บทที่ 4
ผลการวิจัย

4.1 ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพและทางเคมีของน้ำแก้วมังกรพันธุ์เนื้อแดงเปลือกแดง (*Hylocereus polyrhizus* (Weber) Britt. & Rose) และน้ำมะพร้าว

จากการวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพและทางเคมีของน้ำแก้วมังกรพันธุ์เนื้อแดงเปลือกแดง (*Hylocereus polyrhizus* (Weber) Britt. & Rose) และน้ำมะพร้าว (ตารางที่ 13) พบว่าน้ำมะพร้าวมีค่าสี L* a* และ b* เท่ากับ 45.04 5.15 และ 3.86 ตามลำดับ ค่าความใส 82.73 % ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด 5.0 ° Brix ปริมาณน้ำตาลรีดิวส์ 120.43 กรัม/ลิตร ค่าความเป็นกรด-ด่าง 4.87 และปริมาณกรดทั้งหมดคำนวณในรูปของกรดอะซิติกเท่ากับ 2.11 % (w/v) ส่วนน้ำแก้วมังกรมีค่าสี L* a* และ b* เท่ากับ 9.01, 75.0 และ 7.75 ตามลำดับ ค่าความใส 23.47 % ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด 14.6 °Brix ปริมาณน้ำตาลรีดิวส์ 22.73 กรัม/ลิตร ค่าความเป็นกรด-ด่าง 5.30 และปริมาณกรดทั้งหมดคำนวณในรูปของกรดอะซิติกเท่ากับ 3.80 % (w/v)

ตารางที่ 13 คุณภาพทางกายภาพและทางเคมีของน้ำแก้วมังกรและน้ำมะพร้าว

คุณภาพ	วัตถุดิบ	
	น้ำมะพร้าว	น้ำแก้วมังกร
ทางกายภาพ		
ค่าสี		
L* (ค่าความสว่าง)	45.04	9.01
a* (ค่าสีแดง)	5.15	75.03
b* (ค่าสีเหลือง)	3.86	7.75
ความใส (%)	82.73	23.48
ทางเคมี		
ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (°Brix)	5.0	14.6
ปริมาณน้ำตาลรีดิวส์ (กรัม/ลิตร)	120.43	22.73
ค่าความเป็นกรด-ด่าง	4.87	5.30
ปริมาณกรดทั้งหมดคำนวณในรูปของกรดอะซิติก (% w/v)	2.11	3.80

จากผลการวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพและทางเคมีของน้ำแก้วมังกรพันธุ์เนื้อแดงเปลือกแดง (*Hylocereus polyrhizus* (Weber) Britt. & Rose) พบว่าน้ำแก้วมังกรมีน้ำตาลรีดิวส์ประมาณ 2 % ซึ่งเป็นแหล่งคาร์บอนที่จุลินทรีย์สามารใช้ในการเจริญและผลิตผลิตภัณฑ์ที่ต้องการได้ นอกจากนี้ยังมีปริมาณกรดและค่าความเป็นกรด-ด่างเริ่มต้นที่เหมาะสมต่อการเจริญของจุลินทรีย์ดังกล่าวด้วย จากรายงานวิจัยก่อนหน้านี้พบว่าแก้วมังกรประกอบด้วยวิตามิน แร่ธาตุ และสารเร่งการเจริญของจุลินทรีย์ที่สำคัญหลายชนิด (ชนิดา พันธุ์ศรี, 2543) และยังมีรายงานว่าเปลือกและเนื้อของแก้วมังกรพันธุ์เนื้อแดงเปลือกแดงมีฤทธิ์ต้านออกซิเดชัน และมีสารฟีนอลิก ฟลาโวนอยด์ เบต้าไซยานิน ใยอาหารปริมาณสูง (กรรณิการ์ สอนโยธา และ ปราณี อ่านเปรื่อง, 2552, หน้า 15-18) ดังนั้นจึงมีความเป็นไปได้ที่จะนำน้ำแก้วมังกรมาใช้เป็นวัตถุดิบเริ่มต้นในการแปรรูปโดยวิธีการหมัก

4.2 ผลการผลิตไวน์แก้วมังกร

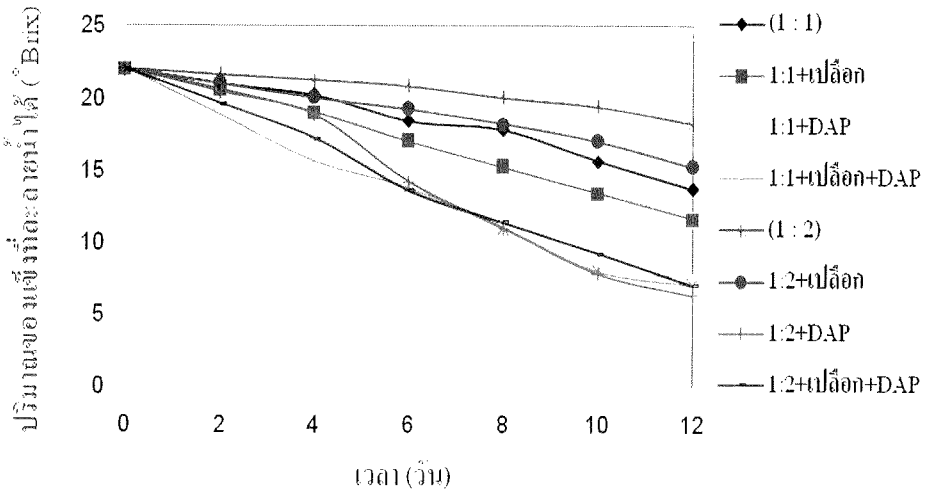
4.2.1 ผลการศึกษาสภาวะที่เหมาะสมต่อการหมักไวน์แก้วมังกร

การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมต่อการหมักไวน์แก้วมังกร ผู้วิจัยได้ทดลองหมักไวน์แก้วมังกรพันธุ์เนื้อแดงเปลือกแดง โดยศึกษาผลของอัตราส่วนของน้ำแก้วมังกร : น้ำ การเติมเปลือกแก้วมังกร และปริมารณ DAP ซึ่งได้สิ่งทดลองทั้งหมด 8 สิ่งทดลองดังตารางที่ 11 ทำการหมักโดยเติมยีสต์ผง (*Saccharomyces bayanus* ยี่ห้อ LALVIN EC 1118 SELECTION CHAMPENOISE) ในปริมาณ 0.025 % (w/v) ควบคุมอุณหภูมิในการหมักที่อุณหภูมิ 25 °C นาน 12 วัน ในระหว่างการหมักติดตามการเปลี่ยนแปลงปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ ปริมาณน้ำตาลรีดิวส์ ปริมาณแอลกอฮอล์ ค่าความเป็นกรด-ด่าง ปริมาณกรดทั้งหมดคำนวณในรูปของกรดซิตริกและค่าสี L* a* และ b* ได้ผลการทดลองดังนี้

4.2.1.1 ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด (Total soluble solid)

ในระหว่างการหมักไวน์แก้วมังกรได้ติดตามการเปลี่ยนแปลงปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด (Total soluble solid) โดยใช้เครื่อง Hand refractometer พบว่าปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมดมีค่าลดลงเมื่อระยะเวลาการหมักนานขึ้นในทุกสิ่งทดลอง (ภาพที่ 12) ซึ่งเป็นผลเนื่องมาจาก ยีสต์ได้มีการนำน้ำตาลไปใช้เป็นอาหารหลักและได้ผลผลิตที่เกิดขึ้นเป็นแอลกอฮอล์ โดยค่าความหวานที่วัดได้ในวันที่ 12 ซึ่งเป็นวันสุดท้ายของการหมักพบว่ามีค่าอยู่ในช่วง 7 – 11 °Brix โดยสิ่งทดลองที่ 4 (น้ำแก้วมังกร : น้ำ, เปลือกแก้วมังกร, DAP; 1:1, 5 % (w/v), 0.2 %(w/v)) มีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมดน้อยที่สุดเท่ากับ 7 °Brix และสิ่งทดลองที่ 5 (น้ำแก้วมังกร : น้ำ, เปลือก

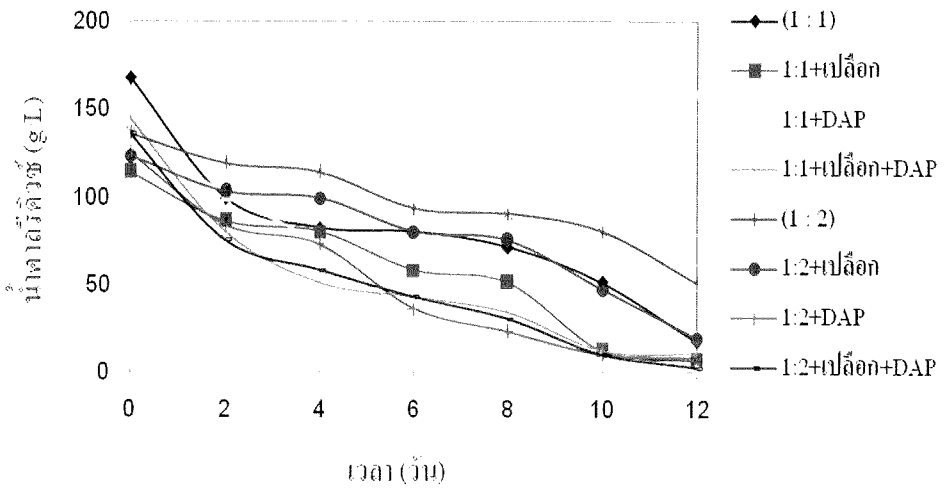
แก้วมังกร, DAP; 1:2, 0 % (w/v), 0 %(w/v)) มีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมดเหลืออยู่มากที่สุดเท่ากับ 11 °Brix



ภาพที่ 12 การเปลี่ยนแปลงปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมดในระหว่างการหมักไวน์แก้วมังกรที่มีการผันแปรอัตราส่วนของน้ำแก้วมังกร : น้ำ เปลือกแก้วมังกร และปริมาณ DAP แตกต่างกัน

4.2.1.2 ปริมาณน้ำตาลรีดิวส์ (DNS method)

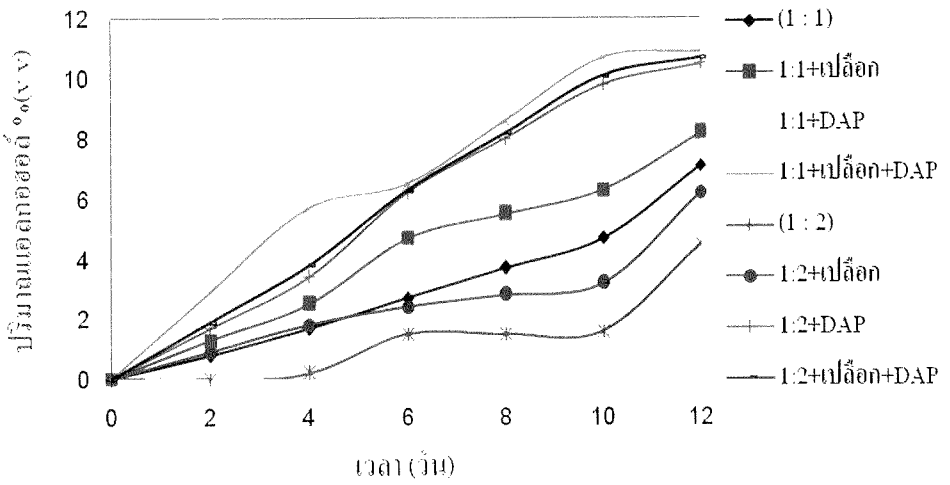
ในระหว่างการหมักไวน์แก้วมังกรเกิดการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำตาลรีดิวส์โดยวิธี (DNS method) (Miller, G.L. 1959) โดยใช้เครื่อง UV Spectophotometer วัดค่าดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 520 นาโนเมตร แล้วคำนวณหาค่าน้ำตาลกรัมต่อลิตร ผลการทดลองพบว่าปริมาณน้ำตาลมีค่าลดลงอย่างต่อเนื่องตั้งแต่เริ่มต้นการหมักจนถึงสิ้นสุดการหมัก (ภาพที่ 13) สอดคล้องกับปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ที่มีค่าลดลงเมื่อระยะเวลาการหมักนานขึ้น ปราโมทย์ ธรรมรัตน์ (2533) และธีรวัลย์ ชาญฤทธิเสน (2542) กล่าวว่าปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้จะมีค่าลดลงอย่างรวดเร็วเนื่องจากยีสต์ใช้น้ำตาลเป็นแหล่งอาหารหลักในการเจริญและแบ่งเซลล์เพิ่มจำนวนมากขึ้นจนถึงระยะเวลาหนึ่งปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้จะมีค่าลดลงทีละน้อยและค่อนข้างคงที่เพราะปริมาณแอลกอฮอล์ที่มีการสะสมเพิ่มมากขึ้นในระหว่างการหมักไวน์มีคุณสมบัติยับยั้งการเจริญของยีสต์ทำให้ยีสต์หยุดการเจริญจึงไม่มีการผลิตแอลกอฮอล์เพิ่มมากขึ้น ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ในช่วงนี้จึงค่อนข้างคงที่



ภาพที่ 13 การเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำตาลรีดิวส์ในระหว่างการหมักไวน์แก้วมังกรที่มีการผันแปรอัตราส่วนของน้ำแก้วมังกร : น้ำ เปลือกแก้วมังกร และปริมาณ DAP แตกต่างกัน

4.2.1.3 ปริมาณแอลกอฮอล์ (% Alcohol)

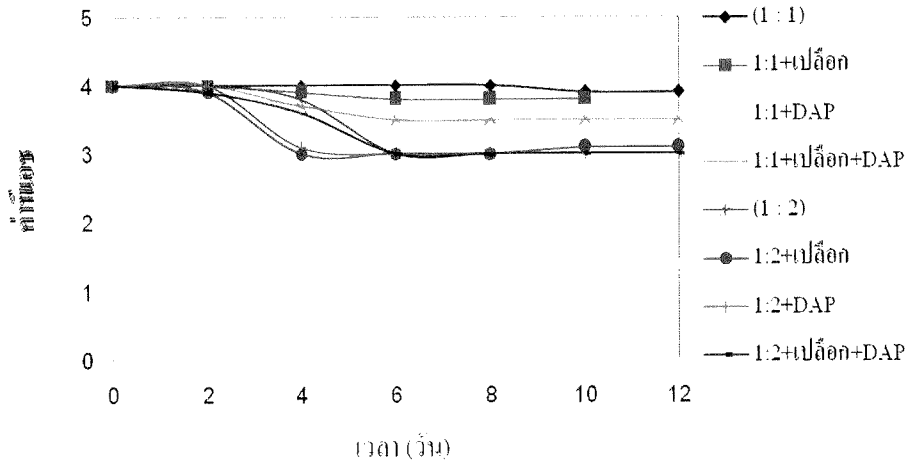
ในระหว่างการหมักไวน์แก้วมังกรได้ติดตามการเปลี่ยนแปลงปริมาณแอลกอฮอล์ โดยใช้เครื่อง Ebulliometer พบว่าเมื่อสิ้นสุดการหมักปริมาณแอลกอฮอล์ที่วัดได้อยู่ในช่วง 4.5 – 10.9 % (v/v) โดยสิ่งทดลองที่ 4 (น้ำแก้วมังกร : น้ำ, เปลือกแก้วมังกร, DAP; 1:1, 5 % (w/v), 0.2 % (w/v)) มีปริมาณแอลกอฮอล์สูงที่สุดสอดคล้องกับปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้และน้ำตาลรีดิวส์ที่มีปริมาณเหลือน้อยสุด (ภาพที่ 14) แสดงให้เห็นว่ายีสต์มีการเจริญและใช้น้ำตาลได้ดีที่สุด อาจเป็นผลเนื่องมาจากสิ่งทดลองดังกล่าวมีการเติมเปลือกแก้วมังกรซึ่งมีสารอาหารที่จำเป็นต่อการเจริญและการหมักแอลกอฮอล์ของยีสต์ และมีการเติม DAP ในปริมาณ 0.2 % ซึ่งเป็นแหล่งไนโตรเจนที่ยีสต์สามารถนำไปใช้ได้ และพบว่าสิ่งทดลองที่ 5 (น้ำแก้วมังกร : น้ำ, เปลือกแก้วมังกร, DAP; 1:2, 0 %(w/v), 0 %(w/v)) มีปริมาณแอลกอฮอล์น้อยที่สุดเท่ากับ 4.5 % (v/v) โดยในช่วงแรกของการหมักแอลกอฮอล์จะมีค่าเพิ่มขึ้นซึ่งมีความสัมพันธ์เป็นปฏิภาคกับปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ที่ลดต่ำลง ซึ่งในน้ำหมักเริ่มต้นมีสารอาหารต่างๆ เพียงพอ และสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมต่อการหมัก หลังจากนั้นน้ำหมักจะมีความเป็นกรดมากขึ้น ทำให้สารอาหารต่างๆ มีปริมาณลดลง และทำให้ปริมาณแอลกอฮอล์เพิ่มขึ้นช้าลงและเริ่มคงที่ในที่สุด เนื่องจากเชื้อยีสต์มีปริมาณที่ลดลง (นิธิยา รัตนาปนนท์. 2546; Reed & Nagodawithana, 1991) จากการทดลองสังเกตได้ว่าเมื่อระยะเวลาการหมักนานขึ้นปริมาณแอลกอฮอล์ของไวน์ในสิ่งทดลองที่ใช้อัตราส่วนของน้ำแก้วมังกร : น้ำ เท่ากับ 1:1 จะมีปริมาณแอลกอฮอล์สูงกว่าสิ่งทดลองที่ใช้น้ำแก้วมังกร : น้ำ เท่ากับ 1:2



ภาพที่ 14 การเปลี่ยนแปลงปริมาณแอลกอฮอล์ในระหว่างการหมักไวน์แก้วมังกรที่มีการผันแปรอัตราส่วนของน้ำแก้วมังกร : น้ำ เปลือกแก้วมังกร และปริมาณ DAP แตกต่างกัน

4.2.1.4 ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH)

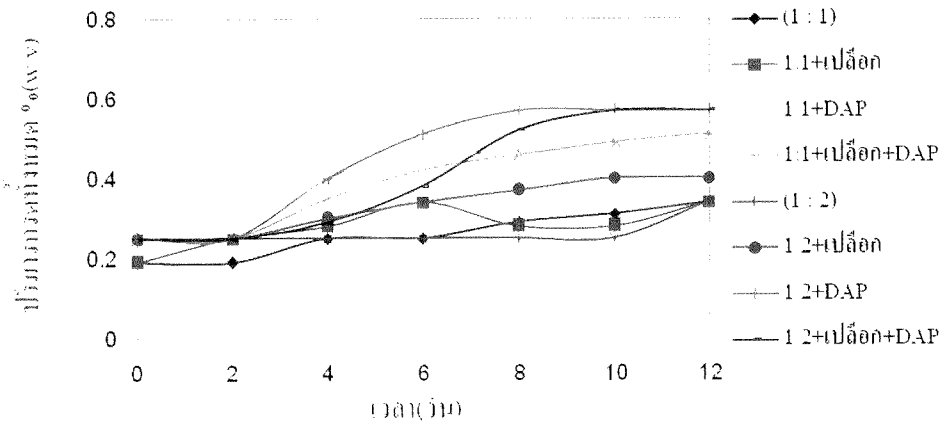
จากการติดตามการเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นกรด-ด่าง ในระหว่างการหมัก พบว่าค่าความเป็นกรด-ด่าง จะลดลงอย่างรวดเร็วในช่วงเริ่มต้นของการหมัก หลังจากนั้นจะค่อนข้างคงที่ (ภาพที่ 15) เนื่องจากในช่วงแรกของการหมักยีสต์จะใช้น้ำตาลในการสร้างแอลกอฮอล์และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (ผดุงชาติ ประทุมมาลย์ , 2547) โดยส่วนหนึ่งจะละลายกับน้ำให้กรดคาร์บอนิค (Kunkee & Amerine, 1970) นอกจากนี้ยังใช้ในการหายใจแบบการใช้ออกซิเจนและเชื้อยีสต์ยังสร้างกรดและปลดปล่อยกรดต่างๆ ที่เกิดขึ้นในวัฏจักรเครบส์ (Krebs cycle) ออกสู่น้ำหมักได้อีกด้วย เช่น กรดซัคซินิก กรดฟูมาริก กรดมาลิก กรดแอลฟาคีโตกลูตาริก เป็นต้น แต่บางครั้งกรดมาลิกจะถูกนำกลับมาใช้โดยเชื้อยีสต์ได้อีก โดยกรดต่างๆ เหล่านี้ จะทำให้ค่าความเป็นกรด-ด่าง ของ น้ำหมักลดลง ดังนั้นถ้าน้ำหมักมีค่าความเป็นกรด-ด่าง เริ่มต้นต่ำ ค่าความเป็นกรด-ด่างในระหว่างการหมัก และสุดท้ายของน้ำหมักก็จะต่ำลงด้วย (Amerine & Singleton,1977)



ภาพที่ 15 การเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นกรด-ด่างในระหว่างการหมักไวน์แก้วมังกรที่มีการผันแปรอัตราส่วนของน้ำแก้วมังกร : น้ำ เปลือกแก้วมังกร และปริมาณ DAP แตกต่าง กัน

4.2.1.5 ปริมาณกรดทั้งหมดคำนวณในรูปของกรดซิตริก (Total titratable acidity)

ในระหว่างการหมักไวน์แก้วมังกรได้ติดตามปริมาณกรดทั้งหมดคำนวณในรูปของกรดซิตริก พบว่าปริมาณกรดทั้งหมดเริ่มต้นในไวน์แก้วมังกรอยู่ในช่วง 0.19 - 0.25 % (w/v) และเมื่อเวลาผ่านไปค่าปริมาณกรดทั้งหมดจะเพิ่มมากขึ้น เมื่อสิ้นสุดการหมักไวน์แก้วมังกรพบว่ามีปริมาณกรดทั้งหมดคำนวณในรูปของกรดซิตริกอยู่ในช่วง 0.34 – 0.57 % (w/v) (ภาพที่ 16) การที่ปริมาณกรดเพิ่มมากขึ้นมีสาเหตุมาจากการสะสมของกรดโดยเกิดจากยีสต์ใช้น้ำตาลในการเจริญและการหมักแอลกอฮอล์ในแต่ละสายพันธุ์ (ปราโมทย์ ธรรมรัตน์, 2533)



ภาพที่ 16 การเปลี่ยนแปลงปริมาณกรดทั้งหมดคำนวณในรูปของกรดซิตริกในระหว่างการหมักไวน์แก้วมังกรที่มีการผันแปรอัตราส่วนของน้ำแก้วมังกร : น้ำ เปลือกแก้วมังกร และปริมาณ DAP แตกต่างกัน

ตารางที่ 14 แสดงปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด ปริมาณน้ำตาลรีดิวส์ ปริมาณแอลกอฮอล์ ค่าความเป็นกรด-ด่าง ปริมาณกรดทั้งหมดคำนวณในรูปของกรดซิตริกและค่าสี L* a* b* ในวันสุดท้ายของการหมักไวน์ เมื่อใช้อัตราส่วนระหว่างน้ำแก้วมังกร : น้ำ เปลือกแก้วมังกร และปริมาณ DAP ต่างกัน

สิ่งทดลอง	อัตราส่วนน้ำแก้วมังกร : น้ำ, เปลือกแก้วมังกร, % DAP (w/v)	การวิเคราะห์							
		ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (° Brix)	ปริมาณน้ำตาลรีดิวส์ (g/L)	ปริมาณแอลกอฮอล์ (% (v/v))	ค่าความเป็นกรด-ด่าง	ปริมาณกรดทั้งหมด (% (w/v))	ค่าสี		
							ค่า (L*) ^{ns}	ค่า (a*) ^{ns}	ค่า (b*)
1	(1:1)	$16.23^{a} \pm 5.01$	$25.66^{b} \pm 7.51$	$5.06^{b} \pm 4.41$	$3.86^{a} \pm 0.15$	$0.30^{b} \pm 0.10$	12.21 ± 1.39	70.32 ± 8.05	$2.55^{c} \pm 0.27$
2	(1:1), 5%, 0%	$14.86^{a} \pm 6.01$	$8.00^{c} \pm 2.00$	$5.76^{b} \pm 4.38$	$3.83^{ab} \pm 0.15$	$0.30^{b} \pm 0.10$	10.82 ± 1.24	70.02 ± 2.70	$5.19^{a} \pm 0.64$
3	(1:1), 0%, 0.2%	$7.20^{b} \pm 0.20$	$4.66^{c} \pm 3.05$	$13.03^{a} \pm 1.28$	$3.43^{bc} \pm 0.11$	$0.50^{a} \pm 0.00$	12.64 ± 2.16	69.53 ± 0.92	$4.32^{abc} \pm 0.08$
4	(1:1). 5%, 0.2%	$6.86^{b} \pm 0.11$	$8.66^{c} \pm 2.30$	$13.50^{a} \pm 0.88$	$3.46^{abc} \pm 0.05$	$0.50^{a} \pm 0.00$	11.31 ± 0.97	75.62 ± 2.32	$5.01^{a} \pm 1.32$
5	(1:2)	$18.40^{a} \pm 3.50$	$43.00^{a} \pm 13.00$	$4.03^{b} \pm 3.82$	$3.66^{ab} \pm 0.20$	$0.26^{b} \pm 0.05$	14.06 ± 1.37	66.58 ± 1.50	$3.88^{abc} \pm 0.71$
6	(1:2), 5%, 0%	$16.40^{a} \pm 4.71$	$19.33^{b} \pm 0.57$	$4.96^{b} \pm 3.99$	$3.60^{ab} \pm 0.45$	$0.30^{b} \pm 0.10$	12.39 ± 1.59	68.34 ± 1.15	$4.91^{ab} \pm 1.69$
7	(1:2), 0%, 0.2%	$6.50^{b} \pm 0.17$	$7.33^{c} \pm 1.15$	$12.60^{b} \pm 1.11$	$3.16^{c} \pm 0.15$	$0.50^{a} \pm 0.00$	12.57 ± 0.82	69.63 ± 0.29	$2.67^{c} \pm 1.07$
8	(1:2), 5%, 0.2%	$6.60^{b} \pm 0.34$	$2.66^{c} \pm 1.15$	$13.0^{a} \pm 4.86$	$3.17^{c} \pm 0.15$	$0.50^{a} \pm 0.00$	13.42 ± 1.65	70.02 ± 0.73	$3.21^{bc} \pm 0.46$

หมายเหตุ ^{ns} ในแนวตั้งหมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P>0.05$); ค่าเฉลี่ยตามด้วยตัวอักษรที่ไม่เหมือนกันในแนวตั้ง หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P\leq0.05$)

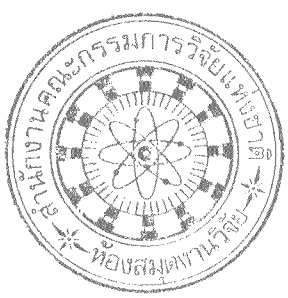
4.2.2 ผลของเกล็ดไม้โอ๊คต่อคุณภาพไวน์แก้วมังกรในระหว่างการบ่ม

การศึกษาในขั้นต่อมาผู้วิจัยได้ทดลองผลิตไวน์แก้วมังกรตามสิ่งทดลองที่ 4 (น้ำแก้วมังกร : น้ำ, เปลือกแก้วมังกร, DAP; 1:1, 5 % (w/v), 0.2 %(w/v)) ซึ่งเป็นสิ่งทดลองที่มีความเหมาะสมมากที่สุด เนื่องจากให้ไวน์ที่มีความใส มีกลิ่นรส สี และบอดี้ที่ดีที่สุด จากนั้นนำไปศึกษาผลของปริมาณเกล็ดไม้โอ๊คต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพในระหว่างการบ่ม โดยบ่มไวน์แก้วมังกรในขวดแก้วสีเขียวมรกตที่อุณหภูมิ 4 °C เป็นระยะเวลา 30 วัน ผลการทดลองพบว่าปริมาณเกล็ดไม้โอ๊คไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางกายภาพและเคมีของไวน์แก้วมังกร แต่ระยะเวลาการบ่มมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางกายภาพและเคมีอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 15 และ ตารางที่ 16) เมื่อพิจารณาค่าสี L* a* และ b* พบว่าเมื่อระยะเวลาการบ่มนานขึ้นค่า L* ในช่วงแรกมีแนวโน้วเพิ่มมากขึ้นแต่เมื่อสิ้นสุดการบ่มพบว่ามีแนวโน้มลดลง ส่วนค่าสี a* และ b* พบว่าเมื่อบ่มนานขึ้นมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นและลดลงตามลำดับ ทั้งนี้เกล็ดไม้โอ๊คประกอบด้วยสารเคมีหลายชนิด เช่น ฟลาโวนอยด์ซึ่งสามารถทำปฏิกิริยากับองค์ประกอบต่างๆ ของไวน์ เป็นผลให้ไวน์มีคุณภาพด้านสีดีขึ้นและมีกลิ่นรสดีขึ้นส่วนคุณภาพทางเคมีพบว่ามีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้เท่ากับ 7 °Brix ปริมาณแอลกอฮอล์เท่ากับ 10.7 ค่าความเป็นกรด-ด่างประมาณ 3.7–3.8 และปริมาณกรดทั้งหมดคำนวณในรูปของกรดซิตริกทั้งหมดอยู่ในช่วง 4.4–5.3 % (w/v)

ตารางที่ 15 ผลของเกล็ดไม้โอ๊คต่อการเปลี่ยนแปลงค่าสีของไวน์แก้วมังกรในระหว่างการบ่มที่อุณหภูมิ 4 °C นาน 4 สัปดาห์

เกล็ดไม้โอ๊ค	สัปดาห์				
(% w/v)	0 ns	1 ns	2 ns	3 ns	4 ns
ค่า (L*)					
0	10.26^{c}±0.00	17.86^{a}±1.33	19.54^{a}±0.63	19.40^{a}±0.59	15.75^{b}±1.76
0.2	10.26^{c}±0.00	19.86^{a}±1.01	19.35^{a}±0.88	19.19^{a}±0.19	16.72^{b}±0.65
0.4 ns	10.26±0.00	18.84±0.75	18.90±0.87	16.40±5.13	17.37±0.09
ค่า (a*)					
0	69.46^{a}±0.00	52.30^{c}±0.42	58.17^{b}±1.02	58.01^{b}±4.00	52.61^{c}±2.23
0.2	69.46^{a}±0.00	53.15^{c}±0.93	53.19^{c}±1.00	56.92^{b}±0.33	53.30^{c}±1.81
0.4	69.46^{a}±0.00	56.66^{b}±2.23	56.36^{b}±2.41	57.35^{b}±0.54	54.68^{b}±0.08
ค่า (b*)					
0	5.42^{c}±0.00	7.24^{bc}±1.28	7.47^{b}±0.98	8.88^{ab}±1.39	9.47^{a}±0.73
0.2	5.42^{b}±0.00	7.92^{a}±0.68	8.58^{a}±1.14	9.07^{a}±0.14	9.24^{a}±0.82
0.4	5.42^{c}±0.00	8.63^{b}±0.81	9.29^{ab}±0.55	8.96^{b}±0.39	10.13^{a}±0.02

หมายเหตุ ns ในแนวตั้งและแนวนอนหมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (P>0.05); ค่าเฉลี่ยตามด้วยตัวอักษรที่ไม่เหมือนกันในแนวนอน หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (P≤0.05)



ตารางที่ 16 ผลของเกล็ดไม้โอ๊คต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางเคมีของไวน์แก้วมังกรในระหว่างการบ่มที่อุณหภูมิ 4 °C นาน 4 สัปดาห์

คุณภาพทางเคมี	สัปดาห์				
	0 ns	1 ns	2 ns	3 ns	4 ns
ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (°Brix)					
0 ns	7.00±0.00	7.00±0.00	6.96±0.05	6.96±0.05	7.00±0.00
0.2 ns	7.00±0.00	7.00±0.00	6.96±0.05	6.96±0.05	7.00±0.00
0.4 ns	7.00±0.00	7.00±0.00	6.96±0.05	6.96±0.05	7.00±0.00
ปริมาณน้ำตาลรีดิวส์ (g/L)					
0 ns	10.33±0.57	10.00±0.00	10.33±0.57	10.00±0.00	9.33±0.57
0.2 ns	10.00±0.00	10.00±0.00	10.66±0.57	9.66±0.57	9.33±0.57
0.4 ns	10.00±0.00	10.00±0.00	9.33±0.57	10.33±0.57	9.66±0.74
ปริมาณแอลกอฮอล์ (%(v/v))					
0 ns	10.7±0.00	10.7±0.00	10.7±0.00	10.73±0.05	10.73±0.05
0.2 ns	10.7±0.00	10.7±0.00	10.7±0.00	10.73±0.05	10.73±0.05
0.4 ns s	10.7±0.00	10.7±0.00	10.7±0.00	10.73±0.05	10.73±0.05
ค่าความเป็นกรด-ด่าง					
0 ns	3.70±0.00	3.70±0.00	3.70±0.00	3.72±0.02	3.71±0.02
0.2 ns	3.70±0.00	3.72±0.02	3.71±0.02	3.72±0.02	3.74±0.02
0.4 ns	3.72±0.02	3.74±0.02	3.71±0.02	3.72±0.02	3.74±0.02
ปริมาณกรดทั้งหมดคำนวณในรูปของกรดซิตริก (%)					
0	0.47^{b}±0.02	0.47^{b}±0.00	0.52^{a}±0.01	0.52^{a}±0.01	0.51^{a}±0.01
0.2	0.52^{a}±0.01	0.52^{a}±0.01	0.52^{a}±0.01	0.48^{b}±0.02	0.51^{a}±0.00
0.4 ns	0.52±0.01	0.51±0.01	0.48±0.02	0.52±0.01	0.48±0.04

หมายเหตุ ns ในแนวตั้งและแนวนอนหมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P>0.05$); ค่าเฉลี่ยตามด้วยตัวอักษรที่ไม่เหมือนกันในแนวนอน หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P\leq0.05$)

4.2.3 ผลการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส

การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของไวน์แก้วมังกรแบบ numerical scoring โดยผู้ทดสอบที่คุ้นเคยกับการดื่มไวน์จำนวน 5 คน โดยวางแผนการทดลองและวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติแบบสุ่มภายในบลอค (Randomized Completed Block Design, RCBD) พบว่าปริมาณเกล็ดไม้โอ๊คไม่ส่งผลต่อคุณลักษระด้านความใส รสชาติ และการยอมรับ อย่างมีนัยสำคัญ ($P>0.05$) แต่ส่งผลต่อคุณลักษณะทางด้านสีและกลิ่นอย่างมีนัยสำคัญ ($P\leq0.05$) สิ่งทดลองที่ได้รับการรยอมรับมากที่สุดคือ สิ่งทดลองที่เติมเกล็ดไม้โอ๊ค 0.2 % (w/v) ซึ่งได้คะแนนการยอมรับในด้านต่างๆ มากที่สุด ตารางที่ 17

ตารางที่ 17 คะแนนการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของไวน์แก้วมังกรที่ผ่านการบ่มที่อุณหภูมิ 4 °C เป็นระยะเวลา 30 วัน และมีการเติมเกล็ดไม้โอ๊คในระหว่างการบ่มในปริมาณต่างกัน

เกล็ดไม้โอ๊ค	คุณลักษณะ				
(% w/v)	ความใส^{ns}	สี	กลิ่น	รสชาติ^{ns}	การยอมรับ
0	11.80 ± 2.58	11.60^{b} ± 2.07	20.20^{b} ± 7.56	18.40 ± 7.30	5.60^{b} ± 2.50
0.2	12.20 ± 1.78	18.20^{a} ± 2.28	25.40^{a} ± 5.68	18.20 ± 5.44	7.40^{a} ± 1.81
0.4	12.20 ± 2.38	12.00^{b} ± 2.54	21.00^{b} ± 6.81	16.80 ± 7.49	4.80^{b} ± 2.16

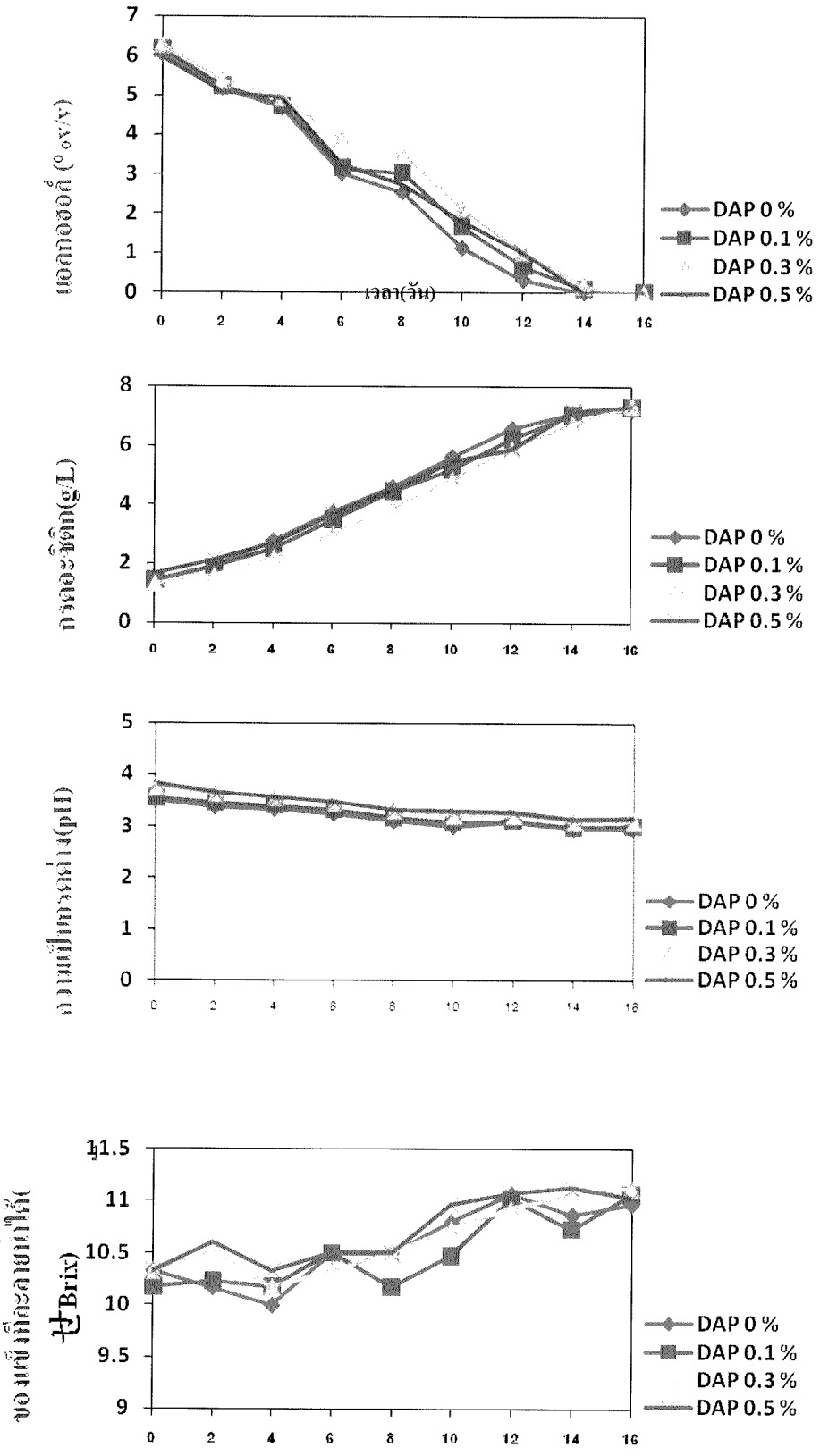
หมายเหตุ ^{ns} ในแนวตั้งหมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P>0.05$); ค่าเฉลี่ยตามด้วยตัวอักษรที่ไม่เหมือนกันในแนวตั้ง หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมี นัยสำคัญ ($P\leq0.05$)

4.3 ผลการผลิตน้ำส้มสายชูหมักจากไวน์แก้วมังกรโดยวิธีการหมักแบบถาด

การทดลองนี้ศึกษาการผลิตน้ำส้มสายชูหมักจากไวน์แก้วมังกรพันธุ์เนื้อแดงเปลือกแดงโดยนำไวน์แก้วมังกรที่ยังไม่บ่มจากการทดลองขั้นต้นมาเป็นวัตถุดิบในการผลิตน้ำส้มสายชูด้วยวิธีการหมักแบบถาดและใช้แบคทีเรีย *Acetobacter pasteurianus* ในการหมัก เพราะผลิตกรดน้ำส้มสายชูได้ในปริมาณสูงและใช้เวลาในการหมักสั้น การทดลองแบ่งออกเป็น 3 ส่วนคือ 1) ศึกษาผลของปริมาณ DAP ต่อการหมักน้ำส้มสายชู 2) ศึกษาปริมาณเบนโทไนท์ที่เหมาะสมในการทำให้น้ำส้มสายชูใส และ 3) ศึกษาการนำน้ำส้มสายชูหมักไปใช้ในผลิตภัณฑ์อาหาร ซึ่งได้ผลการทดลองดังนี้

4.3.1 ผลของ DAP ต่อการผลิตน้ำส้มสายชูหมัก

การหมักน้ำส้มสายชูโดยทั่วไปมักใช้วัตถุดิบที่มีองค์ประกอบทางเคมีที่เหมาะสม เพื่อให้ได้กรดอะซิติกที่มีกลิ่นรสดีดังนั้นวัตถุดิบจึงมีความสำคัญต่อการหมักน้ำส้มสายชู การทดลองนี้ได้ใช้ไวน์แก้วมังกรพันธุ์เนื้อแดงเปลือกแดงเป็นวัตถุดิบหลักในการผลิตน้ำส้มสายชู โดยผันแปรปริมาณ DAP 4 ระดับ คือ 0 0.1 0.3 และ 0.5 % (w/v) ในระหว่างการหมักติดตามการเปลี่ยนแปลงของปริมาณแอลกอฮอล์ ปริมาณกรดทั้งหมดคำนวณในรูปของกรดอะซิติก ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด และค่าความเป็นกรด-ด่าง ได้ผลการทดลองดังภาพที่ 17 พบว่าทุกสิ่งทดลองให้ผลในทิศทางเดียวกันคือ ปริมาณแอลกอฮอล์จะลดลงอย่างรวดเร็วโดยใช้ระยะเวลาในการหมัก 16 วัน เมื่อพิจารณาปริมาณกรดทั้งหมดคำนวณในรูปของกรดอะซิติก ที่ได้พบว่ามีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วซึ่งเป็นผลมาจากกิจกรรมของแบคทีเรีย *A. pasteurianus* ออกซิไดส์แอลกอฮอล์ในสภาพที่มีออกซิเจนไปเป็นกรดอะซิติกจึงทำให้ปริมาณกรดทั้งหมดคำนวณในรูปของกรดอะซิติกเพิ่มมากขึ้น เมื่อสิ้นสุดการหมักพบว่าสิ่งทดลองทั้งหมดมีปริมาณของกรดอะซิติกใกล้เคียงกัน โดยจะอยู่ในช่วง 7.21-7.36 % (w/v) เมื่อพิจารณาค่าความเป็นกรด-ด่าง พบว่าจะลดลงตลอดระยะเวลาของการหมัก เมื่อการหมักสิ้นสุดค่าความเป็นกรด-ด่างของแต่ละสิ่งทดลองอยู่ในช่วง 2.95-3.16 เมื่อพิจารณาปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมดพบว่ามีการเปลี่ยนแปลงน้อยมาก แสดงให้เห็นว่าตลอดระยะเวลาการหมักไม่มีการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ชนิดอื่นๆที่ใช้น้ำตาลและสารอาหารต่างๆ ในการเจริญ



ภาพที่ 17 การเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางเคมีในระหว่างการหมักน้ำส้มสายชูจากไวน์น้ำแก้วมังกรพันธุ์เปลืองแดงเนื้อแดงโดยวิธีการหมักแบบถาด เมื่อเติม DAP ต่างกัน

จากผลการทดลองสรุปได้ว่าการหมักน้ำส้มสายชูจากไวน์แก้วมังกรพันธุ์เนื้อแดงเปลือกแดงโดยวิธีการหมักแบบถาดไม่จำเป็นต้องเติม DAP เพิ่มเติม เนื่องจากปริมาณกรดทั้งหมดคำนวณในรูปของกรดอะซิติกที่ได้ในแต่ละสิ่งทดลองไม่แตกต่างกันมากนัก แสดงให้เห็นว่าไวน์แก้วมังกรพันธุ์เนื้อแดงเปลือกแดงที่ใช้เป็นวัตถุดิบมีแหล่งของไนโตรเจนและสารอาหารอื่นๆเพียงพอต่อการเจริญของแบคทีเรีย *A. pasteurianus* ที่ใช้การหมักน้ำส้มสายชู

4.3.2 ปริมาณเบนโทไนท์ที่เหมาะสมในการทำให้น้ำส้มสายชูใส

การทดลองนี้ได้เลือกใช้เบนโทไนท์ในการทำให้น้ำส้มสายชูใสเพราะเป็นสารที่มีราคาถูกและมีความปลอดภัยค่อนข้างมาก อีกทั้งวิธีการปฏิบัติไม่ยุ่งยาก โดยทดลองเติมสารละลายเบนโทไนท์ความเข้มข้น 5 % (w/v) ในปริมาณที่แตกต่างกัน 4 ระดับ แล้วตั้งทิ้งไว้นาน 2 วัน ทำการวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ เคมี และจุลินทรีย์ทั้งก่อนและหลังการเติมเบนโทไนท์เพื่อหาปริมาณเบนโทไนท์ที่เหมาะสมในการทำให้น้ำส้มสายชูใส ตารางที่ 18 แสดงคุณภาพทางด้านกายภาพของน้ำส้มสายชูที่ได้ก่อนและหลังการเติมเบนโทไนท์ พบว่าปริมาณเบนโทไนท์มีผลต่อค่าความใส (% transmittance ที่ความยาวคลื่นที่ 660 nm) แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยความใสของน้ำส้มสายชูจะมีค่าแปรผันตามกับปริมาณเบนโทไนท์ที่เติมลงไป ก่อนการเติมเบนโทไนท์น้ำส้มสายชูจะมีค่า % transmittance เท่ากับ 1.69 % แต่หลังจากการเติมเบนโทไนท์ ในปริมาณ 1 2 3 และ 4 % (v/v) จะมีค่าเท่ากับ 4.29 5.37 9.48 18.06 % ตามลำดับ ผลการทดลองที่ได้สอดคล้องกับค่า L* (Lightness) หรือค่าความสว่าง พบว่าการเติมเบนโทไนท์มากขึ้นน้ำส้มสายชูจะมีความสว่างมากขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ก่อนการเติมเบนโทไนท์น้ำส้มสายชูจะมีค่า L* เท่ากับ 27.68 แต่หลังจากการเติมเบนโทไนท์ ในปริมาณ 1 2 3 และ 4 % (v/v) จะมีค่าเพิ่มขึ้นเท่ากับ 30.42 32.03 34.44 และ 36.96 ตามลำดับ เมื่อพิจารณาค่า a* ซึ่งเป็นค่าที่บ่งบอกความเป็นสีแดง พบว่าก่อนเติมเบนโทไนท์จะมีค่า a* เท่ากับ 14.40 แต่หลังจากการเติมเบนโทไนท์ 1 2 3 และ 4 % (v/v) ค่า a* จะลดลง แสดงให้เห็นว่าการเติมเบนโทไนท์มากขึ้นมีแนวโน้มทำให้น้ำส้มสายชูมีความเป็นสีแดงน้อยลงโดยมีค่าเท่ากับ 8.87 8.25 7.78 และ 6.80 ตามลำดับ เมื่อพิจารณาค่า b* ซึ่งเป็นค่าที่บ่งบอกความเป็นสีเหลือง พบว่าน้ำส้มสายชูก่อนเติมเบนโทไนท์จะมีค่า b* เท่ากับ 18.88 แต่หลังจากการเติมเบนโทไนท์ ในปริมาณ 1 2 3 และ 4 % (v/v) แล้วตั้งทิ้งไว้นาน 2 วัน พบว่าค่า b* จะเพิ่มขึ้นแสดงให้เห็นว่าการเติมเบนโทไนท์ในปริมาณที่มากขึ้นมีแนวโน้มที่จะทำให้น้ำส้มสายชูมีความเป็นสีเหลืองเพิ่มขึ้นโดยมีค่าเท่ากับ 20.73 20.51 20.13 และ 19.10 ตามลำดับ

ตารางที่ 18 คุณภาพทางกายภาพของน้ำส้มสายชูก่อนและหลังการทำให้ใส เมื่อใช้สารละลายเบนโทไนท์ความเข้มข้น 5 % (w/v) ในปริมาณต่างกัน

เบนโทไนท์ % (v/v)	% transmittance (660 nm)		L*		a*		b*	
	ก่อน[ns]	หลัง	ก่อน[ns]	หลัง	ก่อน[ns]	หลัง	ก่อน[ns]	หลัง
1	1.69 ± 0.00	4.29[d] ± 0.07	27.68 ± 0.00	30.42[d] ± 0.03	14.40 ± 0.00	8.87[a] ± 0.26	18.88 ± 0.00	20.73[a] ± 0.03
2	1.69 ± 0.00	5.37[c] ± 0.05	27.68 ± 0.00	32.03[c] ± 0.13	14.40 ± 0.00	8.25[b] ± 0.34	18.88 ± 0.00	20.51[b] ± 0.05
3	1.69 ± 0.00	9.48[b] ± 0.04	27.68 ± 0.00	34.44[b] ± 0.03	14.40 ± 0.00	7.78[c] ± 0.08	18.88 ± 0.00	20.13[c] ± 0.13
4	1.69 ± 0.00	18.06[a] ± 0.03	27.68 ± 0.00	36.96[a] ± 0.02	14.40 ± 0.00	6.80[d] ± 0.81	18.88 ± 0.00	19.10[d] ± 0.05

หมายเหตุ [ns] ในแนวตั้งหมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P>0.05$); ค่าเฉลี่ยตามด้วยตัวอักษรที่ไม่เหมือนกันในแนวตั้ง หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P\leq0.05$)

ตารางที่ 19 แสดงค่าคุณภาพทางด้านเคมีและจุลินทรีย์ของน้ำส้มสายชูที่ได้ก่อนและหลังการเติมเบนโทไนท์ในปริมาณที่ต่างกัน พบว่าการเติมเบนโทไนท์มีผลต่อคุณภาพทางเคมีและจุลินทรีย์ของน้ำส้มสายชูเพียงเล็กน้อย เมื่อพิจารณาปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดก่อนและหลังการเติมเบนโทไนท์พบว่ามีค่าน้อยกว่า 1 CFU/mL แสดงให้เห็นว่าการทำลายจุลินทรีย์ก่อนการเติมเบนโทไนท์ โดยการให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 60 ° C นาน 15 นาที เป็นวิธีที่สามารถฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ที่มีอยู่ในส้มสายชูได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ตารางที่ 19 คุณภาพทางด้านเคมีและจุลินทรีย์ของน้ำส้มสายชูก่อนและหลังการทำให้ใส เมื่อใช้สารละลายเบนโทไนท์ความเข้มข้น 5 % (w/v) ในปริมาณที่ต่างกัน

เบนโทไนท์ % (v/v)	แอลกอฮอล์ % (v/v)		ปริมาณกรดทั้งหมด คำนวณในรูปกรดอะซิติก % (w/v)		ความเป็นกรด-ด่าง (pH)		ของแข็งที่ละลายน้ำได้ (° Brix)		น้ำตาลรีดิวส์ (g/L)		จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด (CFU/mL)	
	ก่อน[ns]	หลัง[ns]	ก่อน[ns]	หลัง	ก่อน[ns]	หลัง	ก่อน[ns]	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน[ns]	หลัง[ns]
1	0.00 ±0.00	0.00 ±0.00	7.69 ±0.00	7.83[a] ±0.05	2.95 ±0.00	2.90[b] ±0.01	11.0 ±0.00	10.5[b] ±0.20	0.57[a] ±0.03	0.48[a] ±0.06	< 1 ±0.00	< 1 ±0.00
2	0.00 ±0.00	0.00 ±0.00	7.69 ±0.00	7.67[b] ±0.09	2.95 ±0.00	2.91[a] ±0.01	11.0 ±0.00	10.6[a] ±0.20	0.57[b] ±0.01	0.51[a] ±0.04	< 1 ±0.00	< 1 ±0.00
3	0.00 ±0.00	0.00 ±0.00	7.69 ±0.00	7.48[b] ±0.08	2.95 ±0.00	2.91[ab] ±0.01	11.0 ±0.00	10.5[a] ±0.15	0.57[b] ±0.02	0.71[a] ±0.20	< 1 ±0.00	< 1 ±0.00
4	0.00 ±0.00	0.00 ±0.00	7.69 ±0.00	7.49[b] ±0.24	2.95 ±0.00	2.93[a] ±0.01	11.0 ±0.00	10.5[a] ±0.10	0.57[b] ±0.02	0.54[a] ±0.11	< 1 ±0.00	< 1 ±0.00

หมายเหตุ [ns] ในแนวตั้งหมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P>0.05$); ค่าเฉลี่ยตามด้วย
ตัวอักษรที่ไม่เหมือนกันในแนวตั้ง หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P\leq0.05$)

4.3.3 ผลการศึกษาการนำน้ำส้มสายชูหมักไปใช้ในผลิตภัณฑ์อาหาร

ผู้วิจัยได้ทดลองนำน้ำส้มสายชูที่ผลิตได้มาพัฒนาเป็นน้ำสลัดผักชนิดน้ำใสและชนิดน้ำข้นแล้วนำไปทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสกับผู้ทดสอบจำนวน 50 คน โดยวิธี 9 Points Hedonic Scaling (1 = ไม่ชอบมากที่สุด 9 = ชอบมากที่สุด) ในด้านต่างๆ ได้ผลการทดลองดังตารางที่ 20 พบว่าผู้ทดสอบให้การยอมรับน้ำสลัดชนิดน้ำใสทั้งสองสูตรในด้านต่างๆ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ตารางที่ 20 คะแนนเฉลี่ยทางด้านประสาทสัมผัส ลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสเปรี้ยว ความชอบโดยรวมของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์น้ำสลัดในแต่ละสูตร

สูตรที่	คุณลักษณะทางประสาทสัมผัส				
	ลักษณะปราฏฏ	สี	กลิ่น	รสเปรี้ยว	ความชอบโดยรวม
1	$7.84^{a} \pm 0.87$	$7.56^{a} \pm 0.88$	$7.38^{a} \pm 1.34$	$7.06^{a} \pm 1.49$	$7.56^{a} \pm 1.05$
2	$7.52^{ab} \pm 0.84$	$7.18^{b} \pm 0.77$	$6.78^{b} \pm 1.11$	$6.60^{b} \pm 1.07$	$6.84^{b} \pm 0.98$
3	$7.26^{b} \pm 0.85$	$7.24^{ab} \pm 0.89$	$7.54^{a} \pm 1.04$	$7.42^{a} \pm 0.91$	$7.70^{a} \pm 0.74$
4	$6.20^{c} \pm 0.90$	$6.24^{c} \pm 0.98$	$6.18^{c} \pm 1.24$	$6.24^{b} \pm 0.73$	$6.84^{b} \pm 0.74$

สูตรที่ 1 สลัดน้ำใส + น้ำส้มสายชูจากไวน์แก้วมังกร
สูตรที่ 2 สลัดน้ำใส + น้ำส้มสายชูตราทิพรส
สูตรที่ 3 สลัดน้ำข้น + น้ำส้มสายชูจากไวน์แก้วมังกร
สูตรที่ 4 สลัดน้ำข้น + น้ำส้มสายชูตราทิพรส

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยตามด้วยตัวอักษรที่ไม่เหมือนกันในแนวตั้ง หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$)

เมื่อพิจารณาลักษณะปรากฏ และ สี ของน้ำสลัด พบว่าผู้บริโภคให้การยอมรับสูตรที่ 1 มากที่สุดโดยมีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 7.84 และ 7.56 ตามลำดับ ผู้ทดสอบให้ความเห็นว่าน้ำสลัดสูตรดังกล่าวมีกลิ่นฉุนของน้ำส้มสายชูน้อยกว่าและมีกลิ่นรสที่ดีกว่าสูตรอื่นๆ เมื่อพิจารณาคุณลักษณะด้านกลิ่นและ

รสเปรี้ยวพบว่าผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบสูตรที่ 1 และสูตรที่ 2 ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยผู้ทดสอบให้ความเห็นว่าน้ำสลัดสูตรดังกล่าวมีรสเปรี้ยวพอดีและมีรสหวานพอดี น้ำสลัดสูตรที่ 2 และ สูตรที่ 2 ซึ่งใช้น้ำส้มสายชูไวน์จากแก้วมังกรพันธุ์เนื้อแดงเปลือกแดงเป็นส่วนผสมได้คะแนนเฉลี่ยในด้านความชอบโดยรวมมากที่สุดโดยมีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 7.70 และ 7.56 ตามลำดับ

4.4 ผลการผลิตเซลลูโลสจากแบคทีเรียเมื่อใช้น้ำแก้วมังกรเป็นวัตถุดิบ

4.4.1 สภาวะที่เหมาะในการผลิตเซลลูโลสจากแบคทีเรีย

จากการศึกษาสภาวะที่เหมาะในการผลิตเซลลูโลสจากแบคทีเรียเมื่อใช้น้ำแก้วมังกรเป็นวัตถุดิบร่วมกับน้ำมะพร้าว โดยศึกษา 3 ปัจจัย ได้แก่ อัตราส่วนของน้ำแก้วมังกรต่อน้ำมะพร้าว (5 : 5, 7 : 3 และ 9 : 1) ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (8 และ10 °Brix) และความเข้มข้นของแอมโมเนียมซัลเฟต (0, 0.5 และ 1.0 % (w/v)) ทำการบ่มที่อุณหภูมิ 30 °C เป็นเวลา 7 วัน เมื่อสิ้นสุดการหมักนำแผ่นวุ้นมาวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพและทางเคมีที่ผลิตได้ ได้ผลการทดลองดังตารางที่ 21 พบว่าแผ่นวุ้นที่ได้มีสีแดงเข้ม (ภาพที่ 18-20) ซึ่งเกิดจากรงควัตถุเบต้าไซยานิน หรือ เบตาเลน ที่ให้สีแดง-ม่วง (Cai, Sun, & Cork, 2005, pp. 360-370) โดยบริเวณผิวหน้าของแผ่นวุ้นด้านที่สัมผัสกับอากาศจะมีลักษณะเรียบเนียนและมีลักษณะเป็นมันวาว เนื่องจากเป็นบริเวณที่มีปริมาณออกซิเจนเพียงพอต่อการสร้างเซลลูโลสจึงทำให้เกิดการอัดตัวกันแน่นของเส้นใยเซลลูโลส ในขณะที่ผิวหน้าของแผ่นวุ้นด้านที่สัมผัสกับน้ำหมักมีลักษระไม่เรียบเนียนซึ่งเป็นผลมาจากออกซิเจนไม่เพียงพอต่อการผลิตเซลลูโลส (เยาวพา สุวัติถิ, 2540) เซลลูโลสที่ผลิตได้เป็นโฮโมโพลีเมอร์ที่เกิดจากหน่วยย่อยของน้ำตาล D–กลูโคส เชื่อมต่อกันด้วยพันธะ α–1, 4 ไกลโคซิดิก มีลักษณะเป็นสายโซ่ยาว ประกอบด้วยหน่วยของน้ำตาลกลูโคสก่อตัวเรียงกันตั้งแต่ 100-15000 หน่วย จึงเกิดเป็นเส้นใยเล็กๆ เรียกว่าไมโครไฟบริล และละเอียดทำให้โครงสร้างแข็งแรง ไม่สามารถทำให้ขาดได้ด้วยมือเปล่า (Cousins & Brown, 1995, pp. 3,885-3,888)

(ก) (ข) (ค)

(ง) (จ) (ฉ)

ภาพที่ 18 ลักษณะแผ่นวุ้นเมื่อใช้อัตราส่วนของน้ำแก้วมังกรต่อน้ำมะพร้าว เท่ากับ 50:50 % (v/v)

(ก) 8 °Brix แอมโมเนียมซัลเฟต 0 % (w/v)

(ข) 8 °Brix แอมโมเนียมซัลเฟต 0.5 % (w/v)

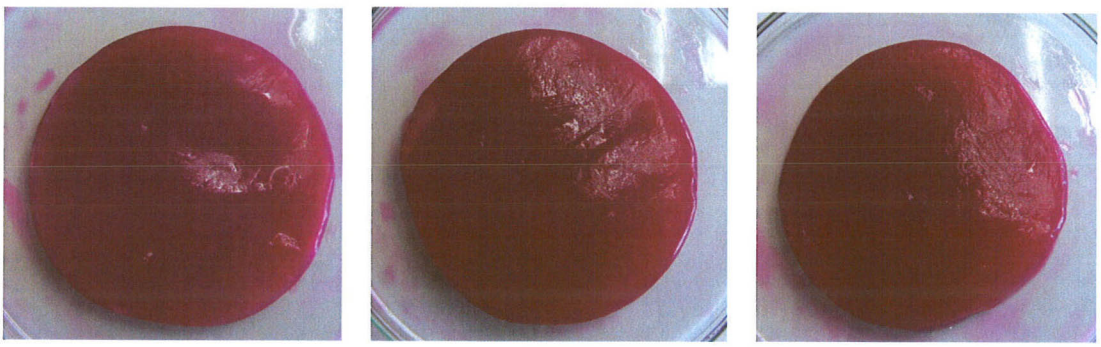
(ค) 8 °Brix แอมโมเนียมซัลเฟต 1.0 % (w/v)

(ง) 10 °Brix แอมโมเนียมซัลเฟต 0 % (w/v)

(จ) 10 °Brix แอมโมเนียมซัลเฟต 0.5 % (w/v)

(ฉ) 10 °Brix แอมโมเนียมซัลเฟต 1.0 % (w/v)

(ก) (ข) (ค)



(ง) (จ) (ฉ)

ภาพที่ 19 ลักษณะแผ่นวุ้น เมื่อใช้อัตราส่วนของน้ำแก้วมังกรต่อน้ำมะพร้าว เท่ากับ 70:30 % (v/v)

(ก) 8 °Brix แอมโมเนียมซัลเฟต 0 % (w/v)

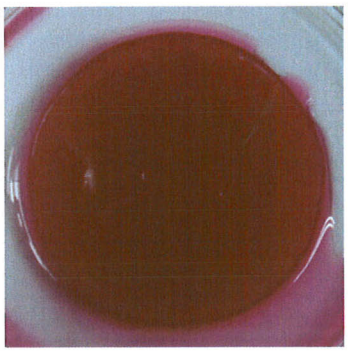
(ข) 8 °Brix แอมโมเนียมซัลเฟต 0.5 % (w/v)

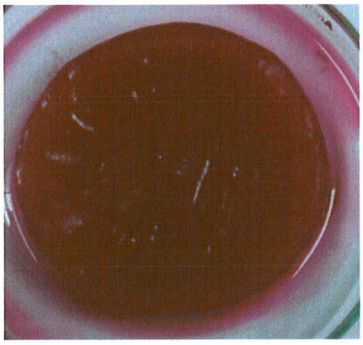
(ค) 8 °Brix แอมโมเนียมซัลเฟต 1.0 % (w/v)

(ง) 10 °Brix แอมโมเนียมซัลเฟต 0 % (w/v)

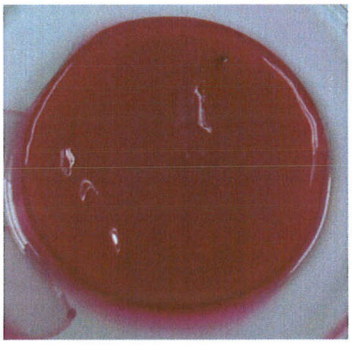
(จ) 10 °Brix แอมโมเนียมซัลเฟต 0.5 % (w/v)

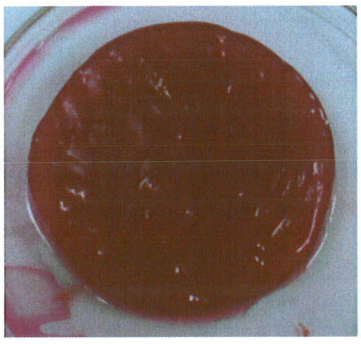
(ฉ) 10 °Brix แอมโมเนียมซัลเฟต 1.0 % (w/v)

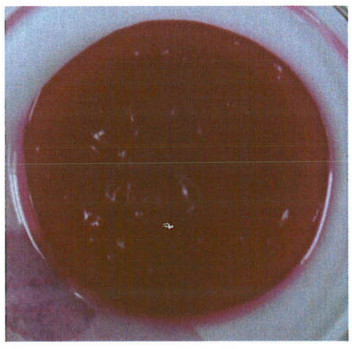

(ก)


(ข)

(ค)


(ง)


(จ)


(ฉ)

ภาพที่ 20 ลักษณะแผ่นวุ้น เมื่อใช้อัตราส่วนของน้ำแก้วมังกรต่อน้ำมะพร้าว เท่ากับ 90:10 % (v/v)

(ก) 8 °Brix แอมโมเนียมซัลเฟต 0 % (w/v)

(ข) 8 °Brix แอมโมเนียมซัลเฟต 0.5 % (w/v)

(ค) 8 °Brix แอมโมเนียมซัลเฟต 1.0 % (w/v)

(ง) 10 °Brix แอมโมเนียมซัลเฟต 0 % (w/v)

(จ) 10 °Brix แอมโมเนียมซัลเฟต 0.5 % (w/v)

(ฉ) 10 °Brix แอมโมเนียมซัลเฟต 1.0 % (w/v)

ตารางที่ 21 คุณภาพทางกายภาพและเคมีของแผ่นวุ้นเซลลูโลสจากแบคทีเรียเมื่อใช้อัตราส่วนน้ำแก้วมังกรต่อน้ำมะพร้าว ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดและความเข้มข้นของแอมโมเนียมซัลเฟตที่ระดับต่างๆ

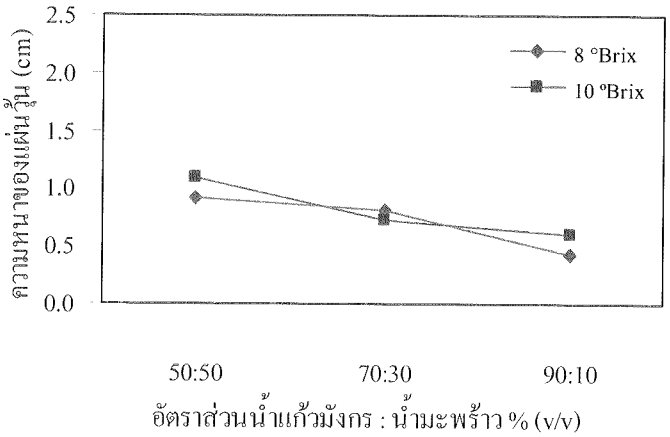
สิ่งทดลอง	น้ำแก้วมังกร:น้ำมะพร้าว , TSS , $(NH_4)_2SO_4$	ความหนา (เซนติเมตร)	น้ำหนักเปียก (กรัม)	ค่าสี			ปริมาณเซลลูโลส (กรัมน้ำหนักแห้ง/ลิตร)	อัตราการผลิตเซลลูโลส (กรัมน้ำหนักแห้ง/ลิตร/วัน)
				L* (ค่าความสว่าง)	a* (ค่าสีแดง)	b* (ค่าสีน้ำเงิน)		
1	5:5 , 8 , 0	0.93 ^{cde} ± 0.26	39.95 ^{bcdef} ± 1.40	20.11^{cde} ± 2.36	32.17 ^{e} ± 7.92	-15.87^{ghi} ± 2.83	237.30 ^{gh} ± 56.46	33.90 ^{gh} ± 8.07
2	5:5 , 8 , 0.5	1.33 ^{b} ± 0.28	42.96 ^{abcd} ± 1.63	15.76^{fg} ± 0.95	44.18 ^{ab} ± 1.51	-14.07^{fg} ± 1.24	346.62 ^{bcd} ± 12.21	49.52 ^{bcd} ± 1.74
3	5:5 , 8 , 1.0	1.54 ^{ab} ± 0.11	40.39 ^{bcde} ± 6.39	13.70^{ghi} ± 4.16	39.21 ^{b} ± 2.14	-14.51^{fgh} ± 1.60	287.84 ^{ef} ± 14.96	41.12 ^{ef} ± 2.13
4	5:5 , 10 , 0	1.10 ^{c} ± 0.23	35.65 ^{defgh} ± 5.96	20.13^{cde} ± 1.03	25.20 ^{def} ± 5.00	-16.42^{hi} ± 0.73	190.85 ^{hi} ± 32.42	27.26 ^{hi} ± 4.63
5	5:5 , 10 , 0.5	1.65 ^{a} ± 0.07	37.00 ^{cdefg} ± 5.91	15.31^{fgh} ± 1.48	41.89 ^{ab} ± 1.33	-17.60^{hi} ± 1.25	330.309 ^{cde} ± 11.56	47.19 ^{cde} ± 1.65
6	5:5 , 10 , 1.0	1.53 ^{ab} ± 0.06	34.74 ^{efgh} ± 3.25	15.20^{fgh} ± 0.96	41.62 ^{ab} ± 1.11	-14.88^{fgh} ± 0.48	307.30 ^{def} ± 17.05	43.90 ^{def} ± 2.44
7	7:3 , 8 , 0	0.82 ^{def} ± 0.03	37.19 ^{cdefg} ± 4.26	25.27^{b} ± 2.73	22.47 ^{def} ± 5.26	-17.70^{i} ± 1.83	170.21 ^{ij} ± 45.75	24.32 ^{ij} ± 6.54
8	7:3 , 8 , 0.5	1.62 ^{a} ± 0.01	44.68 ^{abc} ± 2.70	12.49^{ghi} ± 0.40	46.51 ^{a} ± 0.26	-13.99^{fg} ± 0.39	352.77 ^{bcd} ± 19.05	50.40 ^{bcd} ± 2.72
9	7:3 , 8 , 1.0	1.71 ^{a} ± 0.11	39.48 ^{bcdefg} ± 8.67	13.43^{ghi} ± 1.61	46.97 ^{a} ± 1.15	-13.97^{fg} ± 0.14	323.72 ^{bc} ± 27.19	52.44 ^{bc} ± 3.88
10	7:3 , 10 , 0	0.73 ^{def} ± 0.16	40.73 ^{bcde} ± 2.80	20.73^{cde} ± 1.64	24.38 ^{def} ± 4.33	-17.58^{i} ± 1.29	164.03 ^{ij} ± 20.91	23.43 ^{ij} ± 2.99
11	7:3 , 10 , 0.5	1.56 ^{a} ± 0.03	47.17 ^{ab} ± 2.53	12.14^{hi} ± 0.48	45.56 ^{ab} ± 1.37	-12.60^{ef} ± 0.51	388.86 ^{ab} ± 38.72	55.55 ^{ab} ± 5.53
12	7:3 , 10 , 1.0	1.63 ^{a} ± 0.11	49.87 ^{a} ± 3.20	10.43^{i} ± 1.37	44.83 ^{ab} ± 0.15	-12.67^{ef} ± 2.13	419.39 ^{a} ± 21.31	59.91 ^{a} ± 3.04
13	9:1 , 8 , 0	0.44 ^{g} ± 0.02	32.31 ^{fgh} ± 2.85	32.82^{a} ± 1.49	14.22 g ± 0.87	-10.59^{de} ± 0.29	142.51 ^{ij} ± 8.83	20.36 ^{ij} ± 1.26
14	9:1 , 8 , 0.5	0.97 ^{cd} ± 0.05	32.04 ^{fgh} ± 2.51	21.50^{cde} ± 0.68	28.50 ^{cd} ± 0.71	-8.08^{bc} ± 1.28	296.19 ^{ef} ± 14.72	42.31 ^{fg} ± 2.10
15	9:1 , 8 , 1.0	0.72 ^{ef} ± 0.08	31.66 ^{gh} ± 2.99	22.62^{bc} ± 2.72	21.76 ^{ef} ± 1.86	-9.15^{cd} ± 0.74	230.59 ^{gh} ± 13.85	32.94 ^{gh} ± 1.98
16	9:1 , 10 , 0	0.62 ^{fg} ± 0.01	32.31 ^{fgh} ± 3.87	21.89^{cd} ± 1.79	19.17 ^{fg} ± 1.35	-9.11^{cd} ± 0.91	195.72 ^{hi} ± 17.46	27.96 ^{hi} ± 2.49
17	9:1 , 10 , 0.5	0.89 ^{cde} ± 0.07	28.86 ^{h} ± 3.39	19.12^{de} ± 1.29	23.92 ^{def} ± 7.40	-6.78^{b} ± 1.10	269.14 ^{fg} ± 27.16	38.45 ^{fg} ± 3.88
18	9:1 , 10 , 1.0	0.91 ^{cde} ± 0.05	33.61 ^{efgh} ± 2.59	18.36^{ef} ± 1.93	26.20 ^{cde} ± 1.74	-5.44^{a} ± 0.77	264.45 ^{fg} ± 17.14	37.78 ^{fg} ± 2.45

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยตามด้วยตัวอักษรที่ไม่เหมือนกันในแนวตั้ง หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$)

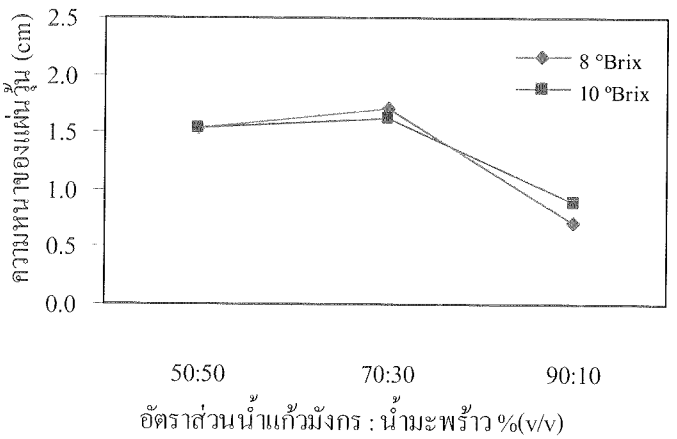
4.4.1.1 ความหนา

ผลการวิเคราะห์ความหนาของแผ่นวุ้นเซลลูโลส(ตารางที่ 20) พบว่าอัตราส่วนของน้ำแก้วมังกรต่อน้ำมะพร้าว ความเข้มข้นของแอมโมเนียมซัลเฟต มีผลต่อความหนาของแผ่นวุ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) โดยพบอิทธิพลร่วมระหว่างอัตราส่วนของน้ำแก้วมังกรต่อน้ำมะพร้าว กับ ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด จากภาพที่ 21 พบว่าการเติมแอมโมเนียมซัลเฟตทุกระดับให้ผลการทดลองในทิศทางเดียวกัน กล่าวคือ เมื่อปริมาณน้ำแก้วมังกรเพิ่มขึ้นความหนาของแผ่นวุ้นมีแนวโน้มลดลง ในขณะที่การปรับปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดจาก 8 ไปเป็น 10 °Brix ความหนาของแผ่นวุ้นมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น โดยสิ่งทดลองที่ 9 ซึ่งใช้อัตราส่วนของน้ำแก้วมังกรต่อน้ำมะพร้าว เท่ากับ 70:30 % (w/w) ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดเท่ากับ 8 °Brix และความเข้มข้นของแอมโมเนียมซัลเฟต 1.0 % (w/v) แผ่นวุ้นจะมีความหนามากที่สุด ซึ่งมีความแตกต่างจากสิ่งทดลองที่ปรับปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดเท่ากับ 10 °Brix (สิ่งทดลองที่ 12) เพียงเล็กน้อยเท่านั้น แสดงให้เห็นว่าการลดปริมาณน้ำแก้วมังกรแต่เพิ่มปริมาณน้ำมะพร้าวให้มากขึ้นแผ่นวุ้นจะมีความหนามากขึ้น เนื่องจากน้ำมะพร้าวอุดมไปด้วย คาร์โบไฮเดรต โปรตีน แร่ธาตุ และฮอร์โมนที่สำคัญซึ่งจำเป็นต่อการเจริญของแบคทีเรียและเป็นวัตถุดิบที่สำคัญที่ใช้ในการผลิตเซลลูโลส ดังนั้นเมื่อเพิ่มปริมาณน้ำแก้วมังกรที่มีสารอาหารและแหล่งคาร์บอนในปริมาณที่น้อยกว่าจึงทำให้ความสามารถในการผลิตเซลลูโลสของแบคทีเรียลดลง เมื่อพิจารณาอิทธิพลร่วมระหว่างอัตราส่วนของน้ำแก้วมังกรต่อน้ำมะพร้าว กับความเข้มข้นของแอมโมเนียมซัลเฟต (ภาพที่ 22) พบว่าการปรับปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดของน้ำหมักเริ่มต้นเท่ากับ 8 และ 10 °Brix ให้ผลการทดลองในทิศทางเดียวกัน กล่าวคือเมื่อปริมาณน้ำแก้วมังกรมากขึ้นความหนาของแผ่นวุ้นมีแนวโน้มลดลง แต่เมื่อเพิ่มความเข้มข้นของแอมโมเนียมซัลเฟตมากขึ้น ความหนาของแผ่นวุ้นกลับมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น โดยสิ่งทดลองที่ใช้น้ำแก้วมังกรต่อน้ำมะพร้าว เท่ากับ 70:30 % (w/w) ความเข้มข้นของแอมโมเนียมซัลเฟตเท่ากับ 1.0 % (w/v) (สิ่งทดลองที่ 9 และ 12) แผ่นวุ้นจะมีความหนาสูงที่สุด

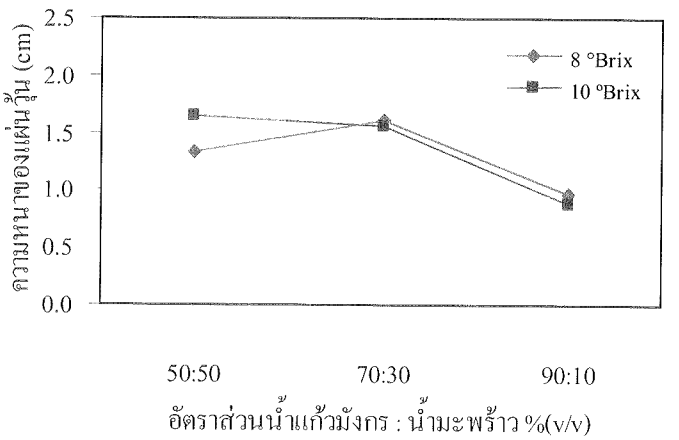
(ก)



(ข)



(ค)



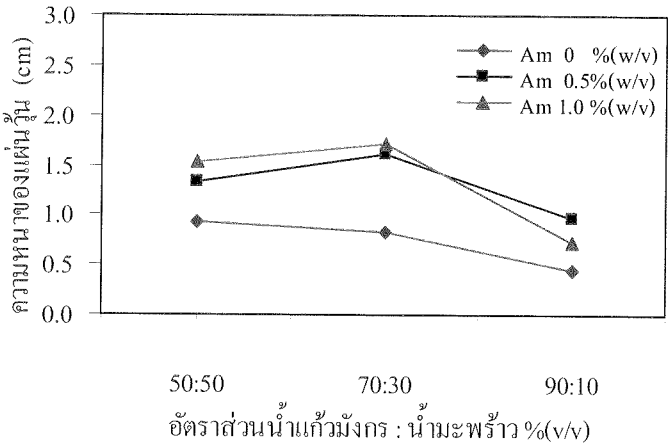
ภาพที่ 21 ความหนาของแผ่นวุ้นเซลลูโลสที่ได้จากการผันแปรอัตราของส่วนน้ำแก้วมังกรต่อน้ำมะพร้าวและปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด

(ก) ความเข้มข้นของแอมโมเนียมซัลเฟต 0 % (w/v)

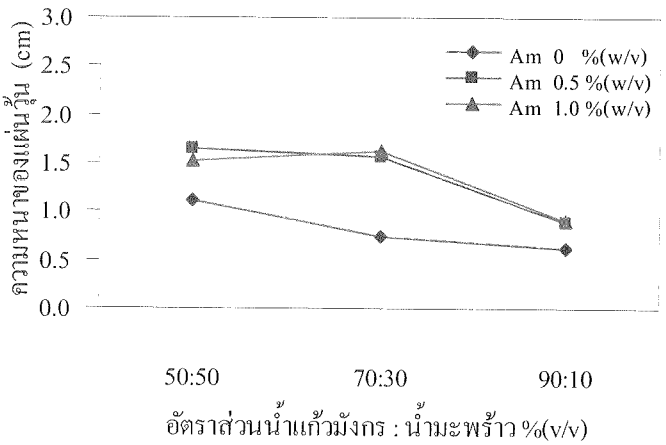
(ข) ความเข้มข้นของแอมโมเนียมซัลเฟต 0.5 % (w/v)

(ค) ความเข้มข้นของแอมโมเนียมซัลเฟต 1.0 % (w/v)

(ก)



(ข)



ภาพที่ 22 ความหนาของแผ่นวุ้นเซลลูโลสที่ได้จากการผันแปรอัตราส่วนของน้ำแก้วมังกรต่อน้ำมะพร้าว และ ความเข้มข้นของแอมโมเนียมซัลเฟต

(ก) ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดของน้ำหมักเริ่มต้น 8 °Brix

(ข) ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดของน้ำหมักเริ่มต้น 10 °Brix

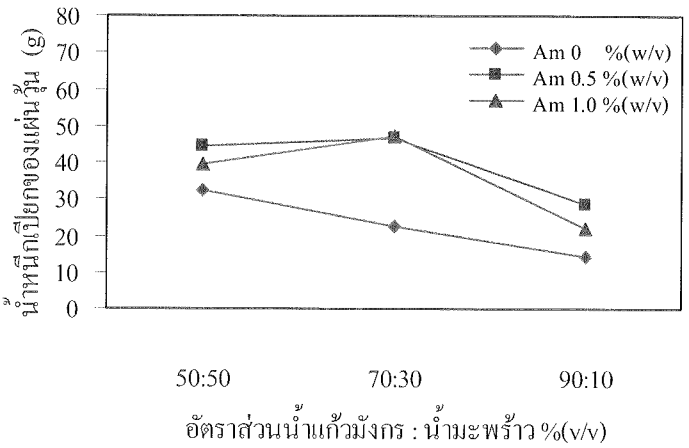
หมายเหตุ: Am หมายถึง Ammonium sulphate

4.4.1.2 น้ำหนักเปียก

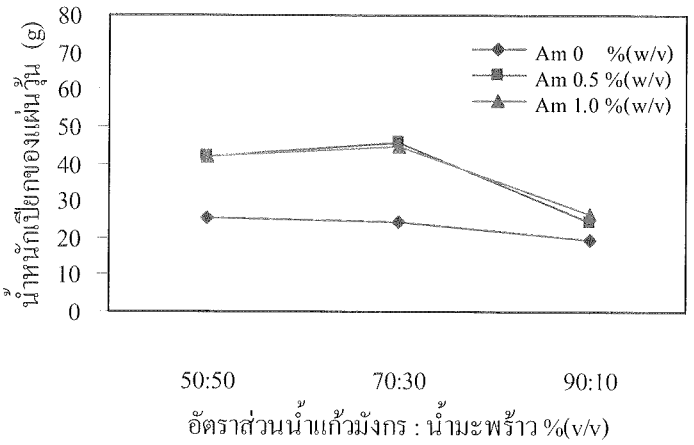
จากตารางที่ 20 พบว่าอัตราส่วนของน้ำแก้วมังกรต่อน้ำมะพร้าว ความเข้มข้นของแอมโมเนียมซัลเฟต มีผลต่อน้ำหนักเปียกของแผ่นวุ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) โดยพบอิทธิพลร่วมระหว่างสองปัจจัย (ภาพที่ 23) การปรับปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดของน้ำหมักเริ่มต้นเท่ากับ 8 และ 10 °Brix ให้ผลการทดลองในทิศทางเดียวกัน กล่าวคือ เมื่อปริมาณน้ำแก้วมังกรมากขึ้นน้ำหนักเปียกของแผ่นวุ้นมีแนวโน้มลดลง แต่เมื่อเพิ่มความเข้มข้นของแอมโมเนียมซัลเฟต

น้ำหนักเปียกของแผ่นวุ้นมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น โดยสิ่งทดลองที่ใช้อัตราส่วนของน้ำแก้วมังกรต่อน้ำมะพร้าว เท่ากับ 70:30 % (w/w) ปริมาณแอมโมเนียมซัลเฟตเท่ากับ 0.5 และ 1.0 % (w/v) ปริมาณน้ำหนักเปียกของแผ่นวุ้นที่ได้จะมีค่าสูงสุดและใกล้เคียงกันมาก ปราโมทย์ ธรรมรัตน์, สมคิด ธรรมรัตน์, มัณฑนา ร่วมรักษ์, สิริพร สธนเสาวภาคย์, และจารุวรรณ์ ศิริพรรณพร. (2544) กล่าวว่าการเติมสารประกอบไนโตรเจนจะช่วยเร่งการผลิตเซลลูโลสจากแบคทีเรียให้ได้ความหนาเพิ่มขึ้นในระยะเวลาสั้น สารประกอบไนโตรเจนที่นิยมใช้ คือ แอมโมเนียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟตหรือแอมโมเนียมซัลเฟตปริมาณ 0.5 – 0.6 % เนื่องจากไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบของเซลล์แบคทีเรียประมาณ 8-10 % ของน้ำหนักแห้ง ดังนั้น *Acetobacter xylinum* จึงมีความต้องการไนโตรเจนเพื่อใช้ในการเจริญและการสร้างเซลลูโลสถึงแม้ว่าในธรรมชาติน้ำมะพร้าวจะมีโปรตีนในรูปที่แบคทีเรียสามารถนำไปใช้ในการเจริญได้ง่ายแต่การเติมสารที่เป็นแหล่งไนโตรเจนโดยเฉพาะสารที่อยู่ในรูปของแอมโมเนียมจะช่วยเร่งการเจริญและการสร้างวุ้นของแบคทีเรีย *A. xylinum* ให้เร็วขึ้น

(ก)



(ข)



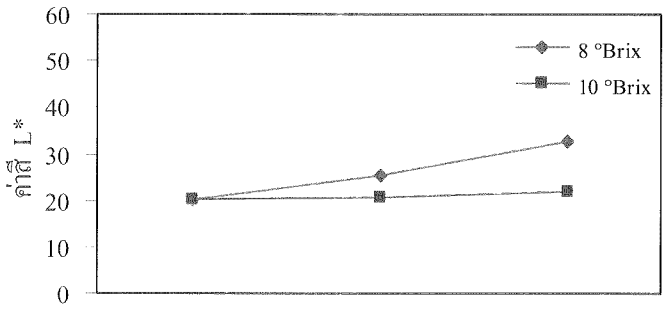
ภาพที่ 23 น้ำหนักเปียกของแผ่นวุ้นเซลลูโลสที่ได้จากการผันแปรอัตราส่วนของน้ำแก้วมังกรต่อน้ำมะพร้าวและความเข้มข้นของแอมโมเนียมซัลเฟต

(ก) ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดของน้ำหมักเริ่มต้น 8 °Brix

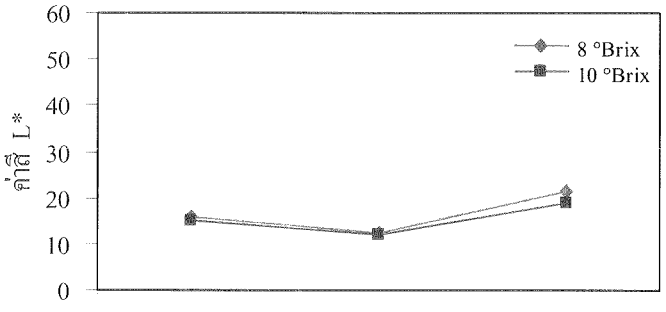
(ข) ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดของน้ำหมักเริ่มต้น 10 °Brix

หมายเหตุ: Am หมายถึง Ammonium sulphate

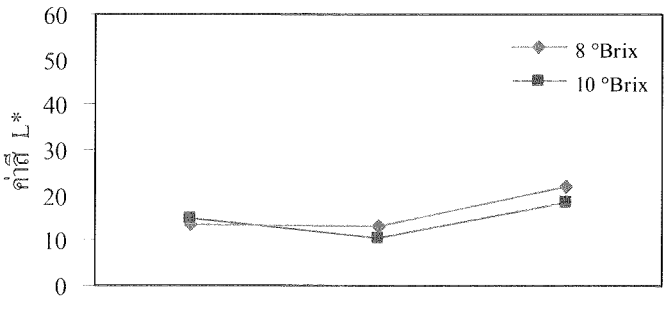
(ก)



(ข)



(ค)



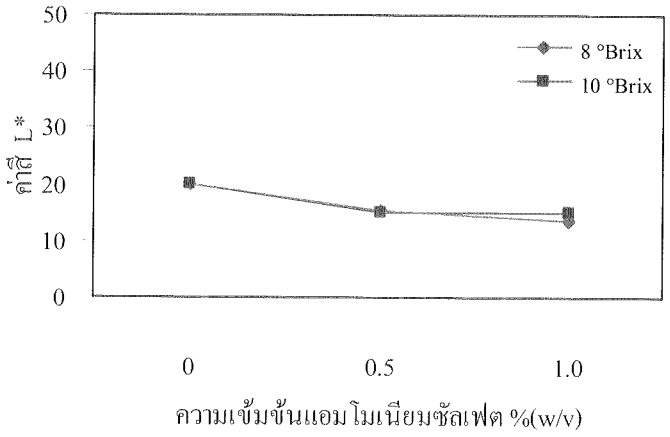
ภาพที่ 24 ค่าสี L* (ค่าความสว่าง) ของแผ่นวุ้นเซลลูโลสที่ได้จากการผันแปรอัตราส่วนของน้ำแก้วมังกรต่อน้ำมะพร้าว และปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด

(ก) ความเข้มข้นของแอมโมเนียมซัลเฟต 0 % (w/v)

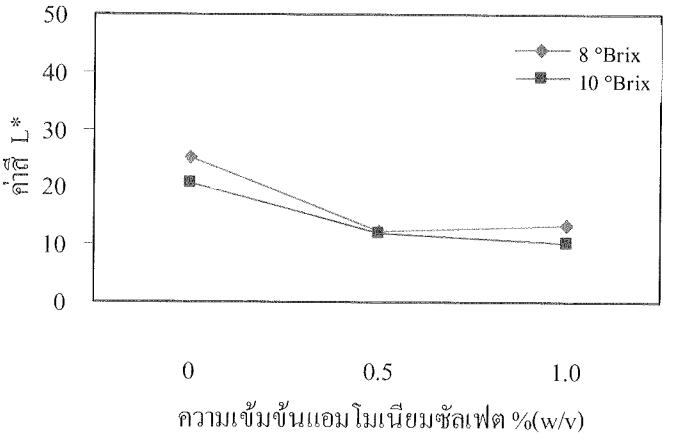
(ข) ความเข้มข้นของแอมโมเนียมซัลเฟต 0.5 % (w/v)

(ค) ความเข้มข้นของแอมโมเนียมซัลเฟต 1.0 % (w/v)

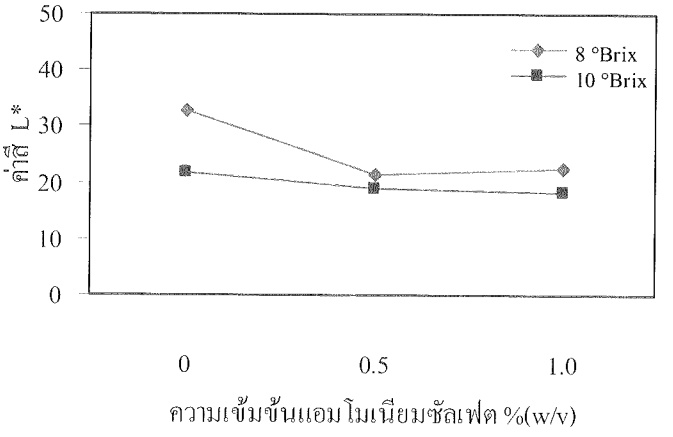
(ก)



(ข)



(ค)

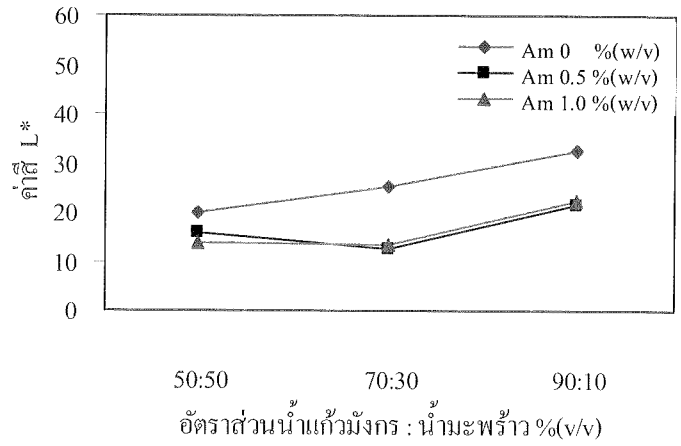


ภาพที่ 25 ค่าสี L* (ค่าความสว่าง) ของแผ่นวุ้นเซลลูโลสที่ได้จากการผันแปรความเข้มข้นของแอมโมเนียมซัลเฟต และปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด

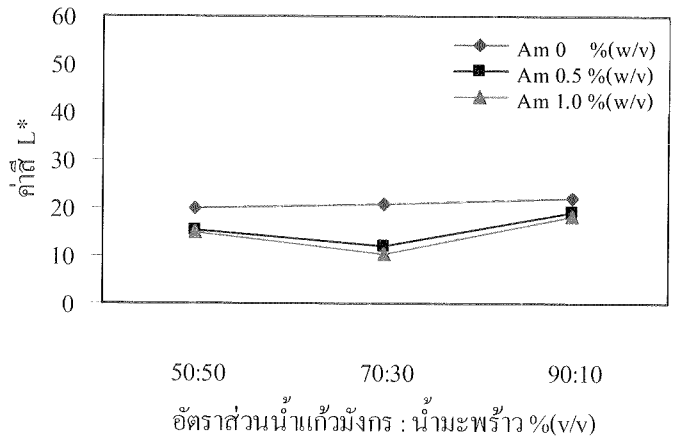
(ก) อัตราส่วนของน้ำแก้วมังกรต่อน้ำมะพร้าว เท่ากับ 50:50 % (v/v)

(ข) อัตราส่วนของน้ำแก้วมังกรต่อน้ำมะพร้าว เท่ากับ 70:30 % (v/v)

(ค) อัตราส่วนของน้ำแก้วมังกรต่อน้ำมะพร้าว เท่ากับ 90:10 % (v/v)



(ข)



ภาพที่ 26 ค่าสี L* (ค่าความสว่าง) ของแผ่นวุ้นเซลลูโลสที่ได้จากการผันแปรอัตราส่วนของน้ำแก้วมังกรต่อน้ำมะพร้าว และความเข้มข้นของแอมโมเนียมซัลเฟต

(ก) ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดของน้ำหมักเริ่มต้น 8 °Brix

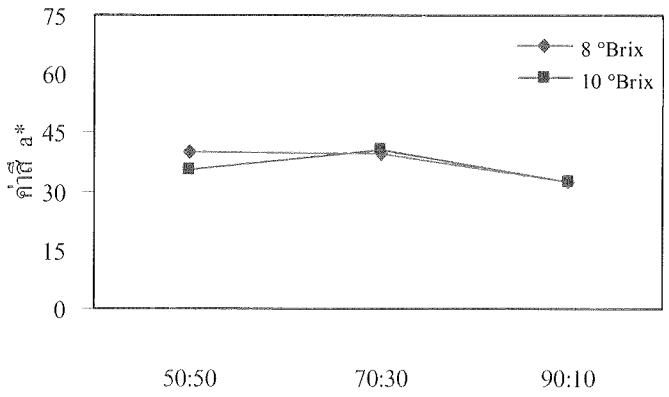
(ข) ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดของน้ำหมักเริ่มต้น 10 °Brix

หมายเหตุ: Am หมายถึง Ammonium sulphate

2) ค่าสี a* (ค่าสีแดง)

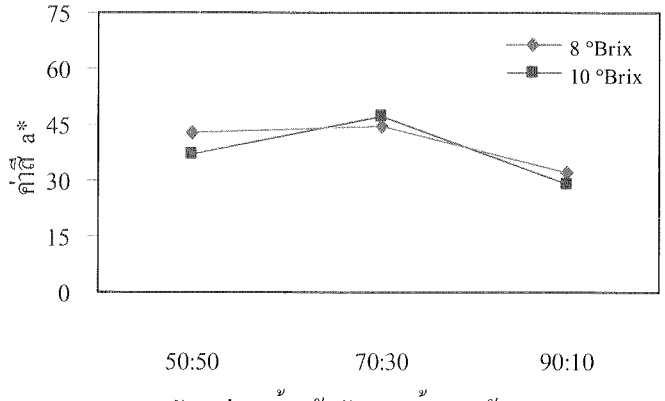
จากการวิเคราะห์ค่าสี a* (ค่าสีแดง) ของแผ่นวุ้น พบว่า อัตราส่วนของน้ำแก้วมังกรต่อน้ำมะพร้าว มีผลต่อต่อค่าสี a* อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) (ตารางที่ 20) โดยพบอิทธิพลร่วมระหว่างอัตราส่วนของน้ำแก้วมังกรต่อน้ำมะพร้าว กับ ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ของน้ำหมักเริ่มต้น สิ่งทดลองที่เติมแอมโมเนียมซัลเฟต 0 % (w/v) และปรับปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดของน้ำหมักเริ่มต้นเท่ากับ 8 °Brix และ 10 °Brix หากเพิ่มปริมาณน้ำแก้วมังกรเป็น 70 % (v/v) จะทำให้ค่าสี a* (ค่าสีแดง) มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น แต่เมื่อเพิ่มอัตราส่วนของน้ำแก้วมังกรมากขึ้นเป็น 90 % (v/v) ค่าสี a* (ค่าสีแดง) กลับมีแนวโน้มลดลง (ภาพที่ 27 ก) แต่เมื่อเพิ่มระดับความเข้มข้นของแอมโมเนียมซัลเฟตเป็น 0.5 และ 1.0 % (w/v) และที่ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดของน้ำหมักเริ่มต้นเท่ากับ 8 °Brix พบว่าให้ผลการทดลองไปในทิศทางเดียวกันคือ เมื่อเพิ่มอัตราส่วนของน้ำแก้วมังกรมากขึ้นทำให้ค่าสี a* (ค่าสีแดง) มีแนวโน้มลดลง แต่เมื่อปรับปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดของน้ำหมักเริ่มต้นเป็น 10 °Brix ก็พบว่าให้ผลการทดลองไปในทิศทางเดียวกันกับที่ระดับความเข้มข้นของแอมโมเนียมซัลเฟต 0 % (w/v) เนื่องจากการเพิ่มอัตราส่วนของน้ำแก้วมังกรในปริมาณที่มากขึ้นทำให้สารอาหารในน้ำหมักเริ่มต้นไม่เพียงพอต่อการที่เชื้อ *A. xylinum* จะนำไปใช้ในการสร้างแผ่นวุ้นจึงทำให้อัตราการผลิตของเชื้อน้อยลงด้วย จากการวิเคราะห์ค่าสี a* (ค่าสีแดง) ของแผ่นวุ้นที่หมักในสภาวะต่างๆ พบว่าสอดคล้องกับอัตราส่วนของน้ำแก้วมังกรต่อน้ำมะพร้าว โดยค่าสี a* จะเพิ่มขึ้นเมื่อลดอัตราส่วนของน้ำแก้วมังกรต่อน้ำมะพร้าวและเพิ่มความเข้มข้นของแอมโมเนียมซัลเฟตและปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (ตารางที่ 20) เนื่องจากสารสีเบต้าไซยานินที่เป็นส่วนประกอบในน้ำแก้วมังกรจะแทรกตัวเข้าไปในเส้นใยเซลลูโลสในระหว่างกระบวนการผลิตเส้นใยเซลลูโลสเมื่อมีอัตราการผลิตเส้นใยเซลลูโลสเพิ่มมากขึ้นทำให้การแทรกตัวของสารสีเบต้าไซยานินเพิ่มมากขึ้นตามไปด้วย ส่งผลให้ค่าสี a*เพิ่มขึ้นเช่นเดียวกัน โดยสิ่งทดลองที่ใช้ปริมาณน้ำแก้วมังกรต่อน้ำมะพร้าว 50 : 50 %(v /v) จะมีความเข้มของสีแดงน้อยที่สุด

(ก)

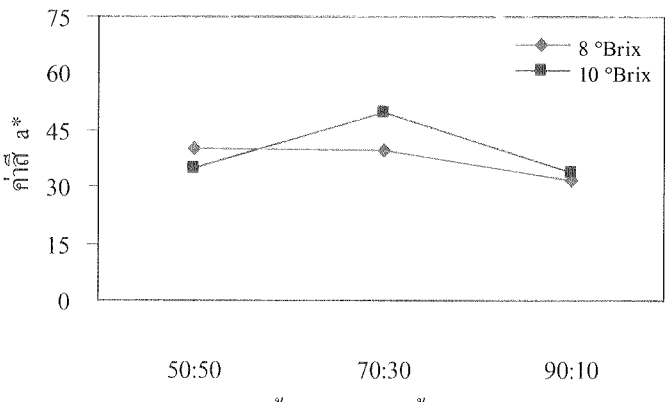


สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ห้องสมุดงานวิจัย

(ข)



(ค)



ภาพที่ 27 ค่าสี a* (ค่าสีแดง) ของแผ่นวุ้นเซลลูโลสที่ได้จากการผันแปรอัตราส่วนของน้ำแก้วมังต่อน้ำมะพร้าว และปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด

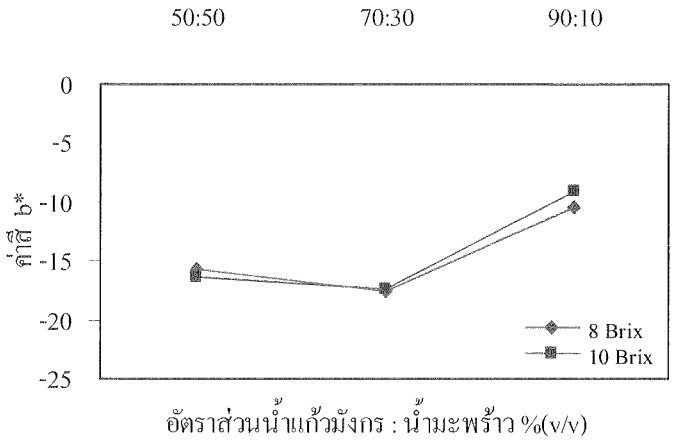
(ก) ความเข้มข้นของแอมโมเนียมซัลเฟต 0 % (w/v)

(ข) ความเข้มข้นของแอมโมเนียมซัลเฟต 0.5 % (w/v)

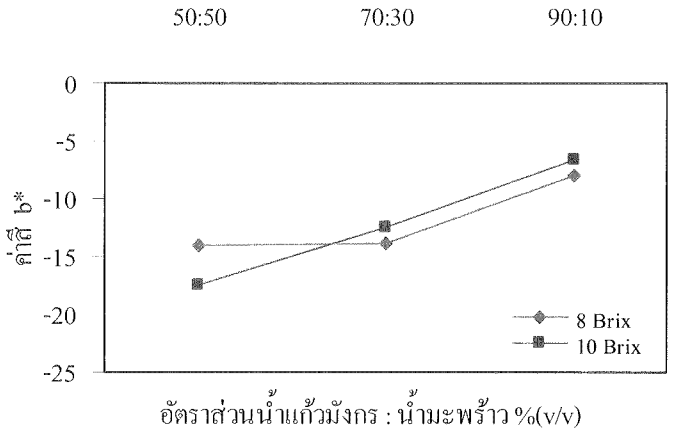
(ค) ความเข้มข้นของแอมโมเนียมซัลเฟต 1.0 % (w/v)

3) ค่าสี b* (ค่าน้ำเงิน)

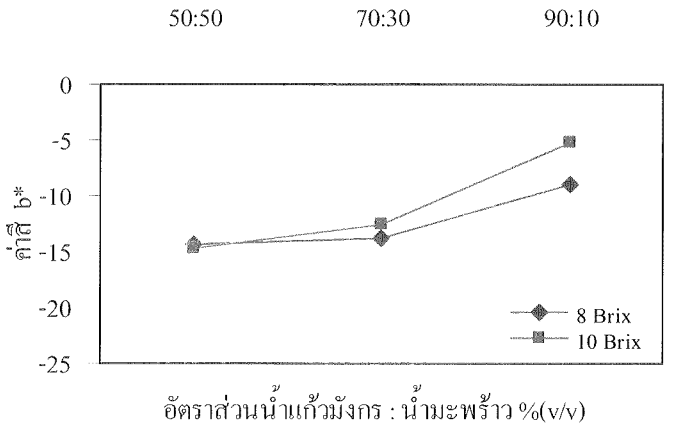
จากตารางที่ 20 พบอัตราส่วนของน้ำแก้วมังกรต่อน้ำมะพร้าว และความเข้มข้นของแอมโมเนียมซัลเฟต มีผลต่อค่าสี b* (ค่าสีน้ำเงิน) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) โดยพบอิทธิพลร่วมระหว่างอัตราส่วนของน้ำแก้วมังกรต่อน้ำมะพร้าว กับ ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดของน้ำหมักเริ่มต้น การเติมแอมโมเนียมซัลเฟต 0 % (w/v) และปรับปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดของน้ำหมักเริ่มต้นเท่ากับ 8 °Brix และ 10 °Brix ให้ผลการทดลองในทิศทางเดียวกันคือ ถ้าเพิ่มปริมาณน้ำแก้วมังกรเป็น 70 % (v/v) ค่าสี b* (ค่าสีเหลือง) มีแนวโน้มลดลง แต่ค่าสี b* จะมีแนวโน้มสูงขึ้นเมื่อปริมาณน้ำแก้วมังกรเพิ่มขึ้น ดังภาพที่ 28 ก แต่ที่ระดับความเข้มข้นของแอมโมเนียมซัลเฟต 0.5 และ 1.0 % (w/v) และปรับปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดของน้ำหมักเริ่มต้นเท่ากับ 8 Brix และ 10 Brix พบว่าให้ผลการทดลองไปในทิศทางเดียวกันคือ การเพิ่มอัตราส่วนของน้ำแก้วมังกรมากขึ้น ทำให้ค่าสี b* (ค่าน้ำเงิน) มีแนวโน้มลดลงตามลำดับ ดังภาพที่ 28 ข และ ค



(ข)



(ค)



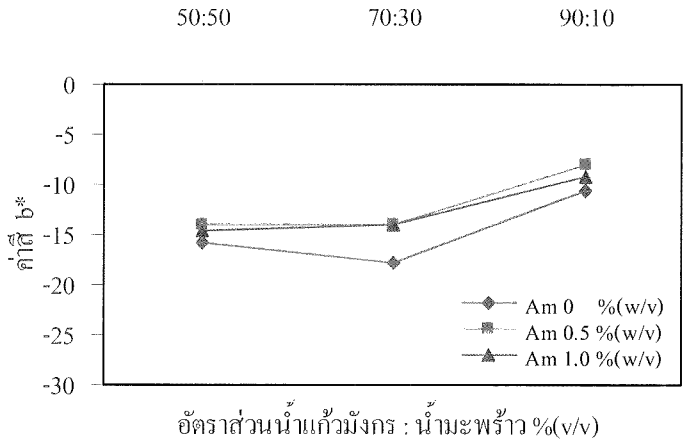
ภาพที่ 28 ค่าสี b* (ค่าสีน้ำเงิน) ของแผ่นวุ้น ที่ได้จากการผันแปรอัตราส่วนของน้ำแก้วมังกรต่อน้ำมะพร้าว และปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด

(ก) ความเข้มข้นของแอมโมเนียมซัลเฟต 0 % (w/v)

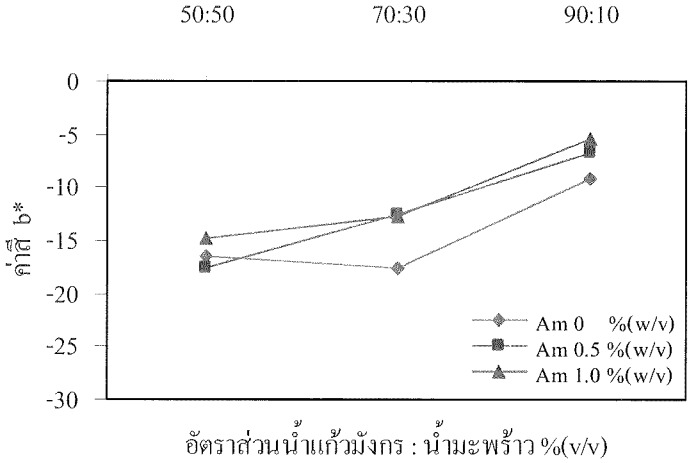
(ข) ความเข้มข้นของแอมโมเนียมซัลเฟต 0.5 % (w/v)

(ค) ความเข้มข้นของแอมโมเนียมซัลเฟต 1.0 % (w/v)

(ก)



(ข)



ภาพที่ 29 ค่าสี b* (ค่าสีน้ำเงิน) ของแผ่นวุ้น ที่ได้จากการผันแปรอัตราส่วนของน้ำแก้วมังกรต่อน้ำมะพร้าว และความเข้มข้นของแอมโมเนียมซัลเฟต

(ก) ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดของน้ำหมักเริ่มต้น 8 °Brix

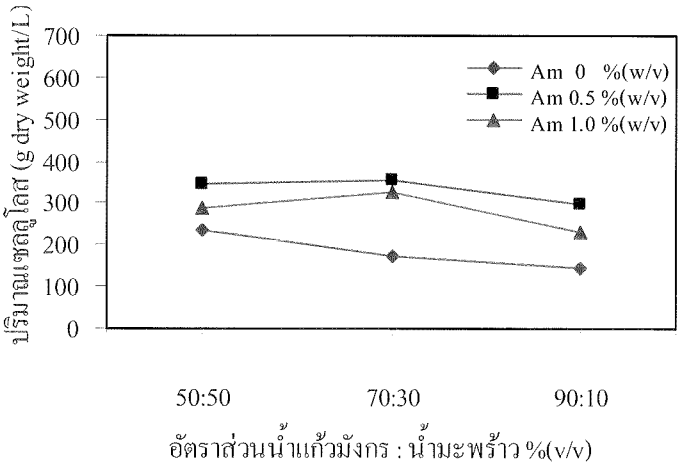
(ข) ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดของน้ำหมักเริ่มต้น 10 °Brix

หมายเหตุ: Am หมายถึง Ammonium sulphate

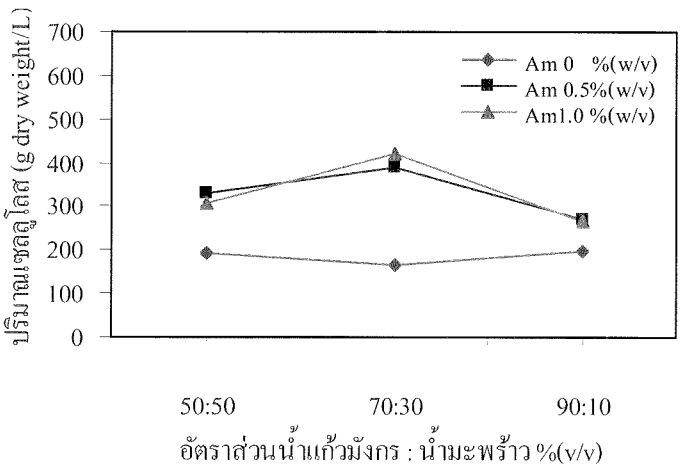
4.4.1.4 ปริมาณเซลลูโลส

จากการวิเคราะห์ปริมาณเซลลูโลสของแผ่นวุ้นที่ผลิตได้ พบว่า อัตราส่วนของน้ำแก้วมังกรต่อน้ำมะพร้าว และความเข้มข้นของแอมโมเนียมซัลเฟต มีผลต่อปริมาณเซลลูโลสอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) (ตารางที่ 20) โดยพบอิทธิพลร่วมระหว่างอัตราส่วนของน้ำแก้วมังกรต่อน้ำมะพร้าว กับ ความเข้มข้นของแอมโมเนียมซัลเฟต เมื่อปรับปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดของน้ำหมักเริ่มต้นที่ 8 °Brix และ 10 °Brix และเติมแอมโมเนียมซัลเฟตเท่ากับ 0 และ 0.5 % (w/v) จะให้ผลการทดลองไปในทิศทางเดียวกันคือ ถ้าเพิ่มอัตราส่วนของน้ำแก้วมังกรเป็น 70 % (v/v) ปริมาณเซลลูโลสจะมีค่าเพิ่มขึ้น แต่จะมีแนวโน้มลดลงเมื่อใช้อัตราส่วนของน้ำแก้วมังกรมากขึ้น (ภาพที่ 30) เมื่อเติมแอมโมเนียมซัลเฟตเพิ่มขึ้นเป็น 1.0 % (w/v) และปรับปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดของน้ำหมักเริ่มต้นเท่ากับ 8 °Brix พบว่า การเพิ่มปริมาณน้ำแก้วมังกรปริมาณเซลลูโลสที่ผลิตได้มีแนวโน้มลดลง (ภาพที่ 31 ก) แต่เมื่อปรับปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดของน้ำหมักเริ่มต้นเป็น 10 °Brix พบว่า ให้ผลการทดลองไปในทิศทางเดียวกันกับสิ่งทดลองที่เติมแอมโมเนียมซัลเฟตเท่ากับ 0 และ 0.5 % (w/v) คือ เมื่อปริมาณน้ำแก้วมังกรเพิ่มขึ้นเป็น 70 % (v/v) ปริมาณเซลลูโลสจะมีค่าเพิ่มขึ้น แต่จะมีแนวโน้มลดลงเมื่อเพิ่มอัตราส่วนของน้ำแก้วมังกรเป็น 90 % (v/v) (ภาพที่ 31 ข)

(ก)



(ข)



ภาพที่ 30 ปริมาณเซลลูโลสของแผ่นวุ้น ที่ได้จากการผันแปรอัตราส่วนของน้ำแก้วมังกรต่อน้ำมะพร้าว และความเข้มข้นของแอมโมเนียมซัลเฟต

(ก) ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดของน้ำหมัก 8 °Brix

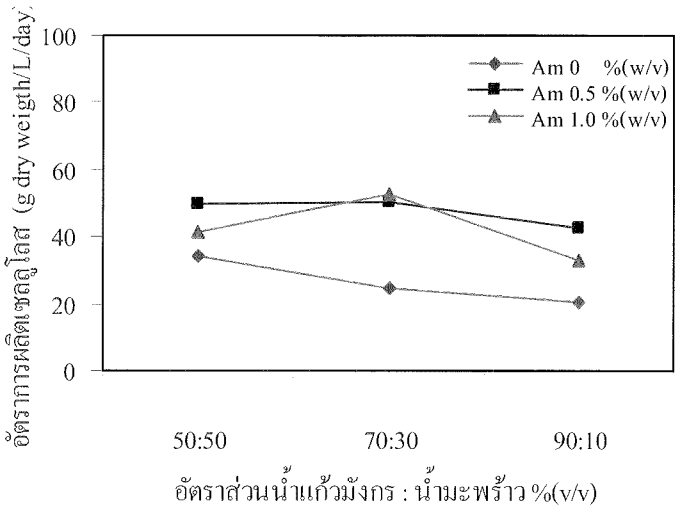
(ข) ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดของน้ำหมัก 10 °Brix

หมายเหตุ: Am หมายถึง Ammonium sulphate

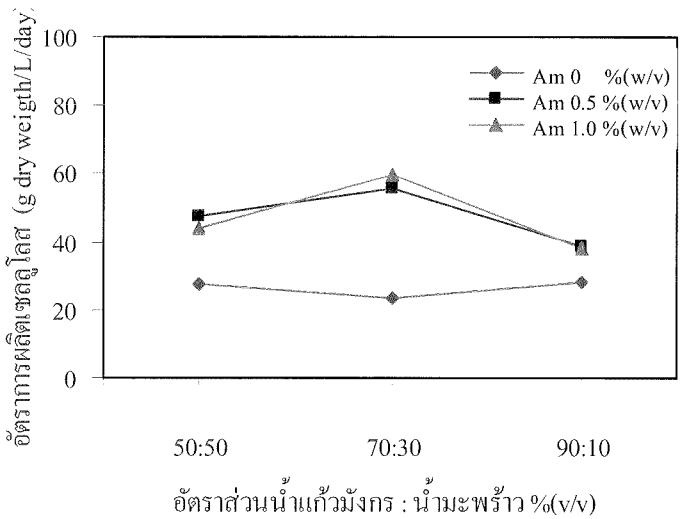
4.4.1.5 อัตราการผลิตเซลลูโลส

จากตารางที่ 20 พบว่าอัตราส่วนของน้ำแก้วมังกรต่อน้ำมะพร้าว และ ความเข้มข้นของแอมโมเนียมซัลเฟต มีผลต่ออัตราการผลิตเซลลูโลสอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) โดยพบอิทธิพลร่วมระหว่างอัตราส่วนของน้ำแก้วมังกรต่อน้ำมะพร้าว กับ ความเข้มข้นของแอมโมเนียมซัลเฟต เมื่อปรับปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดของน้ำหมักเริ่มต้น 8 °Brix และ 10 °Brix และเติมแอมโมเนียมซัลเฟตเท่ากับ 0 และ 0.5 % (w/v) พบว่าให้ผลการทดลองในทิศทางเดียวกัน คือ ถ้าเพิ่มปริมาณน้ำแก้วมังกรเป็น 70 % (v/v) อัตราการผลิตเซลลูโลสจะมีค่าเพิ่มขึ้น แต่จะมีแนวโน้มลดลงเมื่อเพิ่มปริมาณน้ำแก้วมังกรเป็น 90 % (v/v) (ภาพที่ 31 ก และ ข) เมื่อพิจารณาสิ่งทดลองที่เติมแอมโมเนียมซัลเฟต 1.0 % (w/v) และปรับปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดของน้ำหมักเท่ากับ 8 °Brix พบว่าการเพิ่มปริมาณน้ำแก้วมังกรมากขึ้นจะทำให้อัตราการผลิตเซลลูโลสมีแนวโน้มลดลง (ภาพที่ 31 ก) แต่เมื่อปรับปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดของน้ำหมักเริ่มต้นเป็น 10 °Brix พบว่าให้ผลการทดลองไปในทิศทางเดียวกันกับที่ความเข้มข้นของแอมโมเนียมซัลเฟตเท่ากับ 0 และ 0.5 % (w/v) คือ เมื่อเพิ่มอัตราส่วนของน้ำแก้วมังกร เป็น 70 % (v/v) อัตราการผลิตเซลลูโลสจะมีค่าเพิ่มขึ้น แต่จะมีแนวโน้มลดลงเมื่อเพิ่มอัตราส่วนของน้ำแก้วมังกรมากขึ้นเป็น 90 % (v/v) (ภาพที่ 31 ข) โดยสิ่งทดลองที่ 12 ซึ่งใช้อัตราส่วนของน้ำแก้วมังกรต่อน้ำมะพร้าว เท่ากับ 70:30 % (w/w) ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดเท่ากับ 10 °Brix และความเข้มข้นของแอมโมเนียมซัลเฟต 1.0 % (w/v) จะมีอัตราการผลิตเซลลูโลสสูงสุดเท่ากับ 59.91 กรัมน้ำหนักแห้ง/ลิตร/วัน

(ก)



(ข)



ภาพที่ 31 อัตราการผลิตเซลลูโลสจากแบคทีเรีย ที่ได้จากการผันแปรอัตราส่วนของน้ำแก้วมังกรต่อน้ำมะพร้าว และความเข้มข้นของแอมโมเนียมซัลเฟต

(ก) ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดของน้ำหมักเริ่มต้น 8 °Brix

(ข) ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดของน้ำหมักเริ่มต้น 10 °Brix

หมายเหตุ: Am หมายถึง Ammonium sulphate

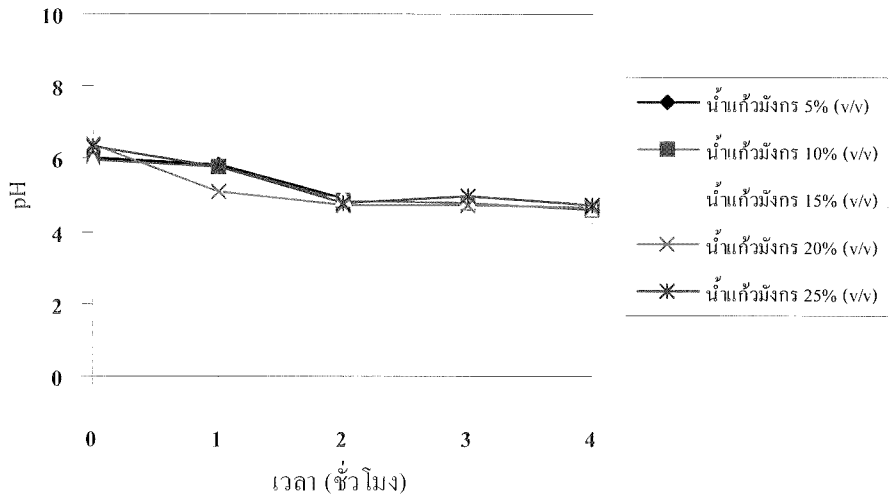
4.5 ผลการผลิตโยเกิร์ตแก้วมังกร

4.5.1 ผลการศึกษาปริมาณน้ำแก้วมังกรที่เหมาะสมในการผลิตโยเกิร์ต

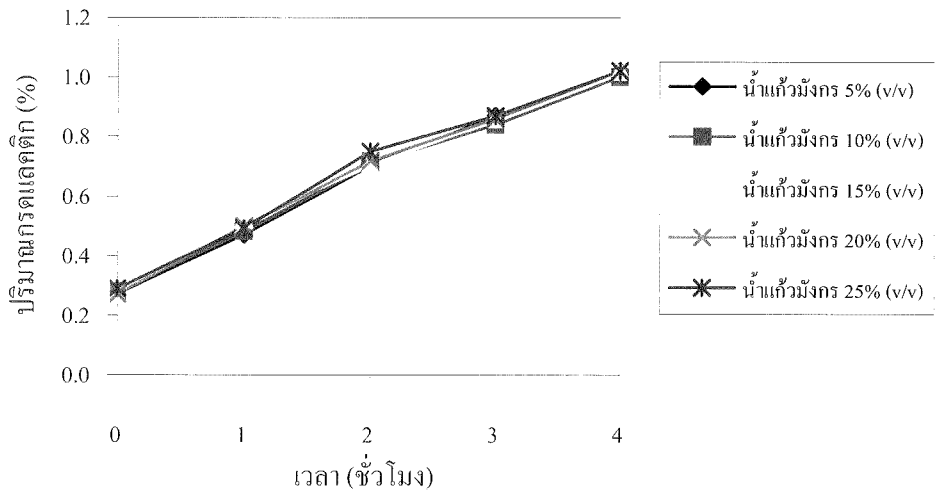
จากนำน้ำแก้วมังกรไปผสมกับนมพาสเจอร์ไรส์เพื่อใช้เป็นส่วนผสมเริ่มต้นในการหมักโยเกิร์ตแบบคน (Stirred yogurt) ในปริมาณที่แตกต่างกัน 5 ระดับ คือ 5 10 15 20 และ 25 % โดยปรับปริมาณของแข็งทั้งหมดเริ่มต้นเท่ากับ 16 % เติมหัวเชื้อโยเกิร์ต 5 % (w/v) แล้วนำไปบ่มที่อุณหภูมิ 43-45 °C จนโยเกิร์ตมีค่าความเป็นกรด-ด่าง 4.6-4.7 หรือมีความเข้มข้นของกรดแลคติกประมาณ 0.9 % ในระหว่างการหมักสุ่มตัวอย่างโยเกิร์ตมาติดตามการเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นกรด – ด่าง ปริมาณกรดทั้งหมดคำนวณในรูปของกรดแลคติก และจุลินทรีย์กรดแลคติก ได้ผลการทดลองดังนี้

4.5.1.1 ค่าความเป็นกรด-ด่างและปริมาณกรดทั้งหมดคำนวณในรูปของกรดแลคติก

จากภาพที่ 32 และ 33 พบว่าค่าความเป็นกรด-ด่าง และปริมาณกรดทั้งหมดคำนวณในรูปของกรดแลคติกที่เกิดขึ้นในระหว่างการหมักโยเกิร์ตทุกสิ่งทดลองมีค่าไม่ต่างกันมากนัก เมื่อพิจารณาความสัมพันธ์ของค่าความเป็นกรด-ด่าง และปริมาณกรดทั้งหมดคำนวณในรูปของกรดแลคติกในผลิตภัณฑ์ พบว่าในระหว่างการหมักโยเกิร์ตค่าความเป็นกรด-ด่างจะลดลงส่วนปริมาณกรดแลคติกจะเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องตามระยะเวลาในการหมัก โดยค่าความเป็นกรด-ด่างจะลดลงอย่างช้าๆ ในชั่วโมงแรกของการหมักซึ่งเกิดการปรับตัวของจุลินทรีย์ในโยเกิร์ตทำให้การเจริญและการผลิตกรดในปริมาณน้อย จากนั้นค่าความเป็นกรด-ด่าง จะลดลงอย่างต่อเนื่องตามระยะเวลาของการหมัก เมื่อพิจารณาเวลาที่เหมาะสมในการผลิตโยเกิร์ตพบว่าใช้เวลาการหมักสั้นเพียง 4 ชั่วโมง โยเกิร์ตก็มีคุณภาพอยู่ในเกณฑ์ โดยมีค่าความเป็นกรด–ด่าง 4.62-4.65 และมีปริมาณกรดทั้งหมดคำนวณในรูปของกรดแลคติกประมาณ 1.00 % (w/v) โดย Tamine & Robinson (1985) กล่าวว่าโยเกิร์ตจะมีคุณภาพดีและเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคควรมีค่าความเป็นกรด – ด่างของผลิตภัณฑ์สุดท้ายอยู่ในช่วง 3.8 – 4.6 และมีความเข้มข้นกรดแลคติกในโยเกิร์ต 0.9-1.2 %



ภาพที่ 32 การเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นกรด-ด่างในระหว่างการหมักโยเกิร์ตเมื่อเติมน้ำแก้วมังกรในระดับต่างกัน

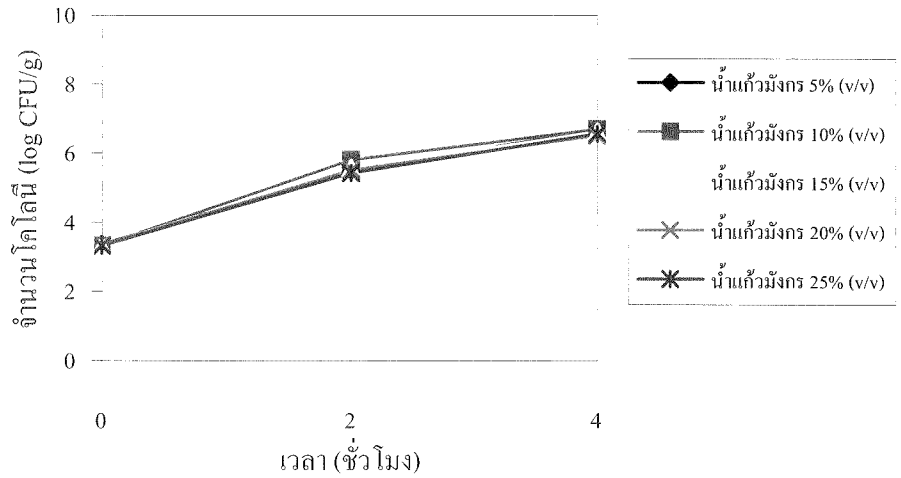


ภาพที่ 33 การเปลี่ยนแปลงปริมาณกรดทั้งหมดคำนวณในรูปของกรดแลคติก (%) ในระหว่างการหมักโยเกิร์ตเมื่อเติมน้ำแก้วมังกรในระดับต่างกัน

4.5.1.2 จำนวนแบคทีเรียกรดแลคติก

จากภาพที่ 34 พบว่าการเปลี่ยนแปลงของจำนวนของแบคทีเรียแลคติกในระหว่างการหมักโยเกิร์ตในทุกสิ่งทดลองเป็นไปในทิศทางเดียวกันและมีจำนวนใกล้เคียงกัน โดย

จำนวนแบคทีเรียกรดแลคติกเมื่อเริ่มต้นหมักมีจำนวนประมาณ 2.25×10^{3} โคโลนีต่อกรัม เมื่อหมักโยเกิร์ตนานขึ้นเป็นเวลา 4 ชั่วโมง พบว่าจำนวนแบคทีเรียกรดแลคติกประมาณ 4.67×10^{6} โคโลนีต่อกรัม โดยเกณฑ์มาตรฐานอุตสาหกรรม มอก. 2146 - 546 เรื่องนมเปรี้ยว ของสำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม กำหนดไว้ว่านมเปรี้ยวจะต้องมีจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดกรดไม่น้อยกว่า 10^{6}-10^{7} โคโลนีต่อกรัม โดยโยเกิร์ตทุกสิ่งทดลอง อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนดไว้ Gilland (1990, pp. 175-188) กล่าวว่าจำนวนแบคทีเรียกรดแลคติกที่ใช้เป็นกล้าเชื้อในการผลิตโยเกิร์ตหลังเสร็จสิ้นกระบวนการผลิตแบคทีเรียกรดแลคติกเหล่านี้จะช่วยปรับปรุงคุณค่าทางโภชนาการของผลิตภัณฑ์ การย่อยสลายแลคโตส ลดอาการท้องร่วงรุนแรง ปรับสมดุลของจุลินทรีย์ในลำไส้ต่อต้านมะเร็งบางชนิด เพิ่มภูมิคุ้มกัน และลดระดับคอเลสเตอรอลในเลือด



ภาพที่ 34 การเปลี่ยนแปลงจำนวนแบคทีเรียกรดแลคติกในระหว่างการหมักโยเกิร์ตเมื่อเติมน้ำแก้วมังกรในระดับต่างกัน

4.5.1.3 การทดสอบทางประสาทสัมผัส

จากตารางที่ 22 พบว่าผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบในคุณลักษณะด้านกลิ่นและรสเปรี้ยวไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) โดยผู้ทดสอบให้คะแนนในคุณลักษณะทางด้านสี ความหนืด เนื้อสัมผัสและความชอบรวมแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P\leq0.05$) โดยสิ่งทดลองที่เติมน้ำแก้วมังกร 10 % (v/v) ได้รับการยอมรับมากที่สุด ถึงแม้ว่าในด้านเนื้อสัมผัสสิ่งทดลองที่เติมน้ำแก้วมังกร 5 % (v/v) จะมีค่าคะแนนความชอบมากกว่าก็ตาม แต่โดยรวมแล้วสิ่งทดลองที่เติมน้ำแก้วมังกร 10 % (v/v) ได้คะแนนความชอบส่วนใหญ่มมากที่สุด ผู้วิจัยจึงคัดเลือกสิ่งทดลองที่เติมน้ำแก้วมังกร 10 % (v/v) ไปใช้ในการทดลองขั้นตอนไป

ตารางที่ 22 แสดงค่าเฉลี่ยความชอบในคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของโยเกิร์ตที่เติมน้ำแก้วมังกรในปริมาณต่างกัน

คุณลักษณะ	น้ำแก้วมังกร (% (v/v))				
	5	10	15	20	25
สี	$6.38^{a} \pm 0.28$	$7.04^{a} \pm 0.26$	$6.60^{a} \pm 0.22$	$5.34^{b} \pm 0.26$	$4.72^{a} \pm 0.33$
กลิ่น ^{ns}	5.36 ± 0.25	5.74 ± 0.24	5.54 ± 0.22	5.72 ± 0.22	5.78 ± 0.30
รสเปรี้ยว ^{ns}	4.18 ± 0.31	4.66 ± 0.26	4.42 ± 0.25	4.88 ± 0.22	4.94 ± 0.34
เนื้อสัมผัส	$6.08^{a} \pm 0.26$	$6.06^{a} \pm 0.25$	$5.28^{b} \pm 0.25$	$5.08^{b} \pm 0.21$	$5.20^{b} \pm 0.27$
ความหนืด	$6.30^{a} \pm 0.31$	$5.96^{ab} \pm 0.26$	$5.68^{abc} \pm 0.24$	$5.34^{bc} \pm 0.24$	$5.20^{c} \pm 0.29$
ความชอบรวม	$6.06^{a} \pm 0.29$	$6.22^{a} \pm 0.27$	$5.30^{b} \pm 0.22$	$5.10^{b} \pm 0.23$	$5.26^{b} \pm 0.31$

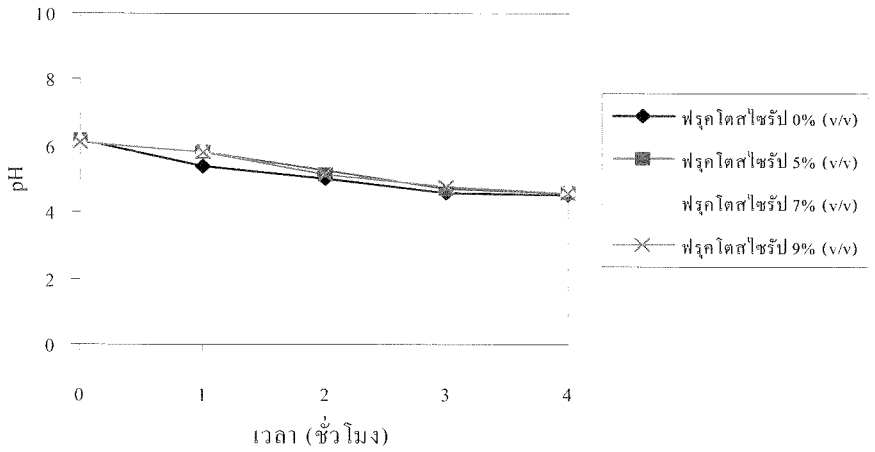
หมายเหตุ ^{ns} ในแนวนอน หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P>0.05$); ค่าเฉลี่ยตามด้วยตัวอักษรที่ไม่เหมือนกันในแนวนอน หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P\leq0.05$)

4.5.2 ผลการศึกษาปริมาณฟรุคโตสไซรัปที่เหมาะสมในการผลิตโยเกิร์ตแก้วมังกร

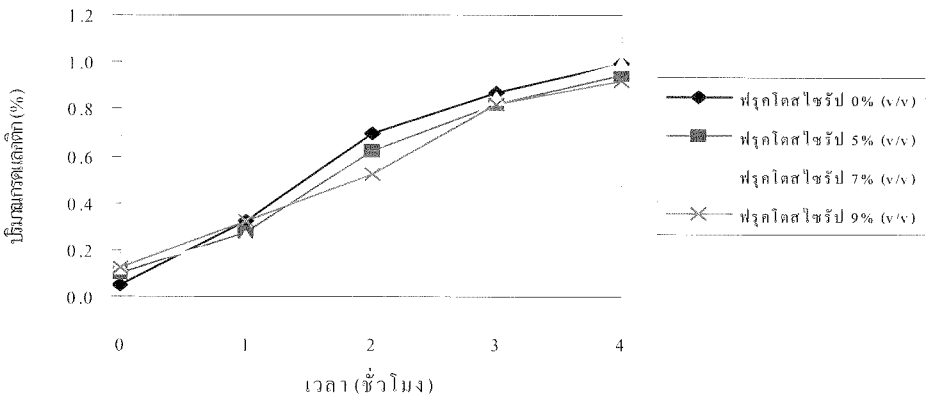
จากการทดลองในข้อ 4.5.1 ปริมาณน้ำแก้วมังกรที่เหมาะสมในการผลิตคือ การเติมน้ำแก้วมังกรลงไป 10% (v/v) โดยผู้บริโภคให้ข้อเสนอแนะว่าควรเพิ่มความหวานให้มากขึ้น การศึกษาในขั้นตอนนี้จึงทดลองเติมฟรุคโตสไซรัปลงไป 4 ระดับคือ 0 5 7 และ 9 % (w/v) การเติมสารให้ความหวานหากเกิน 10 % (w/v) อาจไปยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ ซึ่งเป็นจากความดันออสโมติกย้อนกลับ (adverse asmotic pressure) ของสารให้ความหวานในน้ำและปริมาณน้ำอิสระที่ลดลงในโยเกิร์ต (Shah & Ravula, 2001, pp. 28-30) ในระหว่างการหมักติดตามการเปลี่ยนแปลงเช่นเดียวกับการทดลองในขั้นต้น ได้ผลการทดลองดังนี้

4.5.2.1 ค่าความเป็นกรด-ด่างและปริมาณกรดทั้งหมดคำนวณในรูปของกรดแลคติก

จากภาพที่ 35 และ 36 พบว่าการเติมฟรุคโตสไซรัปมีผลต่อค่าความเป็นกรด-ด่าง และปริมาณกรดทั้งหมดคำนวณในรูปของกรดแลคติกที่เกิดขึ้นในระหว่างการหมักโยเกิร์ตอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เนื่องจากแบคทีเรียกรดแลคติกสามารถใช้ฟรุคโตสไซรัปมาสร้างกรดแลคติกจึงทำให้ค่าความเป็นกรด-ด่าง และปริมาณกรดทั้งหมดคำนวณในรูปของกรดแลคติกสูงกว่าการทดลองในข้อ 4.5.1 การหมักโยเกิร์ตนาน 4 ชั่วโมง โยเกิร์ตจะมีค่าความเป็นกรด – ด่าง 4.38-5.11 และปริมาณกรดแลคติก 0.99-1.03 %



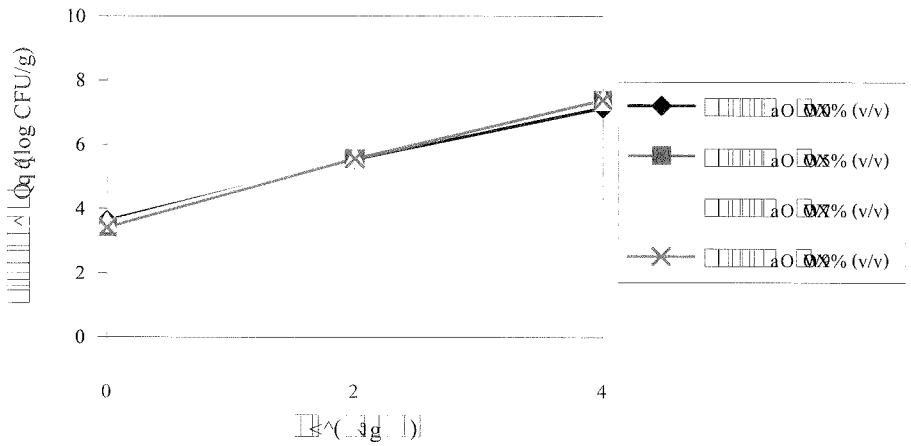
ภาพที่ 35 การเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นกรด-ด่างในระหว่างการหมักโยเกิร์ตแก้วมังกรเมื่อเติมฟรุคโตสไซรัปต่างกัน



ภาพที่ 36 การเปลี่ยนแปลงปริมาณกรดทั้งหมดคำนวณในรูปของกรดแลคติก (%) ในระหว่างการหมักโยเกิร์ตแก้วมังกรเมื่อเติมฟรุคโตสไซรัปต่างกัน

4.5.2.2 จำนวนแบคทีเรียกรดแลคติก

จากภาพที่ 37 พบว่าการเพิ่มจำนวนของแบคทีเรียกรดแลคติก ในระหว่างการหมักโยเกิร์ตทุกสิ่งทดลองมีค่าแตกต่างกันไม่มาก โดยแบคทีเรียกรดแลคติกเริ่มต้นอยู่ในช่วง 3.00×10^3 โคโลนีต่อกรัม เมื่อหมักนานขึ้นเป็นเวลา 4 ชั่วโมง จำนวนแบคทีเรียกรดแลคติกมีประมาณ 3.00×10^7 โคโลนีต่อกรัม



ภาพที่ 37 การเปลี่ยนแปลงจำนวนแบคทีเรียกรดแลคติกในระหว่างการหมักโยเกิร์ตแก้วมังกรเมื่อเติมฟรุคโตสไซรัปต่างกัน

4.5.2.3 การทดสอบทางประสาทสัมผัส

จากตารางที่ 23 พบว่าผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบในคุณลักษณะด้าน กลิ่น ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) และให้คะแนนความชอบด้านความหวาน ความเปรี้ยว ความหนืด และความชอบรวมแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P\leq0.05$) โดยสิ่งทดลองที่เติมฟรุคโตสไซรัป 7 และ 9 % (w/v) มีค่าความชอบรวมเท่ากัน อย่างไรก็ตาม สิ่งทดลองที่เหมาะสมในการผลิตโยเกิร์ตคือสิ่งทดลองที่เติมฟรุคโตสไซรัป 7 % (w/v) เพราะนอกจากจะเป็นการประหยัดต้นทุนแล้วยังเป็นผลดีต่อสุขภาพของผู้บริโภคด้วย

ตารางที่ 23 แสดงค่าเฉลี่ยความชอบในคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของโยเกิร์ตแก้วมังกรที่เติมฟรุคโตสไซรัปในปริมาณต่างกัน

คุณลักษณะ	ฟรุคโตสไซรัป % (w/v)			
	0	5	7	9
สี	$6.70^{b} \pm 0.17$	$6.98^{ab} \pm 0.16$	$6.70^{b} \pm 0.19$	$7.14^{a} \pm 0.15$
กลิ่น ^{ns}	5.64 ± 0.20	5.62 ± 0.19	5.65 ± 0.17	5.62 ± 0.20
รสหวาน	$3.52^{c} \pm 0.22$	$5.38^{b} \pm 0.25$	$6.08^{a} \pm 0.23$	$5.78^{ab} \pm 0.29$
รสเปรี้ยว	$4.26^{b} \pm 0.34$	$5.20^{a} \pm 0.20$	$5.62^{a} \pm 0.27$	$5.36^{a} \pm 0.28$
เนื้อสัมผัส	$5.40^{b} \pm 0.21$	$5.74^{ab} \pm 0.21$	$6.12^{a} \pm 0.18$	$5.80^{ab} \pm 0.17$
ความหนืด	$5.46^{c} \pm 0.24$	$5.78^{bc} \pm 0.21$	$6.12^{ab} \pm 0.18$	$6.24^{a} \pm 0.21$
ความชอบรวม	$4.60^{c} \pm 0.24$	$5.82^{b} \pm 0.20$	$6.62^{a} \pm 0.19$	$6.62^{a} \pm 0.25$

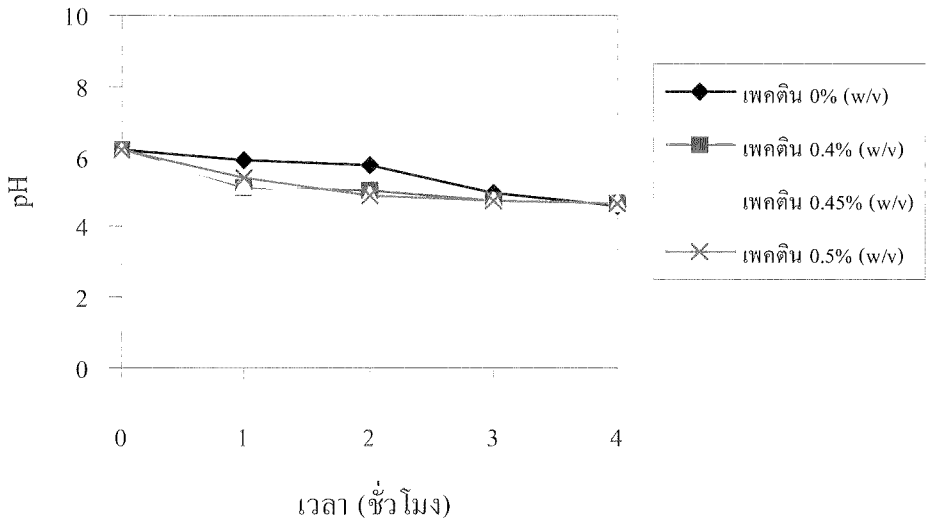
หมายเหตุ ^{ns} ในแนวนอน หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P>0.05$); ค่าเฉลี่ยตามด้วยตัวอักษรที่ไม่เหมือนกันในแนวนอน หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P\leq0.05$)

4.5.3 ผลการศึกษาปริมาณเพคตินที่เหมาะสมในการผลิตโยเกิร์ตแก้วมังกร

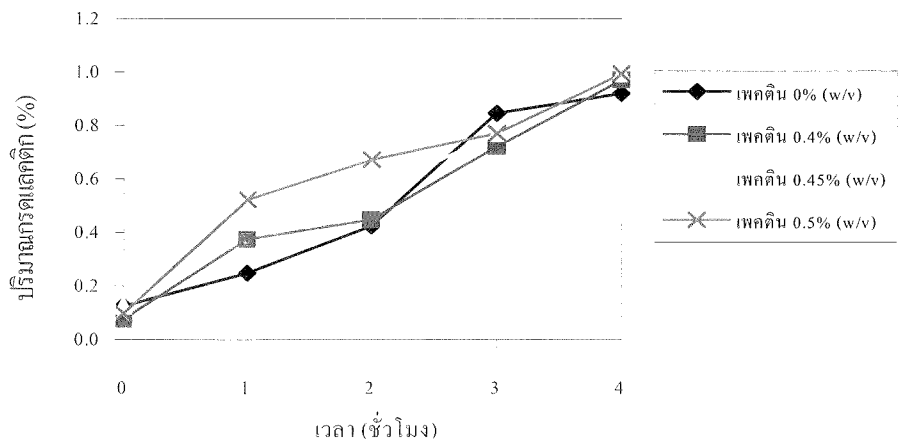
จากการทดลองในข้อ 4.5.2 ปริมาณฟรุคโตสไซรัปที่เหมาะสมในการผลิตคือ 7 % (w/v) แต่ผู้ทดสอบให้ค่าคะแนนความหนืดยังไม่ดีและมีการเสนอแนะว่า ควรมีความหนืดมากกว่านี้ การทดลองนี้ผู้วิจัยจึงปรับปรุงความหนืดให้ดีขึ้น โดยทดลองเติมเพคติน 4 ระดับในส่วนผสมเบื้องต้นของการหมักโยเกิร์ต คือ 0.00 0.40 0.45 และ 0.50 % (w/v) ในระหว่างการหมักติดตามค่าความเป็นกรด – ด่าง ปริมาณกรดทั้งหมดคำนวณในรูปของกรดแลคติกและจำนวนแบคทีเรีย ได้ผลการทดลองดังนี้

4.5.3.1 ค่าความเป็นกรด-ด่างและปริมาณกรดทั้งหมดคำนวณในรูปของกรดแลคติก

จากภาพที่ 38 และ 39 พบว่าเมื่อสิ้นสุดการหมักโยเกิร์ตในชั่วดมงที่ 4 โยเกิร์ตที่ได้มีค่าความเป็นกรด – ด่าง คือ 4.61-4.66 และมีปริมาณปริมาณกรดทั้งหมดคำนวณในรูปของกรดแลคติก0.99-1.03 %



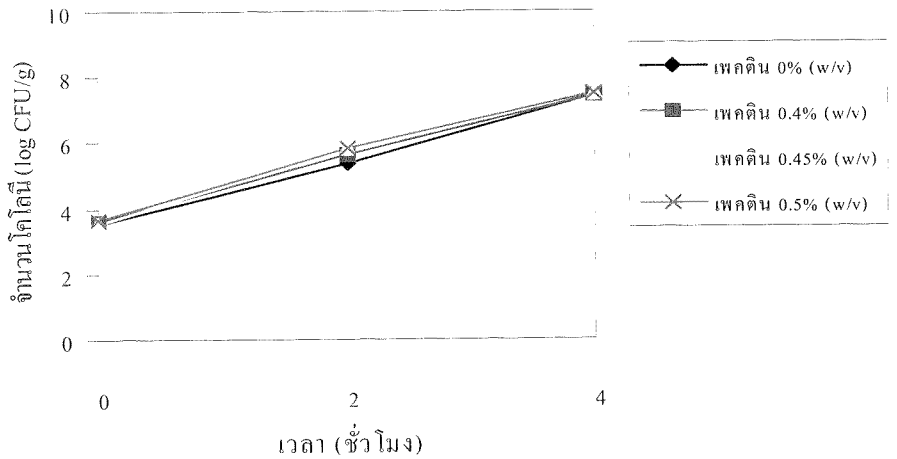
ภาพที่ 38 การเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นกรด-ด่างในระหว่างการหมักโยเกิร์ตเมื่อเติมเพคตินในระดับต่างกัน



ภาพที่ 39 การเปลี่ยนแปลงปริมาณกรดทั้งหมดคำนวณในรูปของกรดแลคติก (%) ในระหว่างการหมักโยเกิร์ตเมื่อเติมเพคตินในระดับต่างกัน

4.5.3.2 จำนวนแบคทีเรียกรดแลคติก

จากภาพที่ 40 พบว่าการเพิ่มจำนวนของแบคทีเรียกรดแลคติก ในระหว่างการหมักโยเกิร์ตในทุกสิ่งทดลองมีค่าไม่ต่างกันมากนัก โดยจำนวนแบคทีเรียกรดแลคติกเริ่มต้นอยู่ในช่วง 3.00×10^{3} โคโลนีต่อกรัม เมื่อหมักนานขึ้นเป็นเวลา 4 ชั่วโมง มีจำนวนแบคทีเรียกรดเลคติกประมาณ 3.00×10^{7} โคโลนีต่อกรัม



ภาพที่ 40 การเปลี่ยนแปลงจำนวนแบคทีเรียกรดแลคติกในระหว่างการหมักโยเกิร์ต เมื่อเติมเพคตินในระดับต่างกัน

4.5.3.3 การทดสอบทางประสาทสัมผัส

จากตารางที่ 24 พบว่าผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบด้านสี กลิ่น ความหวาน ความเปรี้ยว ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) แต่ให้คะแนนความชอบด้านความหนืด เนื้อสัมผัส และความชอบรวมแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P\leq 0.05$) โดยสิ่งทดลองที่เติมเพคติน 0.5% (w/v) ได้คะแนนการยอมรับมากที่สุด การเติมเพคตินในผลิตโยเกิร์ตเพื่อรักษาลักษณะเฉพาะตัวที่ต้องการในโยเกิร์ตให้คงอยู่และเพิ่มขึ้น ได้แก่ ลักษณะเนื้อสัมผัส (Body and Textture) ความหนืด (Viscosity /Consistency) ลักษณะปรากฏด้านโครงสร้างของเจล และช่วยลดปัญหาการแยกชั้นของหางนมผง (Whey) หรือลดการเกิด Syneresis และยังช่วยเพิ่มอายุการเก็บรักษา โดยเจลในน้ำมีปริมาณอิสระสำหรับการเกิด Syneresis ลดลง (วราวุฒิ ครูส่ง และรุ่งนภา พงศ์สวัสดิ์มานิต, 2532)

ตารางที่ 24 แสดงค่าเฉลี่ยความชอบในคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของโยเกิร์ตแก้วมังกรที่เติมเพคตินในปริมาณต่างกัน

คุณลักษณะ	เพคติน % (w/v)			
	0	**0.4**	**0.45**	**0.5**
สี ^{ns}	6.74 ± 0.18	7.08 ± 0.18	6.92 ± 0.22	7.00 ± 0.22
กลิ่น ^{ns}	6.10 ± 0.22	6.14 ± 0.22	6.22 ± 0.18	6.28 ± 0.23
รสหวาน ^{ns}	6.94 ± 0.23	6.95 ± 0.24	7.00 ± 0.18	6.92 ± 0.20
รสเปรี้ยว ^{ns}	4.57 ± 0.22	6.64 ± 0.24	6.60 ± 0.20	6.68 ± 0.22
เนื้อสัมผัส	4.42^{c} ± 0.21	6.18^{b} ± 0.19	6.88^{a} ± 0.18	7.16^{a} ± 0.21
ความหนืด	4.74^{c} ± 0.21	6.24^{b} ± 0.19	6.64^{ab} ± 0.18	6.96^{a} ± 0.23
ความชอบรวม	5.20^{c} ± 0.14	6.56^{b} ± 0.16	7.10^{a} ± 0.13	7.26^{a} ± 0.18

หมายเหตุ ^{ns} ในแนวนอน หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P>0.05$); ค่าเฉลี่ยตามด้วยตัวอักษรที่ไม่เหมือนกันในแนวนอน หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P\leq0.05$)

4.5.4 ผลการตรวจสอบคุณภาพโยเกิร์ตแก้วมังกร

4.5.4.1 ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ

จากการตรวจสอบลักษณะปรากฏ พบว่าโยเกิร์ตแก้วมังกรมีสีชมพูอ่อน เนื้อโยเกิร์ตมีลักษณะข้น ผิวหน้าเรียบ เนื้อสัมผัสนุ่ม เคิร์ตมีความคงตัวสูง มีกลิ่นรสที่ดี มีกลิ่นหอมของแก้วมังกรและหางนมในโยเกิร์ต (ภาพที่ 41) จากตารางที่ 24 พบว่าโยเกิร์ตแก้วมังกรมีค่า L* (ความสว่าง) เท่ากับ 60.72 ค่า a* (สีแดง) เท่ากับ 24.37 และค่า b* (สีเหลือง) เท่ากับ -5.57 เมื่อเปรียบเทียบกับน้ำแก้วมังกรก่อนผ่านกระบวนการแปรรูปที่มีค่า L* (ความสว่าง) เท่ากับ 24.22 ค่า a* (สีแดง) เท่ากับ -1.41 และค่า b* (สีเหลือง) เท่ากับ 0.40 โดยโยเกิร์ตแก้วมังกรมีค่า b* น้อยกว่าน้ำแก้วมังกร เนื่องจากมีส่วนผสมของน้ำนมด้วย จึงทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีสีชมพูอ่อน เมื่อพิจารณาค่า syneresis หรือปริมาณของเหลวอิสระที่แยกออกจากเคิร์ตพบว่า โยเกิร์ตแก้วมังกรไม่มีการแยกชั้น เนื่องจากการเกิด syneresis ขึ้นอยู่กับการให้ความร้อนน้ำนมก่อนการผลิต ชนิดของของแข็งทั้งหมดที่มีในน้ำนม รวมทั้งระดับความ

เป็นกรด-ด่างต่ำ (Lee, Buwalda, Euston, Foegeding, & McKenna, 2003, pp. 339–345) เมื่อปริมาณของแข็งในน้ำนมมากกว่า 11% การเติมสารให้ความหวานในปริมาณมากทำให้ค่า syneresis สูงขึ้นได้ เนื่องจากโมเลกุลเข้าไปแทรกอยู่ในเคิร์ตน้อย จึงเกิด syneresis ต่ำลง (Aguilera & Kinsella, 1991, pp. 1224–1228) ซึ่งโยเกิร์ตแก้วมังกรมีการใช้ฟรุคโตสไซรัป 7 % (w/v) ดังนั้นจึงทำให้การแยกชั้นต่ำ

ภาพที่ 41 ผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตแก้วมังกรที่พัฒนาได้

4.5.4.2 ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี

จากการวิเคราะห์คุณภาพทางเคมีของโยเกิร์ตแก้วมังกร (ตารางที่ 25) พบว่าโยเกิร์ตแก้วมังกรมีค่าความเป็น กรด-ด่าง เท่ากับ 4.72 ซึ่งเป็นค่าที่เหมาะสมของโยเกิร์ตโดยทั่วไป (วราวุฒิ ครูส่งและ รุ่งนภา พงษ์สวัสดิ์ มานิต (2532); นวลนภา อัคสินธวังกูร (2546)) มีปริมาณของแข็งสอดคล้องกับความชื้นต่ำ และมีปริมาณโปรตีน อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานตามประกาศกระทรวงสาธารณสุขฉบับที่ 99 ที่กำหนดให้มีโปรตีนไม่น้อยกว่า 1.5 ของน้ำหนัก คือ 6.15 และมีไขมันต่ำเพียง 1.05 ของน้ำหนัก เนื่องจากโยเกิร์ตแก้วมังกรทำจากน้ำแก้วมังกรที่มีปริมาณไขมันต่ำ จึงทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีไขมันในระดับต่ำ

4.5.4.3 ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางจุลินทรีย์

จากการวิเคราะห์คุณภาพและปริมาณจุลินทรีย์ที่เกี่ยวข้องกับการหมัก (ตารางที่ 24) พบว่าโยเกิร์ตที่ผลิตได้มีจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดและแบคทีเรียกรดแลคติกเท่ากับ 3.68×10^{7} และ 3.55×10^{7} โคโลนีต่อกรัม ตามลำดับ และไม่พบเชื้อยีสต์/รา แสดงให้เห็นว่าโยเกิร์ตที่ผลิตได้มีความปลอดภัยต่อผู้บริโภคและมีจุลินทรีย์ที่เป็นประโยชน์ปริมาณที่สูง ราชกิจจานุเบกษา (2529) ได้กำหนดว่าอาหาร 0.1 กรัม ต้องไม่พบจุลินทรีย์ที่ก่อโรคและ *E. coli* จากตารางที่ 12

ตารางที่ 25 คุณภาพของผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตแก้วมังกรที่พัฒนาได้

คุณภาพ	ค่าที่วัดได้
ทางกายภาพ	
ค่าสี L*	60.72 ± 0.83
ค่าสี a*	24.37 ± 0.23
ค่าสี b*	-5.57 ± 0.52
ค่า syneresis (%)	0.0 ± 0.00
ทางเคมี	
ค่าความเป็นกรด-ด่าง	4.72 ± 0.06
ปริมาณกรดทั้งหมดคำนวณในรูปของกรดแลคติก(%)	0.99 ± 0.05
ปริมาณของแข็งทั้งหมด (%)	17.39 ±1.23
ปริมาณความชื้น (%)	84.53 ±1.27
ปริมาณโปรตีน (%)	6.15 ± 0.47
ปริมาณไขมัน (%)	1.05 ± 0.18
ปริมาณเถ้า (%)	0.86 ± 0.11
ทางจุลินทรีย์	
จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด (โคโลนีต่อกรัม)	3.68×10^{7}
จำนวนแบคทีเรียกรดแลคติก (โคโลนีต่อกรัม)	3.55×10^{7}
จำนวนยีสต์ /รา (โคโลนีต่อกรัม)	ไม่พบ

4.5.5 ผลการศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพโยเกิร์ตแก้วมังกรในระหว่างการเก็บรักษา

จากการนำโยเกิร์ตแก้วมังกรที่พัฒนาได้ (สูตรที่เหมาะคือ ใช้น้ำแก้วมังกร 10 % (v/v), น้ำนมพาสเจอรร์ไรซ์ 90 % (v/v), ฟรุคโตสไซรัป 7 % (w/v) และเพกติน 0.5 % (w/v)) ไป เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 ± 2 °C เป็นระยะเวลา 10 วัน ในระหว่างการเก็บรักษาติดตามการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางกายภาพ เคมี จุลินทรีย์และทางประสาทสัมผัส ทุก ๆ 2 วัน หรือจนกว่าโยเกิร์ตจะมีคุณลักษณะที่ผิดปกติ ได้ผลการทดลองดังตารางที่ 26 และภาพที่ 43 แก้วมังกรมีเบตาเลนซึ่งเป็นรงควัตถุที่ละลายน้ำ โดยสารกลุ่มนี้ประกอบด้วยเบตาไซยานิน (betacyanin) ที่มีสีม่วงแดงและเบตาแซนทีนที่มีสีเหลือง (วุฒิชัย จีนเมือง, 2549) ซึ่งในระหว่างที่ทำการเก็บรักษาโยเกิร์ตแก้วมังกรมีค่า L* (ความสว่าง) ค่า a* (สีแดง) และ b* (สีเหลือง) ลดลงซึ่งเกิดจากการเปลี่ยนสีของสารที่มีคุณสมบัติออกไซด์และทางชีวภาพ เช่นการผลิตสารอื่น ๆ ของจุลินทรีย์ในระหว่างการเก็บ (จินตนา อุปติสสกุล, 2535)

ตารางที่ 26 การเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางกายภาพของผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตแก้วมังกรในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 ± 2 °C

คุณภาพ	ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)					
	0	2	4	6	8	10
ทางกายภาพ						
ค่าสี L^{*ns}	61.84±0.40	62.20±0.71	62.00±0.43	61.66±0.48	61.47±0.27	61.47±0.16
ค่าสี a^{*ns}	25.14±0.60	25.22±0.55	24.93±0.61	24.79±0.72	24.75±0.55	24.55±0.35
ค่าสี b^{*ns}	-5.87±0.30	-5.36±0.48	-5.21±0.33	-5.89±0.71	-5.85±0.82	-6.03±0.51
syneresis (%)	0.00^{d}±0.00	0.06^{d}±0.04	3.66^{c}±1.26	6.31^{b}±0.89	8.04^{b}±0.44	13.98^{a}±0.39
ทางเคมี						
ค่าความเป็นกรด-ด่าง	4.69^{a}	4.68^{a}	4.64^{b}	4.55^{a}	4.44^{b}	4.20^{b}
ปริมาณกรดทั้งหมดคำนวณในรูปของกรดแลคติก(%)	0.97^{b}	0.97^{b}	1.02^{b}	1.08^{b}	1.17^{b}	1.67^{a}
ทางจุลินทรีย์						
จุลินทรีย์ทั้งหมด (โคโลนีต่อกรัม)	3.64×10^{7}	3.20×10^{7}	3.09×10^{7}	2.42×10^{7}	2.56×10^{7}	1.89×10^{7}
แบคทีเรียแลคติก (โคโลนีต่อกรัม)	3.56×10^{7}	2.93×10^{7}	2.68×10^{7}	2.65×10^{7}	2.55×10^{7}	7.03×10^{6}
ยีสต์/รา (โคโลนีต่อกรัม)	-	-	-	-	-	2.88×10^{3}

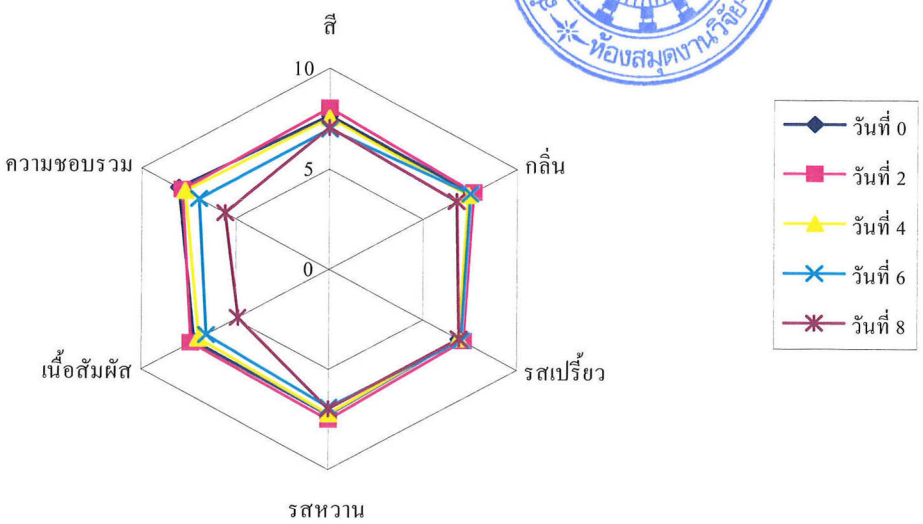
หมายเหตุ ^{ns} ในแนวนอน หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (P>0.05); ค่าเฉลี่ยตามด้วยตัวอักษรที่ไม่เหมือนกันในแนวนอน หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (P≤0.05)

ส่วนค่าการแยกตัวของน้ำ (syneresis) มีการเปลี่ยนแปลงเพิ่มมากขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) เมื่อเก็บไว้นานขึ้น ซึ่งเกิดจากจุลินทรีย์สร้างกรดได้มากขึ้นจึงทำให้ค่าความเป็นกรด-ด่างต่ำลง เกิดการแขวนลอยของเคซีนแยกตัวออกมา ส่งผลให้เกิดชั้นของหางนม (เวย์) และเกิดการแยกตัวของน้ำได้ง่าย และพบว่าค่าการแยกตัวของน้ำมีมากขึ้นเมื่อเก็บไว้เป็นเวลานานขึ้น เนื่องจากกิจกรรมของหัวเชื้อที่มีอยู่ในโยเกิร์ตเมื่อเวลาผ่านไปเรื่อย ๆ สุดท้ายหัวเชื้อจะถูกทำลายเกิดการแยกชั้นของครีมและเวย์ (นวลนภา อัคสินธวังกูร, 2546)

เมื่อพิจารณาคุณภาพทางเคมี พบว่าในระหว่างการเก็บรักษา โยเกิร์ตแก้วมังกรจะมีปริมาณกรดทั้งหมดคำนวณในรูปของกรดแลคติกเพิ่มขึ้น ส่งผลให้ค่าความเป็นกรด-ด่างลดลงตลอดระยะเวลาของการเก็บรักษา โดยจะลดลงอย่างเห็นได้ชัดในวันที่ 10 ของการเก็บรักษา ซึ่งเกิดจากแบคทีเรียกรดแลคติกยังคงมีกิจกรรมอยู่ จึงสามารถเปลี่ยนน้ำตาลแลคโตสในนมให้เป็นกรดแลคติก แม้ว่าจะเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 ± 2 °C ส่วนคุณภาพทางจุลินทรีย์พบว่าจำนวนแบคทีเรียและจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดมีแนวโน้มลดลงตามระยะเวลาการเก็บรักษาที่นานขึ้น โดยพบจำนวนยีสต์/ราเท่ากับ 2.88×10^3 โคโลนีต่อกรัม หลังจากทำการเก็บรักษาเป็นเวลา 10 วัน เนื่องจากเมื่อเชื้อแบคทีเรียยังมีชีวิตอยู่จะค่อยๆ สร้างสารต่างๆ ออกมาจนสะสมมากเกินไปจนไม่เหมาะสมต่อการดำรงอยู่ของแบคทีเรียเอง ส่งผลให้จำนวนแบคทีเรียมีจำนวนลดลงในขณะที่ราสามารถเจริญได้ดีขึ้น โดยประกาศกระทรวงสาธารณสุข (ฉบับที่ 289) เรื่องนมเปรี้ยว กำหนดให้พบเชื้อยีสต์/รา ได้ไม่เกิน 100 โคโนลีต่อกรัม ดังนั้นจึงอาจกล่าวได้ว่าอายุการเก็บรักษาของโยเกิร์ตแก้วมังกรที่ปลอดภัยต่อผู้บริโภคและยังคงมีคุณลักษณะที่ดีเมื่อเก็บไว้ที่อุณหภูมิ 4 ± 2 °C คือ 8 วัน โดยพบว่าภายหลังการเก็บรักษาเป็นเวลา 8 วัน โยเกิร์ตจะมีค่าความเป็นกรด - ด่างเท่ากับ 4.44 ปริมาณกรดทั้งหมดคำนวณในรูปของกรดแลคติก1.17 % จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด 2.56×10^7 โคโลนีต่อกรัม จำนวนแบคทีเรียกรดแลคติก 2.55×10^7 โคโลนีต่อกรัม และไม่พบเชื้อยีสต์/รา

การเก็บผลิตภัณฑ์โยเกิร์ต อาจมีการเปลี่ยนแปลงคุณลักษณะทางเคมี กายภาพ และจุลินทรีย์ที่ใช้เป็นหัวเชื้อและจุลินทรีย์ที่อาจปนเปื้อน ซึ่งชนิดของโยเกิร์ตมีผลต่อคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์ในระหว่างการเก็บ (Birollo, Reinheimer, & Vinderola, 2000, 799-805) ตามมาตรฐานของสถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย (วว.) ฝ่ายเทคโนโลยีกำหนดให้เก็บโยเกิร์ตที่อุณหภูมิต่ำหรือไม่เกิน 4 °C ได้ไม่เกิน 1-3 สัปดาห์ นับตั้งแต่วันที่บรรจุในภาชนะบรรจุ โดยการทดสอบทางประสาทสัมผัสของโยเกิร์ตแก้วมังกรตลอดระยะเวลาการเก็บรักษานาน 10 วัน พบว่าผู้ทดสอบให้การยอมรับผลิตภัณฑ์ที่เก็บไว้นาน 8 วัน (ภาพที่ 42)

สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ห้องสมุดงานวิจัย



ภาพที่ 42 ค่าเฉลี่ยความชอบในคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของโยเกิร์ตแก้วมังกรตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา 8 วัน

4.5.6 ผลการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภค

จากการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตแก้วมังกร กับกลุ่มผู้บริโภคทั่วไป (consumer) จำนวน 120 คน ได้ผลการทดสอบดังตารางที่ 27 พบว่าผู้บริโภคส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง มีอายุระหว่าง 18 – 25 ปี ศึกษาระดับปริญญาตรี อาชีพนิสิต/นักศึกษา รายได้เฉลี่ยต่อเดือน 1001 - 5000 บาท มีการยอมรับผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตแก้วมังกร โดยเห็นว่าราคาที่เหมาะสม คือ 15 บาท ขนาดที่เหมาะสมคือ 150 กรัม และจะซื้อ ผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตแก้วมังกรบางโอกาส อย่างไรก็ตามส่วนใหญ่มีความเห็นว่าเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีประโยชน์ต่อร่างกายจึงทำให้ผู้ทดสอบ 95.83 % ให้การยอมรับผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตดังกล่าว ส่วนโอกาสในการซื้อส่วนใหญ่ให้ความเห็นว่าจะซื้อผลิตภัณฑ์ดังกล่าวในบางโอกาส จากตารางที่ 28 พบว่าผู้ทดสอบให้การยอมรับผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตแก้วมังกรในระดับชอบปานกลาง ซึ่งมีคะแนนความชอบอยู่ในระดับเดียวกับทุกคุณลักษณะที่เหลือ เนื่องจากผู้ทดสอบต้องการความแปลกใหม่

ตารางที่ 27 ผลการยอมรับของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตแก้วมังกร

ปัจจัย	ความถี่ (คน)	เปอร์เซ็นต์ (%)
1. เพศ		
ชาย	22	18.33
หญิง	98	81.67
2. อายุ		
18-25 ปี	120	100
3. ระดับการศึกษา		
อนุปริญญาหรือเทียบเท่า	4	3.33
ปริญญาตรี	116	96.67
สูงกว่าปริญญาตรี	0	0
4. อาชีพ		
นิสิต/นักศึกษา	100	83.33
ค้าขาย/ธุรกิจส่วนตัว	2	1.67
แม่บ้าน	15	12.5
ข้าราชการ/รัฐวิสาหกิจ	0	0
พนักงานบริษัทเอกชน	3	2.5
รับจ้าง	0	0
อื่น ๆ	0	0
5. รายได้เฉลี่ยต่อเดือน		
น้อยกว่า 1000 บาท	0	0
1001-5000 บาท	82	68.33
5001-10000 บาท	35	29.17
10001-15000 บาท	3	2.5
15001-20000 บาท	0	0
มากกว่า 20000 บาท	0	0

ตารางที่ 27 (ต่อ)

ปัจจัย	ความถี่ (คน)	เปอร์เซ็นต์ (%)
6. ท่านยอมรับผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตแก้วมังกรหรือไม่		
ยอมรับ	115	95.83
ไม่ยอมรับ	5	4.17
7. ราคาที่เหมาะสมกับผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตแก้วมังกรขนาด 150 กรัม		
10 บาท	40	33.33
15 บาท	80	66.67
20 บาท	0	0
มากกว่า 20 บาท	0	0
8. ปริมาณบรรจุที่เหมาะสมสำหรับรับประทานผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตแก้วมังกร		
100 กรัม	19	15.83
150 กรัม	99	82.5
200 กรัม	0	0
อื่น ๆ	2	1.67
9. หากมีผลิตภัณฑ์นี้วางจำหน่ายคิดว่าจะซื้อหรือไม่		
ซื้อแน่นอน	31	25.83
ซื้อบางโอกาส	58	48.33
ไม่ซื้อทันที อาจซื้อในโอกาสต่อไป	24	20
ไม่ซื้อแน่ๆ	7	5.83

ตารางที่ 28 ค่าเฉลี่ยความชอบในคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของโยเกิร์ตแก้วมังกร

คุณลักษณะ	คะแนนความชอบเฉลี่ย
สี	7.54 ± 0.35
กลิ่น	6.78 ± 0.31
ลักษณะเนื้อสัมผัส	7.49 ± 0.18
ความเปรี้ยว	6.85 ± 0.27
ความหวาน	7.16 ± 0.21
ความชอบโดยรวม	7.66 ± 0.23