

บทที่ 4

ผลการทดลองและวิจารณ์ผลการทดลอง

4.1 ผลการศึกษาอัตราส่วนเนื้อมะเขี๋ยงต่อตัวทำละลายในการสกัดแอนโธไซยานินจากมะเขี๋ยง

ในการศึกษาผลของอัตราส่วนของเนื้อมะเขี๋ยงต่อตัวทำละลายในการสกัดแอนโธไซยานินจากมะเขี๋ยง จะใช้อัตราส่วนของเนื้อมะเขี๋ยงต่อตัวทำละลาย ได้แก่ 1:3 , 1:4 , 1:5 , 1:6 และ 1:7 กรัม/มิลลิลิตร ซึ่งใช้ตัวทำละลายเป็นเอทานอลความเข้มข้นร้อยละ 80 พบว่าได้ผลดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด ค่าความเป็นกรด-ด่าง และค่าสีของสารสกัดจากมะเขี๋ยง

อัตราส่วนเนื้อ มะเขี๋ยงต่อตัว ทำละลาย	ของแข็งที่ ละลายได้ ทั้งหมด (°Brix)	ความเป็น กรด-ด่าง	ค่าสี		
			L*	a*	B*
1:3	15.29±0.32 ^d	3.19±0.00 ^e	34.57±0.10 ^a	4.20±0.02 ^b	-1.70 ±0.04 ^a
1:4	18.72±0.14 ^c	3.40±0.01 ^d	32.28±0.32 ^b	3.49±0.06 ^c	-1.46± 0.10 ^a
1:5	21.22±0.04 ^a	4.43±0.03 ^c	29.26±0.00 ^c	4.32±0.00 ^a	-3.30± 0.01 ^b
1:6	20.74±0.12 ^b	4.49±0.02 ^b	29.75±0.00 ^d	3.31±0.01 ^d	-2.83 ±0.02 ^b
1:7	21.22±0.32 ^a	4.52±0.01 ^a	29.09±0.03 ^d	3.15±0.06 ^e	-3.27±0.02 ^b

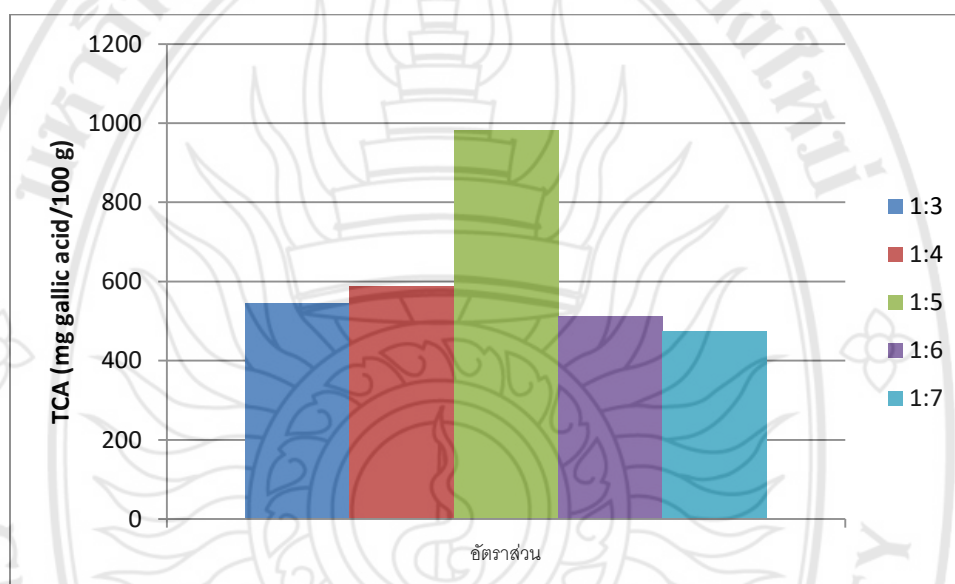
หมายเหตุ : ตัวเลขในตารางแสดงค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่แตกต่างกันในแต่ละคอลัมน์ แสดงถึงความแตกต่างของค่าเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

จากตารางที่ 4.1 พบว่า การสกัดแอนโธไซยานินด้วยอัตราส่วนของเนื้อมะเขี๋ยงต่อตัวทำละลายที่แตกต่างกันพบว่า มีผลต่อปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด ค่าความเป็นกรด-ด่าง และค่าสีของสารสกัดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ซึ่งเห็นได้ว่า ที่อัตราส่วนเนื้อมะเขี๋ยงต่อตัวทำละลาย 1:5 มีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดสูงที่สุดคือ 21.22±0.04 °Brix ค่าความเป็นกรด-ด่างเท่ากับ 4.43±0.03 ค่าสี a* และ b* สูงที่สุด คือ 4.32±0.00 และ -3.30± 0.01 ซึ่งค่า a* เป็นค่าที่แสดงถึงความเป็นสีแดง และค่า

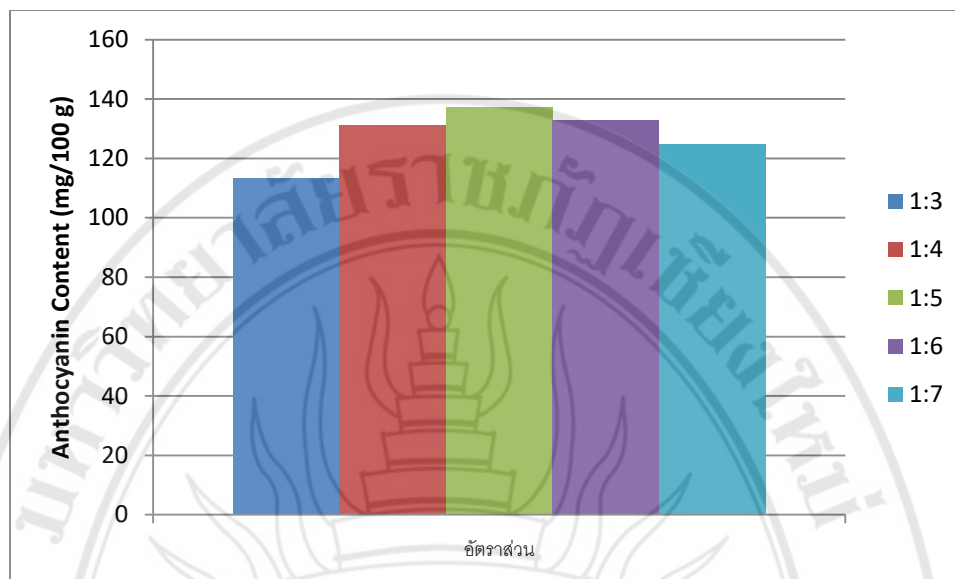
b* ที่มีค่าเป็นลบแสดงถึงความเป็นสีม่วง การที่สารสกัดมีค่า a* และ b* มากแสดงว่าสารสกัดจากมะเกี๋ยงที่ได้จะมีปริมาณสารที่ให้สีแดง-ม่วงในปริมาณที่มาก

หลังการสกัดแอนโธไซยานินด้วยอัตราส่วนของเนื้อมะเกี๋ยงต่อตัวทำละลายที่แตกต่างกันพบว่า อัตราส่วนของเนื้อมะเกี๋ยงบดละเอียดมีผลต่อปริมาณสารประกอบฟีนอลิก ปริมาณแอนโธไซยานิน และฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ดังแสดงในภาพที่ 4.1 – 4.3

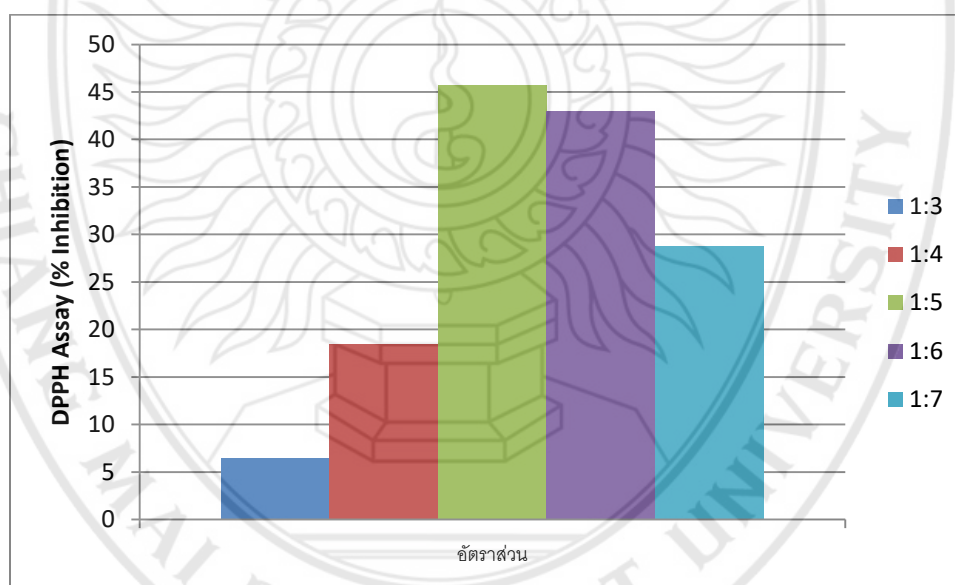


ภาพที่ 4.1 ปริมาณสารประกอบฟีนอลิก (mg gallic acid / 100 g) ของสารสกัดจากมะเกี๋ยง

จากภาพที่ 4.1 พบว่าเมื่ออัตราส่วนของเนื้อมะเกี๋ยงต่อตัวทำละลายเพิ่มขึ้นจะมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกเพิ่มขึ้น โดยมีค่าสูงสุดที่อัตราส่วนเนื้อมะเกี๋ยงต่อตัวทำละลาย 1:5 กรัม/มิลลิลิตร โดยมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกเท่ากับ 982.24 ± 23.17 mg gallic acid / 100 g จากนั้นปริมาณสารประกอบฟีนอลิกในสารสกัดมีค่าลดลง



ภาพที่ 4.2 ปริมาณแอนโธไซยานิน (mg/ 100 g) ของสารสกัดจากมะเกี๋ยง



ภาพที่ 4.3 ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระด้วยดีพีพีเอช (ร้อยละ) ของสารสกัดจากมะเกี๋ยง

จากภาพที่ 4.2 และ 4.3 จะเห็นว่าปริมาณแอนโธไซยานินที่สกัดได้โดยอัตราส่วนของเนื้อมะเกี๋ยงต่อตัวทำละลายที่ 1:5 กรัม/มิลลิลิตร จะทำให้ได้ปริมาณแอนโธไซยานินและความสามารถในการต้าน

อนุมูลิสร่มากที่สุดคือ 137.26 ± 3.98 mg/100 g และ 45.78 ± 1.52 % ตามลำดับ จากนั้นเริ่มมีแนวโน้มที่ค่าจะลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ดังนั้นอัตราส่วนเนื้อมะเขี๋ยงต่อตัวทำละลายที่อัตราส่วน 1:5 เป็นอัตราส่วนที่เหมาะสมที่สุดในการสกัดแอนโธไซยานิน โดยสอดคล้องกับงานวิจัยของอดิศักดิ์ (2560) ซึ่งศึกษาอัตราส่วนระหว่างเนื้อมะเขี๋ยงต่อตัวทำละลาย 5 ระดับคือ 1:1 , 1:3 , 1:5 , 1:7 และ 1:9 กำหนดให้กำลังไฟฟ้าของเครื่องไมโครเวฟคงที่ที่ 450 วัตต์ และระยะเวลาในการสกัดคงที่ที่ 180 วินาที พบว่าที่อัตราส่วน 1:3 มีปริมาณแอนโธไซยานินสูงสุดคือ 194.84 ± 0.56 mg/100g และจากการทดลองของ บุศรารัตน์ (2545) ได้ทำการศึกษาผลของอัตราส่วนระหว่างปริมาณกลีบดอกกระเจี๊ยบแดงกับตัวทำละลาย 1:1 , 1:2 , 1:3 , 1:4 และ 1:5 (w/v) พบว่าปริมาณแอนโธไซยานินที่สกัดได้มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 อัตราส่วนที่ให้ประสิทธิภาพการสกัดสูงสุดคือ อัตราส่วนระหว่างปริมาณกลีบดอกกระเจี๊ยบแดงต่อตัวทำละลายเท่ากับ 1:5 ในขณะที่อัตราส่วน 1:3 , 1:2 และ 1:1 ปริมาณแอนโธไซยานินที่สกัดได้จะลดลง เนื่องจากปริมาณกลีบดอกกระเจี๊ยบแดงที่เพิ่มขึ้นทำให้ตัวทำละลายในการสกัดมีปริมาณไม่เพียงพอที่จะสกัดแอนโธไซยานินออกได้หมด นอกจากนี้งานวิจัยของ Blackhall et al., 2018 ได้ทำการศึกษาผลของอัตราส่วนของตัวทำละลายต่อเนื้อเชอร์รี่ที่อัตราส่วน 2.5 , 5 , 7.5 , 10 และ 12.5 ml/g พบว่าสารสกัดที่ได้มีปริมาณแอนโธไซยานินเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.01$) จนถึงอัตราส่วน 10 ml/g จากนั้นปริมาณแอนโธไซยานินจะเริ่มลดลงเมื่ออัตราส่วนของตัวทำละลายต่อเนื้อเชอร์รี่เพิ่มขึ้นเป็น 12.5 ml/g

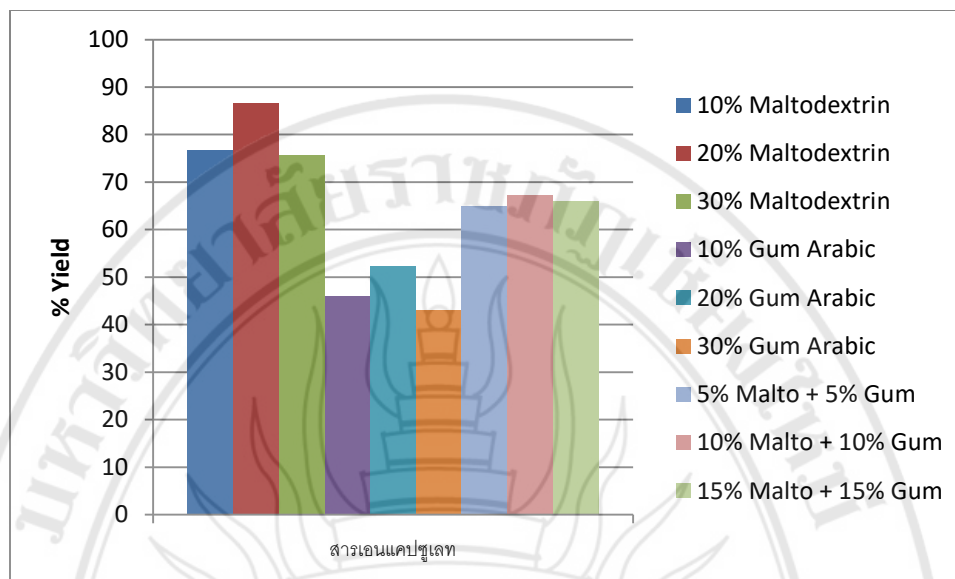
4.2 ผลการศึกษาชนิดและความเข้มข้นของสารเอนแคปซูเลตติ้งที่เหมาะสมในการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็งของมะเขี๋ยง

ในการศึกษาชนิดและความเข้มข้นของสารเอนแคปซูเลตติ้งที่เหมาะสมในการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็งของมะเขี๋ยง จะทำการศึกษาสารเอนแคปซูเลตติ้ง 3 ชนิด ได้แก่ มอลโตเด็คซ์ตริน กัมอารบิก และสารผสมระหว่างมอลโตเด็คซ์ตรินและกัมอารบิก โดยสารเอนแคปซูเลตติ้งแต่ละชนิดที่จะทำการทดลองด้วยความเข้มข้น 3 ระดับ ได้แก่ 10% , 20% และ 30% โดยนำสารสกัดแอนโธไซยานินจากมะเขี๋ยง แช่แข็งที่อุณหภูมิ -40 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 48 ชั่วโมง จากนั้นนำตัวอย่างไปเข้าเครื่องทำแห้งแบบแช่เยือกแข็งเป็นเวลา 15 ชั่วโมง ทำการวิเคราะห์ลักษณะทางกายภาพ การละลายน้ำ ปริมาณผลิตภัณฑ์ผงที่ได้ (% yield) และประสิทธิภาพของการเอนแคปซูเลทแอนโธไซยานินที่กักเก็บได้ (% EE) พบว่าได้ผลดังตารางที่ 4.1 และภาพที่ 4.4 - 4.5

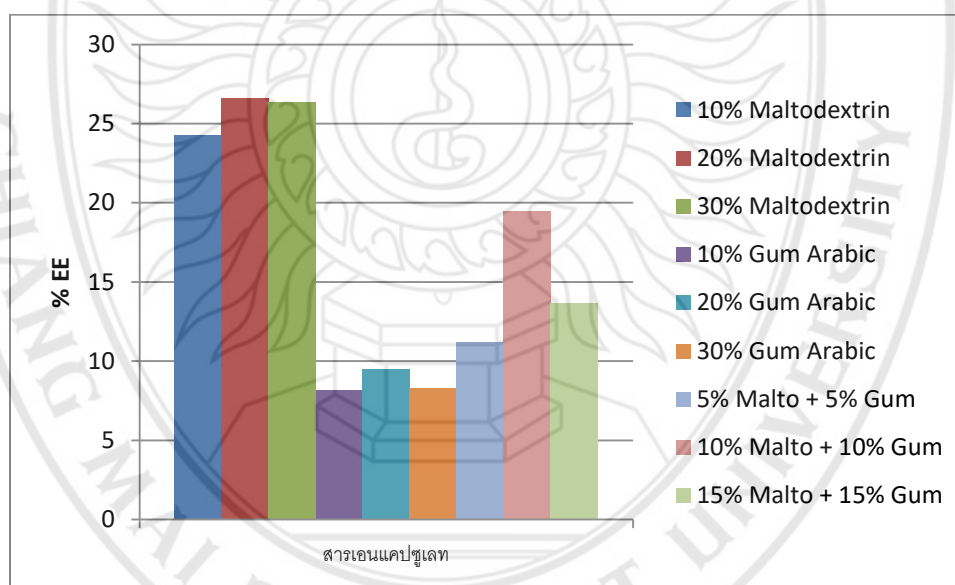
ตารางที่ 4.2 ผลของสารแอนแคปซูเลทต่อลักษณะทางกายภาพและการละลายน้ำของผลิตภัณฑ์ผงแอนโธไซยานินจากมะเกี๋ยง

สารแอนแคปซูเลท	ลักษณะทางกายภาพ	การละลายน้ำ
Maltodextrin		
10%	แห้งเป็นแผ่น ชูดอกง่าย	ละลายดี
20%	แห้งเป็นแผ่น ชูดอกง่าย	ละลายดี
30%	แห้งเป็นแผ่น ชูดอกง่าย	ละลายดี
Gum Arabic		
10%	สีไม่แห้ง เกาะภาชนะส่วนมาก	ไม่ละลาย
20%	สีไม่แห้ง เกาะภาชนะส่วนมาก	ไม่ละลาย
30%	สีไม่แห้ง เกาะภาชนะส่วนมาก	ไม่ละลาย
Maltodextrin + Gum Arabic		
5% + 5%	สีไม่แห้ง เกาะภาชนะบางส่วน	ละลายบางส่วน
10% + 10%	สีไม่แห้ง เกาะภาชนะบางส่วน	ละลายบางส่วน
15% + 15%	สีไม่แห้ง เกาะภาชนะบางส่วน	ละลายบางส่วน

จากการศึกษาผลของสารแอนแคปซูเลทต่อลักษณะทางกายภาพและการละลายน้ำของผงแอนโธไซยานินที่ได้จากการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็งมะเกี๋ยง พบว่า การเติมกัมอารบิกผลิตภัณฑ์จะมีการดูดความชื้นกลับและเกาะติดภาชนะเป็นจำนวนมาก ในขณะที่การเติมมอลโตเดกซ์ตริน ผลิตภัณฑ์ที่ได้จะแห้งไม่เกาะติดภาชนะ และมีการละลายที่ดี จึงเหมาะที่จะนำมอลโตเดกซ์ตรินมาใช้เป็นสารแอนแคปซูเลท



ภาพที่ 4.4 ปริมาณผลิตภัณฑ์ผง (ร้อยละ) ของผงแอนโรไซยานินที่ได้จากการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง



ภาพที่ 4.5 ประสิทธิภาพของการเอนแคปซูเลทแอนโรไซยานินที่เก็บกักได้ (% EE) ของผงแอนโรไซยานินที่ได้จากการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง

จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าเมื่อเพิ่มปริมาณมอลโตเด็กซ์ตริน ทำให้ปริมาณผลิตภัณฑ์ผล (% yield) เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เนื่องจากมอลโตเด็กซ์ตรินเป็นสารช่วยทำแห้งและเมื่อปริมาณมอลโตเด็กซ์ตรินเพิ่มขึ้นจะทำให้ค่า T_g ของแอนโธไซยานินเพิ่มขึ้น ซึ่งช่วยลดการเหนียวติดภายในห้องอบแห้งในระหว่างการทำแห้งจึงส่งผลให้ได้ปริมาณผงมากขึ้น ดังแสดงในภาพที่ 4.4

และจากภาพ 4.5 พบว่าเมื่อเพิ่มปริมาณมอลโตเด็กซ์ตริน ทำให้ประสิทธิภาพของการเอนแคปซูเลทแอนโธไซยานินเพิ่มมากขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ซึ่งเป็นผลมาจากมอลโตเด็กซ์ตรินมีคุณสมบัติเป็น film forming ซึ่งสามารถปกป้องสารแกนกลางได้ในระหว่างการทำแห้ง (บุศรารัตน์, 2553) ปริมาณมอลโตเด็กซ์ตรินที่เหมาะสมในการเป็นสารเอนแคปซูเลทแอนโธไซยานินจากมะเกี๋ยคือ 20% โดยจะทำให้ได้ปริมาณผลิตภัณฑ์ผง (% yield) และ ประสิทธิภาพของการเอนแคปซูเลทแอนโธไซยานินที่เก็บกักได้ (% EE) มากที่สุดคือ 86.67 ± 0.25 % และ 26.64 ± 1.49 % ตามลำดับ

4.3 ผลการศึกษาสมบัติทางกายภาพและเคมีของผงแอนโธไซยานินจากมะเกี๋ย

เมื่อทำการศึกษาชนิดและความเข้มข้นของสารเอนแคปซูเลทในการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็งของมะเกี๋ย แล้วนำผงแอนโธไซยานินที่ได้มาวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพและเคมีพบว่า ได้ผลดังตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.3 สมบัติทางกายภาพและเคมีของผงแอนโธไซยานินจากมะเกี๋ย

ค่า	ปริมาณ
ปริมาณผลิตภัณฑ์ผงที่ได้ (% yield)	86.67 ± 0.25 %
ปริมาณความชื้น (%)	4.63 ± 0.32 %
ปริมาณน้ำอิสระ (a_w)	0.28 ± 0.01
ค่าสี	
L^*	46.69 ± 0.23
a^*	24.88 ± 0.06
b^*	2.56 ± 0.08
ความหนาแน่น (g/cm^3)	0.56 ± 0.05
ความสามารถในการละลาย (วินาที)	1.57 ± 0.02
ประสิทธิภาพของการเอนแคปซูเลทของแอนโธไซยานินที่เก็บกักได้ (%)	26.64 ± 1.49

เมื่อทำการเอนแคปซูลขึ้นโดยการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็งมะเกี๋ยง โดยใช้มอลโตเด็กซ์ตริน ปริมาณ 20% เป็นสารในการเอนแคปซูล พบว่ามีผลต่อสมบัติทางกายภาพและเคมีของผงแอนโดไซยานินจากมะเกี๋ยง ดังนี้ มอลโตเด็กซ์ตรินจัดเป็นวัสดุประเภท skin – forming ซึ่งอนุภาคของ skin – forming เมื่อผ่านการทำแห้งจะเกิดฟองอากาศ จึงส่งผลให้ความหนาแน่นของแอนโดไซยานินผงลดลง และมอลโตเด็กซ์ตรินมีคุณสมบัติในการดูดซับความชื้นได้ดีจึงส่งผลให้ผลแอนโดไซยานินที่ได้ละลายน้ำได้เร็ว และเมื่อพิจารณาค่าสีที่วัดโดยระบบ CIE L*a*b* พบว่าการเติมมอลโตเด็กซ์ตรินจะทำให้สีของผงแอนโดไซยานินที่ได้มีค่าความสว่างมากขึ้นแต่ค่าความเป็นสีแดงลดลง เนื่องจากมอลโตเด็กซ์ตรินมีสีขาวจะทำให้สูญเสียความเป็นสีแดง