สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ
ห้องสมุดงานวิจัย

บทที่ 4
ผลการวิจัยและอภิปรายผล

ผลการวิจัยและอภิปรายผลการทดลองแบ่งออกเป็น (4.1) ผลการศึกษาผลการแช่ และวิธีการบดข้าวกล้องงอกต่อความคงตัว และขนาดอนุภาคของน้ำข้าวกล้องงอก (4.2) ผลการศึกษาผลของอัตราส่วนข้าวกล้องงอกต่อน้ำและความร้อนต่อความคงตัว ความหนืดและปริมาณสาร GABA ของน้ำข้าวกล้องงอก (4.3) ผลการศึกษาผลของชนิดและปริมาณสารให้ความคงตัว ต่อคุณลักษณะเครื่องดื่มข้าวกล้องงอก (4.4) ผลการศึกษาสภาวะที่เหมาะสมของการผสมน้ำมะเม่าเข้มข้น สารให้ความคงตัว และนมผงต่อคุณลักษณะเครื่องดื่มข้าวกล้องงอกผสมน้ำมะเม่าเข้มข้น และผลการยืนยันแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของสภาวะในการผลิตเครื่องดื่มข้าวกล้องงอกผสมน้ำมะเม่าเข้มข้นและคัดเลือกสภาวะที่เหมาะสม (4.5) ผลการศึกษาคุณภาพและการทดสอบทางประสาทสัมผัสของเครื่องดื่มข้าวกล้องงอกผสมน้ำมะเม่าเข้มข้น โดยมีรายละเอียดของหัวข้อต่างๆ ดังต่อไปนี้

4.1 ผลการศึกษาผลการแช่ และวิธีการบดข้าวกล้องงอกต่อความคงตัวและขนาดอนุภาคของน้ำข้าวกล้องงอก

ผลการทดลองแช่ข้าวกล้องงอกขาวดอกมะลิ 105 ที่ 40 °ซ ด้วยอัตราส่วนข้าวกล้องงอกต่อน้ำ 1:15 ที่เวลาต่างๆกัน คือ 2, 3, 4 ชั่วโมง และใช้อุปกรณ์ในการบดข้าวคือ เครื่องโม่หินไฟฟ้าและเครื่องปั่นไฟฟ้า แสดงค่าดัชนีการแยกชั้น และขนาดอนุภาค ในตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ผลการศึกษาผลการแช่ และวิธีการบดข้าวงอกต่อความคงตัวและขนาดอนุภาคของน้ำข้าวกล้องงอก

ปัจจัยศึกษา		คุณภาพของน้ำข้าวกล้องงอก	
ชนิดเครื่องบด	เวลาการแช่ (ชั่วโมง)	ดัชนีการแยกชั้น วัดวันที่ 4 ^{ns}	ขนาดอนุภาค (ไมโครเมตร) วัดวันที่ 1
โม่หินไฟฟ้า	2	0.85±0.01	6.96±1.20^{b}
โม่หินไฟฟ้า	3	0.86±0.01	5.67±1.04^{a}
โม่หินไฟฟ้า	4	0.84±0.01	5.60±0.50^{a}
เครื่องปั่นไฟฟ้า	2	0.86±0.02	8.43±0.51^{b}
เครื่องปั่นไฟฟ้า	3	0.86±0.01	5.24±0.40^{a}
เครื่องปั่นไฟฟ้า	4	0.84±0.01	5.54±0.35^{a}

หมายเหตุ ^{ns} แสดงความไม่แตกต่างกันทางสถิติของค่าเฉลี่ยในแนวตั้ง ($p > 0.05$)

^{ab} ที่แตกต่างกันในแนวตั้งของแต่ละชนิดเครื่องบดแสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

จากตารางที่ 4 พบว่าอิทธิพลร่วมของชนิดเครื่องบดข้าวและเวลาการแช่ และปัจจัยหลักแต่ละปัจจัยไม่มีผลต่อดัชนีการแยกชั้นอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$) (ภาคผนวก ข ตารางที่ ข1) และพบว่า อิทธิพลร่วมของชนิดเครื่องบดข้าวและเวลาการแช่ และปัจจัยหลักแต่ละปัจจัยมีผลต่อขนาดอนุภาคน้ำข้าวกล้องงอกอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) (ภาคผนวก ข ตารางที่ ข2) โดยน้ำข้าวกล้องงอกที่ลดขนาดด้วยโม่หินไฟฟ้าหรือเครื่องปั่นไฟฟ้า ที่แช่เป็นเวลา 2 ชั่วโมง มีขนาดอนุภาคที่ใหญ่กว่าการแช่เป็นเวลา 3 และ 4 ชั่วโมง อย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) ส่วนการแช่ที่ 3 และ 4 ชั่วโมง มีขนาดอนุภาคที่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$) (ภาคผนวก ข ตารางที่ ข3-ข9) ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Chiang and Yeh (2002) ที่ศึกษาผลการแช่ต่อการบดข้าวแบบเปียก พบว่า ระยะเวลาการแช่มีผลต่อขนาดของอนุภาค โดยการเพิ่มระยะเวลาในการแช่มีผลในการลดขนาดของอนุภาค และพบว่าปริมาณความชื้นที่มีอยู่เป็นปัจจัยหลักที่มีผลต่อขนาดอนุภาคที่เล็กลง เนื่องจากความชื้นมีผลทำให้เซลล์มีความอ่อนนุ่ม โดยถ้าปริมาณความชื้นต่ำกว่าร้อยละ 20 ค่าเฉลี่ยของขนาดอนุภาคไม่มีความแตกต่างกัน และจากการศึกษาของ จารุรัตน์ สันเต (2550) พบว่า การแช่ข้าวกล้องขาวดอกมะลิ 105 ที่ 40 °ซ เป็นเวลา 3 ชั่วโมง ขึ้นไปทำให้ข้าวมีความชื้นอิ่มตัวโดยมีความชื้นประมาณร้อยละ 46 ดังนั้นจึงคัดเลือกสภาวะที่จะใช้ในการทดลองขั้นต่อไปคือ การแช่ข้าว

กล้องงอกที่อุณหภูมิ 40 °ซ เป็นเวลา 3 ชั่วโมง และลดขนาดด้วยเครื่องปั่นไฟฟ้าเนื่องจากมีขนาดอนุภาคเล็กที่สุด

4.2 ผลการศึกษาผลของอัตราส่วนข้าวกล้องงอกต่อน้ำและสภาวะการให้ความร้อนต่อความคงตัว ความหนืดและปริมาณสาร GABA ของน้ำข้าวกล้องงอก

เมื่อนำข้าวกล้องงอกที่สภาวะการลดขนาดโดยแช่ข้าวที่ 40 °ซ นาน 3 ชั่วโมง และบดด้วยเครื่องปั่นไฟฟ้า ต่อน้ำ เท่ากับ 1:28, 1:32 , 1:36 (โดยน้ำหนัก) ให้ความร้อนที่ระดับต่าง ๆ กัน 3 ระดับ คือ 80 °ซ เวลา 30 นาที , 85 °ซ เวลา 15 วินาที และ 90 °ซ เวลา 1 วินาที พบว่ามีดัชนีการแยกชั้น ดังแสดงในตารางที่ 5 ความหนืดและปริมาณสาร GABA ดังแสดงในตารางที่ 6

ตารางที่ 5 ผลการศึกษาผลของอัตราส่วนข้าวกล้องงอกต่อน้ำและสภาวะการให้ความร้อนต่อความคงตัวด้านการแยกชั้นของน้ำข้าวกล้องงอก

ปัจจัยศึกษา		ดัชนีการแยกชั้น วัดวันที่ 4 วัน
ข้าว:น้ำ (g/ml)	สภาวะการให้ความร้อน (°ซ)	
1:28	80 °ซ 30 นาที	0.62 ± 0.00^{aA}
1:28	85 °ซ 15 วินาที	0.66 ± 0.00^{bA}
1:28	90 °ซ 1 วินาที	0.63 ± 0.00^{aA}
1:32	80 °ซ 30 นาที	0.75 ± 0.00^{bB}
1:32	85 °ซ 15 วินาที	0.76 ± 0.01^{bB}
1:32	90 °ซ 1 วินาที	0.70 ± 0.00^{aB}
1:36	80 °ซ 30 นาที	0.75 ± 0.00^{B}
1:36	85 °ซ 15 วินาที	0.77 ± 0.00^{B}
1:36	90 °ซ 1 วินาที	0.76 ± 0.01^{C}

หมายเหตุ ^{ab} อักษรแนวตั้งแสดงค่าเฉลี่ยดัชนีการแยกชั้นของน้ำข้าวกล้องงอกที่ให้ความร้อนระดับต่างๆ ในแต่ละอัตราส่วนข้าวกล้องงอกต่อน้ำหนึ่งๆ ที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

^{ABC} อักษรแนวตั้งแสดงค่าเฉลี่ยดัชนีการแยกชั้นของน้ำข้าวกล้องงอกในแต่ละอัตราส่วนข้าวกล้องงอกต่อน้ำต่างๆ ณ การให้ความร้อนหนึ่งๆ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

จากตารางที่ 5 การลดขนาดโดยแช่ข้าวกล้องงอกที่ 40 °ซ นาน 3 ชั่วโมง ต่อน้ำ เท่ากับ 1:28, 1:32 , 1:36 และบดด้วยเครื่องปั่นไฟฟ้า แล้วให้ความร้อนที่อุณหภูมิต่าง ๆ กัน 3 ระดับ คือ 80 °ซ เวลา 30 นาที, 85 °ซ เวลา 15 วินาที และ 90 °ซ เวลา 1 วินาที พบว่าอิทธิพลร่วมของอัตราส่วนข้าวกล้องงอกต่อน้ำ และสภาวะการให้ความร้อน และปัจจัยหลักแต่ละปัจจัยมีผลต่อดัชนีการแยกชั้นอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) (ภาคผนวก ข ตารางที่ ข10) และเมื่อพิจารณาในด้านสภาวะการให้ความร้อนพบว่า อัตราส่วนข้าวกล้องงอกต่อน้ำ 1: 28 และสภาวะการให้ความร้อน 80 °ซ เวลา 30 นาที มีดัชนีการแยกชั้นน้อยที่สุดในวันที่ 4 ของการเก็บที่ 4 °ซ (ดัชนีการแยกชั้นเป็น 0.62) และอัตราส่วนข้าวกล้องงอกต่อน้ำ 1: 32 สภาวะการให้ความร้อน 90 °ซ เวลา 1 วินาที มีดัชนีการแยกชั้นน้อยที่สุดในวันที่ 4 ของการเก็บที่ 4 °ซ (ดัชนีการแยกชั้นเป็น 0.70) และอัตราส่วนข้าวกล้องงอกต่อน้ำ 1: 36 ทุกสภาวะการให้ความร้อน มีดัชนีการแยกชั้นไม่ต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$) (ภาคผนวก ข ตารางที่ ข11 - ข15) และเมื่อพิจารณาในด้านอัตราส่วนข้าวกล้องงอกต่อน้ำพบว่า สภาวะการให้ความร้อน ทั้ง 3 สภาวะ ที่ใช้อัตราส่วนข้าวกล้องงอกต่อน้ำ 1:28 มีดัชนีการแยกชั้นน้อยที่สุดในวันที่ 4 ของการเก็บที่ 4 °ซ (ดัชนีการแยกชั้นเป็น 0.62) (ภาคผนวก ข ตารางที่ ข16 – ข21) และพบว่า ดัชนีการแยกชั้นจะลดลงเมื่อใช้อัตราส่วนข้าวที่เพิ่มขึ้นเนื่องจากน้ำแป้งมีความเข้มข้นจึงทำให้มีความหนืดมากสตาร์ชจึงสามารถแขวนลอยอยู่ได้

ตารางที่ 6 ผลการศึกษาผลของอัตราส่วนข้าวกล้องงอกต่อน้ำและสภาวะการให้ความร้อน ต่อความหนืด และปริมาณสาร GABA ของน้ำข้าวกล้องงอก

ปัจจัยศึกษา		คุณภาพของน้ำข้าวกล้องงอก		
ข้าว:น้ำ (g/ml)	สภาวะการให้ความร้อน (°ซ)	ความหนืด 4° ซ (cps)	ความหนืด 25° ซ (cps)	GABA (mg/100 ml)
1:28	80°ซ 30 นาที	$66.25\pm0.07^{a\,B}$	$64.65\pm0.35^{a\,B}$	$0.12\pm0.00^{a\,B}$
1:28	85°ซ 15 วินาที	$69.05\pm0.07^{b\,B}$	$65.95\pm0.21^{b\,C}$	$0.17\pm0.00^{c\,B}$
1:28	90°ซ 1 วินาที	$71.20\pm0.00^{c\,B}$	$67.65\pm0.50^{c\,B}$	$0.16\pm0.00^{b\,C}$
1:32	80°ซ 30 นาที	$63.60\pm0.71^{a\,A}$	$63.05\pm0.21^{a\,A}$	$0.11\pm0.00^{b\,B}$
1:32	85°ซ 15 วินาที	$65.60\pm0.71^{ab\,A}$	$64.00\pm0.14^{b\,B}$	$0.08\pm0.00^{a\,A}$
1:32	90°ซ 1 วินาที	$67.00\pm0.71^{b\,A}$	$65.00\pm0.14^{c\,A}$	$0.13\pm0.00^{c\,B}$
1:36	80°ซ 30 นาที	$63.60\pm0.71^{a\,A}$	$62.70\pm0.00^{a\,A}$	$0.10\pm0.00^{b\,A}$
1:36	85°ซ 15 วินาที	$65.35\pm0.07^{b\,A}$	$63.15\pm0.35^{a\,A}$	$0.08\pm0.00^{a\,A}$
1:36	90°ซ 1 วินาที	$66.10\pm0.00^{c\,A}$	$64.25\pm0.21^{b\,A}$	$0.08\pm0.00^{a\,A}$

หมายเหตุ ^{abc} อักษรแนวตั้งแสดงค่าเฉลี่ยความหนืดที่ 4 และ 25 °ซ และ GABA ของน้ำข้าวกล้องงอกที่ให้ความร้อนระดับต่างๆ ในแต่ละอัตราส่วนข้าวกล้องงอกต่อน้ำหนึ่งๆ ที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

^{ABC} อักษรแนวตั้งแสดงค่าเฉลี่ยความหนืดที่ 4 และ 25 °ซ และ GABA ของน้ำข้าวกล้องงอกในแต่ละอัตราส่วนข้าวกล้องงอกต่อน้ำต่างๆ ณ การให้ความร้อนหนึ่งๆ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

จากตารางที่ 6 การลดขนาดโดยแช่ข้าวกล้องงอกที่ 40 °ซ นาน 3 ชั่วโมง และบดด้วยเครื่องปั่นไฟฟ้า ต่อน้ำ เท่ากับ 1:28, 1:32 , 1:36 ให้ความร้อนที่อุณหภูมิต่าง ๆ กัน 3 ระดับ คือ 80 °ซ เวลา 30 นาที, 85 °ซ เวลา 15 วินาที และ 90 °ซ เวลา 1 วินาที พบว่าอิทธิพลร่วมของอัตราส่วนข้าวกล้องงอกต่อน้ำ และสภาวะการให้ความร้อน และปัจจัยหลักแต่ละปัจจัย มีผลต่อความหนืดและปริมาณสาร GABA อย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) (ภาคผนวก ข ตารางที่ ข22, ข35 และ ข46 ตามลำดับ) โดยมีความหนืดที่ 4 °ซ เมื่อพิจารณาในด้านอัตราส่วนข้าวกล้องงอกต่อน้ำพบว่าอัตราส่วนข้าวกล้องงอกต่อน้ำทั้ง 3 อัตราส่วน (1:28,1:32 ,1:36) ที่ใช้สภาวะการให้ความร้อน 80 °ซ เวลา 30 นาที มีความหนืดที่ 4 °ซ ต่ำกว่าสภาวะการให้ความร้อน 85 °ซ เวลา 15 วินาที และ 90 °ซ เวลา 1 วินาที อย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) (ภาคผนวก ข ตารางที่ ข23 - ข28) และพบว่า

อัตราส่วนข้าวกล้องงอกต่อน้ำ 1:28 ที่ใช้สภาวะการให้ความร้อนทั้ง 3 สภาวะ (80 °ซ เวลา 30 นาที, 85 °ซ เวลา 15 วินาที และ 90 °ซ เวลา 1 วินาที) มีความหนืดที่ 4 °ซ มากกว่า อัตราส่วนข้าวกล้องงอกต่อน้ำ 1:32 และ 1:36 อย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) (ภาคผนวก ข ตารางที่ ข29 - ข34) เนื่องจากมีปริมาณข้าวมากกว่า

ด้านความหนืดที่ 25 °ซ เมื่อพิจารณาอัตราส่วนข้าวกล้องงอกต่อน้ำพบว่า อัตราส่วนข้าวกล้องงอกต่อน้ำ 1:28 และ 1:32 ที่ใช้สภาวะการให้ความร้อน 80 °ซ เวลา 30 นาที มีความหนืดต่ำกว่าสภาวะการให้ความร้อน 85 °ซ เวลา 15 วินาที และ 90 °ซ เวลา 1 วินาที อย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) (ภาคผนวก ข ตารางที่ ข36 – ข39) แต่อัตราส่วนข้าวกล้องงอกต่อน้ำ 1:36 ที่ใช้สภาวะการให้ความร้อน 80 °ซ เวลา 30 นาที และ 85 °ซ เวลา 15 วินาที มีความหนืดไม่แตกต่างกันและความหนืดต่ำกว่าสภาวะการให้ความร้อน 90 °ซ เวลา 1 วินาที อย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) (ภาคผนวก ข ตารางที่ ข40 – ข41) และพบว่า อัตราส่วนข้าวกล้องงอกต่อน้ำ 1:28 ที่ใช้สภาวะการให้ความร้อนทั้ง 3 สภาวะ (80 °ซ เวลา 30 นาที , 85 °ซ เวลา 15 วินาที และ 90 °ซ เวลา 1 วินาที) มีความหนืดอยู่ในระดับสูงกว่าอัตราส่วนข้าวกล้องงอกต่อน้ำ 1:32 และ 1:36 อย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) (ภาคผนวก ข ตารางที่ ข42- ข47) โดยพบว่าเมื่อใช้อัตราส่วนข้าวกล้องงอกต่อน้ำและสภาวะการให้ความร้อนที่เพิ่มขึ้นจะทำให้ความหนืดเพิ่มขึ้น เนื่องจากการให้ความร้อนแก่น้ำแป้งจะมีผลไปทำลายพันธะไฮโดรเจนที่อยู่ระหว่างโมเลกุลในเม็ดแป้งในส่วนของ amorphous region โมเลกุลในเม็ดแป้งจะขยายตัวออก น้ำเข้าไปสร้างพันธะกับแป้งได้ ทำให้เม็ดแป้งจะพองตัวขึ้นมีผลทำให้ความหนืดเพิ่มขึ้นและเมื่อให้ความร้อนต่อไปที่อุณหภูมิสูงขึ้น ความร้อนจะไปทำลายพันธะไฮโดรเจนที่อยู่ระหว่างโมเลกุลในเม็ดแป้งในส่วนของ crystalline region ซึ่งในบริเวณนี้เป็นส่วนที่มีพันธะไฮโดรเจนอยู่หนาแน่น เมื่อพันธะไฮโดรเจนถูกทำลายมากขึ้นทำให้ความหนืดลดลง แต่เมื่อเย็นลงจะเกิดการสร้างพันธะใหม่ทำให้อุ้มน้ำได้อีกจึงทำให้มีความหนืดสูงขึ้น (Sterling 1978)

ด้านปริมาณ GABA พบว่า อัตราส่วนข้าวกล้องงอกต่อน้ำ 1: 28 และสภาวะการให้ความร้อน 85 °ซ เวลา 15 วินาที จะให้ปริมาณ GABA สูงที่สุด (ปริมาณ GABA เป็น 0.17 mg/100ml) แตกต่างกับสภาวะการให้ความร้อน 80 °ซ เวลา 30 นาที และ 90 °ซ เวลา 1 วินาที อย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) (ภาคผนวก ข ตารางที่ ข49 - ข50) และพบว่า อัตราส่วนข้าวกล้องงอกต่อน้ำ 1: 28 มีปริมาณ GABA สูงกว่าอัตราส่วนข้าวกล้องงอกต่อน้ำ 1: 32 และ 1:36 อย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) (ภาคผนวก ข ตารางที่ ข55 - ข60) เนื่องจากมีการใช้ข้าวกล้องงอกสูงกว่าอัตราส่วนอื่น ๆ จากการทดลองได้คัดเลือกสภาวะที่ใช้ในการทดลองขั้นต่อไปคือ อัตราส่วนข้าวกล้องงอกต่อน้ำ 1:28 และสภาวะการให้ความร้อนที่ 85 ° ซ เวลา 15 วินาที เนื่องจากให้ปริมาณ GABA ที่ระดับสูงสุด

4.3 ผลการศึกษาผลของชนิดและปริมาณสารให้ความคงตัวต่อคุณลักษณะเครื่องดื่มข้าวกล้องงอก

การผลิตน้ำข้าวกล้องงอกที่สภาวะการลดขนาดโดยแช่ข้าวที่ 40 °ซ นาน 3 ชั่วโมง และบดด้วยเครื่องปั่นไฟฟ้า โดยใช้อัตราส่วนข้าวกล้องงอกต่อน้ำ 1:28 อุณหภูมิการให้ความร้อนที่ 85 ° ซ นาน 15 วินาทีและใช้สารให้ความคงตัวคือ คาร์ราจีแนนและโซเดียมอัลจิเนตในปริมาณร้อยละ 0.06, 0.09, 0.12 พบว่าอิทธิพลร่วมของชนิดและปริมาณสารให้ความคงตัว มีผลต่อดัชนีการแยกชั้นและความหนืด ดังแสดงในตารางที่ 7 (ภาคผนวก ข ตารางที่ ข61-ข76)

ตารางที่ 7 ผลการศึกษาผลของชนิดและปริมาณสารให้ความคงตัว ต่อคุณลักษณะเครื่องดื่มข้าวกล้องงอกอัตราส่วนข้าวกล้องงอกต่อน้ำ 1:28 และสภาวะการให้ความร้อนที่ 85 ° ซ นาน 15 วินาที

ปัจจัยศึกษา		คุณภาพของน้ำข้าวกล้องงอก					
		ดัชนีการแยกชั้น				ความหนืด (cps.)	
ชนิดสารให้ความคงตัว	ปริมาณ (ร้อยละ)	1 วัน[ns]	2 วัน	3 วัน	4 วัน	4° ซ	25° ซ
คาร์ราจีแนน	0.06	0.00±0.00	0.00±0.00[a]	0.00±0.00[a]	0.00±0.00[a]	85.65±0.21[b]	69.60±0.14[a]
คาร์ราจีแนน	0.09	0.00±0.00	0.00±0.00[a]	0.00±0.00[a]	0.00±0.00[a]	96.15±0.21[d]	70.40±0.85[a]
คาร์ราจีแนน	0.12	0.00±0.00	0.00±0.00[a]	0.00±0.00[a]	0.00±0.00[a]	111.00±1.41[f]	72.10±0.14[b]
โซเดียมอัลจิเนต	0.06	0.00±0.00	0.59±0.00[c]	0.61±0.00[b]	0.62±0.00[b]	78.85±0.21[a]	70.15±0.07[a]
โซเดียมอัลจิเนต	0.09	0.00±0.00	0.61±0.01[d]	0.63±0.01[c]	0.64±0.00[c]	91.05±0.07[c]	75.25±0.07[c]
โซเดียมอัลจิเนต	0.12	0.00±0.00	0.58±0.00[b]	0.61±0.00[b]	0.63±0.01[b]	98.85±0.21[e]	78.15±0.21[d]
เครื่องดื่มข้าวกล้องทางการค้า						88.5±1.41	68.5±1.41

หมายเหตุ [ns] แสดงค่าเฉลี่ยดัชนีการแยกชั้น ณ วันที่ 1 ของน้ำข้าวกล้องงอกที่ใช้ชนิดและปริมาณสารให้ความคงตัวต่างๆ ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$)

[abc....] อักษรแนวตั้งแสดงค่าเฉลี่ยดัชนีการแยกชั้น ณ วันหนึ่งๆ และความหนืดที่ 4 และ 25 ° ซ ของน้ำข้าวกล้องงอกที่ใช้ชนิดและปริมาณสารให้ความคงตัวต่างๆ ณ วันแรก มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

จากตารางที่ 7 พบว่า การผลิตน้ำข้าวกล้องงอกที่สภาวะการลดขนาดโดยแช่ข้าวกล้องงอกที่ 40 °ซ นาน 3 ชั่วโมง และบดด้วยเครื่องปั่นไฟฟ้า โดยใช้อัตราส่วนข้าวกล้องงอกต่อน้ำ 1:28 อุณหภูมิการให้ความร้อนที่ 85 ° ซ นาน 15 วินาที โดยใช้สารให้ความคงตัวคือ คาร์ราจีแนนและโซเดียมอัลจิเนตในปริมาณร้อยละ 0.06, 0.09, 0.12 พบว่า อิทธิพลร่วมของชนิดและปริมาณสารให้ความคงตัว มีผลต่อดัชนีการแยกชั้นและความหนืดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยในวันที่ 1 ของการเก็บที่ 4 °ซ ไม่เกิดการแยกชั้นในตัวอย่างที่ใช้คาร์ราจีแนนและโซเดียมอัลจิเนตเป็นสารให้ความคงตัวทุกความเข้มข้น แต่ในวันที่ 2 ถึงวันที่ 4 ของการเก็บรักษาที่ 4 ° ซ พบว่าเกิดการแยกชั้นขึ้นในตัวอย่างที่ใช้โซเดียมอัลจิเนตเป็นสารให้ความคงตัวทุกระดับความเข้มข้น ส่วนตัวอย่างที่ใช้คาร์ราจีแนนเป็นสารให้ความคงตัวทุกความเข้มข้นพบว่า ไม่เกิดการแยกชั้นตลอดระยะเวลาการเก็บ 4 วัน เนื่องจากว่า การเกิดเจลาติไนเซชันของสตาร์ชเม็ดแป้งจะพองตัวและแตกออก แอมิโลสและแอไมโลเพคตินสามารถละลายออกมาได้ (Bahnassey and Breene 1994; Kruger and others 2003) คาร์ราจีแนนซึ่งเป็นสาร polyelectrolyte ทำให้สามารถคงความเสถียรภาพ (stabilize) ของสตาร์ช โปรตีนและไขมันโดย ประจุลบของหมู่ซัลเฟตอิสระของคาร์ราจีแนนจะจับกับกลุ่มไฮโดรเจนของแอมิโลสและแอไมโลเพคตินเกิดโครงสร้างที่แข็งแรงสามารถอุ้มน้ำไว้ได้จึงไม่เกิดการแยกชั้นของน้ำข้าวกล้องงอก ส่วนโซเดียมอัลจิเนตเป็นกลุ่มคาร์บ๊อกซิลิกสามารถจับกับกลุ่มไฮโดรเจนของแอมิโลสและแอไมโลเพคตินเกิดโครงสร้างที่ไม่แข็งแรงเท่ากับของพันธะคาร์ราจีแนน จึงเกิดการแยกชั้น (FMC Corporation and North Carolina state University 1992; Kruger and others 2003) ในด้านความหนืดพบว่า ใช้สารให้ความคงตัวทั้ง 2 ชนิดในปริมาณที่มากขึ้นจะทำให้ความหนืดเพิ่มมากขึ้น เนื่องจากว่าคาร์ราจีแนนและโซเดียมอัลจิเนตมีคุณสมบัติในการดูดน้ำ เมื่อใช้ปริมาณเพิ่มขึ้นจะทำให้ดูดน้ำได้มากขึ้นจึงทำให้น้ำในระบบมีน้อยลง ความหนืดจึงเพิ่มขึ้น

จากการทดลองได้คัดเลือกสภาวะที่ใช้ในการทดลองขั้นต่อไปคือ อัตราส่วนข้าวกล้องงอกต่อน้ำ 1:28 และอุณหภูมิการให้ความร้อนที่ 85 ° ซ นาน 15 วินาที และคาร์ราจีแนนเป็นสารให้ความคงตัว เนื่องจากสามารถป้องกันการแยกชั้นและให้ความหนืดใกล้เคียงกับน้ำข้าวกล้องเชิงการค้า

4.4. ผลการศึกษาสภาวะที่เหมาะสมของการผสมน้ำมะเม่าเข้มข้น สารให้ความคงตัว และนมผงต่อคุณลักษณะเครื่องดื่มข้าวกล้องงอกผสมน้ำมะเม่าเข้มข้น

การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตเครื่องดื่มข้าวกล้องงอกผสมน้ำมะเม่าเข้มข้นในขั้นตอนนี้ปัจจัยที่ศึกษา คือ ปริมาณน้ำมะเม่าเข้มข้น (A) (ร้อยละ 4-12) นมผง (B) (ร้อยละ 2.29-4.29) และคาร์ราจีแนน (C) (ร้อยละ 0.06-0.14) โดยการออกแบบการทดลองแบบ Central Composite Design (CCD) เพื่อคัดเลือกสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตเครื่องดื่มข้าวกล้องงอกผสมน้ำมะเม่าเข้มข้น โดยพิจารณาคุณลักษณะที่สำคัญ ได้แก่ ความคงตัว (ดัชนีการแยกชั้น) ความหนืด ปริมาณ GABA กิจกรรมสารต้านออกซิเดชัน ดังแสดงในตารางที่ 8

จากการนำค่าเฉลี่ยของค่าตอบสนองมาทำการวิเคราะห์แบบ Response Surface Methodology (RSM) ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป Design Expert Version 5.0 โดยวิเคราะห์สมการถดถอยเชิงพหุ เพื่อนำมาสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ซึ่งสามารถอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างค่าตอบสนองกับตัวแปรอิสระที่เป็นปัจจัยการทดลอง ซึ่งประกอบด้วย ปริมาณน้ำมะเม่าเข้มข้น (A) นมผง (B) และคาร์ราจีแนน (C) โดยมีการพิจารณาความเหมาะสมของแบบจำลอง จากการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) และค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R^2) นั่นคือ ถ้า model significant แสดงว่าแบบจำลองนั้นเหมาะสมดี นอกจากนี้การวิเคราะห์ค่า *Lack of fit* จะช่วยยืนยันให้ทราบถึงความเหมาะสมของแบบจำลอง ถ้า *Lack of fit* ไม่มีนัยสำคัญ ($p > 0.05$) แสดงว่าแบบจำลองที่สร้างขึ้นเหมาะสม แต่ถ้า *Lack of fit* มีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) แสดงว่าแบบจำลองที่สร้างขึ้นนั้นไม่สามารถอธิบายความแปรปรวนหรือผลการทดลองได้อย่างมีนัยสำคัญ (อนุวัติ แจ้งชัด 2549) ผลการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ แสดงดังตารางที่ 9 (ภาคผนวก ข ตารางที่ ข77-ข84) เพื่ออธิบายความสัมพันธ์ระหว่างค่าตอบสนองกับตัวแปรอิสระที่เป็นปัจจัยการทดลอง ดังนี้

ตารางที่ 8 คุณลักษณะที่สำคัญของเครื่องดื่มข้าวกล้องงอกผสมน้ำมะเม่าเข้มข้น ที่ผลิตได้จากการออกแบบการทดลองแบบ Central Composite Design (CCD)

การทดลอง	ปัจจัยศึกษา			คุณลักษณะที่สำคัญของเครื่องดื่มข้าวกล้องงอกผสมน้ำมะเม่าเข้มข้น							
	A น้ำมะเม่าเข้มข้น	B นมผง	C คาร์ราจีแนน	ดัชนีการแยกชั้น				ความหนืด (cps.)		GABA (mg/100 ml.)	กิจกรรมสารต้านออกซิเดชัน
				1 วัน	2 วัน	3 วัน	4 วัน	4 °ซ	25° ซ		
1	4	2.29	0.06	0.00±0.00	0.00±0.00	0.00±0.00	0.00±0.00	88.15±0.21	72.30±0.14	0.24±0.01	70.90±0.96
2	4	2.29	0.14	0.00±0.00	0.00±0.00	0.00±0.00	0.00±0.00	89.75±0.01	74.15±0.01	0.17±0.02	73.75±0.07
3	4	4.29	0.06	0.00±0.00	0.00±0.00	0.00±0.00	0.00±0.00	90.45±0.01	73.45±0.01	0.18±0.01	74.39±0.72
4	4	4.29	0.14	0.00±0.00	0.00±0.00	0.00±0.00	0.00±0.00	91.15±0.21	75.30±0.14	0.15±0.01	76.07±1.09
5	12	2.29	0.06	0.59±0.01	0.65±0.01	0.68±0.01	0.69±0.01	86.10±0.14	66.40±0.14	0.19±0.01	83.05±0.81
6	12	2.29	0.14	0.57±0.01	0.63±0.01	0.65±0.01	0.66±0.01	87.05±0.01	68.50±0.28	0.27±0.04	81.71±1.35
7	12	4.29	0.06	0.58±0.01	0.64±0.01	0.65±0.01	0.67±0.01	86.55±0.21	71.35±0.21	0.21±0.03	80.28±0.45
8	12	4.29	0.14	0.57±0.01	0.64±0.00	0.65±0.00	0.66±0.00	88.80±0.14	74.05±0.01	0.19±0.01	79.95±0.42
9	1.27	3.29	0.10	0.00±0.00	0.00±0.00	0.00±0.00	0.00±0.00	86.30±0.14	70.40±0.14	0.18±0.01	59.54±0.61
10	14.73	3.29	0.10	0.43±0.01	0.51±0.01	0.52±0.01	0.56±0.01	83.25±0.01	66.65±0.21	0.29±0.01	85.32±0.43
11	8	1.61	0.10	0.47±0.03	0.56±0.05	0.57±0.04	0.59±0.04	85.40±0.14	66.20±0.14	0.34±0.02	75.61±1.81
12	8	4.97	0.10	0.00±0.00	0.06±0.01	0.07±0.01	0.08±0.01	87.25±0.01	69.55±0.21	0.21±0.02	75.61±0.52
13	8	3.29	0.03	0.51±0.02	0.59±0.01	0.61±0.01	0.64±0.01	85.30±0.14	65.55±0.21	0.25±0.01	76.17±0.27
14	8	3.29	0.17	0.01±0.00	0.10±0.00	0.15±0.00	0.17±0.00	87.75±0.21	67.65±0.21	0.21±0.01	75.43±1.29
15	8	3.29	0.10	0.54±0.00	0.61±0.01	0.63±0.01	0.66±0.01	86.60±0.14	65.70±0.14	0.23±0.02	75.01±0.30
16	8	3.29	0.10	0.55±0.00	0.64±0.01	0.66±0.01	0.70±0.01	86.35±0.01	65.40±0.14	0.27±0.01	76.72±2.02
17	8	3.29	0.10	0.52±0.01	0.60±0.01	0.62±0.01	0.65±0.01	86.60±0.14	65.75±0.01	0.26±0.01	76.84±1.92

ตารางที่ 9 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของแบบจำลองที่ใช้ในการวิเคราะห์แบบ RSM ของปัจจัยคุณภาพ

ปัจจัยศึกษา	คุณลักษณะที่สำคัญของเครื่องดื่มข้าวกล้องงอกผสมน้ำมะเม่าเข้มข้น							
	ดัชนีการแยกชั้น				ความหนืด (cps.)		GABA (mg/100 ml.)	กิจกรรมสารต้านออกซิเดชัน
	1 วัน	2 วัน	3 วัน	4 วัน	4 ° ซ	25° ซ		
model significant	0.1165	0.0914	0.0705	0.0606	0.2159	0.0978	0.4032	0.0095*
Lack of fit	0.0604	0.0071*	0.0070*	0.0119*	0.0056*	0.0048*	0.1142	0.0975
R^2	0.7320	0.7850	0.8036	0.8136	0.7034	0.7797	0.6118	0.8979
constant	-0.85	-0.89	-1.00	-1.12	+90.41	+98.36	+0.32	+56.04
A	+013*	+0.14*	+0.15*	+0.16*	+0.085	-3.80	-9.679E-04	+4.34*
B	+0.40	+0.39	+0.43	+0.48	-0.71	-7.60	-0.063	+2.12
C	+2.21	+2.78	+3.21	+3.72	-71.95	-107.47	+1.24	-143.80
A^2	-4.892E-03	-5.546E-03	-6.061E-03	-6.360E-03	-8.626E-03	+0.078	-7.209E-04	-0.064
B^2	-0.069	-0.070	-0.076	-0.083	+0.24	+1.01	+5.613E-03	+0.11
C^2	-8.358E-03	-0.030	-0.048	-0.061	+1.56	+4.41	-0.022	+4.30
AB	+5.910E-03	+7.368E-03	+7.428E-03	+7.946E-03	-0.18	+0.32	+4.724E-03	-0.64
AC	-0.17	-0.20	-0.23	-0.24	+4.09	+14.13	+2.293E-04	+3.09
BC	-0.63	-0.68	-0.72	-0.84	+14.78	-4.72	-0.41	+31.19

หมายเหตุ * แสดงความมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

A คือ ปริมาณน้ำมะเม่าเข้มข้น B คือ ปริมาณนมผง C คือ ปริมาณคาร์ราจีแนน

4.4.1 ผลการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยการทดลองต่อดัชนีการแยกชั้นในวันที่ 1 ของการเก็บรักษา

เมื่อวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ของดัชนีการแยกชั้น ที่เป็นผลมาจากปัจจัยการทดลอง ได้แก่ ปริมาณน้ำมะเม่าเข้มข้น (A) ปริมาณนมผง (B) ปริมาณคาร์ราจีแนน (C) ดังตารางที่ 9 (ภาคผนวก ข ตารางที่ ข-58) พบว่า เมื่อทำการวิเคราะห์สมการถดถอยเชิงพหุ มีค่า p – value เท่ากับ 0.1665 ซึ่งมากกว่า 0.05 ($p > 0.05$) แสดงให้เห็นว่า ปัจจัยการทดลองไม่มีผลต่อดัชนีการแยกชั้น และเมื่อพิจารณาค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R^2) พบว่ามีค่าเท่ากับ 0.7320 ซึ่งมากกว่า 0.7 แสดงว่าความสัมพันธ์ระหว่างดัชนีการแยกชั้นและปัจจัยการทดลอง สามารถอธิบายความสัมพันธ์ได้ และเมื่อพิจารณาค่า *Lack of fit* พบว่ามีค่าเท่ากับ 0.0604 ซึ่งมากกว่า 0.05 ($p > 0.05$) แสดงให้เห็นว่า ความสัมพันธ์ระหว่างดัชนีการแยกชั้นและปัจจัยการทดลอง มีความเหมาะสมที่จะนำมาใช้เป็นตัวแทนของชุดข้อมูลได้ แต่เนื่องจากค่าแบบจำลองนี้มีค่า p–value เท่ากับ 0.1665 ซึ่งมากกว่า 0.05 ($p > 0.05$) ซึ่งแสดงให้ถึงปัจจัยการทดลองไม่มีผลต่อดัชนีการแยกชั้นจึงไม่เหมาะสมที่จะนำแบบจำลองนี้มาใช้อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างดัชนีการแยกชั้นและปัจจัยการทดลอง

4.4.2 ผลการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยการทดลองต่อดัชนีการแยกชั้นในวันที่ 2 ของการเก็บรักษา

เมื่อวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ของดัชนีการแยกชั้น ที่เป็นผลมาจากปัจจัยการทดลอง ได้แก่ ปริมาณน้ำมะเม่าเข้มข้น (A) ปริมาณนมผง (B) ปริมาณคาร์ราจีแนน (C) ดังตารางที่ 9 (ภาคผนวก ข ตารางที่ ข-59) พบว่า เมื่อทำการวิเคราะห์สมการถดถอยเชิงพหุ มีค่า p – value เท่ากับ 0.0914 ซึ่งมากกว่า 0.05 ($p > 0.05$) แสดงให้เห็นว่า ปัจจัยการทดลองไม่มีผลต่อดัชนีการแยกชั้น และเมื่อพิจารณาค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R^2) พบว่ามีค่าเท่ากับ 0.7850 ซึ่งมากกว่า 0.7 แสดงว่าความสัมพันธ์ระหว่างดัชนีการแยกชั้นและปัจจัยการทดลอง สามารถอธิบายความสัมพันธ์ได้ และเมื่อพิจารณาค่า *Lack of fit* พบว่ามีค่าเท่ากับ 0.0071 ซึ่งน้อยกว่า 0.05 ($p \leq 0.05$) แสดงให้เห็นว่า ความสัมพันธ์ระหว่างดัชนีการแยกชั้นและปัจจัยการทดลอง ไม่มีความเหมาะสมที่จะนำมาใช้เป็นตัวแทนของชุดข้อมูลได้

4.4.3 ผลการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยการทดลองต่อดัชนีการแยกชั้นในวันที่ 3 ของการเก็บรักษา

เมื่อวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ของดัชนีการแยกชั้น ที่เป็นผลมาจากปัจจัยการทดลอง ได้แก่ ปริมาณน้ำมะเม่าเข้มข้น (A) ปริมาณนมผง (B) ปริมาณคาร์ราจีแนน (C) ดังตารางที่ 9 (ภาคผนวก ข ตารางที่ ข-60) พบว่า เมื่อทำการวิเคราะห์สมการถดถอยเชิงพหุ มีค่า

p – value เท่ากับ 0.0705 ซึ่งมากกว่า 0.05 ($p > 0.05$) แสดงให้เห็นว่า ปัจจัยการทดลองไม่มีผลต่อดัชนีการแยกชั้น และเมื่อพิจารณาค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R^2) พบว่ามีค่าเท่ากับ 0.8036 ซึ่งมากกว่า 0.7 แสดงว่าความสัมพันธ์ระหว่างดัชนีการแยกชั้นและปัจจัยการทดลอง สามารถอธิบายความสัมพันธ์ได้ และเมื่อพิจารณาค่า *Lack of fit* พบว่ามีค่าเท่ากับ 0.0070 ซึ่งน้อยกว่า 0.05 ($p \leq 0.05$) แสดงให้เห็นว่า ความสัมพันธ์ระหว่างดัชนีการแยกชั้นและปัจจัยการทดลอง ไม่มีความเหมาะสมที่จะนำมาใช้เป็นตัวแทนของชุดข้อมูลได้

4.4.4 ผลการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยการทดลองต่อดัชนีการแยกชั้นในวันที่ 4 ของการเก็บรักษา

เมื่อวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ของดัชนีการแยกชั้น ที่เป็นผลมาจากปัจจัยการทดลอง ได้แก่ ปริมาณน้ำมะเม่าเข้มข้น (A) ปริมาณนมผง (B) ปริมาณคาร์ราจีแนน (C) ดังตารางที่ 9 (ภาคผนวก ข ตารางที่ ข-61) พบว่า เมื่อทำการวิเคราะห์สมการถดถอยเชิงพหุ มีค่า p – value เท่ากับ 0.0606 ซึ่งมากกว่า 0.05 ($p > 0.05$) แสดงให้เห็นว่า ปัจจัยการทดลองไม่มีผลต่อดัชนีการแยกชั้น และเมื่อพิจารณาค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R^2) พบว่ามีค่าเท่ากับ 0.8136 ซึ่งมากกว่า 0.7 แสดงว่าความสัมพันธ์ระหว่างดัชนีการแยกชั้นและปัจจัยการทดลอง สามารถอธิบายความสัมพันธ์ได้ และเมื่อพิจารณาค่า *Lack of fit* พบว่ามีค่าเท่ากับ 0.0119 ซึ่งน้อยกว่า 0.05 ($p \leq 0.05$) แสดงให้เห็นว่า ความสัมพันธ์ระหว่างดัชนีการแยกชั้นและปัจจัยการทดลอง ไม่มีความเหมาะสมที่จะนำมาใช้เป็นตัวแทนของชุดข้อมูลได้

4.4.5 ผลการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยการทดลองต่อความหนืดที่ 4 °ซ

เมื่อวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ของความหนืดที่ 4 °ซ ที่เป็นผลมาจากปัจจัยการทดลอง ได้แก่ ปริมาณน้ำมะเม่าเข้มข้น (A) ปริมาณนมผง (B) ปริมาณคาร์ราจีแนน (C) ดังตารางที่ 9 (ภาคผนวก ข ตารางที่ ข-62) พบว่า เมื่อทำการวิเคราะห์สมการถดถอยเชิงพหุ มีค่า p – value เท่ากับ 0.2159 ซึ่งมากกว่า 0.05 ($p > 0.05$) แสดงให้เห็นว่า ปัจจัยการทดลองไม่มีผลต่อความหนืดที่ 4 °ซ และเมื่อพิจารณาค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R^2) พบว่ามีค่าเท่ากับ 0.7034 ซึ่งมากกว่า 0.7 แสดงว่าความสัมพันธ์ระหว่างความหนืดที่ 4 °ซ และปัจจัยการทดลอง สามารถอธิบายความสัมพันธ์ได้ และเมื่อพิจารณาค่า *Lack of fit* พบว่ามีค่าเท่ากับ 0.0056 ซึ่งน้อยกว่า 0.05 ($p \leq 0.05$) แสดงให้เห็นว่า ความสัมพันธ์ระหว่างความหนืดที่ 4 °ซ และปัจจัยการทดลอง ไม่มีความเหมาะสมที่จะนำมาใช้เป็นตัวแทนของชุดข้อมูลได้

4.4.6 ผลการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยการทดลองต่อความหนืดที่ 25 °ซ

เมื่อวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ของความหนืดที่ 25 °ซ ที่เป็นผลมาจากปัจจัยการทดลอง ได้แก่ ปริมาณน้ำมะเม่าเข้มข้น (A) ปริมาณนมผง (B) ปริมาณคาร์ราจีแนน (C) ดังตารางที่ 9 (ภาคผนวก ข ตารางที่ ข-63) พบว่า เมื่อทำการวิเคราะห์สมการถดถอยเชิงพหุ มีค่า p – value เท่ากับ 0.0978 ซึ่งมากกว่า 0.05 ($p > 0.05$) แสดงให้เห็นว่า ปัจจัยการทดลองไม่มีผลต่อความหนืดที่ 25 °ซ และเมื่อพิจารณาค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R^2) พบว่ามีค่าเท่ากับ 0.7797 ซึ่งมากกว่า 0.7 แสดงว่าความสัมพันธ์ระหว่างความหนืดที่ 25 °ซ และปัจจัยการทดลอง สามารถอธิบายความสัมพันธ์ได้ และเมื่อพิจารณาค่า *Lack of fit* พบว่ามีค่าเท่ากับ 0.0048 ซึ่งน้อยกว่า 0.05 ($p \leq 0.05$) แสดงให้เห็นว่า ความสัมพันธ์ระหว่างความหนืดที่ 25 °ซ และปัจจัยการทดลอง ไม่มีความเหมาะสมที่จะนำมาใช้เป็นตัวแทนของชุดข้อมูลได้

4.4.7 ผลการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยการทดลองต่อปริมาณ GABA

เมื่อวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ของปริมาณ GABA ที่เป็นผลมาจากปัจจัยการทดลอง ได้แก่ ปริมาณน้ำมะเม่าเข้มข้น (A) ปริมาณนมผง (B) ปริมาณคาร์ราจีแนน (C) ดังตารางที่ 9 (ภาคผนวก ข ตารางที่ ข-64) พบว่า เมื่อทำการวิเคราะห์สมการถดถอยเชิงพหุ มีค่า p – value เท่ากับ 0.4032 ซึ่งมากกว่า 0.05 ($p > 0.05$) แสดงให้เห็นว่า ปัจจัยการทดลองไม่มีผลต่อปริมาณ GABA และเมื่อพิจารณาค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R^2) พบว่ามีค่าเท่ากับ 0.6118 ซึ่งมากกว่า 0.7 แสดงว่าความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณ GABA และปัจจัยการทดลอง สามารถอธิบายความสัมพันธ์ได้ และเมื่อพิจารณาค่า *Lack of fit* พบว่ามีค่าเท่ากับ 0.1142 ซึ่งมากกว่า 0.05 ($p > 0.05$) แสดงให้เห็นว่า ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณ GABA และปัจจัยการทดลอง มีความเหมาะสมที่จะนำมาใช้เป็นตัวแทนของชุดข้อมูลได้ แต่เนื่องจากค่าแบบจำลองนี้มีค่า p – value เท่ากับ 0.4032 ซึ่งมากกว่า 0.05 ($p > 0.05$) ซึ่งแสดงให้ถึงปัจจัยการทดลองไม่มีผลต่อปริมาณ GABA จึงไม่เหมาะที่จะนำแบบจำลองนี้มาใช้อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณ GABA และปัจจัยการทดลอง

4.4.8 ผลการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยการทดลองต่อกิจกรรมสารต้านออกซิเดชัน

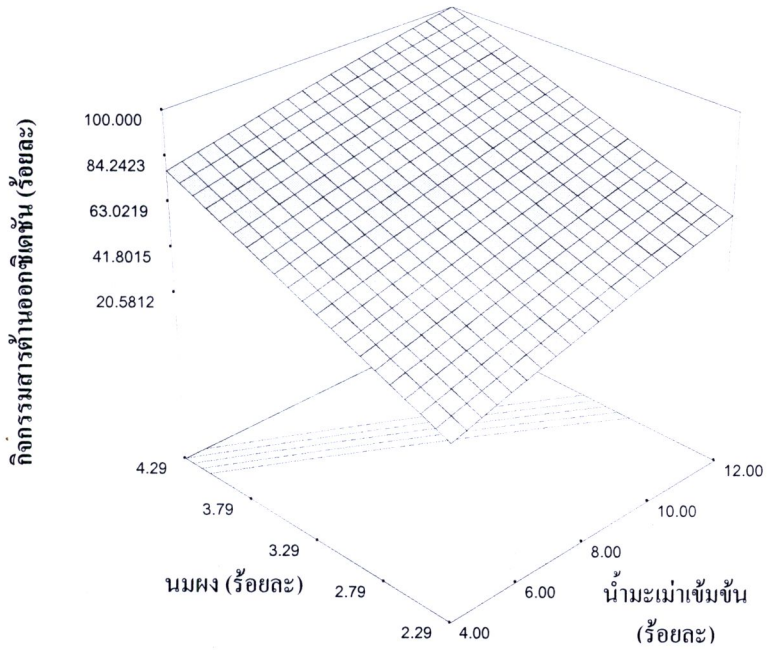
เมื่อวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ของกิจกรรมสารต้านออกซิเดชัน ที่เป็นผลมาจากปัจจัยการทดลอง ได้แก่ ปริมาณน้ำมะเม่าเข้มข้น (A) ปริมาณนมผง (B) ปริมาณคาร์ราจีแนน (C) ดังตารางที่ 9 (ภาคผนวก ข ตารางที่ ข-65) พบว่าเมื่อทำการวิเคราะห์สมการถดถอยเชิงพหุ มีค่า p – value เท่ากับ 0.0095 ซึ่งน้อยกว่า 0.05 ($p \leq 0.05$) แสดงให้เห็นว่า ปัจจัยการทดลองมีผลต่อกิจกรรมสารต้านออกซิเดชัน และเมื่อพิจารณาค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R^2) พบว่ามีค่าเท่ากับ 0.8979 ซึ่งมากกว่า 0.7 แสดงว่าความสัมพันธ์ระหว่างกิจกรรมสารต้านออกซิเดชัน และปัจจัยการ

ทดลอง สามารถอธิบายความสัมพันธ์ได้ และเมื่อพิจารณาค่า *Lack of fit* พบว่ามีค่าเท่ากับ0.0975 ซึ่งมากกว่า 0.05 ($p > 0.05$) แสดงให้เห็นว่า ความสัมพันธ์ระหว่างกิจกรรมสารต้านออกซิเดชัน และปัจจัยการทดลองมีความเหมาะสมที่จะนำมาใช้เป็นตัวแทนของชุดข้อมูลได้ สมการอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างกิจกรรมสารต้านออกซิเดชัน และปัจจัยการทดลอง มีดังนี้

$$Y_8 = 56.04 + 4.34A \qquad (R^2 = 0.8979) \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (4.1)$$

จากสมการ (4.1) มีค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R^2) เท่ากับ 0.8979 หมายความว่า เมื่อใช้สมการดังกล่าวทำนายกิจกรรมสารต้านออกซิเดชันตามสภาวะของตัวแปรอิสระที่เปลี่ยนสามารถอธิบายกิจกรรมสารต้านออกซิเดชันได้ร้อยละ 89.79 และพิจารณาระดับนัยสำคัญของแบบจำลอง อย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

จากตารางที่ 9 และสมการที่ (4.1) พบว่ากิจกรรมสารต้านออกซิเดชันมีความสัมพันธ์เชิงเส้นอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) กับปริมาณน้ำมะเม่าเข้มข้น ดังนั้นสามารถประเมินระดับปริมาณน้ำมะเม่าเข้มข้น เพื่อให้ได้ค่ากิจกรรมสารต้านออกซิเดชันที่เหมาะสม และเมื่อนำแบบจำลองทางคณิตศาสตร์มาสร้างความสัมพันธ์ของพื้นผิวตอบสนองของปริมาณน้ำมะเม่าเข้มข้น ปริมาณนมผง ดังแสดงในภาพที่ 7 พบว่ากิจกรรมสารต้านออกซิเดชันจะเปลี่ยนแปลงไปตามปริมาณน้ำมะเม่าเข้มข้น ที่ใช้ในการผลิตน้ำข้าวกล้องงอกผสมน้ำมะเม่าเข้มข้น คือ กิจกรรมสารต้านออกซิเดชันจะเพิ่มขึ้นตามปริมาณน้ำมะเม่าเข้มข้นที่เพิ่มขึ้น



ภาพที่ 7 พื้นผิวตอบสนองแสดงความสัมพันธ์เชิงเส้นระหว่างปริมาณน้ำมะเม่าเข้มข้น ปริมาณนมผง ที่มีผลต่อกิจกรรมสารต้านออกซิเดชัน

จากสมการของแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของกิจกรรมสารต้านออกซิเดชันนั้น สามารถหาสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตเครื่องดื่มข้าวกล้องงอกผสมน้ำมะเม่าเข้มข้น ได้ทั้งหมด 3 สภาวะ โดยมีการคัดเลือกสภาวะที่กำหนดได้จากแบบจำลองที่มีค่าความพึงพอใจ (desirability) สูงสุดและให้ค่ากิจกรรมสารต้านออกซิเดชันสูง ดังตารางที่ 10 (ภาคผนวก ข ตารางที่ ข85)

ตารางที่ 10 สภาวะที่เหมาะสมในการผลิตเครื่องดื่มข้าวกล้องงอกผสมน้ำมะเม่าเข้มข้น จากการคัดเลือกโดยใช้โปรแกรม Design Expert Version 5.0

สภาวะที่	ปริมาณน้ำมะเม่าเข้มข้น (ร้อยละ)	ปริมาณนมผง (ร้อยละ)	ปริมาณคาร์ราจีแนน (ร้อยละ)
1	4.00	4.29	0.10
2	4.14	4.29	0.12
3	4.00	4.29	0.08

ผลการยืนยันแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของการผลิตเครื่องดื่มข้าวกล้องงอกผสมน้ำมะเม่าเข้มข้นและคัดเลือกสภาวะที่เหมาะสม

จากการศึกษาการยืนยันแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของการผลิตเครื่องดื่มข้าวกล้องงอกผสมน้ำมะเม่าเข้มข้น ทั้ง 3 สภาวะ พบว่ากิจกรรมสารต้านออกซิเดชันของสภาวะที่ 3 ที่ได้จากการวิเคราะห์ค่าจริงมี ร้อยละความคลาดเคลื่อนจากกิจกรรมสารต้านออกซิเดชันที่ทำนายได้จากแบบจำลองน้อยที่สุด ดังตารางที่ 11 แสดงว่าแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของกิจกรรมสารต้านออกซิเดชันของสภาวะที่ 3 สามารถนำมาใช้กำหนดสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตเครื่องดื่มข้าวกล้องงอกผสมน้ำมะเม่าเข้มข้นได้ดีที่สุด จึงทำการคัดเลือกสภาวะที่ 3 ไปทำการทดลองในขั้นต่อไป

ตารางที่ 11 การยืนยันแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของกิจกรรมสารต้านออกซิเดชันที่ได้จากการทำนายและการวิเคราะห์ค่า

สภาวะการผลิต	ปัจจัยการผลิต			กิจกรรมสารต้านออกซิเดชัน		ร้อยละความคลาดเคลื่อน
	น้ำมะเม่าเข้มข้น (ร้อยละ)	นมผง (ร้อยละ)	คาร์ราจีแนน (ร้อยละ)	จากการทำนายแบบจำลอง	จากการวิเคราะห์	
1	4.00	4.29	0.10	73.76	64.18±0.14	12.99
2	4.14	4.29	0.12	73.03	63.59±0.79	12.93
3	4.00	4.29	0.08	73.72	73.79±0.27	0.10

4.5 ผลการศึกษาคุณภาพและการทดสอบทางประสาทสัมผัสของเครื่องดื่มข้าวกล้องงอกผสมน้ำมะเม่าเข้มข้น

4.5.1 คุณภาพของผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มข้าวกล้องงอกผสมน้ำมะเม่าเข้มข้น

การผลิตเครื่องดื่มข้าวกล้องงอกผสมน้ำมะเม่าเข้มข้นโดยแช่ข้าวกล้องงอกต่อน้ำ 1 : 28 ที่อุณหภูมิ 40 ° ซ เป็นเวลา 3 ชั่วโมง โดยทำการลดขนาดด้วยเครื่องปั่นไฟฟ้าแล้วนำสารแขวนลอยจากข้าวกล้องงอกมาเติมน้ำตาลร้อยละ 5.77 (w/v) นมผงร้อยละ 4.29 (w/v) คาร์ราจีแนนร้อยละ 0.08 (w/v) และน้ำมะเม่าเข้มข้นร้อยละ4 (v/v) แล้วทำการให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 85 ° ซ นาน 15 วินาที กรองด้วยตะแกรง 100 mesh ทำการบรรจุขณะร้อนใส่ขวดขนาด 250 มิลลิลิตร แล้วทำให้เย็นลงโดยการแช่ในน้ำเย็นและเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 ° ซ หลังผลิต 1 วัน พบว่าเครื่องดื่มข้าวกล้องงอกผสมน้ำมะเม่าเข้มข้นมีคุณสมบัติดังแสดงในตารางที่ 12

ตารางที่ 12 คุณสมบัติของเครื่องดื่มข้าวกล้องงอกผสมน้ำมะเม่าเข้มข้น

คุณสมบัติ	ค่าที่วัดได้ (ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน)
สี	L* 38.37±0.27 , a* -2.41±0.04 , b* -5.23±0.01
ความหนืดที่ 4 ° ซ (cps.)	87.45±0.07
ความหนืด 25 ° ซ (cps.)	72.40±0.14
พีเอช	6.4±0.14
กิจกรรมสารต้านออกซิเดชัน (ร้อยละ)	73.79±0.27
กิจกรรมสารต้านออกซิเดชัน (µmol Trolox equivalent / 100 µL)	35.08±0.40
ปริมาณ GABA (mg/100 mL)	0.17±0.01
โปรตีน (N×6.25) (ร้อยละ)	2.20±0.04
ไขมัน (ร้อยละ)	0.85±0.01
เถ้า (ร้อยละ)	0.27±0.02
เส้นใยหยาบ (ร้อยละ)	0.12±0.03
ความชื้น (ร้อยละ)	90.42±0.24
คาร์โบไฮเดรต (ร้อยละ) (โดยผลต่าง)	6.15±0.34
จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด (CFU/mL)	20
จำนวนยีสต์และรา (CFU/mL)	ไม่พบ

จากตารางที่ 12 พบว่า ผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มข้าวกล้องงอกผสมน้ำมะเม่าเข้มข้นที่ผลิตได้มีสีม่วงอ่อน มีความหนืดที่ 4 และ 25 ° ซ 87.45 cps. และ 72.40 cps. ตามลำดับ ซึ่งมีความใกล้เคียงกับความหนืดของน้ำข้าวกล้องเชิงการค้า ส่วนในด้านองค์ประกอบทางเคมีพบว่าประกอบด้วยโปรตีนร้อยละ 2.2 ไขมันร้อยละ 0.85 คาร์โบไฮเดรตร้อยละ 6.15 ซึ่งเป็นปริมาณที่ใกล้เคียงสำหรับผลิตภัณฑ์เลียนแบบนม ตามข้อแนะนำของ FAO (1972) กำหนดว่าผลิตภัณฑ์เลียนแบบนมที่ดีควรมีปริมาณโปรตีนไม่ต่ำกว่าร้อยละ 2.5 (w/w) และคาร์โบไฮเดรตไม่ต่ำกว่าร้อยละ 5.00 (w/w) ทางจุลินทรีย์พบว่าจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดที่เหลืออยู่ในเครื่องดื่มข้าวกล้องงอกผสมน้ำมะเม่าเข้มข้น ที่ผ่านการให้ความร้อนที่ อุณหภูมิ 85 ° ซ เป็นเวลา 15 วินาที เป็น 2.0×10^{1} CFU/mL ซึ่งมีจำนวนจุลินทรีย์อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนดในผลิตภัณฑ์นมพาสเจอไรซ์ โดยกำหนดไว้ว่าจะมีจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดได้ไม่เกิน 50,000 โคโลนีต่อมิลลิลิตร (CFU/mL.) (Notification of The Ministry of Health No. 256 2002) และไม่พบการเจริญของยีสต์และรา

4.5.2 การเปลี่ยนแปลงด้านกายภาพ ของเครื่องดื่มข้าวกล้องงอกผสมน้ำมะเม่าเข้มข้นในระหว่างการเก็บรักษาที่ 4 ° ซ เป็นเวลา 14 วัน

การเปลี่ยนแปลงด้านกายภาพ ในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 ° ซ ในตู้เย็น ผลการวัดสีพบว่าเมื่อเวลาผ่านไป 14 วัน ค่าสีไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (p>0.05) ดังแสดงในตารางที่ 13 (ภาคผนวก ข ตารางที่ ข-86) ส่วนในด้านความหนืดที่ระยะเวลาการเก็บ 8-14 วัน พบว่าความหนืดมีค่าลดลงแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p\leq$0.05) เนื่องจากเกิดการรีโทรกราเดชันของแป้งทำให้ความหนืดลดลง ส่วนในด้านการแยกชั้นพบว่าไม่เกิดการแยกชั้นตลอดระยะเวลาการเก็บ 14 วันดังแสดงในตารางที่ 14 (ภาคผนวก ข ตารางที่ ข87-89)

ตารางที่ 13 ค่าสีของเครื่องดื่มข้าวกล้องงอกผสมน้ำมะเม่าเข้มข้นที่ระยะเวลาการเก็บรักษาต่างกัน

ระยะเวลาในการเก็บ (วัน)	ค่าสีเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน [ns]		
	L*	a*	b*
0	38.37±0.27	-2.41±0.04	-5.23±0.01
2	38.34±0.28	-2.42±0.05	-5.23±0.02
4	38.30±0.26	-2.42±0.04	-5.22±0.02
6	38.22±0.27	-2.43±0.04	-5.21±0.02
8	38.19±0.26	-2.44±0.04	-5.20±0.01
10	38.15±0.25	-2.45±0.04	-5.19±0.01
12	38.12±0.23	-2.46±0.04	-5.19±0.01
14	38.09±0.23	-2.47±0.03	-5.18±0.01

หมายเหตุ [ns] แสดงค่าเฉลี่ยค่าสีของน้ำข้าวกล้องงอกผสมน้ำมะเม่าเข้มข้นที่ระยะเวลาการเก็บรักษาต่างกันไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$)

ตารางที่ 14 ค่าความหนืดและการแยกชั้นของเครื่องดื่มข้าวกล้องงอกผสมน้ำมะเม่าเข้มข้นที่ระยะเวลาการเก็บรักษาต่างกัน

ระยะเวลาในการเก็บ (วัน)	ความหนืด		การแยกชั้น
	4 ° ซ	25 ° ซ	
0	86.60±0.14[e]	70.25±0.07[e]	0.00±0.00
2	86.50±0.14[e]	70.15±0.07[e]	0.00±0.00
4	86.45±0.07[e]	70.15±0.07[e]	0.00±0.00
6	86.35±0.07[e]	70.05±0.07[e]	0.00±0.00
8	84.35±0.21[d]	69.25±0.07[d]	0.00±0.00
10	83.20±0.14[c]	67.70±0.14[c]	0.00±0.00
12	82.30±0.14[b]	66.20±0.14[b]	0.00±0.00
14	81.45±0.21[a]	65.45±0.07[a]	0.00±0.00

หมายเหตุ [abc...] อักษรแนวตั้งแสดงค่าเฉลี่ยความหนืดที่ 4 และ 25 ° ซ ของน้ำข้าวกล้องงอกผสมน้ำมะเม่าเข้มข้นที่ระยะเวลาการเก็บรักษาต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

4.5.3 การเปลี่ยนแปลงทางด้านเคมี ของเครื่องดื่มข้าวกล้องงอกผสมน้ำมะเม่าเข้มข้นในระหว่างการเก็บรักษาที่ 4 ° ซ เป็นเวลา 14 วัน

การเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางเคมี ในระหว่างการเก็บรักษาในตู้เย็น (อุณหภูมิ 4±1° ซ) พบว่าเครื่องดื่มข้าวกล้องงอกผสมน้ำมะเม่าเข้มข้นมีกิจกรรมสารต้านออกซิเดชันที่ลดลงแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) เมื่อระยะเวลาการเก็บเพิ่มขึ้น เนื่องมาจากการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันอันเนื่องมาจากจุลินทรีย์ปล่อยออกซิเจน ส่วนในด้าน pH พบว่ามีค่าลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) เมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น เนื่องจากความร้อนสามารถทำลายจุลินทรีย์ได้เพียงบางส่วน ซึ่งอาจทำให้มีจุลินทรีย์ชนิดที่ทนความร้อนได้ดีสามารถรอดชีวิตได้ เช่น จุลินทรีย์ประเภท Thermophillic bacteria ซึ่งสามารถผลิตกรดแลคติค และกรดบิวทีริค (Jay 1978) ทำให้ผลิตภัณฑ์มีความเป็นกรดเพิ่มขึ้น ส่วนในด้านปริมาณ GABA พบว่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$) เมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น เนื่องจากมีการเก็บผลิตภัณฑ์ที่อุณหภูมิต่ำทำให้สาร GABA ไม่มีการสลายตัว ดังแสดงในตารางที่ 15 (ภาคผนวก ข ตารางที่ ข90 –ข94)

ตารางที่ 15 การเปลี่ยนแปลงด้านเคมีของเครื่องดื่มข้าวกล้องงอกผสมน้ำมะเม่าเข้มข้นที่ระยะเวลาการเก็บรักษาต่างกัน

ระยะเวลาในการเก็บ (วัน)	กิจกรรมสารต้านออกซิเดชัน (μmol TE /100 μL)	pH	GABA (mg/100 ml) ^{ns}
0	35.08±0.40^{e}	6.4±0.07^{d}	0.16±0.01
2	33.92±0.45^{e}	6.3±0.07^{cd}	0.16±0.01
4	31.45±0.86^{d}	6.2±0.07^{cd}	0.16±0.01
6	30.58±0.26^{cd}	6.1±0.07^{c}	0.16±0.01
8	29.79±0.31^{bc}	5.7±0.14^{b}	0.16±0.01
10	29.31±0.37^{bc}	5.6±0.14^{b}	0.16±0.01
12	28.27±1.07^{ab}	5.5±0.14^{ab}	0.15±0.01
14	27.35±1.03^{a}	5.4±0.07^{a}	0.15±0.01

หมายเหตุ ^{ns} อักษรแนวตั้งแสดงค่าเฉลี่ยปริมาณ GABA ของน้ำข้าวกล้องงอกผสมน้ำมะเม่าเข้มข้นที่ระยะเวลาการเก็บรักษาต่างกันไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$)

$^{abc...}$ อักษรแนวตั้งแสดงค่าเฉลี่ยกิจกรรมสารต้านออกซิเดชัน และ pH ของน้ำข้าวกล้องงอกผสมน้ำมะเม่าเข้มข้นที่ระยะเวลาการเก็บรักษาต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

4.5.4 การเปลี่ยนแปลงทางด้านจุลินทรีย์ของเครื่องดื่มข้าวกล้องงอกผสมน้ำมะเม่าเข้มข้นในระหว่างการเก็บรักษาที่ 4 ° ซ เป็นเวลา 14 วัน

ผลจากการวิเคราะห์ทางจุลินทรีย์ แสดงดังตารางที่ 16 พบว่า เครื่องดื่มข้าวกล้องงอกผสมน้ำมะเม่าเข้มข้นที่ผ่านการให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 85 ° ซ เป็นเวลา 15 วินาที ในวันที่เริ่มต้นเก็บรักษา (0วัน) หลังผ่านการให้ความร้อนมีจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด 20 CFU/mL แต่เมื่อระยะการเก็บเพิ่มขึ้นจนถึงวันที่ 2 ของการเก็บรักษา มีจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดลดลงจากวันเริ่มต้นเล็กน้อย ซึ่งอาจเกิดจากการบาดเจ็บของเซลล์จุลินทรีย์จากความร้อน ซึ่งจุลินทรีย์จำนวนหนึ่งบาดเจ็บมากจนไม่สามารถคืนสภาพได้ (recovery) จึงตายลงในช่วงต้นของการเก็บรักษาทำให้จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดลดลง ส่วนเซลล์ที่ยังสามารถคืนสภาพได้ก็จะนำ เอาธาตุอาหารที่มีอยู่อย่างอุดมสมบูรณ์ในเครื่องดื่มมาใช้ในการซ่อมแซมส่วนที่บาดเจ็บของตัวเองให้กลายเป็นเซลล์ที่สมบูรณ์ก่อนจึงสามารถเพิ่มจำนวนได้ทำให้จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดในช่วงนี้คงที่อยู่ระยะหนึ่งและเมื่อเซลล์สามารถซ่อมแซมตัวเองแล้วจะเพิ่มจำนวนขึ้นอย่างรวดเร็ว (Ray 1979) โดยพบได้ว่าจำนวนจุลินทรีย์เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วหลังจากการเก็บรักษาเป็นเวลา 10 วัน แสดงได้ดังตารางที่ 17 และเมื่อเก็บรักษาผลิตภัณฑ์มากกว่า 10 วัน ที่อุณหภูมิ 4 ° ซ พบว่ามีจำนวนเชื้อจุลินทรีย์เกินมาตรฐานที่กำหนดในผลิตภัณฑ์นมพาสเจอไรส์ โดยกำหนดไว้ว่าจะมีจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดได้ไม่เกิน 50,000 โคโลนีต่อมิลลิลิตร (CFU/mL.) (Notification of The Ministry of Health No. 256 2002) ส่วนจำนวนยีสต์และรา พบว่า 2 วันแรกจะไม่พบโคโลนีของยีสต์และราในผลิตภัณฑ์ แต่เมื่อระยะเวลาการเก็บนานขึ้นผลิตภัณฑ์จะมีจำนวนยีสต์และราเพิ่มขึ้น เนื่องจากอาจมีสปอร์ของยีสต์และราปนเปื้อนจากสิ่งแวดล้อมขณะบรรจุขวด และเมื่อสภาวะเหมาะสมเชื้อนี้ก็สามารถเจริญเติบโตขึ้นมาได้ มาตรฐานจำนวนยีสต์และราในผลิตภัณฑ์ประเภทนมพาสเจอร์ไรส์ไม่ได้มีการกำหนดไว้

ตารางที่ 16 การเปลี่ยนแปลงทางด้านจุลินทรีย์ของเครื่องดื่มข้าวกล้องงอกผสมน้ำมะเม่าเข้มข้นที่ระยะเวลาการเก็บรักษาต่างกัน

ระยะเวลาในการเก็บ (วัน)	จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด (TPC) (CFU/mL)	ยีสต์และรา (CFU/mL)
0	20	ไม่พบ
2	18	ไม่พบ
4	18	10
6	250	20
8	2,500	40
10	30,000	80
12	65,000	120
14	180,000	280

4.5.5 คุณภาพทางประสาทสัมผัสของเครื่องดื่มข้าวกล้องงอกผสมน้ำมะเม่าเข้มข้น

คุณภาพทางประสาทสัมผัสของเครื่องดื่มข้าวกล้องงอกผสมน้ำมะเม่าเข้มข้นจากผู้บริโภค 30 คน ดังแสดงในตารางที่ 17 พบว่า ผู้บริโภคให้การยอมรับผลิตภัณฑ์อยู่ในระดับชอบเล็กน้อย โดยมีคะแนนความชอบด้านสี = 5.57±0.57 ด้านกลิ่น = 5.10±0.61 ด้านความหนืด = 5.87±0.55 ด้านรสชาติ = 5.77±0.57 ด้านความชอบโดยรวม = 5.76±0.63 ซึ่งเป็นคะแนนในช่วงชอบเล็กน้อย แต่งานวิจัยนี้เน้นกระบวนการแปรรูปที่เหมาะสมเพื่อให้ได้เครื่องดื่มข้าวกล้องงอกผสมน้ำมะเม่าเข้มข้นที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูง มีความคงตัวด้านการแยกชั้นสูงและมีความปลอดภัยด้านจุลินทรีย์ จึงควรมีการพัฒนาสูตรที่ให้กลิ่นและรสชาติที่ดีต่อไป

ตารางที่ 17 คะแนนความชอบเฉลี่ยของผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มข้าวงอกผสมน้ำมะเม่าเข้มข้นของผู้บริโภค 30 คน

ลักษณะที่ทดสอบ	คะแนนเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
สี	5.57±0.57
กลิ่น	5.10±0.61
ความหนืด	5.87±0.55
รสชาติ	5.77±0.57
ความชอบโดยรวม	5.76±0.63