2) สารเชื่อมเหล่านี้มักมีราคาแพงและมีคุณค่าทางอาหารต่ำ การลดปริมาณสารเชื่อมที่ใช้จึงเป็นเรื่องที่น่าสนใจ เพราะอาจทำให้ต้นทุนอาหารลดลง และยังสามารถเพิ่มอัตราส่วนอาหารที่มีคุณค่ามากกว่าในสูตรอาหารด้วย ในการทดลองนี้จึงได้ผลิตอาหารกุ้งโดยใช้เครื่อง extruder เพื่อศึกษาถึงความจำเป็นของการใช้สารเชื่อมในสูตรอาหาร ซึ่งผลการทดลองที่ได้แสดงให้เห็นว่าการใช้เครื่อง extruder ในการผลิตอาหารกุ้งไม่จำเป็นต้องใช้สารเชื่อมในสูตรอาหาร เพราะ extruder สามารถผลิตอาหารกุ้งที่มีความคงตัวในน้ำไม่แตกต่างจากเมื่อใช้สารเชื่อม ดังตารางที่ 1 ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ Kearns (21, 26) ที่กล่าวว่าการผลิตอาหารกุ้งโดยใช้ extruder ไม่จำเป็นต้องใส่สารเชื่อม ในการทดลองนี้แปรปริมาณสารเชื่อมเพียง 2 ระดับ คือ 0 และ 2.5 % เนื่องจากปริมาณที่เหมาะสมสำหรับสารเชื่อมนี้ (TTL-X 78 ®) ในอาหารกุ้งที่ผลิตโดยใช้เครื่อง pellet mill คือ 2.5 % (47) การใช้สารเชื่อมปริมาณสูงกว่านี้ก็ไม่มีผลให้อาหารมีความคงตัวในน้ำสูงขึ้น

5.2 ศึกษาผลของภาวะการผลิตอาหารกุ้งกุลาดำต่อความคงทนในน้ำ

5.2.1 ศึกษาอัตราป้อนกับขนาดของสกรู

อาหารกุ้งที่ใช้สกรูและอัตราป้อนต่างกันให้ค่าความคงตัวในน้ำไม่แตกต่างกัน ($P \geq 0.05$) ดังตารางที่ 4 และ 5 ทำให้ไม่สามารถเลือกภาวะการผลิตดีที่สุดจากการประเมิน

ความคงตัวของอาหารในน้ำได้ แต่จากการสังเกตการคงรูปของเม็ดอาหาร ซึ่งหมายถึงลักษณะของอาหารก่อนแช่น้ำเทียบกับหลังแช่น้ำแล้ว อาหารที่มีการคงรูปดีเมื่อแช่น้ำแล้วจะเกิดการบวมหรือพองเล็กน้อย แต่ผิวของเม็ดอาหารจะไม่แตกออกเป็นชุย ทำให้กุ้งมีโอกาสจับเม็ดอาหารกินได้มากกว่าอาหารที่มีการคงรูปไม่ดี เพราะอาหารที่มีการคงรูปไม่ดีส่วนที่เป็นชุยของเม็ดอาหารจะหลุดและละลายน้ำได้ง่ายเมื่อกุ้งเข้ามาจับเม็ดอาหาร และจากการสังเกตอาหารกุ้งเชิงการค้าที่ผลิตโดยใช้เครื่อง extruder พบว่าอาหารกุ้งมีการคงรูปดี คืออาหารพองออกเล็กน้อยเท่านั้นเมื่อเทียบกับอาหารก่อนแช่น้ำเพื่อหาความคงตัวในน้ำ ในการทดลองนี้จึงใช้ลักษณะด้านการคงรูปเป็นปัจจัยในการเลือกภาวะที่เหมาะสมแทนการใช้ค่าความคงตัวในน้ำ จากผลที่ได้พบว่าที่อัตราป้อน 10 รอบ/นาที สกรูขนาด 1:1 และ 2:1 อาหารมีการคงรูปดีกว่าการใช้สกรูขนาด 3:1 ส่วนที่อัตราป้อน 30 และ 50 รอบ/นาที อาหารที่ใช้สกรูขนาด 1:1 มีการคงรูปดีกว่าการใช้สกรูขนาด 2:1 และ 3:1 เพราะสกรูขนาด 1:1 ทำให้อาหารเกิดแรงดันภายในเครื่องก่อนออกจากแม่แบบน้อยกว่าสกรูขนาดอื่น ซึ่งมีผลให้อาหารที่ออกจากแม่แบบเกิดการพองตัวน้อยกว่าด้วย การเลือกใช้สกรู 1:1 ในการผลิตอาหารกุ้งนี้สอดคล้องกับคำแนะนำในคู่มือการใช้ extruder ของ BRABENDER OHG DUISBURG model 20N นี้ ซึ่งอธิบายว่าอาหารที่ผลิตแบบ cold forming เช่น ผลิตภัณฑ์พวกเส้นก๋วยเตี๋ยว ควรใช้สกรูขนาด 1:1 (48) การใช้อัตราป้อน 10 รอบ/นาที ทำให้อาหารมีการคงรูปดีกว่าที่อัตราป้อนอื่นที่กำหนด ทั้งนี้เพราะเมื่อใช้อัตราป้อนสูงอาหารจะออกจากเครื่องเร็วขึ้น ทำให้ residential time น้อยลง โอกาสที่อาหารจะได้รับความร้อนก็น้อยลงด้วย แป้งจึงเกิดเจลได้น้อยกว่า ดังนั้นจึงเลือกใช้สกรูขนาดที่เหมาะสมคือ 1:1 และอัตราป้อนที่เหมาะสมคือ 10 รอบ/นาที

5.2.2 <u>ศึกษาปริมาณความชื้นของอาหารผสมก่อนเข้า extruder กับอุณภูมิของ barrel</u>

อุณหภูมิของ barrel และปริมาณความชื้นของอาหารผสมที่ใช้ในแต่ละระดับจะให้อาหารที่มีค่าความคงตัวในน้ำแตกต่างกัน ($P \leq 0.05$) และปัจจัยทั้งสองยังมีอิทธิพลร่วม (ตารางที่ 5 และ 6) จะเห็นได้ว่าเมื่อปริมาณความชื้นของอาหารเพิ่มขึ้น ความคงตัวในน้ำของอาหารจะเพิ่มขึ้นด้วย เช่น ความชื้นของอาหารเพิ่มจาก 31 เป็น 34 % ความคงตัวในน้ำจะเพิ่มจาก 18.36 เป็น 69.96 % แต่เมื่อความชื้นของอาหารเพิ่มถึงจุดหนึ่งความคงตัวในน้ำของอาหารจะเพิ่มขึ้นน้อยลง เช่น ความชื้นของอาหารเพิ่มจาก 38 เป็น 44 % ความคงตัวในน้ำของอาหาร

จะมีค่าเป็น 82.42 และ 84.00 % ตามลำดับ ทั้งนี้อาจเนื่องจากปริมาณน้ำในอาหารเพียง 38 % ก็พอที่จะทำให้แป้งหรือคาร์โบไฮเดรตที่มีในสูตรอาหารเปลี่ยนเป็นเจลซึ่งทำหน้าที่เป็นสารเชื่อมให้เม็ดอาหารเกาะตัวกัน (26) และมีความคงตัวในน้ำสูง ส่วนอุณหภูมิของ barrel นั้นพบว่าเมื่อเพิ่มสูงขึ้น ความคงตัวในน้ำของอาหารจะเพิ่มขึ้นด้วย เช่น อาหารที่มีความชื้น 31 และ 34 % ถึงแม้ว่าปริมาณน้ำในอาหารมีไม่สูงพอที่จะทำให้แป้งในอาหารเกิดเจลได้เต็มที่ แต่เนื่องจากอุณหภูมิเป็นปัจจัยหนึ่งของการเกิดเจล การเพิ่มอุณหภูมิของ barrel จึงทำให้อาหารเกิดเจลมากขึ้นความคงตัวในน้ำของอาหารจึงมากขึ้นด้วย แต่เมื่ออาหารมีปริมาณความชื้นสูงพอคือ 38 และ 44 % ความคงตัวในน้ำของอาหารที่แต่ละระดับอุณหภูมิไม่แตกต่างกัน และมีแนวโน้มลดลงเมื่อเพิ่มอุณหภูมิของ barrel เช่น อาหารที่มีความชื้น 44 % เมื่อเพิ่มอุณหภูมิจาก 36-37 เป็น 60-61 °C ความคงตัวในน้ำจะลดลงจาก 84.00 เป็น 81.68 % จากการสังเกตลักษณะเม็ดอาหารพบว่าเมื่ออุณหภูมิของ barrel เพิ่มสูงถึง 60-61 °C อาหารที่ออกจากเครื่องมีการพองตัวเพิ่มขึ้น จึงมีช่องว่างในเม็ดมากอาหารจึงมีความคงตัวในน้ำของอาหารลดลง

5.2.3 <u>ศึกษาอัตราเร็วสกรู ปริมาณความชื้นของอาหารก่อนเข้า extruder และอุณหภูมิอบแห้งอาหารเม็ด</u>

จากผลการทดลองพบว่า มีเพียงปัจจัยทางด้านอุณหภูมิอบแห้งและปริมาณความชื้นของอาหารก่อนเข้า extruder เท่านั้นที่ทำให้อาหารมีความคงตัวในน้ำแตกต่างกันและปัจจัยทั้งสองมีอิทธิพลร่วม ($P \leq 0.05$) ส่วนอัตราเร็วสกรูที่ใช้แต่ละระดับนั้นไม่ทำให้ความคงตัวในน้ำของอาหารแตกต่างกัน (ตารางที่ 8) จึงตัดปัจจัยนี้ออกแล้วนำผลที่ได้ไปวิเคราะห์ใหม่ดังตารางที่ 10 จะเห็นว่าเมื่ออุณหภูมิอบเพิ่มขึ้นความคงตัวในน้ำของอาหารจะเพิ่มขึ้นด้วย เช่น เมื่ออุณหภูมิเพิ่มจาก 40 เป็น 60 °C ความคงตัวในน้ำของอาหารที่มีความชื้น 38 % เพิ่มจาก 81.40 เป็น 83.71 % ความคงตัวในน้ำของอาหารที่มีความชื้น 44 % เพิ่มจาก 82.44 เป็น 83.76 % และความคงตัวในน้ำของอาหารที่มีความชื้น 50 % เพิ่มจาก 76.27 เป็น 82.78 % แต่เมื่อเพิ่มอุณหภูมิอบจาก 60 เป็น 80 °C ค่าความคงตัวในน้ำของอาหารไม่แตกต่างกัน เนื่องจากอุณหภูมิอบ 60 °C เพียงพอต่อการเกิดเจลของอาหารกุ้งแล้ว เพราะอุณหภูมิในการเกิดเจลของกากถั่วเหลืองซึ่งเป็นส่วนประกอบที่สำคัญ คือ 54 °C ดังนั้น จึงสามารถสรุปได้ว่าอาหารกุ้งเกิดเจลในขั้นตอนการอบแห้งเม็ดอาหารจริง และมีบางส่วนเกิดในขั้นตอนการอัดเม็ดด้วย สังเกตได้จาก

อาหารกุ้งที่ใช้อุณหภูมิอบแห้ง 40 °C มีความคงตัวในน้ำสูงพอสมควร

ส่วนปริมาณความชื้นของอาหารนั้น พบว่าอาหารที่มีความชื้นเพิ่มจาก 38 เป็น 44 % ความคงตัวในน้ำจะเพิ่มขึ้น โดยเฉพาะที่อุณหภูมิอบแห้ง 40 °C ค่าความคงตัวในน้ำของอาหารเพิ่มขึ้นชัดเจนกว่าที่อุณหภูมิอบอื่น ทั้งนี้เนื่องจากเมื่อปริมาณความชื้นเพิ่มขึ้น ทำให้แป้งในอาหารสามารถดูดน้ำเพื่อใช้ในการเกิดเจลได้มากขึ้น แต่เมื่อเพิ่มความชื้นจาก 44 เป็น 50 % ความคงตัวในน้ำของอาหารจะลดลง เนื่องจากปริมาณความชื้นที่มากเกินไป จะทำให้เม็ดอาหารมีน้ำเป็นส่วนประกอบอยู่มาก เมื่อนำไปอบแห้งน้ำจะระเหยออกไป ทำให้เม็ดอาหารมีช่องว่างภายในมากความคงตัวในน้ำจึงลดลง

5.2.4 <u>วิธีให้ไอน้ำ ระยะเวลาให้ไอน้ำ และปริมาณความชื้นของอาหารก่อนให้ไอน้ำ</u>

การผลิตอาหารกุ้งโดยใช้เครื่อง extruder ในอุตสาหกรรมจะมีการใช้ไอน้ำในการปรับสภาพวัตถุดิบ และใช้เป็นตัวให้ความร้อนและความชื้นในกระบวนการอัดเม็ดด้วยการปรับสภาพวัตถุดิบผสมก่อนอัดเม็ดจะทำให้เกิดเจลได้ในบางส่วน และเป็นการปรับปริมาณความชื้นให้เหมาะสมในการผลิตด้วย Kearns (26) รายงานว่าความชื้นของอาหารกุ้งกุลาดำที่ผลิตโดยใช้เครื่อง extruder คือ 30-32 % แต่จากการทดลองข้างต้นพบว่าความชื้นที่เหมาะสมในการผลิตสูงถึง 44 % ทั้งนี้อาจเป็นผลมาจากการผลิตอาหารกุ้งโดยไม่ปรับสภาพวัตถุดิบผสมก่อนอัดเม็ด เพราะเครื่อง extruder ที่ใช้ในงานวิจัยนี้ไม่มีเครื่องปรับสภาพวัตถุดิบ และใช้ electric heater เป็นตัวให้ความร้อนซึ่งเป็นการให้ความร้อนแบบแห้ง ดังนั้นจึงมีการให้ไอน้ำแก่อาหารกุ้งในการผลิตในการทดลองนี้

จากผลการทดลองพบว่า ปัจจัยทั้งทางด้านวิธีให้ไอน้ำและปริมาณความชื้นของอาหารก่อนให้ไอน้ำ ทำให้อาหารมีความคงตัวในน้ำแตกต่างกัน ($P \leq 0.01$) และปัจจัยทั้งสามมีอิทธิพลร่วม (ตารางที่ 12) อาหารที่ใช้วิธีให้ไอน้ำก่อนผลิตเมื่อเพิ่มปริมาณความชื้นจาก 32 เป็น 44 % ความคงตัวในน้ำจะเพิ่มขึ้นเนื่องจากเมื่อเพิ่มปริมาณความชื้นขึ้น โอกาสที่อาหารเกิดเจลจะมีมากขึ้น แต่เมื่อเพิ่มปริมาณความชื้นของอาหารจาก 37 เป็น 44 % พบว่าความคงตัวในน้ำของอาหารที่ทุกระยะเวลาให้ไอน้ำ และวิธีการผลิตไม่แตกต่างกัน ($P \geq 0.01$) อธิบายได้ว่า เมื่ออาหารมีความชื้น 37 % ขึ้นไปอาหารจะมีน้ำมากพอที่ทำให้แป้งในอาหารเกิดเจลได้เต็มที่แล้ว ความชื้นที่ให้เพิ่มขึ้นกว่านี้ไม่มีผลต่อการเกิดเจล ความคงตัวในน้ำจึงคงที่

เมื่อพิจารณาระยะเวลาการให้ไอน้ำของอาหารที่มีความชื้น 32 % ทั้งสองวิธีการให้ไอน้ำ พบว่า เมื่อระยะเวลาการให้ไอน้ำเพิ่มจาก 0 เป็น 5 นาที ความคงตัวในน้ำของอาหารที่ให้ไอน้ำก่อนการผลิต จะเพิ่มจาก 24.35 เป็น 78.84 % และอาหารที่ให้ไอน้ำหลังผลิตจะมีค่าความคงตัวในน้ำเพิ่มจาก 24.35 เป็น 85.51 % แต่เมื่อเพิ่มระยะเวลาให้ไอน้ำจาก 5 เป็น 10 นาที ปริมาณความชื้นของอาหารเพิ่มขึ้นแต่ค่าความคงตัวในน้ำจะไม่เพิ่มขึ้น และมีค่าไม่แตกต่างกัน ($P \geq 0.01$) และพบว่าการให้ไอน้ำหลังการผลิตให้อาหารที่มีค่าความคงตัวในน้ำดีกว่าตัวอย่างที่ให้ไอน้ำก่อนการผลิต ทั้งที่ระยะเวลาให้ไอน้ำ 5 และ 10 นาที เนื่องจากเมื่อให้ไอน้ำแก่วัตถุดิบผสม แป้งบางส่วนในอาหารจะกลายเป็นเจล เมื่อนำไปอัดเม็ดและอบแห้งแป้งส่วนที่เหลือซึ่งยังไม่กลายเป็นเจลก็จะกลายเป็นเจลในช่วงนี้ เนื่องจากความชื้นของอาหารและความร้อนจากเตาอบมีเพียงพอต่อการเกิดเจลของแป้ง แต่แป้งที่เกิดเจลแล้วในตอนแรกที่ให้ไอน้ำจะมี thickening power ต่ำลง และเกิดเป็นเจลอีกครั้งได้น้อยลง (49) เมื่อเทียบกับอาหารกุ้งที่ให้ไอน้ำหลังการอัดเม็ด เพราะเม็ดแป้งที่มีอยู่ในอาหารอัดเม็ดจะกลายเป็นเจลเมื่อให้ไอน้ำ และเกิดการจับตัวเป็นสารเชื่อมได้ทั้งหมด จึงทำให้แป้งในอาหารกุ้งที่ให้ไอน้ำหลังการอัดเม็ดมีประสิทธิภาพในการเป็นสารเชื่อมได้ดีกว่าแป้งในอาหารกุ้งที่ให้ไอน้ำก่อนการอัดเม็ด นอกจากนี้การให้ไอน้ำก่อนการผลิตยังทำให้ความชื้นของวัตถุดิบผสมเพิ่มขึ้นมีผลให้ความดันภายในเครื่องอัดเม็ดลดลง เช่น ที่ระดับความชื้น 32 % เมื่อไม่ให้ไอน้ำหรือให้ไอน้ำหลังผลิตเปรียบเทียบกับการให้ไอน้ำนาน 5 และ 10 นาที ก่อนผลิต ความชื้นของอาหารก่อนเข้าเครื่อง extruder จะเพิ่มจาก 32.12 เป็น 34.32 % และ 34.76 % ตามลำดับ ทำให้ความดันในเครื่องลดลงจาก 3.8 เป็น 3.7 และ 3.6 kg/cm^2 ตามลำดับ และที่ระดับความชื้นอื่นก็ให้ผลทำนองเดียวกัน ดังนั้นการให้ไอน้ำก่อนผลิตจึงทำให้อาหารอัดเม็ดกันได้ไม่แน่นเท่าอาหารที่ให้ไอน้ำหลังผลิตเพราะความชื้นของวัตถุดิบผสมมาก ซึ่งสอดคล้องกับผลของการให้ความร้อนด้วยไอน้ำของอาหารกุ้งที่ผลิตจากเครื่อง pellet mill ที่มีรายงานว่าการให้ไอน้ำหลังการอัดเม็ดเพิ่มความคงตัวของอาหารในน้ำ เนื่องจากมีการเพิ่มการเกิดเจลของแป้งในสูตร (50)

5.3 <u>ศึกษาสูตรอาหารที่เหมาะสมสำหรับการผลิตโดยเครื่อง extruder</u>

สูตรอาหารที่นำมาทดลองมี 4 สูตร แต่ละสูตรจะมีปริมาณโปรตีนใกล้เคียงกันคือมีโปรตีนประมาณ 45 % อาหารสูตร 1, 2 และ 3 แตกต่างกันที่ชนิดของคาร์โบไฮเดรตที่ใช้

โดยสูตร 1 ใช้รำละเอียด สูตร 2 ใช้ปลายข้าว และสูตร 3 ใช้แป้งสาลี ส่วนสูตร 4 นั้นใช้แป้งสาลีเช่นเดียวกับสูตร 3 แต่ใช้ในปริมาณน้อยกว่า คือสูตร 3 ใช้แป้งสาลี 27.5 % สูตร 4 ใช้ 17.5 % นอกจากนี้สูตรอาหารกุ้งที่ใช้ยังแตกต่างกันที่ชนิดของโปรตีนด้วย โดยอาหารสูตร 1, 2 และ 3 มีแหล่งโปรตีนที่สำคัญ คือ ปลาป่น และกากถั่วเหลืองในปริมาณที่ใกล้เคียงกัน แต่สูตร 4 เพิ่มปริมาณกากถั่วเหลืองเพื่อมาทดแทนปริมาณปลาป่นที่ลดลง เพื่อเป็นการลดต้นทุนด้านวัตถุดิบอาหารที่ใช้ การเลือกสูตรอาหารทั้ง 4 เพื่อต้องการเปรียบเทียบผลของชนิดของคาร์โบไฮเดรตต่อความคงตัวในน้ำของอาหารอย่างไร เนื่องจากคาร์โบไฮเดรตมีแป้งเป็นส่วนประกอบที่สำคัญซึ่งทำหน้าที่เป็นสารเชื่อมในเม็ดอาหาร นอกจากนี้ยังชี้ให้เห็นว่าปริมาณแป้งในสูตรอาหารที่ต่างกันอาจไม่มีผลต่อค่าความคงตัวในน้ำของอาหาร จากผลการทดลองพบว่าอาหารสูตร 1, 2 และ 3 มีค่าความคงตัวในน้ำไม่แตกต่างกัน ($P \geq 0.05$) และมีค่าสูงกว่าอาหารสูตร 4 โดยอาหาร 3 สูตรแรกมีค่าความคงตัวในน้ำ 85.48 85.43 และ 85.67 % ตามลำดับ ส่วนอาหารสูตร 4 มีค่าความคงตัวในน้ำ 84.58 % ค่าความคงตัวในน้ำของอาหาร 3 สูตรแรกไม่แตกต่างกัน โดยอาหารสูตร 2 และ 3 มีปริมาณแป้งในสูตรสูงคือ สูตร 2 มีปลายข้าว 17.5 % และสูตร 3 มีแป้งสาลี 22.5 % เป็นแหล่งของแป้ง ซึ่งปริมาณแป้งนี้มีมากเกินพอสำหรับเกิดเจลจึงทำให้ทั้งสองสูตรนี้มีความคงตัวในน้ำไม่แตกต่างกัน และสอดคล้องกับรายงานของ Kearns ที่กล่าวว่าการผลิตอาหารกุ้งโดยใช้ extruder ควรมีแป้งในสูตรอย่างน้อย 5-10 % (26) ส่วนอาหารสูตร 1 มีแหล่งของสารเชื่อมคือแป้งจากกากถั่วเหลือง ซึ่ง Daubert (51) รายงานว่าถั่วเหลืองมีแป้ง 0.5-5.6 % โดยน้ำหนัก และเส้นใยจากรำข้าวซึ่งมีค่อนข้างสูงสามารถใช้เป็นสารเชื่อมได้ด้วย (52) ทั้งนี้อาจเป็นเพราะมี hemicellulose เป็นส่วนประกอบในปริมาณมากพอในการทำหน้าที่เป็นสารเชื่อม ซึ่งสารตัวนี้นิยมใช้เป็นสารเชื่อมในอาหารสัตว์น้ำด้วย (52) ดังนั้นเมื่อนำวัตถุดิบผสมไปอัดเม็ดจะทำให้อาหารอัดตัวกันแน่นมีโครงสร้างแข็งแรง และมีค่าความคงตัวในน้ำสูง เนื่องจากเส้นใยไม่ละลายน้ำ ดังนั้นอาหารทั้ง 3 สูตรจึงมีค่าความคงทนในน้ำไม่แตกต่างกัน ส่วนอาหารสูตร 4 มีค่าความคงตัวในน้ำลดลง เนื่องจากอาหารสูตร 4 มีปริมาณกากถั่วเหลืองในสูตรสูงเกินไป และยังมีปริมาณไขมันในสูตรสูงกว่าสูตรอาหารอื่นด้วย (ตารางที่ 14) เนื่องจากกากถั่วเหลืองมีปริมาณไขมันค่อนข้างสูง คือ 4.05 % ดดทำให้การอัดเม็ดของเครื่องลำบากกว่าอาหารที่มีไขมันต่ำกว่า เพราะไขมันจะทำให้อาหารลื่น จึงเกิดการอัดตัวได้ไม่ดี เมื่อพิจารณาทางด้านต้นทุนวัตถุดิบอาหารพบว่า อาหารสูตร

(ตารางที่ 14) ดังนั้นจึงเลือกอาหารสูตร 1 และ 2 เพื่อใช้ในการทดลองต่อไป สาเหตุที่อาหารสูตร 3 และ 4 มีราคาต้นทุนสูงกว่าสูตร 1 และ 2 เนื่องจากอาหารสูตร 3 และ 4 นี้ได้ดัดแปลงจากสูตรอาหารที่ใช้ผลิตอาหารกุ้งกุลาดำโดยใช้ extruder ที่ Kearns (26)ได้รายงานไว้ โดยใช้แป้งสาลีซึ่งมีราคาสูงถึง 24 บาท/กิโลกรัม แทนข้าวสาลีราคาถูกเช่น wheat mid ที่นิยมใช้ในต่างประเทศ แต่หาซื้อไม่ได้ในประเทศไทย ถึงแม้แป้งสาลีจะมีราคาสูงแต่ยังนำมาใช้เพราะต้องการศึกษาการใช้แป้งสาลีในการผลิตอาหารกุ้งกุลาดำโดย extruder เพราะแป้งสาลีเป็นทั้งสารเชื่อมและแหล่งโปรตีนในอาหารกุ้ง จากผลการทดลองจะพบว่าการใช้แป้งสาลีทำให้อาหารกุ้งมีค่าความคงตัวในน้ำดีพอกับการใช้รำละเอียด และปลายข้าว

5.4 ศึกษาการเลี้ยงกุ้งกุลาดำโดยใช้อาหารที่ผลิตจากเครื่อง extruder เปรียบเทียบกับ pellet mill

จากการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของอาหารกุ้งกุลาดำที่ผลิตโดยใช้เครื่อง extruder และ pellet mill เปรียบเทียบกับอาหารเชิงการค้า (c) จะพบว่าปริมาณโปรตีนของอาหารทดลอง (e1, e2, p1 และ p2) และอาหารเชิงค้าแตกต่างกัน ($P \leq 0.01$) คือ อาหารทดลองมีโปรตีนอยู่ในช่วง 44.22-44.96 % ขณะที่อาหารเชิงการค้ามีโปรตีน 48.46 % (ตารางที่ 14) ปริมาณโปรตีนในอาหารข้างต้นมีปริมาณมากพอต่อความต้องการของกุ้งกุลาดำ เพราะปริมาณโปรตีนที่เหมาะสมสำหรับกุ้งกุลาดำวัยรุ่นคือ 40 % (4) ส่วนปริมาณความชื้นพบว่าความชื้นของอาหารกุ้งเชิงการค้าและอาหารทดลองแตกต่างกัน ($P \leq 0.01$) อาหารเชิงการค้ามีความชื้นสูงถึง 11.39 % ขณะที่อาหารทดลองมีความชื้น 5.97-6.39 % และปริมาณความชื้นของอาหารทดลองทุกชนิดไม่แตกต่างกัน ($P \leq 0.01$) อย่างไรก็ตามความชื้นของอาหารทุกชนิดก็ยังอยู่ในเกณฑ์ที่ปลอดภัยในการเก็บรักษาเพราะต่ำกว่า 13 % (7) ส่วนปริมาณไขมันในอาหารกุ้งพบว่า ปริมาณไขมันในอาหารเชิงการค้าและอาหารทดลองแตกต่างกัน ($P \leq 0.01$) อาหารเชิงการค้ามีไขมันต่ำกว่าอาหารทดลองสูตรอื่น โดยมีปริมาณไขมัน 5.38 % ขณะที่อาหารทดลองมีไขมันอยู่ในช่วง 7.52-7.82 % ปริมาณไขมันในอาหารกุ้งทุกชนิดในการทดลองอยู่ในช่วงที่เหมาะสมแก่ความต้องการของกุ้งคืออยู่ในช่วง 5-12 % (9) ส่วนปริมาณเยื่อใยนั้นพบว่า ชนิดของอาหารกุ้งมีผลให้ปริมาณเยื่อใยในอาหารแตกต่างกัน ($P \leq 0.01$) โดยอาหาร c มีเยื่อใยต่ำสุด (2.76 %) รองลงมาคือ e2 และ p2 (3.38 และ 3.48 %) และอาหารที่มีเยื่อใยมากที่สุดคือ e1 และ p1

รองลงมาคือ e2 และ p2 (3.38 และ 3.48 %) และอาหารที่มีเยื่อใยมากที่สุดคือ e1 และ p1 (5.44 และ 5.10 %) ทั้งนี้เพราะอาหารสูตร 1 มีร้าละเอียดเป็นแหล่งคาร์โบไฮเดรต ซึ่งมีปริมาณเยื่อใยสูงถึง 14.45 % ขณะที่อาหารสูตร 2 มีปลายข้าวเป็นแหล่งคาร์โบไฮเดรตมีปริมาณเยื่อใยเพียง 0.49 % แต่ปริมาณเยื่อใยในอาหารกุ้งทุกชนิดก็นับว่าอยู่ในเกณฑ์ที่ใช้ได้ เพราะปริมาณเยื่อใยที่เหมาะสมในอาหารกุ้งคือ 3-5 % แม้ว่าอาหาร e1 และ p1 จะมีปริมาณเยื่อใยมากเกินไปเล็กน้อยก็ตาม ส่วนปริมาณเถ้า พบว่าชนิดอาหารมีผลให้ปริมาณเถ้าในอาหารแตกต่างกัน ($P \leq 0.01$) โดยอาหารทดลองมีปริมาณเถ้ามากกว่าอาหารเชิงการค้า ซึ่งแสดงว่าอาหารทดลองมีปริมาณเกลือแร่ในสูตรมากกว่าอาหารเชิงการค้า อาหารสูตร 1 คือ e1 และ p1 มีปริมาณเถ้าสูงสุดคือ 16.00 และ 16.07 % รองลงมาคืออาหารสูตร 2 คือ e2 และ p2 มีปริมาณเถ้า 15.42 และ 15.40 % และอาหารเชิงการค้ามีปริมาณเถ้าต่ำสุดคือ 10.69 % ปริมาณเถ้าของอาหารทุกชนิดอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน คือไม่เกิน 18 % (13)

เมื่อพิจารณาผลทางด้านปริมาณวิตามินซีที่เหลือในอาหารกุ้งจะพบว่า ชนิดอาหารมีผลให้ปริมาณวิตามินซีที่เหลือแตกต่างกัน ($P \leq 0.01$) โดยอาหารที่ผลิตจากเครื่อง pellet mill (อาหาร p1 และ p2) มีปริมาณวิตามินซีเหลืออยู่ มากที่สุดคือ 2.80 และ 3.04 มิลลิกรัม/กรัมอาหาร รองลงมาคืออาหารเชิงการค้ามีปริมาณวิตามินซี 2.40 มิลลิกรัม/กรัมอาหาร และอาหารที่ผลิตจากเครื่อง extruder มีปริมาณวิตามินซีน้อยที่สุดคือ 1.69 และ 1.70 มิลลิกรัม/กรัมอาหาร สาเหตุที่อาหารซึ่งผลิตโดยใช้เครื่อง extruder มีปริมาณวิตามินซีเหลืออยู่น้อย เนื่องจากความคงตัวของวิตามินซีจะมากขึ้นเมื่อใช้วัตถุดิบผสมที่มีความชื้นต่ำสุด โดย Bjorckt และ Asp (33) รายงานผลของวิตามินซีที่เหลือใน potato flake ที่ผลิตโดยใช้ Brabender plasticorder model PL-V 500 อุณหภูมิ barrel 70-160 °C อัตราเร็วสกรู 100 รอบ/นาที และความชื้นของอาหาร 25-59 % พบว่าความคงตัวของวิตามินซีเหลืออยู่มากที่สุดคือ 86 % เมื่อวัตถุดิบผสมมีความชื้นต่ำสุดคือ 25 % ซึ่งในการทดลองนี้ส่วนผสมของอาหารกุ้งที่ผลิตโดยใช้เครื่อง extruder มีความชื้นสูงถึง 32 % ขณะที่ความชื้นของส่วนผสมที่ผลิตโดยใช้เครื่อง pellet mill มีประมาณ 18 % ดังนั้นวิตามินซีในผลิตภัณฑ์จากเครื่อง extruder จึงเหลือน้อยกว่าที่ได้จากเครื่อง pellet mill และอีกเหตุผลหนึ่งคือผลิตภัณฑ์จากเครื่อง extruder ต้องใช้ระยะเวลาในการอบแห้งนานกว่าผลิตภัณฑ์ที่ได้จากเครื่อง pellet mill เนื่องจากความชื้นของผลิตภัณฑ์จากเครื่อง extruder สูงกว่า ทำให้สูญเสียวิตามินซีในผลิตภัณฑ์สุดท้ายสูงกว่าด้วย และเมื่อ

พิจารณาด้านความคงตัวในน้ำของอาหารพบว่า ชนิดของอาหารมีผลให้ความคงตัวในน้ำแตกต่างกัน ($P \leq 0.01$) อาหารทดลองมีความคงตัวในน้ำสูงกว่าอาหารเชิงการค้า โดยอาหารทดลองมีค่าความคงตัวในน้ำอยู่ในช่วง 85.45-85.88 % ขณะที่อาหารเชิงการค้ามีค่า 83.16 %

เมื่อนำอาหารกุ้งไปเลี้ยงกุ้งกุลาดำพบว่า ชนิดของอาหารมีผลให้กุ้งมีอัตราการเจริญเติบโตที่แตกต่างกัน ($P < 0.05$) ดังตารางที่ 21 ค่า b คืออัตราการเจริญเติบโตของกุ้ง ซึ่งได้จากการเขียนกราฟระหว่างระยะเวลาเลี้ยงกับน้ำหนักกุ้งที่ได้ ดังรูปที่ 4 โดย b เป็นค่าความชันของกราฟเส้นตรงที่ได้ จากการวิเคราะห์อัตราการเจริญเติบโตของกุ้งที่เลี้ยงด้วยอาหาร e2, p1 และ p2 มีอัตราการเจริญเติบโตไม่แตกต่างกันและสูงกว่ากุ้งที่เลี้ยงด้วยอาหาร e1 และ c และอาหารทั้งสองชนิดหลังนี้มีอัตราการเจริญเติบโตไม่แตกต่างกันด้วย อาหารสูตร 1 ที่ผลิตโดยใช้เครื่อง pellet mill จะให้อาหารที่มีอัตราการเจริญเติบโตของกุ้งสูงกว่าการผลิตโดยใช้ extruder เนื่องจากอาหารสูตร 2 มีปลาป่นเป็นส่วนประกอบในสูตรมากกว่าสูตร 1 เท่ากับ 2.5 % จึงอาจเป็นผลให้คุณภาพโปรตีนของอาหารสูตร 2 สูงกว่าสูตร 1 เป็นผลให้กุ้งที่กินอาหาร p1 เจริญเติบโตดีกว่าด้วย และพบว่าอัตราการแลกเนื้อของอาหารทุกชนิดไม่แตกต่างกัน ($P \geq 0.05$) ซึ่งอยู่ในช่วง 2.47-2.72 (ตารางที่ 24) เนื่องจากอาหารทั้ง 5 ชนิด มีคุณค่าทางอาหารใกล้เคียงกันและอยู่ในระดับที่เพียงพอต่อการเจริญเติบโตของกุ้งกุลาดำ และพบว่าอัตราการตายของกุ้งที่เลี้ยงด้วยอาหารต่างกันไม่แตกต่างกัน ($P \geq 0.05$) ซึ่งอยู่ในช่วง 0.00-4.69 % (ตารางที่ 25) อธิบายเหมือนกับอัตราแลกเนื้อ และเมื่อพิจารณาผลโดยรวมแล้วพบว่า อาหาร e2, p1 และ p2 ดีที่สุด เพราะให้อัตราการเจริญเติบโตสูงสุด มีอัตราการแลกเนื้อต่ำ และมีอัตราการตายต่ำสุดด้วย ถึงแม้จะไม่แตกต่างกันทางสถิติ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย