

บทที่ 4

ผลการวิจัย

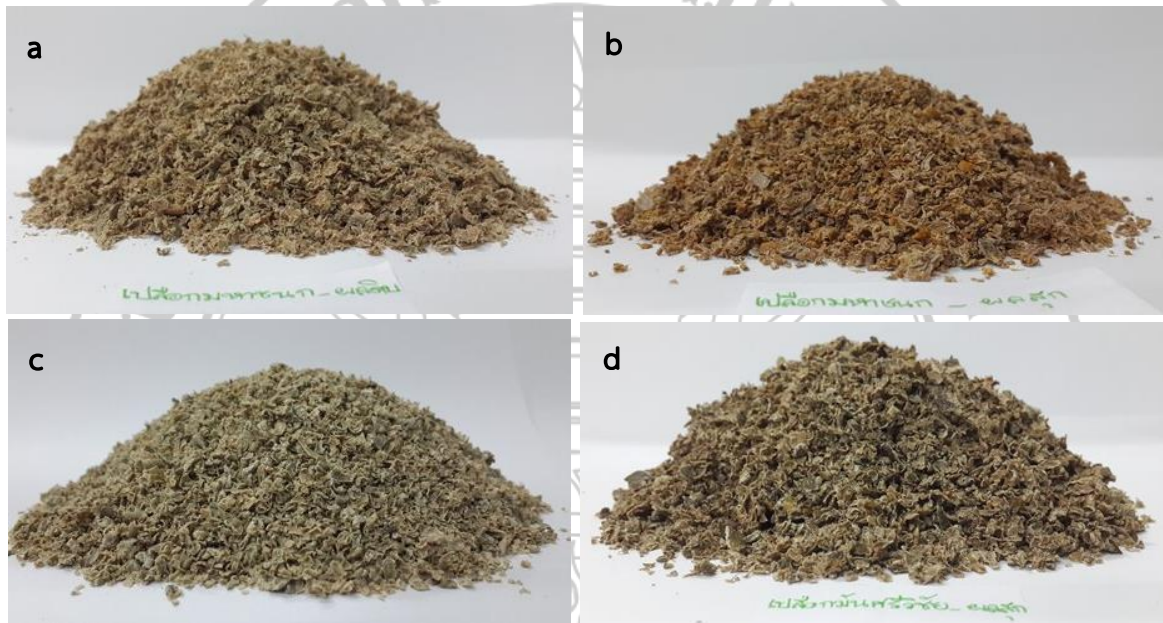
4.1 ผลการผลิตโยอาหารจากเปลือกมะม่วง

งานวิจัยนี้เลือกใช้วิธีการสกัดโยอาหารจากเปลือกมะม่วงแบบบดเปียกร่วมกับการล้างด้วยน้ำร้อน โดยประยุกต์ใช้วิธีของ อรพรรณ และคณะ (2558) นำมาศึกษาในเปลือกมะม่วง 2 สายพันธุ์ สำหรับการผลิตเส้นโยอาหาร คือ มะม่วงพันธุ์มหาชนก และมะม่วงพันธุ์มันศรีวิชัย แยกวิเคราะห์เปลือกของผลดิบและผลสุกของทั้ง 2 สายพันธุ์ นำเปลือกมะม่วงมาบดเปียกแบบหยาบ แล้วล้างด้วยน้ำร้อนอุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 นาที (อัตราส่วนเปลือกมะม่วง ต่อ น้ำร้อน เท่ากับ 1:5) แช่ทิ้งไว้ 12 ชั่วโมง กรองแยกกาก อบด้วยตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์ อุณหภูมิประมาณ 50-55 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 12 ชั่วโมง ได้เส้นโยอาหารจากเปลือกมะม่วง ดังแสดงในภาพที่ 4.1

4.1.1 ผลการวิเคราะห์ปริมาณผลผลิตโยอาหารจากเปลือกมะม่วง

จากผลการทดลองนี้ ดังแสดงในตารางที่ 4.1 พบว่าเปลือกมะม่วงผลดิบมีปริมาณผลผลิตเส้นโยมากกว่าเปลือกมะม่วงผลสุกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) (ภาพที่ 4.2) ปริมาณเส้นโยของเปลือกมะม่วงพันธุ์มันศรีวิชัย ได้ผลผลิตมากกว่าเปลือกมะม่วงพันธุ์มหาชนก ($p < 0.05$) แต่ผลสุกของทั้งสองสายพันธุ์มีผลผลิตในปริมาณที่ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p > 0.05$) ผลการวิเคราะห์ปริมาณผลผลิตของเปลือกมะม่วงพันธุ์มันศรีวิชัยผลดิบได้ผลผลิตสูงที่สุดคือ 16.81% ($p < 0.05$) เปลือกมะม่วงพันธุ์มหาชนกผลดิบได้ปริมาณรองลงมาคือ 14.68% ($p < 0.05$) และผลสุกของทั้งสองพันธุ์ให้ผลผลิตเส้นโยอยู่ในช่วง 9.43-10.42% ($p > 0.05$) ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับผลผลิตโยอาหารจากเปลือกมะม่วงเขียวเสวยที่ใช้วิธีการบดเปียกและลวกด้วยน้ำร้อน 95 องศาเซลเซียส ของ อรพรรณ และคณะ (2558) พบว่า เปลือกมะม่วงพันธุ์เขียวเสวยได้ผลผลิตเพียง 13.94% ได้ปริมาณผลผลิตเส้นโยน้อยกว่าวิธีการสกัดด้วยน้ำธรรมดา และเส้นโยที่สกัดด้วยเอทานอล 95% ซึ่งสอดคล้องกับผลวิจัยการสกัดโยอาหารจากหอยกกล้วยหอมทองของ ธัญนันท์ ฤทธิมณี (2560) ที่พบว่าวิธีบดเปียกและล้างด้วยน้ำร้อนอุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส ได้ปริมาณผลผลิตเพียง 2.83% ซึ่งน้อยที่สุด เมื่อเทียบกับเส้นโยจากหอยกกล้วยหอมทองที่สกัดด้วยวิธีบดแห้ง วิธีบดเปียก และวิธีบดเปียกแล้วล้างด้วยน้ำธรรมดานอกจากนี้งานวิจัยของ Bongkochrat et al., (2013) ที่ศึกษาการสกัดโยอาหารจากเปลือกส้มโอ พบว่า ความเร็วและระยะเวลาในการบดเปียกไม่มีผลต่อปริมาณผลผลิตที่ได้ โดยปริมาณผลผลิตของโยอาหารที่สกัดจากเปลือกส้มโออยู่ระหว่าง 10.62-11.09% นอกจากนี้ยังพบว่าสายพันธุ์ของผลไม้ตระกูลส้มที่แตกต่างกันส่งผลต่อปริมาณโยอาหารผงที่ผลิตได้แตกต่างกันด้วย สอดคล้องกับ

ผลงานวิจัยนี้พบว่าผลผลิตเส้นใยที่สกัดได้จากเปลือกมะม่วงสองสายพันธุ์ที่ต่างกันทำให้ได้ปริมาณผลผลิตที่ต่างกันด้วย ($p < 0.05$) ความชื้นของเส้นใยอาหารจากเปลือกมะม่วงที่สกัดได้อยู่ในช่วง 7.69-8.32% (dry basis) โดยระดับความชื้นของเส้นใยหลังการอบในทุกสภาวะการทดลองมีค่าไม่แตกต่างกัน ($p > 0.05$)



ภาพที่ 4.1 ภาพเปลือกมะม่วงพันธุ์มหาชนกผลดิบแห้ง (a), เปลือกมะม่วงพันธุ์มหาชนกสุกแห้ง (b), เปลือกมะม่วงพันธุ์มันศรีวิชัยผลดิบแห้ง (c), เปลือกมะม่วงพันธุ์มันศรีวิชัยผลสุกแห้ง (d)

จากผลของ อรพรรณ และคณะ (2558) แสดงให้เห็นว่า ถึงแม้วิธีการสกัดเส้นใยอาหารด้วยวิธีการบดเปียกและลวกด้วยน้ำร้อน จะได้ปริมาณผลผลิตเส้นใยน้อยกว่าวิธีการสกัดด้วยน้ำธรรมดา และสกัดด้วยเอทานอล 95% แต่เมื่อนำเส้นใยจากเปลือกมะม่วงทั้ง 3 วิธี ไปวิเคราะห์ปริมาณใยอาหาร (Total Dietary Fiber) กลับพบว่า วิธีการสกัดใยอาหารจากเปลือกมะม่วงที่ใช้วิธีบดเปียก ร่วมกับการลวกด้วยน้ำร้อน 95 องศาเซลเซียส ทำให้ได้ปริมาณใยอาหารทั้งหมด (Total Dietary Fiber) สูงกว่าเปลือกมะม่วงอบแห้งที่ไม่ผ่านการสกัด และยังสามารถกำจัดโปรตีนและไขมันที่ติดอยู่กับใยอาหารได้มากกว่าวิธีการสกัดด้วยน้ำธรรมดา ได้ใยอาหารในปริมาณมากกว่าการสกัดด้วยเอทานอล 95% ผลที่ได้ยังสอดคล้องกับงานวิจัยของ ญณันท์ ฤทธิมณี (2560) ที่พบว่า แม้ว่าวิธีการบดแห้งได้ปริมาณผลผลิตเส้นใยหยาบกลัวยหยาบของมากที่สุด แต่เมื่อนำเส้นใยที่ได้ไปวิเคราะห์หาปริมาณใยอาหารทั้งหมด (Total Dietary Fiber) ใยอาหารที่ละลายน้ำได้ (Soluble Dietary Fiber) และใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำ (Insoluble Dietary Fiber) กลับพบว่า วิธีการบดเปียกและล้างด้วยน้ำ

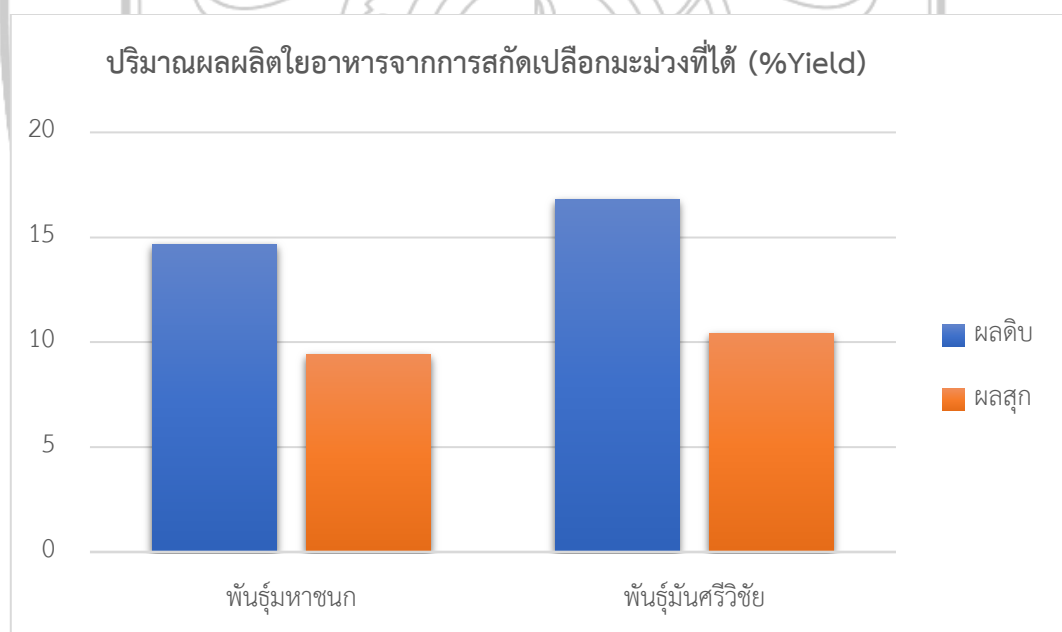
ร้อนอุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส ได้ปริมาณใยอาหาร (Dietary Fiber) สูงกว่า และใยอาหารที่ได้มีโปรตีนและไขมันต่ำกว่าเมื่อเทียบกับการสกัดใยอาหารด้วยวิธีอื่น

ตารางที่ 4.1 ปริมาณผลผลิตใยอาหารจากเปลือกมะม่วงพันธุ์มหาชนกและมะม่วงพันธุ์มันศรีวิชัย

สายพันธุ์มะม่วง	ผลผลิตที่ได้ (% Yield)	ความชื้น ^{ns} (%Moisture content)
เปลือกมะม่วงพันธุ์มหาชนกผลดิบ	14.68 ^b ± 0.45	8.32 ± 0.45
เปลือกมะม่วงพันธุ์มหาชนกผลสุก	9.43 ^c ± 0.62	7.78 ± 0.14
เปลือกมะม่วงพันธุ์มันศรีวิชัยผลดิบ	16.81 ^a ± 0.83	8.17 ± 0.24
เปลือกมะม่วงพันธุ์มันศรีวิชัยผลสุก	10.42 ^c ± 1.37	7.69 ± 0.24

หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษร a, b, c, ... กำกับต่างกันในแนวตั้งเดียวกันแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

ค่าที่มีตัวอักษร ns กำกับในแนวตั้งเดียวกันไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p > 0.05$)



ภาพที่ 4.2 กราฟเปรียบเทียบผลผลิตจากเปลือกมะม่วงที่สกัดได้

4.1.2 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของเส้นใยจากเปลือกมะม่วง

เมื่อนำเส้นใยที่สกัดได้จากเปลือกมะม่วงมาวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของเส้นใยพบว่า ปริมาณความชื้นของเส้นใยที่สกัดได้จากเปลือกมะม่วงสองสายพันธุ์ ทั้งผลดิบและผลสุก (ตารางที่ 4.1) มีค่าอยู่ในช่วง 7.69–8.32% ($p>0.05$) ซึ่งมีความชื้นสูงกว่าใยอาหารจากเปลือกมะม่วงเขียวเสวยที่มีความชื้น 3.85% (อรรถธรณ และคณะ, 2558) ทั้งนี้เนื่องมาจากการใช้ระยะเวลาในการอบแห้งแตกต่างกัน

จากการวิเคราะห์คุณภาพและชนิดของเส้นใยอาหารจากเปลือกมะม่วง พบว่า เปลือกมะม่วงผลสุก มีปริมาณใยอาหารทั้งหมด (Total Dietary Fiber) สูงกว่าเปลือกมะม่วงผลดิบ และยังพบว่า เปลือกมะม่วงพันธุ์มันศรีวิชัยมีปริมาณใยอาหารทั้งหมด (Total Dietary Fiber) สูงกว่าเปลือกมะม่วงพันธุ์มหาชนก โดยเปลือกมะม่วงพันธุ์มันศรีวิชัยผลสุก มีปริมาณใยอาหารทั้งหมด (Total Dietary Fiber) สูงที่สุด 65.6 กรัม/100 กรัม รองลงมาเป็น เปลือกมะม่วงพันธุ์มันศรีวิชัยผลดิบ เปลือกมะม่วงพันธุ์มหาชนกผลสุก และเปลือกมะม่วงพันธุ์มหาชนกผลดิบ ตามลำดับ ผลการวิเคราะห์ใยอาหารที่ละลายน้ำได้ (Soluble Dietary Fiber) เปลือกมะม่วงพันธุ์มันศรีวิชัยผลสุก มีปริมาณสูงที่สุด คือ 21.8 กรัม/100 กรัม และใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำ (Insoluble Dietary Fiber) เปลือกมะม่วงพันธุ์มันศรีวิชัยผลสุก มีปริมาณสูงที่สุด คือ 43.8 กรัม/100 กรัม เช่นกัน ($p<0.05$) ดังแสดงผลในตารางที่ 4.2 เมื่อนำผลการวิเคราะห์มาเปรียบเทียบกัน ดังแสดงในภาพที่ 4.3 จะเห็นว่ามะม่วงผลสุก จะมีปริมาณใยอาหารทั้งหมด (Total Dietary Fiber) ใยอาหารที่ละลายน้ำได้ (Soluble Dietary Fiber) และใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำ (Insoluble Dietary Fiber) สูงกว่าเปลือกมะม่วงที่ได้จากผลดิบ และยังพบว่า มะม่วงพันธุ์มันศรีวิชัยมีปริมาณใยอาหารทั้งหมด ใยอาหารที่ละลายน้ำได้ และใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำ ในปริมาณสูงกว่ามะม่วงพันธุ์มหาชนกด้วย ($p<0.05$)

จะเห็นได้ว่าปริมาณใยอาหารทั้งหมด (Total Dietary Fiber) ของเปลือกมะม่วงผลดิบ ที่สกัดด้วยวิธีการบดเปียกและลวกด้วยน้ำร้อน ที่ได้จากการทดลองนี้พบว่า เปลือกมะม่วงพันธุ์มันศรีวิชัยมีค่าอยู่ในช่วง 61.20–65.60 กรัม/100 กรัม และเปลือกมะม่วงพันธุ์มหาชนกอยู่ที่ 58.70–60.8 กรัม/100 กรัม ซึ่งมากกว่าปริมาณใยอาหารทั้งหมดที่สกัดจากเปลือกมะม่วงเขียวเสวยด้วยวิธีเดียวกันของ อรรถธรณ และคณะ (2558) ซึ่งมีค่าอยู่ที่ 51.32 กรัม/100 กรัม นอกจากนี้พบว่าใยอาหารจากที่สกัดจากหอยกกล้วยหอมทองที่สกัดด้วยวิธีบดเปียกและลวกน้ำร้อน ของธัญนันท์ ฤทธิมณี (2560) มีค่าอยู่ที่ประมาณ 48.75 กรัม/100 กรัม และเมื่อเปรียบเทียบผลจากการทดลองนี้พบว่าใยอาหารที่ละลายน้ำได้ (Soluble Dietary Fiber) ที่สกัดจากเปลือกมะม่วงมีปริมาณมากกว่าใยอาหารที่ละลายน้ำได้จากหอยกกล้วยหอมทอง โดยใยอาหารที่ละลายน้ำได้ที่สกัดจากเปลือกมะม่วงดิบ อยู่ในช่วง 58.70–61.20 กรัม/100 กรัม และ ใยอาหารที่ละลายน้ำได้ที่สกัดจากเปลือกมะม่วงสุก อยู่ในช่วง 60.80–65.6 กรัม/100 กรัม ในขณะที่ใยอาหารที่ละลายน้ำได้จากหอยกกล้วยหอมทองอยู่ที่ประมาณ

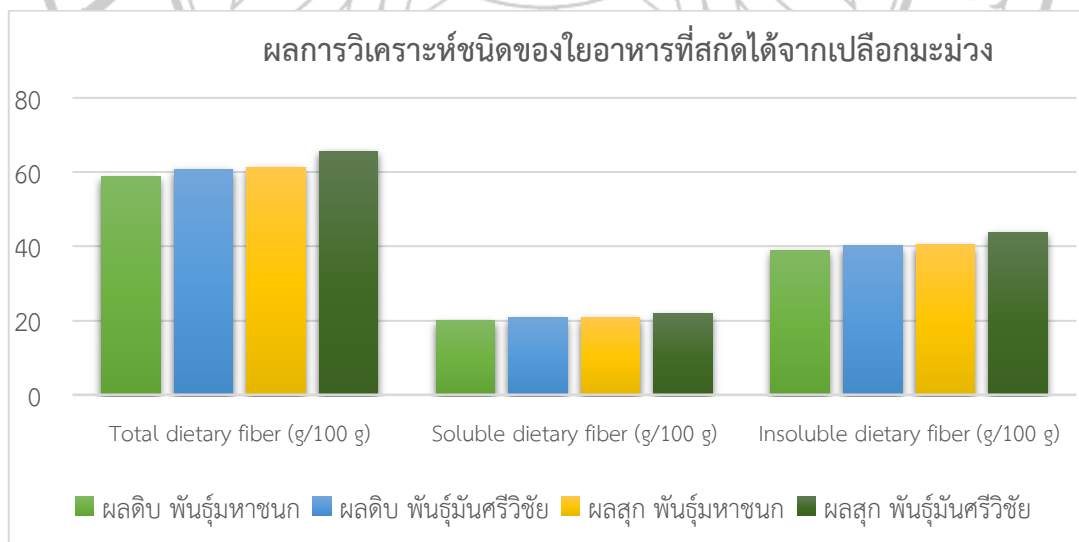
4.58 กรัม/100 กรัม แต่กลับพบว่าใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำ (Insoluble Dietary Fiber) ของหยวกกล้วยหอมทองมีปริมาณมากกว่าใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำจากเปลือกมะม่วง โดยใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำจากหยวกกล้วยหอมทองมีค่าประมาณ 44.17 กรัม/100 กรัม ในขณะที่ใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำจากเปลือกมะม่วงพันธุ์มันศรีวิชัยมีประมาณ 40.4-43.8 กรัม/100 กรัม และใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำจากเปลือกมะม่วงพันธุ์มหาชนกมีประมาณ 38.8-40.10 กรัม/100 กรัม

ตารางที่ 4.2 ผลการวิเคราะห์ทางเคมีของใยอาหารที่สกัดจากเปลือกมะม่วง

ผลิตภัณฑ์ เปลือกมะม่วงผง	ผลการวิเคราะห์ใยอาหารจากผงเปลือกมะม่วง				
	Total dietary fiber (g/100 g)	Soluble dietary fiber (g/100 g)	Insoluble dietary fiber (g/100 g)	pH	Water activity (a_w) ^{ns}
พันธุ์มหาชนกผลดิบ	58.70 ^d ±0.20	19.9 ^c ±0.03	38.8 ^d ±0.16	4.67 ^b ± 0.08	0.45 ± 0.03
พันธุ์มหาชนกผลสุก	60.80 ^c ±0.02	20.7 ^b ±0.09	40.1 ^c ±0.03	5.17 ^a ± 0.25	0.44 ± 0.01
พันธุ์มันศรีวิชัยผลดิบ	61.20 ^b ±0.10	20.8 ^b ±0.06	40.4 ^b ±0.11	5.21 ^a ± 0.25	0.44 ± 0.03
พันธุ์มันศรีวิชัยผลสุก	65.60 ^a ±0.08	21.8 ^a ±0.13	43.8 ^a ±0.05	5.23 ^a ± 0.15	0.40 ± 0.05

หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษร a, b, c, ... กำกับต่างกันในแต่ละแถวแสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

ค่าที่มีตัวอักษร ns กำกับในแต่ละแถวแสดงถึงความแตกต่างทางสถิติ ($p > 0.05$)

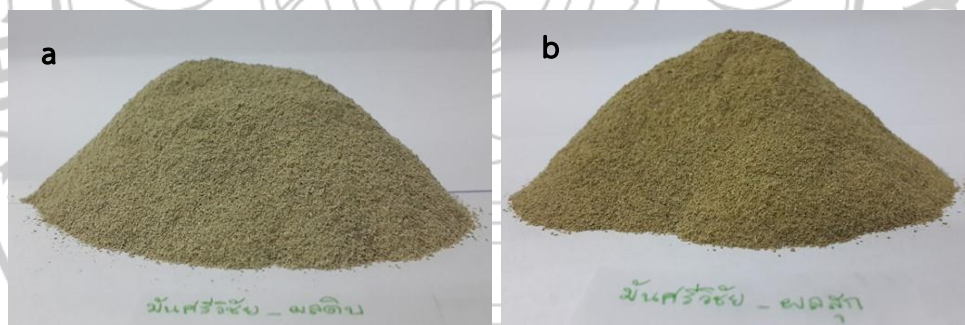


ภาพที่ 4.3 กราฟแสดงผลเปรียบเทียบชนิดและปริมาณของใยอาหารจากเปลือกมะม่วงที่สกัดได้

จากการทดลองพบว่าโยอาหารที่สกัดจากเปลือกมะม่วง มีค่า pH อยู่ในช่วง 4.67-5.23 โดยโยอาหารจากเปลือกมะม่วงพันธุ์มหาชนกผลดิบจะมีค่าต่ำที่สุด เนื่องจากผลดิบของมะม่วงพันธุ์มหาชนกมีรสเปรี้ยว แต่ผลดิบของมะม่วงพันธุ์มันศรีวิชัยจะมีรสหวานอมเปรี้ยวจึงอาจมีผลทำให้ค่า pH ของเส้นใยมีค่าสูงกว่า ($p < 0.05$) ซึ่งแสดงว่าค่า pH เป็นกรดเล็กน้อย ดังนั้นการนำโยอาหารจากเปลือกมะม่วงไปใช้ในผลิตภัณฑ์อาหารนั้น อาจจะส่งผลกระทบต่อระดับความเป็นกรด-เบส ของผลิตภัณฑ์อาหารที่เสริมจากโยอาหารที่สกัดจากเปลือกมะม่วง (อรพรรณ และคณะ, 2558) และค่า water activity ของเส้นใยโยอาหารอยู่ในช่วง 0.40-0.45 ซึ่งเป็นช่วงที่เหมาะสมสำหรับผลิตภัณฑ์อาหารแห้ง เนื่องจากอาหารแห้งควรมีค่า a_w ต่ำกว่า 0.6 เพื่อป้องกันการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ และเพื่อให้ผลิตภัณฑ์มีความคงตัวในระหว่างการเก็บรักษา (Lewicki, 2004)

4.2 ผลการวิเคราะห์ทางเคมีและกายภาพของโยอาหารที่สกัดจากเปลือกมะม่วง

นำโยอาหารที่สกัดได้จากเปลือกมะม่วงในข้อที่ 4.1 โดยคัดเลือกเปลือกมะม่วงพันธุ์มันศรีวิชัย เนื่องจากได้ปริมาณผลผลิตสูงกว่าเปลือกมะม่วงพันธุ์มหาชนก และยังสามารถได้โยอาหารทั้งหมดโยอาหารที่ละลายน้ำ และโยอาหารที่ไม่ละลายน้ำ ในปริมาณที่สูงกว่าเปลือกมะม่วงพันธุ์มหาชนก นำเส้นใยที่ได้จากเปลือกมะม่วงพันธุ์มันศรีวิชัย มาบดให้ละเอียดด้วยเครื่องบดของแห้ง จะได้โยอาหารผงดังภาพที่ 4.4 พบว่าโยอาหารจากเปลือกมะม่วงที่ได้จากผลสุกสีน้ำตาลอมเหลืองเล็กน้อย ส่วนโยอาหารจากเปลือกมะม่วงที่เป็นผลดิบจะมีสีน้ำตาลอ่อน

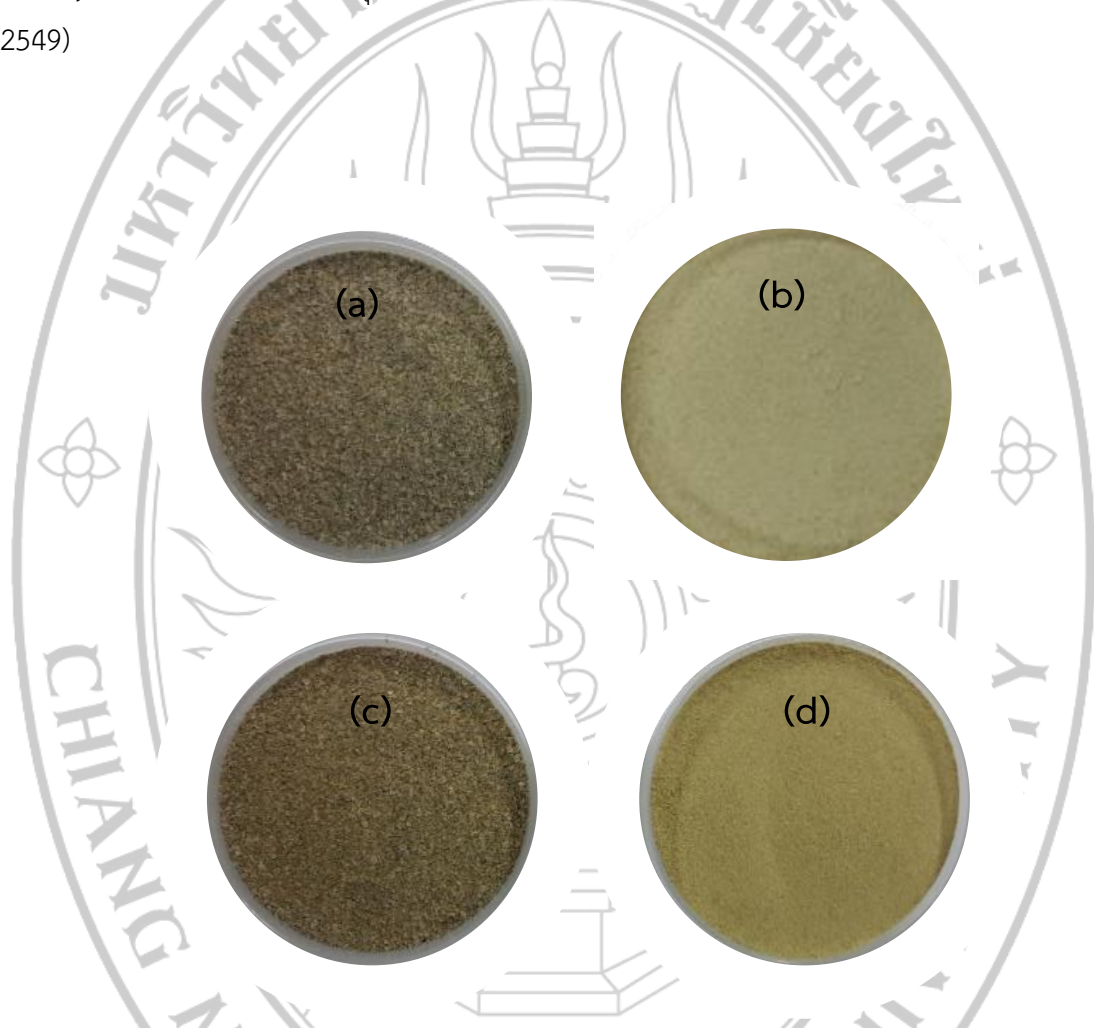


ภาพที่ 4.4 ผงเปลือกมะม่วงพันธุ์มันศรีวิชัยผลดิบ (a) ผงเปลือกมะม่วงพันธุ์มันศรีวิชัยผลสุก (b)

4.2.1 ผลการวิเคราะห์ค่า water activity (a_w) ของโยอาหารที่สกัดจากเปลือกมะม่วง

นำผงโยอาหารจากเปลือกมะม่วงที่บดละเอียดแล้วมาร่อนผ่านตะแกรง 2 ขนาดคือ 40 mesh (ขนาดอนุภาคประมาณ 400 ไมครอน) และ 100 mesh (ขนาดอนุภาคประมาณ 150 ไมครอน) ได้ลักษณะโยอาหารผงจากเปลือกมะม่วงดังแสดงในภาพที่ 4.5 และจากผลการวิเคราะห์ในตารางที่ 4.3 พบว่าการบดขนาดอนุภาคที่แตกต่างกันไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่า ค่า water activity (a_w) ของโยอาหารผง ($p > 0.05$) ซึ่งค่า water activity (a_w) ของอาหารเป็นปัจจัยสำคัญที่มีอิทธิพลต่อคุณภาพ

และการเน่าเสียของผลิตภัณฑ์อาหาร เพราะความชื้นในผลิตภัณฑ์และค่า water activity จะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของปฏิกิริยาทางเคมีหรือมีการเจริญของจุลินทรีย์ เป็นสาเหตุทำให้ผลิตภัณฑ์อาหารเน่าเสีย (นิธิยา รัตนานนท์, 2549) จากการศึกษาในครั้งนี้ พบว่า โยอาหารผงจากเปลือกมะม่วงมีค่า ค่า water activity (a_w) อยู่ในช่วง 0.40-0.44 (ตารางที่ 4.3) ซึ่งมีค่าต่ำกว่า 0.6 อยู่ในระดับที่สามารถลดหรือยับยั้งการเกิดปฏิกิริยาเคมีและการเจริญของจุลินทรีย์ การที่มีระดับค่า water activity (a_w) ต่ำจะช่วยยืดอายุการเก็บรักษาสถิตภัณฑ์อาหารให้นานขึ้นได้ (นิธิยา รัตนานนท์, 2549)



ภาพที่ 4.5 ภาพผงโยอาหารที่สกัดได้จากเปลือกมะม่วงที่มีขนาดอนุภาคแตกต่างกัน ดังนี้
 (a) – ลักษณะผงเปลือกมะม่วงพันธุ์มันศรีวิชัยผลดิบ ร่อนผ่านตะแกรงขนาด 40 mesh
 (b) – ลักษณะผงเปลือกมะม่วงพันธุ์มันศรีวิชัยผลดิบ ร่อนผ่านตะแกรงขนาด 100 mesh
 (c) – ลักษณะผงเปลือกมะม่วงพันธุ์มันศรีวิชัยผลสุก ร่อนผ่านตะแกรงขนาด 40 mesh
 (d) – ลักษณะผงเปลือกมะม่วงพันธุ์มันศรีวิชัยผลสุก ร่อนผ่านตะแกรงขนาด 100 mesh

4.2.2 ผลการวิเคราะห์ค่าสีของโยอาหารที่สกัดจากเปลือกมะม่วง

เมื่อได้โยอาหารผงจากเปลือกมะม่วงที่ร่อนผ่านตะแกรงที่มีขนาดแตกต่างกัน 2 ขนาดแล้วพบว่าขนาดของอนุภาคผงมีผลต่อค่าสีของโยอาหาร หลังจากนำมาวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพของผงโยอาหารด้วยการวัดค่าสีด้วยระบบ CIE (L^* a^* b^*) ได้ผลการวิเคราะห์ดังตารางที่ 4.3

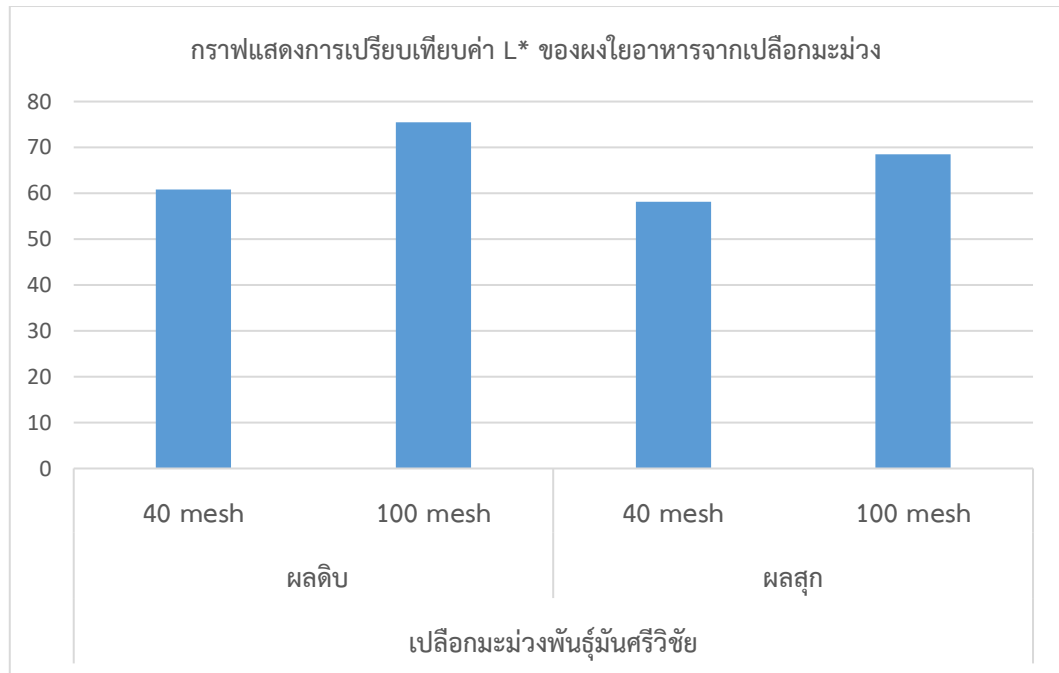
จากผลการวิเคราะห์ค่าสีของผงโยอาหารที่สกัดได้จากเปลือกมะม่วง ที่มีขนาดอนุภาคผงแตกต่างกันพบว่า เมื่อนำไปร่อนผ่านตะแกรงที่มีขนาด 100 mesh (ขนาดรูตะแกรงประมาณ 150 ไมครอน) ค่าความสว่าง (L^*) มีค่าสูงกว่าผงโยอาหารที่ ร่อนผ่านตะแกรงที่มีขนาด 40 mesh (ขนาดรูตะแกรงประมาณ 400 ไมครอน) แสดงให้เห็นว่าเมื่ออนุภาคของโยอาหารมีขนาดเล็กลงจะทำให้ได้ผงโยอาหารที่มีค่า L^* เพิ่มขึ้น ผงที่มีขนาดอนุภาคเล็กกว่าจะมีค่าความสว่างมากกว่าผงโยอาหารที่มีขนาดอนุภาคที่ใหญ่กว่า ดังกราฟแสดงการเปรียบเทียบค่า L^* ของผงโยอาหารในภาพที่ 4.6

ตารางที่ 4.3 ผลการวิเคราะห์ค่า a_w และผลการวิเคราะห์ค่าสีของโยอาหารผงจากเปลือกมะม่วง

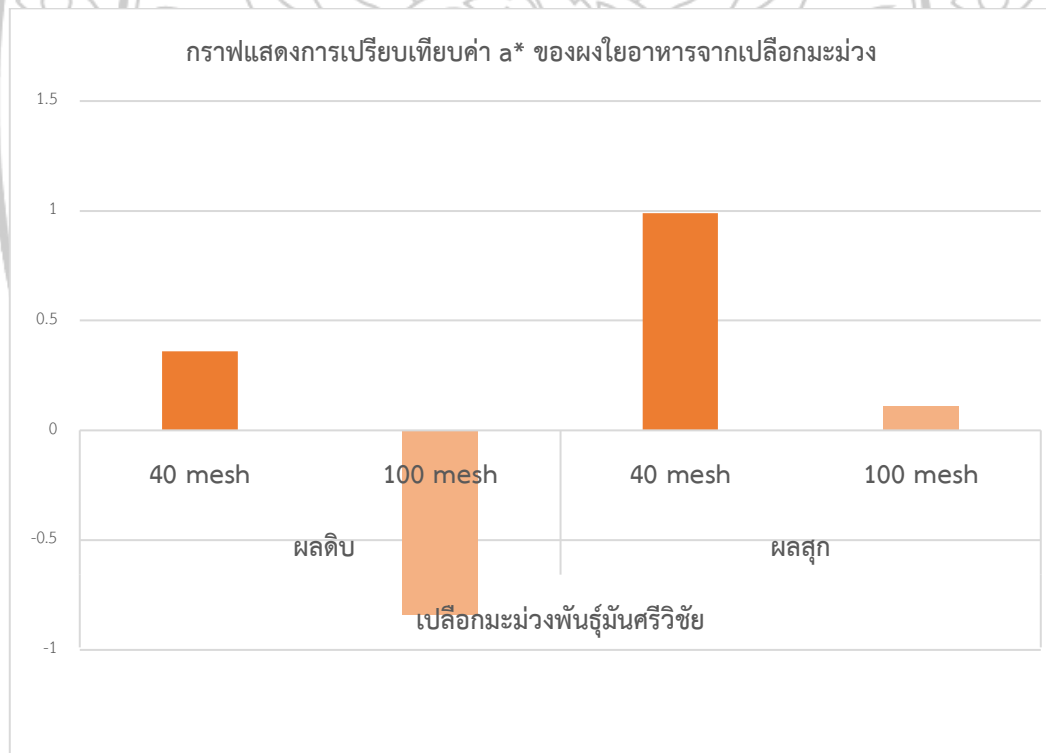
ผงเปลือก มะม่วง	ขนาด ตะแกรง (mesh)	water activity ^{ns} (a_w)	ผลการวิเคราะห์ค่าสี		
			L^*	a^*	b^*
พันธุ์มันศรีวิชัย ผลดิบ	40	0.44 ± 0.02	$60.87^c \pm 0.16$	$0.36^b \pm 0.01$	$16.26^d \pm 0.11$
	100	0.44 ± 0.03	$75.53^a \pm 0.11$	$-0.84^d \pm 0.04$	$20.11^c \pm 0.09$
พันธุ์มันศรีวิชัย ผลสุก	40	0.40 ± 0.07	$58.13^d \pm 0.04$	$0.99^a \pm 0.02$	$20.55^b \pm 0.03$
	100	0.40 ± 0.04	$68.45^b \pm 0.09$	$0.11^c \pm 0.04$	$26.30^a \pm 0.07$

หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษร a, b, c, ... กำกับต่างกันในแต่ละแถวเดียวกันแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

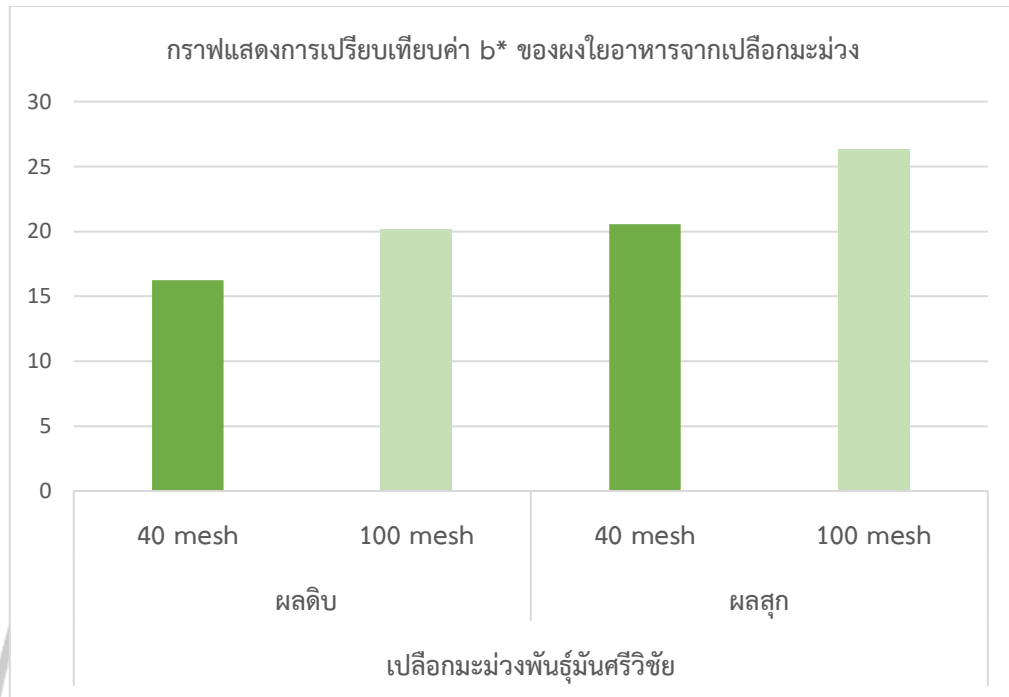
ค่าที่มีตัวอักษร ns กำกับในแต่ละแถวเดียวกันไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p > 0.05$)



ภาพที่ 4.6 กราฟแสดงการเปรียบเทียบค่า L^* ของผงใยอาหารจากเปลือกมะม่วง



ภาพที่ 4.7 กราฟแสดงการเปรียบเทียบค่า a^* ของผงใยอาหารจากเปลือกมะม่วง



ภาพที่ 4.8 กราฟแสดงการเปรียบเทียบค่า b^* ของผงใยอาหารจากเปลือกมะม่วง

จากการเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์ค่าสีของผงใยอาหารจากเปลือกมะม่วงในภาพที่ 4.7-4.8 พบว่า ขนาดอนุภาคผงมีผลต่อค่า a^* และ b^* โดยขนาดอนุภาคเล็ก (ร่อนผ่านตะแกรง 100 mesh) จะมีค่า a^* จะมีค่าต่ำกว่าขนาดอนุภาคที่มีขนาดใหญ่กว่า (ร่อนผ่านตะแกรงร่อน 40 mesh) และค่า b^* นั้น พบว่าผงที่มีขนาดเล็ก (ร่อนผ่านตะแกรง 100 mesh) จะมีค่า b^* สูงกว่าขนาดอนุภาคที่มีขนาดใหญ่กว่า (ร่อนผ่านตะแกรง 40 mesh) โดยที่การเพิ่มขึ้นของค่า L^* เมื่อขนาดอนุภาคเล็กลง นั้น พบว่าผลดิบจะมีค่า L^* สูงกว่าผลสุก แต่การเพิ่มขึ้นของค่า b^* เมื่อขนาดอนุภาคผงเล็กลง พบว่าผลดิบจะมีค่า b^* น้อยกว่าผลสุก เนื่องจากค่า b^* เป็นค่าที่บ่งบอกความเป็นสีเหลืองเมื่อมีค่าเป็นบวก ดังนั้นผลสุกที่มีเปลือกสีเหลือง ทำให้ค่า b^* ของเปลือกมะม่วงสุกมีค่ามากกว่าผลดิบ จากผลการทดลองขนาดอนุภาคผงที่มีขนาดเล็กยังส่งผลทำให้ค่า b^* เพิ่มขึ้นทำให้ค่าสีเหลืองเพิ่มขึ้นด้วย สำหรับการลดลงของค่า a^* เมื่อขนาดอนุภาคผงเล็กลงนั้นพบว่า ผลดิบมีค่า a^* น้อยกว่าผลสุก เนื่องจากเปลือกมะม่วงดิบมีสีเขียวทำให้ค่า a^* ของผลดิบมีค่าต่ำ ซึ่งค่า a^* เป็นค่าที่บ่งบอกความเป็นสีเขียว เมื่อมีค่าเป็นลบ แสดงถึงว่าอนุภาคผงขนาดเล็กจะทำให้ผงมีสีเขียวชัดขึ้น

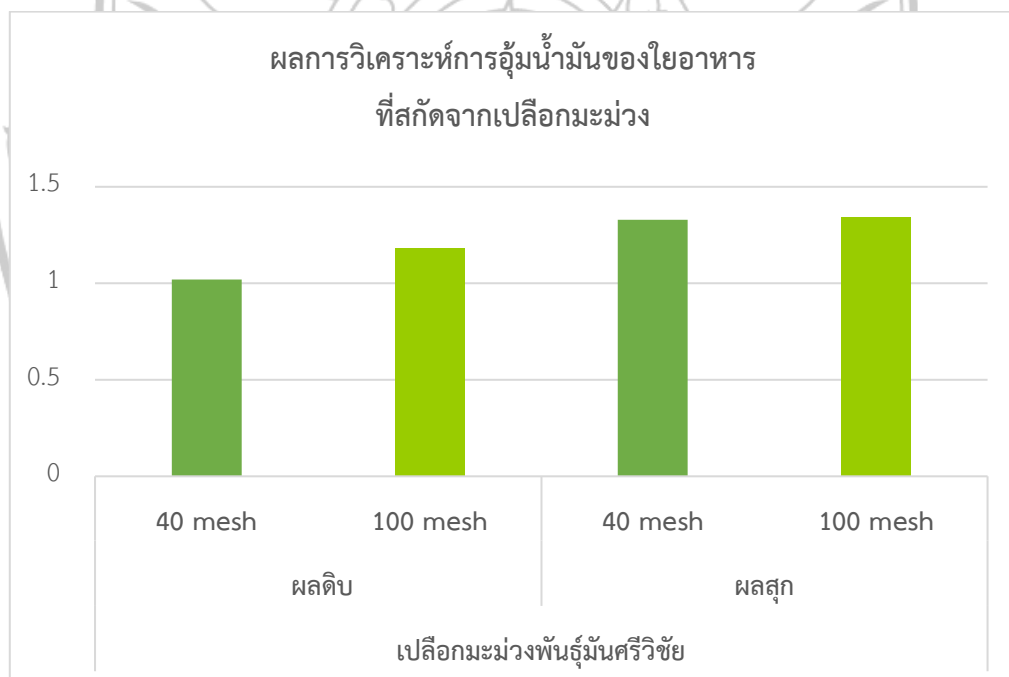
4.2.3 ผลการวิเคราะห์ความสามารถในการอุ้มน้ำมัน (oil holding capacity) ของโยอาหารที่สกัดจากเปลือกมะม่วง

ผลการวิเคราะห์ค่าความสามารถในการอุ้มน้ำมัน ซึ่งเป็นคุณสมบัติสำคัญอย่างหนึ่งของโยอาหาร แสดงผลในตารางที่ 4.4 พบว่า โยอาหารที่สกัดได้จากเปลือกมะม่วงมันศรีวิชัยผลดิบ ที่ลดขนาดอนุภาคผงให้เล็กลง (ร่อนผ่านตะแกรง 100 mesh) มีความสามารถในการอุ้มน้ำมันมากกว่าโยอาหารที่ได้จากเปลือกมะม่วงที่มีขนาดอนุภาคใหญ่กว่า (ร่อนผ่านตะแกรง 40 mesh) สอดคล้องกับงานวิจัยของ Figuerola *et al.* (2005) ที่อธิบายว่าขนาดของอนุภาคผง มีผลต่อความสามารถในการอุ้มน้ำมันของโยอาหาร การบดโยอาหารเป็นระยะเวลาสั้นเพื่อให้มีขนาดอนุภาคเล็กลง มีพื้นที่ผิวและปริมาณรูพรุนเพิ่มขึ้น ทั้งยังเกิดการจัดเรียงตัวที่ดีของอนุภาคของเส้นโยอาหาร ส่งผลทำให้ความสามารถในการอุ้มน้ำมันเพิ่มขึ้นของเส้นโยอาหารเพิ่มขึ้น (Bongkochrat *et al.*, 2013) และผลการทดลองยังพบว่า โยอาหารผงที่สกัดมาจากเปลือกมะม่วงผลดิบมีความสามารถในการอุ้มน้ำมันมากกว่าเปลือกจากผลสุกเล็กน้อย ดังแสดงในภาพที่ 4.9 โดยความสามารถในการอุ้มน้ำมันของเปลือกมะม่วงพันธุ์มันศรีวิชัยผลดิบ มีค่า 1.64 กรัมไขมัน/กรัมตัวอย่าง ขณะที่โยอาหารจากหอยวกกล้วยของ ธรรมนูญ ฤทธิมนี มีความสามารถในการอุ้มน้ำมันสูงกว่า ค่าอยู่ที่ 2.35 กรัมไขมัน/กรัมตัวอย่าง ซึ่งคุณสมบัติในด้านความสามารถในการอุ้มน้ำมันของโยอาหาร จะส่งเสริมความสามารถในการดูดซับสารก่อกลายพันธุ์ (mutagen) และคอเลสเตอรอลของโยอาหารได้อย่างมีประสิทธิภาพ เนื่องจากองค์ประกอบทางเคมีส่วนใหญ่ชอบน้ำมัน (lipophilic) (ธรรมนูญ ฤทธิมนี, 2560) โดยมีหลายปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อความสามารถในการอุ้มน้ำมันของผลิตภัณฑ์ เช่น อัตราส่วนของโยอาหารที่ไม่ละลายน้ำและโยอาหารที่สามารถละลายน้ำได้ สภาวะกระบวนการสกัดโยอาหาร และชนิดของแหล่งอาหารที่นำมาสกัด (Figuerola *et al.*, 2005) จากผลการศึกษาในครั้งนี้พบว่า ความสามารถในการอุ้มน้ำมันของเปลือกมะม่วงพันธุ์มันศรีวิชัยผลดิบ มีค่า 1.64 กรัมไขมัน/กรัมตัวอย่าง ซึ่งใกล้เคียงกับค่าความสามารถของการอุ้มน้ำมันของเส้นโยอาหารจากเปลือกส้มเขียวหวาน กากส้มเขียวหวาน กากส้มสายน้ำผึ้ง กากส้มสีทอง เปลือกในส้มโอพันธุ์ขาวน้ำผึ้ง และแครอท ซึ่งมีค่าเท่ากับ 1.67, 2.01, 1.77, 1.80, 2.02 และ 1.92 กรัมไขมัน/กรัมตัวอย่าง (อภิรักษ์ เพียรมงคล, 2549) ดังนั้นโยอาหารผงจากเปลือกมะม่วง จึงสามารถที่จะนำไปใช้เป็นส่วนผสมเพื่อเพิ่มความคงตัวในผลิตภัณฑ์อาหารที่มีไขมันและผลิตภัณฑ์อาหารที่เป็นอิมัลชันได้

ตารางที่ 4.4 ผลวิเคราะห์ค่าความสามารถในการอุ้มน้ำและน้ำมันของใยอาหารจากเปลือกมะม่วง

ผงเปลือกมะม่วงพันธุ์มันศรีวิชัย	ขนาดตะแกรง (mesh)	ผลการวิเคราะห์	
		การอุ้มน้ำ (WHC) (g water/g sample)	การอุ้มน้ำมัน (OHC) (g water/g sample)
ผลดิบ	40	5.70 ^c ±0.11	1.35 ^b ±0.05
	100	5.67 ^c ±0.21	1.64 ^a ±0.03
ผลสุก	40	6.46 ^a ±0.00	1.33 ^b ±0.09
	100	5.89 ^b ±0.00	1.34 ^b ±0.01

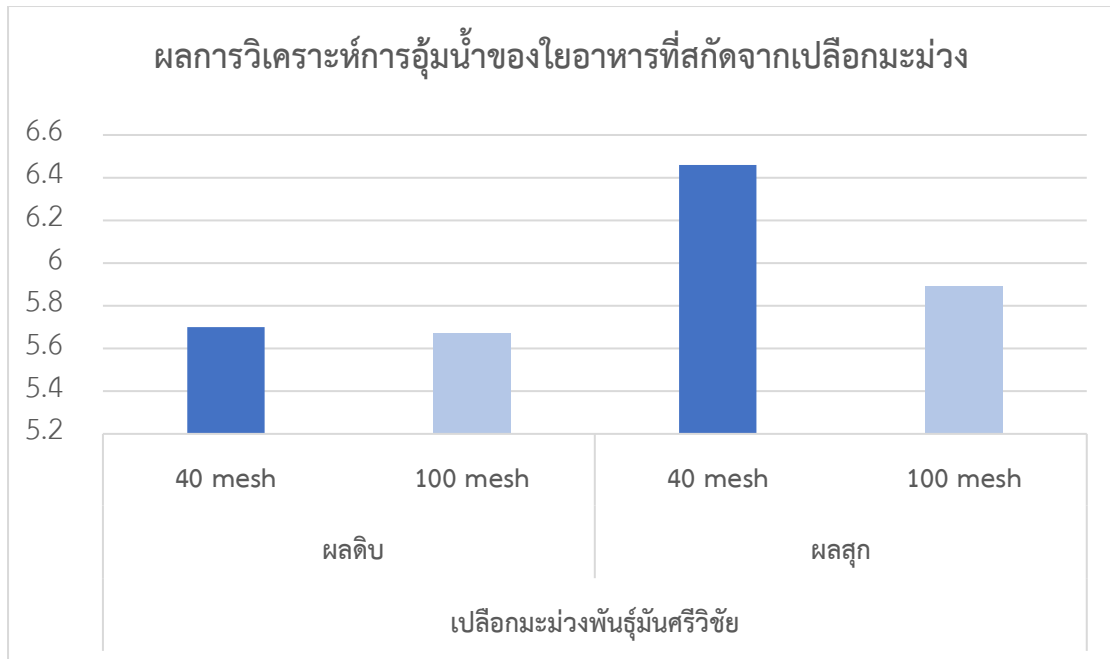
หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษร a, b, c, ... กำกับต่างกันในแต่ละแถวเดียวกันแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05)



ภาพที่ 4.9 กราฟแสดงการเปรียบเทียบคุณสมบัติการอุ้มน้ำมันของผงใยอาหารจากเปลือกมะม่วง

4.2.4 ผลการวิเคราะห์ความสามารถในการอุ้มน้ำ (water holding capacity) ของโยอาหารที่สกัดจากเปลือกมะม่วง

จากผลการวิเคราะห์ค่าความสามารถในการอุ้มน้ำของโยอาหารที่สกัดได้จากเปลือกมะม่วงพันธุ์มันศรีวิชัย แสดงผลในตารางที่ 4.4 พบว่า โยอาหารที่สกัดได้จากเปลือกมะม่วงที่ใช้ผลสุกมีความสามารถในการอุ้มน้ำมากกว่าโยอาหารที่ได้จากเปลือกมะม่วงที่เป็นผลดิบ และเมื่อลดขนาดอนุภาคผงให้เล็กลง (ร่อนผ่านตะแกรง 100 mesh) มีผลทำให้ความสามารถในการอุ้มน้ำของโยอาหารผงที่สกัดมาจากเปลือกมะม่วงมีแนวโน้มลดลงเล็กน้อย ดังแสดงในภาพที่ 4.10 อาจเนื่องมาจากขั้นตอนการบดที่ใช้ความแรงและระยะเวลานาน เพื่อทำให้อนุภาคผงมีขนาดเล็ก มีผลต่อโครงสร้างของเส้นใย ซึ่งการบดทำให้เส้นโยอาหารผงมีขนาดอนุภาคเล็กลง มีพื้นที่ผิวและปริมาณรูพรุนเพิ่มขึ้น ทำให้ความสามารถในการอุ้มน้ำเพิ่มขึ้น แต่ถ้าขนาดเล็กเกินไป อาจเกิดความเสียหายกับโครงสร้างที่เป็น matrix ทำให้เกิดการยุบตัวของรูพรุน ส่งผลให้ความสามารถในการอุ้มน้ำของเส้นโยอาหารลดลง (Bongkochrat et al., 2013) สอดคล้องกับงานวิจัยของ Cadden (1987) ที่พบว่าการลดขนาดอนุภาคมีผลต่อโครงสร้างทางกายภาพของเส้นโยอาหารแต่ละชนิดแตกต่างกัน โดยการลดขนาดอนุภาคของรำข้าสาลี ทำให้ความสามารถในการอุ้มน้ำลดลง แต่การลดขนาดอนุภาคของข้าวโอ๊ต มีความสามารถในการอุ้มน้ำเพิ่มขึ้น โดยโยอาหารจากเปลือกมะม่วงผลสุกที่ขนาดอนุภาคใหญ่กว่า (ร่อนผ่านตะแกรง 40 mesh) มีความสามารถในการอุ้มน้ำมากที่สุด วัดค่าได้ 6.46 กรัม/กรัมตัวอย่าง ซึ่งน้อยกว่าโยอาหารจากเปลือกมะม่วงพันธุ์เขียวเสวยเล็กน้อย (อรพรรณ และคณะ, 2558) ที่มีค่าความสามารถในการอุ้มน้ำที่ 7.58 กรัม/กรัมตัวอย่าง แต่มีความสามารถในการอุ้มน้ำมากกว่าโยอาหารจากหยวกกล้วยหอมทองที่มีค่าความสามารถในการอุ้มน้ำอยู่ที่ 4.48 กรัม/กรัมตัวอย่าง (ธัญนันท์ ฤทธิมณี, 2560) ซึ่งความสามารถในการอุ้มน้ำของโยอาหารเป็นคุณสมบัติสำคัญที่แสดงถึงประสิทธิภาพในการกักเก็บน้ำในโครงสร้างของโยอาหาร หากโยอาหารที่สกัดได้จับกับน้ำได้ดีจะส่งผลให้ความหนืดของอาหารเพิ่มขึ้นได้ (Figuerola et al., 2005)



ภาพที่ 4.10 กราฟแสดงการเปรียบเทียบคุณสมบัติการอุ้มน้ำของผงใยอาหารจากเปลือกมะม่วง

จากผลการทดลองพบว่าใยอาหารผงที่สกัดได้จากเปลือกมะม่วงพันธุ์มันศรีวิชัย ที่ใช้ผลดิบ และมีขนาดอนุภาคขนาดเล็กที่ผ่านการร่อนด้วยตะแกรงขนาด 100 mesh มีความสามารถในการอุ้มน้ำมันสูงที่สุด แต่มีความสามารถในการอุ้มน้ำมันน้อยที่สุด ($p < 0.05$) แต่เมื่อพิจารณาค่าสีของใยอาหารผงรวมด้วย จะพบว่าใยอาหารจากเปลือกมะม่วงผลดิบมีค่าความสว่างมากที่สุด และมีค่า a^* ต่ำที่สุด ซึ่งค่าสีของใยอาหารผงที่จะเติมลงไปในผลิตภัณฑ์อาหารจะมีผลต่อค่าสีและคุณลักษณะปรากฏของผลิตภัณฑ์ได้ จึงคัดเลือกผงใยอาหารที่สกัดจากเปลือกมะม่วงมันศรีวิชัยผลดิบ อนุภาคขนาดเล็กที่ร่อนผ่านตะแกรงขนาด 100 mesh ซึ่งได้ใยอาหารที่มีลักษณะเป็นผงละเอียด มีความสว่าง L^* สูง ค่า a^* ต่ำ และมีความสามารถในการอุ้มน้ำมันที่ดีกว่า เพื่อศึกษาในขั้นตอนถัดไป

4.3 ผลของการเสริมใยอาหารที่สกัดจากเปลือกมะม่วงที่มีต่อคุณลักษณะทางเคมี กายภาพ และจุลินทรีย์ของผลิตภัณฑ์โยเกิร์ต

จากข้อที่ 4.2 ได้คัดเลือกผงใยอาหารที่สกัดจากเปลือกมะม่วงพันธุ์มันศรีวิชัย ที่ใช้ผลดิบ ซึ่งได้ปริมาณผลผลิตเส้นใยสูงที่สุด และบดใยอาหารผงร่อนผ่านตะแกรงขนาด 100 mesh ได้ใยอาหารที่มีลักษณะเป็นผงละเอียด มีความสว่าง L^* สูงที่สุด และมีความสามารถในการอุ้มน้ำมันที่มากที่สุด เมื่อเทียบกับใยอาหารในสภาวะอื่นๆ เพื่อนำไปเสริมใยอาหารในผลิตภัณฑ์โยเกิร์ต โดยศึกษาผลของการเสริมใยอาหารที่สกัดจากเปลือกมะม่วงที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน 4 ระดับ คือร้อยละ 0 (control), 1, 2 และ 3 ดังแสดงในภาพที่ 4.11

4.3.1 ผลการวิเคราะห์คุณลักษณะทางกายภาพของผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตเสริมใยอาหารจากเปลือกมะม่วง

สีของผลิตภัณฑ์เป็นคุณลักษณะปรากฏของอาหารที่มีความสำคัญต่อการยอมรับของผู้บริโภค (B.N.P. Sah et al., 2016) ผลการวิเคราะห์คุณลักษณะทางกายภาพของโยเกิร์ตเสริมใยอาหารจากเปลือกมะม่วงพันธุ์มันศรีวิชัยผลดิบ แสดงในตารางที่ 4.5 โดยพบว่าผงใยอาหารจากเปลือกมะม่วงมีผลทำให้ค่า L^* ของโยเกิร์ตลดลง แต่ค่า a^* และ b^* เพิ่มขึ้น การเพิ่มปริมาณใยอาหารที่สกัดจากเปลือกมะม่วงมีผลทำให้โยเกิร์ตมีสีคล้ำเข้มขึ้น ระดับความเข้มของสีขึ้นอยู่กับปริมาณใยอาหารที่เพิ่มขึ้น เมื่อเทียบกับโยเกิร์ตสูตรควบคุม (control) สอดคล้องกับการวิจัยของ B.N.P. Sah et al. (2016) ที่พบว่าค่า L ของผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตมีค่าลดลงเมื่อเสริมใยอาหารที่สกัดจากเปลือกสับปะรดลงในผลิตภัณฑ์ โยเกิร์ตที่ได้มีสีเข้มขึ้นและค่าสีเหลืองสูงกว่าโยเกิร์ตสูตรธรรมดา นอกจากนั้นงานวิจัยของ มนฤทัย และคณะ (2557) ยังพบว่า ปริมาณการใช้ผงเปลือกมะม่วงมีผลต่อค่า L^* ของผลิตภัณฑ์เส้นบะหมี่อย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) เมื่อเทียบกับสูตรควบคุม การเพิ่มปริมาณผงเปลือกมะม่วงมากขึ้นจะทำให้ผลิตภัณฑ์มีค่าความสว่างลดลง นอกจากนี้ยังส่งผลทำให้ค่าความเป็นสีแดง (a^*) เพิ่มขึ้น และค่าความเป็นสีเหลือง (b^*) เพิ่มขึ้น ซึ่งจากผลการทดลองนี้จะเห็นได้ว่าการเติมใยอาหารผงจากเปลือกมะม่วงลงไปเป็นผลิตภัณฑ์โยเกิร์ต ทำให้ค่า L ลดลง ค่า a^* และ b^* เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

ตารางที่ 4.5 ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติของโยเกิร์ตเสริมใยอาหารจากเปลือกมะม่วงพันธุ์มันศรีวิชัยผลดิบที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน 4 ระดับ คือ 0%, 1%, 2% และ 3%

ผลิตภัณฑ์ตัวอย่าง	ผลการวิเคราะห์			
	L^*	a^*	b^*	pH^{ns}
โยเกิร์ตสูตรควบคุม (0%)	89.68 ^a ± 0.03	-3.30 ^c ± 0.01	9.84 ^d ± 0.01	4.57 ± 0.04
โยเกิร์ตเสริมใยอาหาร 1%	80.70 ^b ± 0.17	-1.91 ^a ± 0.02	10.19 ^c ± 0.01	4.68 ± 0.11
โยเกิร์ตเสริมใยอาหาร 2%	74.67 ^c ± 0.44	-1.40 ^b ± 0.08	12.98 ^b ± 0.05	4.67 ± 0.11
โยเกิร์ตเสริมใยอาหาร 3%	73.03 ^d ± 0.03	-1.14 ^a ± 0.00	14.73 ^a ± 0.01	4.69 ± 0.06

หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษร a, b, c, ... กำกับต่างกันในแต่ละแถวเดียวกันแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)



ภาพที่ 4.11 ผลิตกัณท์โยเกิร์ตเสริมโยอาหารจากเปลือกมะม่วงพันธุ์มันศรีวิชัยผลดิบที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน 4 ระดับ คือ 0% (control) , 1%, 2% และ 3%

ผลการวัดความเป็นกรดต่าง (pH) ของผลิตกัณท์โยเกิร์ตเสริมโยอาหารผงจากเปลือกมะม่วง พบว่า ค่า pH อยู่ในช่วง 4.57-4.69 ซึ่งปริมาณโยอาหารที่เติมลงไปไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่า pH ของผลิตกัณท์โยเกิร์ต สอดคล้องกับงานวิจัยของ E.Sendra et al., (2010) ที่พบว่า การเพิ่มปริมาณโยอาหารจากเปลือกส้ม (0 - 1 กรัม/100 มิลลิลิตร) ในกระบวนการผลิตโยเกิร์ต ไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงการค่า pH ของผลิตกัณท์โยเกิร์ตที่ได้ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยค่า pH ของโยเกิร์ตเสริมโยอาหารจากส้มมีค่าอยู่ระหว่าง 4.58-4.71

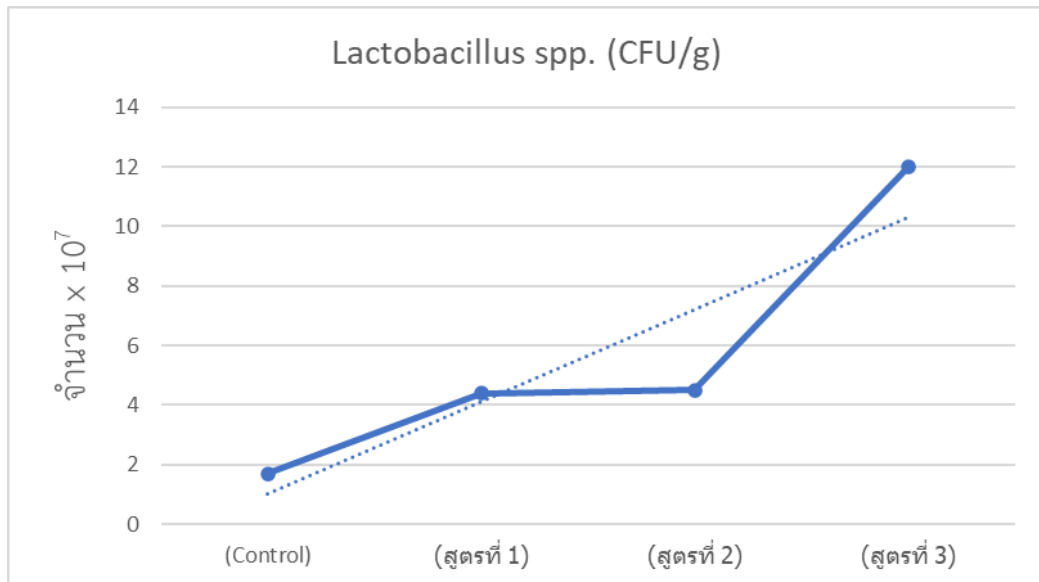
4.3.2 ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางจุลินทรีย์ของผลิตกัณท์โยเกิร์ตเสริมโยอาหารจากเปลือกมะม่วง

ผลการวิเคราะห์ทางจุลินทรีย์ของผลิตกัณท์โยเกิร์ตเสริมโยอาหารจากเปลือกมะม่วง พบว่า ปริมาณผงโยอาหารจากเปลือกมะม่วงที่เพิ่มขึ้นมีผลต่อการเจริญเติบโตของเชื้อแบคทีเรีย *Lactobacillus* spp. ในผลิตกัณท์โยเกิร์ต ดังแสดงในตารางที่ 4.6 โดยจำนวนเชื้อแบคทีเรีย *Lactobacillus* spp. เพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มปริมาณโยอาหารที่เสริมลงไป ในผลิตกัณท์ แต่ไม่พบเชื้อ ยีสต์และราในผลิตกัณท์โยเกิร์ตเสริมโยอาหารจากเปลือกมะม่วง จากผลการทดลองจะเห็นว่าการเสริมโยอาหารจากเปลือกมะม่วงลงไป ในระหว่างกระบวนการหมักโยเกิร์ต มีผลต่อการเพิ่มจำนวนเชื้อแบคทีเรีย *Lactobacillus* spp. โดยการเติมโยอาหารผงจากเปลือกมะม่วงเพียง 1% พบจำนวนเชื้อ *Lactobacillus* spp. ประมาณ 4.40×10^7 CFU/g ซึ่งเพิ่มขึ้นเป็นสองเท่า เมื่อเทียบกับโยเกิร์ตสูตรควบคุมที่ไม่มีการเสริมโยอาหารมี *Lactobacillus* spp. อยู่ที่ประมาณ 1.70×10^7 CFU/g และในการทดลองนี้พบว่า โยเกิร์ตที่เสริมโยอาหารจากเปลือกมะม่วง 3% พบจำนวนเชื้อ *Lactobacillus*

spp. สูงที่สุด ประมาณ 1.20×10^8 CFU/g ดังนั้นผลการทดลองนี้แสดงให้เห็นว่าโยอาอาหารจากเปลือกมะม่วงช่วยเพิ่มจำนวนเชื้อจุลินทรีย์ที่มีชีวิตในผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตได้ (แสดงในภาพที่ 4.12) สอดคล้องกับงานวิจัยของ Ana Paula do et al. (2012) ที่พบว่าการเสริมโยอาอาหารที่สกัดจากเปลือกผลไม้ (แอปเปิ้ล กล้วย และเสาวรส) ในการผลิตโยเกิร์ต สามารถช่วยเพิ่มจำนวนเชื้อจุลินทรีย์ที่มีชีวิตในผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตในระหว่างการเก็บรักษาได้ นอกจากนี้งานวิจัยของ (B.N.P. Sah et al., 2016) ยังพบว่า การเสริมโยอาอาหารจากเปลือกส้มแปะรด 1% ช่วยลดระยะเวลาในการหมักโยเกิร์ตที่ใช้เชื้อจุลินทรีย์ probiotic ได้ และยังมีงานวิจัยที่ระบุว่าน้ำนมที่ใช้ในการผลิตโยเกิร์ตที่มีสารอาหารมากเพียงพอจะสามารถช่วยเพิ่มการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์กลุ่ม probiotic ได้ โดยสารอาหารเหล่านี้จะอยู่ในรูปของ prebiotic ที่จะช่วยเพิ่มการเจริญเติบโตของเชื้อกลุ่มนี้ได้ ซึ่งการเพิ่มสารอาหารอาจจะส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงทางด้านคุณลักษณะทางกายภาพและคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์โยเกิร์ต (Gustaw et al., 2011) ผลิตภัณฑ์ทางการค้าที่ระบุว่ามี เชื้อ probiotic อยู่ในผลิตภัณฑ์ ควรจะมีจำนวนไม่ต่ำกว่า 10^6 CFU/g ต่อหนึ่งหน่วยบริโภค ดังนั้นการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์กลุ่ม probiotic เกิดขึ้นน้อย หากใช้น้ำนมที่มีสารอาหารไม่เพียงพอต่อการเจริญเติบโตของเชื้อ probiotic ในการผลิตโยเกิร์ต (B.N.P. Sah et al., 2016)

ตารางที่ 4.6 ผลการวิเคราะห์ทางจุลินทรีย์ของผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตเสริมโยอาอาหารจากเปลือกมะม่วง

ชนิดของจุลินทรีย์	โยเกิร์ตสูตรควบคุม (Control)	โยเกิร์ตเสริมโยอาอาหาร 1% (สูตรที่ 1)	โยเกิร์ตเสริมโยอาอาหาร 2% (สูตรที่ 2)	โยเกิร์ตเสริมโยอาอาหาร 3% (สูตรที่ 3)
Lactobacillus spp. (CFU/g)	1.70×10^7	4.40×10^7	4.50×10^7	1.20×10^8
Yeast (CFU/g)	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ
Mold (CFU/g)	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ



ภาพที่ 4.12 กราฟแสดงการเปรียบเทียบปริมาณ *Lactobacillus* spp. ที่พบในโยเกิร์ตเสริมโยอาหารที่สกัดจากเปลือกมะม่วง

4.3.3 ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางเคมีของผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตเสริมโยอาหารจากเปลือกมะม่วง

ผลการวิเคราะห์ทางเคมีเพื่อศึกษาองค์ประกอบของผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตเสริมโยอาหารจากเปลือกมะม่วงพันธุ์มันศรีวิชัยผลดิบ แสดงในตารางที่ 4.6 พบว่าเมื่อเพิ่มปริมาณผงโยอาหารจากเปลือกมะม่วงในผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตที่มีผลทำให้มีแนวโน้มของปริมาณโยอาหาร คาร์โบไฮเดรต โปรตีน และเถ้า ในปริมาณเพิ่มขึ้น แต่มีผลทำให้ปริมาณไขมันลดลงเล็กน้อย เมื่อเทียบกับสูตรควบคุมที่ไม่มีการเสริมโยอาหาร ซึ่งงานวิจัยของ E.Sendra et al., (2010) ที่พบว่าการเสริมโยอาหารจากเปลือกส้ม ไม่มีผลต่อปริมาณของแข็งทั้งหมด ไขมัน เถ้า และโปรตีน ที่เป็นองค์ประกอบของโยเกิร์ต ทั้งนี้ อาจเนื่องมาจากกระบวนการที่ใช้ในการสกัดและกระบวนการผลิตเส้นโยอาหารที่มีผลต่อองค์ประกอบทางเคมีของโยอาหารผง และยักรวมถึงชนิดและสายพันธุ์ของวัตถุดิบที่นำมาสกัดเส้นโยอาหารด้วย (E.Sendra et al., 2010) ซึ่งอาจจะส่งผลต่อองค์ประกอบทางเคมีของผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตเสริมโยอาหารที่ผลิตได้แตกต่างกันด้วย นอกจากนี้งานวิจัยของ Ana Paula do et al. (2012) พบว่าการเสริมโยอาหารจากเปลือกผลไม้ (แอปเปิ้ล กล้วย เสาวรส) มีผลทำให้ปริมาณกรดไขมัน (fatty acid profile) ทั้งกรดไขมันสายสั้น และกรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงซ้อน ที่อยู่ในองค์ประกอบของโยเกิร์ตเพิ่มขึ้น แต่งานวิจัยนี้วิเคราะห์แค่เพียงปริมาณไขมัน (fat) ที่เป็นองค์ประกอบในโยเกิร์ต และกลับพบว่าปริมาณไขมันในโยเกิร์ตลดลงเล็กน้อยเมื่อเทียบกับสูตรควบคุมที่ไม่มีการเสริมโยอาหาร ($p < 0.05$) โดยการเสริมโยอาหาร 1, 2 และ 3% ไม่มีผลต่อเปลี่ยนแปลงทางสถิติของปริมาณไขมันที่มี

ในโยเกิร์ต ($p>0.05$) ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ E.Sendra et al., (2010) ที่ระบุว่าปริมาณใยอาหารที่เสริมลงไปโยเกิร์ตไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณไขมันในผลิตภัณฑ์

ตารางที่ 4.7 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตเสริมใยอาหารที่สกัดจากเปลือกมะม่วงที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน 4 ระดับ

องค์ประกอบทางเคมี	โยเกิร์ตสูตรควบคุม	โยเกิร์ตเสริมใยอาหาร 1%	โยเกิร์ตเสริมใยอาหาร 2%	โยเกิร์ตเสริมใยอาหาร 3%
ใยอาหาร (%)	$0.44^c \pm 0.02$	$1.20^b \pm 0.03$	$1.79^a \pm 0.11$	$1.91^a \pm 0.08$
โปรตีน (%)	$3.83^b \pm 0.04$	$3.63^c \pm 0.12$	$3.88^b \pm 0.03$	$4.11^a \pm 0.05$
คาร์โบไฮเดรต (%)	$14.31^d \pm 0.05$	$14.64^c \pm 0.08$	$16.54^b \pm 0.04$	$17.42^a \pm 0.09$
ไขมัน (%)	$4.12^a \pm 0.08$	$3.64^b \pm 0.04$	$3.55^b \pm 0.06$	$3.59^b \pm 0.05$
เถ้า (%)	$0.84^b \pm 0.05$	$0.87^b \pm 0.03$	$0.89^{ab} \pm 0.01$	$0.95^a \pm 0.04$
ความชื้น (%)	$76.90^a \pm 0.10$	$76.30^b \pm 0.46$	$75.20^c \pm 0.08$	$73.60^d \pm 0.02$

หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษร a, b, c, ... กำกับต่างกันในแนวนอนเดียวกันแตกต่างกันทางสถิติ ($p<0.05$)

ผลการทดลองพบว่าความชื้นของผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตลดลงเมื่อปริมาณใยอาหารจากเปลือกมะม่วงเพิ่มขึ้น ($p<0.05$) เนื่องมาจากใยอาหารมีคุณสมบัติที่สามารถในการอุ้มน้ำ ทำให้ใยอาหารเกิดการพองตัว โยเกิร์ตเสริมใยอาหารจึงมีความชื้นหนืดมากกว่าสูตรควบคุม ลักษณะเนื้อสัมผัส (firmness) เพิ่มขึ้น ความแข็งแรงของเจลเพิ่มขึ้น เมื่อเพิ่มปริมาณใยอาหาร (E.Sendra et al., 2010; B.N.P. Sah et al., 2016) ส่งผลให้ความชื้นของโยเกิร์ตมีค่าลดลง