

บทที่ 4

ผลการทดลองและวิจารณ์

4.1 การศึกษาผลของชนิดและอัตราส่วนของตัวทำละลายที่ใช้ในการสกัดปริมาณแคโรทีนอยด์ของใบกะเพราสดและแห้ง

จากการสกัดปริมาณแคโรทีนอยด์ในใบกะเพราสดโดยใช้ตัวทำละลายที่แตกต่างกัน พบว่าตัวทำละลายมีผลต่อร้อยละของสารสกัดที่ได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) ดังตารางที่ 4.1 และอัตราส่วนระหว่างใบกะเพราสดต่อตัวทำละลายก็มีผลต่อร้อยละของสารสกัดที่ได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) แต่เมื่อพิจารณาตัวทำละลายแต่ละชนิด พบว่าการใช้เอทานอลในอัตราส่วนแตกต่างกันไม่มีผลต่อร้อยละของสารสกัดที่ได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) โดยมีปริมาณร้อยละของสารสกัดอยู่ในช่วงร้อยละ 1.20-1.51 เป็นเพราะว่าในใบกะเพราสดมีน้ำเป็นองค์ประกอบอยู่มาก ทำให้ในขั้นตอนของการสกัดแคโรทีนอยด์จากใบกะเพราสดโดยใช้เอทานอลเป็นตัวทำละลาย ซึ่งเป็นตัวทำละลายมีขั้วมากที่สุดเมื่อเทียบกับตัวทำละลายตัวอื่นและใกล้เคียงกับน้ำมากที่สุด จึงสามารถสกัดแคโรทีนอยด์และรงควัตถุที่สามารถละลายในน้ำออกมาได้ เช่น คลอโรฟิลล์

ตารางที่ 4.1 ร้อยละของสารสกัดที่ได้จากการสกัดปริมาณแคโรทีนอยด์ในใบกะเพราสด

ตัวทำละลาย	อัตราส่วนระหว่างใบกะเพราต่อตัวทำละลาย			ค่า P
	1:10	1:20	1:30	
เอทานอล	1.20 ± 0.01A*	1.23 ± 0.15A	1.51 ± 0.21A	0.077
อะซิโตน	1.17 ± 0.01aA	0.97 ± 0.11bB	0.63 ± 0.01cB	< 0.001
เฮกเซน	0.14 ± 0.02cC	0.21 ± 0.05bD	0.28 ± 0.01aC	0.006
ตัวทำละลายผสม	0.34 ± 0.01cB	0.48 ± 0.04bC	0.60 ± 0.01aB	< 0.001
ค่า P	< 0.001	< 0.001	< 0.001	

* ค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานจากการทดลอง 3 ซ้ำ

ค่าเฉลี่ยในแนวนอนที่มีตัวอักษรต่างกัน (a, b, c, d) มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งที่มีตัวอักษรต่างกัน (A, B, C, D) มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

จากตารางที่ 4.2 ที่แสดงร้อยละของสารสกัดที่ได้จากการสกัดปริมาณแคโรทีนอยด์ในใบกะเพราแห้ง พบว่า ตัวทำละลายและอัตราส่วนระหว่างใบกะเพราแห้งต่อตัวทำละลายมีผลต่อ ร้อยละของสารสกัดที่ได้ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) ซึ่งผลที่ได้สอดคล้องกับร้อยละของ สารสกัดที่ได้จากการสกัดปริมาณแคโรทีนอยด์ในใบกะเพราสด (จากตารางที่ 4.1) เช่น การใช้ เอทานอลเป็นตัวทำละลาย ทั้งในใบกะเพราสดและใบกะเพราแห้งจะให้ร้อยละของสารสกัดที่ได้สูง ที่สุด

แคโรทีนอยด์เป็นรงควัตถุที่ละลายได้ดีในตัวทำละลายไม่มีขั้ว เช่น เฮกเซน และอะซิโตน เพราะถ้าพิจารณาจากควมมีขั้วของตัวทำละลายพบว่า เฮกเซนเป็นตัวทำละลายที่มีขั้วต่ำสุดซึ่ง น่าจะทำให้มีปริมาณร้อยละของสารที่สกัดได้ออกมามากที่สุด แต่ในงานวิจัยนี้การใช้เฮกเซน และอะซิโตนเป็นตัวทำละลายให้ร้อยละของสารที่สกัดได้น้อยกว่าการใช้เอทานอลเป็นตัวทำละลาย เนื่องจากสารสกัดที่ได้เป็นสารสกัดแบบหยาบซึ่งมีรงควัตถุชนิดอื่นออกมามากด้วย เช่น คลอโรฟิลล์ ซึ่งเป็นรงควัตถุที่สามารถละลายได้ดีในเอทานอลได้เช่นกัน ทำให้สารที่สกัดออกมามีรงควัตถุอื่นร่วมด้วย

ตารางที่ 4.2 ร้อยละของสารสกัดที่ได้จากการสกัดปริมาณแคโรทีนอยด์ในใบกะเพราแห้ง

ตัวทำละลาย	อัตราส่วนระหว่างใบกะเพราต่อตัวทำละลาย			ค่า P
	1:10	1:20	1:30	
เอทานอล	3.73 ± 1.78A*	3.02 ± 0.68A	4.33 ± 1.23A	0.515
อะซิโตน	0.94 ± 0.32aB	0.78 ± 0.21aB	0.16 ± 0.07bB	0.012
เฮกเซน	0.16 ± 0.13B	0.58 ± 0.74B	0.12 ± 0.05B	0.415
ตัวทำละลายผสม	0.32 ± 0.10B	0.32 ± 0.01B	0.34 ± 0.11B	0.945
ค่า P	0.005	0.001	< 0.001	

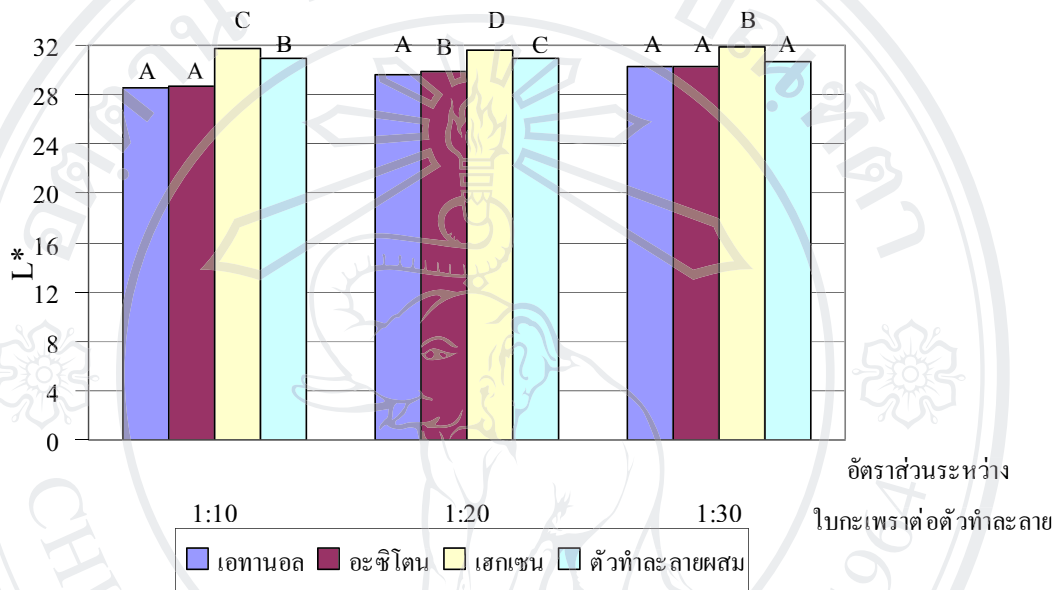
* ค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานจากการทดลอง 3 ซ้ำ

ค่าเฉลี่ยในแนวนอนที่มีตัวอักษรต่างกัน (a, b, c, d) มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งที่มีตัวอักษรต่างกัน (A, B, C, D) มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

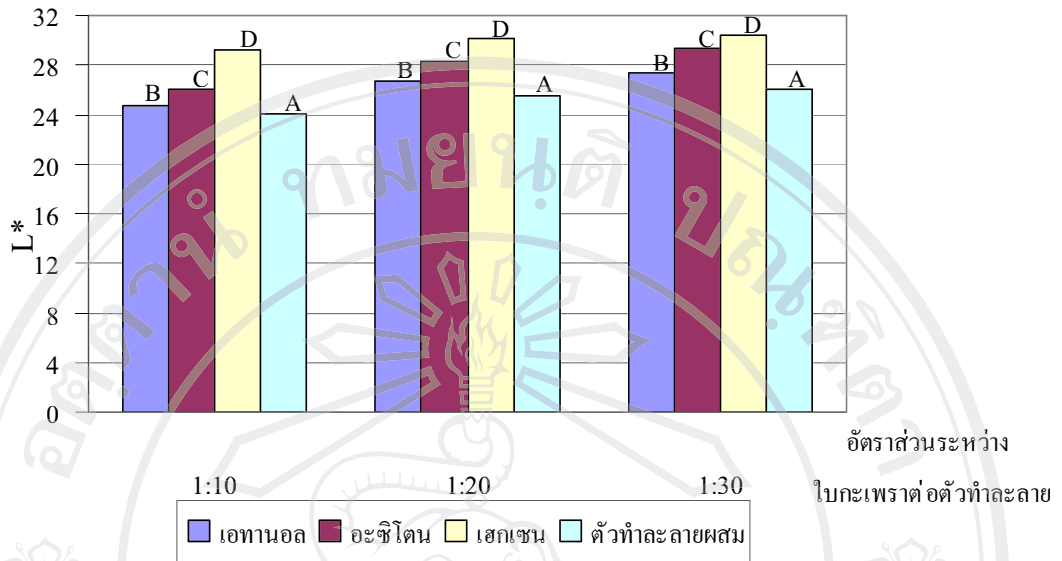
เมื่อนำสารสกัดที่ได้ไปวัดค่าสี L* พบว่าสารสกัดที่ได้จากการสกัดใบกะเพราสดด้วยเอทานอลและอะซิโตนโดยใช้อัตราส่วนระหว่างใบกะเพราต่อตัวทำละลายเท่ากับ 1:10 จะให้ค่าสี L* ซึ่งแสดงค่าความสว่างที่น้อยที่สุด แสดงว่าค่าความสว่างที่มีค่าน้อยเนื่องจากการมีรงควัตถุเป็นจำนวนมาก เช่น แคโรทีนอยด์ และคลอโรฟิลล์ (สมเดือน และ สุวิมล, 2538) ดังแสดงในภาพที่ 4.1

และสารสกัดที่ได้จากการสกัดใบกะเพราแห้งด้วยเอทานอลและตัวทำละลายผสมระหว่างเฮกเซนและอะซิโตน(9:1) ในอัตราส่วน 1:10 จะให้ค่าสี L^* ที่น้อยที่สุด ดังแสดงในภาพที่ 4.2



หมายเหตุ: ตัวอักษรที่แตกต่างกัน (A, B, C, D) ในอัตราส่วนเดียวกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

ภาพที่ 4.1 กราฟแสดงค่าสี L^* ของสารสกัดที่ได้จากใบกะเพราสด

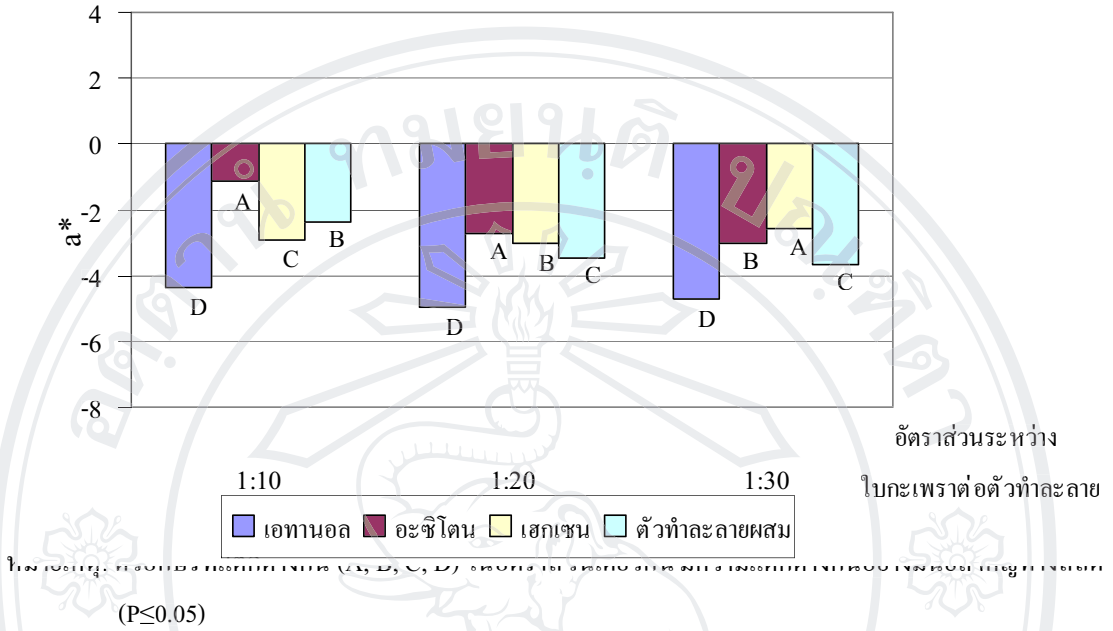


หมายเหตุ: ตัวอักษรที่แตกต่างกัน (A, B, C, D) ในอัตราส่วนเดียวกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

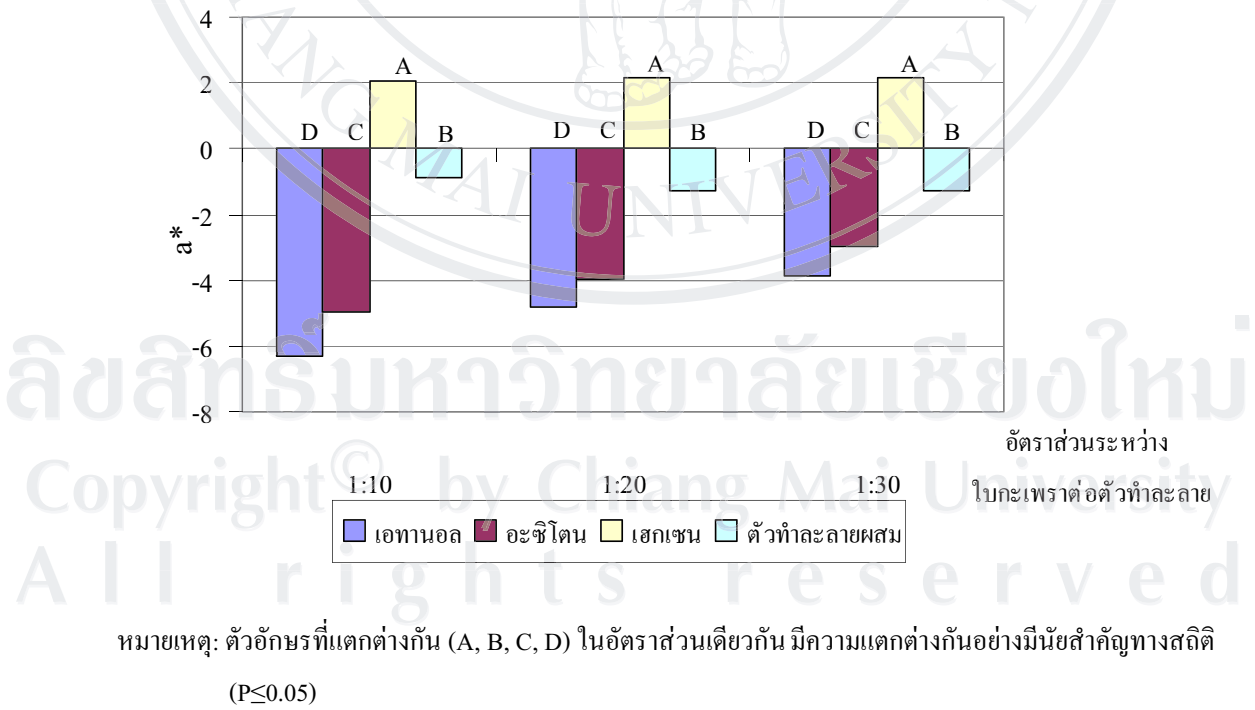
ภาพที่ 4.2 กราฟแสดงค่าสี L^* ของสารสกัดที่ได้จากใบกะเพราแห้ง

เมื่อพิจารณาค่าสี a^* พบว่า ชนิดของตัวทำละลายและอัตราส่วนระหว่างใบกะเพราต่อตัวทำละลายมีผลต่อค่าสี a^* ของสารสกัดที่ได้ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) โดยสารสกัดที่ได้จากใบกะเพราสดและแห้งจะมีค่าสี a^* เป็นลบ ยกเว้นสารสกัดที่ได้จากการสกัดใบกะเพราสดด้วยเฮกเซน ดังแสดงในภาพที่ 4.3 เนื่องจากเฮกเซนเป็นตัวทำละลายที่มีขั้วต่ำที่สุดจึงสามารถสกัดแคโรทีนอยด์ซึ่งเป็นสารประกอบไม่มีขั้วออกมาจากใบกะเพราสดได้มากที่สุด จึงทำให้ค่าสี a^* ที่แสดงถึงสีแดงมีค่ามาก ส่วนค่าสี a^* ที่ติดลบนั้นแสดงถึงความเป็นสีเขียวของสารสกัด มาจากคลอโรฟิลล์ซึ่งเป็นรงควัตถุสีเขียว เนื่องจากตัวทำละลายที่ใช้ในการสกัดนั้นสามารถสกัดรงควัตถุออกมาได้หลายชนิด เช่น คลอโรฟิลล์ และฟลาโวนอยด์ ทำให้สารสกัดที่ได้มีสีเขียว (สุทิน, 2530)

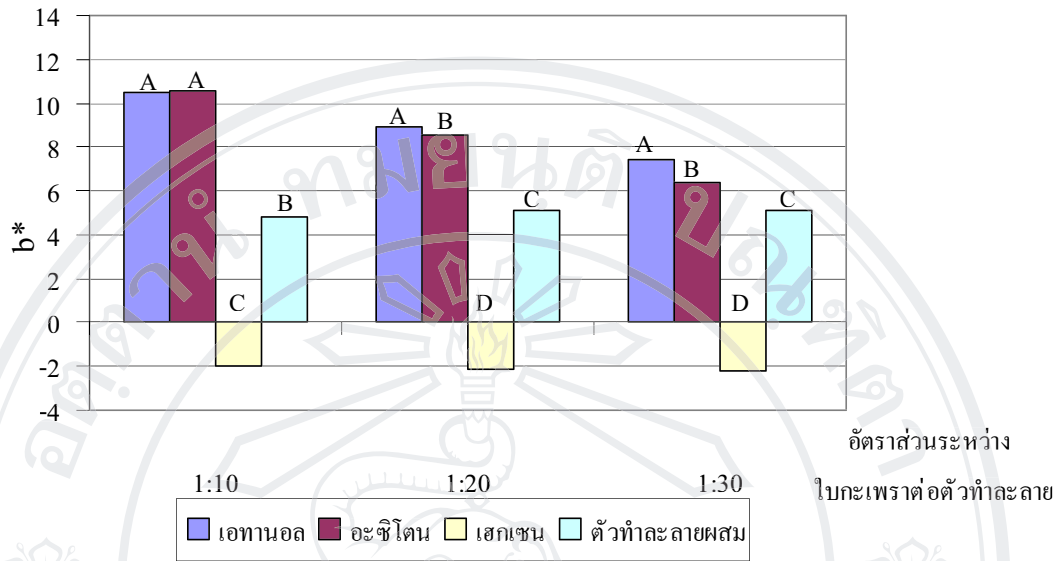
เมื่อพิจารณาค่าสี b^* พบว่า ชนิดของตัวทำละลายและอัตราส่วนระหว่างใบกะเพราต่อตัวทำละลายมีผลต่อค่าสี b^* ของสารสกัดที่ได้ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) โดยสารที่ได้จากการสกัดใบกะเพราสดด้วยเอทานอลและอะซิโตนจะให้ค่าสี b^* ที่มากที่สุดดังภาพที่ 4.5 ซึ่งค่าสี b^* แสดงให้เห็นว่าสารสกัดที่ได้มีสีเหลืองซึ่งได้จากแคโรทีนอยด์ที่สามารถสกัดออกมาได้



ภาพที่ 4.3 กราฟแสดงค่าสี a* ของสารสกัดที่ได้จากโบกะเพราสด

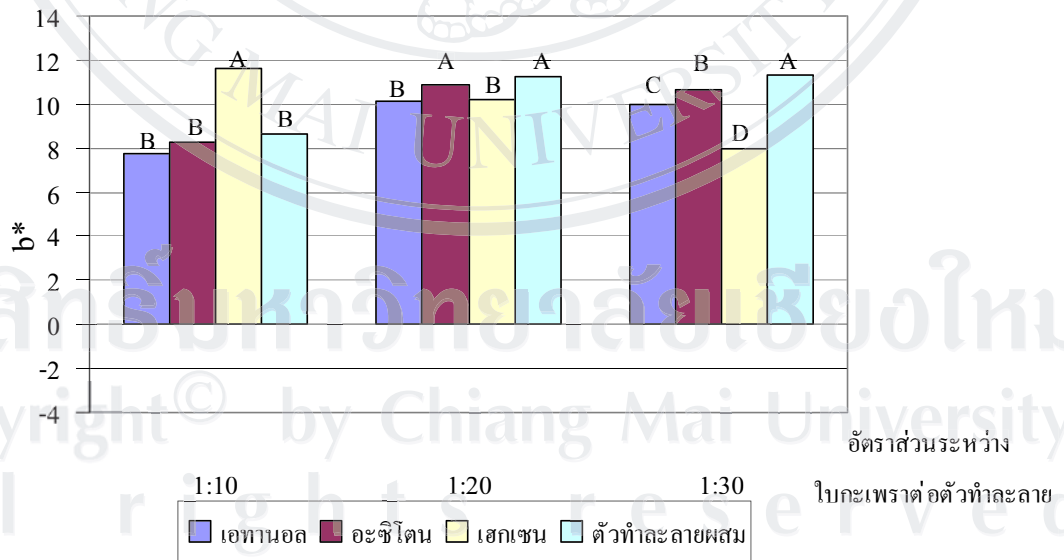


ภาพที่ 4.4 กราฟแสดงค่าสี a* ของสารสกัดที่ได้จากโบกะเพราแห้ง



หมายเหตุ: ตัวอักษรที่แตกต่างกัน (A, B, C, D) ในอัตราส่วนเดียวกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

ภาพที่ 4.5 กราฟแสดงค่าสี b^* ของสารสกัดที่ได้จากใบกะเพราสด



หมายเหตุ: ตัวอักษรที่แตกต่างกัน (A, B, C, D) ในอัตราส่วนเดียวกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

ภาพที่ 4.6 กราฟแสดงค่าสี b^* ของสารสกัดที่ได้จากใบกะเพราแห้ง

การใช้ตัวทำละลายที่แตกต่างกันในการสกัดปริมาณแคโรทีนอยด์ในใบกะเพราสด พบว่าตัวทำละลายมีผลต่อร้อยละของสารสกัดที่ได้ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) ดังตารางที่ 4.3 และอัตราส่วนระหว่างใบกะเพราสดต่อตัวทำละลายก็มีผลต่อร้อยละของสารสกัดที่ได้ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) โดยการสกัดใบกะเพราสดด้วยเอทานอลด้วยอัตราส่วน 1:20 จะให้ปริมาณแคโรทีนอยด์สูงสุดที่สุด คือ 9.98 ± 0.11 มิลลิกรัม/100 กรัม ใบกะเพราสด ซึ่งปริมาณแคโรทีนอยด์ที่สามารถสกัดได้จากใบกะเพรานั้น พบว่ามีปริมาณมากกว่าใบตำลึงสดที่มีการใช้เมทานอลเป็นตัวทำละลาย ซึ่งมีปริมาณแคโรทีนอยด์ 3.366 ± 1.486 มิลลิกรัม/100 กรัม (ลลิตา, 2550)

ตารางที่ 4.3 ปริมาณแคโรทีนอยด์ (มิลลิกรัม/100 กรัมใบกะเพราสด) ที่ได้จากการสกัดปริมาณแคโรทีนอยด์ในใบกะเพราสด

ตัวทำละลาย	อัตราส่วนระหว่างใบกะเพราต่อตัวทำละลาย			ค่า P
	1:10	1:20	1:30	
เอทานอล	7.79 ± 0.08 cB*	9.98 ± 0.11 aA	9.13 ± 0.35 bA	< 0.001
อะซิโตน	8.65 ± 0.03 aA	7.47 ± 0.17 bB	6.04 ± 0.54 cC	< 0.001
เฮกเซน	0.05 ± 0.00 bD	0.07 ± 0.00 abD	0.09 ± 0.02 aD	0.007
ตัวทำละลายผสม	1.42 ± 0.19 cC	4.40 ± 0.14 bC	7.38 ± 0.29 aB	< 0.001
ค่า P	< 0.001	< 0.001	< 0.001	

* ค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานจากการทดลอง 3 ซ้ำ

ค่าเฉลี่ยในแนวนอนที่มีตัวอักษรต่างกัน (a, b, c, d) มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งที่มีตัวอักษรต่างกัน (A, B, C, D) มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

ปริมาณแคโรทีนอยด์ที่ได้จากการสกัดใบกะเพราแห้ง แสดงดังตารางที่ 4.4 พบว่า ตัวทำละลายและอัตราส่วนระหว่างใบกะเพราแห้งต่อตัวทำละลายมีผลต่อปริมาณแคโรทีนอยด์ของสารสกัดที่ได้ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) โดยการใช้อะซิโตนในอัตราส่วน 1:20 และ 1:30 และการใช้เฮกเซนผสมอะซิโตน (9:1) ในอัตราส่วนของใบกะเพราต่อตัวทำละลายเท่ากับ 1:20 สามารถสกัดแคโรทีนอยด์ออกมาได้มากที่สุด ในขณะที่อะซิโตนสามารถสกัดแคโรทีนอยด์ออกมาได้มากกว่าเอทานอล เนื่องจากอะซิโตนมีโพลาริตีต่ำกว่าจึงสามารถละลายรวมกับแคโรทีนอยด์ได้ดีกว่าเพราะแคโรทีนอยด์เป็นสารประกอบที่มีโพลาริตีค่อนข้างต่ำ (สมเดื่อน และ สุวิมล, 2538)

ตารางที่ 4.4 ปริมาณแคโรทีนอยด์ (มิลลิกรัม/100 กรัมใบกะเพราแห้ง) ที่ได้จากการสกัดปริมาณแคโรทีนอยด์ในใบกะเพราแห้ง

ตัวทำละลาย	อัตราส่วนระหว่างใบกะเพราต่อตัวทำละลาย			ค่า P
	1:10	1:20	1:30	
เอทานอล	13.81 ± 1.69bC*	21.36 ± 0.59aB	24.15 ± 1.76aC	< 0.001
อะซิโตน	24.83 ± 1.74bA	32.13 ± 1.18aA	35.16 ± 1.01aA	< 0.001
เฮกเซน	8.17 ± 0.20bD	12.12 ± 1.58aC	13.81 ± 0.11aD	0.001
ตัวทำละลายผสม	18.83 ± 0.84bB	30.42 ± 1.72aA	31.75 ± 0.13aB	< 0.001
ค่า P	< 0.001	< 0.001	0.002	

* ค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานจากการทดลอง 3 ซ้ำ

ค่าเฉลี่ยในแนวนอนที่มีตัวอักษรต่างกัน (a, b, c, d) มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งที่มีตัวอักษรต่างกัน (A, B, C, D) มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

เมื่อเปรียบเทียบตัวทำละลายที่ใช้ในการสกัดแล้วพบว่า เอทานอลเป็นตัวทำละลายที่มีร้อยละของสารสกัดที่ได้มากที่สุด ปริมาณแคโรทีนอยด์ที่ได้จากการสกัดสูง และยังปลอดภัยต่อการนำไปใช้ต่อมากที่สุด และเมื่อพิจารณาอัตราส่วนระหว่างใบกะเพราต่อตัวทำละลาย พบว่าที่อัตราส่วนสูงๆ มีแนวโน้มในการสกัดแคโรทีนอยด์ได้มาก โดยเฉพาะที่อัตราส่วน 1:20 และ 1:30 แต่การใช้ตัวทำละลายในอัตราส่วน 1:30 เป็นการใช้ตัวทำละลายที่มากเกินไปทำให้ใช้เวลานานในการกรองและการระเหยตัวทำละลาย ซึ่งโอกาสที่แคโรทีนอยด์จะสัมผัสกับแสงและอากาศมีมาก จึงเกิดการสูญเสียแคโรทีนอยด์และยังสิ้นเปลืองตัวทำละลายอีกด้วย (สมเดือน และ สุวิมล, 2538) ดังนั้นจึงเลือกใช้อีทานอลเป็นตัวทำละลาย และใช้อัตราส่วน 1:20 เพื่อสกัดแคโรทีนอยด์จากใบกะเพราแห้ง

4.2 การศึกษาผลของความเข้มข้นของสารละลายเอทานอลในการสกัดปริมาณแคโรทีนอยด์ของใบกะเพราแห้ง

เมื่อนำสารสกัดที่ได้จากการสกัดใบกะเพราอบแห้งด้วยเอทานอลที่ความเข้มข้นต่างๆ ไปวัดค่าสี $L^* a^* b^*$ ร้อยละของสารที่สกัดได้ และปริมาณแคโรทีนอยด์ จากผลการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติพบว่าความเข้มข้นของเอทานอลที่ระดับต่างๆ ให้ค่าสี a^* ร้อยละของสารที่สกัดได้ และ

ปริมาณแคโรทีนอยด์ที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) ดังแสดงในตารางที่ 4.5 เมื่อพิจารณาค่าสี a^* จะพบว่าการใช้สารละลายเอทานอลความเข้มข้น 75% จะให้ค่าสี a^* ที่มากที่สุด โดยค่าสี a^* ที่มีค่าเพิ่มไปทางบวกจะแสดงให้เห็นว่ามีค่าสีแดงที่เพิ่มขึ้น ซึ่งค่าสีแดงที่เพิ่มขึ้นนี้อาจจะมาจากรงควัตถุสีแดงชนิดอื่นร่วมด้วย แม้ว่าแคโรทีนอยด์จะให้สีแดง-ส้ม แต่ในการวิเคราะห์นั้นเป็นการหาปริมาณแคโรทีนอยด์โดยเทียบกับกราฟมาตรฐานของเบต้าแคโรทีน ซึ่งเป็นอนุพันธ์หนึ่งของแคโรทีนอยด์ ทำให้ค่าสี a^* ที่ได้ อาจมาจากอนุพันธ์ของแคโรทีนอยด์ชนิดอื่นที่ไม่ใช่เบต้าแคโรทีน เช่น แกมมาแคโรทีน (γ -carotene) เบต้าคริปโตแซนธิน (β -cryptoxanthin) ทำให้ค่าสี a^* ไม่สอดคล้องกับปริมาณแคโรทีนอยด์ที่วัดได้ (Rodriguez-Amaya, 2001)

ตารางที่ 4.5 ค่าสี ร้อยละของสารสกัดที่ได้ และปริมาณแคโรทีนอยด์ที่ได้จากการสกัดใบกะเพราแห้งด้วยเอทานอล

ความเข้มข้นของเอทานอล	ค่าสี L^*	ค่าสี a^*	ค่าสี b^*	ร้อยละของสารสกัดที่ได้ (%)	ปริมาณแคโรทีนอยด์ (มิลลิกรัม/100 กรัมใบแห้ง)
100%	28.30 \pm 0.16	-3.38 \pm 0.05B	10.16 \pm 0.02	2.07 \pm 0.18C	27.34 \pm 1.89A
95%	28.05 \pm 0.36	-3.33 \pm 0.17B	10.26 \pm 0.11	3.65 \pm 0.60C	23.71 \pm 2.06A
85%	27.87 \pm 0.28	-3.31 \pm 0.08B	10.29 \pm 0.17	9.22 \pm 0.34B	21.38 \pm 0.25B
75%	27.93 \pm 0.03	-2.81 \pm 0.25A	10.37 \pm 0.11	12.59 \pm 0.10A	15.01 \pm 3.16B
P	0.221	0.007	0.260	< 0.001	0.011

* ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งที่มีตัวอักษรต่างกัน (A, B, C, D) มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

ค่าเฉลี่ย \pm ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานจากการทดลอง 3 ซ้ำ

เมื่อเพิ่มความเข้มข้นของสารละลายเอทานอลที่ใช้ในการสกัด พบว่าปริมาณสารสกัดที่ได้ นั้นมีค่าลดลง โดยการใช้สารละลายเอทานอลเข้มข้น 75% ทำให้ร้อยละของสารสกัดที่ได้มีค่ามากที่สุด คือ 12.59 \pm 0.10% ซึ่งปริมาณสารที่สกัดออกมาได้อาจจะไม่ใช้แคโรทีนอยด์เพียงอย่างเดียว อาจประกอบไปด้วยคลอโรฟิลล์ เนื่องจากสารละลายเอทานอลสามารถสกัดคลอโรฟิลล์ออกมาได้ด้วย (สุทิน, 2530) และเมื่อพิจารณาปริมาณแคโรทีนอยด์ที่ได้จากการสกัดด้วยสารละลายเอทานอลที่ความเข้มข้นต่างๆกัน พบว่า การใช้สารละลายเอทานอลเข้มข้นร้อยละ 95 และ 100% (Abs) จะให้ปริมาณแคโรทีนอยด์มากที่สุด คือ 23.71 \pm 2.06 และ 27.34 \pm 1.89 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมใบกะเพราแห้ง ตามลำดับ เนื่องจากแคโรทีนอยด์เป็นรงควัตถุที่เป็น

สารประกอบพวกไลโปฟิลิก (lypophilic) ซึ่งจะไม่สามารถละลายได้ในน้ำ แต่สามารถละลายได้ในตัวทำละลายอินทรีย์ ดังนั้นเมื่อใช้เอทานอลที่มีความเข้มข้นสูงขึ้นก็จะมีประสิทธิภาพในการสกัดแคโรทีนอยด์ออกมาได้สูงขึ้น (ทรงศิริ และคณะ, 2551)

4.3 การศึกษาวัสดุที่ใช้ในการเก็บกักแคโรทีนอยด์

หลังจากได้สกัดแคโรทีนอยด์จากใบกะเพรา สารสกัดที่ได้เมื่อทำการระเหยตัวทำละลายออกจนหมด จะมีน้ำมันหอมระเหยกะเพราปนอยู่เนื่องจากการสกัดด้วยตัวทำละลาย ทำให้น้ำมันหอมระเหยสามารถละลายออกมาได้ด้วย โดยกะเพรมีน้ำมันหอมระเหยประมาณร้อยละ 1.22 โดยวิธีการกลั่นและสกัดพร้อมกัน (ณัฐมา และอารยา, 2548) ทำให้ไม่สามารถนำไปใช้กับผลิตภัณฑ์ที่มีน้ำเป็นส่วนประกอบหลักได้ จึงจำเป็นต้องเปลี่ยนให้อยู่ในรูปอิมัลชัน โดยใช้โพรพิลีนไกลคอลเป็นอิมัลซิฟายเออร์ เพื่อให้แคโรทีนอยด์สามารถกระจายตัวในน้ำได้ (Thanasukarn *et al.*, 2006) และเพื่อคงประสิทธิภาพของสารสกัดแคโรทีนอยด์จึงนำไปทำแห้งแบบแช่เยือกแข็งซึ่งจะได้สารเก็บกักแคโรทีนอยด์จากใบกะเพรา ทำการศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมของวัสดุที่ใช้ในการเก็บกัก 3 ชนิด ได้แก่ มอลโทเดกซ์ทริน (DE 10) กัมอะราบิก และเจลาติน วิเคราะห์คุณภาพต่างๆ ของสารเก็บกักแคโรทีนอยด์ที่ได้แสดงผลดังตารางที่ 4.6 และ 4.7 จากการวางแผนการทดลอง จะได้สิ่งทดลองทั้งหมด 12 สิ่งทดลอง ซึ่งมีจุดซ้ำ 2 จุด แต่เมื่อทำการทดลองจะพบว่าสิ่งทดลองที่ได้เหลือเพียง 8 สิ่งทดลอง เนื่องจากสิ่งทดลองที่ 3, 4, 9 และ 10 เมื่อผ่านกระบวนการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีลักษณะเป็นของแข็งที่ยืดหยุ่นได้ อาจเนื่องมาจากเป็นสิ่งทดลองที่ 3, 4, 9 และ 10 มีอัตราส่วนของเจลาตินมากกว่าสิ่งทดลองอื่น ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีความยืดหยุ่น ทำให้ไม่สามารถบดเป็นผงได้ จึงเหลือสิ่งทดลองเพียง 8 สิ่งทดลองที่สามารถวัดค่าได้ นำผลการวิเคราะห์คุณภาพต่างๆ ของทั้ง 8 สิ่งทดลองไปวิเคราะห์ด้วยวิธี Response surface methodology (RSM) ได้กราฟ contour plot แสดงในภาพที่ 4.7 และ 4.8

ตารางที่ 4.6 ค่าทางกายภาพของสารเก็บกักแคโรทีนอยด์จากใบกะเพราทั้ง 12 สิ่งทดลอง

สิ่งทดลอง	ค่าสี			ค่าวอเตอร์แอกติวิตี (a _w)	ความชื้น (%)
	ค่าสี L*	ค่าสี a*	ค่าสี b*		
1	70.96 ± 0.49	-2.38 ± 0.02	15.68 ± 0.32	0.087 ± 0.002	8.95 ± 0.02
2	73.37 ± 0.22	-1.97 ± 0.03	22.82 ± 0.14	0.075 ± 0.001	8.76 ± 0.04
3	-	-	-	-	-
4	-	-	-	-	-
5	74.33 ± 0.09	-2.58 ± 0.02	21.55 ± 0.21	0.068 ± 0.001	8.17 ± 0.03
6	55.05 ± 0.31	-1.24 ± 0.07	19.80 ± 0.07	0.087 ± 0.001	11.82 ± 0.02
7	70.68 ± 0.22	-2.90 ± 0.02	20.50 ± 0.14	0.081 ± 0.004	10.66 ± 0.03
8	70.27 ± 0.14	-2.86 ± 0.01	20.87 ± 0.02	0.092 ± 0.010	10.26 ± 0.02
9	-	-	-	-	-
10	-	-	-	-	-
11	69.09 ± 0.17	-2.46 ± 0.06	21.13 ± 0.10	0.096 ± 0.001	10.65 ± 0.01
12	72.77 ± 0.23	-2.63 ± 0.01	19.87 ± 0.08	0.079 ± 0.012	10.30 ± 0.01

* ค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานต่างๆ วัดค่า 3 ซ้ำ

หมายเหตุ: สิ่งทดลองที่ 3, 4, 9 และ 10 ตัวอย่างไม่สามารถวิเคราะห์ได้

เมื่อพิจารณาค่าสี L* a* b* ซึ่งค่าสี L* คือค่าสว่าง ซึ่งมีช่วงระหว่าง 0-100 โดยค่า 0 หมายถึงสีดำ ค่า 50 หมายถึงสีเทา และค่า 100 แสดงถึงสีขาว ส่วนค่าสี a* คือสีแดง แสดงมิติของสีแดงถึงสีเขียว โดยหาก a* มีค่าเป็น - จะมีสีในทิศทางเป็นสีเทาถึงสีเขียว ค่าสี b* แสดงมิติของสีเหลืองถึงสีน้ำเงิน หาก b* มีค่าเป็น + จะมีสีในทิศทางสีเทาถึงสีเหลือง จากตารางที่ 4.6 พบว่าผลิตภัณฑ์สารเก็บกักแคโรทีนอยด์จากใบกะเพราทั้ง 8 สิ่งทดลองมีลักษณะเป็นผงสีขาวอมเขียว โดยมีค่าสี L* a* b* อยู่ในช่วง 55.05 - 74.33, -1.24 - -2.86 และ 15.68 - 22.82 ตามลำดับ ส่วนค่าวอเตอร์แอกติวิตี และความชื้นของสารเก็บกักแคโรทีนอยด์จากใบกะเพราทั้ง 8 สิ่งทดลองอยู่ในช่วง 0.068 - 0.096 และ ร้อยละ 8.17- 11.82 ตามลำดับ ซึ่งค่าที่ได้อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ที่ได้เป็นผลิตภัณฑ์ที่มีความชื้นต่ำ (Low moisture food, LMF) มีค่า a_w อยู่ในช่วง 0.01 - 0.65 เมื่อจำแนกประเภทของอาหารโดยใช้ค่าวอเตอร์แอกติวิตีเป็นเกณฑ์ (วสันต์, 2554) และปริมาณน้ำหรือความชื้นที่สามารถป้องกันการเสื่อมเสียของอาหารเนื่องจากจุลินทรีย์ได้โดยทั่วไปควรมีความชื้นเหลือในอาหารนั้นต่ำกว่าร้อยละ 10 (อารี และ ทศกฤษ, 2552)

ตารางที่ 4.7 ปริมาณแคโรทีนอยด์ที่พื้นผิว ปริมาณแคโรทีนอยด์ทั้งหมด และประสิทธิภาพของการเก็บกัก การเก็บกักของสารเก็บกักแคโรทีนอยด์จากใบกะเพราทั้ง 12 สิ่งทดลอง

สิ่งทดลอง	ปริมาณแคโรทีนอยด์ที่พื้นผิว (ไมโครกรัมต่อกรัม)	ปริมาณแคโรทีนอยด์ทั้งหมด (ไมโครกรัมต่อกรัม)	ประสิทธิภาพของการเก็บกัก (%)
1	2.517 ± 0.008	6.102 ± 0.027	58.75
2	0.229 ± 0.001	0.702 ± 0.002	67.30
3	-	-	-
4	-	-	-
5	1.072 ± 0.004	2.257 ± 0.006	52.48
6	1.948 ± 0.017	3.551 ± 0.013	45.16
7	2.489 ± 0.018	5.427 ± 0.040	54.14
8	1.647 ± 0.006	6.283 ± 0.024	73.78
9	-	-	-
10	-	-	-
11	1.177 ± 0.007	3.872 ± 0.006	69.60
12	1.087 ± 0.001	4.716 ± 0.006	76.96

* ค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานต่างๆ วัดค่า 3 ซ้ำ

หมายเหตุ: สิ่งทดลองที่ 3, 4, 9 และ 10 ตัวอย่างไม่สามารถวิเคราะห์ได้

จากตารางที่ 4.7 พบว่า สารเก็บกักแคโรทีนอยด์จากใบกะเพราทั้ง 8 สิ่งทดลอง มีปริมาณแคโรทีนอยด์ที่พื้นผิว ปริมาณแคโรทีนอยด์ทั้งหมด และประสิทธิภาพของการเก็บกัก อยู่ในช่วง 0.229 - 2.517 ไมโครกรัมต่อกรัม, 0.702 - 6.283 ไมโครกรัมต่อกรัม และร้อยละ 45.16 - 76.96 ตามลำดับ โดยการใช้นมอดโทเดคซ์ทรินในปริมาณมากกว่าร้อยละ 50 ทำให้ประสิทธิภาพของการเก็บกักของสารเก็บกักแคโรทีนอยด์จากใบกะเพราสูงกว่าร้อยละ 50 (สิ่งทดลองที่ 1, 5, 7, 8, 11 และ 12) แม้ว่าการใช้นมอดโทเดคซ์ทรินเพียงชนิดเดียวทำให้ปริมาณแคโรทีนอยด์ทั้งหมดและปริมาณแคโรทีนอยด์ที่พื้นผิวมีค่าสูงที่สุด แต่เมื่อพิจารณาประสิทธิภาพของการเก็บกักที่ได้ พบว่าการใช้นมอดโทเดคซ์ทรินเป็นวัสดุที่ใช้ในการเก็บกักแคโรทีนอยด์จากใบกะเพราเพียงชนิดเดียว (สิ่งทดลองที่ 1) ทำให้ประสิทธิภาพของการเก็บกักเท่ากับร้อยละ 58.75 ซึ่งค่าที่ได้มากกว่างานวิจัยของ Desobry *et al.* (1997) ที่มีการเก็บกักแคโรทีนอยด์โดยใช้มอดโทเดคซ์ทรินเป็นวัสดุที่ใช้ในการเก็บกัก มีประสิทธิภาพของการเก็บกัก เท่ากับร้อยละ 50 แต่ต่ำกว่าการใช่วัสดุหลายชนิด ดังจะเห็นได้

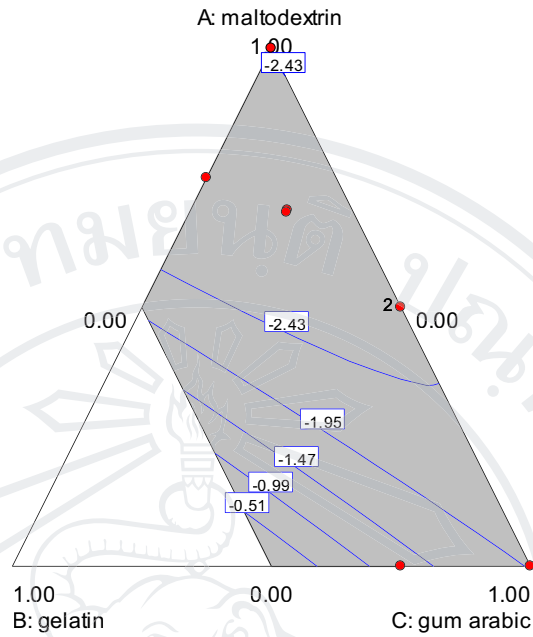
จากสิ่งทดลองที่ 8, 11 และ 12 ที่มีประสิทธิภาพของการเก็บกักเท่ากับร้อยละ 73.78, 69.60 และ 76.96 ตามลำดับ ซึ่งมากกว่าสิ่งทดลองที่ 1 ที่มีการใช้มอลโทเดกซ์ทรินเป็นวัสดุที่ใช้ในการเก็บกัก

เมื่อนำผลการทดลองทั้งหมดมาวิเคราะห์หาสมการ regression ซึ่งสมการดังกล่าวจะอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระ(ปริมาณมอลโทเดกซ์ทริน เจลาติน และกัมอะราบิก) และตัวแปรตาม (คุณภาพด้านต่างๆของผลิตภัณฑ์) ทำการเลือกตัวแปรอิสระเข้ามาในโครงสร้างของสมการ แล้วคัดเลือกเฉพาะตัวแปรอิสระที่มีผลต่อตัวแปรตามอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเท่านั้น ซึ่งตัวแปรอิสระที่ไม่มีผลต่อตัวแปรตามจะถูกตัดออกไป เพื่อให้ได้สมการที่มีนัยสำคัญทางสถิติ ที่สามารถอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระและตัวแปรตามได้อย่างถูกต้อง และมีค่า R^2_{Adj} สูง ซึ่งเป็นค่าที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระและตัวแปรตามที่ศึกษา โดยการที่ค่า R^2_{Adj} ยิ่งสูงจะหมายความว่าสมการนั้นสามารถทำนายผลการตอบสนองได้ดี (สุจินดา, 2548) สมการ regression ที่วิเคราะห์ได้แสดงในตารางที่ 4.8 จากสมการพบว่าสัดส่วนของมอลโทเดกซ์ทริน เจลาติน และกัมอะราบิก มีผลต่อค่า a^* และประสิทธิภาพของการเก็บกัก อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) และสมการ regression ที่ได้นี้มีค่า R^2_{Adj} เท่ากับ 94.29 และ 62.80 ตามลำดับ

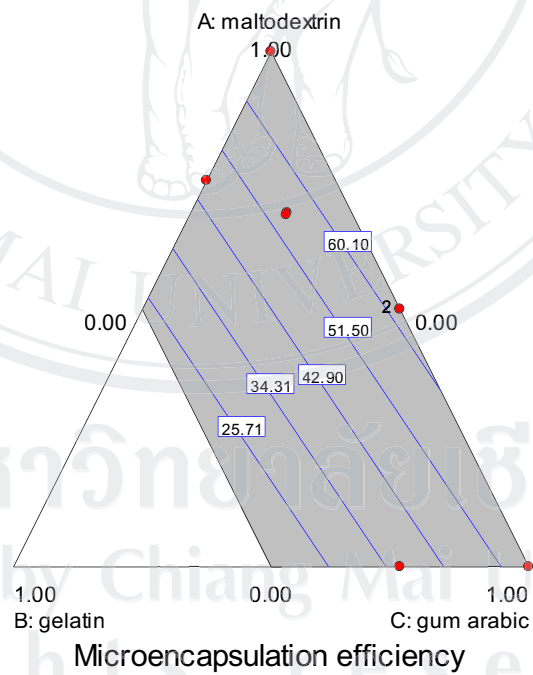
ตารางที่ 4.8 สมการถดถอยแสดงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระและค่าตอบสนองด้านต่างๆของสารเก็บกักแคโรทีนอยด์จากใบกะเพรา

	สมการถดถอย	Adjusted R^2	ระดับนัยสำคัญ (P)
a^*	$= -2.38(X1) + 3.85(X2) - 1.97(X3) - 11.06(X1)(X2) - 1.38(X1)(X3) - 3.86(X2)(X3)$	0.9429	0.0403
ประสิทธิภาพของการเก็บกัก	$= +68.69(X1) - 21.40(X2) + 55.63(X3)$	0.6280	0.0364

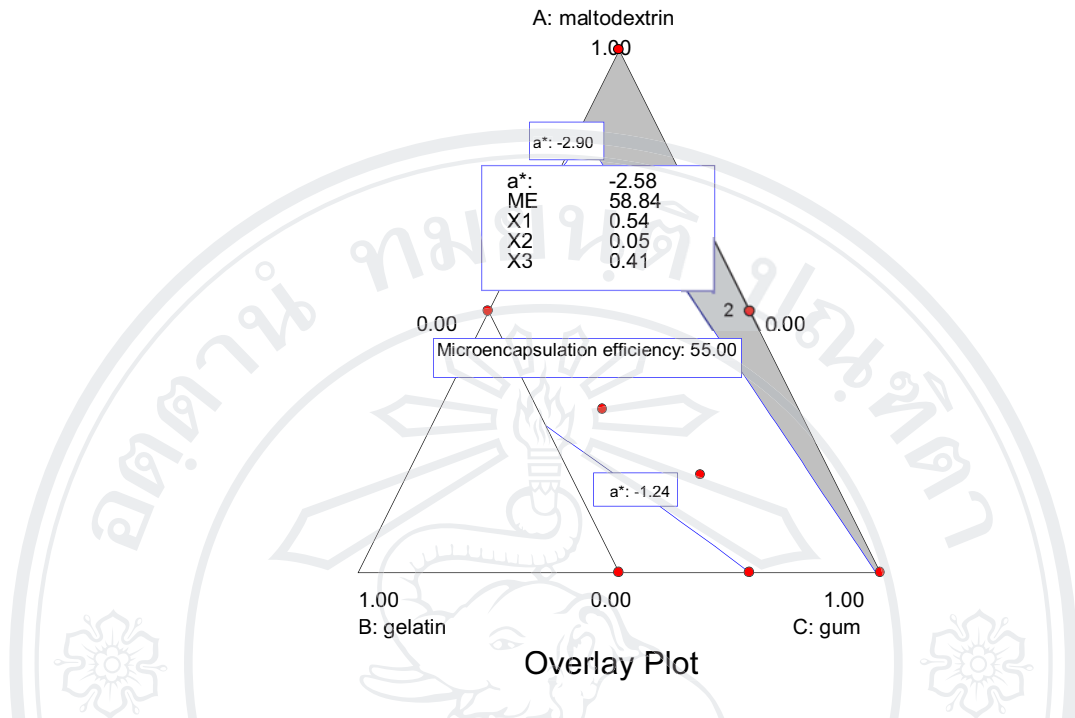
* $X1$ = มอลโทเดกซ์ทริน; $X2$ = เจลาติน; $X3$ = กัมอะราบิก



ภาพที่ 4.7 contour plot ของค่าสี a^* จากสารเก็บกักแคโรทีนอยด์จากสมการ regression ระหว่างอัตราส่วนของสารเก็บกัก 3 ชนิด



ภาพที่ 4.8 contour plot ของประสิทธิภาพของการเก็บกักจากสารเก็บกักแคโรทีนอยด์จากสมการ regression ระหว่างอัตราส่วนของสารเก็บกัก 3 ชนิด



ภาพที่ 4.9 ระดับของมอลโทเดกซ์ทริน เจลาติน และกัมอะราบิก (พื้นที่สีเข้ม) ในสารเก็บกักแคโรทีนอยด์ ที่ให้ค่า a^* มากที่สุด และประสิทธิภาพของสารเก็บกักมากกว่าร้อยละ 55

จากกราฟพื้นที่ตอบสนองของค่า a^* และประสิทธิภาพของการเก็บกักของสารเก็บกักแคโรทีนอยด์จากใบกะเพรา (ภาพที่ 4.7-4.8) เพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพเหมาะสมจึงกำหนดให้ค่าดังกล่าวข้างต้นมีค่าสูงสุด และเพิ่มข้อกำหนดเพื่อให้สารเก็บกักที่ได้มีค่าวอเตอร์แอกติวิตีต่ำ, ความชื้นต่ำ, ปริมาณแคโรทีนอยด์ที่พื้นผิวต่ำ และปริมาณแคโรทีนอยด์ทั้งหมดสูง เนื่องจากค่า a^* และประสิทธิภาพของการเก็บกักเพียง 2 ค่า ไม่สามารถใช้ในการทำนายอัตราส่วนที่เหมาะสมของวัสดุที่ใช้ในการเก็บกักได้ เมื่อทำนายอัตราส่วนที่เหมาะสมของวัสดุที่ใช้ในการเก็บกัก 3 ชนิดพบว่า อัตราส่วนที่เหมาะสมของวัสดุที่ใช้ในการเก็บกัก คือ มอลโทเดกซ์ทรินร้อยละ 54, เจลาตินร้อยละ 5 และกัมอะราบิกร้อยละ 41 ทำให้ค่า a^* และประสิทธิภาพของการเก็บกักเท่ากับ -2.58 และร้อยละ 58.84 ตามลำดับ ดังภาพที่ 4.9 แสดงช่วงที่เหมาะสม (บริเวณพื้นที่สีเข้ม) ของวัสดุที่ใช้ในการเก็บกักในการพัฒนาผลิตภัณฑ์สารเก็บกักแคโรทีนอยด์จากใบกะเพรา ซึ่งช่วงดังกล่าวทำให้ค่า a^* ต่ำ และประสิทธิภาพของการเก็บกักของสารเก็บกักแคโรทีนอยด์จากใบกะเพรามีค่าสูง

ตรวจสอบสมการ regression ในตารางที่ 4.8 ที่ใช้ในการทำนายสารเก็บกักแคโรทีนอยด์นั้น ได้ทำการสุ่มเลือก 1 สิ่งทดลอง คือ สิ่งทดลองที่มีอัตราส่วนของมอลโทเดกซ์ทรินร้อยละ 54, เจลาตินร้อยละ 5 และกัมอะราบิกร้อยละ 41 เพื่อใช้เป็นวัสดุที่ใช้ในการเก็บกัก ทำการทดลองและ

เปรียบเทียบค่าที่ได้จากการทำนายด้วยสมการ ผลการทดลองแสดงดังตารางที่ 4.9 พบว่าค่าที่ได้จากการทดลองมีความคลาดเคลื่อนเล็กน้อยจากการทำนาย โดยมีค่าความคลาดเคลื่อนอยู่ระหว่างร้อยละ 6.32 และ 10.64 Hu (1999) ได้เสนอแนะว่าความคลาดเคลื่อนของค่าที่ได้จากการทดลองและค่าที่ได้จากการทำนายจะต้องมีค่าแตกต่างกันน้อยกว่าร้อยละ 10 จึงเพียงพอต่อการทำนายของสมการ

ตารางที่ 4.9 ผลการเปรียบเทียบค่า a^* และประสิทธิภาพของการเก็บกักที่ได้จากการทำนายและจากการทดลอง และร้อยละความคลาดเคลื่อน

ค่าสังเกต	ค่าที่ได้จากการทำนาย*	ค่าที่ได้จากการทดลอง	ความคลาดเคลื่อน** (ร้อยละ)
ค่า a^*	-2.69	-2.53	6.32
ประสิทธิภาพของการเก็บกัก	58.84	53.18	10.64
ปริมาณแคโรทีนอยด์ทั้งหมด	-	2.984	-
ปริมาณแคโรทีนอยด์ที่พื้นผิว	-	1.397	-

* ค่าเฉลี่ย \pm ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานต่างๆ วัดค่า 3 ซ้ำ

** คำนวณร้อยละจากสูตร ร้อยละของความคลาดเคลื่อน = $[\text{ค่าจากการทดลอง} - \text{ค่าจากการทำนาย}] \times 100 / \text{ค่าจากการทดลอง}$

จากผลการศึกษาอัตราส่วนของวัสดุที่ใช้ในการเก็บกักแคโรทีนอยด์จากใบกะเพรา พบว่าช่วงของสูตรที่เหมาะสมที่สุด (optimiazation) คือมอลโทเดกซ์ทรินร้อยละ 0-85 เจลาตินร้อยละ 0-15 และกัมอะราบิก 0-100 จึงจะได้สารเก็บกักแคโรทีนอยด์จากใบกะเพราที่มีค่า a^* ต่ำ ประสิทธิภาพของการเก็บกักมากกว่าร้อยละ 55 โดยสูตรที่ให้ประสิทธิภาพการเก็บกักมากกว่าร้อยละ 55 ค่าวอเตอร์แอกติวิตีต่ำ ความชื้นต่ำ ปริมาณแคโรทีนอยด์ทั้งหมดสูง ปริมาณแคโรทีนอยด์ที่พื้นผิวต่ำ คือสูตรที่มีการใช้มอลโทเดกซ์ทรินร้อยละ 54 กัมอะราบิกร้อยละ 41 และเจลาติน ร้อยละ 5

การใช้มอลโทเดกซ์ทริน กัมอะราบิก และเจลาตินเพื่อใช้เป็นวัสดุที่ใช้ในการเก็บกักแคโรทีนอยด์ในปริมาณที่เหมาะสมทำให้ประสิทธิภาพของการเก็บกักมีค่าสูง ดังสิ่งทดลองที่ 8 และ 12 ที่มีประสิทธิภาพของการเก็บรักษาเท่ากับร้อยละ 73.78 และ 76.96 เนื่องจากเมื่อพิจารณาโครงสร้างของมอลโทเดกซ์ทรินและเจลาติน หลังจากละลายน้ำแล้วมีสมบัติที่ไม่มีขั้วมากกว่าโมเลกุลของแป้ง เนื่องจากตามโครงสร้างของเจลาตินเกิดจากสายยาวของโทรโปคอลลาเจนรวมตัว

กัน และประกอบด้วยกรดอะมิโนโพรลีนและไฮดรอกซีโพรลีนเป็นจำนวนมากตลอดความยาวของสาย (Boland *et al.*, 2004) เมื่อละลายน้ำจะหันด้านที่มีขั้วจับกับน้ำ และเหลือเฉพาะด้านที่ไม่มีขั้วมายึดจับกับแคโรทีนอยด์จากใบกะเพราที่มีสมบัติที่ไม่มีขั้ว และสำหรับมอลโทเดกซ์ทรินที่ประกอบด้วยกลูโคสที่มีหมู่ไฮดรอกซิลจึงมีสมบัติที่มีขั้ว แต่เมื่ออยู่ในน้ำจะเกิดการจัดเรียงตัวใหม่หันด้านที่มีขั้วมาจับกับน้ำให้ไปล้อมรอบ โมเลกุล แล้วจึงเหลือด้านที่ไม่มีขั้วมาจับกับโมเลกุลของแคโรทีนอยด์ที่ไม่มีขั้วเช่นเดียวกัน (Jouquand *et al.*, 2004) ด้วยเหตุนี้จึงทำให้มอลโทเดกซ์ทรินและเจลาตินมีความสามารถในการเก็บกักแคโรทีนอยด์ซึ่งมีสมบัติที่ไม่มีขั้ว แต่การใช้เจลาตินในปริมาณมากทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีความเข้มข้นสูง และทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้ไม่สามารถบดเป็นผงได้

4.4 การศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมระหว่างสารสกัดและวัสดุที่ใช้ในการเก็บกัก

เมื่อได้อัตราส่วนของวัสดุแต่ละชนิดที่เหมาะสมสำหรับการเก็บกักแคโรทีนอยด์แล้ว ทำการศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมระหว่างสารสกัดและวัสดุที่ใช้ในการเก็บกักโดยผันแปรปริมาณของแข็งที่ละลายได้ของวัสดุที่ใช้ 3 ระดับ (15, 20 และ 25 องศาบริกซ์) และความเข้มข้นของสารสกัด 3 ระดับ (ร้อยละ 16.67, 28.57 และ 37.50) ที่มีผลต่อคุณภาพทางกายภาพและเคมีของสารเก็บกักแคโรทีนอยด์จากใบกะเพรา ผลการทดลองแสดงดังตารางที่ 4.10 และ 4.11

จากตารางที่ 4.10 พบว่า ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ของวัสดุและความเข้มข้นของสารสกัดที่ใช้มีผลต่อค่าสี L^* , a^* , b^* และ ปริมาณความชื้นของสารเก็บกักแคโรทีนอยด์จากใบกะเพรา อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) เมื่อระดับของปริมาณของแข็งที่ละลายได้ของวัสดุสูงขึ้น ค่าสี L^* มีค่าเพิ่มขึ้น ส่วนเมื่อเพิ่มความเข้มข้นของสารสกัด ค่าสี a^* จะมีค่าติดลบ ทำให้สารเก็บกักแคโรทีนอยด์จากใบกะเพรา มีสีเขียวเข้มขึ้น ในทางตรงกันข้ามเมื่อระดับของปริมาณของแข็งที่ละลายได้ของวัสดุสูงขึ้น ปริมาณความชื้นของสารเก็บกักแคโรทีนอยด์จากใบกะเพราจะน้อยลง เนื่องจากการผสมสารสกัดเข้ากับสารห่อหุ้มจะมีการใช้น้ำในการผสมในปริมาณที่น้อยกว่า สารเก็บกักจึงดูดซึมน้ำได้น้อยลง และเมื่อผ่านกระบวนการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็งทำให้น้ำที่ไม่ถูกดูดซับระเหิดออกไปได้ จึงทำให้ปริมาณความชื้นลดลง

ตารางที่ 4.10 ค่าทางกายภาพของสารเก็บกักแคโรทีนอยด์จากใบกะเพรา

ปริมาณของแข็งที่ ละลายได้ (°Brix)	อัตราส่วนของสารสกัดต่อ สารละลายโพพรเพอีนไกลคอล (%)	ค่าดี L*	ค่าดี a*	ค่าดี b*	ค่าอเทอร์เอกติวิตี (a _v)	ความชื้น (%)
15	1:5 (16.67)	59.07 ± 0.74ab*	-1.66 ± 0.11b	21.34 ± 0.33a	0.046 ± 0.003	16.57 ± 0.14g
15	2:5 (28.57)	58.55 ± 0.36ab	-1.60 ± 0.04b	19.44 ± 0.31b	0.041 ± 0.007	12.68 ± 0.32f
15	3:5 (37.50)	57.49 ± 1.77a	-1.57 ± 0.13b	19.15 ± 0.81b	0.044 ± 0.005	11.26 ± 0.19e
20	1:5 (16.67)	64.76 ± 1.03d	-2.24 ± 0.07d	19.75 ± 0.84b	0.032 ± 0.005	10.23 ± 0.41d
20	2:5 (28.57)	61.65 ± 1.98c	-1.97 ± 0.11c	19.67 ± 0.43b	0.041 ± 0.002	9.73 ± 0.56d
20	3:5 (37.50)	60.49 ± 0.47bc	-1.60 ± 0.05b	18.81 ± 0.57bc	0.033 ± 0.004	8.65 ± 0.32c
25	1:5 (16.67)	70.66 ± 0.36e	-2.24 ± 0.05d	18.91 ± 0.70bc	0.009 ± 0.003	8.72 ± 0.02c
25	2:5 (28.57)	62.48 ± 1.61cd	-1.68 ± 0.03b	17.97 ± 0.10c	0.041 ± 0.003	6.93 ± 0.34b
25	3:5 (37.50)	59.08 ± 1.62ab	-1.25 ± 0.13a	16.32 ± 0.95d	0.037 ± 0.003	5.64 ± 0.34a

* ค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานต่าง ๆ วัดค่า 2 ซ้ำ

ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่ต่างกันในแต่ละแถวแสดงค่าเฉลี่ยที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

เมื่อพิจารณาปริมาณแคโรทีนอยด์ที่พื้นผิวของสารเก็บกักแคโรทีนอยด์จากใบกะเพราทั้ง 9 สิ่งทดลองดังตารางที่ 4.11 พบว่า ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ของวัสดุ และความเข้มข้นของสารสกัดที่ใช้มีผลต่อปริมาณแคโรทีนอยด์ที่พื้นผิวอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) เมื่อปริมาณของแข็งที่ละลายได้ในสารละลายวัสดุที่ใช้ในการเก็บกักเพิ่มขึ้น พบว่า ปริมาณแคโรทีนอยด์ที่พื้นผิวเพิ่มขึ้น โดยการใช้อัตราส่วนของสารสกัดต่อสารละลายโพรไพลีนไกลคอลเท่ากับ 1:5 เมื่อมีปริมาณของแข็งที่ละลายได้เท่ากับ 15 องศาบริกซ์ ทำให้มีปริมาณแคโรทีนอยด์ที่พื้นผิวเท่ากับ 2.15 ± 0.66 ไมโครกรัมต่อกรัม ซึ่งน้อยกว่าการใช้สารละลายห่อหุ้มที่มีปริมาณของแข็งที่ละลายได้เท่ากับ 20 และ 25 องศาบริกซ์ ที่มีปริมาณแคโรทีนอยด์ที่พื้นผิวเท่ากับ 10.49 ± 3.25 และ 6.52 ± 1.12 ไมโครกรัมต่อกรัม ตามลำดับ และเมื่ออัตราส่วนของสารสกัดต่อสารละลายโพรไพลีนไกลคอลเพิ่มขึ้น โดยที่ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ในวัสดุห่อหุ้มมีค่าเท่าเดิมส่งผลให้สารเก็บกักแคโรทีนอยด์จากใบกะเพราที่ได้มีปริมาณแคโรทีนอยด์ที่พื้นผิวเพิ่มขึ้น

ตารางที่ 4.11 ปริมาณแคโรทีนอยด์ที่พื้นผิวของสารเก็บกักแคโรทีนอยด์จากใบกะเพรา (ไมโครกรัมต่อกรัม)

ปริมาณของแข็ง ที่ละลายได้ (°Brix)	อัตราส่วนของสารสกัดต่อสารละลายโพรไพลีนไกลคอล (%)			ค่า P
	1:5 (16.67)	2:5 (28.57)	3:5 (37.50)	
15	$2.15 \pm 0.66aA^*$	$10.01 \pm 2.30aB$	$20.86 \pm 0.27bC$	<0.001
20	$10.49 \pm 3.25cA$	$16.61 \pm 0.70bB$	$23.25 \pm 1.78cC$	<0.001
25	$6.52 \pm 1.12bA$	$15.60 \pm 0.52bB$	$18.22 \pm 0.76aC$	<0.001
ค่า P	<0.001	<0.001	<0.001	

* ค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานจากการทดลอง 2 ซ้ำ

ค่าเฉลี่ยในแนวนอนที่มีตัวอักษรต่างกัน (a, b, c, d) มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งที่มีตัวอักษรต่างกัน (A, B, C, D) มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

เมื่อพิจารณาปริมาณแคโรทีนอยด์ทั้งหมดของสารเก็บกักแคโรทีนอยด์จากใบกะเพราทั้ง 9 สิ่งทดลองดังตารางที่ 4.12 พบว่า ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ของวัสดุ และความเข้มข้นของสารสกัดที่ใช้มีผลต่อปริมาณแคโรทีนอยด์ทั้งหมดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) เมื่อปริมาณของแข็งที่ละลายได้ในสารละลายวัสดุที่ใช้ในการเก็บกักเพิ่มขึ้น พบว่า ปริมาณแคโรทีนอยด์ทั้งหมดลดลงโดยการใช้อัตราส่วนของสารสกัดต่อสารละลายโพรไพลีนไกลคอลเท่ากับ 3:5 เมื่อมี

ปริมาณของแข็งที่ละลายได้เท่ากับ 15 องศาบริกซ์ ทำให้มีปริมาณแคโรทีนอยด์ทั้งหมดเท่ากับ 7.98 ± 0.77 ไมโครกรัมต่อกรัม ซึ่งน้อยกว่าการใช้สารละลายห่อหุ้มที่มีปริมาณของแข็งที่ละลายได้เท่ากับ 15 และ 20 องศาบริกซ์ แต่เมื่ออัตราส่วนของสารสกัดต่อสารละลายโพรไฟลีนไกลคอลลเพิ่มขึ้น โดยปริมาณของแข็งที่ละลายได้ในวัสดุห่อหุ้มมีค่าเท่าเดิมส่งผลให้สารเก็บกักแคโรทีนอยด์จากใบกะเพราที่ได้มีปริมาณแคโรทีนอยด์ทั้งหมดเพิ่มขึ้น เนื่องจากอนุภาคของสารสกัดที่ละลายอยู่ในโพรไฟลีนไกลคอลลมีความเข้มข้นของสารสกัดแคโรทีนอยด์จากใบกะเพราที่เพิ่มขึ้น เมื่อถูกอนุภาคของวัสดุห่อหุ้มไปจับ จึงทำให้สารเก็บกักแคโรทีนอยด์จากใบกะเพราที่ได้มีปริมาณแคโรทีนอยด์ทั้งหมดแปรผันตามความเข้มข้นของสารสกัดแคโรทีนอยด์ที่ละลายอยู่ในสารละลายโพรไฟลีนไกลคอลล ผลการทดลองที่ได้สอดคล้องกับ Junyaprasert *et al.* (2001) ที่ผันแปรความเข้มข้นของวิตามินเอปาล์มมิเตทที่ละลายในน้ำมันข้าวโพดเท่ากับร้อยละ 30, 40 และ 50 ทำให้ปริมาณวิตามินเอปาล์มมิเตทที่ถูกเก็บกักโดยใช้เจลาตินและกัมอะกาเซียเป็นวัสดุห่อหุ้ม มีปริมาณเพิ่มขึ้นตามความเข้มข้นของวิตามินเอปาล์มมิเตทที่ใช้

ตารางที่ 4.12 ปริมาณแคโรทีนอยด์ทั้งหมดของสารเก็บกักแคโรทีนอยด์จากใบกะเพรา (ไมโครกรัมต่อกรัม)

ปริมาณของแข็ง ที่ละลายได้ (°Brix)	อัตราส่วนของสารสกัดต่อสารละลายโพรไฟลีนไกลคอลล (%)			ค่า P
	1:5 (16.67)	2:5 (28.57)	3:5 (37.50)	
15	$8.55 \pm 0.22bC^*$	$22.56 \pm 2.21aB$	$35.20 \pm 1.45aA$	<0.001
20	$13.77 \pm 3.02aC$	$19.65 \pm 0.41bB$	$26.85 \pm 3.16bA$	<0.001
25	$7.98 \pm 0.77bC$	$18.11 \pm 0.73bB$	$20.60 \pm 0.33cA$	<0.001
ค่า P	<0.001	<0.001	<0.001	

* ค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานจากการทดลอง 2 ซ้ำ

ค่าเฉลี่ยในแนวนอนที่มีตัวอักษรต่างกัน (a, b, c, d) มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งที่มีตัวอักษรต่างกัน (A, B, C, D) มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

เมื่อพิจารณาประสิทธิภาพของการเก็บกักของสารเก็บกักแคโรทีนอยด์จากใบกะเพราทั้ง 9 สิ่งทดลองดังตารางที่ 4.13 พบว่า ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ของวัสดุ และความเข้มข้นของสารสกัดที่ใช้มีผลต่อประสิทธิภาพของการเก็บกักอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) เมื่อปริมาณของแข็งที่ละลายได้ในสารละลายวัสดุที่ใช้ในการเก็บกักเพิ่มขึ้น พบว่าประสิทธิภาพของการเก็บกักของสารเก็บกักแคโรทีนอยด์จากใบกะเพรามีค่าลดลง ดังเห็นได้จากการใช้อัตราส่วนของสารสกัด

ต่อสารละลายโพรไฟลีนไกลคอลเท่ากับ 1:5 ร่วมกับการควบคุมปริมาณของแข็งที่ละลายได้ในสารห่อหุ้มเท่ากับ 15, 20 และ 25 องศาบริกซ์ ซึ่งให้ประสิทธิภาพของการเก็บกักเท่ากับร้อยละ 74.68 ± 8.39 , 25.11 ± 7.21 และ 18.75 ± 6.35 ตามลำดับ ซึ่งผลการทดลองสอดคล้องกับ Junyaprasert *et al.* (2001) ที่มีการผลิตสารเก็บกักวิตามินเอปาล์มมิเตทโดยใช้เจลาตินและกัมอะกาเซียเป็นวัสดุห่อหุ้มพบว่า การเพิ่มปริมาณวัสดุที่ใช้ในการห่อหุ้มทำให้สามารถเก็บกักวิตามินเอปาล์มมิเตทได้ลดลง

ตารางที่ 4.13 ประสิทธิภาพของการเก็บกักของสารเก็บกักแคโรทีนอยด์จากใบกะเพรา (ร้อยละ)

ปริมาณของแข็ง ที่ละลายได้ (°Brix)	อัตราส่วนของสารสกัดต่อสารละลายโพรไฟลีนไกลคอล (%)			ค่า P
	1:5 (16.67)	2:5 (28.57)	3:5 (37.50)	
15	74.68 ± 8.39 aA*	56.09 ± 5.92 aB	40.63 ± 3.18 aC	<0.001
20	25.11 ± 7.21 bA	15.38 ± 5.32 bB	13.04 ± 4.47 bB	0.006
25	18.75 ± 6.35 b	13.65 ± 6.35 b	11.58 ± 2.27 b	0.089
ค่า P	<0.001	<0.001	<0.001	

* ค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานจากการทดลอง 2 ซ้ำ

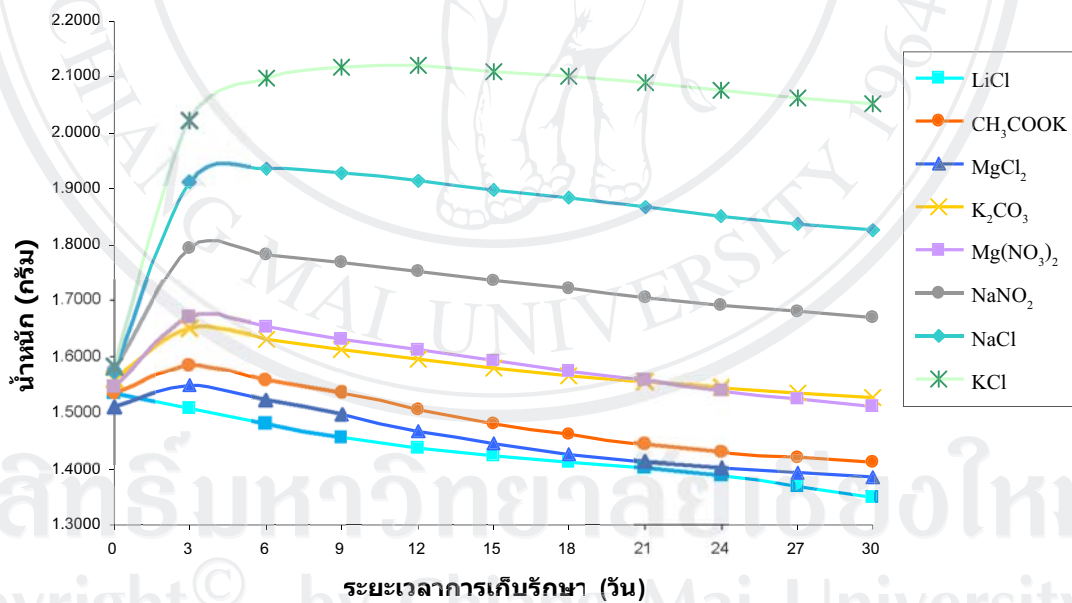
ค่าเฉลี่ยในแนวนอนที่มีตัวอักษรต่างกัน (a, b, c, d) มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งที่มีตัวอักษรต่างกัน (A, B, C, D) มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

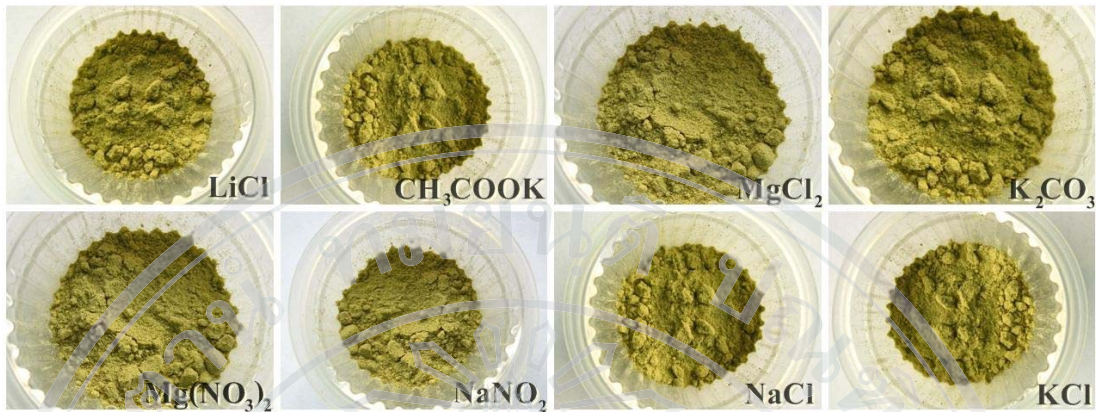
เพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์สารเก็บกักแคโรทีนอยด์จากใบกะเพราที่มีปริมาณแคโรทีนอยด์ทั้งหมดและประสิทธิภาพของการเก็บกักสูง ดังนั้นจึงเลือกอัตราส่วนที่เหมาะสมระหว่างสารสกัดและวัสดุที่ใช้ในการเก็บกักในสิ่งทดลองที่ 1 ซึ่งใช้ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ในวัสดุ 15 องศาบริกซ์ และความเข้มข้นของสารสกัดร้อยละ 16.67 เพราะทำให้ประสิทธิภาพของการเก็บกักแคโรทีนอยด์สูงที่สุด และใช้สารสกัดปริมาณน้อย ถึงแม้ว่าปริมาณแคโรทีนอยด์ที่ได้จะน้อย แต่ถ้าต้องการปริมาณแคโรทีนอยด์ในปริมาณที่มากขึ้นก็สามารถเพิ่มปริมาณการใช้สารเก็บกักได้

4.5 การศึกษาอายุการเก็บรักษาของสารเก็บกักแคโรทีนอยด์

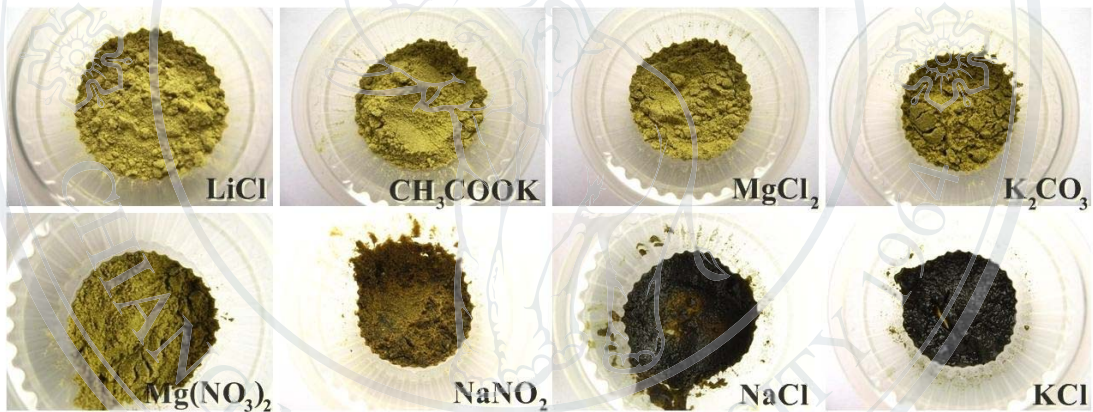
การทำนายอายุการเก็บรักษาโดยใช้ sorption isotherm เริ่มจากการนำตัวอย่าง (1.5 กรัม) เก็บไว้ในสภาวะปิดสนิทที่มีสารละลายเกลืออิ่มตัว โดยใช้สารละลายเกลือที่ใช้ได้แก่ LiCl, CH₃COOK, MgCl₂, K₂CO₃, Mg(NO₃)₂, NaNO₂, NaCl และ KCl ซึ่งทำให้ได้ค่าอวอเตอร์แอกติวิตีที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียสเป็น 0.113, 0.216, 0.324, 0.432, 0.514, 0.628, 0.751 และ 0.836 ตามลำดับ บันทึกความชื้นเริ่มต้นและทำการชั่งน้ำหนักตัวอย่างจนกระทั่งผู้บริโภคนิยมรับประทาน ตัวอย่าง พล็อตกราฟระหว่างน้ำหนักของตัวอย่างและระยะเวลาการเก็บรักษาของสารละลายเกลือทั้ง 8 ชนิด (ภาพที่ 4.13) จนครบ 30 วัน โดยวันที่ 30 ผู้บริโภคนิยมรับประทานตัวอย่างที่เก็บไว้ในสภาวะที่มีการใช้สารละลายเกลือ NaNO₂ ซึ่งมีค่าอวอเตอร์แอกติวิตีเป็น 0.628 ลักษณะทางกายภาพแสดงดังภาพ 4.14 และ 4.15



ภาพที่ 4.10 กราฟการดูความชื้นของสารละลายเกลือ 8 ชนิด



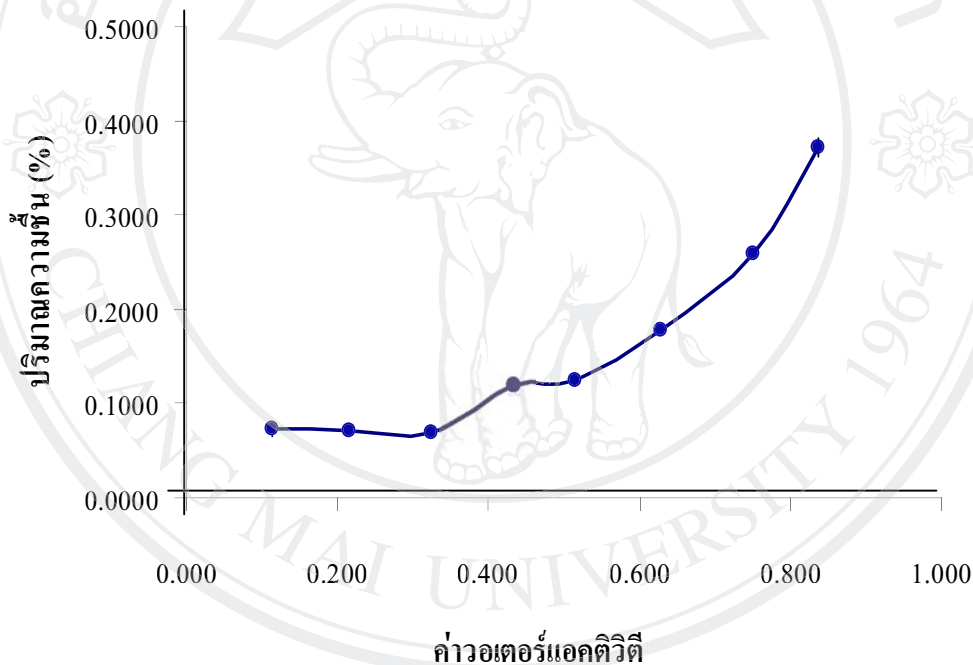
ภาพที่ 4.11 สารเก็บกักแคโรทีนอยด์จากใบกะเพราที่เก็บในสภาวะต่างๆกัน วันที่ 0



ภาพที่ 4.12 สารเก็บกักแคโรทีนอยด์จากใบกะเพราที่เก็บในสภาวะต่างๆกัน วันที่ 30

นำตัวอย่างที่เก็บไว้ในสภาวะที่มีการใช้สารละลายเกลือที่มีการดูดซับความชื้นจนอิ่มตัวนำตัวอย่างที่จุดสมดุลนี้ไปหาปริมาณความชื้นในตัวอย่างที่จุดสมดุล (Equilibrium moisture content: EMC) และค่าวอเตอร์แอกติวิตี นำมาพลอตกราฟระหว่างปริมาณความชื้นและค่าวอเตอร์แอกติวิตี จะได้กราฟ Sorption isotherm ดังภาพที่ 4.16 กราฟที่ได้จะมีลักษณะเป็นรูปโค้ง (sigmoidal curve) ประกอบด้วยเส้นกราฟ adsorption isotherm ที่ค่า a_w อยู่ในช่วง 0.514-0.836 และเส้นกราฟ desorption isotherm ที่ค่า a_w อยู่ในช่วง 0.113-0.514 ทั้งนี้ค่า a_w ระหว่าง 0.113 ถึง 0.514 กราฟจะมีความชันต่ำ แสดงว่าช่วงนี้อาหารดูดความชื้นได้ต่ำ จนที่ a_w มากกว่า 0.514 กราฟจะเริ่มมีความชันเพิ่มขึ้น แสดงถึงความสามารถในการดูดความชื้นของผลิตภัณฑ์สูงขึ้น ดังนั้นจึงควรเก็บสารเก็บกักแคโรทีนอยด์ที่ความชื้นสัมพัทธ์ต่ำกว่า 51.40% หรือทำให้ผลิตภัณฑ์มีค่า a_w ต่ำกว่า 0.514

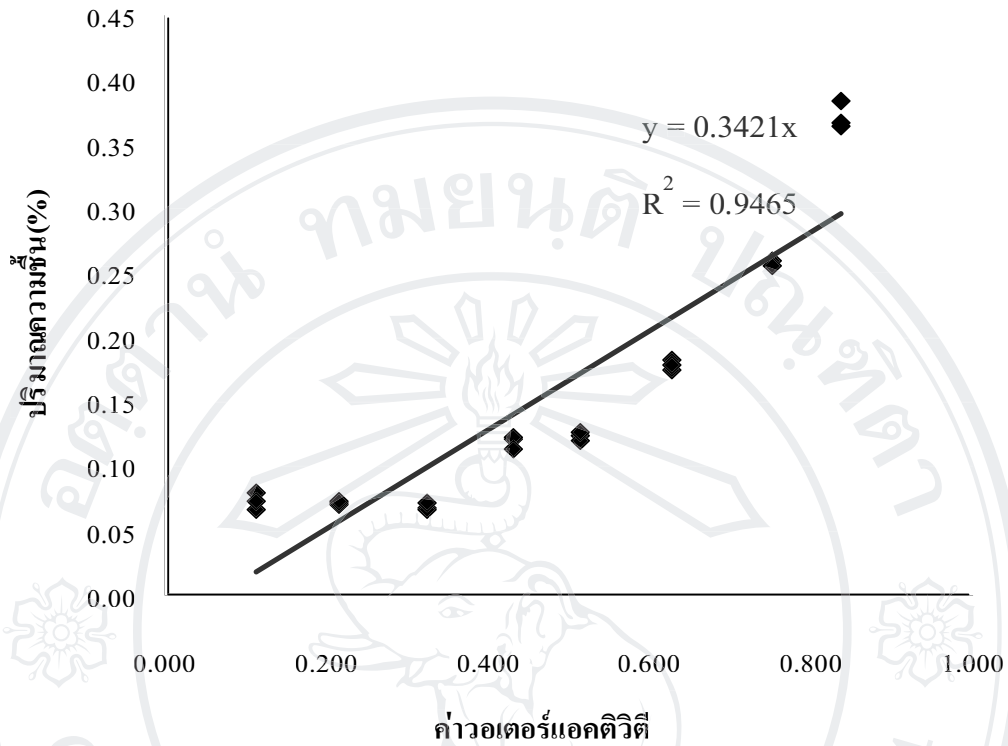
อย่างไรก็ตามเมื่อเปรียบเทียบกับการศึกษาที่ผ่านมาของ Goula *et al.* ในปี 2004 พบว่า แครโรทีนอยด์จากเนื้อมะเขือเทศที่ทำแห้งโดยใช้เครื่องอบแห้งแบบพ่นฝอย ได้กราฟ sorption isotherm ที่มีลักษณะเป็นรูปโค้ง คล้ายกับการทดลองนี้ แต่กราฟที่ได้จะดูความชื้นอย่างรวดเร็วที่ความชื้นสัมพัทธ์มากกว่า 60% เช่นเดียวกับ Ramoneda *et al.* (2011) ได้ทำการศึกษาศาสตร์เก็บกักเบต้าแคโรทีน โดยใช้หมอลโทเคซัทริน กัมอะราบิกและเจลาติน เป็นวัสดุห่อหุ้ม ใช้วิธีการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง พบว่ากราฟ sorption isotherm ที่ได้มีลักษณะเป็นรูปโค้ง และการดูความชื้นอย่างรวดเร็วที่ความชื้นสัมพัทธ์มากกว่า 75



ภาพที่ 4.13 Moisture sorption isotherm ของสารเก็บกักแคโรทีนอยด์จากใบกะเพรา ที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส

เมื่อนำปริมาณความชื้นและค่าวอเตอร์แอกติวิตีของสารเก็บกักแคโรทีนอยด์จากใบกะเพรา ที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส มาพลอตกราฟแสดงความสัมพันธ์ดังภาพที่ 4.17 พบว่าความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณความชื้นและค่าวอเตอร์แอกติวิตีเป็นสมการเส้นตรง $y = 0.3421x$ ค่า $R^2 = 0.9465$ ทดสอบสมการเส้นตรงที่ได้โดยการวิเคราะห์ linear regression

$$Y (\text{ปริมาณความชื้น}) = 0.3421X \quad (1)$$



ภาพที่ 4.14 สมการเส้นตรงแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณความชื้นและค่าวอเตอร์แอคทีวิตีของสารเก็บกักแคโรทีนอยด์จากใบกะเพรา ที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส

สมการที่ใช้ในการทำนายอายุการเก็บรักษาโดยใช้ sorption isotherm (2) เพื่อใช้ทำนายสารเก็บกักแคโรทีนอยด์ที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส และค่าวอเตอร์แอคทีวิตี 0.628

$$\theta_s = \frac{\ln \left[\frac{m_e - m_i}{m_e - m_c} \right]}{\frac{P}{x} \frac{A}{w_s} \frac{p_0}{b}} \quad (2)$$

ค่า $m_e, p_0, P/x$ สามารถคำนวณได้จากสมการ (1), (3) และ (4)

$$\ln p_0 = \frac{-5321.66}{T} + 21.03 \quad (3)$$

โดย T = อุณหภูมิสัมบูรณ์ (องศาเคลวิน, K)

$$(P/x) = \frac{WVTR}{p_0} \quad (4)$$

โดย WVTR = อัตราการซึมผ่านของไอน้ำ

A/W_s = อัตราส่วนพื้นที่ผิวของบรรจุภัณฑ์ต่อน้ำหนักอาหารแห้ง

ปริมาณความชื้นเริ่มต้นของสารเก็บกักแคโรทีนอยด์เท่ากับ 12.06 % และปริมาณความชื้นวิกฤตของสารเก็บกักแคโรทีนอยด์ ณ วันที่ 30 เท่ากับ 17.88 % ณ จุดที่มีการใช้สารละลายเกลือ NaNO_2

$$m_c = 0.3421(0.6280) = 0.2148$$

$$\ln p_0 = (-5321.66 / 35 + 273) + 21.03$$

$$p_0 = 42.52$$

$$p_0 \text{ ที่ } a_w 0.628 = 42.52 \cdot 0.6280 \\ = 26.70 \text{ mm.Hg}$$

จากสมการ (1) ค่าคงที่ของสมการเท่ากับ 0.3421 ทำให้ได้ค่าความชื้นสมดุลจากการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส และความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 62.80 เท่ากับ 0.2148 ค่าความดันไอของน้ำบริสุทธิ์ ณ อุณหภูมิการเก็บรักษา คำนวณจากสมการ (3) เท่ากับ 26.70 เมื่อใช้อะลูมิเนียมฟอล์ยเป็นบรรจุภัณฑ์ ซึ่งให้ค่า WVTR เท่ากับ 0.248 กรัมต่อตารางเมตรต่อวัน (water vapor permeation analyzer: Model 7000, Illinois Instruments, USA.) ค่าสัมประสิทธิ์การแพร่ผ่านสามารถหาได้จากสมการ (4) เท่ากับ 9.29×10^{-3} กรัมต่อตารางเมตรต่อวันต่อมิลลิเมตรปรอท คำนวณอายุการเก็บรักษาจากสมการ (2) โดยเป็นอายุการเก็บรักษาของสารเก็บกักแคโรทีนอยด์ที่เก็บในอุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส และความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 62.80 ที่บรรจุในถุงอะลูมิเนียมฟอล์ย

$$\theta_s = \frac{\ln \left[\frac{0.2148 - 0.1206}{0.2148 - 0.1788} \right]}{9.29 \times 10^{-3} \cdot 1.19 \times 10^{-4} \cdot \frac{26.70}{0.3421}}$$

$$= 1116.67 \text{ วัน}$$

$$= 3 \text{ ปี } 21 \text{ วัน } 16 \text{ ชั่วโมง } 5 \text{ นาที}$$

อายุการเก็บรักษาของสารเก็บกักแคโรทีนอยด์เมื่อถูกเก็บที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส และมีปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 62.80 ที่บรรจุในถุงอะลูมิเนียมพอลีที่มีค่าอัตราการซึมผ่านของไอน้ำเท่ากับ 5 กรัมต่อตารางเมตรต่อวัน จะมีอายุการเก็บรักษา 3 ปี 21 วัน 16 ชั่วโมง 5 นาที สำหรับการยืดอายุการเก็บรักษาสารเก็บกักแคโรทีนอยด์สามารถทำได้โดยการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำกว่า 35 องศาเซลเซียส และมีปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ต่ำกว่าร้อยละ 62.80 นอกจากนี้ยังสามารถเพิ่มอายุการเก็บรักษาได้โดยการเปลี่ยนชนิดของบรรจุภัณฑ์ให้มีค่าอัตราการซึมผ่านของไอน้ำที่ต่ำลง

4.6 การประยุกต์ใช้สารเก็บกักแคโรทีนอยด์จากใบกะเพราในผลิตภัณฑ์มันฝรั่งแผ่นทอดกรอบ

จากการทดลองใช้ประโยชน์สารเก็บกักแคโรทีนอยด์จากใบกะเพราในผลิตภัณฑ์มันฝรั่งแผ่นทอดกรอบ โดยใช้มันฝรั่งแผ่นทอดกรอบแผ่นหยักที่มีขายในท้องตลาด 2 ชนิด คือรสดั้งเดิม และรสกะเพรา แล้วนำผงสารเก็บกักแคโรทีนอยด์มาโรยบนแผ่นมันฝรั่งทอดกรอบ นำผลิตภัณฑ์ที่ได้วิเคราะห์คุณภาพทางด้านประสาทสัมผัส ภายนอกและเคมี แสดงผลดังตารางที่ 4.12 ถึง 4.15

4.6.1 การประยุกต์ใช้สารเก็บกักแคโรทีนอยด์ในมันฝรั่งแผ่นทอดกรอบรสดั้งเดิม

สารเก็บกักแคโรทีนอยด์จากใบกะเพราที่ได้ นำมาประยุกต์ใช้ในมันฝรั่งแผ่นทอดกรอบรสดั้งเดิม ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ ซึ่งทำการทดสอบกับผู้บริโภคจำนวน 50 คน โดยใช้วิธีการให้คะแนนความชอบ 1 ถึง 9 (9-point hedonic scale) แสดงดังตารางที่ 4.14 และผลการวิเคราะห์ทางด้านกายภาพและเคมีของมันฝรั่งแผ่นทอดกรอบที่มีการเติมสารเก็บกักแคโรทีนอยด์จากใบกะเพราแสดงดังตารางที่ 4.15

ตารางที่ 4.14 ผลการวิเคราะห์ทางด้านประสาทสัมผัสของสารเก็บกักแคโรทีนอยด์จากใบกะเพรา
เมื่อประยุกต์ใช้ในผลิตภัณฑ์มันฝรั่งแผ่นทอดกรอบรสดั้งเดิม

สิ่งทดลอง	ความชอบโดยรวม	สี	กลิ่นรส
A	6.8 ± 0.8a [*]	7.0 ± 1.1a	6.7 ± 0.9a
B	6.0 ± 1.2b	6.7 ± 0.6ab	5.7 ± 1.2b
C	5.1 ± 1.7c	6.6 ± 0.7ab	5.1 ± 1.8bc
D	5.0 ± 1.1c	6.2 ± 0.7bc	4.8 ± 1.1c
E	3.7 ± 1.1d	5.8 ± 1.2c	3.5 ± 1.5d

หมายเหตุ: *ค่าเฉลี่ย ± SD (n=50)

ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่ต่างกันในแนวตั้ง แสดงค่าเฉลี่ยที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

โดยที่

- A คือ มันฝรั่งแผ่นทอดกรอบที่ไม่มีการเติมสารเก็บกักแคโรทีนอยด์
- B คือ มันฝรั่งแผ่นทอดกรอบที่มีการเติมสารเก็บกักแคโรทีนอยด์ 0.5 %
- C คือ มันฝรั่งแผ่นทอดกรอบที่มีการเติมสารเก็บกักแคโรทีนอยด์ 1.0 %
- D คือ มันฝรั่งแผ่นทอดกรอบที่มีการเติมสารเก็บกักแคโรทีนอยด์ 1.5 %
- E คือ มันฝรั่งแผ่นทอดกรอบที่มีการเติมสารเก็บกักแคโรทีนอยด์ 2.0 %

จากการประเมินทางด้านประสาทสัมผัสผลิตภัณฑ์มันฝรั่งแผ่นทอดกรอบที่เติมสารเก็บกักแคโรทีนอยด์จากใบกะเพรา โดยวิธีการให้คะแนนความชอบ โดยใช้สเกลความชอบ 9 คะแนน พบว่า ผู้บริโภคจะให้คะแนนความชอบทางด้านความชอบโดยรวม สี และกลิ่นรสของผลิตภัณฑ์มันฝรั่งแผ่นทอดกรอบแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) โดยเมื่อเติมสารเก็บกักแคโรทีนอยด์จากใบกะเพราเพิ่มขึ้น คะแนนความชอบโดยรวม สี และกลิ่นรสจะมีค่าลดลง มันฝรั่งแผ่นทอดกรอบที่ไม่มีการเติมสารเก็บกักแคโรทีนอยด์จะมีค่าคะแนนความชอบในด้านความชอบโดยรวม และกลิ่นรสสูงสุดคือ 6.8 ± 0.8 และ 6.7 ± 0.9 คะแนน แต่มีค่าคะแนนความชอบทางด้านสีไม่แตกต่างจากมันฝรั่งแผ่นทอดกรอบที่มีการเติมสารเก็บกักแคโรทีนอยด์ 0.5 และ 1.0 %

ทั้งนี้มันฝรั่งแผ่นทอดกรอบที่มีการเติมสารเก็บกักแคโรทีนอยด์ 0.5 % ผู้บริโภคให้คะแนนความชอบทางด้านความชอบโดยรวม สี และกลิ่นรส อยู่ในเกณฑ์เฉยๆ จนถึงชอบเล็กน้อย คือ 6.0 ± 1.2 , 6.7 ± 0.6 และ 5.7 ± 1.2 คะแนน ตามลำดับ เช่นเดียวกับมันฝรั่งแผ่นทอดกรอบที่มีการเติมสารเก็บกักแคโรทีนอยด์ 1.0 % ผู้บริโภคจะให้คะแนนความชอบทางด้านความชอบโดยรวม สี และกลิ่นรส เท่ากับ 5.1 ± 1.7 , 6.6 ± 0.7 และ 5.1 ± 1.8 คะแนนตามลำดับ

ตารางที่ 4.15 ผลการวิเคราะห์ทางด้านกายภาพและเคมีของสารเก็บกักแคโรทีนอยด์จากใบกะเพราเมื่อประยุกต์ใช้ในผลิตภัณฑ์มันฝรั่งแผ่นทอดกรอบรสดั้งเดิม

สิ่งทดลอง	ค่าสี L*	ค่าสี a*	ค่าสี b*	ปริมาณแคโรทีนอยด์ทั้งหมดต่อหนึ่งหน่วยบริโภค (ไมโครกรัม/30 g)
A	64.27 ± 1.12b	-2.14 ± 0.19c	18.16 ± 0.81b	ND**
B	66.02 ± 1.47bc	-2.77 ± 0.34ab	22.44 ± 3.49a	3.85 ± 0.01d
C	66.61 ± 1.45c	-3.01 ± 0.26a	19.88 ± 1.95ab	7.70 ± 0.02c
D	64.07 ± 1.26b	-2.80 ± 0.28ab	18.66 ± 1.81b	11.54 ± 0.02b
E	59.13 ± 2.77a	-2.62 ± 0.09b	21.87 ± 2.59a	15.39 ± 0.02a

หมายเหตุ: *ค่าเฉลี่ย ± SD (n=10) **ND = Not detected (ตรวจไม่พบ)

ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่ต่างกันในแนวตั้ง แสดงค่าเฉลี่ยที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) โดยที่

- A คือ มันฝรั่งแผ่นทอดกรอบที่ไม่มีการเติมสารเก็บกักแคโรทีนอยด์
- B คือ มันฝรั่งแผ่นทอดกรอบที่มีการเติมสารเก็บกักแคโรทีนอยด์ 0.5 %
- C คือ มันฝรั่งแผ่นทอดกรอบที่มีการเติมสารเก็บกักแคโรทีนอยด์ 1.0 %
- D คือ มันฝรั่งแผ่นทอดกรอบที่มีการเติมสารเก็บกักแคโรทีนอยด์ 1.5 %
- E คือ มันฝรั่งแผ่นทอดกรอบที่มีการเติมสารเก็บกักแคโรทีนอยด์ 2.0 %

เมื่อพิจารณาผลทางด้านกายภาพและเคมีของผลิตภัณฑ์มันฝรั่งแผ่นทอดกรอบที่มีการเติมสารเก็บกักแคโรทีนอยด์จากใบกะเพราในตารางที่ 4.15 พบว่า มันฝรั่งแผ่นทอดกรอบที่มีการเติมสารเก็บกักแคโรทีนอยด์ 0, 0.5, 1.0, 1.5 และ 2.0 % มีค่าสี L* a* b* และปริมาณแคโรทีนอยด์ทั้งหมดในมันฝรั่งแผ่นทอดกรอบแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) โดยเมื่อเติมสารเก็บกักแคโรทีนอยด์จากใบกะเพราจะทำให้ค่าสี a* ของมันฝรั่งแผ่นทอดกรอบลดลงจากสิ่งทดลองที่ไม่มีการเติมสารเก็บกัก ในทางตรงกันข้ามเมื่อมีการเติมสารเก็บกักแคโรทีนอยด์จะทำให้ค่าสี b* เพิ่มขึ้น มันฝรั่งแผ่นทอดกรอบรสดั้งเดิมที่มีการเติมสารเก็บกักจะมีสีเขียวปนเหลืองเพิ่มขึ้นจากมันฝรั่งแผ่นทอดกรอบที่ไม่มีการเติมสารเก็บกักแคโรทีนอยด์จากกะเพรา

ค่าสี L* a* b* ของมันฝรั่งแผ่นทอดกรอบที่มีการเติมสารเก็บกักแคโรทีนอยด์จากกะเพราในปริมาณต่างๆ มีการเปลี่ยนแปลงในทิศทางที่แตกต่างกัน อาจเนื่องมาจากขั้นตอนการทอดมันฝรั่งแผ่นทอดกรอบทำให้ได้ค่าสีตอนเริ่มต้นแตกต่างกัน จึงส่งผลให้เมื่อมีการเติมสารเก็บกักแคโรทีนอยด์จากกะเพราในมันฝรั่งแผ่นทอดกรอบ ค่าสี L* a* b* ที่ได้จึงแตกต่างกัน แต่ถ้าพิจารณาจากค่าสี L* พบว่า การเติมสารเก็บกักแคโรทีนอยด์ร้อยละ 2.0 ให้ค่าที่ต่ำที่สุด เท่ากับ

59.13±2.77 แตกต่างจากมันฝรั่งแผ่นทอดกรอบที่ไม่มีการเติมสารเก็บกักแคลโรทีนอยด์จากใบกะเพรา

การเติมสารเก็บกักแคลโรทีนอยด์จากใบกะเพราในปริมาณที่แตกต่างกันส่งผลให้ปริมาณแคลโรทีนอยด์ทั้งหมดต่อหนึ่งหน่วยบริโภคแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) โดยในมันฝรั่งแผ่นทอดกรอบ 1 หน่วยบริโภค (30 กรัม) เมื่อมีการเติมสารเก็บกักแคลโรทีนอยด์จากใบกะเพราในปริมาณร้อยละ 0.5, 1.0, 1.5 และ 2.0 จะให้ปริมาณแคลโรทีนอยด์เท่ากับ 3.85 ± 0.01 , 7.70 ± 0.02 , 11.54 ± 0.02 และ 15.39 ± 0.02 ไมโครกรัม ตามลำดับ

4.6.2 การประยุกต์ใช้สารเก็บกักแคลโรทีนอยด์ในมันฝรั่งแผ่นทอดกรอบรสกะเพรา

สารเก็บกักแคลโรทีนอยด์จากใบกะเพราที่ได้ นำมาประยุกต์ใช้ในมันฝรั่งแผ่นทอดกรอบรสกะเพรา ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ ซึ่งทำการทดสอบกับผู้บริโภคจำนวน 50 คน โดยใช้วิธีการให้คะแนนความชอบ 1 ถึง 9 (9-point hedonic scale) แสดงดังตารางที่ 4.16 และผลการวิเคราะห์ทางด้านกายภาพและเคมีของมันฝรั่งแผ่นทอดกรอบที่มีการเติมสารเก็บกักแคลโรทีนอยด์จากใบกะเพราแสดงดังตารางที่ 4.17

ตารางที่ 4.16 ผลการวิเคราะห์ทางด้านประสาทสัมผัสของสารเก็บกักแคลโรทีนอยด์จากใบกะเพราเมื่อประยุกต์ใช้ในผลิตภัณฑ์มันฝรั่งแผ่นทอดกรอบรสกะเพรา

สิ่งทดลอง	ความชอบโดยรวม	สี	กลิ่นรส
A	7.2 ± 0.9a*	7.3 ± 0.8a	7.2 ± 1.0a
B	6.2 ± 1.1b	6.6 ± 1.0b	6.0 ± 1.2b
C	5.5 ± 1.2c	6.6 ± 1.1b	5.5 ± 1.2bc
D	5.1 ± 1.1c	6.4 ± 1.2b	4.9 ± 1.0c
E	4.23 ± 1.4d	6.2 ± 0.8b	4.0 ± 1.4d

หมายเหตุ: *ค่าเฉลี่ย ± SD (n=50)

ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่ต่างกันในแนวตั้ง แสดงค่าเฉลี่ยที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) โดยที่

- A คือ มันฝรั่งแผ่นทอดกรอบรสกะเพราที่ไม่มีการเติมสารเก็บกักแคลโรทีนอยด์
- B คือ มันฝรั่งแผ่นทอดกรอบรสกะเพราที่มีการเติมสารเก็บกักแคลโรทีนอยด์ 0.5 %
- C คือ มันฝรั่งแผ่นทอดกรอบรสกะเพราที่มีการเติมสารเก็บกักแคลโรทีนอยด์ 1.0 %
- D คือ มันฝรั่งแผ่นทอดกรอบรสกะเพราที่มีการเติมสารเก็บกักแคลโรทีนอยด์ 1.5 %
- E คือ มันฝรั่งแผ่นทอดกรอบรสกะเพราที่มีการเติมสารเก็บกักแคลโรทีนอยด์ 2.0 %

ผลการประเมินทางด้านประสาทสัมผัสผลิตภัณฑ์มันฝรั่งแผ่นทอดกรอบที่เติมสารเก็บกักแคโรทีนอยด์จากใบกะเพรา โดยวิธีการให้คะแนนความชอบ โดยใช้สเกลความชอบ 9 คะแนน พบว่า ผู้บริโภคจะให้คะแนนความชอบทางด้านความชอบโดยรวม สีและกลิ่นรสของผลิตภัณฑ์มันฝรั่งแผ่นทอดกรอบแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) โดยเมื่อเติมสารเก็บกักแคโรทีนอยด์จากใบกะเพราเพิ่มขึ้น คะแนนความชอบโดยรวม สี และกลิ่นรสจะมีค่าลดลง มันฝรั่งแผ่นทอดกรอบที่ไม่มีการเติมสารเก็บกักแคโรทีนอยด์มีค่าคะแนนความชอบทางด้านความชอบโดยรวม สีและกลิ่นรสสูงสุด คือ 7.2 ± 1.0 , 7.3 ± 0.8 และ 7.2 ± 1.0 คะแนน ตามลำดับ ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ชอบปานกลาง เปรียบเทียบกับมันฝรั่งแผ่นทอดกรอบที่มีการเติมสารเก็บกักแคโรทีนอยด์ 0.5 % ซึ่งมีค่าคะแนนความชอบทางด้านความชอบโดยรวม สีและกลิ่นรสอยู่ในเกณฑ์ชอบเล็กน้อย คือ 6.2 ± 1.1 , 6.6 ± 1.0 และ 6.0 ± 1.2 คะแนน ตามลำดับ

ตารางที่ 4.17 ผลการวิเคราะห์ทางด้านกายภาพและเคมีของสารเก็บกักแคโรทีนอยด์จากใบกะเพราเมื่อประยุกต์ใช้ในผลิตภัณฑ์มันฝรั่งแผ่นทอดกรอบรสกะเพรา

สิ่งทดลอง	ค่าสี L*	ค่าสี a*	ค่าสี b*	ปริมาณแคโรทีนอยด์ทั้งหมดต่อหนึ่งหน่วยบริโภค (ไมโครกรัม/30 g)
A	$62.23 \pm 2.30ab$	$2.66 \pm 1.25c$	$27.05 \pm 1.95a$	ND**
B	$59.49 \pm 3.82b$	$2.22 \pm 1.45bc$	$24.42 \pm 2.54b$	$3.85 \pm 0.01d$
C	$60.15 \pm 2.46ab$	$1.26 \pm 0.50ab$	$24.76 \pm 1.09b$	$7.72 \pm 0.02c$
D	$61.07 \pm 2.85ab$	$1.37 \pm 0.62abc$	$24.72 \pm 1.28b$	$11.54 \pm 0.02b$
E	$63.51 \pm 2.30a$	$0.28 \pm 0.93a$	$26.34 \pm 1.38ab$	$15.44 \pm 0.02a$

หมายเหตุ: *ค่าเฉลี่ย \pm SD (n=10)

**ND = Not detected (ตรวจไม่พบ)

ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่ต่างกันในแนวตั้ง แสดงค่าเฉลี่ยที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

โดยที่

- A คือ มันฝรั่งแผ่นทอดกรอบรสกะเพราที่ไม่มีการเติมสารเก็บกักแคโรทีนอยด์
- B คือ มันฝรั่งแผ่นทอดกรอบรสกะเพราที่มีการเติมสารเก็บกักแคโรทีนอยด์ 0.5 %
- C คือ มันฝรั่งแผ่นทอดกรอบรสกะเพราที่มีการเติมสารเก็บกักแคโรทีนอยด์ 1.0 %
- D คือ มันฝรั่งแผ่นทอดกรอบรสกะเพราที่มีการเติมสารเก็บกักแคโรทีนอยด์ 1.5 %
- E คือ มันฝรั่งแผ่นทอดกรอบรสกะเพราที่มีการเติมสารเก็บกักแคโรทีนอยด์ 2.0 %

เมื่อพิจารณาผลทางด้านกายภาพและเคมีของผลิตภัณฑ์มันฝรั่งแผ่นทอดกรอบที่มีการเติมสารเก็บกักแคโรทีนอยด์จากใบกะเพราในตารางที่ 4.17 พบว่า มันฝรั่งแผ่นทอดกรอบที่มีการเติมสารเก็บกักแคโรทีนอยด์ 0, 0.5, 1.0, 1.5 และ 2.0 % มีค่าสี L* a* b* และปริมาณแคโรทีนอยด์ทั้งหมดในมันฝรั่งแผ่นทอดกรอบแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) เมื่อเติมสารเก็บกักแคโรทีนอยด์จากใบกะเพราจะทำให้ค่าสี a* และ b* ของมันฝรั่งแผ่นทอดกรอบลดลงจากสิ่งทดลองที่ไม่มีการเติมสารเก็บกัก มันฝรั่งแผ่นทอดกรอบรสกะเพราที่มีการเติมสารเก็บกักจะมีสีเขียวปนน้ำเงินเพิ่มขึ้นจากมันฝรั่งแผ่นทอดกรอบที่ไม่มีการเติมสารเก็บกักแคโรทีนอยด์จากกะเพรา โดยมันฝรั่งแผ่นทอดกรอบรสกะเพราที่มีการเติมสารเก็บกักร้อยละ 1.0, 1.5 และ 2.0 มีค่าสี a* ต่ำที่สุด เท่ากับ 1.26 ± 0.50 , 1.37 ± 0.62 และ 0.28 ± 0.93 ตามลำดับ

การเติมสารเก็บกักแคโรทีนอยด์จากใบกะเพราในปริมาณที่แตกต่างกันส่งผลให้ปริมาณแคโรทีนอยด์ทั้งหมดต่อหนึ่งหน่วยบริโภคแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) โดยในมันฝรั่งแผ่นทอดกรอบ 1 หน่วยบริโภค (30 กรัม) เมื่อมีการเติมสารเก็บกักแคโรทีนอยด์จากใบกะเพราในปริมาณร้อยละ 0.5, 1.0, 1.5 และ 2.0 จะให้ปริมาณแคโรทีนอยด์เท่ากับ 3.85 ± 0.01 , 7.72 ± 0.02 , 11.54 ± 0.02 และ 15.44 ± 0.02 ไมโครกรัม ตามลำดับ โดยสารเก็บกักแคโรทีนอยด์ 1 กรัม มีปริมาณแคโรทีนอยด์ 25.63 ไมโครกรัม

เมื่อนำคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสและคุณภาพด้านกายภาพและเคมีของมันฝรั่งแผ่นทอดกรอบรสดั้งเดิม และรสกะเพราที่มีการเติมสารเก็บกักแคโรทีนอยด์จากใบกะเพรามาเปรียบเทียบกันทีละคู่ โดยใช้วิธี one way ANOVA ที่แสดงดังตารางที่ 4.18 พบว่า มันฝรั่งแผ่นทอดกรอบรสดั้งเดิมและรสกะเพราที่มีการเติมสารเก็บกักแคโรทีนอยด์จากใบกะเพราในปริมาณที่เท่ากัน ส่งผลให้คะแนนความชอบโดยรวม สี และกลิ่นรสของมันฝรั่งแผ่นทอดกรอบทั้ง 2 รสชาติไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) ยกเว้นคะแนนความชอบโดยรวมของมันฝรั่งแผ่นทอดกรอบที่ไม่มีการเติมสารเก็บกักแคโรทีนอยด์และมันฝรั่งแผ่นทอดกรอบที่มีการเติมสารเก็บกักแคโรทีนอยด์ปริมาณร้อยละ 2.0 นอกจากนี้รสชาติของมันฝรั่งแผ่นทอดกรอบยังมีผลต่อคะแนนความชอบด้านกลิ่นรสของมันฝรั่งแผ่นทอดกรอบที่ไม่มีการเติมสารเก็บกักแคโรทีนอยด์

ตารางที่ 4.18 ค่า P ของมันฝรั่งแผ่นทอดกรอบรสดั้งเดิมและรสกะเพราเมื่อมีการเติมสารเก็บกัก
แคลโรทีนอยด์จากใบกะเพราในปริมาณที่เท่ากัน

ค่าสังเกต	ปริมาณสารเก็บกักแคลโรทีนอยด์จากใบกะเพรา				
	0 %	0.5%	1.0%	1.5%	2.0%
ความชอบโดยรวม	0.022	0.544	0.180	0.429	0.017
สี	0.103	0.568	0.913	0.419	0.122
กลิ่นรส	0.008	0.253	0.135	0.511	0.114

ในการทดลองนี้ใช้คะแนนการยอมรับด้านความชอบโดยรวม สี และกลิ่นรส 5.0 คะแนนขึ้นไป (จากการใช้วิธี 9-point hedonic scale) เป็นเกณฑ์ที่ใช้ในการหาปริมาณสารเก็บกักแคลโรทีนอยด์ที่มากที่สุดที่สามารถเติมในมันฝรั่งแผ่นทอดกรอบ ในการเลือกใช้ระดับคะแนนทางด้านการทดสอบการยอมรับในการหาช่วงสูตรที่เหมาะสมนั้นมีการเลือกใช้ค่าที่แตกต่างกันขึ้นอยู่กับผู้วิจัย เช่น งานวิจัยของ Deshpande and McWatters (2008) ได้ใช้ระดับคะแนนที่ 5.0 ในการหาสูตรที่เหมาะสมที่สุดของเครื่องดื่มจากถั่วลิสงและถั่วเหลือง Abong *et al.* (2010) ได้ใช้ระดับคะแนนที่ 5.0 ในการคัดเลือกพันธุ์พื้นเมืองมันฝรั่งที่จะนำมาใช้ทำมันฝรั่งแผ่นทอดกรอบ นอกจากนี้ Mexis and Kontominas (2009) ได้ใช้ระดับคะแนนที่ 4.0 ในการทดสอบคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของเม็ดมะม่วงหิมพานต์ที่ผ่านการฉายรังสี

ดังนั้นในการประยุกต์ใช้ประโยชน์สารเก็บกักแคลโรทีนอยด์จากใบกะเพราในผลิตภัณฑ์มันฝรั่งแผ่นทอดกรอบรสดั้งเดิมสามารถเติมสารเก็บกักแคลโรทีนอยด์จากใบกะเพราได้ในปริมาณ 1.0% ซึ่งจะให้คะแนนความชอบโดยรวม สี และกลิ่นรส คือ 5.1 ± 1.7 , 6.6 ± 0.7 และ 5.1 ± 1.8 คะแนน ตามลำดับ สำหรับมันฝรั่งแผ่นทอดกรอบรสกะเพราสามารถเติมสารเก็บกักแคลโรทีนอยด์จากใบกะเพราได้ในปริมาณ 1.0 % โดยจะให้คะแนนความชอบโดยรวม สี และกลิ่นรส คือ 5.5 ± 1.2 , 6.6 ± 1.1 และ 5.5 ± 1.2 คะแนน ตามลำดับ

เมื่อมีการเติมสารเก็บกักแคลโรทีนอยด์ในปริมาณที่เพิ่มขึ้นส่งผลให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีคะแนนความชอบโดยรวม สี และกลิ่นรสที่ลดลงเนื่องจากสารเก็บกักแคลโรทีนอยด์ที่ได้มีสีค่อนข้างเขียว มีกลิ่นรสกะเพรา และมีรสขม จึงทำให้เมื่อมีการใช้ในปริมาณที่เพิ่มขึ้น ผู้บริโภคให้คะแนนความชอบโดยรวม สี และกลิ่นรสลดลง จึงควรใช้สารเก็บกักแคลโรทีนอยด์จากใบกะเพราในปริมาณ 1.0% สำหรับมันฝรั่งแผ่นทอดกรอบรสดั้งเดิมและรสกะเพรา ซึ่งผู้บริโภคยังคงให้การยอมรับผลิตภัณฑ์มันฝรั่งแผ่นทอดกรอบอยู่ในผลิตภัณฑ์อื่นอาจมีการใช้สารเก็บกักแคลโรทีนอยด์

จากใบกะเพราในปริมาณมากได้โดยที่ผู้บริโภคมารับ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับลักษณะของผลิตภัณฑ์ชนิด
นั้นด้วย



ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved