บทที่ 4

ผลการทดลองและวิจารณ์

4.1 ผลการศึกษาองค์ประกอบทางกายภาพ และทางเคมีของน้ำเวย์จากกระบวนการผลิตเนยแข็ง Mozzarella และ Cheddar

การวิเคราะห์หาค่าคุณสมบัติ ทางกายภาพ และทางเคมีของน้ำเวย์ จากกระบวนการผลิตเนยแข็ง Mozzarella และ Cheddar ที่ไม่ผ่านการแยกตะกอนโปรตีน พบว่า ความเป็นกรด-ด่าง 4.65±0.08 และ 4.34±0.05 ค่าปริมาณของแข็งทั้งหมด 8.20±0.09 และ 9.85±0.06 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณน้ำตาลรีดิวส์ 3.69±0.05 และ 3.16±0.04 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณโปรตีน (รูปไนโตรเจน) 0.49±0.02 และ 0.87±0.04 เปอร์เซ็นต์ และ ปริมาณไขมัน 1.89±0.07 และ 2.44±0.12 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และความแตกต่างของค่าเฉลี่ยคุณสมบัติ ของเนยแข็งทั้ง 2 ชนิด ที่ไม่ผ่านการแยกตะกอนโปรตีน แสดงในตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 แสดงค่าคุณสมบัติ ทางกายภาพ และทางเคมีของน้ำเวย์ จากกระบวนการผลิตเนยแข็ง Mozzarella และ Cheddar ที่ไม่ผ่านการแยกตะกอนโปรตีน และที่ผ่านการแยกตะกอนโปรตีน

น้ำเวย์จากเนยแข็ง	ค่าความเป็นกรด-ด่าง	ปริมาณของแข็งทั้งหมด (เปอร์เซ็นต์)	ปริมาณน้ำตาลรีดิวส์ (เปอร์เซ็นต์)	ปริมาณไนโตเจน (เปอร์เซ็นต์)	ปริมาณไขมัน (เปอร์เซ็นต์)
Mozzarella ไม่กรอง	4.65^{a}±0.08	8.20^{b}±0.09	3.69^{a}±0.05	0.49^{b}±0.02	1.89^{b}±0.07
Mozzarella กรอง	4.51^{b}±0.04	5.75^{d}±0.41	3.46^{b}±0.08	0.37^{c}±0.05	0.64^{d}±0.03
Cheddar ไม่กรอง	4.34^{c}±0.05	9.85^{a}±0.06	3.16^{c}±0.04	0.87^{a}±0.04	2.43^{a}±0.12
Cheddar กรอง	4.31^{c}±0.05	7.13^{c}±0.11	3.16^{c}±0..06	0.50^{b}±0.02	1.29^{c}±0.14

หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ยได้จากการทดลอง 3 ซ้ำ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน และตัวอักษรภาษาอังกฤษกำกับเหนือค่าเฉลี่ยในคอลัมม์เดียวกัน ถ้าต่างกันแสดงว่าค่าเฉลี่ยมีความแตกต่าง ทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

สำหรับ การวิเคราะห์หาค่าคุณสมบัติ ทางกายภาพ และทางเคมีของน้ำเวย์ จากกระบวนการผลิตเนยแข็ง Mozzarella และ Cheddar ที่ผ่านการแยกตะกอนโปรตีน โดยให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส นาน 10 นาที พบว่า มีค่าเฉลี่ย ความเป็นกรด-ด่าง 4.51 และ 4.31ปริมาณของแข็งทั้งหมด 5.75±0.41 และ 7.13±0.11 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณน้ำตาลรีดิวส์ 3.46±0.08 และ 3.16±0.06 เปอร์เซ็นต์

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

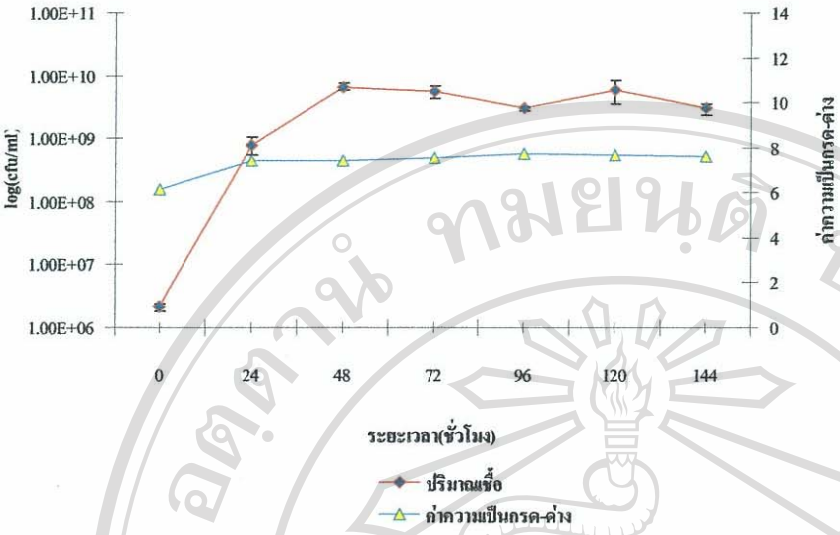
ปริมาณโปรตีน (รูปไนโตรเจน) 0.37±0.05 และ 0.50±0.02 เปอร์เซ็นต์ปริมาณไขมัน 0.64±0.03 และ 1.29±0.14 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และความแตกต่างของค่าเฉลี่ย ของเนยแข็งทั้ง 2 ชนิด ที่ไม่ผ่านการแยกตะกอนโปรตีน

จากตารางที่ 4.1 พบว่าค่าของน้ำเวย์ ทั้งที่ไม่ผ่านการแยกตะกอนโปรตีน และผ่านการแยกตะกอนโปรตีน มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำเวย์ที่ได้จากเนยแข็ง Cheddar จะมีค่าความเป็นกรด ปริมาณของแข็งทั้งหมด ปริมาณไนโตรเจน และปริมาณไขมันสูงกว่า เนยแข็ง Mozzarella แต่จะมีปริมาณน้ำตาลรีดิวส์ที่ต่ำกว่า แสดงให้เห็นว่า น้ำเวย์ที่ได้จากเนยแข็ง Mozzarella จะมีความเหมาะสมต่อการนำไปทดลอง เป็นแหล่งคาร์บอนที่ดีกว่าน้ำเวย์ที่ได้จากเนยแข็ง Cheddar ทั้งนี้เนื่องจาก น้ำเวย์ที่ได้จาก เนยแข็ง Mozzarella มีปริมาณน้ำตาลรีดิวส์ที่สูงกว่า และยังมีปริมาณไขมันที่ต่ำกว่าด้วย ซึ่งปริมาณไขมันนี้จะมีความสำคัญต่อการนำน้ำน้ำเวย์ไปใช้เป็นแหล่งคาร์บอนในการหมัก เนื่องจาก ไขมันที่มีมากใน น้ำเวย์ที่ได้จากเนยแข็ง Cheddar จะไปปิดกั้น ออกซิเจนจากอากาศ ที่จะแพร่ลงสู่อาหารเลี้ยงเชื้อจุลินทรีย์ที่เป็นแบบต้องใช้อากาศ ดังนั้นในการทดลองขั้นตอนต่อไป จะใช้ น้ำเวย์ที่ได้จาก เนยแข็ง Mozzarella เป็นแหล่งคาร์บอนต่อไป

4.2 ระยะเวลาที่เหมาะสมของ *Xanthomonas campestris* TISTR 840 ที่เจริญเติบโตในอาหารเหลว YM เพื่อใช้เป็นกล้าเชื้อเริ่มต้นในการทดลอง

ผลการศึกษาการเจริญของเชื้อ *Xanthomonas campestris* TISTR 840 สำหรับใช้เป็นกล้าเชื้อเริ่มต้นโดยเลี้ยงในอาหาร YM บ่มที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส นาน 144 ชั่วโมง โดยเขย่าตลอดเวลา พบว่าการเจริญของ *Xanthomonas campestris* TISTR 840 ที่ 24 ชั่วโมง เป็นเชื้อที่อยู่ในช่วงระยะเวลาที่อยู่ใกล้ช่วงที่มีปริมาณเซลล์สูงสุด คือมีจำนวนเซลล์เท่ากับ 10^9 เซลล์ต่อมิลลิลิตร ซึ่งช่วงที่เชื้อมีอัตราการแบ่งตัวสูงสุดนี้ จะเป็นระยะเวลาที่เหมาะสมในการเตรียมหัวเชื้อเริ่มต้น ซึ่งสอดคล้องกับ Pinches and Pallent, (1986) กล้าเชื้อที่นำมาใช้ในการผลิตควรมีการเจริญอยู่ในช่วงกลาง log Phase ซึ่งมีอายุประมาณ 24 -48 ชั่วโมง ซึ่งไปใช้ในการในอาหารเลี้ยงเชื้อต่อไป และเป็นช่วงที่มีการเริ่มสร้างแซนแทนกัม และได้เชื้อเริ่มต้นที่มีปริมาณมาก ดังแสดงในภาพที่ 4.1

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



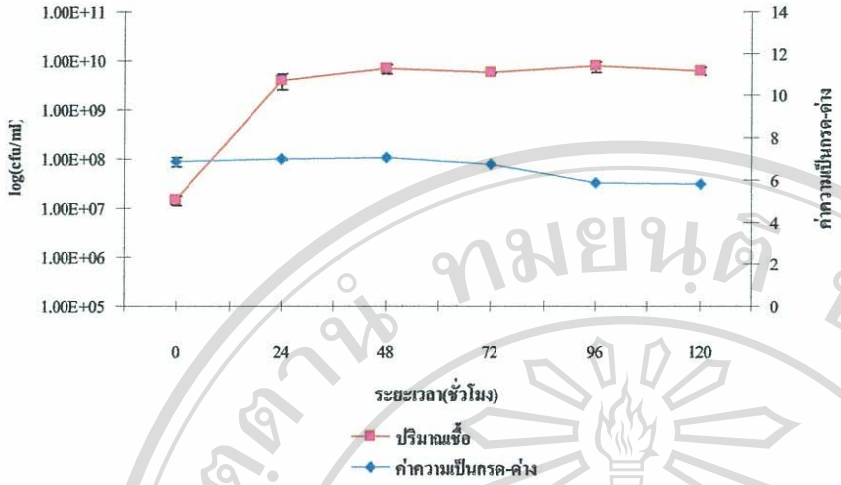
ภาพที่ 4.1 ปริมาณเชื้อ และ ค่าความเป็นกรด-ด่าง ของเชื้อ *Xanthomonas campestris* TISTR 840 ที่เจริญเติบโตในอาหารเหลว YM เพื่อใช้เป็นกล้าเชื้อเริ่มต้นในการทดลอง

การเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นกรดและด่าง พบว่าการเจริญของ *Xanthomonas campestris* TISTR 840 ที่ 0-24 ชั่วโมง เป็นช่วงค่าความเป็นกรด-ด่างมีการเปลี่ยนแปลงอย่างเห็นได้ชัด คือชั่วโมงที่ 0 มีค่าเท่ากับ 6.12±0.02 และชั่วโมงที่ 24 มีค่าเท่ากับ 7.41±0.01 ช่วงเวลาชั่วโมงถัดไปจนสิ้นสุดกระบวนการหมักคือ ที่ชั่วโมงที่ 144 พบว่าค่าความเป็นกรด-ด่าง มีค่าไม่เปลี่ยนแปลงมากนัก คือมีค่าอยู่ระหว่าง 7.41±0.01 ถึง 7.66±0.01 แสดงในภาพที่ 4.1

4.3 ระยะเวลาที่เหมาะสมในการเพาะเลี้ยงเชื้อ *Xanthomonas campestris* TISTR 840 เพื่อผลิตแซนแทนกัมในอาหารเลี้ยงเชื้อของ Roseiro

ผลการศึกษาการเจริญของเชื้อ *Xanthomonas campestris* TISTR 840 โดยเลี้ยงในอาหารเลี้ยงเชื้อสูตรของ Roseiro เดิม บ่มที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส นาน 120 ชั่วโมง โดยเขย่าตลอดเวลา พบว่า เมื่อเลี้ยงเชื้อในสูตรอาหาร Roseiro เดิม จะมีจำนวนเซลล์ของเชื้อ *Xanthomonas campestris* TISTR 840 เมื่อสิ้นสุดการเลี้ยงเชื้อที่ 120 ชั่วโมง $6.20X10^{9}$±$1.13X10^{8}$ เซลล์ต่อมิลลิลิตร โดยมีการเจริญเติบโตเริ่มคงที่ตั้งแต่ชั่วโมงที่ 24 เป็นต้นไป ส่วนค่าความเป็นกรด-ด่าง จะมีการเปลี่ยนแปลงไม่มากนักในระยะแรกตั้งแต่ 0 ชั่วโมง จนถึง 72 ชั่วโมง โดยมีค่า 6.85±0.22 และ 6.73±0.03 ตามลำดับจากนั้นจะเริ่มมีค่าคงที่ตั้งแต่ชั่วโมงที่ 96 จนสิ้นสุดกระบวนการหมักที่ 120 ชั่วโมง คือมีค่า 5.87±0.01 และ 5.80±0.03 แสดงในภาพที่ 4.2

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



ภาพที่ 4.2 ปริมาณเชื้อ และ ค่าความเป็นกรด-ด่าง ของเชื้อ *Xanthomonas campestris* TISTR 840 ที่เจริญเติบโตในอาหารเหลว Roseiro เดิม

4.4 ผลการศึกษาส่วนผสมที่เหมาะสมของสาร เพื่อใช้สกัดแซนแทนกัม ออกจากน้ำหมัก และระยะเวลาที่เหมาะสมในการผลิตแซนแทนกัม ในสูตรอาหารเลี้ยงเชื้อ Roseiro เดิม

4.4.1 ผลการศึกษาส่วนผสมที่เหมาะสมของสาร เพื่อใช้สกัดแซนแทนกัม ออกจากน้ำหมัก

นำน้ำหมักที่ได้จากข้อ 4.3 มาทำการแยกเซลล์จุลินทรีย์ออกจากน้ำหมักก่อนโดยการเจือจางด้วยน้ำกลั่น 1 ถึง 6 เท่าเพื่อลดความหนืด จากนั้นทำการปั่นเหวี่ยงเพื่อแยกเอาเซลล์ออกที่ความเร็วรอบ 5,000 รอบต่อนาที แล้วนำส่วนใสที่ได้ไปตกตะกอนแซนแทนกัมด้วย เอธานอล ที่มีความเข้มข้น 95 เปอร์เซ็นต์ ที่ระดับ 1 2 และ 3 เท่า ต่อปริมาณของน้ำหมักที่ผ่านการเจือจางและแยกเซลล์จุลินทรีย์ออกแล้ว ร่วมกับเกลือโพแทสเซียมคลอไรด์ 3 เปอร์เซ็นต์ พบว่า อัตราส่วน การสกัดแยกเพื่อให้ได้ปริมาณแซนแทนกัมที่เหมาะสม ซึ่งจะใช้ปริมาณของน้ำกลั่นเป็น 4 เท่า ของปริมาณน้ำหมักที่ทำการแยกแซนแทนกัม และใช้ปริมาณเอธานอลเป็น 1 เท่า ของปริมาณน้ำหมักที่เจือจางด้วยน้ำกลั่นเรียบร้อยแล้ว ร่วมกับเกลือโพแทสเซียมคลอไรด์ 3 เปอร์เซ็นต์ ต่อปริมาณน้ำหมักที่เจือจางด้วยน้ำกลั่นเรียบร้อยแล้ว ซึ่งปริมาณแซนแทนกัมที่แยกได้มากที่สุดคือ 17.0 กรัมต่อลิตร แสดงดังตารางที่ 4.2 ทั้งนี้การเจือจางน้ำหมักด้วยน้ำกลั่นในขั้นตอนแรกเพื่อลดความหนืดของน้ำหมักลง และเพื่อเพิ่มการละลายแซนแทนกัมที่เชื้อผลิตได้ในน้ำหมักที่เจือจางแล้วให้มากขึ้น เนื่องจาก แซนแทนกัมจะละลายได้ดีในน้ำ ซึ่งจะทำให้การแยกแซนแทนกัมในขั้นต่อไปทำได้ดีขึ้น และปรากฏว่าการเพิ่มปริมาณน้ำกลั่นในอัตรา 5 เท่า และ 6 เท่า ของปริมาณน้ำหมัก จะไม่ช่วยเพิ่มปริมาณแซนแทนกัมที่ผลิตได้ เช่นเดียวกับปริมาณ เอธานอล ที่ใช้เกินกว่า 1 เท่า ของปริมาณน้ำหมักที่เจือจางด้วยน้ำกลั่นแล้ว ก็จะไม่ช่วยเพิ่มปริมาณแซนแทนกัมที่ผลิตได้เช่นเดียวกัน แสดงว่าการแยกแซนแทนกัมด้วยการเจือจาง ปริมาณของน้ำกลั่นเป็น 4 เท่า ของปริมาณน้ำหมัก และใช้ปริมาณเอธานอลเป็น 1 เท่า ของปริมาณน้ำหมักที่เจือจางด้วยน้ำกลั่นเรียบร้อยแล้ว ร่วมกับ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

เกลือโพแทสเซียมคลอไรด์ 3 เปอร์เซ็นต์ ต่อปริมาณน้ำหมักที่เจือจางด้วยน้ำกลั่นเรียบร้อยแล้ว เป็นสภาวะที่สามารถทำให้แยกแซนแทนกัมได้มากที่สุด เพราะการเพิ่มปริมาณ ทั้งน้ำกลั่น และ เอธานอล จะไม่ช่วยเพิ่มปริมาณแซนแทนกัมที่สกัดได้ รวมถึงการเพิ่มปริมาณ ทั้งน้ำกลั่น และ เอธานอล เป็นการเพิ่มต้นทุนในการผลิตโดยไม่จำเป็น

ตารางที่ 4.2 ส่วนผสมของสารที่ใช้สกัดแซนแทนกัมออกจากน้ำหมักและปริมาณแซนแทนกัมที่สกัดได้

ส่วนผสมของสารที่ใช้สกัดแซนแทนกัม(กรัม)					แซนแทนกัมที่สกัดได้
[1]น้ำหมัก	[2]น้ำกลั่น	[3]น้ำหมัก+น้ำกลั่น	[4]แอลกอฮอล์	[5]KCl	กรัม/น้ำหนักน้ำหมัก(ก.ก)
4.43	(1)4.43	8.86	(1)8.86	0.27	$12.22^{c}\pm0.11$
4.44	(1)4.44	8.88	(2)17.76	0.53	$9.89^{b}\pm0.13$
4.36	(1)4.36	8.72	(3)26.16	0.78	$7.95^{a}\pm0.08$
4.43	(2)8.86	13.29	(1)8.86	0.27	$13.64^{g}\pm0.09$
4.34	(2)8.68	13.02	(2)26.04	0.78	$13.29^{f}\pm0.19$
4.52	(2)9.04	13.56	(3)40.68	1.22	$12.43^{d}\pm0.04$
4.44	(3)13.32	17.76	(1)8.86	0.27	$15.02^{i}+0.06$
4.48	(3)13.44	17.92	(2)35.84	1.08	$14.10^{b}\pm0.11$
4.21	(3)12.63	16.84	(3)50.52	1.52	$12.68^{e}\pm0.26$
4.38	(4)17.52	21.90	(1)8.86	0.27	$17.01^{m}\pm0.14$
4.27	(4)17.08	21.35	(2)42.7	1.28	$15.03^{i}\pm0.06$
4.27	(4)17.08	21.35	(3)64.05	1.92	$14.04^{h}\pm0.10$
4.31	(5)21.55	25.86	(1)8.86	0.27	$16.44^{k}\pm0.06$
4.30	(5)21.5	25.80	(2)51.60	1.55	$14.99^{i}\pm0.08$
4.42	(5)22.1	26.52	(3)79.56	2.39	$13.48^{fg}\pm0.14$
4.28	(6)25.68	29.96	(1)8.86	0.27	$16.73^{l}\pm0.16$
4.27	(6)25.62	29.89	(2)59.78	1.79	$15.72^{j}\pm0.06$
4.29	(6)25.74	30.03	(3)90.09	2.70	$12.22^{c}\pm0.11$

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

หมายเหตุ : [2]น้ำกลั่น ตัวเลขที่อยู่ในวงเล็บ หมายถึง เป็นจำนวนเท่าของน้ำกลั่นที่ใช้ต่อ [1]น้ำหนักน้ำหมัก

[4]แอลกอฮอล์ ตัวเลขที่อยู่ในวงเล็บ หมายถึง เป็นจำนวนเท่าของแอลกอออล์ทีใช้ต่อ

[3]น้ำหนักน้ำหมักรวมกับน้ำหนักน้ำกลั่น

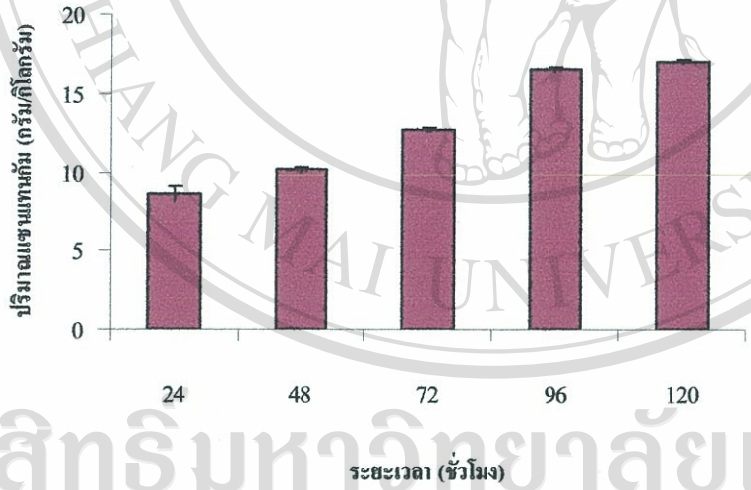
[5]KCl ที่ใช้เป็น 3 เปอร์เซนต์ของ[3]น้ำหนักน้ำหมักรวมกับน้ำหนักน้ำกลั่น

ก.ก หมายถึง จำนวนกิโลกรัมของน้ำหนักน้ำหมัก

ค่าเฉลี่ยได้จาการทดลอง 3 ซ้ำ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน และตัวอักษรภาษาอังกฤษกำกับเหนือค่าเฉลี่ยในคอลัมม์เดียวกัน ถ้าต่างกันแสดงว่าค่าเฉลี่ยมีความแตกต่าง ทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ การเปรียบเทียบของค่าเฉลี่ยวิเคราะห์แบบ Duncan' Multiple Range Test

4.4.2 ศึกษาระยะเวลาการหมักที่เหมาะสมในการผลิตแซนแทนกัม ในอาหารเลี้ยงเชื้อ Roseiro เดิม

นำน้ำหมักที่ได้จากข้อ 4.2 และอัตราส่วนที่เหมาะสมในการแยกแซนแทนกัม จากข้อ 4.3 มาทำการศึกษา เวลาที่เหมาะสมในการหมัก เพื่อให้ได้ปริมาณแซนแทนกัมสูงสุด ในอาหารเลี้ยงเชื้อ Roseiro พบว่าที่ 120 ชั่วโมง จะได้ปริมาณแซนแทนกัมสูงสุด คือ 17.01±0.14 กรัมต่อกิโลกรัม ดังภาพที่ 4.3 ดังนั้น ระยะเวลาในการหมัก 120 ชั่วโมงจะใช้เป็นเกณฑ์ในการทดลองตอนต่อไป



ภาพที่ 4.3 แสดงปริมาณแซนแทนกัมที่ผลิตได้ ในระยะเวลาการหมักที่ชั่วโมงต่างๆของเชื้อ *Xanthomonas campestris* TISTR 840 ที่เจริญเติบโตในอาหารเหลว Roseiro

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

4.5 ศึกษาสูตรอาหารเลี้ยงเชื้อ *Xanthomonas campestris* TISTR 840 ที่เหมาะสม ที่ใช้แหล่งคาร์บอนจากน้ำเวย์ที่เตรียมขึ้นจากวิธีต่างๆ

4.5.1 เปรียบเทียบปริมาณน้ำตาลรีดิวส์ในน้ำเวย์ที่ผ่านกระบวนการย่อย 2 วิธี

จากการทดลองเปรียบเทียบปริมาณน้ำตาลรีดิวส์ในน้ำเวย์ ที่ผ่านกระบวนการย่อย 2 วิธี พบว่าปริมาณน้ำตาลริดิวส์ที่ได้จากน้ำเวย์ที่ผ่านกระบวนการย่อยด้วยกรดซัลฟูลิก ให้ปริมาณ สูงกว่ากระบวนการย่อยด้วยเอนไซม์ ดังนั้นจึงนำปริมาณน้ำตาลรีดิวส์ที่ได้ คือ $4.28^{a}\pm0.18$ เปอร์เซ็นต์ดังตารางที่ นำไปคำนวณหาปริมาณน้ำเวย์ที่ต้องใช้ เพื่อทดแทนปริมาณน้ำตาลกลูโคส 30 กรัมต่อลิตร ในสูตรอาหาร Roseiro เดิม แสดงในตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 เปรียบเทียบปริมาณน้ำตาลรีดิวส์ในน้ำเวย์ที่ผ่านกระบวนการย่อย 2 วิธี

ชนิดของแหล่งคาร์บอน	ปริมาณน้ำตาลรีดิวส์ (เปอร์เซ็นต์)
น้ำเวย์ที่ผ่านการตกตะกอนโปรตีนแล้ว และย่อยด้วยกรดซัลฟูริก	$4.28^{a}\pm0.18$
น้ำเวย์ที่ผ่านการตกตะกอนโปรตีนแล้ว และย่อยด้วยเอนไซม์ β- galactosidase	$3.70^{b}\pm0.15$

หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ยได้จากการทดลอง 3 ซ้ำ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน และตัวอักษรภาษาอังกฤษกำกับเหนือค่าเฉลี่ยในคอลัมม์เดียวกัน ถ้าต่างกันแสดงว่าค่าเฉลี่ยมีความแตกต่าง ทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

การคำนวณปริมาณน้ำตาลที่ใช้ทดแทนน้ำตาลกลูโคสปริมาณ 30 กรัมต่อลิตรในสูตรอาหาร Roseiro เดิม ทำได้โดยนำน้ำเวย์ที่ผ่านการตกตะกอนโปรตีนแล้ว และ ย่อยด้วยกรดซัลฟูริก ไปวิเคราะห์หาน้ำตาลเริ่มต้น โดยใช้วิธี Lane and Eynon (AOAC, 2000) (ภาคผนวก ข ข้อ 8) ซึ่งจะมีค่าเท่ากับ 4.28 เปอร์เซ็นต์ คำนวณปริมาณตัวอย่างที่ใช้ได้ดังนี้

ถ้าต้องการน้ำตาล 4.28 กรัม ต้องใช้ปริมาณน้ำเวย์ที่ย่อยด้วยกรดซัลฟูริก 100 มิลลิลิตร

ถ้าต้องการน้ำตาล 30 กรัม ต้องใช้ปริมาณน้ำเวย์ที่ย่อยด้วยกรดซัลฟูริก $\frac{30\times100}{4.28}$ มิลลิลิตร

แต่ถ้านำน้ำเวย์ที่ผ่านการตกตะกอนโปรตีนแล้ว และ ย่อยด้วยเอนไซม์ไปวิเคราะห์หาน้ำตาลเริ่มต้นโดยใช้วิธี Lane and Eynon (AOAC, 2000) (ภาคผนวก ข ข้อ 8) ซึ่งจะมีค่าเท่ากับ 3.70 เปอร์เซ็นต์ คำนวณเช่นเดียวกับ น้ำเวย์ที่ผ่านการตกตะกอนโปรตีนแล้ว และ ย่อยด้วยกรดซัลฟูริก จะได้ ปริมาณ

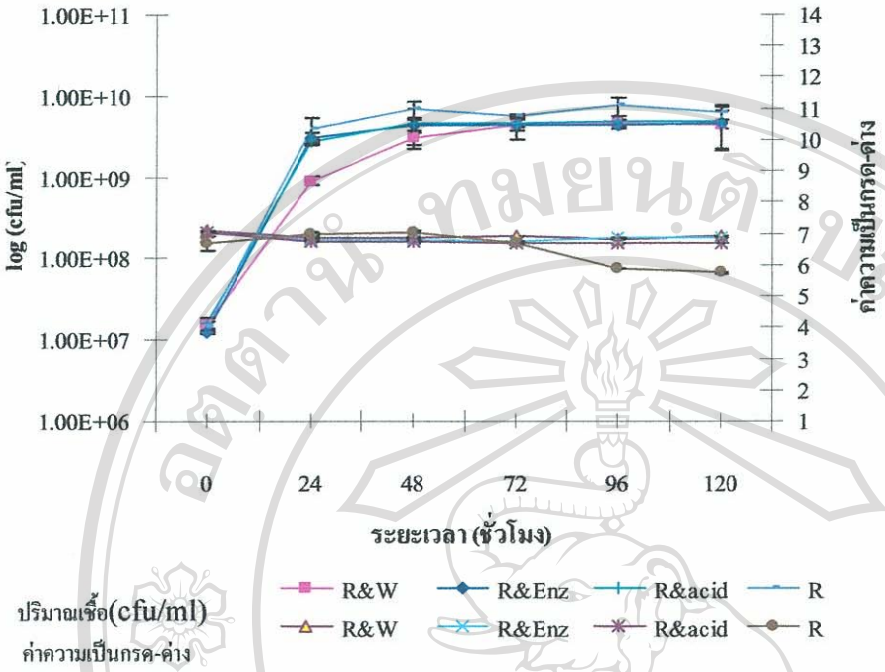
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

811 มิลลิลิตร แต่ในการเตรียมสูตรอาหาร Roseiro เดิม ปริมาณ 1,000 มิลลิลิตร ต้องนำน้ำเวย์ที่ย่อยด้วยกรด ซัลฟลูริก มาทดแทน น้ำตาลกลูโคสในปริมาณ 700 มิลลิลิตร เป็นเกณฑ์ในการเตรียมปริมาณตัวอย่างน้ำเวย์ที่ได้จากการเตรียมด้วยวิธีอื่นๆ ทั้งนี้เนื่องจาก น้ำเวย์ที่ผ่านการตกตะกอนโปรตีนแล้วและย่อยด้วยกรดซัลฟูริก จะมี ปริมาณน้ำตาลรีดิวส์ สูงที่สุด คือ 4.28±0.18 เปอร์เซ็นต์ ซึ่ง Douglas *et al.*, 2001 ได้ทำการทดลองโดยใช้กรดซัลฟูริกเข้มข้นปริมาณ 0.2 เปอร์เซ็นต์ น้ำหนักต่อน้ำหนัก เติมในสารละลายแลคโตส โดยตรง พบว่าจะได้น้ำตาล 2 ชนิด คือ น้ำตาลกลูโคสและ น้ำตาลกาแลคโตส และไม่พบผลิตภัณฑ์อื่นๆร่วมด้วย ดังนั้น จึงกล่าวได้ว่า การใช้กรดย่อยน้ำเวย์จะได้ น้ำตาลรีดิวส์ทั้งหมดที่เป็นโมเลกุลเดี่ยว แต่ในกรณีของการย่อยน้ำเวย์ด้วยเอนไซม์ พบว่า แลคโตส ในน้ำเวย์ จะถูกย่อยเพียง 50 เปอร์เซ็นต์ เพราะเอนไซม์ เหล่านี้จะถูกยับยั้งการทำงานด้วยปริมาณ กาแลคโตสที่เพิ่มขึ้น (http:www.lsbu.ac.uk., 2004) ดังนั้น ทำให้น้ำเวย์ที่ถูกย่อยด้วยเอนไซม์ ที่จะนำมาใช้ เพื่อทดแทนน้ำตาลกลูโคส ในสูตรอาหาร Roseiro เดิม จะมีทั้งน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยว ปนกับน้ำตาลโมเลกุลคู่ คือ กลูโคส กาแลคโตส และ แลคโตส ดังนั้น การใช้ น้ำเวย์ที่ย่อยด้วยกรด ซัลฟลูริก ในปริมาณ 700 มิลลิลิตร เป็นเกณฑ์ เพื่อจะทำให้ทราบว่า น้ำเวย์ในปริมาณเดียวกันนี้ (ที่มีปริมาณคาร์บอนเท่ากัน) ที่ย่อยด้วยเอนไซม์ และน้ำเวย์ที่ไม่ได้ผ่านการย่อยแลคโตส (มีแต่น้ำตาลโมเลกุลคู่ คือ แลคโตส) เชื้อ *Xanthomonas campestris* TISTR 840 สามารถใช้น้ำเวย์ในปริมาณเดียวกันนี้ เป็นแหล่งคาร์บอน และผลิตแซนแทนกัมได้เทียบเท่ากันหรือไม่

4.5.2 ผลการศึกษาแหล่งคาร์บอนสำหรับเลี้ยงเชื้อ

เมื่อเตรียมสูตรอาหารเลี้ยงเชื้อ Roseiro 3 สูตร ที่ใช้แหล่งคาร์บอนที่แตกต่างกัน 3 ชนิด คือ น้ำเวย์น้ำเวย์ที่ผ่านการตกตะกอนโปรตีนแล้ว น้ำเวย์จากการย่อยด้วยเอนไซม์ β-galactosidase และ น้ำเวย์จากการย่อยด้วยกรดซัลฟลูริกเข้มข้น 0.2 เปอร์เซ็นต์ (w/w) โดยใช้ปริมาณตัวอย่างน้ำเวย์จากแหล่งคาร์บอนต่างๆ เท่ากับ 700 มิลลิลิตร (ข้อ 4.5.1) ในอาหารเลี้ยงเชื้อ 1,000 มิลลิลิตร ส่วนองค์ประกอบที่เหลือใช้สารเท่ากันทั้ง 3 สูตร แอมโมเนียซัลเฟต 3.33 กรัม กรดบอริก 0.0072 กรัม เฟอริกคลอไรด์ 0.0042 โพแทสเซียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟต 7.2 แคลเซียมคาร์บอเนต 0.029 กรัม แมกนีเซียมซัลเฟต 0.24 กรัม ซิงค์ออกไซด์ 0.006 กรัม กรดซิตริก 2 กรัม และเติมน้ำตาลรีดิวส์จากน้ำเวย์ที่ผ่านการตกตะกอนโปรตีนแล้ว ปรับปริมาตรเป็น 1000 มิลลิลิตร ด้วยน้ำกลั่น ปรับค่าความเป็นกรด ด่าง ให้ได้ 7.0±0.2 โดยใช้สารละลาย NaOH เข้มข้น 0.1 นอร์มอล หรือ สารละลาย HCl เข้มข้น 0.1 นอร์มอล แบ่งอาหารเพาะเลี้ยง ลงใน ฟลาสก์รูปชมพู่ขนาด 500 มิลลิลิตร จำนวน 270 มิลลิลิตร และเมื่อทำการฆ่าเชื้อแล้ว ที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที และเมื่อทิ้งให้เย็นแล้ว เติมเชื้อจากข้อ 3.2 จำนวน 10 เปอร์เซ็นต์ ต่อปริมาตรอาหารเลี้ยงเชื้อ และเลี้ยงโดยใช้อัตราการเขย่า 200 รอบต่อที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 120 ชั่วโมง ผลการทดลองแสดงดังภาพที่ 4.4

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



ภาพที่ 4.4 ปริมาณเชื้อ และ ค่าความเป็นกรด-ด่าง ของเชื้อ *Xanthomonas campestris* TISTR 840 ที่เจริญเติบโตในอาหารเหลว Roseiro ที่ใช้แหล่งคาร์บอนที่แตกต่างกัน

โดย

R&Whey = สูตรอาหาร Roseiro ที่ใช้น้ำเวย์ที่ผ่านการตกตะกอนโปรตีนแล้ว

R&Enz = สูตรอาหาร Roseiro ที่ใช้น้ำเวย์ย่อยด้วยกรดซัลฟูริกเข้มข้น

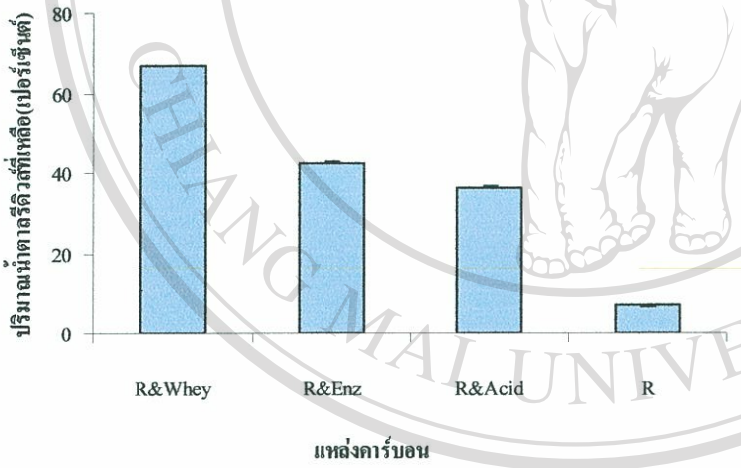
R&Acid = สูตรอาหาร Roseiro ที่ใช้น้ำเวย์ย่อยด้วยเอนไซม์ β-galactosidase

R = สูตรอาหาร Roseiro เดิม มีน้ำตาลกลูโคสเป็นแหล่งคาร์บอน

จากภาพที่ 4.4 พบว่า สูตรอาหารเลี้ยงเชื้อ Roseiro เดิม ให้การเจริญของเชื้อดีที่สุด สูตรอาหารที่ใช้สารละลายน้ำตาลกลูโคสจากการย่อยด้วยกรด เป็นแหล่งคาร์บอนให้การเจริญของเชื้อดีกว่าการเลี้ยงโดยการย่อยด้วยเอนไซม์ และจากการใช้น้ำเวย์เดิมที่ผ่านการตกตะกอนโปรตีน สำหรับปริมาณเชื้อเมื่อสิ้นสุดกระบวนการหมัก สูตรอาหารเลี้ยงเชื้อ Roseiro เดิม มีปริมาณเชื้อประมาณ $6.20X10^{9}$ $\pm 1.13X10^{8}$ cfu/ml สูตรอาหารที่ใช้น้ำเวย์ดั้งเดิมที่ผ่านการตกตะกอนโปรตีน มีปริมาณเชื้อประมาณ $4.39X10^{9} \pm 2.14X10^{9}$ cfu/ml ส่วนการย่อยน้ำเวย์ด้วยเอนไซม์ β-galactosidase มีปริมาณเชื้อ $4.55X10^{9} \pm 6.36X10^{8}$ cfu/ml ส่วนการเติมน้ำเวย์ย่อยด้วยกรดซัลฟูริกเข้มข้น จะมีปริมาณเชื้อประมาณ $4.88X10^{9} \pm 2.71X10^{9}$ cfu/ml ตามลำดับ ส่วนค่าความเป็นกรด-ด่าง ของน้ำหมัก เมื่อสิ้นสุดกระบวนการหมัก พบว่าสูตรอาหารเลี้ยงเชื้อ Roseiro เดิม มีค่า ความเป็นกรด-ด่างต่ำที่สุด คือ มีค่าเท่ากับ 5.97±0.03

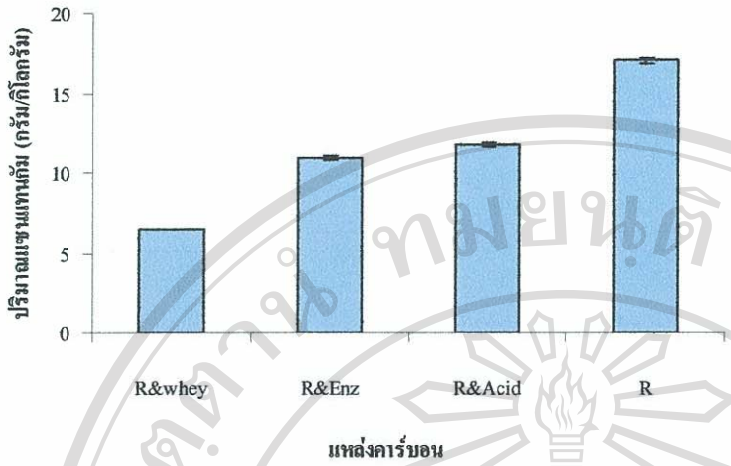
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

สูตรอาหารเลี้ยงเชื้อที่ใช้น้ำเวย์ดั้งเดิมที่ผ่านการตกตะกอนโปรตีน สูตรอาหารเลี้ยงเชื้อที่ใช้น้ำเวย์ย่อยด้วยเอนไซม์ และ สูตรอาหารเลี้ยงเชื้อที่ใช้น้ำเวย์ย่อยด้วยกรดซัลฟลูริกเข้มข้น มีค่าใกล้เคียงกันจะมีค่าเท่ากับ 6.90±0.01 6.85±0.01 และ 6.69±0.01 ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่าในสภาวะการการเจริญเติบโตในสูตรอาหาร Roseiro เดิม เชื้อเจริญเติบโตได้ดีที่สุด และที่ใช้น้ำเวย์ย่อยด้วยเอนไซม์ β-galactosidase เป็นแหล่งคาร์บอน และ สูตรอาหาร Roseiro ที่ใช้น้ำเวย์ย่อยด้วยกรดซัลฟลูริกเข้มข้นเป็นแหล่งคาร์บอน เชื้อจะเจริญเติบโตได้ดีกว่าสูตรอาหาร Roseiro ที่ใช้น้ำเวย์ดั้งเดิมที่ผ่านการตกตะกอนโปรตีน เป็นแหล่งคาร์บอนในช่วงแรก ทั้งนี้เนื่องจาก น้ำเวย์ที่ไม่ผ่านกระบวนการย่อยเอนไซม์ และกรด จะเป็นน้ำตาลโมเลกุลคู่ เพียงอย่างเดียว คือ น้ำตาลแลกโตส ซึ่งจะทำให้เชื้อจุลินทรีย์ใช้ได้ยาก แต่ น้ำเวย์ย่อยด้วยเอนไซม์ β-galactosidase และ น้ำเวย์ย่อยด้วยกรดซัลฟลูริกเข้มข้นเป็นแหล่งคาร์บอน จะมีน้ำตาลน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยวคือ กลูโคส และ กาแลกโตส (http:// www.lsbu.ac.uk., 2005) เป็นส่วนประกอบอยู่มาก ทำให้เชื้อสามารถนำไปใช้ได้ง่ายกว่า น้ำตาลโมเลกุลคู่ จึงทำให้ในช่วงแรกของการแบ่งเซลล์ เชื้อจึงเติบโตได้เร็วกว่า

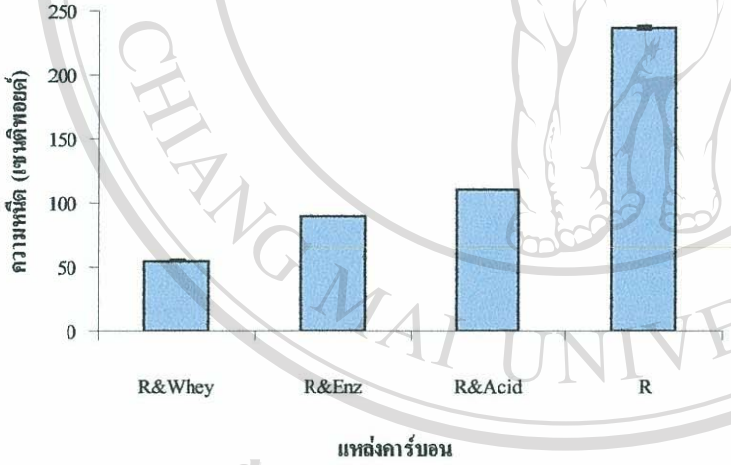


ภาพที่ 4.5 เปอร์เซ็นต์น้ำตาลรีดิวส์ที่เหลือในสูตรอาหารเหลว Roseiro ที่ใช้แหล่งคาร์บอนที่แตกต่างกันที่หมักโดยเชื้อ *Xanthomonas campestris* TISTR 840 ที่สิ้นสุดการหมัก 120 ชั่วโมง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



ภาพที่ 4.6 ปริมาณแซนแทนกัมที่ผลิตได้ ของเชื้อ *Xanthomonas campestris* TISTR 840 ที่เจริญเติบโตในอาหารเหลว Roseiro ที่ใช้แหล่งคาร์บอนที่แตกต่างกัน ที่สิ้นสุดการหมัก 120 ชั่วโมง



ภาพที่ 4.7 ความหนืดของ อาหารเหลว Roseiro ที่ใช้แหล่งคาร์บอนที่แตกต่างกัน ที่หมักโดยเชื้อ *Xanthomonas campestris* TISTR 840 ที่สิ้นสุดการหมัก 120 ชั่วโมง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

การเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำตาลรีดิวส์ในน้ำหมัก ที่ชั่วโมงการหมักที่ 120 พบว่าน้ำตาลรีดิวส์ที่เหลือในสูตรอาหาร Roseiro จากแหล่งคาร์บอนต่างๆ พบว่าเชื้อ *Xanthomonas campestris* TISTR 840 สามารถใช้แหล่งคาร์บอน เรียงลำดับจากมากไปน้อย คือ ในสูตรอาหาร Roseiro เดิม น้ำเวย์ย่อยด้วยกรดซัลฟูริกเข้มข้น น้ำเวย์ย่อยด้วยเอนไซม์ β-galactosidase และ น้ำเวย์ที่ผ่านการตกตะกอนโปรตีนแล้ว ด้วยเหตุผลที่ สูตรอาหาร Roseiro เดิม มีน้ำตาลกลูโคส เป็นแหล่งคาร์บอน เป็นน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยว ทำให้เชื้อสามารถนำไปใช้ได้ง่ายที่สุด ส่วน น้ำเวย์ย่อยด้วยกรดซัลฟูริกเข้มข้น น้ำเวย์ย่อยด้วยเอนไซม์

β-galactosidase จะมีน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยวคือ กลูโคส และ กาแลคโตส (http://www.lsbu.ac.uk.2005) เป็นส่วนประกอบอยู่มาก ทำให้เชื้อสามารถนำไปใช้ได้ง่ายกว่า น้ำตาลโมเลกุลคู่ ซึ่งสอดคล้องกับ Krieg and Holt (1984) อธิบายว่า เชื้อ *Xathomonas campestris* ส่วนใหญ่สามาถสามารถใช้น้ำตาลโมลเลกุลเดี่ยว เช่น กลูโคส (Glucose), อะราบิโนส (Arabinose), แมนโนส (Mannose), กาแลคโตส (Galactose), และ ฟรุคโตส (Fructose) ได้ดี ส่วนน้ำตาลโมลเลกุลคู่ เช่น แลคโตส (Lactose), มอลโตส (maltose) และ พอลีแซ็กคาไรด์ เช่น เด็กตริน (Dextrin), ไกลโคเจน (Glycogen) ไม่สามารถนำไปใช้ได้ดีนัก และสอดคล้องกับ Rosalam and England (2005) กล่าวว่า *Xathomonas campestris* โดยทั่วไปไม่สามารถใช้น้ำตาลแลคโตส ซึ่งเป็นน้ำตาลโมเลกุลคู่ได้อย่างมีประสิทธิภาพ เนื่องจาก เซลล์เชื้อ *Xanthomonas campestris* จะผลิต เอนไซม์ β-galactosidase ได้ต่ำมาก ซึ่งจะมีผลต่อการผลิตปริมาณแซนแทนกัมเรียงลำดับ เช่นเดียวกันกับ ปริมาณการใช้น้ำตาลรีดิวส์ คือ สูตรอาหาร Roseiro เดิม น้ำเวย์ย่อยด้วยกรดซัลฟลูริกเข้มข้น น้ำเวย์ย่อยด้วยเอนไซม์ β-galactosidase และ น้ำเวย์ดั้งเดิมที่ผ่านการตกตะกอนโปรตีนตามลำดับ ปริมาณแซนแทนกัมที่ผลิตได้ จะไปมีผลต่อ ความหนืดของน้ำหมัก เช่นเดียวกัน คือ สูตรอาหารที่มีการใช้น้ำตาลรีดิวส์ไปมาก จะได้แซนแทนกัมที่มีปริมาณมาก และความหนืดก็จะมีปริมาณมากด้วย ดังนั้นลำดับของค่าความหนืดที่วัดได้จากน้ำหมักจะเป็นดังนี้คือ น้ำหมักจาก สูตรอาหาร Roseiro เดิม น้ำเวย์ย่อยด้วยกรดซัลฟลูริกเข้มข้น น้ำเวย์ย่อยด้วยเอนไซม์ β-galactosidase และ น้ำเวย์ที่ผ่านการตกตะกอนโปรตีนแล้ว ดังนั้นในการทดลองในขั้นตอนต่อไปจะใช้ น้ำเวย์ย่อยด้วยกรดซัลฟลูริกเข้มข้น เป็นแหล่งคาร์บอนแทนน้ำตาลกลูโคสในสูตรอาหาร Roseiro เดิม เนื่องจาก น้ำเวย์ย่อยด้วยกรดซัลฟลูริกเข้มข้น จะให้ น้ำตาลริดิวส์ สูงกว่า น้ำตาลรีดิวส์ที่ได้จาก น้ำเวย์ย่อยด้วยเอนไซม์ β-galactosidase และ น้ำเวย์ที่ผ่านการตกตะกอนโปรตีนแล้ว ภาพที่ 4.5 4.6 และ 4.7 ส่วนผลการวิเคราะห์ค่าความแตกต่างทางสถิติ ของ ปริมาณน้ำตาลรีดิวส์ที่เหลือในน้ำหมัก ปริมาณแซนแทนกัมที่ผลิตได้ และ ค่าความหนืดของน้ำหมัก ที่ผ่านการหมัก จากสูตรอาหาร Roseiro เดิม และสูตรอาหาร Roseiro ที่ใช้แหล่งคาร์บอนที่แตกต่างกัน โดยเชื้อ *Xanthomonas campestris* TISTR 840 แสดงในภาคผนวก ง

4.6 ศึกษาสูตรอาหารเลี้ยงเชื้อจากแหล่งคาร์บอนที่เหมาะสมต่อการผลิตแซนแทนกัม ที่ได้จากการศึกษาจากตอนที่ 4.5 โดยการปรับ ปริมาณ แอมโมเนียมซัลเฟต ปริมาณกรดซิตริก และปริมาณแมกนีเซียมซัลเฟต

เมื่อพิจารณาสารอาหาร แอมโมเนียมซัลเฟต 3 ระดับ คือ 5.33 กรัมต่อลิตร 3.33 กรัมต่อลิตร และ 1.33 กรัมต่อลิตร ต่อปริมาณเชื้อ *Xanthomonas campestris* TISTR 840 ที่ระยะเวลาการหมักเดียวกัน พบว่าที่ ปริมาณเชื้อ *Xanthomonas campestris* TISTR 840 ที่ช่วงระยะเวลาตั้งแต่ชั่วโมงที่ 0 จนถึงชั่วโมงที่ 96 ของแอมโมเนียมซัลเฟตทั้ง 3 ระดับ ไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ แต่ที่ 120 ชั่วโมง แอมโมเนียมซัลเฟต ที่ระดับ 3.33 กรัมต่อลิตร และ 1.33 กรัมต่อลิตร มีปริมาณเชื้อ ไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ และ ค่าความเป็นกรด-ด่าง ของแอมโมเนียม

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ซัลเฟต 3 ระดับ มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ที่ชั่วโมงการหมักเดียวกัน ยกเว้นที่ชั่วโมงการหมัก 0 ชั่วโมง และพบว่าที่ระดับแอมโมเนียมซัลเฟตเดียวกัน ค่าความเป็นกรด-ด่าง จะมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อระยะเวลาการหมักเพิ่มขึ้น เมื่อพิจารณาปริมาณน้ำตาลรีดิวส์ที่เหลือ เมื่อสิ้นสุดกระบวนการหมัก พบว่า แอมโมเนียมซัลเฟตที่ระดับ 1.33 กรัมต่อลิตร จะมีปริมาณน้ำตาลรีดิวส์เหลือน้อยที่สุด คือ 45.50±12.08 เปอร์เซ็นต์ สำหรับปริมาณแซนแทนกัม และ ความหนืด เมื่อสิ้นสุดกระบวนการหมัก พบว่า แอมโมเนียมซัลเฟตที่ระดับ 3.33 กรัมต่อลิตร และ 1.33 กรัมต่อ ให้ค่าปริมาณแซนแทนกัม และความหนืดสูง และไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ดังแสดงในตารางที่ 4.4

เมื่อพิจารณาสารอาหาร กรดซิตริก 3 ระดับ คือ 4 กรัมต่อลิตร 2 กรัมต่อลิตรและ 1 กรัมต่อลิตร ต่อปริมาณเชื้อ *Xanthomonas campestris* TISTR 840 พบว่า ให้ผลการทดลองเช่นเดียวกับ แอมโมเนียมซัลเฟต ยกเว้น ค่าความเป็นกรด-ด่าง ของกรดซิตริก 3 ระดับ ที่ชั่วโมงการหมักเดียวกัน จะไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ และพบว่าที่ระดับกรดซิตริกเดียวกัน ค่าความเป็นกรด-ด่าง จะมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อระยะเวลาการหมักเพิ่มขึ้น ปริมาณน้ำตาลที่เหลือปริมาณแซนแทนกัม และ ความหนืด พบว่า กรดซิตริก ทั้ง 3 ระดับ มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยกรดซิตริกที่ระดับ 2 กรัมต่อลิตร จะมีปริมาณน้ำตาลรีดิวส์เหลือน้อยที่สุด คือ 36.19±6.04 เปอร์เซ็นต์ สำหรับปริมาณแซนแทนกัม และ ความหนืด พบว่า กรดซิตริกที่ระดับ 2 กรัมต่อลิตร มีค่าสูงที่สุด คือ 13.53±1.41 และ 132.67±16.55 ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 4.4

เมื่อพิจารณาสารอาหาร แมกนีเซียมซัลเฟต 3 ระดับ คือ 0.48 กรัมต่อลิตร 0.24 กรัมต่อลิตรและ 0.12 กรัมต่อลิตร ต่อปริมาณเชื้อ *Xanthomonas campestris* TISTR 840 ที่ระยะเวลาการหมักเดียวกัน พบว่า ปริมาณเชื้อ *Xanthomonas campestris* TISTR 840 ไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ค่าความเป็นกรด-ด่าง ของแมกนีเซียมซัลเฟต 3 ระดับ ที่ชั่วโมงการหมักเดียวกัน จะไม่มีความแตกต่างกัน และพบว่าที่ระดับแมกนีเซียมซัลเฟตเดียวกัน ค่าความเป็นกรด-ด่าง จะมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อระยะเวลาการหมักเพิ่มขึ้น สำหรับ แมกนีเซียมซัลเฟต ทั้ง 3 ระดับ คือ 0.48 กรัมต่อลิตร 0.24 กรัมต่อลิตรและ 0.12 กรัมต่อลิตร ปริมาณน้ำตาลรีดิวส์ที่เหลือ ปริมาณแซนแทนกัม และ ความหนืด พบว่า มีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ดังแสดงในตารางที่ 4.4

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 4.4 แสดงค่าคุณสมบัติ ทางกายภาพ ทางเคมี และ ทางจุลินทรีย์ พิจารณาจากสารอาหาร ที่เติมแต่ละชนิด ในสูตรอาหาร Roseiro ปรับปรุง

สารอาหาร (กรัมต่อลิตร)	ปริมาณเชื้อ (cfu/ml)				ค่าความเป็นกรด-ด่าง				ณ. เวลา การหมัก ที่ 120 ชั่วโมง		
$(NH_4)_2SO_4$	0 ชั่วโมง	48 ชั่วโมง	96 ชั่วโมง	120 ชั่วโมง	0 ชั่วโมง	48 ชั่วโมง	96 ชั่วโมง	120 ชั่วโมง	น้ำตาลที่เหลือ (เปอร์เซ็นต์)	ความหนืด (กรัมต่อลิตร)	แซนแทนกัม (เซนติพอยซ์)
5.33	$1.57^{a}x10^{7}$ $\pm 3.05x10^{6}$	$4.76^{a}x10^{8}$ $\pm 1.77x10^{8}$	$4.95^{a}x10^{8}$ $\pm 1.96x10^{8}$	$6.36^{a}x10^{8}$ $\pm 1.95x10^{8}$	6.60^{a} ± 0.06	7.21^{b} ± 0.07	7.54^{b} ± 0.07	7.56^{b} ± 0.08	$59.66^{a}\pm 14.46$	$8.30^{b}\pm 2.89$	$78.65^{b}\pm 26.84$
3.33	$1.56^{a}x10^{7}$ $\pm 3.90x10^{6}$	$4.23^{a}x10^{8}$ $\pm 1.09x10^{8}$	$4.48^{a}x10^{8}$ $\pm 1.42x10^{8}$	$3.42^{b}x10^{9}$ $\pm 2.33x10^{9}$	6.62^{a} ± 0.08	7.24^{b} ± 0.04	7.67^{a} ± 0.04	7.69^{a} ± 0.04	$52.29^{ab}\pm 12.65$	$10.34^{a}\pm 2.71$	$103.16^{a}\pm 26.92$
1.33	$1.55^{a}x10^{7}$ $\pm 1.06x10^{6}$	$3.97^{a}x10^{8}$ $\pm 8.72x10^{7}$	$4.25.^{a}x10^{8}$ $\pm 1.18x10^{8}$	$3.27^{b}x10^{9}$ $\pm 2.28x10^{9}$	6.63^{a} ± 0.04	7.38^{a} ± 0.09	7.68^{a} ± 0.08	7.69^{a} ± 0.08	$45.50^{b}\pm 12.08$	$11.65^{a}\pm 2.63$	$116.92^{a}\pm 25.62$
Citric acid	0 ชั่วโมง	48 ชั่วโมง	96 ชั่วโมง	120 ชั่วโมง	0 ชั่วโมง	48 ชั่วโมง	96 ชั่วโมง	120 ชั่วโมง			
4	$1.59^{a}x10^{7}\pm$ $3.80x10^{6}$	$4.33^{a}x10^{8}$ $\pm 1.87x10^{8}$	$4.48^{a}x10^{8}$ $\pm 1.95x10^{8}$	$6.59^{a}x10^{8}$ $\pm 1.59x10^{8}$	6.62^{ab} ± 0.08	7.30^{a} ± 0.08	7.62^{a} ± 0.12	7.64^{a} ± 0.12	$54.55^{b}\pm 6.54$	$9.47^{b}\pm 1.67$	$92.85^{b}\pm 19.87$
2	$1.53^{a}x10^{7}\pm$ $1.94x10^{6}$	$4.43^{a}x10^{8}$ $\pm 1.01x10^{8}$	$4.45^{a}x10^{8}$ $\pm 1.09x10^{8}$	$3.25^{b}x10^{9}$ $\pm 2.28x10^{9}$	6.59^{b} ± 0.03	7.25^{a} ± 0.09	7.64^{a} ± 0.07	7.65^{a} ± 0.06	$36.49^{a}\pm 6.04$	$13.53^{a}\pm 1.41$	$132.67^{a}\pm 16.55$
1	$1.58^{a}x10^{7}\pm$ $2.69x10^{6}$	$4.20^{a}x10^{8}$ $\pm 9.33x10^{7}$	$4.74^{a}x10^{8}$ $\pm 1.58x10^{8}$	$3.42^{b}x10^{9}$ $\pm 2.36x10^{9}$	6.63^{a} ± 0.05	7.29^{a} ± 0.10	7.63^{a} ± 0.09	7.69^{a} ± 0.08	$66.42^{a}\pm 7.81$	$7.28^{a}\pm 1.59$	$73.20^{a}\pm 16.85$
$MgSO_4.7H_2O$	0 ชั่วโมง	48 ชั่วโมง	96 ชั่วโมง	120 ชั่วโมง	0 ชั่วโมง	48 ชั่วโมง	96 ชั่วโมง	120 ชั่วโมง			
0.48	$1.58^{a}x10^{7}\pm$ $2.51x10^{6}$	$4.72^{a}x10^{8}$ $\pm 1.88x10^{8}$	$5.09^{a}x10^{8}$ $\pm 1.96x10^{8}$	$2.50^{a}x10^{9}$ $\pm 2.39x10^{9}$	6.60^{a} ± 0.04	7.29^{a} ± 0.10	$7.64^{a}\pm 0.08$	7.67^{a} ± 0.08	$56.12^{a}\pm 14.31$	$9.79^{a}\pm 3.27$	$103.55^{a}\pm 29.67$
0.24	$1.57^{a}x10^{7}\pm$ $3.91x10^{6}$	$4.07^{a}x10^{8}$ $\pm 8.45x10^{7}$	$4.46^{a}x10^{8}$ $\pm 1.58x10^{8}$	$2.50^{a}x10^{9}$ $\pm 2.32x10^{9}$	6.61^{a} ± 0.08	7.29^{a} ± 0.10	$7.65^{a}\pm 0.08$	7.66^{a} ± 0.08	$52.19^{a}\pm 13.96$	$9.89^{a}\pm 2.65$	$95.17^{a}\pm 31.78$
0.12	$1.54^{a}x10^{7}\pm$ $1.99x10^{6}$	$4.17^{a}x10^{8}$ $\pm 9.56x10^{7}$	$4.11^{b}x10^{8}$ $\pm 8.12x10^{7}$	$2.33^{a}x10^{9}$ $\pm 2.17x10^{9}$	6.62^{a} ± 0.05	7.26^{a} ± 0.07	7.58^{b} ± 0.09	7.61^{a} ± 0.09	$49.15^{a}\pm 13.99$	$10.60^{a}\pm 3.24$	$99.99^{a}\pm 31.13$

หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ยได้จากการทดลอง 3 ซ้ำ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน และตัวอักษรภาษาอังกฤษกำกับเหนือค่าเฉลี่ยในคอลัมน์เดียวกันของสารอาหารที่เติมแต่ละชนิด ถ้าต่างกันแสดงว่าค่าเฉลี่ยมีความแตกต่าง ทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

เมื่อพิจารณาสารอาหาร แอมโมเนียมซัลเฟต 3 ระดับ คือ 5.33 กรัมต่อลิตร 3.33 กรัมต่อลิตร และ 1.33 กรัมต่อลิตร ร่วมกับ กรดซิตริก 3 ระดับ คือ 4 กรัมต่อลิตร 2 กรัมต่อลิตรและ 1 กรัมต่อลิตร ต่อปริมาณเชื้อ *Xanthomonas campestris* TISTR 840 ที่ระยะเวลาการหมักเดียวกัน พบว่าตั้งแต่ชั่วโมงการหมักที่ 0 ชั่วโมง จนกระทั่ง ชั่วโมงการหมักที่ 96 ชั่วโมง ปริมาณเชื้อ *Xanthomonas campestris* TISTR 840 ชั่วโมง ไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ และเมื่อสิ้นสุดกระบวนการหมัก 120 ชั่วโมง แอมโมเนียมซัลเฟต ที่ระดับ 3.33 กรัมต่อลิตร ร่วมกับ กรดซิตริก ที่ระดับ 2 กรัมต่อลิตร 1 กรัมต่อลิตร และ แอมโมเนียมซัลเฟต ที่ระดับ 1.33 กรัมต่อลิตร ร่วมกับ กรดซิตริก ที่ระดับ 2 กรัมต่อลิตร และ 1 กรัมต่อลิตร ปริมาณเชื้อ ไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ส่วน แอมโมเนียมซัลเฟต ที่ระดับ 5.33 กรัมต่อลิตร ร่วมกับ กรดซิตริก 3 ระดับ และ แอมโมเนียมซัลเฟต ที่ระดับ 3.33 กรัมต่อลิตร 1.33 กรัมต่อลิตร ร่วมกับ กรดซิตริก 2 กรัมต่อลิตร และ 4 กรัมต่อลิตร ตามลำดับ ไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ส่วน ค่าความเป็นกรด-ด่าง เมื่อสิ้นสุดกระบวนการหมัก พบว่าที่ระดับแอมโมเนียมซัลเฟต 3.33 กรัมต่อลิตร ร่วมกับ กรดซิตริก ทั้ง 3 ระดับ และ แอมโมเนียมซัลเฟตที่ระดับ 1.33 ร่วมกับ กรดซิตริก ทั้ง 3 ระดับ ไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ส่วนแอมโมเนียมซัลเฟต 5.33 กรัมต่อลิตร ร่วมกับ กรดซิตริก ทั้ง 3 ระดับ ไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ เมื่อพิจารณาปริมาณน้ำตาลที่เหลือพบว่า แอมโมเนียมซัลเฟต 1.33 กรัมต่อลิตร ร่วมกับ กรดซิตริก ที่ระดับ 2 กรัมต่อลิตร จะมีปริมาณน้ำตาลรีดิวส์เหลือน้อยที่สุด คือ 30.28±2.33 เปอร์เซ็นต์ สำหรับปริมาณแซนแทนกัมและ ความหนืด พบว่า แอมโมเนียมซัลเฟต 1.33 กรัมต่อลิตร ร่วมกับ กรดซิตริก ที่ระดับ 2 กรัมต่อลิตร มีค่าสูงที่สุด คือ 15.02±0.51 และ 147.90±7.59 ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 4.5

เมื่อพิจารณาสารอาหาร แอมโมเนียมซัลเฟต 3 ระดับ คือ 5.33 กรัมต่อลิตร 3.33 กรัมต่อลิตร และ 1.33 กรัมต่อลิตร ร่วมกับ แมกนีเซียมซัลเฟต 3 ระดับ คือ 0.48 กรัมต่อลิตร 0.24 กรัมต่อลิตรและ 0.12 กรัมต่อลิตร ต่อปริมาณเชื้อ *Xanthomonas campestris* TISTR 840 ที่ระยะเวลาการหมักเดียวกัน พบว่าตั้งแต่ชั่วโมงการหมักที่ 0 ชั่วโมง จนกระทั่ง ชั่วโมงการหมักที่ 96 ชั่วโมง ปริมาณเชื้อ *Xanthomonas campestris* TISTR 840 ชั่วโมง ไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ และ เมื่อสิ้นสุดกระบวนการหมัก 120 ชั่วโมง แอมโมเนียมซัลเฟต ที่ระดับ 3.33 กรัมต่อลิตร ร่วมกับ แมกนีเซียมซัลเฟตทั้ง 3 ระดับ และ แอมโมเนียมซัลเฟต ที่ระดับ 1.33 กรัมต่อลิตร ร่วมกับ แมกนีเซียมซัลเฟต 3 ระดับปริมาณเชื้อ ไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ และ แอมโมเนียมซัลเฟต ที่ระดับ 5.33 กรัมต่อลิตร ร่วมกับ แมกนีเซียมซัลเฟต 3 ระดับปริมาณเชื้อ ไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ส่วน ค่าความเป็น กรด-ด่าง เมื่อสิ้นสุดกระบวนการหมัก พบว่าที่ระดับแอมโมเนียมซัลเฟต 3.33 กรัมต่อลิตร ร่วมกับ แมกนีเซียมซัลเฟต ทั้ง 3 ระดับ ไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ แอมโมเนียมซัลเฟตที่ระดับ 5.33 ร่วมกับ แมกนีเซียมซัลเฟต 0.48 กรัมต่อลิตร แอมโมเนียมซัลเฟตที่ระดับ 3.33 ร่วมกับ แมกนีเซียมซัลเฟตทั้ง 3 ระดับ แอมโมเนียมซัลเฟต 1.33 กรัมต่อลิตร ร่วมกับ แมกนีเซียมซัลเฟต 0.48 และ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

แอมโมเนียมซัลเฟตที่ระดับ 1.33 ร่วมกับ แมกนีเซียมซัลเฟต 0.12 ไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ แอมโมเนียมซัลเฟต 5.33 กรัมต่อลิตร ร่วมกับ แมกนีเซียมซัลเฟต 0.48 และ 0.24 ไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ แอมโมเนียมซัลเฟต 5.33 กรัมต่อลิตร ร่วมกับ แมกนีเซียมซัลเฟต 0.24 และ 0.12 กรัมต่อลิตร ไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ เมื่อพิจารณา ปริมาณน้ำตาลที่เหลือพบว่า แอมโมเนียมซัลเฟต 1.33 กรัมต่อลิตร ร่วมกับ แมกนีเซียมซัลเฟต 0.24 กรัมต่อลิตร จะมีปริมาณน้ำตาลรีดิวส์เหลือน้อยที่สุด คือ 45.66±12.91 เปอร์เซ็นต์ สำหรับปริมาณแซนแทนกัม และ ความหนืด พบว่า แอมโมเนียมซัลเฟต 1.33 กรัมต่อลิตร ร่วมกับ แมกนีเซียมซัลเฟต 0.24 กรัมต่อลิตร มีค่าสูงที่สุด คือ 11.34±2.54 และ 112.02±36.28 ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 4.6

เมื่อพิจารณาสารอาหาร กรดซิตริก 3 ระดับ คือ 4 กรัมต่อลิตร 2 กรัมต่อลิตร และ 1 กรัมต่อลิตร ร่วมกับ แมกนีเซียมซัลเฟต 3 ระดับ คือ 0.48 กรัมต่อลิตร 0.24 กรัมต่อลิตรและ 0.12 กรัมต่อลิตร ต่อปริมาณเชื้อ *Xanthomonas campestris* TISTR 840 ที่ระยะเวลาการหมักเดียวกัน พบว่าตั้งแต่ชั่วโมงการหมักที่ 0 ชั่วโมง จนกระทั่ง ชั่วโมงการหมักที่ 96 ชั่วโมง ปริมาณเชื้อ *Xanthomonas campestris* TISTR 840 ชั่วโมง ไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ และเมื่อสิ้นสุดกระบวนการหมัก 120 ชั่วโมง กรดซิตริก 4 กรัมต่อลิตร ร่วมกับ แมกนีเซียมซัลเฟต ทั้ง 3 ระดับ และ กรดซิตริก 2 กรัมต่อลิตร ร่วมกับ แมกนีเซียมซัลเฟต 0.12 กรัมต่อลิตร ไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ กรดซิตริก 2 กรัมต่อลิตร และ 1 กรัมต่อลิตร ร่วมกับ แมกนีเซียมซัลเฟต ทั้ง 3 ระดับ ไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ส่วน ค่าความเป็นกรด-ด่าง เมื่อสิ้นสุดกระบวนการหมัก กรดซิตริก 3 ระดับ ร่วมกับ แมกนีเซียมซัลเฟต 3 ระดับ ไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เมื่อพิจารณา ปริมาณน้ำตาลที่เหลือพบว่า กรดซิตริก 2 กรัมต่อลิตร ร่วมกับ แมกนีเซียมซัลเฟต 0.12 กรัมต่อลิตร จะมีปริมาณน้ำตาลรีดิวส์เหลือน้อยที่สุด คือ 32.94±5.58 เปอร์เซ็นต์ สำหรับปริมาณแซนแทนกัม และ ความหนืด พบว่า กรดซิตริก 2 กรัมต่อลิตร ร่วมกับ แมกนีเซียมซัลเฟต 0.12 กรัมต่อลิตร มีค่าสูงที่สุด คือ 14.21±1.44 และ 134.25±8.55ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 4.7

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 4.5 แสดงค่าคุณสมบัติ ทางกายภาพ ทางเคมี และ ทางจุลินทรีย์ พิจารณาจากสารอาหารที่เติมร่วมกัน 2 ชนิด ระหว่าง $(NH_4)_2SO_4$ ร่วมกับ Citric acid ในสูตรอาหาร Roseiro ปรับปรุง

สารอาหารร่วม (กรัมต่อลิตร)		ปริมาณเชื้อ (cfu/ml)				ค่าความเป็นกรด-ด่าง				ณ. เวลา การหมัก ที่ 120 ชั่วโมง		
$(NH_4)_2SO_4$	Citric acid	0 ชั่วโมง	48 ชั่วโมง	96 ชั่วโมง	120 ชั่วโมง	0 ชั่วโมง	48 ชั่วโมง	96 ชั่วโมง	120 ชั่วโมง	น้ำตาลที่เหลือ (เปอร์เซ็นต์)	ความหนืด (กรัมต่อลิตร)	แซนแทนกัม (เซนติพอยต์)
5.33	4	$1.64^{a}x10^{7}$ $\pm 6.89x10^{5}$	$5.75^{a}x10^{8}$ $\pm 2.62x10^{8}$	$5.72^{a}x10^{8}$ $\pm 2.66x10^{8}$	$8.11^{a}x10^{8}$ $\pm 9.57x10^{7}$	6.56^{a} ± 0.04	7.25^{c} ± 0.04	7.47^{d} ± 0.08	7.49^{b} ± 0.09	$62.29^{c}\pm 3.48$	$7.37^{c}\pm 0.77$	$67.87^{c}\pm 4.14$
5.33	2	$1.49^{a}x10^{7}$ $\pm 2.60x10^{6}$	$4.33^{a}x10^{8}$ $\pm 8.77x10^{7}$	$4.31^{a}x10^{8}$ $\pm 1.11x10^{8}$	$5.93^{a}x10^{8}$ $\pm 2.42x10^{8}$	6.58^{a} ± 0.02	7.23^{c} ± 0.05	7.56^{c} ± 0.03	7.58^{b} ± 0.02	$41.79^{d}\pm 3.15$	$12.04^{a}\pm 0.52$	$113.43^{c}\pm 10.48$
5.33	1	$1.60^{a}x10^{7}$ $\pm 4.82x10^{6}$	$4.19^{a}x10^{8}$ $\pm 1.09x10^{8}$	$4.81^{a}x10^{8}$ $\pm 1.89x10^{8}$	$5.85^{a}x10^{8}$ $\pm 4.72x10^{7}$	6.64^{a} ± 0.00	7.16^{d} ± 0.02	7.59^{b} ± 0.02	7.62^{ab} ± 0.02	$74.92^{a}\pm 4.22$	$5.50^{a}\pm 0.59$	$54.64^{f}\pm 6.35$
3.33	4	$1.55^{a}x10^{7}$ $\pm 6.842x10^{5}$	$3.64^{a}10^{8}$ $\pm 8.18x10^{7}$	$3.97^{a}x10^{8}$ $\pm 1.67x10^{8}$	$5.51^{a}x10^{8}$ $\pm 1.91x10^{8}$	6.67^{a} ± 0.07	7.25^{c} ± 0.02	7.69^{a} ± 0.03	7.72^{a} ± 0.02	$53.17^{e}\pm 2.27$	$10.17^{d}\pm 0.65$	$99.39^{d}\pm 2.24$
3.33	2	$1.54^{a}x10^{7}$ $\pm 2.00x10^{6}$	$4.65^{a}x10^{8}$ $\pm 1.50x10^{8}$	$4.69^{a}x10^{8}$ $\pm 1.09x10^{8}$	$4.83^{b}x10^{9}$ $\pm 1.75x10^{9}$	6.60^{a} ± 0.02	7.16^{d} ± 0.04	7.65^{ab} ± 0.04	7.67^{a} ± 0.02	$37.39^{b}\pm 5.28$	$13.55^{b}\pm 0.95$	$136.68^{b}\pm 4.65$
3.33	1	$1.59^{a}x10^{7}$ $\pm 8.77x10^{5}$	$4.41^{a}x10^{8}$ $\pm 6.99x10^{7}$	$4.77^{a}x10^{8}$ $\pm 1.53x10^{8}$	$4.91^{b}x10^{9}$ $\pm 6.70x10^{8}$	6.59^{a} ± 0.05	7.32^{b} ± 0.03	7.66^{ab} ± 0.03	7.67^{a} ± 0.04	$66.29^{b}\pm 2.98$	$7.30^{c}\pm 0.47$	$73.41^{e}\pm 2.94$
1.33	4	$1.56^{a}x10^{7}$ $\pm 1.24x10^{6}$	$3.61^{a}x10^{8}$ $\pm 8.38x10^{7}$	$3.74^{a}x10^{8}$ $\pm 4.82x10^{7}$	$6.16^{a}x10^{8}$ $\pm 1.99x10^{8}$	6.62^{a} ± 0.07	7.39^{a} ± 0.05	7.68^{a} ± 0.04	7.69^{a} ± 0.06	$48.18^{f}\pm 2.33$	$10.89^{d}\pm 0.39$	$111.28^{c}\pm 10.61$
1.33	2	$1.56^{a}x10^{7}$ $\pm 1.34x10^{6}$	$4.31^{a}x10^{8}$ $\pm 6.64x10^{7}$	$4.35^{a}x10^{8}$ $\pm 1.22x10^{8}$	$4.34^{b}x10^{9}$ $\pm 1.25x10^{9}$	6.58^{a} ± 0.04	7.36^{ab} ± 0.04	7.70^{a} ± 0.05	7.70^{a} ± 0.02	$30.28^{g}\pm 2.33$	$15.02^{a}\pm 0.51$	$147.90^{a}\pm 7.59$
1.33	1	$1.54^{a}x10^{7}$ $\pm 6.83x10^{5}$	$3.99^{a}x10^{8}$ $\pm 1.08x10^{8}$	$4.64^{a}x10^{8}$ $\pm 1.59x10^{8}$	$4.85^{b}x10^{9}$ $\pm 1.80x10^{9}$	6.67^{a} ± 0.04	7.40^{a} ± 0.03	7.64^{ab} ± 0.12	7.67^{a} ± 0.12	$58.05^{d}\pm 3.11$	$9.03^{b}\pm 0.71$	$91.56^{d}\pm 9.95$

หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ยได้จากการทดลอง 3 ซ้ำ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน และตัวอักษรภาษาอังกฤษกำกับเหนือค่าเฉลี่ยในคอลัมน์เดียวกันของสารอาหารที่เติมร่วมกัน 2 ชนิด ถ้าต่างกันแสดงว่าค่าเฉลี่ยมีความแตกต่าง ทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 4.6 แสดงค่าคุณสมบัติ ทางกายภาพ ทางเคมี และ ทางจุลินทรีย์ พิจารณาจากสารอาหารที่เติมร่วมกัน 2 ชนิด ระหว่าง $(NH_4)_2SO_4$ ร่วมกับ $MgSO_4.7H_2O$ ในสูตรอาหาร Roseiro ปรับปรุง

สารอาหารร่วม (กรัมต่อลิตร)		ปริมาณเชื้อ (cfu/ml)				ค่าความเป็นกรด-ด่าง				ณ. เวลา การหมัก ที่ 120 ชั่วโมง		
$(NH_4)_2SO_4$	$MgSO_4.7H_2O$	0 ชั่วโมง	48 ชั่วโมง	96 ชั่วโมง	120 ชั่วโมง	0 ชั่วโมง	48 ชั่วโมง	96 ชั่วโมง	120 ชั่วโมง	น้ำตาลที่เหลือ (เปอร์เซ็นต์)	ความหนืด (กรัมต่อลิตร)	แซนแทนกัม (เซนติพอยส์)
5.33	0.48	$1.58^{a}x10^{7}$ $\pm 4.35.x10^{6}$	$5.80^{a}x10^{8}$ $\pm 2.64x10^{8}$	$6.14^{a}x10^{8}$ $\pm 2.99x10^{8}$	$6.01^{c}x10^{8}$ $\pm 2.36x10^{8}$	6.59^{a} ± 0.05	7.24^{cd} ± 0.06	7.58^{cd} ± 0.02	7.61^{c} ± 0.03	$64.16^{a}\pm 15.35$	$8.12^{b}\pm 3.38$	$83.01^{bc}\pm 26.23$
5.33	0.24	$1.58^{a}x10^{7}$ $\pm 1.95x10^{5}$	$4.23^{a}x10^{8}$ $\pm 1.03.x10^{8}$	$4.47^{a}x10^{8}$ $\pm 1.05.x10^{8}$	$7.25^{bc}x10^{8}$ $\pm 1.74x10^{8}$	6.58^{a} ± 0.06	7.19^{d} ± 0.03	7.55^{d} ± 0.05	7.57^{de} ± 0.06	$58.15^{ab}\pm 15.68$	$8.08^{b}\pm 2.56$	$72.15^{c}\pm 22.30$
5.33	0.12	$1.56^{a}x10^{7}$ $\pm 2.99x10^{6}$	$4.25^{a}x10^{8}$ $\pm 8.01.x10^{7}$	$4.22^{a}x10^{8}$ $\pm 6.55.x10^{7}$	$5.83^{c}x10^{8}$ $\pm 1.73.x10^{8}$	6.61^{a} ± 0.03	7.22^{cd} ± 0.08	7.48^{c} ± 0.09	7.51^{c} ± 0.09	$56.69^{ab}\pm 13.84$	$8.71^{ab}\pm 3.19$	$80.78^{bc}\pm 34.42$
3.33	0.48	$1.61^{a}x10^{7}$ $\pm 1.34x10^{6}$	$4.35^{a}x10^{8}$ $\pm 1.33.x10^{8}$	$4.77^{a}x10^{8}$ $\pm 1.32.x10^{8}$	$3.46^{a}x10^{9}$ $\pm 1.71.x10^{8}$	6.62^{a} ± 0.03	7.22^{cd} ± 0.09	7.70^{ab} ± 0.02	7.73^{ab} ± 0.03	$55.94^{ab}\pm 12.03$	$9.94^{ab}\pm 3.11$	$104.74^{abc}\pm 30.19$
3.33	0.24	$1.55^{a}x10^{7}$ $\pm 6.83x10^{6}$	$4.01^{a}x10^{8}$ $\pm 9.62x10^{7}$	$4.58^{a}x10^{8}$ $\pm 2.04x10^{8}$	$3.54^{a}x10^{9}$ $\pm 2.53x10^{9}$	6.63^{a} ± 0.09	7.28^{bc} ± 0.07	7.68^{ab} ± 0.03	7.69^{abc} ± 0.02	$52.75^{ab}\pm 12.48$	$10.27^{ab}\pm 2.06$	$101.34^{abc}\pm 24.44$
3.33	0.12	$1.54^{a}x10^{7}$ $\pm 1.68x10^{6}$	$4.35^{a}x10^{8}$ $\pm 1.13.x10^{8}$	$4.08^{a}x10^{8}$ $\pm 7.78.x10^{7}$	$3.57^{a}x10^{9}$ $\pm 2.85x10^{9}$	6.61^{a} ± 0.07	7.23^{cd} ± 0.05	7.63^{bcd} ± 0.02	7.66^{bc} ± 0.04	$48.18^{ab}\pm 14.39$	$10.82^{ab}\pm 3.26$	$103.39^{abc}\pm 30.77$
1.33	0.48	$1.56^{a}x10^{7}$ $\pm 8.14x10^{5}$	$4.01^{a}x10^{8}$ $\pm 1.05.x10^{8}$	$4.36^{a}x10^{8}$ $\pm 5.24.x10^{7}$	$3.18^{ab}x10^{9}$ $\pm 1.968.x10^{9}$	6.59^{a} ± 0.04	7.41^{a} ± 0.03	7.66^{abc} ± 0.13	7.67^{abc} ± 0.11	$48.26^{ab}\pm 12.81$	$11.32^{ab}\pm 3.02$	$122.91^{a}\pm 20.88$
1.33	0.24	$1.58^{a}x10^{7}$ $\pm 1.17x10^{6}$	$3.98^{a}x10^{8}$ $\pm 6.30x10^{7}$	$4.34^{a}x10^{8}$ $\pm 1.80x10^{8}$	$3.36^{a}x10^{9}$ $\pm 2.55x10^{9}$	6.62^{a} ± 0.08	7.41^{a} ± 0.02	7.72^{a} ± 0.03	7.73^{ab} ± 0.03	$45.66^{b}\pm 12.91$	$11.34^{ab}\pm 2.54$	$112.02^{ab}\pm 36.28$
1.33	0.12	$1.53^{a}x10^{7}$ $\pm 1.27x10^{6}$	$3.92^{a}x10^{8}$ $\pm 1.03x10^{8}$	$4.02^{a}x10^{8}$ $\pm 1.08x10^{8}$	$3.22^{ab}x10^{9}$ $\pm 2.58x10^{9}$	6.66^{a} ± 0.05	7.33^{b} ± 0.03	7.65^{abc} ± 0.03	7.67^{ab} ± 0.09	$42.59^{b}\pm 12.09$	$12.28^{a}\pm 2.68$	$115.82^{ab}\pm 20.13$

หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ยได้จากการทดลอง 3 ซ้ำ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน และตัวอักษรภาษาอังกฤษกำกับเหนือค่าเฉลี่ยในคอลัมน์เดียวกันของสารอาหารที่เติมร่วมกัน 2 ชนิด ถ้าต่างกันแสดงว่าค่าเฉลี่ยมีความแตกต่าง ทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 4.7 แสดงค่าคุณสมบัติ ทางกายภาพ ทางเคมี และ ทางจุลินทรีย์ พิจารณาจากสารอาหารที่เติมร่วมกัน 2 ชนิด ระหว่าง Citric acid ร่วมกับ $MgSO_4.7H_2O$ ในสูตรอาหาร Roseiro ปรับปรุง

สารอาหารร่วม (กรัมต่อลิตร)		ปริมาณเชื้อ (cfu/ml)				ค่าความเป็นกรด-ด่าง				น้ำตาลที่เหลือ (เปอร์เซ็นต์)	แซนแทนกัม (กรัมต่อลิตร)	ความหนืด (เซนติพอยซ์)
Citric acid	$MgSO_4.7H_2O$	0 ชั่วโมง	48 ชั่วโมง	96 ชั่วโมง	120 ชั่วโมง	0 ชั่วโมง	48 ชั่วโมง	96 ชั่วโมง	120 ชั่วโมง			
4	0.48	$1.60^{a}x10^{7}$ ±1.35.x10^{6}	$5.55^{a}x10^{8}$ ±2.80x10^{8}	$5.74^{a}x10^{8}$ ±2.89x10^{8}	$6.71^{b}x10^{8}$ ±2.22x10^{8}	6.56^{b} ±0.02	7.29^{a} ±0.09	7.67^{a} ±0.08	7.70^{a} ±0.09	57.59^{bc}±7.54	9.09^{bc}±1.61	98.12^{b}±23.98
4	0.24	$1.61^{a}x10^{7}$ ±6.63x10^{6}	$3.61^{a}x10^{8}$ ±5.54.x10^{7}	$4.12^{a}x10^{8}$ ±1.08.x10^{8}	$5.98^{b}x10^{8}$ ±1.54x10^{8}	6.66^{a} ±0.11	7.31^{a} ±0.09	7.64^{a} ±0.11	7.64^{a} ±0.11	54.16^{c}±5.14	9.23^{bc}±2.02	86.37^{bcd}±18.52
4	0.12	$1.55^{a}x10^{7}$ ±1.79x10^{6}	$3.83^{a}x10^{8}$ ±9.91.x10^{7}	$3.57^{a}x10^{8}$ ±5.75.x10^{7}	$7.09^{b}x10^{8}$ ±2.20.x10^{8}	6.64^{a} ±0.05	7.29^{a} ±0.04	7.55^{a} ±0.14	7.56^{a} ±0.15	51.89^{c}±6.52	10.12^{b}±1.43	94.05^{bc}±18.40
2	0.48	$1.54^{a}x10^{7}$ ±2.39x10^{6}	$4.52^{a}x10^{8}$ ±1.41.x10^{8}	$4.68^{a}x10^{8}$ ±6.85.x10^{7}	$3.26^{a}x10^{9}$ ±2.42..x10^{5}	6.61^{ab} ±0.02	7.26^{a} ±0.12	7.67^{a} ±0.07	7.68^{a} ±0.05	40.49^{d}±5.92	13.63^{a}±1.19	134.28^{a}±13.94
2	0.24	$1.55^{a}x10^{7}$ ±2.12x10^{6}	$4.43^{a}x10^{8}$ ±7.42x10^{7}	$4.33^{a}x10^{8}$ ±1.601x10^{8}	$3.49^{a}x10^{9}$ ±2.54x10^{9}	6.56^{b} ±0.03	7.26^{a} ±0.10	7.66^{a} ±0.07	7.66^{a} ±0.06	36.04^{d}±4.84	12.77^{a}±1.42	129.48^{a}±25.41
2	0.12	$1.52^{a}x10^{7}$± 1.60x10^{6}	$4.35^{a}x10^{8}$ ±9.17.x10^{7}	$4.35^{a}x10^{8}$ ±9.39.x10^{7}	$3.00^{ab}x10^{9}$ ±2.27x10^{9}	6.60^{ab} ±0.03	7.23^{a} ±0.06	7.58^{a} ±0.07	7.62^{a} ±0.06	32.94^{d}±5.58	14.21^{a}±1.44	134.25^{a}±8.55
1	0.48	$1.61^{a}x10^{7}$ ±3.69x10^{6}	$4.09^{a}x10^{8}$ ±8.95.x10^{7}	$4.86^{a}x10^{8}$ ±1.86.x10^{8}	$3.57^{a}x10^{9}$ ±2.73.x10^{9}	6.65^{a} ±0.05	7.31^{a} ±0.11	7.60^{a} ±0.05	7.63^{a} ±0.09	70.28^{a}±8.23	6.66^{d}±1.50	78.25^{bcd}±16.95
1	0.24	$1.56^{a}x10^{7}$ ±1.80x10^{6}	$4.18^{a}x10^{8}$ ±1.07x10^{8}	$4.94^{a}x10^{8}$ ±2.08x10^{9}	$3.42^{a}x10^{9}$ ±2.31x10^{9}	6.62^{ab} ±0.04	7.31^{a} ±0.12	7.67^{a} ±0.07	7.70^{a} ±0.07	66.36^{a}±7.34	7.69^{cd}±1.24	69.66^{d}±12.59
1	0.12	$1.56^{a}x10^{7}$ ±2.75x10^{6}	$4.33^{a}x10^{8}$ ±9.87x10^{7}	$4.41^{a}x10^{8}$ ±7.13x10^{7}	$3.27^{a}x10^{9}$ ±2.47x10^{9}	6.64^{a} ±0.09	7.27^{a} ±0.10	7.62^{a} ±0.06	7.64^{a} ±0.09	62.62^{ab}±7.10	7.49^{cd}±2.01	71.69^{cd}±21.71

หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ยได้จากการทดลอง 3 ซ้ำ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน และตัวอักษรภาษาอังกฤษกำกับหน้าค่าเฉลี่ยในคอลัมน์เดียวกันของสารอาหารที่เติมร่วมกัน 2 ชนิด ถ้าต่างกันแสดงว่าค่าเฉลี่ยมีความแตกต่าง ทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

เมื่อทำการผลิตแซนแทนกัมโดยเลี้ยง *Xanthomonas. campestris* TISTR 840 ในอาหารสูตร Roseiro เดิม ซึ่งใช้น้ำเวย์ย่อยด้วยกรดซัลฟลูริกเข้มข้นเป็นแหล่งคาร์บอนที่คัดเลือกได้จากตอนที่ 4.5 โดยปรับปริมาณแอมโมเนียมซัลเฟต ที่ระดับ 5.33 3.33 และ 1.33 กรัมต่อลิตร เพื่อใช้เป็นแหล่งไนโตรเจน ปรับปริมาณกรดซิตริก ที่ระดับ 4 2 และ 1 กรัมต่อลิตร และแมกนีเซียมซัลเฟต ที่ระดับ 0.48 0.24 และ 0.12 กรัมต่อลิตร ตามลำดับ โดยใช้กล้าเชื้อตั้งต้นในการหมักเป็น 10 เปอร์เซ็นต์ ทำการเลี้ยงแบบเขย่า 200 รอบต่อนาที ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส พบว่า การเจริญของ *Xanthomonas. campestris* TISTR 840 ในอาหารสูตร Roseiro เดิม ซึ่งใช้น้ำเวย์ย่อยด้วยกรดซัลฟลูริกเข้มข้นเป็นแหล่งคาร์บอนในทุกสูตร Roseiro ปรับปรุง จะมีลักษณะคล้ายกัน โดยเชื้อเริ่มมีการเจริญคงที่ที่ 48 ชั่วโมงของระยะเวลาในการหมัก ให้จำนวนเซลล์สูงสุด 10^9 เซลล์ต่อมิลลิลิตร ผลการทดลองนี้ไม่สอดคล้องกับผลการทดลองของ Moraine and Rogovin (1973) ซึ่งอ้างใน Pinches and Pallent (1986), Jana and Ghosh (1995) Lo, Yang and Min (1997) ซึ่งรายงานว่าเลี้ยงเชื้อในระบบถังหมัก ที่มีปริมาณ ไนโตรเจนสูง จะทำให้เชื้อสามารถเจริญได้ดี และส่งเสริมให้เกิดการสร้างแซนแทนกัมสูงไปด้วย ที่เป็นเช่นนี้ เนื่องจากในการวิจัยนี้ได้ทำการเลี้ยงเชื้อ แบบเขย่า ซึ่งมีปริมาณออกซิเจนที่ละลาย ในน้ำหมักน้อยกว่าในระบบถังหมัก ที่มีการให้อากาศ และกวนด้วยอัตราเร็วสูง (สมใจ, 2537) โดยเฉพาะในช่วงแรกที่มีการผลิตแซนแทนกัม ความหนืดของน้ำหมักที่เพิ่มขึ้น จะไปขัดขวางการละลายของออกซิเจนลงสู่น้ำหมัก ทำให้ออกซิเจนไม่เพียงพอต่อการสร้างเซลล์ ทำให้การสร้างเซลล์ไม่ได้เห็นผลแตกต่างอย่างชัดเจน ในอาหารสูตรปรับปรุงที่มีระดับ แอมโมเนียมซัลเฟต ที่แตกต่างกัน ส่วนการเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นกรดด่างของน้ำหมัก พบว่า ไม่มีการเปลี่ยนแปลงมากนัก และจะมีการเปลี่ยนแปลงอยู่ในช่วง 6.54 ± 0.01-7.78 ± 0.01 สำหรับปริมาณน้ำตาลรีดิวส์ที่เหลือ ในอาหารสูตรปรับปรุง ทั้ง 27 สูตร ที่หมัก โดยเชื้อ *Xanthomonas campestris* TISTR 840 เมื่อสิ้นสุดระยะเวลาการหมัก 120 ชั่วโมง พบว่า ในสูตรอาหาร Roseiro ปรับปรุง ที่ 22 23 และ 24 ซึ่งมีปริมาณ แอมโมเนียมซัลเฟต อยู่ในระดับ 1.33 กรัมต่อลิตร และ มีปริมาณกรดซิตริกอยู่ในระดับ 2 กรัมต่อลิตร จะมีการใช้แหล่งคาร์บอนไปมากที่สุด 70 เปอร์เซ็นต์ แม้ว่า สูตรอาหารปรับปรุง ที่ 22 23 และ 24 ซึ่งมีปริมาณ แอมโมเนียมซัลเฟต อยู่ในระดับ 1.33 กรัมต่อลิตร ซึ่งเป็นปริมาณ ไนโตรเจนที่ระดับต่ำ แต่ปรากฏว่า มีการใช้น้ำตาลรีดิวส์ไปในปริมาณที่มากที่สุด ทั้งนี้เนื่องจาก ในสูตรอาหารปรับปรุงทั้ง 3 ชนิดนี้ มีสัดส่วน คาร์บอนต่อ ไนโตรเจนประมาณ 23 ซึ่งสอดคล้องกับ Roseiro *et al.*, (1993) ได้เสนอว่าสูตรอาหารที่ผลิตแซนแทนกัมนั้น ควรมีสัดส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน เท่ากับ 23 โดยสามารถผลิตแซนแทนกัมได้ 11 กรัมต่อลิตร แสดงว่าการเลี้ยงเชื้อในอาหาร ที่มีปริมาณไนโตรเจนที่ระดับต่ำ ทำให้เชื้อมีประสิทธิภาพ ในการผลิตแซนแทนกัมสูง และน้ำตาลรีดิวส์ที่ถูกใช้ไปนี้ ควรถูกนำไปใช้ในการสร้างแซนแทนกัมมากกว่า การสร้างเซลล์ หรือ การดำรงค์ชีวิต และ Roseiro *et al.*, (1993) เสนอว่าการใช้น้ำตาลรีดิวส์ของเชื้อยิ่งมาก จะส่งผลให้การผลิตแซนแทนกัมได้ปริมาณที่มากขึ้นด้วย จากการทดลอง ซึ่งทั้งการลดปริมาณไนโตรเจน กรดซิตริก และแมกนีเซียมลงนี้ จะมีผลรวมไปถึงค่าความหนืดที่เพิ่มขึ้นด้วย จะสัมพันธ์กับการเพิ่มขึ้นของแซนแทนกัมด้วย และจากการทดลองที่ได้นี้ ยังพบว่า การใช้แมกนีเซียมซัลเฟตที่ระดับ 0.12 กรัม

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ต่อลิตรสามารถทำให้ได้น้ำหมักที่มีความหนืดสูงที่สุดซึ่งสอดคล้องกับผลการทดลองของ ศศิธร (2536) รายงานว่า การเติมแมกนีเซียมซัลเฟตในอาหารเลี้ยงเชื้อมากเกินไปจะ ยับยั้งการเจริญและการสร้างแซนแทนกัม ซึ่งจากการทดลองพบว่า อาหารเลี้ยงเชื้อสูตรที่ 24 คือ สูตรที่ใช้แอมโมเนียมซัลเฟต 1.33 กรัมต่อลิตร ร่วมกับการใช้ กรดซิตริก 2.0 กรัมต่อลิตร และ แมกนีเซียมซัลเฟต 0.12 กรัมต่อลิตร เป็นสูตรอาหารที่ใช้ปริมาณสารอาหารร่วมกันน้อยที่สุด แต่ให้ประสิทธิภาพในการผลิตแซนแทนกัมดีที่สุด โดยใช้ น้ำตาลรีดิวซ์มากถึง 72 เปอร์เซ็นต์ ได้แซนแทนกัม 15.63±0.01 กรัมต่อลิตร และมีความหนืด 140.63±0.04 เซนติพอยต์ และ แต่ให้ผลการวิเคราะห์ค่าความแตกต่างทางสถิติ ของ ปริมาณน้ำตาลรีดิวส์ที่เหลือในน้ำหมัก ปริมาณแซนแทนกัมที่ผลิตได้ และ ค่าความหนืดของน้ำหมัก ที่ผ่านการหมักสูตรอาหาร Roseiro ปรับปรุง โดยเชื้อ *Xanthomonas campestris* TISTR 840 ซึ่งแสดงดังตารางที่ 4.8

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 4.8 แสดงค่าคุณสมบัติ ทางกายภาพ ทางเคมี และ ทางจุลินทรีย์ พิจารณาจากสารอาหารที่เติมร่วมกัน 3 ชนิดระหว่าง $(NH_4)_2SO_4$ Citric acid และ $MgSO_4.7H_2O$ ในสูตรอาหาร Roseiro ปรับปรุง

สารอาหารร่วม (กรัมต่อลิตร)			ปริมาณเชื้อ (cfu/ml)				ค่าความเป็นกรด-ด่าง				น้ำตาลที่เหลือ (เปอร์เซ็นต์)	แซนแทนกัม (กรัมต่อลิตร)	ความหนืด (เซนติพอยส์)
$(NH_4)_2SO_4$	Citric acid	$MgSO_4.7H_2O$	0 ชั่วโมง	48 ชั่วโมง	96 ชั่วโมง	120 ชั่วโมง	0 ชั่วโมง	48 ชั่วโมง	96 ชั่วโมง	120 ชั่วโมง			
5.33	4	0.48	$1.67^{a}x10^{7}$ $\pm 7.07x10^{5}$	$9.10^{a}x10^{8}$ $\pm 5.65x10^{7}$	$9.15^{a}x10^{8}$ $\pm 4.94x10^{7}$	$8.90^{b}x10^{8}$ $\pm 1.41x10^{8}$	6.54^{m} ± 0.00	7.22^{kl} ± 0.14	7.57^{j} ± 0.07	7.59^{j} ± 0.00	$66.76^{m} \pm 0.04$	$7.17^{f} \pm 0.01$	$70.21^{e} \pm 0.07$
5.33	4	0.24	$1.64^{a}x10^{7}$ $\pm 1.13x10^{6}$	$4.10^{a}x10^{8}$ $\pm 4.24.x10^{7}$	$3.98^{a}x10^{8}$ $\pm 2.12x10^{6}$	$7.65^{b}x10^{8}$ $\pm 7.07x10^{6}$	6.52^{n} ± 007	7.22^{kl} ± 0.07	7.49^{n} ± 0.07	7.49^{o} ± 0.07	$60.43^{k} \pm 0.05$	$6.63^{d} \pm 0.06$	$62.55^{d} \pm 0.05$
5.33	4	0.12	$1.69^{a}x10^{7}$ $\pm 7.77x10^{5}$	$4.05^{a}x10^{8}$ $\pm 6.36.x10^{7}$	$4.03^{a}x10^{8}$ $\pm 9.19.x10^{6}$	$7.80^{b}x10^{8}$ $\pm 8.48.x10^{7}$	6.61^{h} ± 0.07	7.31^{d} ± 0.14	7.37^{e} ± 0.00	7.38^{p} ± 0.07	$59.68^{f} \pm 0.04$	$8.32^{i} \pm 0.07$	$70.86^{f} \pm 0.00$
5.33	2	0.48	$1.44^{a}x10^{7}$ $\pm 4.80x10^{6}$	$4.35^{a}x10^{8}$ $\pm 6.36.x10^{7}$	$4.30^{a}x10^{8}$ $\pm 5.66.x10^{7}$	$4.45^{b}x10^{8}$ $\pm 9.19..x10^{7}$	6.61^{h} ± 0.00	7.31^{d} ± 0.00	7.59^{k} ± 0.07	7.61^{k} ± 0.00	$45.85^{i} \pm 0.06$	$12.28^{q} \pm 0.07$	$116.56^{a} \pm 0.03$
5.33	2	0.24	$1.52^{a}x10^{7}$ $\pm 1.69x10^{6}$	$4.40^{a}x10^{8}$ $\pm 1.27x10^{8}$	$4.34^{a}x10^{8}$ $\pm 2.05x10^{8}$	$8.90^{b}x10^{8}$ $\pm 8.48x10^{7}$	6.58^{j} ± 0.07	7.20^{lm} ± 0.07	7.57^{j} ± 0.00	7.58^{j} ± 0.00	$39.59^{j} \pm 0.04$	$11.38^{p} \pm 0.02$	$100.47^{n} \pm 0.05$
5.33	2	0.12	$1.53^{a}x10^{7}$ $\pm 2.61x10^{6}$	$4.25^{a}x10^{8}$ $\pm 1.34.x10^{9}$	$4.30^{a}x10^{8}$ $\pm 1.27.x10^{8}$	$4.45^{b}x10^{8}$ $\pm 1.20x10^{8}$	6.58^{j} ± 0.07	7.21^{kl} ± 0.07	7.52^{m} ± 0.00	7.55^{m} ± 0.00	$39.94^{h} \pm 0.01$	$12.46^{r} \pm 0.01$	$123.26^{c} \pm 0.08$
5.33	1	0.48	$1.65^{a}x10^{7}$ $\pm 8.06.x10^{6}$	$3.95^{a}x10^{8}$ $\pm 1.20..x10^{8}$	$4.99^{a}x10^{8}$ $\pm 4.10.x10^{8}$	$4.70^{b}x10^{8}$ $\pm 4.24.x10^{7}$	6.64^{i} ± 0.00	7.19^{i} ± 0.00	7.60^{k} ± 0.07	7.65^{l} ± 0.00	$79.86^{m} \pm 0.02$	$4.91^{n} \pm 0.03$	$62.26^{e} \pm 0.06$
5.33	1	0.24	$1.60^{a}x10^{7}$ $\pm 3.67x10^{6}$	$4.19^{a}x10^{8}$ $\pm 1.85.x10^{8}$	$5.10^{a}x10^{8}$ $\pm 1.41x10^{7}$	$5.20^{b}x10^{8}$ $\pm 5.65x10^{7}$	6.65^{g} ± 0.00	7.16^{k} ± 0.07	7.61^{lk} ± 0.14	7.62^{l} ± 0.07	$74.43^{g} \pm 0.00$	$6.23^{e} \pm 0.07$	$53.45^{b} \pm 0.03$
5.33	1	0.12	$1.55^{a}x10^{7}$ $\pm 6.08x10^{6}$	$4.45^{a}x10^{9}$ $\pm 9.19x10^{7}$	$4.35^{a}x10^{8}$ $\pm 6.36x10^{7}$	$5.25^{b}x10^{9}$ $\pm 4.94x10^{7}$	6.65^{g} ± 0.00	7.15^{k} ± 0.07	7.56^{j} ± 0.14	7.58^{j} ± 0.07	$70.46^{g} \pm 0.00$	$5.37^{h} \pm 0.07$	$48.22^{g} \pm 0.03$

หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ยได้จากการทดลอง 3 ซ้ำ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน และตัวอักษรภาษาอังกฤษกำกับเหนือค่าเฉลี่ยในคอลัมน์เดียวกัน ของสารอาหารที่เติมร่วมกัน 3 ชนิด อ้างต่างกันแสดงว่าค่าเฉลี่ยมีความแตกต่าง ทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

ตารางที่ 4.8 แสดงค่าคุณสมบัติ ทางกายภาพ ทางเคมี และ ทางจุลินทรีย์ พิจารณาจากสารอาหารที่เติมร่วมกัน 3 ชนิดระหว่าง $(NH_4)_2SO_4$ Citric acid และ $MgSO_4.7H_2O$ ในสูตรอาหาร Roseiro ปรับปรุง (ต่อ)

สารอาหารร่วม (กรัมต่อลิตร)			ปริมาณเชื้อ (cfu/ml)				ค่าความเป็นกรด-ด่าง				น้ำตาลที่เหลือ (เปอร์เซ็นต์)	แซนแทนกัม (กรัมต่อลิตร)	ความหนืด (เซนติพอยต์)
$(NH_4)_2SO_4$	Citric acid	$MgSO_4.7H_2O$	0 ชั่วโมง	48 ชั่วโมง	96 ชั่วโมง	120 ชั่วโมง	0 ชั่วโมง	48 ชั่วโมง	96 ชั่วโมง	120 ชั่วโมง			
3.33	4	0.48	$1.50^{a}x10^{7}$ $\pm 2.05x10^{6}$	$3.95^{a}x10^{8}$ $\pm 6.36x10^{7}$	$4.17^{a}x10^{8}$ $\pm 2.58x10^{8}$	$4.35^{b}x10^{8}$ $\pm 2.12x10^{7}$	6.59^{ij} ± 0.07	7.25^{fg} ± 0.00	7.72^{bcd} ± 0.00	7.76^{b} ± 0.00	$55.85^{jk} \pm 0.09$	$9.34^{k} \pm 0.02$	$100.48^{n} \pm 0.02$
3.33	4	0.24	$1.60^{a}x10^{7}$ $\pm 1.47x10^{7}$	$3.03^{a}x10^{8} \pm$ $9.89x10^{6}$	$4.43^{a}x10^{8}$ $\pm 2.35x10^{8}$	$4.30^{b}x10^{8}$ $\pm 5.65x10^{7}$	6.75^{hi} ± 0.07	7.29^{ef} ± 0.07	7.71^{bcd} ± 0.07	7.71^{efg} ± 0.00	$52.89^{lm} \pm 0.01$	$10.53^{jk} \pm 0.02$	$96.52^{p} \pm 0.06$
3.33	4	0.12	$1.57^{a}x10^{7} \pm$ $3.53x10^{6}$	$3.95^{a}x10^{8} \pm$ $1.34x10^{8}$	$3.31^{a}x10^{8}$ $6.85x10^{7}$	$7.90^{b}x10^{8} \pm$ $9.89x10^{7}$	6.70^{hi} ± 0.00	7.24^{fg} ± 0.07	7.64^{cde} ± 0.07	7.71^{efg} ± 0.07	$50.79^{mn} \pm 0.02$	$10.65^{ij} \pm 0.02$	$101.16^{o} \pm 0.06$
3.33	2	0.48	$1.64^{a}x10^{7}$ $\pm 1.06x10^{6}$	$4.71^{a}x10^{8}$ $\pm 2.81x10^{8}$	$5.10^{a}x10^{8}$ $\pm 9.89x10^{7}$	$5.00^{a}x10^{9}$ $\pm 1.69x10^{9}$	6.63^{ij} ± 0.00	7.12^{gh} ± 0.07	7.67^{def} ± 0.07	7.70^{bc} ± 0.07	$42.53^{p} \pm 0.05$	$13.67^{e} \pm 0.03$	$140.43^{e} \pm 0.04$
3.33	2	0.24	$1.50^{a}x10^{7}$ $\pm 3.95x10^{6}$	$4.60^{a}x10^{8}$ $\pm 8.45x10^{7}$	$4.44^{a}x10^{8}$ $\pm 2.05x10^{8}$	$5.20^{a}x10^{9}$ $\pm 3.11x10^{9}$	6.59^{ij} ± 0.07	7.21^{bh} ± 0.07	7.68^{def} ± 0.07	7.67^{fg} ± 0.00	$38.73^{q} \pm 0.03$	$12.43^{g} \pm 0.07$	$130.75^{g} \pm 0.01$
3.33	2	0.12	$1.50^{a}x10^{7}$ $\pm 7.07x10^{5}$	$4.65^{a}x10^{8}$ $\pm 1.62x10^{8}$	$4.55^{a}x10^{8}$ $\pm 4.94x10^{7}$	$4.30^{a}x10^{9}$ $\pm 1.41x10^{9}$	6.60^{ij} ± 0.07	7.18^{gh} ± 0.00	7.60^{fg} ± 0.00	7.64^{fg} ± 0.07	$30.94^{r} \pm 0.07$	$14.54^{d} \pm 0.03$	$138.87^{m} \pm 0.02$
3.33	1	0.48	$1.68^{a}x10^{7} \pm$ $5.65x10^{5}$	$4.40^{a}x10^{8}$ $\pm 1.41x10^{7}$	$5.05^{a}x10^{8}$ $\pm 2.12x10^{7}$	$5.20^{a}x10^{9}$ $\pm 4.24x10^{8}$	6.65^{hi} ± 0.00	7.32^{efg} ± 0.00	7.70^{bcd} ± 0.07	7.73^{bc} ± 0.00	$69.44^{g} \pm 0.03$	$6.80^{m} \pm 0.03$	$73.31^{u} \pm 0.01$
3.33	1	0.24	$1.55^{a}x10^{7}$ $\pm 9.19x10^{5}$	$4.40^{a}x10^{8}$ $\pm 9.89x10^{7}$	$4.87^{a}x10^{8}$ $\pm 3.28x10^{8}$	$5.10^{a}x10^{9}$ $\pm 1.13x10^{9}$	6.57^{ij} ± 0.00	7.36^{ef} ± 0.00	7.65^{ef} ± 0.00	7.68^{bc} ± 0.00	$66.62^{h} \pm 0.00$	$7.85^{lm} \pm 0.01$	$76.74^{t} \pm 0.05$
3.33	1	0.12	$1.56^{a}x10^{7}$ $\pm 7.77x10^{5}$	$4.45^{a}x10^{8}$ $\pm 1.20x10^{8}$	$4.44^{a}x10^{8}$ $\pm 7.07x10^{7}$	$4.45^{a}x10^{9}$ $\pm 3.53x10^{8}$	6.54^{ij} ± 0.00	7.29^{ef} ± 0.00	7.63^{cde} ± 0.00	7.62^{fg} ± 0.07	$62.80^{i} \pm 0.00$	$7.25^{m} \pm 0.01$	$70.17^{v} \pm 0.07$

หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ยได้จากการทดลอง 3 ซ้ำ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน และตัวอักษรภาษาอังกฤษกำกับเหนือค่าเฉลี่ยในคอลัมน์เดียวกัน ของสารอาหารที่เติมร่วมกัน 3 ชนิด ถ้าต่างกันแสดงว่าค่าเฉลี่ยมีความแตกต่าง ทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved
ANNIVERSARY 1964

ตารางที่ 4.8 แสดงค่าคุณสมบัติ ทางกายภาพ ทางเคมี และ ทางจุลินทรีย์ พิจารณาจากสารอาหารที่เติมร่วมกัน 3 ชนิดระหว่าง $(NH_4)_2SO_4$ Citric acid และ $MgSO_4.7H_2O$ ในสูตรอาหาร Roseiro ปรับปรุง (ต่อ)

สารอาหารร่วม (กรัมต่อลิตร)			ปริมาณเชื้อ (cfu/ml)				ค่าความเป็นกรด-ด่าง				น้ำตาลที่เหลือ (เปอร์เซ็นต์)	แซนแทนกัม (กรัมต่อลิตร)	ความหนืด (เซนติอยต์)
$(NH_4)_2SO_4$	Citric acid	$MgSO_4.7H_2O$	0 ชั่วโมง	48 ชั่วโมง	96 ชั่วโมง	120 ชั่วโมง	0 ชั่วโมง	48 ชั่วโมง	96 ชั่วโมง	120 ชั่วโมง			
1.33	4	0.48	$1.62^{a}x10^{7}$ $\pm 1.41x10^{6}$	$3.62^{a}x10^{8}$ $\pm 9.61x10^{7}$	$3.90^{a}x10^{8}$ $\pm 4.24x10^{7}$	$6.90^{b}x10^{8}$ $\pm 1.41x10^{8}$	6.55^{i} ± 0.00	7.41^{b} ± 0.00	7.73^{bc} ± 0.00	7.75^{b} ± 0.00	$50.17^{i} \pm 0.01$	$10.75^{o} \pm 0.01$	$123.68^{i} \pm 0.00$
1.33	4	0.24	$1.59^{a}x10^{7}$ $\pm 1.48x10^{6}$	$3.70^{a}x10^{8} \pm$ $4.24x10^{7}$	$3.95^{a}x10^{8}$ $\pm 2.12x10^{7}$	$6.00^{b}x10^{8}$ $\pm 5.65x10^{7}$	6.72^{e} ± 0.07	7.43^{a} ± 0.07	7.70^{de} ± 0.00	7.72^{cdef} ± 0.07	$49.15^{k} \pm 0.07$	$10.55^{m} \pm 0.02$	$100.05^{m} \pm 0.04$
1.33	4	0.12	$1.48^{a}x10^{7} \pm$ $1.12x10^{6}$	$3.51^{a}x10^{8}$ $\pm 1.54x10^{8}$	$3.38^{a}x10^{8}$ $\pm 7.35x10^{7}$	$5.59^{b}x10^{8}$ $\pm 3.97x10^{8}$	6.61 ± 0.00	7.33^{d} ± 0.07	7.62^{hij} ± 0.07	7.61^{ik} ± 0.00	$45.23^{l} \pm 0.03$	$11.38^{n} \pm 0.04$	$110.12^{p} \pm 0.03$
1.33	2	0.48	$1.54^{a}x10^{7}$ $\pm 4.24x10^{5}$	$4.50^{a}x10^{8} \pm$ $1.27x10^{8}$	$4.65^{a}x10^{8}$ $\pm 6.36x10^{7}$	$4.35^{a}x10^{9}$ $\pm 1.48x10^{9}$	6.59^{j} ± 0.07	7.38^{c} ± 0.07	7.74^{ab} ± 0.04	7.72^{cdef} ± 0.07	$33.09^{q} \pm 0.02$	$14.95^{h} \pm 0.02$	$145.86^{c} \pm 0.07$
1.33	2	0.24	$1.62^{a}x10^{7}$ $\pm 1.55x10^{6}$	$4.30^{a}x10^{8}$ $\pm 5.65x10^{7}$	$4.21^{a}x10^{8}$ $\pm 2.10x10^{8}$	$4.40x10^{9}$ $\pm 1.27x10^{9}$	6.53^{n} ± 0.00	7.40^{b} ± 0.07	7.72^{bcd} ± 0.00	7.71^{efg} ± 0.07	$29.81^{t} \pm 0.00$	$14.49^{i} \pm 0.02$	$157.23^{b} \pm 0.03$
1.33	2	0.12	$1.53^{a}x10^{7}$ $\pm 2.33x10^{6}$	$4.15^{a}x10^{8}$ $\pm 7.076x10^{6}$	$4.20^{a}x10^{8}$ $\pm 1.55x10^{8}$	$4.27^{a}x10^{9}$ $\pm 2.02x10^{9}$	6.64^{f} ± 0.00	7.31^{d} ± 0.14	7.64^{gh} ± 0.00	7.67^{h} ± 0.14	$27.95^{s} \pm 0.04$	$15.63^{g} \pm 0.01$	$140.63^{w} \pm 0.04$
1.33	1	0.48	$1.52^{a}x10^{7} \pm$ $1.41x10^{5}$	$3.93^{a}x10^{8} \pm$ $1.50x10^{8}$	$4.55^{a}x10^{8}$ $\pm 3.53x10^{6}$	$5.05^{a}x10^{9} \pm$ $2.89x10^{9}$	6.65^{g} ± 0.00	7.45^{a} ± 0.07	7.49^{m} ± 0.07	7.52^{lm} ± 0.07	$61.53^{c} \pm 0.05$	$8.27^{t} \pm 0.08$	$99.19^{q} \pm 0.09$
1.33	1	0.24	$1.54^{a}x10^{7} \pm$ $1.27x10^{6}$	$3.95^{a}x10^{8} \pm$ $1.06x10^{8}$	$4.87^{a}x10^{8}$ $\pm 3.29x10^{8}$	$4.65^{a}x10^{9} \pm$ $3.53x10^{8}$	6.63^{g} ± 0.00	7.41^{b} ± 0.07	7.76^{a} ± 0.00	7.78^{a} ± 0.00	$58.03^{e} \pm 0.04$	$8.98^{s} \pm 0.01$	$78.79^{s} \pm 0.01$
1.33	1	0.12	$1.58^{a}x10^{7} \pm$ $5.65x10^{5}$	$4.10^{a}x10^{8} \pm$ $1.55x10^{8}$	$4.50^{a}x10^{8}$ $\pm 1.27x10^{8}$	$4.85^{a}x10^{9} \pm$ $2.75x10^{9}$	6.73^{b} ± 0.00	7.37^{c} ± 0.07	7.69^{ef} ± 0.00	7.71^{defg} ± 0.00	$54.58^{g} \pm 0.03$	$9.85^{r} \pm 0.04$	$96.70^{k} \pm 0.07$

หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ยได้จากการทดลอง 3 ซ้ำ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน และตัวอักษรภาษาอังกฤษกำกับเหนือค่าเฉลี่ยในคอลัมน์เดียวกัน ของสารอาหารที่เติมร่วมกัน 3 ชนิด ถ้าต่างกันแสดงว่าค่าเฉลี่ยมีความแตกต่าง ทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

4.7 เปรียบเทียบคุณสมบัติทางกายภาพของแซนแทนกัมที่ผลิตได้จากตอนที่ 4.6 กับ แซนแทนกัม เกรดอาหาร (Food grade)

เมื่อนำแซนแทนกัมที่ผลิตได้จากสูตรอาหาร Roseiro เดิม สูตรอาหาร Roseiro ปรับปรุงที่ดีที่สุดจากการทดลองตอนที่ 4.6 และ แซนแทนกัม เกรดอาหาร (Food grade) ที่มีจำหน่ายในท้องตลาด มาเปรียบเทียบคุณสมบัติ ค่าความชื้น ปริมาณเถ้า และค่าสี ผลการทดลองแสดงดังในตารางที่ 4.9 และเมื่อนำแซนแทนกัมทั้ง 3 ชนิด มาละลายในน้ำกลั่น ที่ความเข้มข้น 0.2 เปอร์เซ็นต์ (น้ำหนักต่อปริมาตร) ทำการกวนผสมด้วยเครื่องกวนแท่งแม่เหล็กเพื่อให้สารตะกอนแซนแทนกัมละลายเป็นเนื้อเดียวกับน้ำกลั่นที่อุ่น วัดค่าความเป็นกรด-ด่าง วัดค่าความหนืดที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ผลการทดลองแสดงในตารางที่ 4.10 วัดค่าความหนืดเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ ที่ 15 25 และ 85 องศาเซลเซียส ที่ค่าความเป็นกรด- ด่าง 7.00 และวัดค่าความหนืดเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นกรด- ด่าง ที่ 4.5 6.5 และ 8.5 ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ผลการทดลองแสดงดังภาพที่ 4.8 และ 4.9

ตารางที่ 4.9 เปรียบเทียบคุณภาพทางกายภาพ และ ค่าสีโดยวัดจากค่า L* a* b* ของแซนแทนกัมทางการค้า สูตร Roseiro เดิม และ สูตร Roseiro ปรับปรุง

ชนิดของแซนแทนกัมผง	คุณสมบัติทางกายภาพ		ค่าสี		
	ความชื้น (เปอร์เซ็นต์)	เถ้า (เปอร์เซ็นต์)	L*	a*	b*
แซนแทนกัมทางการค้า	$11.52^{a}\pm0.64$	$8.67^{a}+0.06$	$96.87^{a}\pm0.16$	$0.11^{c}\pm0.03$	$2.11^{a}\pm0.29$
แซนแทนกัมสูตร Roseiro เดิม	$9.86^{b}\pm0.14$	$9.77^{b}+0.09$	$84.69^{c}\pm0.26$	$2.22^{a}\pm0.06$	$0.39^{b}\pm0.11$
แซนแทนกัมสูตร Roseiro ปรับปรุง	$8.29^{c}\pm0.20$	$10.72^{c}+0.03$	$90.09^{b}\pm0.09$	$1.55^{b}\pm0.04$	$-1.81^{c}\pm0.09$

หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ยได้จากการทดลอง 3 ซ้ำ ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน และตัวอักษรภาษาอังกฤษกำกับเหนือค่าเฉลี่ยในคอลัมม์เดียวกัน ถ้าต่างกันแสดงว่าค่าเฉลี่ยมีความแตกต่าง ทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

จากตารางที่ 4.9 พบว่า แซนแทนกัมที่ผลิตขึ้น ทั้งที่หมักเชื้อ *Xanthomonas campestris* TISTR 840 สูตรอาหาร Roseiro เดิม และสูตร Roseiro ปรับปรุง จะมีความชื้นที่ต่ำกว่าเล็กน้อย ทั้งนี้เนื่องมาจากแซนแทนกัมที่ผลิตขึ้นทั้ง 2 สูตร จะใช้วิธีการบดด้วยครกบดยา จึงเป็นไปได้ว่า ไม่สามารถบดให้

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ละเอียดได้เท่ากับ แซนแทนกัมที่ผลิตในเชิงการค้า ซึ่งมีเทคโนโลยีการผลิตที่สูงกว่า บดได้ละเอียดกว่า จึงมีพื้นที่ผิวมากกว่า สามารถดูดความชื้นได้รวดเร็ว และดีกว่า นอกจากนี้ แซนแทนกัมที่ผลิตในเชิงการค้า ยังมีปริมาณเถ้าที่ต่ำกว่าด้วย ซึ่งบ่งบอกถึงความบริสุทธิ์ของ แซนแทนกัมที่ผลิตในเชิงการค้าที่มีมากกว่าด้วย

และเมื่อเปรียบเทียบค่าสีโดยวัดจากค่า L* a* b* ของแซนแทนทางการค้า สูตรRoseiro เดิม และสูตร Roseiro ปรับปรุง พบว่า แซนแทนกัมที่ผลิตในทางการค้า มีความสว่างของสีมากกว่า แซนแทนกัมที่ผลิตขึ้น ทั้งที่หมักเชื้อ *Xanthomonas campestris* TISTR 840 สูตรอาหาร Roseiro เดิม และสูตร Roseiro ปรับปรุง เนื่องจากมีค่า L* ที่สูงที่สุด รองลงมาจะเป็น แซนแทนกัมสูตร Roseiro ปรับปรุง และสุดท้ายเป็น แซนแทนกัมสูตร Roseiro เดิม ส่วนค่า a* ที่แสดงถึงโทนสีที่เป็นสี เขียว-แดง พบว่าเรียงลำดับสีแดงจากมากไปน้อยตามลำดับดังนี้คือ แซนแทนกัมสูตร Roseiro เดิม แซนแทนกัมสูตร Roseiro ปรับปรุง และ แซนแทนกัมทางการค้า สำหรับค่า b* ที่แสดงถึงโทนสีที่เป็นสี เหลือง-น้ำเงิน พบว่า แซนแทนกัมทางการค้า และ แซนแทนกัมสูตร Roseiro เดิม จะออกโทนสีเหลือง แต่ แซนแทนกัมทางการค้า จะออกโทนสีเหลืองมากกว่า แต่ แซนแทนกัมสูตร Roseiro ปรับปรุง จะมีค่าติดลบ แสดงว่า แซนแทนกัมสูตร Roseiro ปรับปรุงนี้ จะมีสีออกโทนน้ำเงินเล็กน้อย

ตารางที่ 4.10 เปรียบเทียบค่าความเป็น กรด - ด่าง และความหนืด ของแซนแทนกัมทางการค้า สูตร Roseiro เดิม และ สูตร Roseiro ปรับปรุง ที่ละลายน้ำ 0.2 เปอร์เซ็นต์ ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส

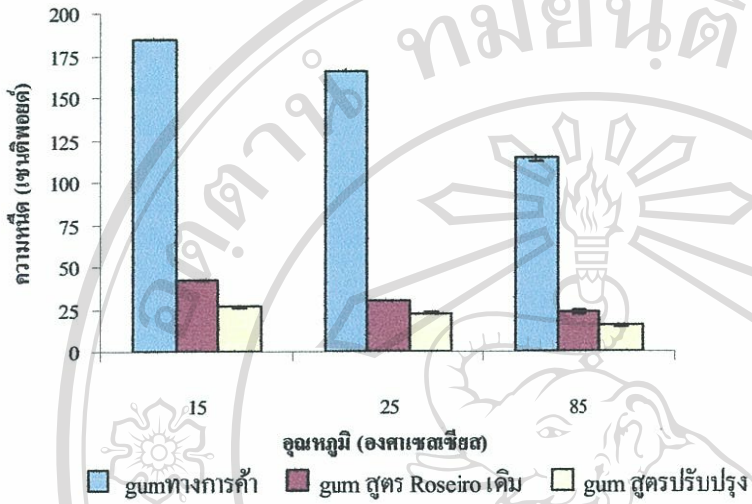
ชนิดของสารละลายแซนแทนกัม	คุณสมบัติทางกายภาพ	
	ค่าความเป็นกรด- ด่าง	ความหนืด (เซนติพอยต์)
แซนแทนกัมทางการค้า	4.87^{a}±0.03	148.46^{a}+0.59
แซนแทนกัมสูตร Roseiro เดิม	5.85^{b}±0.02	33.29^{b}+0.62
แซนแทนกัมสูตร Roseiro ปรับปรุง	8.37^{c}±.006	18.71^{c}+0.27

หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ยได้จากการทดลอง 3 ซ้ำ ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน และตัวอักษรภาษาอังกฤษกำกับเหนือค่าเฉลี่ยในคอลัมม์เดียวกัน ถ้าต่างกันแสดงว่าค่าเฉลี่ยมีความแตกต่าง ทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

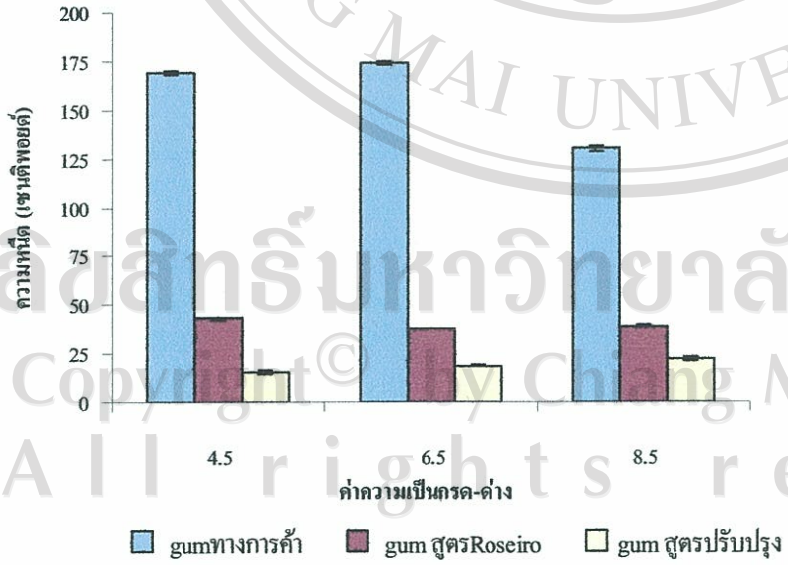
จาก ตารางที่ 4.10 เปรียบเทียบค่าค่าความเป็นกรด- ด่าง และความหนืด ของแซนแทนกัมทางการค้า แซนแทนกัมสูตร Roseiro เดิม และ แซนแทนกัมสูตร Roseiro ปรับปรุง ที่ละลายน้ำ 0.2 เปอร์เซ็นต์ ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส พบว่า เมื่อละลายน้ำแล้ว แซนแทนกัมทางการค้า และแซนแทนกัมสูตร

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

Roseiro เดิม จะให้ค่าความเป็นกรดที่สูงกว่า แซนแทนกัมสูตร Roseiro ปรับปรุง และค่าความหนืด ที่วัดได้ เรียงลำดับจากสูงมาต่ำคือ แซนแทนกัมทางการค้า แซนแทนกัมสูตร Roseiro เดิม และ แซนแทนกัมสูตร Roseiro ปรับปรุง



ภาพที่ 4.8 เปรียบเทียบค่าความความหนืด ของแซนแทนกัมทางการค้า สูตร Roseiro เดิม และ สูตร Roseiro ปรับปรุง ที่ละลายน้ำ 0.2 เปอร์เซ็นต์ ที่ค่าความเป็นกรด-ด่าง 7.00 ที่อุณหภูมิต่างๆ



ภาพที่ 4.9 เปรียบเทียบค่าความความหนืด ของแซนแทนกัมทางการค้า สูตร Roseiro และ สูตร Roseiro ปรับปรุง ที่ละลายน้ำ 0.2 เปอร์เซ็นต์ ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ที่ค่าความเป็นกรด-ด่าง ต่างๆ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

จากภาพที่ 4.8 และ 4.9 จะเห็นได้ว่า แซนแทนกัมทั้ง 3 ชนิด คือ แซนแทนกัมทางการค้า แซนแทนกัมสูตร Roseiro เดิม และ แซนแทนกัมสูตร Roseiro ปรับปรุง ค่อนข้างมีความคงตัว ไม่ว่า จะวัดความหนืด ที่เปลี่ยนแปลงอุณหภูมิไป จาก 15 25 และ 85 องศาเซลเซียส แต่ค่าความเป็นกรด-ด่างคงที่และเป็นกลาง ที่ 7.00 หรือ ค่าความหนืดที่อุณหภูมิคงที่ที่ 25 องศาเซลเซียส แต่มีการเปลี่ยนแปลง ค่าความเป็นกรด-ด่าง เป็น 4.5 6.5 และ 8.5 ก็ตาม ซึ่งค่าความหนืดที่วัดได้จะไม่เปลี่ยนแปลงไปมากนัก

สำหรับค่าความหนืดที่วัดได้ เมื่อวัดที่สภาวะดียวกันของแซนแทนกัมกัมทั้ง 3 ชนิด คือ แซนแทนกัมทางการค้า แซนแทนกัมสูตร Roseiro เดิม และ แซนแทนกัมสูตร Roseiro ปรับปรุง พบว่า แซนแทนกัมทางการค้า จะให้ความหนืดที่สูงที่สุด รองลงมา คือ แซนแทนกัมสูตร Roseiro และต่ำที่สุด คือ แซนแทนกัมสูตร Roseiro ปรับปรุง แต่ความหนืดของ แซนแทนกัมสูตร Roseiro เดิม มีค่าสูงกว่าก็จริง แต่ไม่ต่างกันมากกับ แซนแทนกัมสูตร Roseiro ปรับปรุง คุณสมบัติของแซนกัมทั้ง 3 ชนิด ที่ทำการเปรียบเทียบ ที่ผ่านมา จะมีความแตกต่างอย่างเห็นได้ชัด ระหว่าง แซนแทนกัมทางการค้า กับ แซนแทนกัมสูตร Roseiro เดิม และต่ำที่สุด และ แซนแทนกัมสูตร Roseiro ปรับปรุง ที่ผลิตขึ้น ทั้งนี้เนื่องจาก แซนแทนกัมทางการค้า มีกรรมวิธีการผลิตส่วนใหญ่ ที่แตกต่างออกไป เช่น เป็นกระบวนการผลิตแบบ 2 ขั้นตอน ใช้เชื้อจุลินทรีย์ที่ผ่านการปรับปรุงพันธุ์แล้ว มีการหมักด้วยกระบวนการที่ทันสมัย และออกแบบเป็นอย่างดี และอื่นๆอีก ดังนั้นในอนาคตจำเป็นต้องมีการศึกษาเพิ่มเติมถ้าต้องการพัฒนา น้ำเวย์ที่เป็นของเหลือทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมนม ไปผลิตเป็น แซนแทนกัมที่มีคุณภาพดี และคุ้มค่าในการผลิตระดับอุตสาหกรรมต่อไป

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved