abst.

ข้อมูลข่าวสารของกรมวิทยาศาสตร์บริการ
ตาม พ.ร.บ. ข้อมูลข่าวสารของราชการ พ.ศ. 2540

วศ กช
อว 52

เอกสารผลงานที่เสนอประเมิน
เพื่อแต่งตั้งให้ดำรงตำแหน่งนักวิทยาศาสตร์ 7ว

เรื่องที่ 2

การศึกษาทดลองผลิตวุ้นน้ำส้ม
จากน้ำซาวข้าว

นางสุพรรณี เทพอรุณรัตน์
นางสาวรัตนา สุขสรรค์
นายเกรียงไกร นาคะเกศ

กลุ่มงานจุลชีววิทยา
กองวิทยาศาสตร์ชีวภาพ
กรมวิทยาศาสตร์บริการ
กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสิ่งแวดล้อม

กรมวิทยาศาสตร์บริการ

บทคัดย่อ

จากการศึกษาการทำวุ้นน้ำส้มจากน้ำซาวข้าวโดยใช้แบคทีเรีย แอซิโตแบคเตอร์ (*Acetobacter*) สายพันธุ์ TISTR 976 พบว่าน้ำซาวข้าวหรือน้ำล้างข้าวที่เหลือทิ้งจากอุตสาหกรรมแปรรูปข้าวที่ไม่มีสารที่ไม่เป็นอันตรายอื่นเจือปน เช่น น้ำซาวข้าว ขนมจีน เส้นก๋วยเตี๋ยว สามารถนำมาทำวุ้นน้ำส้มได้ ผลการศึกษาปัจจัยต่างๆที่มีผลต่อการผลิตวุ้นน้ำส้มพบว่า ความเข้มข้นของน้ำตาลและสารอาหารที่เติมลงไปในน้ำซาวข้าวที่ทำให้ได้แผ่นวุ้นหนาที่สุดเมื่อหมักนาน 28 วัน คือ น้ำตาลทรายร้อยละ 12 สารอาหารที่เป็นแหล่งธาตุคาร์บอน เช่น น้ำส้มสายชูกลั่น 5% ซึ่งเติมลงไปจนทำให้น้ำซาวข้าวมีความเข้มข้นของกรดอยู่ร้อยละ 1 หรือเหล้าโรง 28 ดีกรีร้อยละ 6 หรือแอลกอฮอล์ร้อยละ 2 สารอาหารเหล่านี้ทำให้ได้วุ้นน้ำส้มที่หนาและมีสีขาว เหมาะแก่การนำไปทำเป็นอาหารหวาน การเติมสารอาหารที่เป็นแหล่งธาตุไนโตรเจน เช่น แอมโมเนียมซัลเฟตร้อยละ 0.6 หรือแอมโมเนียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟตร้อยละ 0.2 หรือแอมโมเนียมไฮโดรเจนฟอสเฟตร้อยละ 0.1 ทำให้แผ่นวุ้นน้ำส้มเกิดเร็วขึ้น หนาและเหนียว เมื่อนำสารอาหารข้างต้นทั้งหมดมาทดสอบเปรียบเทียบกันพบว่าน้ำซาวข้าวที่มีแอมโมเนียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟตผสมอยู่ร้อยละ 0.2 จะให้แผ่นวุ้นหนาสุดเมื่อหมักไว้นาน 28 วัน นอกจากนี้ยังพบว่าแสงสว่างไม่มีผลต่อการผลิตวุ้นน้ำส้ม วุ้นน้ำส้มที่ผลิตได้เมื่อนำไปเชื่อมเป็นอาหารหวานแล้วนำไปทดสอบการชิมพบว่าร้อยละ 90 ของผู้บริโภคชอบในรสชาติและยอมรับการเป็นอาหารหวาน การทดลองผลิตวุ้นน้ำส้มจากน้ำซาวข้าวด้วยถังหมักเลี้ยงเชื้อแม้จะยังไม่ประสบผลดีแต่ก็มีความเป็นไปได้ว่าจะได้เซลลูโลสบริสุทธิ์ซึ่งสามารถนำไปเป็นวัตถุดิบเพื่อใช้ในอุตสาหกรรมอาหาร สิ่งทอ เครื่องสำอาง และอนุพันธุ์เซลลูโลส ดังนั้นการทำวุ้นน้ำส้มจากน้ำซาวข้าวจึงเป็นการเพิ่มมูลค่าวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร และช่วยลดปัญหามลภาวะ

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	i
สารบัญ	ii
สารบัญตาราง	iii
สารบัญภาพ	iv
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 คำนำ	1
1.2 วัตถุประสงค์	3
1.3 ประโยชน์ที่ได้รับ	3
1.4 ระยะเวลาดำเนินการ	3
บทที่ 2 วัสดุ อุปกรณ์และวิธีดำเนินการ	4
2.1 ตัวอย่าง	4
2.2 วัสดุ เครื่องมือ และอุปกรณ์	4
2.3 สารเคมี	6
2.4 การดำเนินการ	7
บทที่ 3 ผลการศึกษาทดลอง	17
บทที่ 4 วิจารณ์ผลการศึกษาทดลอง	36
บทที่ 5 สรุปผลการศึกษาทดลอง	39
กิตติกรรมประกาศ	41
เอกสารอ้างอิง	42

เลขหมู่ วศ กร
ล๐ ๕๒
เลขทะเบียน 11591
วันที่ 16 ธ.ค. 46

ด้วยอภินันทนาการ
จาก
วศ.

สารบัญตาราง

		หน้า
ตารางที่ 1	แสดงผลการวิเคราะห์คุณค่าอาหารของน้ำซาวข้าวที่เหลือทิ้งจากการผลิตข้าวแดงขั้นอุตสาหกรรมนำทาง	17
ตารางที่ 2	แสดงผลการวิเคราะห์คุณค่าอาหารของน้ำซาวข้าวที่เก็บจากโรงงานทำเส้นก๋วยเตี๋ยวและโรงงานทำเส้นขนมจีน	19
ตารางที่ 3	แสดงความหนาของแผ่นวุ้นน้ำส้มที่ผลิตจากน้ำซาวข้าวที่เก็บจากโรงงานทำเส้นก๋วยเตี๋ยวและโรงงานทำเส้นขนมจีน	21
ตารางที่ 4	แสดงความหนาของแผ่นวุ้นน้ำส้มที่ทำจากน้ำซาวข้าวระดับความเข้มข้นของน้ำตาลที่ต่างกันเมื่อหมักไว้นาน 4 สัปดาห์	22
ตารางที่ 5	แสดงความหนาของแผ่นวุ้นน้ำส้มที่เกิดขึ้นเมื่อเติมกรดน้ำส้มสายชู 5% ลงไปร้อยละ 0, 1, 2, 3 และ 4 ตามลำดับ	24
ตารางที่ 6	แสดงความหนาของแผ่นวุ้นน้ำส้มที่เกิดขึ้นเมื่อเติมกรดน้ำส้มสายชู 5% ลงไป เพื่อให้น้ำซาวข้าวมีปริมาณกรดอยู่ร้อยละ 0, 1, 2, 3 และ 4 ตามลำดับ	25
ตารางที่ 7	แสดงความหนาของแผ่นวุ้นน้ำส้มต่อระยะเวลาในการหมัก ความเป็นกรด – ด่าง (pH) ของอาหารเลี้ยงเชื้อ และปริมาณกรดที่เกิดขึ้น	34

สารบัญภาพ

		หน้า
ภาพที่ 1	ภาพแสดงวุ้นน้ำส้มที่ผลิตจากน้ำซาวข้าวที่เหลือทิ้งจากโครงการวิจัยการทำข้าวแดงขั้นอุตสาหกรรมนำทาง	18
ภาพที่ 2	ภาพแสดงวุ้นน้ำส้มที่ผลิตจากน้ำซาวข้าวที่เหลือทิ้งจากโรงงานทำเส้นก๋วยเตี๋ยวและโรงงานทำเส้นขนมจีน	20
ภาพที่ 3	ภาพกราฟแท่งแสดงความหนาของแผ่นวุ้นน้ำส้มภายหลังการหมัก 4 สัปดาห์ จากน้ำซาวข้าวที่มีปริมาณความเข้มข้นของน้ำตาลผสมอยู่ต่าง ๆ กัน	23
ภาพที่ 4	ภาพกราฟแท่งแสดงความหนาของแผ่นวุ้นน้ำส้มที่เกิดขึ้น เมื่อน้ำซาวข้าวมีปริมาณกรดน้ำส้มสายชู 5% ผสมอยู่ในระดับความเข้มข้นและระยะเวลาในการหมักต่าง ๆ กัน	26
ภาพที่ 5	ภาพกราฟแท่งแสดงความหนาของแผ่นวุ้นน้ำส้มที่ระดับความเข้มข้นของเหล้าโรง 28 ดีกรี และระยะเวลาในการหมักที่ต่างกัน	27
ภาพที่ 6	ภาพกราฟแท่งแสดงความหนาของแผ่นวุ้นน้ำส้มจากน้ำซาวข้าวที่ระดับความเข้มข้นของแอลกอฮอล์และระยะเวลาการหมักที่ต่างกัน	28
ภาพที่ 7	ภาพกราฟแท่งแสดงความหนาของแผ่นวุ้นน้ำส้มที่ระดับความเข้มข้นของแอมโมเนียมซัลเฟตและระยะเวลาในการหมักที่ต่างกัน	29
ภาพที่ 8	ภาพกราฟแท่งแสดงความหนาของแผ่นวุ้นน้ำส้มที่ระดับความเข้มข้นของแอมโมเนียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟตและระยะเวลาในการหมักที่ต่างกัน	30

สารบัญภาพ (ต่อ)

		หน้า
ภาพที่ 9	ภาพกราฟแท่งแสดงความหนาของแผ่นวุ้นน้ำส้มที่ระดับความเข้มข้นของแอมโมเนียมไฮโดรเจนฟอสเฟตและระยะเวลาในการหมักที่ต่างกัน	31
ภาพที่ 10	ภาพแสดงการเปรียบเทียบสารอาหารต่าง ๆ ที่เหมาะสมต่อการผลิตวุ้นน้ำส้มจากน้ำซาวข้าว	32
ภาพที่ 11	ภาพกราฟแท่งแสดงความหนาของแผ่นวุ้นน้ำส้มที่หมักในตู้อบที่มีแสงสว่างและไม่มีแสงสว่าง	33
ภาพที่ 12	ภาพแสดงวุ้นน้ำส้มจากน้ำซาวข้าวที่เชื่อมเป็นอาหารแล้ว	40

บทที่ 1 บทนำ

1.1 คำนำ

วุ้นน้ำส้มเป็นผลิตภัณฑ์ที่เกิดจากการหมักของเชื้อแบคทีเรียเซลลูโลส *แอซิโตแบคเตอร์ ไซลินัม* (*Acetobacter xylinum*) ซึ่งเป็นแบคทีเรียกรัมลบ [9] กับน้ำผลไม้ เช่น น้ำมะพร้าว น้ำสับปะรด น้ำกระเจี๊ยบ หรือของเหลวอื่นที่มีคาร์โบไฮเดรทเป็นองค์ประกอบ เป็นต้น แบคทีเรียเซลลูโลสจะใช้คาร์โบไฮเดรทที่มีอยู่ในอาหารเลี้ยงเชื้อเหลวในการเจริญเติบโต เปลี่ยนน้ำตาลกลูโคสเป็น กรดกลูโคนิค (gluconic acid) และสร้างเยื่อเหนียวแผ่กระจายออกไปจนกระทั่งเต็มผิวหน้าของอาหารเลี้ยงเชื้อและหนาขึ้นตามระยะเวลาที่ใช้ในการหมัก เยื่อเหนียวนี้คือ **วุ้นน้ำส้ม** ประกอบด้วยเซลลูโลสและเซลล์ของแบคทีเรียที่ตายแล้ว มีปริมาณใยอาหารสูง นำไปใช้ประโยชน์ได้หลายอย่าง เช่น ใช้เชื่อมเป็นอาหารหวาน หรือเติมลงในผลิตภัณฑ์อาหารเพื่อเพิ่มปริมาณอาหารใช้เป็นอาหารควบคุมน้ำหนัก [2] นอกจากนี้ยังใช้เป็นวัตถุดิบสำหรับทำเยื่อกระดาษบางชนิด หรือนำไปทำอนุพันธุ์ของเซลลูโลส เพื่อใช้ในอุตสาหกรรมสิ่งทอ ยาสีฟันและผงซักฟอก เป็นต้น การที่จะนำเอาวุ้นน้ำส้มไปทำอนุพันธุ์เซลลูโลสนั้นจำเป็นต้องขจัดเอาเซลล์ของแบคทีเรียที่ตายแล้วออกไปให้หมดก่อน ใช้เฉพาะส่วนของเซลลูโลสที่บริสุทธิ์ สำหรับการใช้ประโยชน์อื่นของวุ้นน้ำส้มนอกเหนือจากการนำเอาไปทำเป็นอาหารหวานแล้ว ก่อนนำไปใช้อาจต้องขจัดเอาเซลล์ของแบคทีเรียที่ตายแล้วออกก่อนหรือไม่ก็ได้ แล้วแต่วัตถุประสงค์ของการใช้งานนั้น ๆ

การหมักวุ้นน้ำส้มดังที่กล่าวมาแล้วข้างต้นเป็นการหมักแบบดั้งเดิม และเรียกการหมักแบบนี้ว่า "static culture" ทำโดยการเลี้ยงเชื้อแบคทีเรียเซลลูโลสในอาหารเหลวซึ่งบรรจุไว้ในภาชนะที่กำหนด เชื้อแบคทีเรียเซลลูโลสที่ใช้หมักเป็น Obligate aerobes ดังนั้นเชื้อจะเจริญเติบโตเฉพาะบนผิวหน้าของอาหารเลี้ยงเชื้อเท่านั้น [11] ความหนาของแผ่นวุ้นขึ้นอยู่กับระยะเวลาในการหมัก การหมักด้วยวิธีนี้ต้องใช้พื้นที่มากและระยะเวลาในการหมักนาน ทำให้ผลผลิตที่ได้มีราคาแพง ดังนั้นจึงมีผู้ทดลองหมักวุ้นน้ำส้มโดยใช้ถังหมักเลี้ยงเชื้อ เพราะใช้พื้นที่ในการหมักน้อย ระยะเวลาในการหมักสั้น แต่ได้ผลผลิตสูง เหมาะแก่การผลิตเพื่อการค้า [4] เรียกการหมักแบบนี้ว่า "submerged culture" นิยมใช้ผลิตเพื่ออุตสาหกรรม นอกจากนี้แล้วการผลิตด้วยวิธีนี้สามารถทำให้เซลลูโลสบริสุทธิ์จากเซลล์ที่ตายแล้วง่ายกว่าวิธี static culture

น้ำซาวข้าวหรือน้ำล้างข้าวที่เหลือทิ้งทั้งจากครัวเรือนและโรงงานอุตสาหกรรม มีคาร์โบไฮเดรทเป็นองค์ประกอบสูง และก่อให้เกิดปัญหาต่อสภาวะแวดล้อมเป็นพิษอาจนำมาผลิตวุ้นน้ำส้มได้ และเนื่องจากน้ำที่ใช้สำหรับล้างข้าวของงานศึกษาทดลองการผลิตข้าวแดงขั้นอุตสาหกรรมนำทางของกลุ่มงานจุลชีววิทยามีเป็นจำนวนมาก อาจก่อให้เกิดปัญหาต่อสภาวะแวดล้อมเป็นพิษได้ เมื่อนำไปทำขั้นอุตสาหกรรม ดังนั้นจึงได้ทำการวิจัยโครงการนี้ขึ้นเพื่อว่าจะได้นำเอาน้ำล้างข้าวหรือน้ำซาวข้าวที่เหลือทิ้งนี้มาทำให้เกิดประโยชน์เพิ่มคุณค่าให้สูงขึ้น นอกจากนี้แล้วยังได้เก็บเอาน้ำล้างข้าวที่เหลือทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมแปรรูปข้าว เช่น โรงงานทำเส้นก๋วยเตี๋ยว และโรงงานทำเส้นขนมจีน มาศึกษาทดลองผลิตวุ้นน้ำส้มด้วย เพื่อเพิ่มคุณค่าของเหลือทิ้งทางการเกษตรและช่วยแก้ปัญหามลภาวะเป็นพิษต่อสิ่งแวดล้อมอีกด้วย

การศึกษาทดลองในขั้นต้น จะศึกษาถึงความเป็นไปได้ที่จะใช้น้ำซาวข้าวเป็นวัตถุดิบในการผลิตวุ้นน้ำส้ม การหมักใช้วิธีดั้งเดิมคือ วิธี “static culture” หลังจากที่พบว่าน้ำซาวข้าวสามารถใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตวุ้นน้ำส้มได้แล้ว จึงจะได้ทำการศึกษาทดลองหมักโดยวิธี “submerged culture” เพราะนอกจากจะแก้ปัญหาสิ่งแวดล้อมเป็นพิษจากโรงงานแปรรูปข้าวแล้ว ยังสามารถเพิ่มคุณค่าของเหลือทิ้งทางการเกษตรเพื่อนำไปใช้อย่างเพียงพอในอุตสาหกรรมการผลิตเซลลูโลสสำหรับการค้าต่อไป

1.2 วัตถุประสงค์

1.2.1 ศึกษาปัจจัยที่เหมาะสมต่อการผลิตวุ้นน้ำส้มจากน้ำล้างเมล็ดข้าว ได้แก่

1.2.1.1 ความเข้มข้นของน้ำตาลและสารอาหาร

1.2.1.2 สารอาหารที่ใช้เป็นแหล่งธาตุคาร์บอนและแหล่งธาตุไนโตรเจน

1.2.1.3 ผลกระทบของแสงสว่างต่อการผลิต

1.2.1.4 ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลา การหมัก และปริมาณกรดที่เกิดขึ้น

1.2.2 ศึกษาถึงความเป็นไปได้ในการผลิตวุ้นน้ำส้มจากน้ำซาวข้าวด้วยถังหมักเลี้ยงเชื้อ

1.3 ประโยชน์ที่ได้รับ

1.3.1 ได้วิธีการที่สามารถนำไปปรับปรุงใช้ในครัวเรือนต่อไป

1.3.2 สามารถนำไปใช้เป็นแนวทางแก้ไขปัญหามลภาวะสิ่งแวดล้อมเป็นพิษ อันเนื่องมาจากน้ำทิ้งของโรงงานแปรรูปข้าว เช่น โรงงานทำเส้นก๋วยเตี๋ยว โรงงานทำเส้นขนมจีน และโรงงานทำแป้งข้าวเจ้า เป็นต้น

1.3.3 สามารถใช้เป็นแนวทางในการนำวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรที่ไร้ค่า มาทำให้เกิดมูลค่าเพิ่มโดยใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตเซลลูโลสบริสุทธิ์ เพื่อใช้ในอุตสาหกรรมอาหาร อุตสาหกรรมสิ่งทอ เครื่องสำอาง และอนุพันธุ์เซลลูโลส เป็นต้น

1.4 ระยะเวลาดำเนินการ

2 ปี (ตุลาคม 2539-กันยายน 2541)

บทที่ 2 วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีดำเนินการ

2.1 ตัวอย่าง

2.1.1 น้ำซาวข้าวหรือน้ำล้างข้าวที่เหลือทิ้งจากโครงการวิจัยการศึกษาทดลองผลิตข้าวแดงขั้น อุตสาหกรรมนำทาง จากห้องปฏิบัติการของกลุ่มงานจุลชีววิทยา กองวิทยาศาสตร์ชีวภาพ

2.1.2 น้ำซาวข้าวหรือน้ำล้างข้าวและน้ำแช่ข้าวเก็บจากโรงงานทำเส้นก๋วยเตี๋ยวและโรงงานทำเส้นขนมจีนจากจังหวัดปราจีนบุรี (สำหรับโรงงานทำเส้นขนมจีนเก็บน้ำโรยเส้นมาทดลองผลิตด้วย)

2.1.3 ปลายข้าว 20 กิโลกรัมจากตลาดสด

2.2 วัสดุ เครื่องมือและอุปกรณ์

2.2.1 วัสดุ

2.2.1.1 เชื้อจุลินทรีย์

แบคทีเรีย เซลลูโลส (BC) *แอซิโตแบคเตอร์* สายพันธ์ TISTR 976 (*Acetobactor sp.* TISTR 976) จากสถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย

2.2.1.2 อาหารเลี้ยงเชื้อ

ก. อาหารเลี้ยงเชื้อแข็ง

มีสูตรและวิธีเตรียมดังนี้ :-

กลูโคสหรือเดกซ์โตรส (glucose or dextrose)	100 กรัม
ยีสต์เอกซ์แทร็กซ์ (yeast extract)	10 กรัม
แคลเซียมคาร์บอเนต (calcium carbonate)	20 กรัม
อะการ์ (agar)	25 กรัม
น้ำกลั่น (distilled water)	1 ลิตร

นำส่วนผสมทั้งหมดใส่ในน้ำกลั่น ต้มให้ละลายจนหมด เขย่าให้เข้ากัน ทำให้อุณหภูมิลดลงเหลือ 50 ถึง 60 องศาเซลเซียส ความเป็นกรด–ด่างสุดท้ายประมาณ 5.5 - 6.0 บรรจุลงในหลอดแก้วทดลองขนาด 150x20 มิลลิลิตร จำนวนหลอดละ 10 มิลลิลิตร ปิดจุกเกลียว แล้วนำไปนึ่งฆ่าเชื้อด้วยหม้อนึ่งอัด อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส นาน 15 นาที นำหลอดแก้วทดลองที่มีอาหารเลี้ยงเชื้อบรรจุอยู่และผ่านการนึ่งฆ่าเชื้อแล้วมาเอียงทำมุม 45 องศา ทิ้งให้เย็นจนกระทั่งอาหารในหลอดแก้ว

ทดลองแข็งตัว เรียกอาหารเลี้ยงเชื้อนี้ว่าอะการ์สแล็นท์ (agar slant) เก็บไว้ในตู้เย็น ใช้สำหรับเพาะเลี้ยงเชื้อวุ้นน้ำส้ม

ข. อาหารเลี้ยงเชื้อเหลว

มีสูตรและวิธีเตรียม ดังนี้ :-

กลูโคสหรือเดกซ์โตรส	100 กรัม
ยีสต์เอกซ์แทร็กซ์	10 กรัม
น้ำกลั่น	1 ลิตร

นำส่วนผสมทั้งหมดละลายในน้ำกลั่น คนจนละลายหมดแล้วบรรจุลงในหลอดแก้วทดลองขนาด 150x20 มิลลิเมตร จำนวนหลอดละ 10 มิลลิลิตร และขวดแก้วทดลองรูปชมพู่ขนาดบรรจุ 250 มิลลิลิตร จำนวนขวดละ 100 มิลลิลิตร และขวดแก้วทดลองรูปชมพู่ขนาดความจุ 500 มิลลิลิตร จำนวนขวดละ 300 มิลลิลิตร ปิดจุกเกลียวและจุกสำลีตามลำดับ นำไปนึ่งฆ่าเชื้อด้วยหม้อนึ่งอัด อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส นาน 15 นาที ทิ้งให้อาหารเย็นก่อนนำไปใช้

2.2.2 อุปกรณ์

2.2.2.1 ตู้อบฆ่าเชื้อ (hot air oven) รุ่น UBS 600 Memmert ประเทศเยอรมนี

2.2.2.2 ตู้อบเพาะเชื้อ (incubator) รุ่น B 6420 Heraeus ประเทศเยอรมนี

2.2.2.3 ตู้ปราศจากเชื้อ (lamina air flow cabinet or hood) สำหรับถ่ายเชื้อแบคทีเรีย รุ่น SC 1200 Astec ประเทศอังกฤษ

2.2.2.4 เครื่องชั่ง รุ่น LC 6200 Satorius ประเทศเยอรมนี

2.2.2.5 เครื่องมือวัดความเป็นกรด – ด่าง รุ่น 720 A ORION ประเทศสหรัฐอเมริกา

2.2.2.6 เครื่องเขย่า (incubator shaker) รุ่น 082540 G –2.5 New Brunswick Scientific ประเทศสหรัฐอเมริกา

2.2.2.7 หม้อนึ่งอัด (autoclave) รุ่น HA-300P Hirayama ประเทศญี่ปุ่น

2.2.2.8 หม้อทรงสูงทำด้วยเหล็กไร้สนิมขนาดความจุ 20 ลิตร

2.2.2.9 กล้องจุลทรรศน์ รุ่น optiphot-2 Nikon ประเทศญี่ปุ่น

2.2.2.10 จานเพาะเชื้อ (petri-dish) ขนาด 100x15 มิลลิเมตร เป็นชนิด disposable polystyrene Falcon และ Ten-twenty-nine บริษัท Becton Dickinson ประเทศสหรัฐอเมริกา

2.2.2.11 เข็มเขี่ยเชื้อ (loop)

2.2.2.12 ปิเปตต์แก้ว (serological pipets) Kimble ประเทศสหรัฐอเมริกา

2.2.2.13 หลอดแก้วทดลอง (test tubes) Kimble ประเทศสหรัฐอเมริกา

2.2.2.14 บีคเกอร์ (beakers) Kimble ประเทศสหรัฐอเมริกา

2.2.2.15 โถแก้ว (jar) ขนาดความจุ 1.5 ลิตร Kimble ประเทศสหรัฐอเมริกา

2.2.2.16 ขวดแก้วทดลองรูปชมพู่ (erlenmeyer flasks) ขนาดความจุ 250 มิลลิลิตร และ 500 มิลลิลิตร Kimble ประเทศสหรัฐอเมริกา

2.2.2.17 บิวเรต (automatic burette Dr. Schilling sattern Sillberbrand) ขนาดความจุ 25 มิลลิลิตร ประเทศเยอรมนี

2.2.2.18 กล่องพลาสติกขนาด 37x45x20 เซนติเมตร และกล่องพลาสติกกลมขนาด 21.5x6.5 เซนติเมตร

2.2.2.19 ถังพลาสติกสำหรับล้างข้าว

2.2.2.20 ถังหมักเลี้ยงเชื้อ (fermentor) รุ่น BIOSTAT® B B. Braun Biotech International GmbH ประเทศเยอรมนี

2.2.2.21 เครื่องมือวัดความเข้มข้นของน้ำตาล (hand refractometer) range 0 - 32% Ecma ประเทศญี่ปุ่น

2.3 สารเคมี

2.3.1 น้ำตาลทราย

2.3.2 น้ำส้มสายชูกลั่น 5% ของ อสร.

2.3.3 เหล้าโรง 28 ดีกรี ของโรงงานสุราอยุธยา

2.3.4 แอลกอฮอล์ (absolute alcohol) ของ J.T Baker USA

2.3.5 สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ความเข้มข้น 0.1 นอร์มัล (normal) ของ E-merck

2.3.6 แอมโมเนียมซัลเฟต $[(NH_4)_2SO_4]$ ของ E.merck

2.3.7 แอมโมเนียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟต $[NH_4H_2PO_4]$ ของ J.T Baker USA.

2.3.8 แอมโมเนียมไฮโดรเจนฟอสเฟต $[(NH_4)_2HPO_4]$ ของ E.merck

2.3.9 โซเดียมไฮโดรเจนฟอสเฟต $[(Na)_2HPO_4]$ ของ E.merck

2.3.10 แคลเซียมคาร์บอเนต ($CaCO_3$)

2.4 การดำเนินการ

วิธีการศึกษาทดลองหมักแบบ Static culture แบ่งออกเป็น 2 ขั้นตอน คือ ขั้นตอนการเตรียมหัวเชื้อ และขั้นตอนการหมัก

2.4.1 ขั้นตอนการเตรียมหัวเชื้อ

2.4.1.1 นำเชื้อแบคทีเรียวุ้นน้ำส้ม*แอซิโตแบคเตอร์* TISTR 976 เพาะลงบนอาหารเลี้ยงเชื้อแข็ง อะการ์สแล็นท์ แล้วนำไปอบเพาะเชื้อในตู้อบเพาะเชื้อ อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 3 วัน

2.4.1.2 นำเชื้อแบคทีเรียวุ้นน้ำส้มจากข้อ 2.4.1.1 จำนวน 1 หลอด ถ่ายลงในหลอดทดลองที่มีอาหารเลี้ยงเชื้อเหลวบรรจุอยู่ 10 มิลลิลิตร แล้วนำไปอบเพาะเชื้อในตู้อบเพาะเชื้อ อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส จนกระทั่งมีเยื่อบาง ๆ เกิดขึ้นบนผิวหน้าของอาหารเลี้ยงเชื้อเหลว ใช้เวลาประมาณ 3 วัน

2.4.1.3 นำเชื้อแบคทีเรียวุ้นน้ำส้มจากข้อ 2.4.1.2 จำนวน 1 หลอด ถ่ายลงในขวดแก้วทดลองรูปชมพู่ที่มีอาหารเลี้ยงเชื้อเหลวบรรจุอยู่ 100 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากันแล้วนำไปอบเพาะเชื้อในตู้อบเพาะเชื้ออุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส จนกระทั่งมีเยื่อบาง ๆ เกิดขึ้นบนผิวหน้าของอาหารเลี้ยงเชื้อเหลว ใช้เวลาประมาณ 3 วัน

2.4.1.4 นำเชื้อแบคทีเรียวุ้นน้ำส้มจากข้อ 2.4.1.3 จำนวน 60 มิลลิลิตร ใส่ลงในขวดแก้วทดลองรูปชมพู่ที่มีอาหารเลี้ยงเชื้อเหลวบรรจุอยู่ 300 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน นำไปอบเพาะเชื้อในตู้อบอุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส นาน 3 วัน ใช้เป็นหัวเชื้อสำหรับหมักวุ้นน้ำส้มด้วยน้ำซาวข้าวต่อไป

2.4.2 ขั้นตอนการหมัก

ขั้นตอนการหมักแบ่งออกเป็น 3 ขั้นตอน ตามที่มาของวัตถุดิบที่ใช้

2.4.2.1 <u>วุ้นน้ำส้มจากน้ำซาวข้าวที่เหลือทิ้งจากโครงการวิจัยการศึกษาทดลองข้าวแดงขั้นอุตสาหกรรมนำทาง</u> (อัตราส่วนของน้ำตาลทรายและสารเคมีที่ใช้ ตามวิธีการของ ผศ.ดร. วิเชียร ลีลาวัชรมาศ เรื่องวุ้นสวรรค์ เอกสารการบรรยายสำหรับมูลนิธิอายิโนะโมะโต๊ะ 14 ธ.ค. 36) [16]

นำน้ำซาวข้าวที่เหลือทิ้งจากการทำข้าวแดงซึ่งเป็นน้ำล้างเมล็ดข้าวไปกรองเอาสิ่งสกปรกออกให้หมด แบ่งส่วนหนึ่งไปวิเคราะห์คุณค่าทางอาหาร (ผลการวิเคราะห์ตามตารางที่ 1) ส่วนที่เหลือเติมน้ำตาลทรายลงไปร้อยละ 8 คนให้น้ำตาลทรายละลายหมด กรองอีกครั้งหนึ่งด้วยผ้าดิบ นำไปต้มให้เดือด 15 นาที ทิ้งให้เย็นเติมแอมโมเนียมซัลเฟตลงไปร้อยละ 0.5 และแอลกอฮอล์ลงไปร้อยละ 2 เพื่อเป็นสารอาหารและป้องกันการปนเปื้อนจากจุลินทรีย์ตัวอื่น น้ำซาวข้าวที่เตรียมแล้วนำไป

บรรจุลงกล่องพลาสติกขนาด 37X45X20 เซนติเมตร ที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้วจำนวนกล่องละ 7 ลิตร เติมหัวเชื้อที่เตรียมไว้ในข้อ 1.4 ลงไปร้อยละ 20 คนให้เข้ากันปิดฝากล่อง ตั้งหมักไว้ที่อุณหภูมิห้อง ตรวจผลทุก 2 วันในสัปดาห์แรก ต่อจากนั้นตรวจผลและวัดความหนาของแผ่นวุ้นทุกสัปดาห์ จนกระทั่งครบ 4 สัปดาห์ (ผลการศึกษาทดลองดังภาพที่ 1)

2.4.2.2 วุ้นน้ำส้มจากน้ำซาวข้าวที่เก็บจากโรงงานทำเส้นก๋วยเตี๋ยวและโรงงานทำขนมจีน

น้ำซาวข้าวจากโรงงานทำเส้นก๋วยเตี๋ยวซึ่งเป็นน้ำล้างปลายข้าว เก็บแยกเป็น 4 ตัวอย่างคือ ตัวอย่างที่ 1 เป็นน้ำแช่ข้าวและน้ำล้างข้าวครั้งที่ 1 ตัวอย่างที่ 2 เป็นน้ำล้างข้าวครั้งที่ 2 ตัวอย่างที่ 3 เป็นน้ำล้างข้าวครั้งที่ 3 และตัวอย่างที่ 4 เป็นน้ำล้างข้าวครั้งที่ 4 ตามลำดับ ส่วนน้ำซาวข้าวจากโรงงานทำเส้นขนมจีนซึ่งเป็นน้ำล้างปลายข้าว เก็บแยกเช่นเดียวกับโรงงานทำเส้นก๋วยเตี๋ยวแต่เพิ่มตัวอย่างน้ำโรยเส้นอีก 1 ตัวอย่าง รวมเป็น 5 ตัวอย่าง วิธีการเตรียมน้ำซาวข้าวสำหรับหมักทำเช่นเดียวกับข้อ 2.4.2.1 ก่อนเติมน้ำตาลแบ่งส่วนหนึ่งไปวิเคราะห์หาคุณค่าทางอาหาร (ผลการวิเคราะห์ตามตารางที่ 2) น้ำซาวข้าวที่เตรียมเสร็จแล้วนำไปบรรจุลงในกล่องพลาสติกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 21.6 เซนติเมตรที่ผ่านการทำให้ปราศจากเชื้อแล้ว จำนวนกล่องละ 1200 มิลลิลิตร แต่ละกล่องเติมหัวเชื้อที่เตรียมไว้ตามข้อ 2.4.1.4 ลงไปร้อยละ 20 ปิดฝากล่องด้วยผ้าขาวบางสะอาด ตั้งหมักไว้ที่เป็นอุณหภูมิห้องเป็นเวลานาน 4 สัปดาห์ วุ้นน้ำส้มที่ได้ส่งไปวิเคราะห์คุณค่าทางอาหาร (ผลการวิเคราะห์ดังตารางที่ 3)

2.4.3 การศึกษาทดลองผลิตวุ้นน้ำส้มจากน้ำซาวข้าวในห้องปฏิบัติการ

เนื่องจากน้ำซาวข้าวมีน้ำตาลและคุณค่าอาหารต่างจากน้ำมะพร้าว เมื่อวัดด้วยเครื่องมือวัดความเข้มข้นของน้ำตาลพบว่า น้ำซาวข้าวมีน้ำตาลวัดได้ 0 องศาบริกซ์ ดังนั้นถ้าจะใช้น้ำซาวข้าวเป็นวัตถุดิบในการผลิตวุ้นน้ำส้มควรจะศึกษาถึงน้ำตาลและสารอาหารที่เหมาะสมที่เติมลงไป เพื่อใช้เป็นแหล่งธาตุคาร์บอนและไนโตรเจนสำหรับการเจริญเติบโตของเชื้อแบคทีเรียวุ้นน้ำส้ม รวมถึงปัจจัยอื่นๆอีก ดังรายละเอียดต่อไปนี้ :-

2.4.3.1 การศึกษาหาความเข้มข้นของน้ำตาลที่เหมาะสม

2.4.3.2 การศึกษาหาความเข้มข้นของสารอาหารที่ใช้เป็นแหล่งธาตุคาร์บอน และแหล่งธาตุไนโตรเจนที่เหมาะสม

2.4.3.3 ผลกระทบของแสงสว่างต่อการผลิต

2.4.3.4 ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาการหมัก และปริมาณกรดที่เกิดขึ้น

2.4.3.1 <u>การศึกษาทดลองหาความเข้มข้นของน้ำตาลที่เหมาะสม</u>

<u>การเตรียมน้ำซาวข้าวสำหรับศึกษาทดลอง</u>

นำปลายข้าว 5 กิโลกรัม เติมน้ำลงไป 5 ลิตร คนให้ทั่วแล้วแช่ทิ้งไว้ 1 ชั่วโมง ซาวเอาปลายข้าวที่แช่ออก เทน้ำเก็บไว้ในหม้อทรงสูงขนาดความจุ 20 ลิตร ล้างปลายข้าวอีก 3 ครั้ง โดยใส่น้ำลงไปล้างครั้งละ 5 ลิตร น้ำล้างข้าวทั้ง 3 ครั้ง นำไปเทรวมกันในหม้อทรงสูงซึ่งมีน้ำล้างข้าวครั้งแรกบรรจุอยู่ ปลายข้าวที่ล้างแล้วนำไปอบแห้งเก็บไว้ใช้แปรรูปผลิตภัณฑ์ต่างๆจากข้าว เช่น แป้ง หรือขนม เป็นต้น ส่วนน้ำล้างข้าวในหม้อคนให้ผสมกันแล้วนำไปกรองเอาเศษผง ตัวแมลง และเศษไม้ ออกด้วยผ้าขาวบาง 2 ชั้น แล้วกรองเอาฝุ่นตะกอนละเอียดออกอีกครั้งด้วยผ้าดิบ วัดปริมาณน้ำตาลในน้ำซาวข้าวด้วยเครื่องมือวัดความเข้มข้นของน้ำตาล ปรากฏว่าในน้ำซาวข้าวไม่มีน้ำตาล วัดได้ 0 องศาบริกซ์ น้ำซาวข้าวในหม้อตวงได้ 19.5 ลิตร แบ่งน้ำซาวข้าวที่กรองสะอาดแล้วออกเป็น 6 ส่วนๆละ 3 ลิตร หรือ 3000 มิลลิลิตร ส่วนที่ 1 ไม่เติมน้ำตาลใช้เป็นตัวอย่างควบคุมเปรียบเทียบ ส่วนที่ 2, 3, 4, 5 และ 6 เติมน้ำตาลลงไปร้อยละ 5, 8, 10, 12 และ15 ตามลำดับ แบ่งน้ำซาวข้าวในแต่ละส่วนบรรจุลงในขวดแก้วทดลองรูปชมพู่ ขนาดความจุ 500 มิลลิลิตร จำนวนขวดละ 300 มิลลิลิตร แต่ละส่วนจะมีจำนวนตัวอย่างอยู่ 10 ขวด ทั้งหมดปิดจุกสำลี แล้วนำไปนึ่งฆ่าเชื้อด้วยหม้อนึ่งอัด อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส นาน 15 นาที ทิ้งให้เย็น เติมเชื้อแบคทีเรียวุ้นน้ำส้มที่เตรียมไว้ตามข้อ 2.4.1.4

ลงไปขวดละ 60 มิลลิลิตร (ร้อยละ 20 ทุกขวดแก้วทดลอง) เขย่าให้เข้ากันวัดความเป็นกรด-ด่างเริ่มต้น แล้วตั้งหมักไว้ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส นาน 4 สัปดาห์ ในสัปดาห์แรกตรวจสอบความหนาของแผ่นวุ้นที่เกิดขึ้นทุกๆ 2 วัน หลังจากนั้นวัดความหนาของแผ่นวุ้นเมื่อหมักไว้ครบ 7 วัน (1 สัปดาห์) 14 วัน (2 สัปดาห์) 21 วัน (3 สัปดาห์) และ 28 วัน (4 สัปดาห์) วัดความเป็นกรด-ด่างสุดท้าย (ผลการศึกษาทดลองดังตารางที่ 4)

น้ำซาวข้าวที่เหลือนำไปทำหัวเชื้อวุ้นน้ำส้มสำหรับการศึกษาทดลองในคราวต่อไป

<u>หมายเหตุ</u> : การเตรียมน้ำซาวข้าวสำหรับการศึกษาทดลองใช้ปลายข้าวแช่และล้าง 4 ครั้ง ให้เหมือนกับวิธีการของโรงงานแปรรูปข้าว เพื่อประโยชน์ในการนำเอาข้อมูลจากการศึกษาทดลองนี้ไปใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานในการผลิตวุ้นน้ำส้มจากน้ำทิ้งของโรงงานแปรรูปข้าวต่อไป

2.4.3.2 <u>การศึกษาทดลองหาความเข้มข้นของสารอาหารแหล่งคาร์บอนที่เหมาะสม</u>

ก. การศึกษาทดลองหาความเข้มข้นของกรดน้ำส้มสายชู 5% ที่เหมาะสม

ข. การศึกษาทดลองหาความเข้มข้นของเหล้าโรง 28 ดีกรี ที่เหมาะสม

ค. การศึกษาทดลองหาความเข้มข้นของแอลกอฮอล์ที่เหมาะสม

<u>ก. การศึกษาทดลองหาความเข้มข้นของกรดน้ำส้มสายชู 5% ที่เหมาะสม</u>

เตรียมน้ำซาวข้าวสำหรับการศึกษาทดลองจำนวนทั้งสิ้น 15 ลิตร (การเตรียมน้ำซาวข้าวสำหรับการศึกษาทดลองทำเช่นเดียวกับข้อ 2.4.3.1) เติมน้ำตาลลงไปร้อยละ 12 (ผลการทดลองจากข้อ 2.4.3.1) คนจนกระทั่งน้ำตาลละลายหมด วัดน้ำตาลด้วยเครื่องมือวัดความเข้มข้นของน้ำตาล ได้น้ำตาล 12 องศาบริกซ์ แบ่งน้ำซาวข้าวที่มีน้ำตาลผสมอยู่ร้อยละ 12 บรรจุในขวดแก้วทดลองรูปชมพู่ขนาดความจุ 500 มิลลิลิตร จำนวนขวดละ 300 มิลลิลิตร

ทั้งหมด 50 ขวด ปิดจุกสำลี แล้วนำไปนึ่งฆ่าเชื้อด้วยหม้อนึ่งอัดอุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส นาน 15 นาที ตั้งทิ้งให้เย็น แบ่งตัวอย่างน้ำซาวข้าวในขวดทดลองออกเป็น 2 กลุ่ม กลุ่มละ 25 ขวด กลุ่มที่ 1 เติมน้ำส้มสายชู 5% ลงไปร้อยละ 0, 1, 2, 3 และ 4 ตัวอย่างละ 5 ขวด กลุ่มที่ 2 เติมน้ำส้มสายชู 5% ลงไปเพื่อให้น้ำซาวข้าวในขวดทดลองมีปริมาณกรดอยู่ร้อยละ 0, 1, 2, 3 และ 4 ตัวอย่างละ 5 ขวด ทุกขวดเติมหัวเชื้อวุ้นน้ำส้มที่เตรียมไว้ตามข้อ 2.4.1.4 ลงไปร้อยละ 20 ต่อขวด เขย่าให้เข้ากัน วัดความเป็นกรด–ด่างเริ่มต้น แล้วตั้งหมักทิ้งไว้ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส นาน 4 สัปดาห์ ในสัปดาห์แรกตรวจสอบความหนาแน่นของแผ่นวุ้นที่เกิดขึ้นทุก 2 วัน หลังจากนั้นวัดความหนาของแผ่นวุ้น เมื่อหมักไว้ครบ 7 วัน 14 วัน 21 วัน และ 28 วัน ตามลำดับ (ผลการศึกษาทดลองดังตารางที่ 5 และ 6)

ข. การศึกษาทดลองหาความเข้มข้นของเหล้าโรง 28 ดีกรี ที่เหมาะสม

การเตรียมน้ำซาวข้าวสำหรับการศึกษาทดลองและวิธีการทำเช่นเดียวกับข้อ 2.4.3.2 (ก.) ความเข้มข้นของเหล้าโรง 28 ดีกรี ที่เติมลงไปในน้ำซาวข้าว คือ ร้อยละ 0, 1, 2, 3, 4, 5, 5.5, 6, 6.5, 7, 7.5 และ 11.5 ตามลำดับ ความเข้มข้นละ 5 ตัวอย่าง ตรวจดูผลทุก 2 วัน ใน 7 วันแรก วัดความหนาแน่นของแผ่นวุ้นที่เกิดขึ้นเมื่อหมักไว้ครบ 7 14 21 และ 28 วัน ตามลำดับ วัดความเป็น กรด–ด่างเริ่มต้นและสุดท้าย (ผลการศึกษาทดลองตามภาพที่ 5)

ค. การศึกษาทดลองหาความเข้มข้นของแอลกอฮอล์ที่เหมาะสม

การเตรียมน้ำซาวข้าวสำหรับการศึกษาทดลองและวิธีการทำเช่นเดียวกับข้อ 2.4.3.2 (ก.) ความเข้มข้นของแอลกอฮอล์ที่ใช้เติมลงไปในน้ำซาวข้าว คือร้อยละ 2 และร้อยละ 3 ความเข้มข้นละ 5 ตัวอย่าง ตรวจดูผลทุก 2 วันใน 7 วันแรก วัดความหนาของแผ่นวุ้นที่เกิดขึ้นเมื่อหมักไว้ครบ 7 14 21 และ 28 วัน ตามลำดับ วัดความเป็นกรด–ด่างเริ่มต้นและสุดท้าย (ผลการศึกษาทดลองตามภาพที่ 6)

2.4.3.3 <u>การศึกษาทดลองหาความเข้มข้นของสารอาหารแหล่งธาตุไนโตรเจน (nitrogen source) ที่เหมาะสม</u>

ก. แอมโมเนียซัลเฟต $[(NH_4)_2SO_4]$

ข. แอมโมเนียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟต $(NH_4H_2PO_4)$

ค. แอมโมเนียมไฮโดรเจนฟอสเฟต $[(NH_4)_2HPO_4]$

ก. แอมโมเนียซัลเฟต $[(NH_4)_2SO_4]$

การเตรียมน้ำซาวข้าวสำหรับการศึกษาทดลองและวิธีการทำเช่นเดียวกับข้อ 2.4.3.2 (ก.) ความเข้มข้นของแอมโมเนียมซัลเฟตที่ใช้ในการศึกษาทดลอง คือ ร้อยละ 0, 0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.5, 0.6 และ 0.7 ตามลำดับ ตรวจดูผลทุก 2 วันใน 7 วันแรก วัดความหนาของแผ่นวุ้นที่เกิดขึ้นเมื่อหมักไว้ครบ 7 14 21 และ 28 วัน วัดความเป็นกรด–ด่างเริ่มต้นและสุดท้าย (ผลการศึกษาทดลองตามภาพที่ 7)

ข. แอมโมเนียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟต $(NH_4H_2PO_4)$

การเตรียมน้ำซาวข้าวสำหรับการศึกษาทดลองและวิธีการทำเช่นเดียวกับข้อ 2.4.3.2 (ก.) ความเข้มข้นของแอมโมเนียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟตที่ใช้คือ ร้อยละ 0, 0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.5 และ 0.6 ตามลำดับ ตรวจดูผลทุก 2 วันใน 7 วันแรก วัดความหนาของแผ่นวุ้นที่เกิดขึ้นเมื่อหมักไว้ครบ 7 14 21 และ 28 วัน วัดความเป็นกรด–ด่างเริ่มต้นและสุดท้าย (ผลการศึกษาทดลองตามภาพที่ 8)

ค. แอมโมเนียมไฮโดรเจนฟอสเฟต $[(NH_4)_2HPO_4]$

การเตรียมน้ำซาวข้าวสำหรับการศึกษาทดลองและวิธีการทำเช่นเดียวกับข้อ 2.4.3.2 (ก.) ความเข้มข้นของแอมโมเนียมไฮโดรเจนฟอสเฟตที่ใช้ทดลองคือ ร้อยละ 0, 0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.5 และ 0.6 ตามลำดับ ตรวจดูผลทุก 2 วันใน 7 วันแรก วัดความหนาของแผ่นวุ้นที่เกิดขึ้นเมื่อหมักไว้ครบ 7 14 21 และ 28 วัน วัดความเป็นกรด–ด่างเริ่มต้นและสุดท้าย (ผลการศึกษาทดลองตามภาพที่ 9)

2.4.3.4 <u>การศึกษาทดลองเปรียบเทียบสารอาหารที่เหมาะสมต่อการผลิตวุ้นน้ำส้ม</u>

หลังการศึกษาทดลองหาความเข้มข้นของสารอาหารต่าง ๆ ที่เหมาะสมได้แล้วนำมาศึกษาทดลองเปรียบเทียบระหว่างสารอาหารที่เหมาะสมนั้นอีกครั้งหนึ่ง เพื่อดูว่าสารอาหารชนิดใดที่ให้ความหนาของแผ่นวุ้นสูงสุดเมื่อหมักไว้นาน 4 สัปดาห์

การเตรียมน้ำซาวข้าวสำหรับการศึกษาทดลองทำเช่นเดียวกับข้อ 2.4.3.2 (ก.) แต่แบ่งบรรจุน้ำซาวข้าวลงในโถแก้วขนาด 11.7X23 เซนติเมตร จำนวนโถละ 1 ลิตร ทำตัวอย่างละ 2 โถ จำนวน 7 ตัวอย่าง ปิดปากโถด้วยกระดาษหนังสือพิมพ์ นำไปนึ่งฆ่าเชื้อด้วยหม้อนึ่งอัดอุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส นาน 15 นาที ตั้งทิ้งไว้ให้เย็น ตัวอย่างที่ 1 ไม่เติมสารอาหารใช้เป็นตัวอย่างควบคุม (control) และเปรียบเทียบ ตัวอย่างที่ 2 เติมน้ำส้มสายชูกลั่น 5%เทลงไปให้น้ำซาวข้าวมีปริมาณกรดน้ำส้มอยู่ร้อยละ 1 ตัวอย่างที่ 3 เติมเหล้าโรง 28 ดีกรีลงไปร้อยละ 6 ตัวอย่างที่ 4 เติมแอลกอฮอล์ลงไปร้อยละ 2 ตัวอย่างที่ 5 เติมสารละลายแอมโมเนียมซัลเฟตที่ผ่านการนึ่งฆ่าเชื้อแล้วลงไปร้อยละ 0.6 ตัวอย่างที่ 6 เติมสารละลายแอมโมเนียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟตที่ผ่านการนึ่งฆ่าเชื้อแล้วลงไป ร้อยละ 0.2 ตัวอย่างที่ 7 เติมสารละลายแอมโมเนียมไฮโดรเจนฟอสเฟตที่ผ่านการนึ่งฆ่าเชื้อแล้วลงไป ร้อยละ 0.1 ในแต่ละตัวอย่างเติมหัวเชื้อวุ้นน้ำส้มที่เตรียมไว้ตามข้อ 1.4 ลงไปร้อยละ 20 เขย่าให้เข้ากัน วัดความเป็นกรด–ด่างเริ่มต้น ตั้งหมักไว้ที่อุณหภูมิห้อง ตรวจดูผลทุก 2 วันในสัปดาห์แรก แล้ววัดความหนาของแผ่นวุ้นเมื่อหมักไว้ครบ 7 วัน 14 วัน 21 วัน และ 28 วัน ตามลำดับ วัดความเป็นกรด–ด่างสุดท้าย และปริมาณกรด (ผลการศึกษาทดลองดังภาพที่ 10)

2.4.3.5 <u>การศึกษาทดลองถึงผลกระทบของแสงสว่างต่อการผลิตวุ้นน้ำส้ม</u>

การเตรียมน้ำซาวข้าวสำหรับการศึกษาทดลองทำเช่นเดียวกับข้อ 2.4.3.2 (ก.) แบ่งน้ำซาวข้าวที่เตรียมไว้บรรจุในขวดแก้วทดลองรูปชมพู่ขนาดความจุ 250 มิลลิลิตร ขวดละ 150 มิลลิลิตร จำนวนทั้งสิ้น 10 ขวด ปิดจุกสำลี นำไปนึ่งฆ่าเชื้อด้วยหม้อนึ่งอัดอุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส นาน 15 นาที ทิ้งให้เย็น แล้วเติมหัวเชื้อวุ้นน้ำส้มที่เตรียมไว้ตามข้อ 1.4 ลงไปร้อยละ 20 ทุกขวด เขย่าให้เข้ากัน นำขวดไปอบเพาะเชื้อในตู้อบเพาะเชื้อ Hereus ที่อุณหภูมิ 30

องศาเซลเซียส นาน 28 วัน อีก 5 ขวดนำไปอบเพาะเชื้อในตู้อบเพาะเชื้อ Termaks ที่อุณหภูมิเดียวกันโดยเปิดไฟภายในตู้อบให้มีกำลังการส่องสว่าง 4 ลักซ์ (4 Lux) ตลอดระยะเวลาในการหมัก 28 วัน ตรวจดูผลทุก 7 วัน 14 วัน 21 วัน และ 28 วัน ตามลำดับ (ผลการศึกษาทดลองดังภาพที่ 12)

2.4.3.6 <u>การศึกษาทดลองหาความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาในการหมักกับการสร้างแผ่นวุ้น ความเป็นกรด–ด่างที่เปลี่ยนแปลง และปริมาณกรดที่เกิดขึ้น</u>

การเตรียมน้ำซาวข้าวสำหรับการศึกษาทดลองและวิธีการทำเช่นเดียวกับข้อ 2.4.3.5 แต่ใช้ตัวอย่างทั้งสิ้น 10 ตัวอย่าง ๆ ละ 2 ขวด รวมน้ำซาวข้าวที่ต้องเตรียมทั้งสิ้น 20 ขวด หลังเติมหัวเชื้อแล้วหมักไว้ที่อุณหภูมิห้อง นาน 30-60 วัน ตรวจผลโดยการวัดความเป็นกรด–ด่าง วิเคราะห์หาปริมาณกรด และความหนาของแผ่นวุ้นทุกวันในระยะ 7 วันแรก ต่อจากนั้นตรวจผลเมื่อครบ 7 วัน 14 วัน 21 วัน 28 วัน 30 วัน และ 60 วัน ตามลำดับ (ผลการศึกษาทดลองดังตารางที่ 7)

2.4.4 การศึกษาทดลองผลิตวุ้นน้ำส้มจากน้ำซาวข้าวโดยใช้ถังหมักเลี้ยงเชื้อ [6, 7, 8, 13]

น้ำซาวข้าวที่ใช้สำหรับการศึกษาทดลองเตรียมเช่นเดียวกับข้อ 2.4.3.2 ปรับความเป็นกรดด่างเริ่มต้นของน้ำซาวข้าวเป็น 5.0 การศึกษาทดลองแบ่งเป็น 2 ขั้นตอน คือ ขั้นตอนการเตรียมหัวเชื้อและขั้นตอนการหมัก

2.4.4.1 ขั้นตอนการเตรียมหัวเชื้อ

นำน้ำซาวข้าวที่เตรียมไว้ข้างต้นบรรจุลงในขวดแก้วทดลองรูปชมพู่ขนาดความจุ 250 มิลลิลิตร จำนวนขวดละ 100 มิลลิลิตร 3 ขวด ปิดจุกสำลี นำไปนึ่งฆ่าเชื้อด้วยหม้อนึ่งอัดอุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส นาน 15 นาที ทิ้งให้เย็น เติมเชื้อวุ้นน้ำส้มที่เตรียมไว้ตามข้อ 1.2 ลงไปขวดละ 1 หลอด เขย่าให้เข้ากันนำไปเข้าเครื่องเขย่า New Brunswick ที่ความเร็วรอบ 150 รอบต่อนาที อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 วัน ใช้เป็นหัวเชื้อสำหรับการหมัก

2.4.4.2 ขั้นตอนการหมัก

อุปกรณ์ที่ใช้ในการหมักประกอบด้วย

ก. ถังหมักเลี้ยงเชื้อ มีลักษณะเป็นแก้ว 2 ชั้น เรียกว่า double jacket ชั้นในมีพื้นที่การใช้งานประมาณ 2 ลิตร ระหว่างแก้วชั้น

นอกและชั้นในมีช่องว่างเรียกว่า Jacket สำหรับให้น้ำเย็นจากเครื่องทำความเย็นไหลเข้าไปวนเวียนอยู่รอบๆแก้วชั้นในเพื่อควบคุมอุณหภูมิของอาหารเลี้ยงเชื้อที่บรรจุอยู่ให้มีอุณหภูมิตามที่ตั้งไว้ขณะที่ใบกวนทำงาน

ข. ฝาปิดถังหมักประกอบด้วยช่อง (port) สำหรับ
- ติดตั้งใบกวน
- ring sparger สำหรับให้อากาศเข้า
- Thermocouple สำหรับวัดอุณหภูมิ
- pH electrode สำหรับวัดความเป็นกรด – ด่าง
- DO. Electrode สำหรับวัดออกซิเจน
- เติมกรดหรือด่าง เพื่อปรับค่าความเป็นกรด-ด่างของอาหารเลี้ยงเชื้อให้คงที่ที่ 5.0
- เติมสารเพื่อป้องกันการเกิดฟอง
- เติมเชื้อสำหรับใช้ในการหมัก
- ชักตัวอย่างเพื่อตรวจวิเคราะห์
- เติมอาหารเลี้ยงเชื้อ (substrate) เมื่อมีการหมักอย่างต่อเนื่อง

ค. เครื่องควบคุมการทำงานประกอบด้วย เครื่องทำน้ำเย็นและมอเตอร์ มอเตอร์มี 2 ตัว คือ มอเตอร์ควบคุมใบกวนและมอเตอร์ควบคุมการให้อากาศเข้า

2.4.4.3 วิธีการ

นำน้ำซาวข้าวที่เตรียมไว้ข้างต้น 1.5 ลิตร ใส่ลงในถังหมัก ปิดฝานำไปนึ่งฆ่าเชื้อด้วยหม้อนึ่งอัดอุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส นาน 15 นาที นำขึ้นขณะร้อน ต่อเครื่องวัดออกซิเจนเข้ากับเครื่องควบคุมการทำงานแล้วเปิดเครื่องทิ้งไว้ 6 ชั่วโมง ติดตั้งมอเตอร์ควบคุมใบกวนเข้ากับถังหมัก และเครื่องควบคุมการทำงาน ต่อสายน้ำเย็นที่ติดตั้งไว้กับเครื่องควบคุมการทำงานเข้ากับถังหมักแล้วเปิดให้น้ำเย็นเข้า jacket จนเต็มและไม่มีฟองอากาศ ต่อเครื่องวัดอุณหภูมิ เครื่องวัดความเป็นกรด–ด่าง ท่อยางสำหรับเติมกรด–ด่าง และสารสำหรับป้องกันการเกิดฟอง จากถังหมักเข้ากับเครื่องควบคุมการทำงาน ต่อสายอากาศจากเครื่องควบคุมการทำงานเข้ากับถังหมัก ปรับตั้งเครื่องวัดออกซิเจน เครื่องวัดความเป็นกรด–ด่าง ด้วยเครื่องควบคุมการทำงานเปิดมอเตอร์ควบคุมอากาศ

เข้าและปรับให้อากาศเข้า 0.5 v/m (ปริมาตรต่อนาที) ตั้งอุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ความเป็นกรด – ด่าง 5.0 dissolved oxygen หรือ DO. ร้อยละ 10 อัตราการกวน 500 รอบต่อนาที เติมหัวเชื้อที่เตรียมไว้ตามข้อ 2.4.4.1 แล้วปล่อยให้เครื่องทำงานต่อไปโดยอัตโนมัติ ดูผลการเกิดเซลลูโลส และการเปลี่ยนแปลงระหว่างหมักทุกชั่วโมง โดยตั้งพิมพ์ไว้อัตโนมัติ การหมักใช้ระยะเวลา 3-5 วัน

บทที่ 3 ผลการศึกษาทดลอง

3.1 วุ้นน้ำส้มจากน้ำซาวข้าวที่เหลือทิ้งจากโครงการวิจัยการศึกษาทดลองผลิตข้าวแดงขั้นอุตสาหกรรมนำทาง

ตารางที่ 1 แสดงผลการวิเคราะห์คุณค่าอาหารของน้ำซาวข้าวที่เหลือทิ้งจากการผลิตข้าวแดงขั้นอุตสาหกรรมนำทาง

รายการ		SP 246	SP 247
น้ำ	ร้อยละ	99.50	99.60
โปรตีน	ร้อยละ	0.06	0.06
ไขมัน	ร้อยละ	0.07	0.06
กาก	ร้อยละ	0.01	0.01
เถ้า	ร้อยละ	0.05	0.05
คาร์โบไฮเดรท (โดยการคำนวณ)	ร้อยละ	0.31	0.22
ค่าพลังงานความร้อน	กิโลแคลอรี/100 กรัม	2.11	1.66
ฟอสฟอรัส	มิลลิกรัม/100 กรัม	10.00	11.50
แคลเซียม	มิลลิกรัม/100 กรัม	1.13	1.37
ความหนาของแผ่นวุ้นที่ผลิตได้	เซนติเมตร	4.00*	4.00

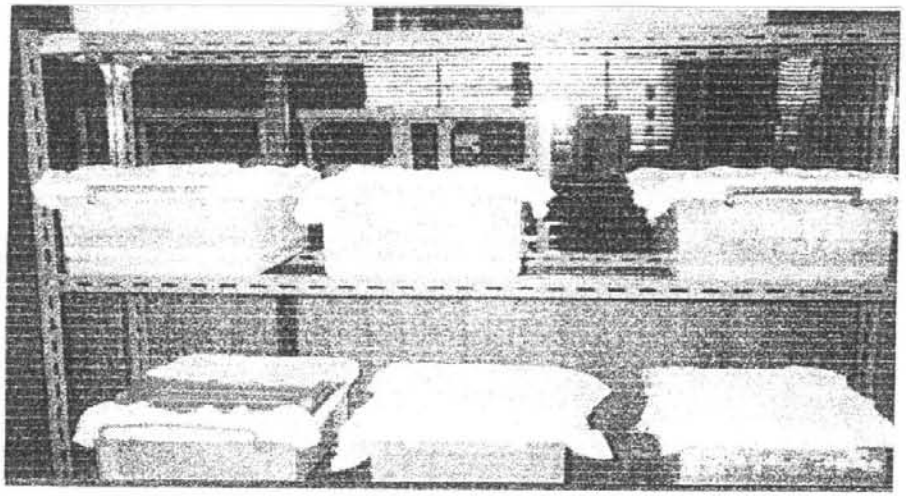
หมายเหตุ 1. หมายเลขปฏิบัติการที่ SP 246 คือ น้ำล้างข้าว (น้ำซาวข้าว) หอมมะลิ
หมายเลขปฏิบัติการที่ SP 247 คือ น้ำล้างข้าว (น้ำซาวข้าว) เสาไห้

2. *วุ้นน้ำส้มที่ได้นำไปเชื่อมเป็นอาหารหวานจะมีกลิ่นเฉพาะของข้าวหอมมะลิอยู่

3. คุณค่าอาหารวิเคราะห์ตาม AOAC (1995) [1]

จากตารางที่ 1 จะเห็นว่าน้ำล้างข้าวหอมมะลิมีโปรตีนอยู่ร้อยละ 0.06 ไขมันร้อยละ 0.7 กากร้อยละ 0.01 เถ้าร้อยละ 0.05 คาร์โบไฮเดรทร้อยละ 0.31 ค่าพลังงานความร้อน 2.11 กิโลแคลอรีต่อ 100 กรัม ฟอสฟอรัส 10 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม แคลเซียม 1.13 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม ส่วนน้ำล้างข้าวเสาไห้มีโปรตีนร้อยละ 0.06 ไขมันร้อยละ 0.06 กากร้อยละ 0.01 เถ้าร้อยละ 0.05 คาร์โบไฮเดรท ร้อยละ 0.22 ค่าพลังงานความร้อน 1.66 กิโลแคลอรีต่อ 100 กรัม ฟอสฟอรัส 11.5 มิลลิกรัมต่อ

100 กรัม แคลเซียม 1.37 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม น่าจะนำไปใช้เลี้ยงแบคทีเรียวุ้นน้ำส้มได้ และเมื่อหมักไว้นาน 4 สัปดาห์หรือ 28 วัน ได้แผ่นวุ้นหนา 4 เซนติเมตร



ภาพที่ 1 : ภาพแสดงวุ้นน้ำส้มที่ผลิตจากน้ำซาวข้าวหรือน้ำล้างข้าวที่เหลือทิ้งจากโครงการวิจัยการทำข้าวแดงขั้นอุตสาหกรรมนำทาง

3.2 <u>วุ้นน้ำส้มจากน้ำซาวข้าวที่เก็บจากโรงงานทำเส้นก๋วยเตี๋ยวและโรงงานทำเส้นขนมจีน</u>

น้ำซาวข้าวที่เก็บจากโรงงานทำเส้นก๋วยเตี๋ยวและโรงงานทำเส้นขนมจีน รวมทั้งสิ้น 9 ตัวอย่าง แบ่งส่วนหนึ่งส่งไปวิเคราะห์หาคุณค่าทางอาหาร ผลการวิเคราะห์ดังตารางที่ 2 ส่วนที่เหลือนำไปศึกษาทดลองผลิตวุ้นน้ำส้ม วุ้นน้ำส้มที่ได้ส่งไปวิเคราะห์หาคุณค่าทางอาหาร ผลการวิเคราะห์ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 2 แสดงผลการวิเคราะห์คุณค่าทางอาหารของน้ำซาวข้าวที่เก็บจากโรงงานทำเส้นก๋วยเตี๋ยวและโรงงานทำเส้นขนมจีน

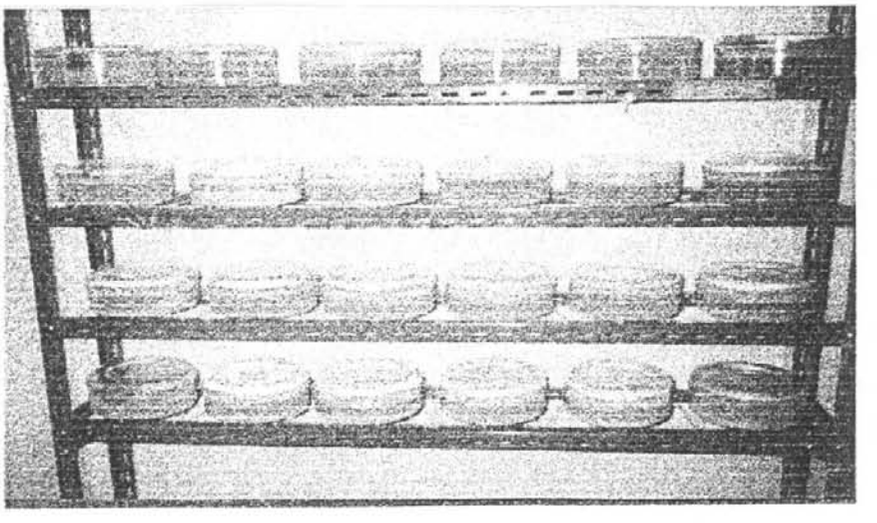
รายการ		TE 998	TE 999	TE 1000	TF 1	TF 2	TF 3	TF 4	TF 5	TF 6
น้ำ	ร้อยละ	97.40	98.60	99.10	99.30	97.20	97.70	97.70	97.40	97.90
โปรตีน	ร้อยละ	0.36	0.21	0.10	0.09	0.71	0.37	0.33	0.32	0.17
ไขมัน	ร้อยละ	0.22	0.09	0.03	0.02	0.31	0.14	0.08	0.07	0.01
กาก	ร้อยละ	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
เถ้า	ร้อยละ	0.22	0.11	0.05	0.04	0.11	0.05	0.05	0.04	0.48
คาร์โบไฮเดรท (โดยการคำนวณ)	ร้อยละ	1.79	0.98	0.71	0.54	1.66	1.73	1.83	2.16	1.44
ค่าพลังงานความร้อน กิโลแคลอรี/100 กรัม		10.60	5.57	3.51	2.70	12.30	9.66	9.36	10.60	6.45
แป้ง	ร้อยละ	1.95	1.31	0.77	0.62	1.84	1.69	1.90	2.23	1.00
ความหนาของแผ่นวุ้นที่ผลิตได้เซนติเมตร		3.50	3.50	3.50	3.50	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00

หมายเหตุ 1. หมายเลขปฏิบัติการที่ TE 998-1000, และ TF1 เป็นน้ำล้างข้าว (น้ำซาวข้าว) ที่เก็บจากโรงงานทำเส้นก๋วยเตี๋ยว คือน้ำล้างข้าวครั้งที่ 1, 2, 3 และ 4 ตามลำดับ หมายเลขปฏิบัติการที่ TF 2 –5 เป็นน้ำล้างข้าว (น้ำซาวข้าว) ที่เก็บจากโรงงานทำเส้นขนมจีน คือน้ำล้างข้าวครั้งที่ 1, 2, 3 และ 4 ตามลำดับ หมายเลขปฏิบัติการที่ TF6 คือน้ำโรยเส้นขนมจีน

2. คุณค่าอาหารวิเคราะห์ตาม AOAC(1995) [1]

จากตารางที่ 2 จะเห็นว่าน้ำซาวข้าว (น้ำแช่ข้าวและน้ำล้างข้าว) จากโรงงานทำเส้นก๋วยเตี๋ยวตัวอย่างที่ 1, 2, 3 และ 4 (หมายเลขปฏิบัติการที่ TE.998-1000 และ TF.1) วิเคราะห์โปรตีนได้ร้อยละ 0.36, 0.21, 0.10 และ 0.09 ตามลำดับ ค่าเฉลี่ยร้อยละ 0.19 ไขมันร้อยละ 0.22, 0.09, 0.03 และ 0.02 ตามลำดับ ค่าเฉลี่ยร้อยละ 0.09 กากร้อยละ 0.01, 0.01, 0.01 และ 0.01 ตามลำดับ ค่าเฉลี่ยร้อยละ 0.01 เถ้าร้อยละ 0.22, 0.01, 0.05 และ 0.04 ตามลำดับ ค่าเฉลี่ยร้อยละ 0.11 คาร์โบไฮเดรทร้อยละ 1.79, 0.98, 0.71 และ 0.54 ตามลำดับ ค่าเฉลี่ยร้อยละ 1.01 ค่าพลังงานความร้อน 10.60, 5.57, 3.51 และ 2.70 กิโลแคลอรีต่อ 100 กรัมตามลำดับ ค่าเฉลี่ย 5.60 กิโลแคลอรีต่อ 100 กรัม แป้งร้อยละ 1.95, 1.31, 0.77 และ 0.62 ตามลำดับ ค่าเฉลี่ยร้อยละ 1.16 ความหนาของแผ่นวุ้นที่ผลิตได้ 3.5 เซนติเมตรทุกตัวอย่างเมื่อใช้เวลาหมักนาน 4 สัปดาห์ สำหรับน้ำซาวข้าว (น้ำแช่ข้าว

และน้ำล้างข้าว) จากโรงงานทำเส้นขนมจีนตัวอย่างที่ 1, 2, 3 และ 4 พร้อมน้ำโรยเส้น (หมายเลขปฏิบัติการที่ TF.2-6) วิเคราะห์โปรตีน (N x 5.95) ได้ร้อยละ 0.71, 0.37, 0.33, 0.32 (ค่าเฉลี่ย 0.43) และ 0.17 ตามลำดับ ไขมันร้อยละ 0.31, 0.14, 0.08, 0.07 (ค่าเฉลี่ย 0.15) และ 0.001 ตามลำดับ กากร้อยละ 0.01, 0.01, 0.01, 0.01 (ค่าเฉลี่ย 0.01) และ0.01 ตามลำดับ เถ้าร้อยละ 0.11, 1.83, 2.16 (ค่าเฉลี่ย 1.85) และ 1.44 ตามลำดับ ค่าพลังงานความร้อน 12.30, 9.66, 9.36, 10.60 (ค่าเฉลี่ย 10.48) และ 6.45 กิโลแคลอรีต่อ 100 กรัม ตามลำดับ แป้งร้อยละ 1.84, 1.69, 1.90, 2.23 (ค่าเฉลี่ย 1.92) และ 10.00 ตามลำดับ ความหนาของแผ่นวุ้นที่ผลิตได้ทุกตัวอย่างหนา 1 เซนติเมตรเมื่อหมักไว้นาน 4 สัปดาห์



ภาพที่ 2 : ภาพแสดงวุ้นน้ำส้มที่ผลิตจากน้ำซาวข้าวที่เหลือทิ้งจากโรงงานทำเส้นก๋วยเตี๋ยวและเส้นขนมจีน และน้ำโรยเส้นขนมจีน

ตารางที่ 3 แสดงผลการวิเคราะห์คุณค่าทางอาหารของวุ้นน้ำส้มจากน้ำซาวข้าวที่เก็บจากโรงงานทำเส้นก๋วยเตี๋ยวและเส้นขนมจีน

รายการ		TH 50	TH 51	TH 52	TH 53	TH 54	TH 55	TH 56	TH 57	TH 59
ความชื้น	ร้อยละ	98.70	98.30	98.50	98.40	93.40	94.40	94.00	93.20	93.30
โปรตีน	ร้อยละ	0.13	0.25	0.17	0.22	0.56	0.39	0.07	0.07	0.09
ไขมัน	ร้อยละ	0.006	0.02	0.02	0.03	0.06	0.07	0.07	0.07	0.09
กาก	ร้อยละ	0.89	1.23	1.21	1.27	1.38	0.86	1.02	1.03	0.74
เถ้า	ร้อยละ	0.02	0.02	0.02	0.02	0.07	0.05	0.04	0.14	0.10
คาร์โบไฮเดรท (โดยการคำนวณ)	ร้อยละ	0.25	0.18	0.08	0.06	4.53	4.23	4.54	5.33	5.51
ฟอสฟอรัส	มิลลิกรัม/100 กรัม	7.34	7.34	5.48	6.11	20.80	14.30	12.00	9.04	10.5
แคลเซียม	มิลลิกรัม/100 กรัม	2.86	3.31	2.96	2.83	1.79	2.09	2.71	1.38	0.14

หมายเหตุ 1. หมายเลขปฏิบัติการที่ TH.50-53 เป็นวุ้นน้ำส้มที่ทำจากน้ำล้างข้าว (น้ำซาวข้าว) ที่เก็บจากโรงงานทำเส้นก๋วยเตี๋ยว (น้ำล้างครั้งที่ 1, 2, 3 และ 4 ตามลำดับ)

2. หมายเลขปฏิบัติการที่ TH 54-57 เป็นวุ้นน้ำส้มที่ทำจากน้ำล้างข้าว (น้ำซาวข้าว) ที่เก็บจากโรงงานทำเส้นขนมจีน (น้ำล้างครั้งที่ 1, 2, 3 และ 4 ตามลำดับ)

3. หมายเลขปฏิบัติการที่ TH 59 เป็นวุ้นน้ำส้มที่ทำจากน้ำโรยเส้นขนมจีน

4. คุณค่าทางอาหารวิเคราะห์ตาม AOAC (1995) [1]

จากตารางที่ 3 จะเห็นว่าวุ้นน้ำส้มที่ผลิตจากน้ำซาวข้าวของโรงงานทำเส้นก๋วยเตี๋ยวตัวอย่าง 1, 2, 3 และ 4 (หมายเลขปฏิบัติการที่ TH.50-53) วิเคราะห์ความชื้นได้ร้อยละ 98.70, 98.30, 98.50 และ 98.40 ตามลำดับ ได้ค่าเฉลี่ย 98.48 โปรตีน (N x 6.25) ร้อยละ 0.13, 0.25, 0.17 และ 0.22 ตามลำดับ ได้ค่าเฉลี่ย 0.19 ไขมันร้อยละ 0.006, 0.02, 0.02, และ 0.03 ตามลำดับ ได้ค่าเฉลี่ย 0.019 กากร้อยละ 0.89,1.23, 1.21 และ 1.27 ตามลำดับ ได้ค่าเฉลี่ย 1.15 เถ้าร้อยละ 0.02, 0.02, 0.02 และ 0.02 ตามลำดับ ได้ค่าเฉลี่ย 0.02 คาร์โบไฮเดรทร้อยละ 0.25, 0.18, 0.08 และ 0.06 ตามลำดับ ได้ค่าเฉลี่ย 0.14 ฟอสฟอรัส 7.34, 7.34, 5.48 และ 6.11 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม ตามลำดับ ได้ค่าเฉลี่ย 2.99 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม

สำหรับวุ้นน้ำส้มที่ทำจากน้ำซาวข้าวของโรงงานทำเส้นขนมจีน ตัวอย่างที่ 1, 2, 3 และ 4 (หมายเลขปฏิบัติการที่ TH.54-57) และวุ้นน้ำส้มที่ทำจากน้ำโรยเส้นขนมจีน (หมายเลขปฏิบัติการที่ TH.59) วิเคราะห์ความชื้นได้ร้อยละ 93.40, 94.40, 94.00 และ 93.20 (ค่าเฉลี่ย 93.75) และ 93.30 ตามลำดับ โปรตีนร้อยละ 0.56, 0.39, 0.33 และ 0.23 (ค่าเฉลี่ย 0.38) และ 0.26 ตามลำดับ ไขมัน

ร้อยละ 0.06, 0.07, 0.07 และ 0.07 (ค่าเฉลี่ย 0.07) และ 0.09 ตามลำดับ กากร้อยละ 1.38, 0.86, 1.02 และ 1.03 (ค่าเฉลี่ย 1.07) และ 0.74 ตามลำดับ เถ้าร้อยละ 0.07, 0.05, 0.04 และ 0.14 (ค่าเฉลี่ย 0.08) และ 0.10 ตามลำดับ คาร์โบไฮเดรทร้อยละ 4.53, 4.23, 4.54 และ 5.33 (ค่าเฉลี่ย 4.65) และ 5.51 ตามลำดับ ฟอสฟอรัสร้อยละ 20.80, 14.30, 12.00 และ 9.04 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม (ค่าเฉลี่ย 14.03) และ 10.50 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมตามลำดับ แคลเซียม 1.79, 2.09, 2.17 และ 1.38 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม (ค่าเฉลี่ย 1.86) และ 1.36 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม ตามลำดับ

3.3 การศึกษาทดลองผลิตวุ้นน้ำส้มจากน้ำซาวข้าวในห้องปฏิบัติการ

3.3.1 การศึกษาทดลองหาความเข้มข้นของน้ำตาลที่เหมาะสม

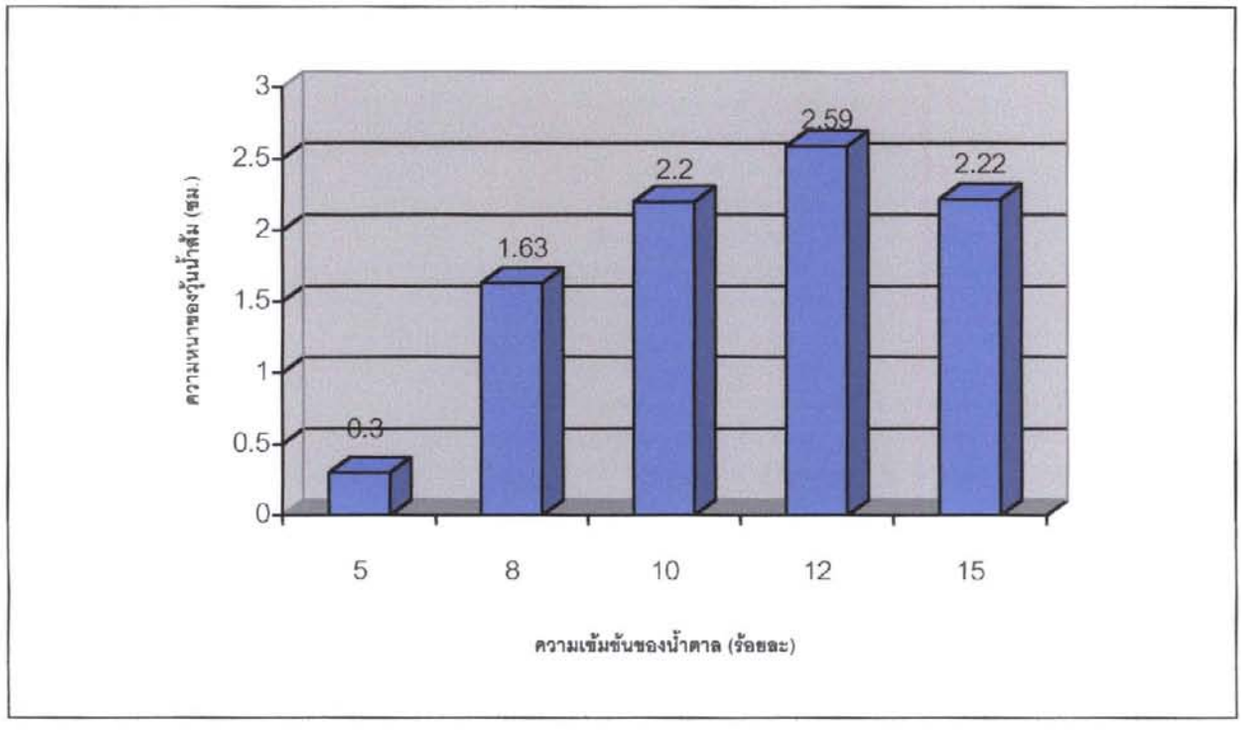
ตารางที่ 4 : แสดงความหนาของแผ่นวุ้นน้ำส้มที่ทำจากน้ำซาวข้าวในระดับความเข้มข้นของน้ำตาลที่ต่างกัน เมื่อหมักไว้นาน 4 สัปดาห์

ตัวอย่าง ที่	ความหนาของแผ่นวุ้นจากน้ำซาวข้าวที่มีความเข้มข้นของน้ำตาลผสมอยู่ร้อยละ 0, 5, 8, 10, 12 และ 15 ตามลำดับ เซนติเมตร					
	0%	5%	8%	10%	12%	15%
1	-	0.3	2.0	2.5	3.0	2.0
2	-	0.3	2.0	2.5	2.0	2.5
3	-	0.3	1.4	2.5	3.0	2.5
4	-	0.4	2.0	2.2	3.0	3.0
5	-	0.3	2.0	2.6	2.5	2.5
6	-	0.2	1.0	3.0	2.5	2.5
7	-	0.2	1.4	2.0	3.0	2.5
8	-	0.3	2.0	2.0	3.0	2.5
9	-	0.2	2.0	2.1	3.0	2.0
10*	-	0.2	0.5	0.7	0.9	0.7
ค่าเฉลี่ย **	-	0.3	1.6	2.2	2.6	2.2
ความเป็นกรด – ด่าง เริ่มต้น	6.7	6.7	6.6	6.6	6.6	6.0
ความเป็นกรด – ด่าง สุดท้ายเฉลี่ย	ไม่ได้วัด	3.8	3.7	3.7	3.7	3.7

หมายเหตุ *อาจมีข้อผิดพลาด หรือเกิดการเปลี่ยนแปลงของเชื้อแบคทีเรียขณะเพาะเลี้ยง

**เป็นค่าเฉลี่ยของ 10 ตัวอย่างที่ใช้ทดสอบ

จากตารางที่ 4 จะเห็นว่าตัวอย่างน้ำซาวข้าวที่เติมน้ำตาลทรายลงไปร้อยละ 0, 5, 8, 10, 12 และ 15 มีความเป็นกรด – ด่าง เริ่มต้น 6.7, 6.7, 6.6, 6.6, 6.6 และ 6.0 ตามลำดับ หลังจากหมักไว้นาน 14 สัปดาห์ ตัวอย่างของน้ำซาวข้าวที่ไม่ได้เติมน้ำตาลลงไป 0 องศาบริกซ์ ไม่มีแผ่นวุ้นเกิดขึ้น ทั้ง 10 ตัวอย่าง ส่วนตัวอย่างที่เติมน้ำตาลลงไปร้อยละ 5, 8, 10, 12 และ 15 มีแผ่นวุ้นเกิดขึ้นทั้งหมด ค่าความเป็นกรด – ด่างลดลง วัดเป็นค่าเฉลี่ยได้ 3.8, 3.7, 3.7, 3.7 และ 3.7 ตามลำดับ และค่าความหนาของแผ่นวุ้น วัดได้เฉลี่ย 0.3, 1.6, 2.2, 2.6 และ 2.2 เซนติเมตรตามลำดับ จากค่าความหนาเฉลี่ยนี้จะเห็นว่า ตัวอย่างของน้ำซาวข้าวที่เติมน้ำตาลลงไปร้อยละ 12 ให้ค่าเฉลี่ยความหนาของแผ่นวุ้นสูงกว่าตัวอย่างอื่น คือ 2.6 เซนติเมตร และเมื่อนำเอาค่าความหนาของแผ่นวุ้นไปเขียนเป็นรูปกราฟแท่งตามภาพที่ 3 จะเห็นว่าที่ความเข้มข้นของน้ำตาลร้อยละ 12 จะให้กราฟแท่งสูงสุด ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าความเข้มข้นของน้ำตาลที่ร้อยละ 12 เหมาะสมที่สุด เพราะให้แผ่นวุ้นหนากว่าตัวอย่างอื่น เมื่อหมักไว้ครบ 4 สัปดาห์ หรือ 28 วัน



ภาพที่ 3 : แสดงความหนาของแผ่นวุ้นน้ำส้มภายหลังการหมัก 4 สัปดาห์จากน้ำซาวข้าวที่มีปริมาณความเข้มข้นของน้ำตาลผสมอยู่ต่างๆ กัน

3.3.2 <u>การศึกษาทดลองหาความเข้มข้นของสารอาหารแหล่งคาร์บอนที่เหมาะสม</u>

3.3.2.1 การศึกษาทดลองหาความเข้มข้นของกรดน้ำส้มสายชู 5% ที่เหมาะสม

การศึกษาทดลองทำ 2 ครั้ง ครั้งแรกเติมกรดน้ำส้มสายชู 5% ลงไปร้อยละ 1, 2, 3 และ 4 ตามลำดับ ดังตารางที่ 5 และครั้งที่สองเติมกรดน้ำส้มสายชู 5% ลงไปให้น้ำซาวข้าวที่ใช้หมักมีปริมาณกรดน้ำส้มสายชู 5% อยู่ร้อยละ 1, 2, 3 และ 4 ตามลำดับ ดังตารางที่ 6

<u>ตารางที่ 5</u> : แสดงความหนาของแผ่นวุ้นน้ำส้มที่เกิดขึ้นเมื่อเติมกรด น้ำส้มสายชู 5% ลงไปร้อยละ 0, 1, 2, 3 และ 4 ตามลำดับ

กรดน้ำส้มสายชู 5% ร้อยละ	ความหนาของแผ่นวุ้นที่ระยะเวลาการหมักต่างกัน (เซนติเมตร)*				ความเป็นกรด – ด่าง เริ่มต้น
	1 สัปดาห์ หรือ 7 วัน	2 สัปดาห์ หรือ 14 วัน	3 สัปดาห์ หรือ 21 วัน	4 สัปดาห์ หรือ 28 วัน	
0	0.2	0.3	0.3	0.4	6.5
1	0.3	0.3	0.3	0.3	5.3
2	0.3	0.3	0.3	0.3	5.0
3	0.3	0.3	0.5	0.5	4.9
4	0.3	0.3	0.5	0.5	4.8

<u>หมายเหตุ</u> : *เป็นค่าเฉลี่ยของ 5 ตัวอย่าง

ตารางที่ 6 : แสดงความหนาของแผ่นวุ้นน้ำส้มที่เกิดขึ้นเมื่อเติมกรด น้ำส้มสายชู 5% ลงไปเพื่อให้น้ำซาวข้าวมีปริมาณกรดอยู่ร้อยละ 0, 1, 2, 3 และ 4 ตามลำดับ

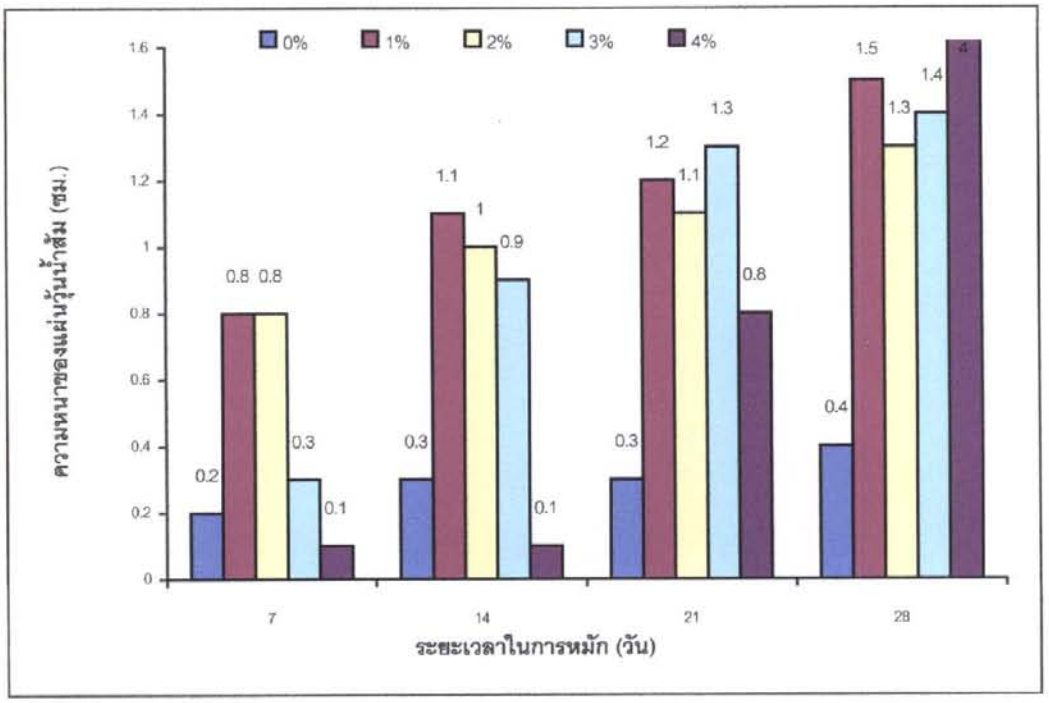
กรดน้ำส้มสายชู 5% ร้อยละ	ความหนาของแผ่นวุ้นที่ระยะเวลาการหมักต่างกัน (เซนติเมตร)*				ความเป็นกรด – ด่าง เริ่มต้น
	1 สัปดาห์ หรือ 7 วัน	2 สัปดาห์ หรือ 14 วัน	3 สัปดาห์ หรือ 21 วัน	4 สัปดาห์ หรือ 28 วัน	
0**	0.2	0.3	0.3	0.4	6.5
1	0.8	1.1	1.2	1.5	4.4
2	0.8	1.0	1.1	1.3	4.3
3	0.3	0.9	1.3	1.4	4.1
4	0.1	0.1	0.8	1.4	4.0

หมายเหตุ : *เป็นค่าเฉลี่ยของ 5 ตัวอย่าง

**เป็นค่าเดียวกันกับตารางที่ 5 เนื่องจากทำรุ่นเดียวกัน ตัวเปรียบเทียบจึงใช้ตัวอย่างเดียวกัน

จากตารางที่ 5 และ 6 จะเห็นว่าน้ำซาวข้าวเมื่อเติมกรดน้ำส้มสายชู 5% ลงไปร้อยละ 0, 1, 2, 3 และ 4 มีความเป็นกรด – ด่างเริ่มต้น 6.5, 5.3, 5.0, 4.9 และ 4.8 ตามลำดับ แต่เมื่อเติมกรดน้ำส้มสายชู 5% ลงไปเพื่อให้น้ำซาวข้าวมีปริมาณความเข้มข้นของกรดอยู่ร้อยละ 1, 2, 3 และ 4 นั้น ความเป็นกรด – ด่างลดลง วัดได้ 4.4, 4.3, 4.1 และ 4.0 ตามลำดับ เมื่อหมักไว้นานครบ 7 วัน จะเห็นว่าน้ำซาวข้าวที่มีปริมาณกรดอยู่ร้อยละ 1 และ 2 ความหนาของแผ่นวุ้นเกิดขึ้นเร็วและหนากว่าตัวอย่างอื่นในระยะเวลาการหมักเดียวกัน วัดความหนาของแผ่นวุ้นได้ 0.8 เซนติเมตร แต่เมื่อหมักต่อไปอีกจนครบ 14 และ 21 วัน ปรากฏว่าความหนาของแผ่นวุ้นที่หมักจากน้ำซาวข้าวที่มีปริมาณกรดอยู่ร้อยละ 2 เกิดขึ้นช้าลงและเมื่อหมักไว้ครบ 4 สัปดาห์ หรือ 28 วัน ความหนาของแผ่นวุ้นวัดได้ 1.3 เซนติเมตร ซึ่งมีความหนาน้อยกว่าตัวอย่างที่หมักจากน้ำซาวข้าวที่มีปริมาณกรดอยู่ร้อยละ 1, 3 และ 4 ในระยะเวลาการหมักเดียวกัน แต่เมื่อดูความหนาของแผ่นวุ้นที่เกิดจากการหมักของน้ำซาวข้าวที่มีปริมาณกรดอยู่ร้อยละ 1 จะเห็นว่าความหนาของแผ่นวุ้นจะมีปริมาณเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ จนกระทั่งหมักครบ 4 สัปดาห์หรือ 28 วัน วัดความหนาของแผ่นวุ้นได้ 1.5 เซนติเมตร ซึ่งหนากว่าตัวอย่างอื่นที่หมักในระยะเวลาเดียวกัน

เมื่อนำผลที่ได้ไปเขียนเป็นรูปกราฟแท่ง ตามภาพที่ 4 จะเห็นว่าน้ำซาวข้าวที่มีปริมาณกรดน้ำส้มสายชู 5% อยู่ร้อยละ 1 ให้ค่าความหนาของแผ่นวุ้นสูงสุดเมื่อหมักครบ 4 สัปดาห์หรือ 28 วัน ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าปริมาณน้ำส้มสายชู 5% ที่เหมาะสมคือปริมาณที่ทำให้น้ำซาวข้าวมีปริมาณกรดน้ำส้มสายชู อยู่ร้อยละ 1

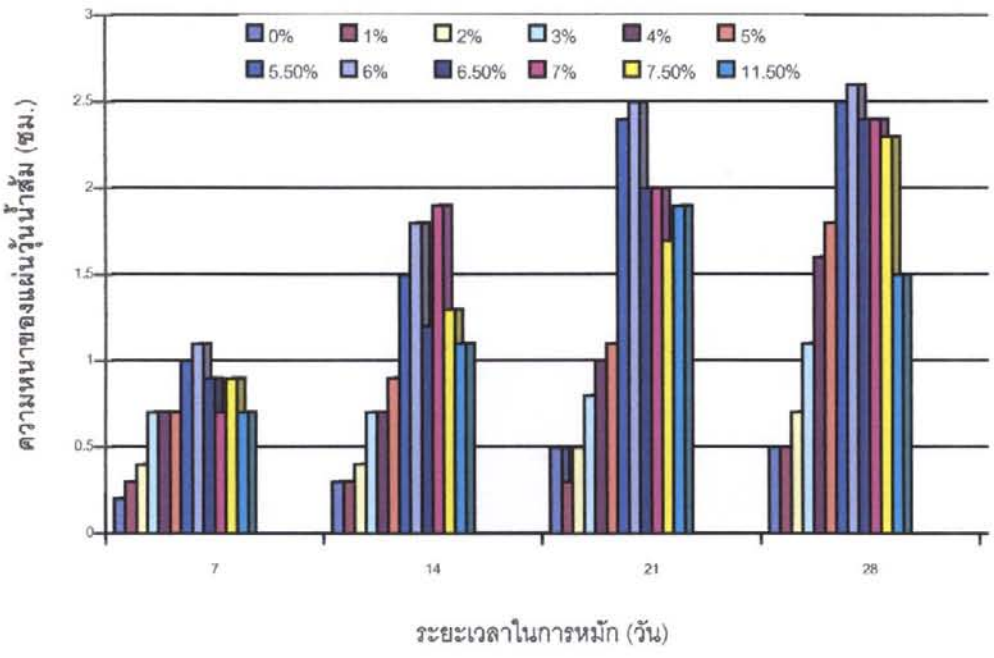


ภาพที่ 4 : แสดงความหนาของแผ่นวุ้นน้ำส้มที่เกิดขึ้นเมื่อน้ำซาวข้าวมีปริมาณกรดน้ำส้มสายชู 5% ผสมอยู่ในระดับความเข้มข้นและระยะเวลาในการหมักต่าง ๆ กัน

3.3.2.2 การศึกษาทดลองหาความเข้มข้นของเหล้าโรง 28 ดีกรีที่เหมาะสม

จากการศึกษาทดลองผลิตวุ้นน้ำส้มโดยเติมเหล้าโรง 28 ดีกรีลงไปร้อยละ 0, 1, 2, 3, 4, 5, 5.50, 6, 6.50, 7, 7.50 และ11.50 ในน้ำซาวข้าว ได้ความหนาของแผ่นวุ้นหนาสุดเมื่อหมักไว้ครบ 4 สัปดาห์ดังแสดงในภาพที่ 5

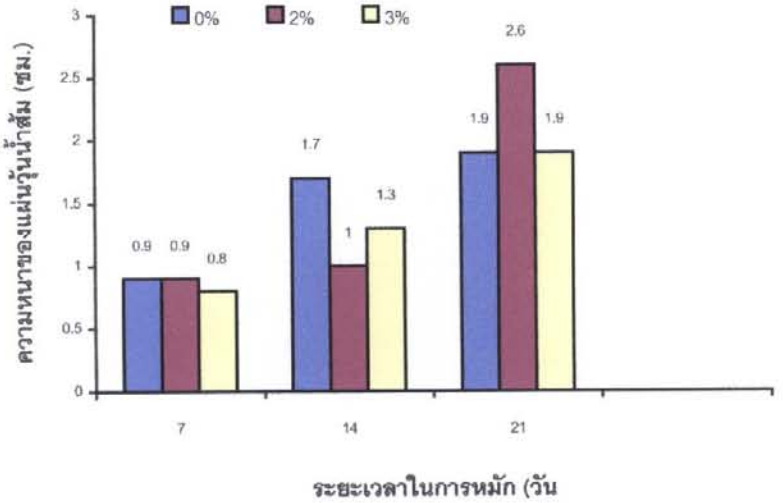
จากภาพที่ 5 จะเห็นว่าน้ำซาวข้าวที่มีเหล้าโรง 28 ดีกรี ผสมอยู่ร้อยละ 6 จะให้ความหนาของแผ่นวุ้นสูงกว่าตัวอย่างอื่นในระยะเวลาการหมักเดียวกันและสูงสุดเมื่อหมักไว้ครบ 4 สัปดาห์ หรือ 28 วัน วัดได้ 2.6 เซนติเมตร ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าความเข้มข้นของเหล้าโรงที่เหมาะสมคือร้อยละ 6



ภาพที่ 5 : แสดงความหนาของแผ่นวุ้นน้ำส้มที่ระดับความเข้มข้นของเหล้าโรง 28 ดีกรีและระยะเวลาในการหมักที่ต่างกัน

3.3.2.3 การศึกษาทดลองหาค่าความเข้มข้นของแอลกอฮอล์ที่เหมาะสม

จากการศึกษาทดลองผลิตวุ้นน้ำส้มโดยเติมแอลกอฮอล์ (absolute alcohol) ลงไปร้อยละ 0, 2 และ 3 แล้ววัดความหนาของแผ่นวุ้นเมื่อหมักไว้ครบ 4 สัปดาห์ ผลการศึกษาทดลองดังภาพที่ 6 พบว่าตัวอย่างของน้ำซาวข้าวที่มีแอลกอฮอล์ผสมอยู่ร้อยละ 2 เมื่อหมักครบ 7 วัน จะมีความหนาของแผ่นวุ้นใกล้เคียงกับตัวอย่างของน้ำซาวข้าวที่ไม่มีแอลกอฮอล์ผสมอยู่ แต่มีความหนามากกว่าตัวอย่างที่มีแอลกอฮอล์ผสมอยู่ร้อยละ 3 เล็กน้อยและเมื่อทิ้งให้หมักต่อไปจนครบ 14 วัน ความหนาของแผ่นวุ้นจะเพิ่มขึ้นและมีความหนามากกว่าตัวอย่างที่ไม่มีแอลกอฮอล์ และตัวอย่างที่มีแอลกอฮอล์ผสมอยู่ร้อยละ 3 ความหนาของแผ่นวุ้นเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วจนกระทั่งเมื่อครบ 3 สัปดาห์ หรือ 21 วัน แผ่นวุ้นหนาเต็มภาชนะที่ทำการทดลองและใช้น้ำซาวข้าวที่เตรียมไว้จนหมด จึงยุติการทดลองเพียง 3 สัปดาห์เท่านั้น และจากภาพที่ 6 จะเห็นว่าตัวอย่างน้ำซาวข้าวที่มีแอลกอฮอล์ผสมอยู่ร้อยละ 2 จะให้กราฟแท่งสูงกว่าตัวอย่างที่ไม่มีแอลกอฮอล์และตัวอย่างที่มีแอลกอฮอล์ผสมอยู่ร้อยละ 3 เมื่อใช้ระยะหมักเท่ากันดังนั้นจึงสรุปได้ว่า ปริมาณแอลกอฮอล์ที่เหมาะสม คือ ร้อยละ 2

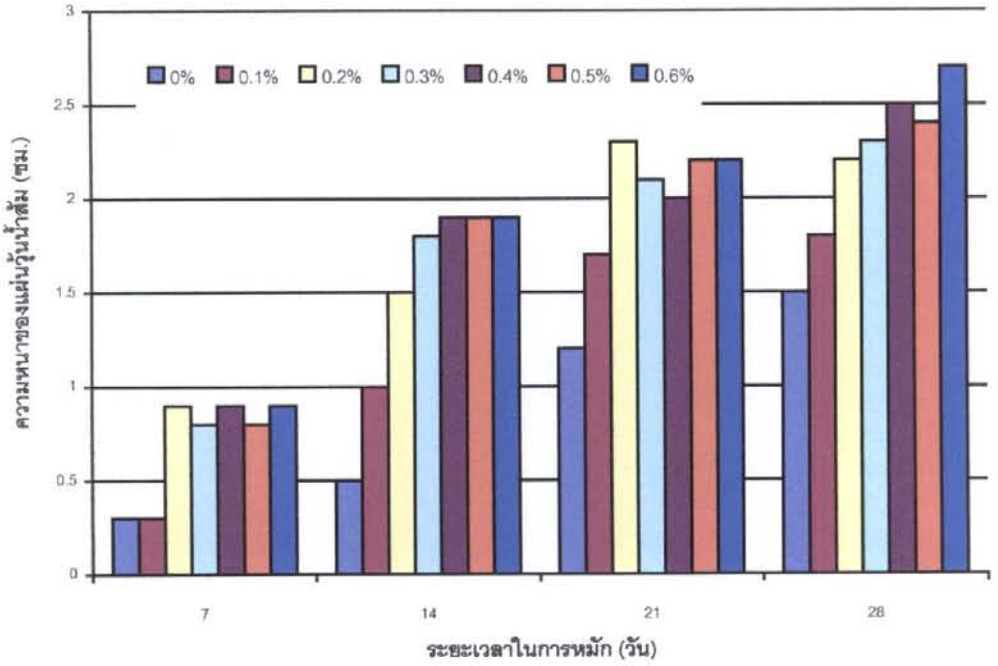


ภาพที่ 6 : แสดงความหนาของแผ่นวุ้นน้ำส้มจากน้ำซาวข้าวที่ระดับความเข้มข้นของแอลกอฮอล์และระยะเวลาการหมักที่ต่างกัน

3.3.3 <u>การศึกษาทดลองหาความเข้มข้นของสารอาหารแหล่งธาตุไนโตรเจนที่เหมาะสม</u>

3.3.3.1 ความเข้มข้นของแอมโมเนียมซัลเฟตที่เหมาะสม

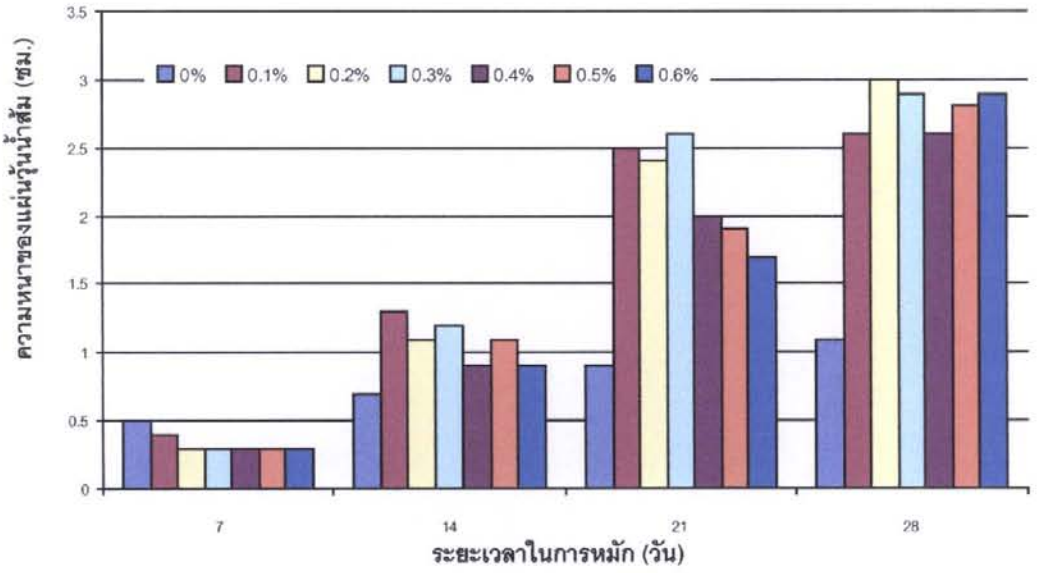
จากการศึกษาทดลองผลิตวุ้นน้ำส้มจากตัวอย่างน้ำซาวข้าวที่เติมแอมโมเนียมซัลเฟตลงไปร้อยละ 0, 0.1, 0.2, 0.3, 0.4 และ 0.6 จะให้ความหนาของแผ่นวุ้นเมื่อหมักไว้ครบ 4 สัปดาห์ หรือ 28 วัน ดังภาพที่ 7 จะเห็นว่าแอมโมเนียมซัลเฟตที่ความเข้มข้นร้อยละ 0.6 จะให้กราฟแท่งสูงสุดเมื่อหมักไว้ครบ 4 สัปดาห์ ดังนั้นจึงสรุปได้ว่า ความเข้มข้นของแอมโมเนียมซัลเฟตที่เหมาะสมคือร้อยละ 0.6



ภาพที่ 7 : แสดงความหนาของแผ่นวุ้นน้ำส้มที่ระดับความเข้มข้นของแอมโมเนียมซัลเฟตและระยะเวลาในการหมักที่ต่างกัน

3.3.3.2 ความเข้มข้นของแอมโมเนียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟตที่เหมาะสม

จากการศึกษาทดลองผลิตวุ้นน้ำส้มจากตัวอย่างน้ำซาวข้าวที่เติมแอมโมเนียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟตลงไปร้อยละ 0, 0.1, 0.2, 0.3, 0.4 และ 0.6 จะให้ความหนาของแผ่นวุ้นเมื่อหมักไว้ครบ 4 สัปดาห์ หรือ 28 วัน ดังภาพที่ 8 จะเห็นว่าแอมโมเนียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟตที่ความเข้มข้นร้อยละ 0.2 จะให้กราฟแท่งสูงสุด ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าความเข้มข้นของแอมโมเนียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟตที่เหมาะสมคือ ร้อยละ 0.2

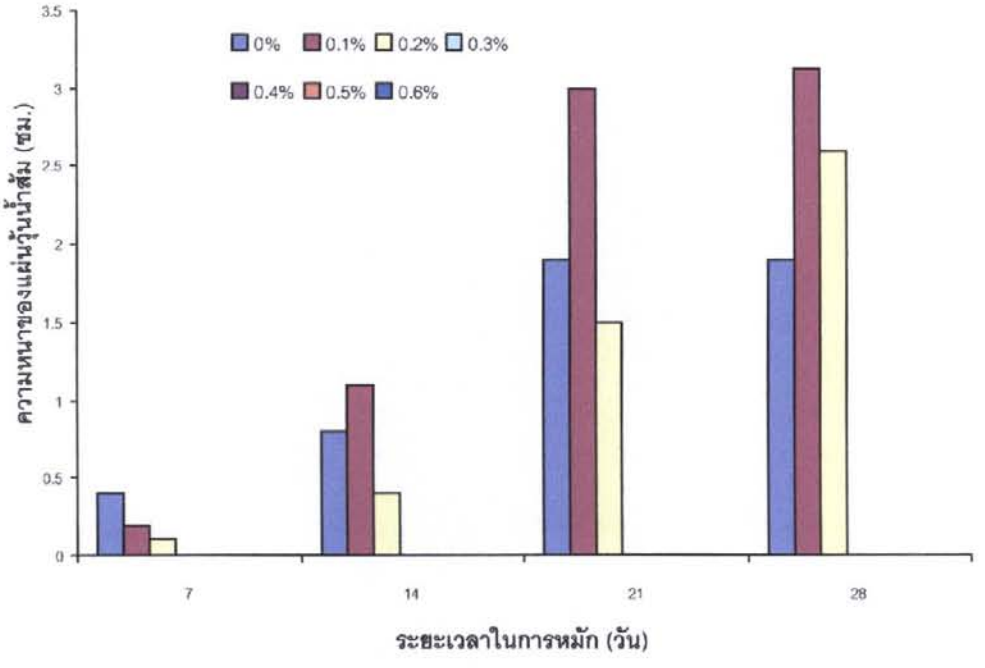


ภาพที่ 8 : แสดงความหนาของแผ่นวุ้นน้ำส้มที่ระดับความเข้มข้นในการหมักที่ต่างกัน

3.3.3.3 ความเข้มข้นของแอมโมเนียมไฮโดรเจนฟอสเฟตที่เหมาะสม

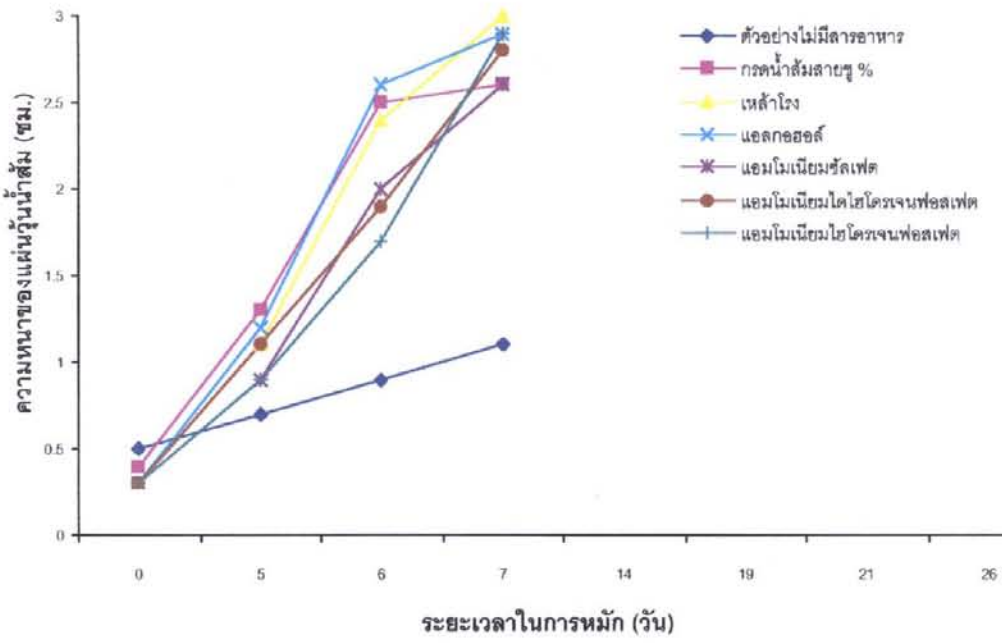
จากการศึกษาทดลองพบว่าตัวอย่างน้ำซาวข้าวที่เติมแอมโมเนียมไฮโดรเจนฟอสเฟตลงไปร้อยละ 0, 01, 0.2, 0.3, 0.4, 0.5 และ 0.6 มีความเป็นกรด – ด่าง เริ่มต้นวัดได้ 6.58, 6.94, 6.99, 7.03, 7.06, 7.07 และ 7.10 ตามลำดับ และเมื่อปล่อยหมักทิ้งไว้ครบ 7 วัน พบว่าตัวอย่างน้ำซาวข้าวที่มีแอมโมเนียมไฮโดรเจนฟอสเฟตผสมอยู่ร้อยละ 0, 0.1 และ 0.2 เท่านั้น ที่มีแผ่นวุ้นเกิดขึ้น นอกนั้นไม่เกิดแผ่นวุ้น อาจเป็นเพราะว่าน้ำซาวข้าวที่เติมแอมโมเนียม

ไฮโดรเจนฟอสเฟตลงไปร้อยละ 0.3, 0.4, 0.5 และ 0.6 มีสภาพเป็นด่าง (pH>7) ทำให้เชื้อไม่เจริญเติบโต และเมื่อปล่อยทิ้งไว้ให้หมักต่อไปจนครบ 4 สัปดาห์หรือ 28 วัน แผ่นวุ้นก็ยังไม่เกิดขึ้น ความเป็นกรด – ด่างลดลงวัดได้ 6.43, 6.54, 6.57, และ 6.58 ตามลำดับ แต่ยังลดน้อยกว่าตัวอย่างของน้ำซาวข้าวที่เติมแอมโมเนียมไฮโดรเจนเฟอสเฟตลงไปร้อยละ 0, 0.1 และ 0.2 ซึ่งวัดความเป็นกรด – ด่างได้ 3.73, 3.80 และ 3.89 ตามลำดับ และในความเข้มข้นนี้เมื่อหมักครบ 4 สัปดาห์หรือ 28 วัน จะได้แผ่นวุ้นหนา วัดได้ 1.9, 3.12 และ 2.6 เซนติเมตร ตามลำดับ เมื่อนำผลความหนาของแผ่นวุ้นไปเขียนรูปกราฟแท่ง ตามภาพที่ 9 จะเห็นว่าน้ำซาวข้าวที่มีความเข้มข้นของแอมโมเนียมไฮโดรเจนฟอสเฟตอยู่ร้อยละ 0.1 จะให้ความหนาของแผ่นวุ้นเป็นกราฟแท่งสูงสุด เมื่อหมักไว้ครบ 4 สัปดาห์ หรือ 28 วัน ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าความเข้มข้นของแอมโมเนียมไฮโดรเจนฟอสเฟตที่เหมาะสมคือ ร้อยละ 0.1



ภาพที่ 9 : แสดงความหนาของแผ่นวุ้นน้ำส้มที่ระดับความเข้มข้นของแอมโมเนียมไฮโดรเจนฟอสเฟตและระยะเวลาในการหมักที่ต่างกัน

3.3.4 การศึกษาทดลองเปรียบเทียบสารอาหารที่เหมาะสมต่อการผลิตวุ้นน้ำส้ม



ภาพที่ 10 ภาพแสดงการเปรียบเทียบสารอาหารต่าง ๆที่เหมาะสมต่อการผลิตวุ้นน้ำส้มจากน้ำซาวข้าว

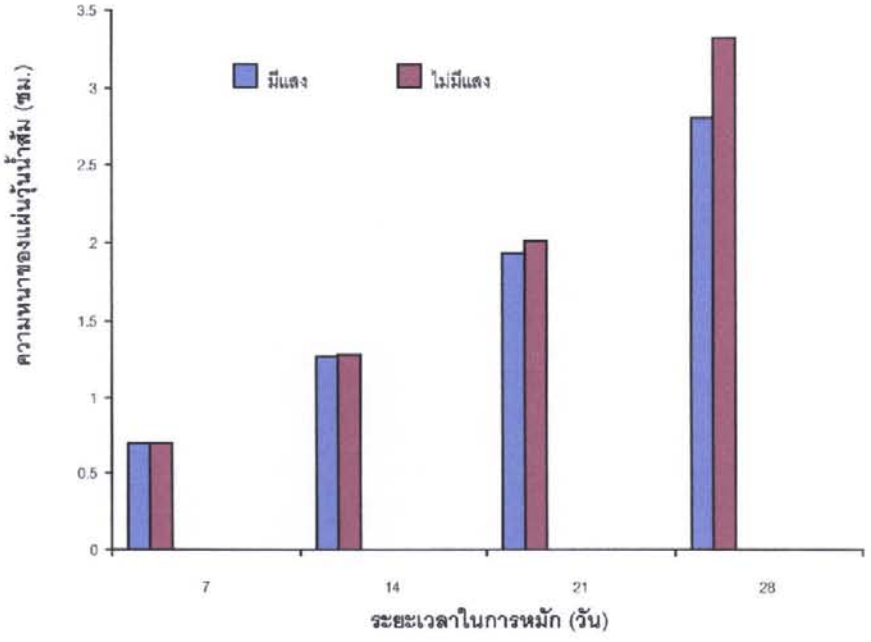
จากภาพที่ 10 จะเห็นว่า ในวันที่ 5 ของการหมัก ตัวอย่างน้ำซาวข้าวที่มีเหล้าโรง 28 ดีกรี และตัวอย่างที่มีแอลกอฮอล์ผสมอยู่ เกิดแผ่นวุ้นได้เร็ว มีความหนาเท่ากันวัดได้ 0.5 เซนติเมตร รองลงมาคือตัวอย่างที่มีกรดน้ำส้มสายชู 5% และตัวอย่างที่มีแอมโมเนียมซัลเฟตผสมอยู่ วัดความหนาของแผ่นวุ้นได้ 0.4 และ 0.3 เซนติเมตร ตามลำดับ ตัวอย่างที่ไม่ได้เติมสารอาหารซึ่งใช้เป็นตัวอย่างเปรียบเทียบ ผลิตแผ่นวุ้นได้หนา วัดได้ 0.2 เซนติเมตร เท่ากับตัวอย่างที่เติมสารอาหารแอมโมเนียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟต ส่วนตัวอย่างที่เติมสารอาหารแอมโมเนียมไฮโดรเจนฟอสเฟตจะผลิตแผ่นวุ้นได้บางมาก วัดได้ 0.1 เซนติเมตร หลังจากหมักไว้ครบ 7 วัน ตัวอย่างน้ำซาวข้าวที่มีเหล้าโรง 28 ดีกรี และตัวอย่างที่มีแอลกอฮอล์ผสมอยู่ยังคงให้แผ่นวุ้นหนากว่าตัวอย่างอื่นซึ่งวัดได้ 0.7 และ 0.8 เซนติเมตร ตามลำดับ และเมื่อหมักครบ 14 วัน ตัวอย่างที่แอลกอฮอล์ผสมอยู่ยังคงให้ความหนาของแผ่นวุ้นหนากว่าตัวอย่างอื่น วัดได้ 1.2 เซนติเมตร ส่วนตัวอย่างที่มีเหล้าโรง 28 ดีกรีผสมอยู่ความหนาของแผ่นวุ้นเท่ากับตัวอย่างที่มีสารอาหารกรดน้ำส้มสายชู 5% แอมโมเนียมซัลเฟตและแอมโมเนียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟต วัดได้ 0.1 เซนติเมตร ตัวอย่างที่เติมสารอาหารแอมโมเนียมไฮโดรเจนฟอสเฟต แผ่นวุ้นหนาเท่ากับ

ตัวอย่างที่ไม่ได้เติมสารอาหาร วัดความหนาได้ 0.5 เซนติเมตร ตัวอย่างที่ไม่ได้เติมสารอาหารแผ่นวุ้นจะมีความหนาคงที่ ณ ระดับนี้จนกระทั่งหมักครบ 4 สัปดาห์หรือ 28 วัน แต่ตัวอย่างที่เติมสารอาหารแอมโมเนียมไฮโดรเจนฟอสเฟตความหนาของแผ่นวุ้นจะเพิ่มขึ้นเมื่อหมักครบ 2 วัน วัดได้ 0.7 เซนติเมตร และคงที่อยู่ระดับนี้จนกระทั่งหมักครบ 21 สัปดาห์ หรือ 28 วัน

หลังจากหมักไปแล้ว 14 วัน ตัวอย่างที่มีแอลกอฮอล์ผสมอยู่ แบคทีเรียเซลลูโลสเริ่มชลอการเจริญเติบโตลง การสร้างแผ่นวุ้นดำเนินไปอย่างช้า ๆ และเมื่อหมักครบ 28 วัน วัดความหนาของแผ่นวุ้นได้ 1.5 เซนติเมตร ซึ่งมีความหนาน้อยกว่าแผ่นวุ้นที่ได้จากตัวอย่างที่มีเหล้าโรง 28 ดีกรี ตัวอย่างที่มีน้ำส้มสายชู 5% และตัวอย่างที่มีแอมโมเนียมซัลเฟตผสมอยู่ วัดได้ 1.7, 1.8 และ 1.75 ตามลำดับ ส่วนตัวอย่างที่มีแอมโมเนียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟตผสมอยู่ หลังจากหมักได้ 7 วัน แบคทีเรียมีการเจริญเติบโตขึ้นอย่างรวดเร็ว และสร้างแผ่นวุ้นหนาขึ้นเรื่อย ๆ และหนามากกว่าตัวอย่างอื่นเมื่อหมักครบ 5 สัปดาห์หรือ 28 วัน วัดความหนาของแผ่นวุ้นได้ 2.55 เซนติเมตร ซึ่งเป็นความหนาสูงสุด แต่แผ่นวุ้นที่ได้มีลักษณะไม่เรียบและมีสีออกเหลือง

3.3.5 <u>การศึกษาทดลองถึงผลกระทบของแสงสว่างต่อการผลิตวุ้นน้ำส้ม</u>

จากการศึกษาทดลองพบว่าแสงสว่างไม่มีผลต่อความหนาของแผ่นวุ้น ผลการศึกษาทดลองดังภาพที่ 11



ภาพที่ 11 : แสดงความหนาของแผ่นวุ้นน้ำส้มที่หมักในตู้อบที่มีแสงสว่างและไม่มีแสงสว่าง

3.3.6 <u>การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาในการหมักกับการสร้างแผ่นวุ้นของแบคทีเรียเซลลูโลส การเปลี่ยนแปลงความเป็นกรด – ด่างของอาหารเลี้ยงเชื้อ และปริมาณกรดที่เกิดขึ้น</u>

ผลการศึกษาทดลองดังตารางที่ 7

<u>ตารางที่ 7</u> แสดงความหนาของแผ่นวุ้นน้ำส้มต่อระยะเวลาในการหมัก ความเป็นกรด–ด่างของอาหารเลี้ยงเชื้อ และปริมาณกรดที่เกิดขึ้น

	ระยะเวลาในการหมัก วัน	ความหนาของแผ่นวุ้น* เซนติเมตร	ความเป็นกรด – ด่าง	ปริมาณกรด ร้อยละ
ก่อนเติมเชื้อวุ้นน้ำส้ม	-	-	6.32	0.007
หลังเติมเชื้อวุ้นน้ำส้ม	1	-	4.50	0.06
	2	เริ่มมีเยื่อบาง ๆ บนผิวหน้า	4.20	0.06
	3	0.1	4.2	0.06
	4	0.2	3.8**	0.06
	5	0.7	4.4	0.05
	6	0.7	4.4	0.05
	7	1.0	4.1	0.06
	14	1.3	3.9	0.08
	21	2.2	3.9	0.10
	28	2.8	3.8	0.14
	30	3.5	3.6	0.16
	60	5.0	3.6	0.70

<u>หมายเหตุ</u> * ตัวเลขที่ได้เป็นค่าเฉลี่ยของการศึกษาทดลอง 2 ซ้ำ

** อาจมีข้อผิดพลาดในการศึกษาทดลอง

จากตารางที่ 7 จะเห็นว่าหลังจากเติมเชื้อวุ้นน้ำส้มไปได้ 2 วัน เชื้อเริ่มเจริญเติบโต ความเป็นกรด – ด่างของอาหารเลี้ยงเชื้ออยู่ที่ 4.5 และลดลงเหลือ 4.2 ส่วนปริมาณกรดจะเพิ่มขึ้นจาก

ร้อยละ 0.007 เป็นร้อยละ 0.06 และเมื่อวันที่ 5 ของการหมัก ปริมาณกรดลดลงเหลือร้อยละ 0.05 ความเป็นกรด – ด่างเพิ่มขึ้นเป็น 4.4 อาจเป็นไปได้ว่าในช่วงนี้เชื้อแบคทีเรียวุ้นน้ำส้มต้องใช้กรดเป็นแหล่งธาตุคาร์บอนสำหรับการเจริญเติบโต ส่วนความหนาของแผ่นวุ้นเพิ่มขึ้นวัดได้ 0.1, 0.2 และ 0.7 เซนติเมตร ตามลำดับ หลังจากหมักไว้นาน 7 วัน ความหนาของแผ่นวุ้นเพิ่มเป็น 1.0 เซนติเมตร ความเป็นกรด – ด่างลดลงวัดได้ 4.1 ปริมาณกรดเพิ่มขึ้นจากร้อยละ 0.05 เป็น 0.06 เมื่อหมักครบ 14 วัน ความหนาของแผ่นวุ้นเพิ่มเป็น 1.3 เซนติเมตร ความเป็นกรด – ด่าง ลดลดเหลือ 3.9 ปริมาณกรดเพิ่มขึ้นร้อยละ 0.08 และเมื่อหมักไว้นาน 21 วัน ความหนาของแผ่นวุ้นเพิ่มขึ้นวัดได้ 2.2 เซนติเมตร ความเป็นกรด – ด่างไม่เปลี่ยนแปลง ปริมาณกรดเพิ่มเป็นร้อยละ 0.1 เมื่อหมักครบ 28 วัน ความหนาของแผ่นวุ้นเพิ่มขึ้นวัดได้ 2.8 เซนติเมตร ความเป็นกรด – ด่างลดลงเหลือ 3.8 ปริมาณกรดเพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 0.14 และเพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 0.16 และ 0.7 เมื่อหมักไว้ครบ 1 เดือน (30 วัน) และ 2 เดือน (60 วัน) ตามลำดับ ความเป็นกรด – ด่างลดลงจาก 3.8 เป็น 3.6 และคงที่อยู่ที่ 3.6 ถึงแม้จะใช้ระยะเวลาในการหมักนาน 2 เดือน ก็ตาม ส่วนความหนาของแผ่นวุ้นจะเพิ่มขึ้นจาก 2.2 เซนติเมตร เป็น 2.8 เซนติเมตร เมื่อหมักไว้ครบ 28 วัน 3.5 เซนติเมตร เมื่อหมักไว้ครบ 1 เดือน หรือ 30 วัน และ 5.0 เซนติเมตร เมื่อหมักไว้ครบ 2 เดือน หรือ 60 วัน ตามลำดับ จากผลการศึกษาทดลองนี้อาจสรุปได้ว่าค่าความเป็นกรด – ด่าง เมื่อถึงระยะหนึ่งแล้วจะไม่เปลี่ยนแปลง แต่ปริมาณกรดจะเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ ตามระยะเวลาการเจริญเติบโตของเชื้อแบคทีเรีย

3.4 <u>การศึกษาทดลองผลิตวุ้นน้ำส้มจากน้ำซาวข้าวโดยใช้ถังหมักเลี้ยงเชื้อ</u>

จากการศึกษาทดลองพบว่าถังหมักเลี้ยงเชื้อสามารถใช้น้ำซาวข้าวเป็นอาหารเลี้ยงเชื้อแบคทีเรียเซลลูโลสหรือวุ้นน้ำส้มได้ เมื่อใช้ใบกวนที่เหมาะสม ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีลักษณะที่ไม่เป็นแผ่น แต่จะเป็นเส้นใยสั้นๆเกาะกันเป็นก้อน ผลิตภัณฑ์ที่ผลิตได้ไม่เรียกว่าวุ้นน้ำส้ม แต่เรียกว่าเซลลูโลส ที่เป็นเช่นนี้เพราะวุ้นน้ำส้มคือแผ่นเซลลูโลสที่จุลินทรีย์ผลิตได้ อย่างไรก็ดีในการศึกษาทดลองนี้เพียงเพื่อต้องการศึกษาถึงความเป็นไปได้ว่าน้ำซาวข้าวสามารถใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตเซลลูโลสได้เท่านั้น เนื่องจากการหมักแบบนี้มีวิธีการที่ยุ่งยากและสลับซับซ้อนมาก ต้องศึกษาเพิ่มเติมอีกมาก จึงมิได้ทำการศึกษาทดลองต่อ และอาจศึกษาต่อไปในอนาคต

บทที่ 4 วิจารณ์ผลการศึกษาทดลอง

4.1 <u>วุ้นน้ำส้มจากน้ำซาวข้าวที่เหลือทิ้งจากโครงการวิจัย "การศึกษาทดลองผลิตข้าวแดงขั้นอุตสาหกรรมนำทาง"</u>

จากงานวิจัยของ Saturnino - Dima – guila, Linda A, 1967 แบคทีเรียวุ้นน้ำส้มจะใช้น้ำตาลเป็นธาตุคาร์บอนและสร้างแผ่นวุ้นบนผิวหน้าของอาหารเลี้ยงเชื้อ [10] และจากงานวิจัยของวิเชียรและคณะ 2536 พบว่าการเติมสารแอมโมเนียมซัลเฟตร้อยละ 0.5 หรือ 0.6 จะทำให้แบคทีเรียวุ้นน้ำส้มสร้างแผ่นได้เร็วขึ้น[16] ดังนั้นการศึกษาทดลองนี้จึงได้เติมน้ำตาลทรายซึ่งมีราคาถูกกว่าน้ำตาลกลูโคส หรือแล็กโทส ลงไปร้อยละ 8 และแอมโมเนียมซัลเฟตลงไป ร้อยละ 0.5 และเมื่อหมักไว้นาน 4 สัปดาห์หรือ 28 วัน จะได้แผ่นวุ้นหนา 4 เซนติเมตร

จากผลการศึกษาทดลองจะเห็นว่าน้ำล้างเมล็ดข้าวมีแป้งผสมอยู่น้อย ดังนั้นน้ำซาวข้าวที่ได้จึงมีตะกอนน้อยง่ายต่อการเตรียมตัวอย่างอาหารสำหรับนำไปเพาะเลี้ยงเชื้อ และในการผลิตวุ้นน้ำส้มใช้กล่องพลาสติกขนาด 37X45X20 เซนติเมตร บรรจุอาหารสำหรับเลี้ยงเชื้อคือน้ำซาวข้าวลงไปกล่องละ 7 ลิตร วัดความสูงได้ 5.5 เซนติเมตร วัตถุประสงค์เพื่อให้แผ่นวุ้นน้ำส้มหนา 4 เซนติเมตร และจากผลการศึกษาทดลองพบว่าเมื่อหมักไว้นาน 4 สัปดาห์ ได้แผ่นวุ้นน้ำส้มสดหนา 4 เซนติเมตร อาหารเลี้ยงเชื้อหมดพอดี ดังนั้นจากข้อมูลนี้จึงเห็นว่าความหนาของแผ่นวุ้นน้ำส้มเป็น ¾ เท่าของความสูงของอาหารเลี้ยงเชื้อในภาชนะบรรจุที่ใช้หมักและเพื่อมิให้สิ้นเปลืองอาหารเลี้ยงเชื้อมาก จึงมีการคำนวนปริมาตรของอาหารเลี้ยงเชื้อเพื่อให้ได้ความหนาของแผ่นวุ้นตามที่ต้องการ

4.2 <u>วุ้นน้ำส้มจากน้ำซาวข้าวที่เก็บจากโรงงานทำเส้นก๋วยเตี๋ยวและโรงงานทำเส้นขนมจีน</u>

จากผลการศึกษาทดลองพบว่า วุ้นน้ำส้มที่ทำจากน้ำซาวข้าวของโรงงานทำเส้นขนมจีนมีความหนาวัดได้เพียง 1 เซนติเมตรเท่านั้นถึงแม้ว่าจะปล่อยทิ้งให้หมักนานกว่า 4 สัปดาห์หรือ 28 วันก็ตาม ซึ่งตัวอย่างอื่นที่ทำด้วยวิธีเดียวกันนี้ จากน้ำซาวข้าวที่เหลือทิ้งจากการทำข้าวแดงและโรงงานทำเส้นก๋วยเตี๋ยววัดได้ 4.0 เซนติเมตร และ 3.5 เซนติเมตร ตามลำดับ เมื่อหมักไว้นาน 4 สัปดาห์ ที่เป็นเช่นนี้อาจเป็นเพราะว่าน้ำซาวข้าวและน้ำโรยเส้นจากโรงงานทำเส้นขนมจีนมีปริมาณเกลือ ซึ่งใช้ในขบวนการทำเส้นขนมจีนผสมอยู่ ทำให้ปริมาณออกซิเจนในน้ำซาวข้าวนั้นน้อยกว่าปกติ และเมื่อมีการเจริญเติบโตของแบคทีเรียเซลลูโลสบนผิวหน้าของอาหารเลี้ยงเชื้อไประยะหนึ่ง ทำให้ออกซิเจนในอากาศไม่สามารถซึมลงไปในน้ำหมักเลี้ยงเชื้อได้ ออกซิเจนในน้ำซาวข้าวถูกใช้หมด ทำให้เชื้อหยุดการเจริญเติบโตและไม่สร้างแผ่นวุ้นขึ้นมาอีกแม้ว่าจะใช้ระยะ

เวลาในการหมักนานเท่าใดก็ตาม [5, 11, 12] นอกจากนี้แล้วเกลือยังมีส่วนทำให้เชื้อบางส่วนไม่เจริญเติบโตและตายไปในที่สุด

4.3 <u>การศึกษาทดลองผลิตวุ้นน้ำส้มจากน้ำซาวข้าวในห้องปฏิบัติการ</u>

ผลการศึกษาปัจจัยต่างๆที่มีผลต่อการผลิตวุ้นน้ำส้มพบว่า ความเข้มข้นของน้ำตาลและสารอาหารที่เติมลงไปในน้ำซาวข้าวที่ทำให้ได้แผ่นวุ้นหนาที่สุดเมื่อหมักนาน 28 วัน คือ น้ำตาลทรายร้อยละ 12 สารอาหารที่เป็นแหล่งธาตุคาร์บอน เช่น น้ำส้มสายชูกลั่น 5% ซึ่งเติมลงไปจนทำให้น้ำซาวข้าวมีความเข้มข้นของกรดอยู่ร้อยละ 1 หรือเหล้าโรง 28 ดีกรีร้อยละ 6 หรือแอลกอฮอล์ร้อยละ 2 สารอาหารเหล่านี้ทำให้ได้วุ้นน้ำส้มที่หนาและมีสีขาวเหมาะแก่การนำไปทำเป็นอาหารหวาน การเติมสารอาหารที่เป็นแหล่งธาตุไนโตรเจน เช่น แอมโมเนียมซัลเฟตร้อยละ 0.6 หรือแอมโมเนียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟตร้อยละ 0.2 หรือแอมโมเนียมไฮโดรเจนฟอสเฟตร้อยละ 0.1 ทำให้แผ่นวุ้นน้ำส้มเกิดเร็วขึ้น หนาและเหนียว เมื่อนำสารอาหารข้างต้นทั้งหมดมาทดสอบเปรียบเทียบกันพบว่าน้ำซาวข้าวที่มีแอมโมเนียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟตผสมอยู่ร้อยละ 0.2 จะให้แผ่นวุ้นหนาสุดเมื่อหมักไว้นาน 28 วัน นอกจากนี้ยังพบว่าแสงสว่างไม่มีผลต่อการผลิตวุ้นน้ำส้ม

จากผลการศึกษาทดลองจะเห็นว่าวุ้นน้ำส้มที่เกิดขึ้นจากสารอาหารที่ใช้เติมลงไป จะให้ลักษณะและสีของแผ่นวุ้นที่แตกต่างกัน ถ้าสารที่เติมลงไปเป็นพวกสารอินทรีย์ เช่น แอลกอฮอล์ เหล้าโรง หรือกรดน้ำส้มสายชูกลั่น 5% แผ่นวุ้นที่ได้จะเรียบมีสีขาวและนุ่ม ถ้าสารที่เติมเป็นพวกสารอนินทรีย์ แผ่นวุ้นที่ได้จะเหนียวและมีสีออกเข้ม ที่เป็นเช่นนี้อาจเป็นเพราะว่าสารอนินทรีย์มีประสิทธิภาพในการกระตุ้นเซลล์ของเชื้อแบคทีเรียให้เจริญเติบโตเร็วกว่าปกติ จึงทำให้แผ่นวุ้นที่ได้เหนียวและมีสีเข้ม เนื่องจากแผ่นวุ้นแก่เร็วกว่าปกติ

ดังนั้นในการศึกษาทดลองนี้ถึงแม้ว่าตัวอย่างน้ำซาวข้าวที่เติมสารอาหารแอมโมเนียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟตจะให้แผ่นวุ้นหนาสูงสุดก็ตามจะไม่สรุปว่าสารอาหารนี้ดีที่สุด เพราะทุกสารอาหารมีความสำคัญเท่ากันหมด ขึ้นอยู่กับว่าจะนำแผ่นวุ้นที่ผลิตได้ไปใช้ประโยชน์อะไรถ้านำไปใช้ทำอาหารหวาน ความหนาของแผ่นวุ้นประมาณ 1-2 เซนติเมตร สารอาหารที่ใช้เพื่อช่วยในการผลิตเป็นไปอย่างรวดเร็ว ควรเป็นกรดน้ำส้มสายชู 5% หรือ เหล้าโรง 28 ดีกรี หรือแอลกอฮอล์หรือแอมโมเนียมซัลเฟตเป็นต้น เพราะว่าแผ่นวุ้นที่ได้จะเรียบและมีสีขาว แต่ถ้าจะนำไปทำเป็นวัตถุดิบสำหรับทำเยื่อกระดาษบางชนิด เช่น parchment paper ควรเติมสารอาหารแอมโมเนียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟตเพื่อเร่งความหนาของแผ่นวุ้น หรือเติมแอมโมเนียมไฮโดรเจนฟอสเฟตเพื่อคงความบางและเหนียว เป็นต้น

4.4 <u>การศึกษาทดลองผลิตวุ้นน้ำส้มจากน้ำซาวข้าวโดยใช้ถังหมักเลี้ยงเชื้อ</u>

จากการศึกษาทดลองพบว่าสามารถผลิตวุ้นน้ำส้มหรือเซลลูโลสโดยใช้ถังหมักเลี้ยงเชื้อได้ โดยใช้น้ำซาวข้าวเป็นอาหารเลี้ยงเชื้อ การศึกษาทดลองนี้ลักษณะของผลิตภัณฑ์ที่ได้ต่างจากการหมักโดยวิธี static culture และวัตถุประสงค์ของการนำเอาไปใช้ในรูปแบบที่ต่างกัน การหมักแบบ static culture ลงทุนน้อย ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีรูปเป็นแผ่นตามขนาดของภาชนะบรรจุที่ใช้หมัก ความหนาของแผ่นวุ้นขึ้นอยู่กับระยะเวลาในการหมัก ถ้าต้องการหนามากต้องใช้ระยะเวลานานและน้ำตาลที่เหมาะสม ผลิตภัณฑ์ที่หมักได้ส่วนใหญ่นำไปใช้เชื่อมเป็นอาหารหวาน หรืออาจนำไปทำเยื่อกระดาษบางชนิด การหมักโดยใช้ถังหมักเลี้ยงเชื้อ อุปกรณ์ราคาค่อนข้างสูงต้องลงทุนมากในระยะแรก แต่ปริมาณของผลิตภัณฑ์ที่ได้มาก ระยะเวลาที่ใช้ในการผลิตสั้นเหมาะแก่การทำเพื่ออุตสาหกรรม รวมทั้งการทำให้บริสุทธิ์ด้วยการแยกเอาเซลล์ของแบคทีเรียที่ตายแล้วออกก่อนนำไปใช้ประโยชน์ในการทำเยื่อบางชนิด หรืออนุพันธุ์ของเซลลูโลสนั้นกระทำได้ง่ายกว่าการหมักแบบ static culture ได้ทดลองนำเซลลูโลสที่ได้ไปทำเยื่อกระดาษบางชนิด เช่น parchment paper และพบว่าสามารถใช้ทำ parchment paper ได้ [15] ระดับหนึ่ง

ในระยะแรกคณะผู้ทำการศึกษาทดลองมีวัตถุประสงค์ผลิตวุ้นน้ำส้มเพื่อใช้เป็นอาหารหวาน ดังนั้นจึงเลือกวิธีการหมักโดยวิธี static culture อย่างไรก็ดีได้ทำการทดลองผลิตวุ้นน้ำส้มจากน้ำซาวข้าวโดยใช้ถังหมักเลี้ยงเชื้อด้วย เพื่อใช้เป็นข้อมูลเบื้องต้นถึงความเป็นไปได้ที่จะใช้น้ำซาวข้าวเป็นวัตถุดิบในการผลิตเซลลูโลสด้วยแบคทีเรียโดยใช้ถังหมักเลี้ยงเชื้อได้ การศึกษาทดลองนี้ควรแยกเป็นอีกเรื่องหนึ่งต่างหาก และศึกษาต่อไปในอนาคต

บทที่ 5 สรุปผลการศึกษาทดลอง

จากผลการศึกษาทดลองพบว่าน้ำซาวข้าวหรือน้ำล้างข้าวที่เหลือทิ้งจากโรงงานแปรรูปข้าวที่ไม่มีสารที่เป็นอันตรายอื่นเจือปนสามารถนำมาใช้ผลิตวุ้นน้ำส้มได้โดยวิธี static culture และใช้ถังหมักเลี้ยงเชื้อ การผลิตโดยวิธี static culture พบว่าปัจจัยที่เหมาะสมต่อการผลิตวุ้นน้ำส้มจากน้ำล้างเมล็ดข้าวเมื่อหมักนาน 28 วัน คือ ความเข้มข้นของน้ำตาลร้อยละ 12 และสารอาหารที่เติมลงไปเพื่อเป็นแหล่งธาตุคาร์บอน เช่น น้ำส้มสายชูกลั่น 5% ซึ่งเติมลงไปจนทำให้น้ำซาวข้าวมีความเข้มข้นของกรดอยู่ร้อยละ 1 หรือเหล้าโรง 28 ดีกรีร้อยละ 6 หรือแอลกอฮอล์ร้อยละ 2 สารอาหารเหล่านี้ทำให้ได้วุ้นน้ำส้มที่หนาและมีสีขาวเหมาะแก่การนำไปทำเป็นอาหารหวาน การเติมสารอาหารที่เป็นแหล่งธาตุไนโตรเจน เช่น แอมโมเนียมซัลเฟตร้อยละ 0.6 หรือแอมโมเนียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟตร้อยละ 0.2 หรือแอมโมเนียมไฮโดรเจนฟอสเฟตร้อยละ 0.1 ทำให้แผ่นวุ้นน้ำส้มเกิดเร็วขึ้น หนาและเหนียว เมื่อนำสารอาหารข้างต้นทั้งหมดมาทดสอบเปรียบเทียบกันพบว่าน้ำล้างเมล็ดข้าวที่มีแอมโมเนียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟตผสมอยู่ร้อยละ 0.2 จะให้แผ่นวุ้นหนาสุดเมื่อหมักไว้นาน 28 วัน นอกจากนี้ยังพบว่าแสงสว่างไม่มีผลต่อการผลิตวุ้นน้ำส้ม

วุ้นน้ำส้มที่ผลิตได้นำไปเชื่อมเป็นอาหารหวาน และนำออกทดลองให้ประชาชนชิมเพื่อหาข้อมูลความเป็นไปได้ ณ ศูนย์ประชุมแห่งชาติสิริกิติ์ ในงานนิทรรศการวันสถาปนากระทรวงวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม ครบรอบ 20 ปี ระหว่างวันที่ 24 – 29 มีนาคม 2542 ใช้ชื่อเรียกโดยทั่วไปว่า "วุ้นน้ำซาวข้าว" เพื่อให้ทราบถึงที่มาของวัตถุดิบที่ใช้ผลิต และสอดคล้องกับชื่อวุ้นมะพร้าว ซึ่งเป็นวุ้นน้ำส้มเช่นกันแต่ผลิตจากน้ำมะพร้าว จากผลการชิมพอจะสรุปได้ว่าประชาชนร้อยละ 90 ชอบในรสชาติ อีกร้อยละ 10 ชอบวุ้นมะพร้าวมากกว่า แต่ทุกคนยอมรับการเป็นอาหารหวานได้เช่นเดียวกับวุ้นมะพร้าว

ภาพที่ 12 : ภาพแสดงวุ้นน้ำส้มจากน้ำซาวข้าวที่เชื่อมเป็นอาหารแล้ว

การทดลองผลิตวุ้นน้ำส้มจากน้ำล้างเมล็ดข้าวด้วยถังหมักเลี้ยงเชื้อแม้จะยังไม่ประสบผลดีแต่ก็มีความเป็นไปได้ว่าจะได้เซลลูโลสบริสุทธิ์ซึ่งสามารถนำไปเป็นวัตถุดิบเพื่อใช้ในอุตสาหกรรมอาหาร สิ่งทอ เครื่องสำอาง และอนุพันธุ์เซลลูโลส

สรุปโดยรวมจากการศึกษาทดลองนี้ได้วิธีการผลิตวุ้นน้ำส้มจากน้ำล้างเมล็ดข้าวที่สามารถนำไปปรับปรุงใช้ในครัวเรือนต่อไป สามารถนำไปใช้เป็นแนวทางแก้ไขปัญหามลภาวะสิ่งแวดล้อมเป็นพิษอันเนื่องมาจากน้ำทิ้งของโรงงานแปรรูปข้าว เช่น โรงงานทำเส้นก๋วยเตี๋ยว โรงงานทำเส้นขนมจีน และโรงงานทำแป้งข้าวเจ้า เป็นต้น และใช้เป็นแนวทางในการนำวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรที่ไร้ค่า มาทำให้เกิดมูลค่าเพิ่มโดยใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตเซลลูโลสบริสุทธิ์ เพื่อใช้ในอุตสาหกรรมอาหาร อุตสาหกรรมสิ่งทอ เครื่องสำอาง และอนุพันธุ์เซลลูโลส เป็นต้น

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ คุณสุจินต์ ศรีคงศรี ผู้อำนวยการกอง กองวิทยาศาสตร์ชีวภาพ คุณปรีชา ธรรมนิยม หัวหน้ากลุ่มงานจุลชีววิทยา ที่ช่วยให้คำปรึกษาและแนะนำ ทำให้ผลงานชิ้นนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี และขอขอบคุณนางสาวสุนทร สหัสโพธิ์ และนางสาวอัจจิมา ทองบ่อ ที่ช่วยวิเคราะห์คุณค่าทางอาหารของน้ำซาวข้าว และวุ้นน้ำส้มที่ผลิตได้จากน้ำซาวข้าว

เอกสารอ้างอิง

1. Cereal Food Chapter 32, Chapter 45, และ Chapter 50. AOAC (Association of Official Analytical Chemists) Official Method of analysis, 1995.
2. A. Okiyama, M. Moloki, S. Yamanaka. Processing of the gelatinous cellulose for food. Food Hydrocolloids. 1992, Vol. 6, No. 5, p. 479 – 487
3. Alaban, C.A. Studies on the optimum conditions for nata de coco bacterium or nata Formation in coconut water. Phil. Jour. Agric. 1982, (9) 45, p.490-516
4. Dudman, W.F. Cellulose production by *Acetobacter* strains in submerged culture. J. Gen. Microbiol. 1956, 22, p.25 – 30
5. Embuscado, M.E., Marks, J. S and BeMiller, J.N. Bacterial cellulose. I. Factors affecting the production of cellulose by *Acetobacter xylinum*. Food Hydrocoll. 1994, vol. 8, p. 407 – 418
6. Kouda, T. et al. Characterization of Non – Newtonian Behavior during mixing of Bacterial cellulose in Bioreactor. J. Ferment. Bioeng. 1996, Vol. 82, No. 4, p.382 – 386
7. Kouda, T. et al. Effect of Agitator Configuration on Bacterial Cellulose Productivity in aerated and Agitated Culture. J. Ferment. Bioeng. 1997, vol 83, No. 4, p.371 – 376
8. Kouda, T. et al. Effect of Oxygen and Carbon dioxide Pressures on Bacterial cellulose Production by *Acetobacter* in Aerated and Agitated Culture. J. Ferment. Bioeng. 1997, vol. 84, No. 2, p.124 – 127
9. Krieg, N.R. and Holt, J.C. (ed.) Bergey's manual of systematic bacteriology. vol.1. Williams & Wilkins, Baltimore, 1984, p.267 – 277.
10. Saturnino – Dimaguila, Linda A. The "Nata de Coco", I. Characterization and Identity of the Causal Organism. Philippine Agriculturist. 1967, p.462 – 474
11. Schramm, M. and Hestrin, S. Factors affecting production of cellulose at the air/liquid interface of culture of *Acetobacter xylinum*. J.Gen. Microbiol. 1954, vol.1, p.123 – 129
12. Verchuren, P.G. et al. Location and Limitation of Cellulose Production by *Acetobacter xylinum* Established from Oxygen Profiles. J. Bios. Bioeng. 2000, vol. 89, No. 5, p.414 – 419

13. Yang, Y.K et al. Cellulose Production by *Acetobacter xylinum* BRC5 under Agitated Condition. J. Ferment. Bioeng. 1998, Vol. 85, No. 3, p. 312 - 317 .

14. วุ้นน้ำส้ม. รายงานกิจกรรมของกรมวิทยาศาสตร์ กรมวิทยาศาสตร์ กระทรวงอุตสาหกรรม 2518 ฉบับที่ 31, หน้า 77 – 78

15. นีโลบล สุวรรณาภินันท์ และคณะ. โครงงานผลิตกระดาษ Parchment ด้วยเซลลูโลสจากแบคทีเรีย. 2542

16. วิเชียร ลีลาวัชรมาศ. "วุ้นสวรรค์ : Nata de Coco" เอกสารบรรยายสำหรับมูลนิธิอายิโนะโมะโต๊ะ. 2536