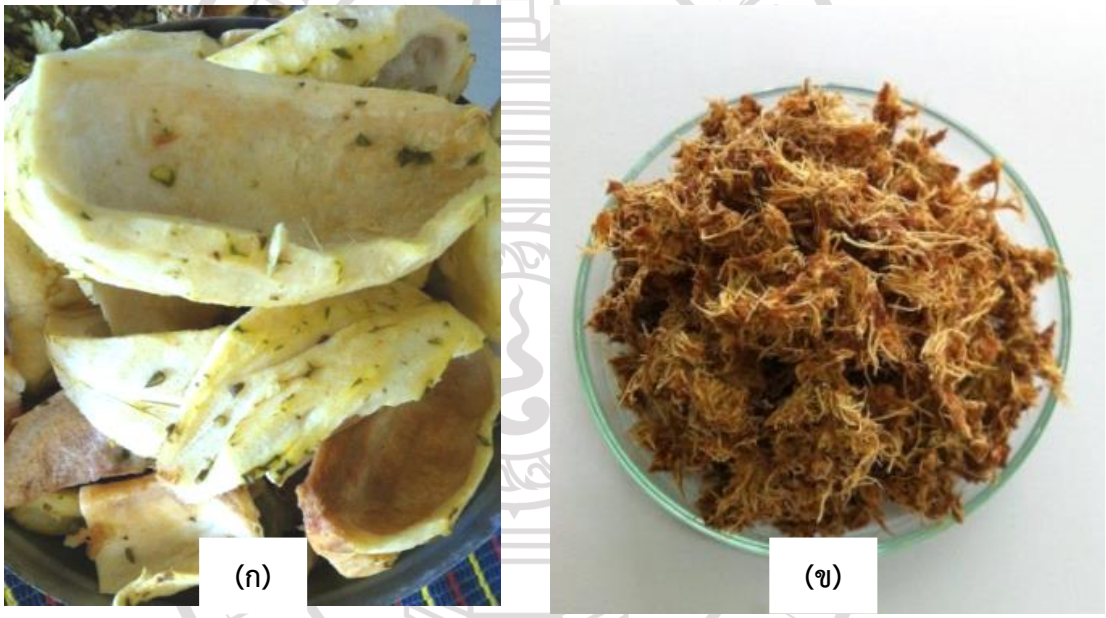
บทที่ 4
ผลการวิจัยและอภิปรายผลการวิจัย

4.1 ผลการเตรียมเปลือกทุเรียน

เมื่อนำเปลือกทุเรียนด้านในพันธุ์หมอนทอง บดปั่นให้มีขนาดเล็กและอบแห้งในตู้อบอุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง จะได้ลักษณะของเปลือกทุเรียนอบแห้งสีน้ำตาล ดังภาพที่ 4.1



ภาพที่ 4.1 วัตถุดิบเปลือกทุเรียน (ก) เปลือกด้านในของเปลือกทุเรียน (ข) เปลือกทุเรียนอบแห้ง

4.2 ผลการศึกษาวิธีการสกัดเพคตินจากเปลือกทุเรียน

จากการทดลองสกัดเพคตินจากเปลือกทุเรียนอบแห้ง โดยใช้วิธีการสกัด 3 วิธี ประกอบด้วย การสกัดด้วยสารละลายกรดไฮโดรคลอริก การสกัดด้วยน้ำกลั่น และการสกัดด้วยความดันไอสูง พบว่าลักษณะของเพคตินที่สกัดได้ในแต่ละวิธีแตกต่างกัน ดังภาพที่ 4.2-4.4 เพคตินที่สกัดด้วยสารละลายกรดไฮโดรคลอริกและน้ำกลั่นมีลักษณะนิ่ม เป็นก้อน แต่ที่สกัดด้วยความดันไอสูงจะมีลักษณะเหลว เมื่อทำแห้งและบดจะได้เพคตินที่มีสีเหลืองคล้ายกับเพคตินทางการค้าซึ่งเป็นเพคตินสกัดจากแอปเปิ้ล

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

(ก)

มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี
RAMBHAI BARNI RAJABHAT UNIVERSITY

ภาพที่ 4.2 ลักษณะเพคตินที่ได้จากการสกัดด้วยสารละลายกรดไฮโดรคลอริกความเข้มข้น 0.05 โมลาร์ ที่อุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง (ก) ตะกอนของเพคตินที่ผ่านการล้างแล้ว (ข) เพคตินที่ผ่านการอบแห้ง (ค) เพคตินผง

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

(ก)

(ข)

ภาพที่ 4.3 ลักษณะเพคตินที่ได้จากการสกัดด้วยน้ำกลั่นที่อุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง (ก) ตะกอนของเพคตินที่ผ่านการล้างแล้ว (ข) เพคตินที่ผ่านการอบแห้ง (ค) เพคตินผง

(ก)

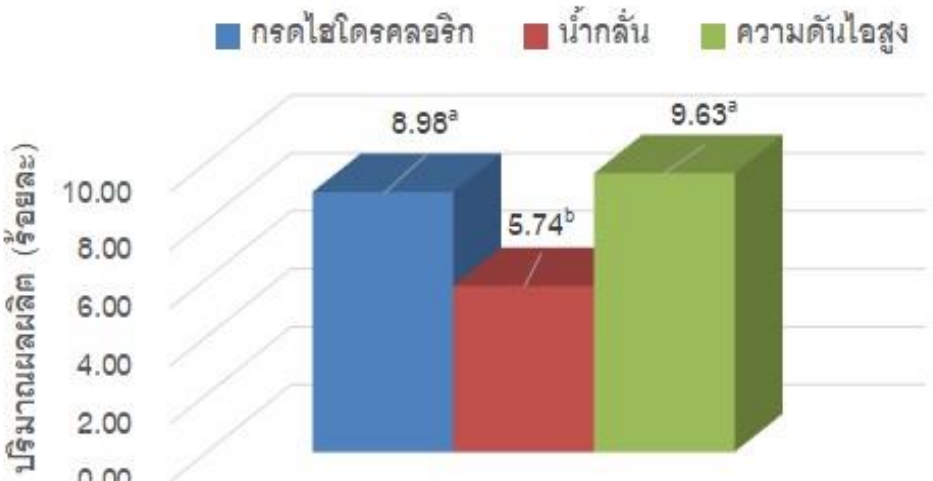
(ข)

ลิขสิทธิ์ของ รรณี

ภาพที่ 4.4 ลักษณะเพคตินที่ได้จากการสกัดด้วยความดันไอสูง อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที (ก) ตะกอนของเพคตินที่ผ่านการล้างแล้ว (ข) เพคตินที่ผ่านการอบแห้ง (ค) เพคตินผง

เมื่อนำเพคตินที่สกัดได้มาวัดปริมาณผลผลิต พบว่าปริมาณผลผลิตเพคตินมากที่สุดได้จากการสกัดเพคตินด้วยการใช้ความดันไอสูง รองลงมาคือการสกัดด้วยกรดไฮโดรคลอริก โดยมีปริมาณผลผลิตร้อยละ 9.63±0.80 และ 8.98±0.98 ตามลำดับ ดังภาพที่ 4.5 โดยทั้ง 2 วิธีที่ใช้สกัดได้ปริมาณเพคตินแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) ปริมาณเพคตินที่สกัดได้มีค่าใกล้เคียงกับเพคตินที่สกัดได้จากเปลือกมะนาวและมีปริมาณมากกว่าเปลือกกล้วยที่สกัดด้วยกรดไฮโดรคลอริก (ชินานาฏ วิทยาประภากร และคณะ, 2556) ส่วนวิธีที่สกัดได้ปริมาณเพคตินน้อยที่สุดคือการใช้น้ำกลั่น ซึ่งได้ปริมาณผลผลิตเพคตินร้อยละ 5.74±0.36 โดยมีความแตกต่างกับวิธีการใช้กรดไฮโดรคลอริกและการใช้ความดันไอสูงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี



ภาพที่ 4.5 ปริมาณผลผลิตเพคตินจากการสกัดด้วยวิธีต่าง ๆ

4.3 ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของเพคติน

ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของเพคตินที่สกัดได้จากทั้ง 3 วิธี ได้ผลการทดลองดังตารางที่ 4.1 พบว่าปริมาณความชื้นของเพคตินที่สกัดได้จากทั้ง 3 วิธี มีค่าใกล้เคียงกัน โดยมีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) ปริมาณความชื้นของเพคตินอยู่ระหว่างร้อยละ 17.55±0.37 ถึง 18.23±0.86 ซึ่งความชื้นของเพคตินที่สกัดจากทั้ง 3 วิธีมีปริมาณมากกว่าความชื้นของเพคตินทางการค้าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยทั่วไปปริมาณความชื้นของเพคตินที่สกัดได้จากเปลือกผลไม้จะมีค่าประมาณร้อยละ 10 เช่น เพคตินจากเปลือกกล้วยมีความชื้นประมาณร้อยละ 12.40 (ธานุวัฒน์ ลาภตันศุภผล และคณะ, 2556) ส่วนปริมาณเถ้าพบว่าเพคตินที่สกัดได้จากวิธีต่าง ๆ ทั้ง 3 วิธี มีค่าอยู่ระหว่าง 3.62±0.19 ถึง 5.10±0.22 โดยเพคตินที่สกัดด้วยน้ำกลั่นมีปริมาณสูงที่สุด แสดงว่าเพคตินที่สกัดด้วยน้ำกลั่นมีปริมาณแร่ธาตุเจือปนอยู่เป็นปริมาณมากกว่าการใช้วิธีอื่น ๆ และมากกว่าในเพคตินทางการค้า

ปริมาณกรดกาแลคทูโรนิคของเพคตินเป็นค่าที่แสดงความบริสุทธิ์ของเพคตินที่สกัดได้ จากการวัดปริมาณกรดกาแลคทูโรนิคของเพคตินที่สกัดได้เทียบกับกราฟมาตรฐาน พบว่าเพคตินที่สกัดได้ด้วยน้ำกลั่นและกรดไฮโดรคลอริกมีค่าใกล้เคียงกันเท่ากับร้อยละ 64.78±1.07 และ 63.98±0.62 ตามลำดับ ซึ่งค่าที่ได้ใกล้เคียงกับเพคตินที่สกัดได้จากเปลือกฝรั่งพันธุ์กลมสาลี่ (องอาจ เด็ดดวง, 2553) ส่วน เพคตินที่สกัดด้วยความดันไอสูงมีปริมาณกรดกาแลคทูโรนิคน้อยที่สุด มีปริมาณร้อยละ 57.65±1.42 ซึ่งเพคตินจากทั้ง 3 วิธี มีปริมาณกรดกาแลคทูโรนิคแตกต่างจากเพคตินทางการค้าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) อย่างไรก็ตามปริมาณกรดกาแลคทูโรนิคของเพคตินที่สกัดด้วยน้ำกลั่นและกรดไฮโดรคลอริกมีค่าใกล้เคียงกับทางการค้า

เมื่อพิจารณาร้อยละของระดับการเกิดเอสเทอริฟิเคชันและปริมาณเมทอกซิล พบว่าเพคตินที่สกัดด้วยกรดไฮโดรคลอริกมีความแตกต่างจากเพคตินทางการค้าอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) โดยมีระดับการเกิดเอสเทอริฟิเคชันร้อยละ 52.40±2.91 และ 55.08±1.69 ตามลำดับ และมีปริมาณเมทอกซิลร้อยละ 8.54 และ 8.98 ส่วนเพคตินที่สกัดได้ด้วยน้ำกลั่นมีระดับการเกิดเอสเทอริฟิเคชันและปริมาณเมทอกซิลสูงที่สุด มีค่าเท่ากับร้อยละ 83.16±4.91 และร้อยละ 13.58 จากค่าเพคตินที่สกัดได้จากทั้ง 3 วิธี มีปริมาณเมทอกซิลระหว่างร้อยละ 8.54 - 13.58 มากกว่า 8.16 ซึ่งเป็นค่าที่แบ่งชนิดของเพคติน จึงสามารถจัดเพคตินจากเปลือกทุเรียนที่สกัดได้เป็นชนิดเมทอกซิลสูง (High Methoxyl Pectins, HMP) เพคตินชนิดนี้สามารถเกิดเจลได้ในสภาวะที่มีน้ำตาลและกรดในปริมาณที่เหมาะสม โดยต้องใช้น้ำตาลในการเกิดเจล ประมาณร้อยละ 60-65 เหมาะสำหรับเติมในอาหารจำพวกแยม เยลลี่ และผลไม้กวน (Yapo, 2009)

เมื่อเปรียบเทียบค่าสีของเพคตินที่สกัดได้จากทั้ง 3 วิธี พบว่าเพคตินที่สกัดด้วยกรดไฮโดรคลอริกมีค่าความสว่างและค่าสีเหลืองสูงที่สุด โดยมีค่าเท่ากับ 69.68±0.91 และ 22.17±0.87 ตามลำดับ โดยค่าความสว่างและค่าสีเหลือง ดังกล่าว มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับค่าที่ได้จากเพคตินที่สกัดด้วยน้ำกลั่นและความดันไอสูง แต่เมื่อเปรียบเทียบค่าค่าสีของเพคตินจากการสกัดด้วยกรดไฮโดรคลอริกกับเพคตินทางการค้า พบว่าเพคตินทางการค้ามีค่าความสว่างมากกว่า ซึ่งตรงกับลักษณะสีของเพคตินเมื่อสังเกตด้วยตาเปล่า พบว่าเพคตินที่สกัดจากทางการค้ามีสีเหลืองสว่างกว่าเพคตินที่สกัดได้จากทั้ง 3 วิธี

มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี
RAMBHAI BARNI RAJABHAT UNIVERSITY
ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

ตารางที่ 4.1 คุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของเพคตินจากเปลือกทุเรียนหมอนทองที่สกัดด้วยวิธีการต่างๆ

วิธีการสกัด	ปริมาณความชื้น (ร้อยละ)	ปริมาณเถ้า (ร้อยละ)	กรดกาแลคทูโรนิค (ร้อยละ)	ระดับการเกิดเอสเทอริฟิเคชัน (ร้อยละ)	ปริมาณเมทอกซิล (ร้อยละ)	ค่าสี		
						L*	a*	b*
กรดไฮโดรคลอริก	18.23±0.86[a]	3.62±0.19[b]	63.98±0.62[b]	52.40±2.91[c]	8.54[c]	69.68±0.91[b]	7.04±0.52[a]	22.17±0.87[a]
น้ำกลั่น	17.55±0.37[a]	5.10±0.22[a]	64.78±1.07[b]	83.16±4.91[a]	13.58[a]	56.43±0.31[c]	5.60±0.15[bc]	19.81±0.08[b]
ความดันไอสูง	17.74±0.59[a]	4.85±0.14[a]	57.65±1.42[c]	78.50±3.29[b]	12.81[b]	55.40±0.44[d]	5.88±0.27[b]	17.35±0.64[c]
ทางการค้า	14.77±0.08[b]	1.45±0.04[c]	75.96±1.57[a]	55.08±1.69[c]	8.98[c]	76.38±0.56[a]	5.29±0.09[c]	19.74±0.14[b]

หมายเหตุ อักษร abc ที่แตกต่างกันในแนวตั้งแสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

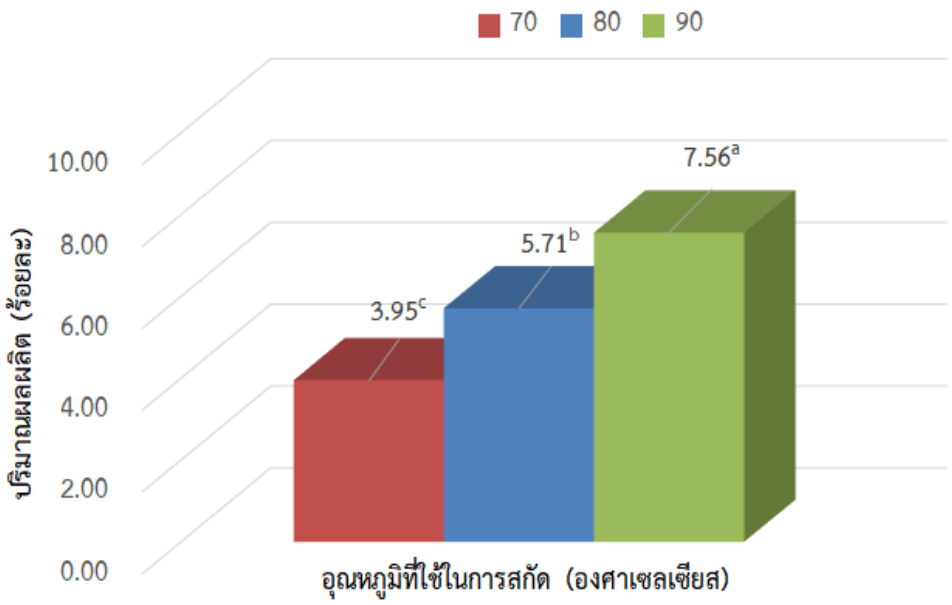
ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

4.4 ผลการศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการสกัดเพคตินจากเปลือกทุเรียน

จากผลการทดลองสกัดเพคตินจากเปลือกทุเรียนด้วยวิธีต่าง ๆ พบว่าการสกัดด้วยกรดไฮโดรคลอริกและการใช้ความดันไอสูงให้ปริมาณเพคตินแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) และเมื่อนำไปวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีแล้ว พบว่าเพคตินที่สกัดได้ด้วยกรดไฮโดรคลอริกปริมาณเถ้าน้อยกว่าการสกัดด้วยการใช้ความดันไอสูง ซึ่งปริมาณเถ้าที่มีค่ามากกว่าแสดงว่ามีปริมาณแร่ธาตุเจือปนอยู่เป็นปริมาณมากกว่า ปริมาณกรดกาแลคทูโรนิคของเพคตินที่สกัดด้วยกรดไฮโดรคลอริกมีปริมาณมากกว่าเพคตินที่สกัดด้วยความดันไอสูง แสดงว่าเพคตินที่สกัดได้มีความบริสุทธิ์กว่า และมีค่าใกล้เคียงกับเพคตินทางการค้าที่สกัดได้จากแอปเปิ้ลมากกว่า และเมื่อพิจารณาระดับการเกิดเอสเทอริฟิเคชันและปริมาณเมทอกซิล พบว่าเพคตินที่สกัดด้วยกรดไฮโดรคลอริกมีค่าใกล้เคียงกับเพคตินทางการค้าโดยมีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) และเมื่อวัดค่าสีพบว่า เพคตินที่สกัดได้ด้วยกรดไฮโดรคลอริกมีค่าความสว่างมากกว่าการสกัดด้วยความดันสูง ด้วยผลการทดลองดังกล่าวข้างต้น จึงเลือกใช้วิธีการสกัดเพคตินด้วยกรดไฮโดรคลอริกในการทำการทดลองในขั้นตอนต่อไป เพื่อเลือกสภาวะที่เหมาะสมในการสกัด

การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการสกัดด้วยกรดไฮโดรคลอริกทำได้โดยแปรอุณหภูมิที่ใช้สกัด 3 ระดับ คือ ที่อุณหภูมิ 70 80 และ 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง และเปรียบเทียบปริมาณและคุณสมบัติของเพคตินที่สกัดได้ ผลการทดลองดังภาพที่ 4.6 จากผลการทดลองพบว่าปริมาณผลผลิตเพคตินมากที่สุดได้จากการสกัดเพคตินที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส มีค่าเท่ากับร้อยละ 7.56±0.24 โดยมีความแตกต่างจากการสกัดที่อุณหภูมิ 70 และ 80 องศาเซลเซียส อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ปริมาณเพคตินที่สกัดได้มีค่าเพิ่มขึ้นตามอุณหภูมิที่สูงขึ้น ผลการทดลองที่ได้สอดคล้องกับงานวิจัยของรัชฎา ตั้งวงษ์ไชย และคณะ (2544) ซึ่งได้ทดลองสกัดเพคตินจากส้มมะงั่วโดยใช้อุณหภูมิ 60 และ 90 องศาเซลเซียส พบว่า เมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้นจาก 60 องศาเซลเซียส เป็น 90 องศาเซลเซียส เพคตินที่สกัดได้มีปริมาณเพิ่มขึ้น นอกจากนี้ยังสอดคล้องกับผลการทดลองของ ธนาวรรณ สุขเกษม (2556) ที่ทำการศึกษาสภาวะการสกัดเพคตินจากกะหล่ำปลีจากภูทับเบิก โดยสกัดด้วยกรดไฮโดรคลอริก ที่อุณหภูมิ 80 90 และ 100 องศาเซลเซียส พบว่าเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นและใช้เวลาในการสกัดที่นานขึ้นจะช่วยในการสกัดเพคตินให้มีปริมาณที่สูงขึ้นด้วย

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี



ภาพที่ 4.6 ปริมาณผลผลิตเพคตินที่สกัดด้วยกรดไฮโดรคลอริกความเข้มข้น 0.05 โมลาร์ ที่อุณหภูมิการสกัดต่าง ๆ

เมื่อนำเพคตินที่สกัดด้วยกรดไฮโดรคลอริกที่อุณหภูมิต่าง ๆ ไปวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมี ได้ผลการวิเคราะห์ดังตารางที่ 4.2 พบว่าปริมาณกรดกาแลคทูโรนิกของเพคตินที่สกัดได้จากอุณหภูมิต่าง ๆ มีค่าใกล้เคียงกับเพคตินทางการค้า โดยเพคตินที่สกัดที่อุณหภูมิ 70 และ 80 องศาเซลเซียส มีปริมาณกรดกาแลคทูโรนิกแตกต่างกับเพคตินทางการค้าอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) ส่วนเพคตินที่สกัดได้โดยใช้อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส พบปริมาณกรดกาแลคทูโรนิกมีความแตกต่างจากเพคตินทางการค้าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) อย่างไรก็ตามเมื่อเปรียบเทียบปริมาณกรดกาแลคทูโรนิกของเพคตินที่สกัดได้จากเปลือกทุเรียนหมอนทองที่อุณหภูมิต่าง ๆ พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) แสดงว่าเพคตินจากเปลือกทุเรียนมีความบริสุทธิ์ใกล้เคียงกับเพคตินมาตรฐาน เนื่องจากปริมาณกรดกาแลคทูโรนิกเป็นสิ่งที่บอกถึงความบริสุทธิ์ได้ ปริมาณกรดกาแลคทูโรนิกที่ได้จากเพคตินทุเรียนหมอนทองมีค่ามากกว่าที่สกัดได้จากเปลือก เนื้อ และเนื้อในของฝรั่งพันธุ์กลมสาลี่และแป้นสีทอง (องอาจ เด็ดดวง, 2553) และสอดคล้องกับรายงานของธานี ตระกูลอินทร์ (2533) ที่รายงานว่าเมื่ออุณหภูมิในการสกัดเพิ่มขึ้นจาก 50 องศาเซลเซียส เป็น 100 องศาเซลเซียส ปริมาณกรดกาแลคทูโรนิกของเพคตินที่สกัดได้ลดลง เนื่องจากอุณหภูมิที่สูงขึ้นทำให้เกิดปฏิกิริยาดีเอสเทอริฟิเคชั่น ได้มากขึ้น และสอดคล้องกับการศึกษาการสกัดเพคตินจากส้มมะงั่ว ที่อุณหภูมิ 60 และ 90 องศาเซลเซียส พบว่าเมื่อทำการสกัดเพคตินที่อุณหภูมิที่สูงขึ้นเป็นผลให้ปริมาณกรดกาแลคทูโรนิกสูงขึ้นสูงสุดที่อุณหภูมิ 76 องศาเซลเซียส จากนั้นเมื่อเพิ่มอุณหภูมิในการสกัดสูงกว่า 76 องศาเซลเซียส เพคตินที่สกัดได้มีปริมาณกรดกาแลคทูโรนิกลด

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

ลง ซึ่งในการสกัดด้วยอุณหภูมิที่สูงขึ้นอาจทำให้มีองค์ประกอบอื่นๆ เช่น เฮมิเซลลูโลส หรือน้ำตาลตัวอื่นที่มีอยู่ในส่วนเปลือกด้านในถูกสกัดออกมามากขึ้นทำให้เพคตินมีความบริสุทธิ์น้อยลง (รัชฎา ตั้วงศ์ไชย และคณะ, 2544) จากการทดลองปริมาณกรดกาแลคทูโนนิกที่ได้อยู่ในช่วงร้อยละ 71.60 - 75.32 ซึ่งเป็นช่วงที่สามารถยอมรับได้ตามกำหนดของ The Joint/WHO Expert Committee on Food Additive (JECFA) โดยกำหนดให้เพคตินมีปริมาณกรดกาแลคทูโรนิกต่ำสุดเป็นร้อยละ 65

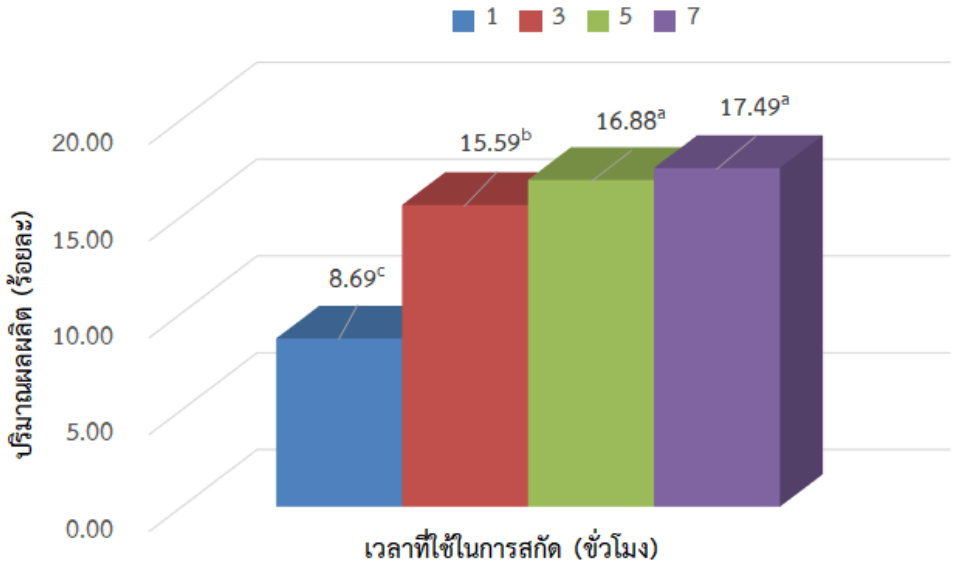
เมื่อพิจารณาค่าระดับการเกิดเอสเทอริฟิเคชันและปริมาณเมทอกซิล พบว่าปริมาณเมทอกซิลของเพคตินที่สกัดได้จากเปลือกทุเรียนหมอนทองและทางการค้ามีค่าใกล้เคียงกัน และมีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ โดยมีค่าอยู่ระหว่างร้อยละ 8.89 – 8.99 ซึ่งจัดอยู่ในเพคตินชนิดเมทอกซิลสูง

ค่าความสว่างของเพคตินที่สกัดจากเปลือกทุเรียนโดยใช้อุณหภูมิต่าง ๆ มีความแตกต่างจากค่าความสว่างของเพคตินทางการค้าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) และเมื่อเปรียบเทียบเพคตินจากเปลือกทุเรียนที่สกัดจากอุณหภูมิต่าง ๆ กัน พบว่าค่าความสว่างมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิต ($P \leq 0.05$) เช่นกัน โดยเพคตินที่สกัดด้วยอุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส มีความสว่างมากที่สุด รองลงมา คือ เพคตินที่สกัดด้วยอุณหภูมิ 80 และ 90 ตามลำดับ เมื่อพิจารณาค่าสีเหลืองของเพคตินพบว่าเพคตินที่สกัดด้วยอุณหภูมิต่าง ๆ ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

จากผลการทดลองที่ได้ จึงเลือกการสกัดเพคตินที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส ในการทดลองระยะเวลาที่เหมาะสมในการสกัด โดยใช้ปริมาณผลผลิต ปริมาณกรดกาแลคทูโรนิก ระดับการเกิดเอสเทอริฟิเคชันและปริมาณเมทอกซิล ประกอบการพิจารณา

เมื่อได้อุณหภูมิที่เหมาะสมในการสกัดเพคตินจากเปลือกทุเรียนหมอนทอง คือที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส จึงศึกษาเวลาที่เหมาะสมในการสกัด โดยใช้เวลาที่สกัดเป็น 1 3 5 และ 7 ชั่วโมง ตามลำดับ ได้ปริมาณเพคตินที่สกัดได้ ดังภาพที่ 4.7 ซึ่งพบว่าปริมาณผลผลิตของเพคตินจากเปลือกทุเรียนหมอนทองที่สกัดด้วยอุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 7 ชั่วโมง มีปริมาณผลผลิตสูงที่สุด มีปริมาณร้อยละ 17.49±0.51 รองลงมา คือ การสกัดเพคตินที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 ชั่วโมง มีปริมาณร้อยละ 16.88±0.90 โดยเพคตินที่สกัดได้มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี



ภาพที่ 4.7 ปริมาณผลผลิตเพคตินที่สกัดด้วยกรดไฮโดรคลอริกความเข้มข้น 0.05 โมลาร์ ที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลาต่าง ๆ

เมื่อนำเพคตินที่สกัดได้ที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส ที่เวลาต่าง ๆ ไปวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมี ได้ผลการทดลอง ดังตารางที่ 4.3 ปริมาณกรดกรดกาแลคทูโรนิคของเพคตินที่สกัดที่อุณภูมิ 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลาต่าง ๆ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับเพคตินทางการค้า ($P \leq 0.05$) ยกเว้นเพคตินที่สกัดเป็นเวลา 7 ชั่วโมง มีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติกับเพคตินทางการค้า ($p > 0.05$) แต่เมื่อพิจารณาดูปริมาณกรดกาแลคทูโรนิคที่สกัดเป็นเวลา 5 และ 7 ชั่วโมง พบว่ามีค่าใกล้เคียงกัน คือ มีปริมาณร้อยละ70.55±0.72 และ 72.97±0.39 และมีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของชวนิฏฐ์ สิทธิดิลกรัตน์ และคณะ (2548) ที่ศึกษาการผลิตเพคตินจากเปลือกและกากผลส้มเหลือทิ้ง ที่เวลาสกัดต่าง ๆ พบว่าที่เวลาสูงขึ้นปริมาณกรดกาแลคทูโรนิก มีค่าใกล้เคียงกัน

ปริมาณเมทอกซิลของเพคตินที่สกัดด้วยอุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลาต่างๆ มีค่าใกล้เคียงกัน โดยมีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) แต่เมื่อเปรียบเทียบกับเพคตินทางการค้าพบว่าปริมาณเมทอกซิลของเพคตินมีค่าสูงกว่า และมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับเพคตินทางการค้า ($P \leq 0.05$) โดยเพคตินที่สกัดได้มีค่าอยู่ระหว่างร้อยละ 9.74 - 10.23

ค่าความสว่างของเพคตินที่สกัดด้วยอุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 7 ชั่วโมง มีสีคล้ำกว่าเพคตินที่สกัดได้ที่อุณหภูมิอื่นๆ และมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

ตารางที่ 4.2 ผลการสกัดเพคตินจากเปลือกทุเรียนหมอนทองที่อุณหภูมิต่าง ๆ เป็นเวลา 1 ชั่วโมง

อุณหภูมิที่สกัด (องศาเซลเซียส)	กรดกาแลคทูโรนิค (ร้อยละ)	ระดับการเกิดเอสเทอริฟิเคชัน (ร้อยละ) ns	ปริมาณเมทอกซิล (ร้อยละ) ns	ค่าสี		
				L*	a*	b*
70	75.32±0.23 ab	54.55±0.00	8.89	64.78±1.22 b	3.74±0.48 b	20.19±0.49 a
80	75.73±0.23 ab	55.19±1.76	8.99	62.35±2.53 c	5.18±0.53 a	20.05±0.29 a
90	71.60±0.54 b	55.21±2.19	8.99	60.34±1.13 d	5.70±0.37 a	19.68±0.58 a
ทางการค้า	79.52±0.00 a	55.06±0.19	8.97	77.49±0.08 a	2.40±0.04 c	14.61±0.26 b

หมายเหตุ อักษร abc ที่แตกต่างกันในแนวตั้งแสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)
อักษร ns แสดงถึงค่าต่าง ๆ ในแนวตั้งไม่มีความแตกต่างกัน

ตารางที่ 4.3 ผลการสกัดเพคตินจากเปลือกทุเรียนหมอนทองที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส ที่เวลาต่าง ๆ

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

เวลาที่สกัด (ชั่วโมง)	กรดกาแลคทูโรนิค (ร้อยละ)	ระดับการเกิดเอสเทอริฟิเคชัน (ร้อยละ)	ปริมาณเมทอกซิล (ร้อยละ)	ค่าสี		
				L*	a*	b*
1	69.33±0.64[b]	61.77±1.39[a]	10.04 [a]	61.83±1.49[c]	5.14±0.26[b]	19.77±0.70[a]
3	66.86±0.21[b]	59.89±3.52[a]	9.74 [a]	63.94±0.80[b]	5.37±0.45[b]	19.42±0.22[a]
5	70.55±0.72 [b]	62.94±5.41[a]	10.23 [a]	65.14±0.56[b]	5.09±0.35[b]	18.41±0.29[b]
7	72.97±0.39 [ab]	61.58±2.80[a]	10.01 [a]	58.84±1.79[d]	6.72±0.79[a]	17.81±0.46[c]
ทางการค้า	79.52±0.00 [a]	54.55±0.00[b]	8.89 [b]	77.49±0.08[a]	2.40±0.04[c]	14.61±0.26[d]

หมายเหตุ อักษร abc ที่แตกต่างกันในแนวตั้งแสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

จากผลการทดลองหาอุณหภูมิและระยะเวลาที่ใช้ในการสกัดเพคตินด้วยกรดไฮโดรคลอริก พบว่า เมื่อใช้ปริมาณผลผลิต กรดกาแลคทูโรนิค ระดับการเกิดเอสเทอริฟิเคชัน ปริมาณเมทอกซิล และค่าสีในการพิจารณา พบว่าอุณหภูมิและเวลาที่เหมาะสมในการสกัดเพคติน คือ อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 ชั่วโมง นำเพคตินที่ได้ไปเปรียบเทียบคุณสมบัติกับเพคตินทางการค้า และประยุกต์ใช้ในอาหารในขั้นตอนต่อไป

เมื่อนำเพคตินเปลือกทุเรียนที่สกัดได้ที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 ชั่วโมง มาเปรียบเทียบคุณสมบัติกับเพคตินทางการค้าตามข้อกำหนดของ The Joint/WHO Expert Committee on Food Additive (JECFA) ได้ผลดังตารางที่ 4.4 จากตาราง พบว่าเพคตินจากเปลือกทุเรียนที่สกัดได้มีปริมาณกรดกาแลคทูโรนิคและปริมาณเมทอกซิลอยู่ในช่วงเพคตินมาตรฐาน (standard pectin) และเมื่อพิจารณาปริมาณกรดกาแลคทูโรนิค ระดับการเกิดเอสเทอริฟิเคชั่นและปริมาณเถ้า พบว่าเพคตินที่สกัดได้มีค่าใกล้เคียงกับเพคตินระดับโรงงานอุตสาหกรรม (Industrial grade) มากที่สุด

ตารางที่ 4.4 การเปรียบเทียบคุณสมบัติของเพคตินเปลือกทุเรียนที่สกัดได้กับเพคตินทางการค้า

คุณสมบัติ (Characteristic)	**เกรดเพคติน (pectin grade)**			
	เปลือกทุเรียน (experiment)	**โรงงานอุตสาหกรรม (industrial grade)**	**ห้องปฏิบัติการหรือทางการแพทย์ (lab & pharmaceutical grade)**	**เพคตินมาตรฐาน (standard pectin)**
% yield	16.88	-	-	-
% moisture	14.30	4.26	4.81	-
% ash	3.37	3.59	2.23	2.0
% galacturonic	70.55	69.89	78.54	>65
% methoxyl	10.23	5.08	6.29	>2.5
%DE	62.94	55-65	-	-

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

4.5 ผลการนำเพคตินที่สกัดได้จากเปลือกทุเรียนไปใช้ประโยชน์

เมื่อนำเพคตินที่สกัดได้มาใช้เป็นส่วนผสมในผลิตภัณฑ์แยมสับปะรด เปรียบเทียบกับแยมที่ไม่เติมเพคตินซึ่งใช้เป็นตัวควบคุม และแยมที่ใช้เพคตินทางการค้า ได้ผลการทดลองดังภาพที่ 4.8 แยมที่ได้จากการเติมเพคตินที่สกัดจากเปลือกทุเรียนมีลักษณะค่อนข้างเหลว แต่หนืดกว่าแยมที่ไม่ได้ใส่เพคติน ส่วนแยมที่เติมเพคตินทางการค้า มีลักษณะข้นเหนียวคล้ายแยมทางการค้า

(ก)

(ข)

(ค)

ภาพที่ 4.8 แยมสั[illegible]รียน
(ค) เติมเพคตินทางการค้า

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

เมื่อนำผลิตภัณฑ์แยมที่ผลิตได้ไปทดสอบทางประสาทสัมผัส โดยใช้ผู้ทดสอบชิมที่ได้รับการฝึกฝนจำนวน 20 คน เพื่อเปรียบเทียบลักษณะของผลิตภัณฑ์ที่ใช้เพคตินที่สกัดได้กับผลิตภัณฑ์ที่ใช้เพคตินทางการค้า ได้ผลการทดลอง ดังตารางที่ 4.5 จากการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านลักษณะปรากฏ พบว่าผู้บริโภคให้การยอมรับแยมสับปะรดที่เติมเพคตินทางการค้ามีค่ามากที่สุดเท่ากับ 7.85±0.80 ซึ่งมีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) กับแยมที่มีการเติมเพคตินจากเปลือกทุเรียนและไม่เติมเพคติน

สำหรับคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านสี กลิ่นและรสชาติ พบว่าผู้ทดสอบชิมให้ค่าการยอมรับแยมที่มีการเติมเพคติน เติมเพคตินจากเปลือกทุเรียนและเติมเพคตินทางการค้า ในระดับชอบเล็กน้อยถึงชอบปานกลาง ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกัน โดยมีค่าคะแนนไม่แตกต่างกัน

ส่วนคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านลักษณะเนื้อสัมผัส พบว่าผู้บริโภคให้การยอมรับแยมสับปะรดที่ใส่เพคตินทางการค้ามากที่สุด เท่ากับ 7.23±1.42 ซึ่งมีค่าแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) กับลักษณะเนื้อสัมผัสของแยมที่มีการเติมเพคตินที่สกัดได้จากเปลือกทุเรียน แต่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับลักษณะเนื้อสัมผัสของแยมที่ไม่มีการเติมเพคติน

การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านความชอบโดยรวม พบว่าผู้บริโภคให้การยอมรับแยมสับปะรดที่ใส่เพคตินทางการค้ามากที่สุด เท่ากับ 7.31±1.38 รองลงมาคือแยมที่มีการเติมเพคตินที่สกัดได้จากเปลือกทุเรียน และแยมที่ไม่เติมเพคติน ซึ่งผู้ทดสอบชิมมีความชอบโดยรวมแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) ที่ระดับชอบเล็กน้อยถึงชอบปานกลาง

RAMBHAI BARNI RAJABHAT UNIVERSITY
ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

ตารางที่ 4.5 ค่าการทดสอบทางประสาทสัมผัสของแยมสับปะรด

สิ่งทดลอง	ค่าการทดสอบทางประสาทสัมผัส (คะแนน)					
	ลักษณะปรากฏ	สี^{ns}	กลิ่น^{ns}	รสชาติ^{ns}	ลักษณะเนื้อสัมผัส	ความชอบโดยรวม^{ns}
ไม่เติมเพคติน	6.54±1.45^{b}	7.08±0.95	6.69±1.11	6.23±1.74	6.00±1.68^{b}	6.23±1.54
เพคตินสกัดจากเปลือกทุเรียน	6.92±1.04^{b}	7.00±0.82	6.92±0.86	6.54±1.56	6.85±0.90^{ab}	6.92±0.86
เพคตินทางการค้า	7.85±0.80^{a}	7.69±0.86	6.85±1.07	7.38±1.56	7.23±1.42^{a}	7.31±1.38

หมายเหตุ อักษร abc แสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)
อักษร ns แสดงถึงค่าต่าง ๆ ในแนวตั้งไม่มีความแตกต่างกัน

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

ผลิตภัณฑ์อีกชนิดหนึ่งที่นิยมเติมเพคติน คือ เยลลี่ ซึ่งในการทดลองทำเยลลี่ส้มโดยมีการเติมเพคตินที่ได้จากการสกัดเปลือกทุเรียน เปรียบเทียบกับเพคตินทางการค้าและเจลาตินทางการค้า ได้ผลการทดลอง ดังภาพที่ 4.9 เยลลี่ที่ได้จากการใส่เพคตินร่วมกับเจลาตินจะมีลักษณะยืดหยุ่นคล้ายเยลลี่ทางการค้า แต่เยลลี่ที่เติมเพคตินเพียงอย่างเดียวมีลักษณะอ่อนนุ่มมาก

(ก)

(ข)

ภาพที่ 4.9 เยลลี่ส้มที่ใช้เพคติ[illegible]นที่สกัดได้จากเปลือกทุเรียนร่วมกับเจลาติน (ข) เยลลี่เติมเพคตินที่ส[illegible]ย่างเดียว

เมื่อนำผลิตภัณฑ์เยลลี่ส้มที่ผลิตได้ไปทดสอบทางประสาทสัมผัส โดยใช้ผู้ทดสอบชิมที่ได้รับการฝึกฝนจำนวน 20 คน เพื่อเปรียบเทียบลักษณะของผลิตภัณฑ์ที่เติมเพคตินที่สกัดได้กับผลิตภัณฑ์ที่เติมเพคตินทางการค้า และเพคตินที่สกัดได้ผสมเจลาติน ได้ผลการทดลอง ดังตารางที่ 4.6

จากการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านลักษณะปรากฏ พบว่าผู้บริโภคให้การยอมรับเยลลี่ส้มที่เติมเพคตินที่สกัดได้จากเปลือกทุเรียนร่วมกับเจลาตินมากที่สุด เท่ากับ 7.00±1.28

ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) กับเยลลี่ที่มีการเติมเพคตินที่สกัดจากเพคตินเพียงอย่างเดียว และเยลลี่ที่เติมเพคตินทางการค้า

จากการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านสี พบว่าผู้บริโภคให้การยอมรับในเยลลี่ส้มที่ใส่เพคตินที่สกัดด้วยกรดไฮโดรคลอริกกับเจลาตินมากที่สุด โดยมีค่าเท่ากับ 7.13±1.39 ซึ่งมีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) กับเยลลี่ที่เติมเพคตินเพียงอย่างเดียวและเพคตินทางการค้า

จากการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่นและรสชาติ พบว่าผู้ทดสอบให้คะแนนเยลลี่ที่มีการเติมเพคตินที่สกัดได้จากเปลือกทุเรียนร่วมกับเจลาติน เติมเพคตินเพียงอย่างเดียว และเติมเพคตินทางการค้า ในระดับเฉย ๆ ถึงชอบเล็กน้อย ซึ่งค่าที่ได้ไม่แตกต่างกัน

สำหรับการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านลักษณะเนื้อสัมผัส พบว่าผู้บริโภคให้การยอมรับเยลลี่ส้มที่เติมเพคตินที่สกัดได้จากเปลือกทุเรียนร่วมกับเจลาตินมากที่สุด ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) กับเยลลี่ที่เติมเพคตินที่สกัดจากเปลือกทุเรียนเพียงอย่างเดียวและเพคตินทางการค้า

จากการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านความชอบโดยรวม พบว่าผู้บริโภคให้การยอมรับเยลลี่ส้มที่เติมเพคตินที่สกัดได้จากเปลือกทุเรียนร่วมกับเจลาตินมากที่สุด โดยผู้ทดสอบมีความชอบโดยรวมอยู่ในระดับชอบเล็กน้อย

RAMBHAI BARNI RAJABHAT UNIVERSITY
ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

ตารางที่ 4.6 การทดสอบทางประสาทสัมผัสเยลลี่ส้ม

สิ่งทดลอง	ค่าการทดสอบทางประสาทสัมผัส (คะแนน)					
	ลักษณะปรากฏ	สี	กลิ่น^{ns}	รสชาติ^{ns}	ลักษณะเนื้อสัมผัส	ความชอบโดยรวม
เพคตินสกัด	5.39±1.70^{b}	6.22±1.48^{b}	6.61±1.50	6.61±1.37	4.57±1.90^{b}	6.13±1.18^{ab}
เพคตินสกัดผสมเจลาติน	7.00±1.28^{a}	7.13±1.39^{a}	5.74±1.74	6.17±1.61	6.70±1.72^{a}	6.91±1.31^{a}
เพคตินทางการค้า	6.39±1.53^{a}	5.83±1.72^{b}	5.70±1.80	6.00±2.20	4.87±1.89^{b}	5.74±1.86^{b}

หมายเหตุ อักษร abc แสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)
อักษร ns แสดงถึงค่าต่าง ๆ ในแนวตั้งไม่มีความแตกต่างกัน

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี