บทที่ 4
ผลการศึกษาและวิจารณ์

4.1 คุณสมบัติของโยเกิร์ตนมถั่วเหลืองเติมเชื้อจุลินทรีย์ *B. longum*

4.1.1 ลักษณะปรากฏของโยเกิร์ตนมถั่วเหลืองเติมเชื้อจุลินทรีย์ *B. longum* สูตรต่างๆ

โยเกิร์ตนมถั่วเหลืองเติมเชื้อจุลินทรีย์ *B. longum* ที่ศึกษามีจำนวน 8 สูตร ดังนี้

- สูตรที่ 1 โยเกิร์ตนมถั่วเหลืองสูตรนมผงขาดมันเนยเข้มข้นร้อยละ 10 น้ำตาลซูโครสเข้มข้นร้อยละ 5
- สูตรที่ 2 โยเกิร์ตนมถั่วเหลืองสูตรนมผงขาดมันเนยเข้มข้นร้อยละ 10 น้ำตาลซูโครสเข้มข้นร้อยละ 10
- สูตรที่ 3 โยเกิร์ตนมถั่วเหลืองสูตรนมผงขาดมันเนยเข้มข้นร้อยละ 10 น้ำผึ้งลำไยเข้มข้นร้อยละ 5
- สูตรที่ 4 โยเกิร์ตนมถั่วเหลืองสูตรนมผงขาดมันเนยเข้มข้นร้อยละ 10 น้ำผึ้งลำไยเข้มข้นร้อยละ 10
- สูตรที่ 5-8 ทำเหมือนสูตรที่ 1-4 แต่เติมคาราจีแนนความเข้มข้นร้อยละ 0.1

ผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตนมถั่วเหลืองเติมเชื้อ *B. longum* สูตรที่เติมคาราจีแนนร้อยละ 0.1 และไม่เติมคาราจีแนน ที่ใช้ระยะเวลาบ่มนาน 16, 18 และ 20 ชั่วโมง ได้ผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตที่มีลักษณะแสดงดังภาพที่ 1, 2 และ 3 ตามลำดับ ซึ่งจากการสังเกตด้วยสายตาพบว่า ผลิตภัณฑ์สูตรที่เติมคาราจีแนนจะมีสีน้ำตาลเข้ม ผลิตภัณฑ์สูตรที่ไม่เติมคาราจีแนนมีสีน้ำตาลอ่อน นอกจากนั้นผลิตภัณฑ์สูตรที่เติมคาราจีแนนยังมีปริมาณน้ำเวย์มากกว่ามีความเป็นเนื้อเดียวกันน้อยกว่าผลิตภัณฑ์สูตรที่ไม่ได้เติมคาราจีแนน และเมื่อใช้ระยะเวลาการบ่มนานมากขึ้นทั้ง 2 สูตรจะมี ปริมาณน้ำเวย์มากขึ้น

เมื่อเปรียบเทียบระหว่างผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตสูตรที่เติมสารให้ความหวาน 2 ชนิด คือ น้ำผึ้งลำไยและน้ำตาลซูโครสที่ 2 ระดับ คือ ร้อยละ 5 และร้อยละ 10 โดยบ่มนาน 16, 18 และ 20 ชั่วโมง พบว่าที่เวลาบ่มเท่ากันผลิตภัณฑ์สูตรน้ำผึ้งลำไยมีสีน้ำตาลเข้มมากกว่าสูตรน้ำตาลซูโครส การใช้น้ำผึ้งลำไยร้อยละ 10 มีสีน้ำตาลเข้มมากกว่าสูตรที่ใช้ร้อยละ 5 และผลิตภัณฑ์สูตรน้ำผึ้งลำไยร้อยละ 10 ที่เติมคาราจีแนนมีสีน้ำตาลเข้มมากที่สุด สรุปได้ว่าการใช้คาราจีแนนร้อยละ 0.1 เป็นสารเพิ่ม

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ความคงตัวไม่เหมาะสมในการผลิตผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตนมถั่วเหลือง เนื่องจากทำให้ผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตนมถั่วเหลืองมีลักษณะไม่น่ารับประทานปริมาณน้ำเวย์มาก และให้ผลิตภัณฑ์สีน้ำตาลเข้ม

ภาพที่ 1 ผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตนมถั่วเหลืองเติมเชื้อ *B. longum* สูตรที่เติมสารให้ความหวานความเข้มข้นร้อยละ 5 หลังบ่มนาน 16 ชั่วโมง เรียงจากซ้ายไปขวา คือ สูตรน้ำผึ้งเติมคาราจีแนน สูตรน้ำผึ้งไม่เติมคาราจีแนน สูตรน้ำตาลเติมคาราจีแนนและสูตรน้ำตาลไม่เติมคาราจีแนน

ภาพที่ 2 ผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตนมถั่วเหลืองเติมเชื้อ *B. longum* สูตรที่เติมสารให้ความหวานความเข้มข้นร้อยละ 5 หลังบ่มนาน 18 ชั่วโมง เรียงจากซ้ายไปขวา คือ สูตรน้ำผึ้งเติมคาราจีแนน สูตรน้ำผึ้งไม่เติมคาราจีแนน สูตรน้ำตาลเติมคาราจีแนนและสูตรน้ำตาลไม่เติมคาราจีแนน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ภาพที่ 3 ผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตนมถั่วเหลืองเติมเชื้อ *B. longum* สูตรที่เติมสารให้ความหวานความเข้มข้นร้อยละ 5 หลังบ่มนาน 20 ชั่วโมง เรียงจากซ้ายไปขวา คือ สูตรน้ำผึ้งเติมคาราจีแนน สูตรน้ำผึ้งไม่เติมคาราจีแนน สูตรน้ำตาลเติมคาราจีแนนและสูตรน้ำตาลไม่เติมคาราจีแนน

4.1.2 ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพของผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตนมถั่วเหลืองเติมเชื้อ *B. longum* สูตรน้ำผึ้งลำไยและสูตรน้ำตาลซูโครสเปรียบเทียบระหว่างการเติมและไม่เติมคาราจีแนน

เมื่อนำผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตนมถั่วเหลืองเติมเชื้อ *B. longum* ที่ใช้เวลาบ่มนาน 16, 18 และ 20 ชั่วโมง มาวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพ (ตารางที่ 12 และตารางที่ ง-1, ง-2, ง-3 และ ง-4 ในภาคผนวก ง) พบว่า ปัจจัยที่มีผลต่อปริมาณน้ำเวย์ คือ การเติมคาราจีแนน ชนิดของสารให้ความหวาน ระดับความเข้มข้นที่ใช้ และระยะเวลาการบ่ม ผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตสูตรที่เติมคาราจีแนนความเข้มข้นร้อยละ 0.1 จะมีปริมาณน้ำเวย์มากกว่าสูตรที่ไม่เติมคาราจีแนนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) การใช้น้ำผึ้งลำไยเป็นสารให้ความหวาน จะมีปริมาณน้ำเวย์มากกว่าใช้น้ำตาลซูโครสเป็นสารให้ความหวานอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) การใช้ความเข้มข้นของสารให้ความหวานร้อยละ 10 มีปริมาณน้ำเวย์มากกว่าร้อยละ 5 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) และเมื่อเปรียบเทียบระยะเวลาการบ่มผลิตภัณฑ์ พบว่ามีปริมาณน้ำเวย์มากขึ้นเมื่อใช้เวลาบ่มนานขึ้น การใช้เวลาบ่มนาน 20 ชั่วโมงมีปริมาณน้ำเวย์มากกว่าการใช้เวลาบ่มนาน 16 ชั่วโมงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ดังนั้นผลิตภัณฑ์สูตรน้ำผึ้งลำไยร้อยละ 10 ใช้เวลาบ่มนาน 20 ชั่วโมงที่เติมคาราจีแนนจึงมีปริมาณน้ำเวย์มากที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์สูตรอื่นๆ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

จากการศึกษาค่าความหนืดของผลิตภัณฑ์โยเกิร์ต (ตารางที่ 12 และตารางที่ ง-3, ง-4 ในภาคผนวก ง) พบว่าชนิดของสารให้ความหวาน และระดับความเข้มข้นที่ใช้มีผลต่อค่าความหนืดของผลิตภัณฑ์ โดยการใช้น้ำผึ้งลำไยให้ค่าความหนืดต่ำกว่าการใช้น้ำตาลซูโครส ซึ่งที่ความเข้มข้นร้อยละ 5 มีความหนืดต่ำกว่าที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 10 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) และเมื่อใช้ระยะเวลาการบ่มนานขึ้น มีผลทำให้ค่าความหนืดเพิ่มมากขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ส่วนการเติมคาราจีแนนไม่มีผลต่อค่าความหนืดของผลิตภัณฑ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) สรุปได้ว่าการเติมคาราจีแนนร้อยละ 0.1 ไม่มีผลทำให้ความหนืดของโยเกิร์ตเพิ่มขึ้น

สำหรับค่าสี L (ความสว่าง) (ตารางที่ 13 และตารางที่ ง-1, ง-2, ง-3 และ ง-4 ในภาคผนวก ง) พบว่า การใช้คาราจีแนน ชนิด ความเข้มข้นของสารให้ความหวาน และระยะเวลาการบ่มมีผลต่อค่าสี L ของผลิตภัณฑ์ โยเกิร์ตสูตรที่ไม่เติมคาราจีแนนมีค่าความสว่างมากกว่าสูตรที่เติมคาราจีแนนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) การใช้น้ำผึ้งเป็นสารให้ความหวานที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 10 และการใช้เวลาบ่มนาน 20 ชั่วโมง มีผลทำให้ผลิตภัณฑ์มีความสว่างลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) การใช้น้ำตาลซูโครสมีผลทำให้ค่าสี a (แดง-เขียว) มากกว่า แต่ค่าสี b (เหลือง-น้ำเงิน) น้อยกว่าใช้น้ำผึ้งลำไยเป็นสารให้ความหวาน ดังนั้น ผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตที่ใช้น้ำผึ้งลำไยจะให้สีโทนสีแดง และสีเข้มมากกว่าใช้น้ำตาลซูโครสเป็นสารให้ความหวาน

จากการวิเคราะห์ลักษณะเนื้อสัมผัส (ตารางที่ 14 และตารางที่ ง-1, ง-2 ง-3 และ ง-4 ในภาคผนวก ง) พบว่า ค่าความแข็ง (hardness) ค่าการยึดเกาะของโครงสร้าง (cohesiveness) และค่าพลังงานที่ใช้ในการบดเคี้ยวอาหารแข็ง (gumminess) ของผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตที่เติมคาราจีแนนมีค่ามากกว่าผลิตภัณฑ์ที่ไม่เติมคาราจีแนนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ส่วนระดับความเข้มข้นของสารให้ความหวานร้อยละ 10 มีผลทำให้ค่างานที่ทำให้วัสดุหลุดออกจากสิ่งเกาะติด (adhesiveness) มีค่ามากกว่า แต่ทำให้ค่าความแข็ง (hardness) ค่าการยึดเกาะของโครงสร้าง (cohesiveness) และค่าพลังงานที่ใช้ในการบดเคี้ยวอาหารแข็ง (gumminess) น้อยกว่าร้อยละ 5 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) และเมื่อเปรียบเทียบเวลาการบ่มผลิตภัณฑ์ พบว่าการใช้เวลาบ่มนาน 18 และ 20 ชั่วโมง มีผลทำให้ค่าการกลับสู่สภาพเดิม (springiness) มากกว่าใช้เวลาบ่มนาน 16 ชั่วโมงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) สรุปว่าการใช้คาราจีแนนในโยเกิร์ตมีผลทำให้ลักษณะเนื้อสัมผัสด้านความแข็ง ค่าพลังงานที่ใช้ในการบดเคี้ยว และค่าการยึดเกาะของโครงสร้างมากกว่าผลิตภัณฑ์ที่ไม่ใช้คาราจีแนน

วัตถุประสงค์ของการใช้สารเพิ่มความคงตัวคือ ช่วยปรับปรุงคุณภาพของโยเกิร์ตโดยช่วยยึดเกาะกับน้ำ และปรับปรุงลักษณะเนื้อสัมผัส (Kumar and Mishra, 2004) เนื่องจากโมเลกุลของ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

สารเพิ่มความคงตัวสามารถยึดจับกันเอง และก่อให้เกิดโครงร่างตาข่ายกับสารประกอบในน้ำนม (Tamine and Robinson, 1999) การศึกษานี้ พบว่าการใช้คาราจีแนนร้อยละ 0.1 เป็นสารเพิ่มความคงตัวในผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตนมถั่วเหลืองไม่เหมาะสม ซึ่งอาจเนื่องจากชนิดของสารเพิ่มความคงตัวที่ไม่เหมาะสมหรือระดับความเข้มข้นที่ใช้ไม่เหมาะสมสำหรับผลิตโยเกิร์ตนมถั่วเหลือง จึงทำให้ผลิตภัณฑ์มีความแข็งมากขึ้น และน้ำเวย์เพิ่มขึ้นเนื่องจากไม่ช่วยเพิ่มความสามารถในการรวมตัวกับน้ำ

ตารางที่ 12 ค่าความหนืดและปริมาณน้ำเวย์ของโยเกิร์ตนมถั่วเหลืองเติมเชื้อ *B. longum* สูตรน้ำผึ้งลำไยและสูตรน้ำตาลซูโครสที่เติมและไม่เติมคาราจีแนน ที่บ่มนาน 16,18 และ 20 ชั่วโมง

ชนิดของสารให้ความหวาน	ระยะเวลาบ่ม (ชั่วโมง)	ค่าความหนืด (เซนติพอยส์)		น้ำเวย์ (ร้อยละ)	
		เติมคาราจีแนน	ไม่เติมคาราจีแนน	เติมคาราจีแนน	ไม่เติมคาราจีแนน
น้ำผึ้งร้อยละ 5	16	839^{ef} ±49.37	615^{gh} ±19.46	18.67^{e} ±2.08	8.90^{f} ±0.36
	18	538^{h} ±68.79	738^{gf} ±61.86	27.17^{d} ±1.44	8.50^{f} ±0.86
	20	676^{fgh} ±118.87	947^{cde} ±36.47	34.00^{c} ±4.77	9.17^{f} ±1.26
น้ำผึ้งร้อยละ 10	16	713^{fgh} ±99.69	952^{cde} ±33.02	41.67^{b} ±6.66	4.00^{f} ±1.00
	18	948^{cde} ±34.36	722^{gf} ±59.03	39.00^{bc} ±8.72	6.33^{f} ±3.06
	20	1142^{b} ±119.87	711^{fgh} ±56.32	48.33^{a} ±4.04	7.17^{f} ±2.25
น้ำตาลร้อยละ 5	16	727^{fg} ±32.07	739^{fg} ±41.68	37.33^{bc} ±4.50	7.50^{f} ±.1.32
	18	690^{fgh} ±99.51	853^{ef} ±7.09	17.33^{e} ±1.15	7.33^{f} ±0.58
	20	851^{ef} ±121.66	742^{fg} ±40.78	48.50^{a} ±2.50	8.00^{f} ±1.00
น้ำตาลร้อยละ 10	16	817^{ef} ±10.35	1082^{bcd} ±100.27	24.67^{d} ±1.53	6.67^{f} ±1.52
	18	1461^{a} ±136.72	939^{de} ±24.09	38.33^{bc} ±2.08	7.33^{f} ±2.01
	20	1118^{bc} ±51.81	1069^{bcd} ±302.12	26.33^{d} ±3.21	4.87^{f} ±0.06

หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน จากการวิเคราะห์ 3 ซ้ำตัวเลขในคอลัมน์ที่มีค่าสังเกตเดียวกันที่กำกับด้วยตัวอักษรที่ต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 13 ค่าสีของโยเกิร์ตนมถั่วเหลืองเติมเชื้อ *B. longum* สูตรน้ำผึ้งลำไยและสูตรน้ำตาลซูโครสที่เติมและไม่เติมคาราจีแนนที่บ่มนาน 16, 18 และ 20 ชั่วโมง

ชนิดของสารให้ความหวาน	ระยะเวลาบ่ม (ชั่วโมง)	ค่าสี					
		เติมคาราจีแนน			ไม่เติมคาราจีแนน		
		L	a	b	L	a	b
น้ำผึ้งร้อยละ 5	16	82.45^{bcdef}±2.21	-2.47^{abcdefgh}±0.12	11.75^{abcdef} ±0.13	81.41^{defgh} ±1.46	-2.32^{abcdef} ±0.34	12.60^{abcd} ±0.37
	18	80.99^{efghi}±0.41	-2.34^{abcdef} ±0.09	11.99^{abcdef} ±0.02	80.26^{fghij} ±0.14	-2.44^{abcdefg}± 0.23	12.54^{abcde} ± 0.17
	20	79.10^{ijk}±0.91	-2.14^{abcde} ±0.69	12.02^{abcdef} ±0.46	79.72^{hij} ±1.42	-1.75^{a} ±1.18	13.04^{ab} ±1.00
น้ำผึ้งร้อยละ 10	16	78.35^{jk}±0.71	-2.02^{abc} ±0.99	13.12^{a} ±0.80	80.01^{ghij} ±0.03	-2.04^{abcd}±1.13	13.15^{a}±0.55
	18	78.67^{jk}±1.10	-1.78^{bcda} ±0.84	13.14^{a} ±1.10	78.42^{jk} ±0.30	-2.00^{ab}± 1.16	12.87^{abcd} ± 1.16
	20	77.04^{k}±1.52	-2.04^{abcd} ±1.05	12.97^{abc} ±1.15	78.46^{jk} ±0.32	-2.14^{abcde}±1.13	12.87^{abcd} ±1.12
น้ำตาลร้อยละ 5	16	82.13^{cdefg}±0.24	-3.29^{cdefghi}±0.05	11.19^{ef} ±0.21	84.80^{ab}±0.84	-3.37^{efghi}±0.07	11.58^{cdef} ±0.33
	18	83.17^{abcde}±3.25	-3.25^{bcdefghi} ±0.09	11.18^{ef} ±0.52	84.75^{ab} ±0.19	-3.31^{defghi} ±0.28	11.68^{bcdef} ±0.65
	20	82.53^{bcdef}±0.62	-3.31^{defghi}±0.06	11.02^{f} ±0.10	84.95^{a} ±0.13	-3.44^{fghi}±0.04	11.60^{cdef} ±0.30
น้ำตาลร้อยละ10	16	84.60^{ab}±0.15	-3.72^{hi}±0.22	11.53^{def} ±0.44	85.22^{a} ±0.11	-3.66^{ghi} ±0.54	11.18^{ef} ±0.25
	18	84.50^{ab}±0.84	-3.41^{efghi} ±0.33	11.60^{cdef} ±0.68	84.79^{ab}±0.56	-3.76^{i}±0.81	10.60^{ef} ±1.43
	20	83.64^{abcd} ±1.56	-3.48^{fghi}±0.22	11.17^{f} ±0.73	83.92^{abc} ±2.67	-3.78^{i}±0.48	10.84^{f} ±0.87

หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน จากการวิเคราะห์ 3 ซ้ำตัวเลขในคอลัมน์ที่มีค่าสังเกตเดียวกันที่กำกับด้วยตัวอักษรที่ต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 14 ลักษณะเนื้อสัมผัสของโยเกิร์ตนมถั่วเหลืองเติมเชื้อ *B. longum* สูตรน้ำผึ้งลำไยและสูตรน้ำตาลซูโครสที่เติมและไม่เติมคาราจีแนน ที่บ่มนาน 16, 18 และ 20 ชั่วโมง

ชนิดของสารให้ความหวาน	ระยะเวลาบ่ม (ชั่วโมง)	ลักษณะเนื้อสัมผัส			
		Hardness (g.) (ค่าความแข็ง)		Adhesiveness (g.sec) (ค่างานที่ทำให้วัสดุหลุดออกจากสิ่งเกาะติด)	
		เติมคาราจีแนน	ไม่เติมคาราจีแนน	เติมคาราจีแนน	ไม่เติมคาราจีแนน
น้ำผึ้งร้อยละ 5	16	217.23^{b}±4.80	109^{o}±4.08	-99.33^{f}±5.97	-59.83^{gh}±11.91
	18	215.04^{b}±1.19	121.09^{mn}±13.82	-26.01^{i}±1.88	-33.80^{i}±5.40
	20	208.09^{bc}±7.09	132.50^{jkl}±2.49	-23.28^{i}±0.16	-39.48^{hi}±11.80
น้ำผึ้งร้อยละ 10	16	149.21^{ghi}±7.11	139.51^{ijk}±1.18	-168.90^{a}±19.79	-146.69^{abc}±29.42
	18	167.08^{c}±1.08	125.47^{lmn}±6.12	-108.54^{ef}±8.20	-155.79^{ab}±0.03
	20	143.27^{hi}±5.39	130.84^{kl}±0.44	-113.95^{def}±13.45	-139.83^{bc}±9.70
น้ำตาลร้อยละ 5	16	200.03^{c}±1.98	141.80^{hij}±4.68	-37.15^{hi}±18.94	-42.52^{hi}±4.08
	18	242.03^{a}±4.25	163.36^{ef}±1.52	-43.83^{hi} ±6.84	-62.97^{gh}±14.65
	20	238.64^{a}±3.26	140.79^{ij}±3.02	-27.51^{i}±2.17	-47.93^{ghi}±4.69
น้ำตาลร้อยละ10	16	179.23^{d}±8.36	140.88^{ij}±5.05	-151.28^{ab}±19.20	-125.44^{cde}±2.98
	18	151.34^{gh}±1.09	119.49^{n}±7.22	-72.36^{g} ±19.32	-135.29^{bcd}±5.97
	20	155.11^{fg}±6.31	129.90^{lm}±5.02	-150.59^{ab}±33.62	-105.32^{ef}±5.14

หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน จากการวิเคราะห์ 3 ซ้ำตัวเลขในคอลัมน์เดียวกันที่กำกับด้วยตัวอักษรที่ต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 14 (ต่อ) ลักษณะเนื้อสัมผัสของโยเกิร์ตนมถั่วเหลืองเติมเชื้อ *B. longum* สูตรน้ำผึ้งลำไยและสูตรน้ำตาลซูโครสที่เติมและไม่เติมคาราจีแนนที่บ่มนาน 16, 18 และ 20 ชั่วโมง

ชนิดของสารให้ความหวาน	ระยะเวลาบ่ม (ชั่วโมง)	ลักษณะเนื้อสัมผัส					
		Springiness (ค่าการกลับสู่สภาพเดิม)		Cohesiveness (ค่าการยึดเกาะของโครงสร้าง)		Gumminess (ค่าพลังงานที่ใช้ในการบดเคี้ยวอาหารแข็ง)	
		เติมคาราจีแนน	ไม่เติมคาราจีแนน	เติมคาราจีแนน	ไม่เติมคาราจีแนน	เติมคาราจีแนน	ไม่เติมคาราจีแนน
น้ำผึ้งร้อยละ 5	16	0.976^{ghi}±0.019	0.961^{j}±0.010	0.491^{fg} ±0.002	0.558^{ab}±0.019	110.38^{b}±8.32	58.07^{j}±1.83
	18	0.997^{ab}±0.001	0.986^{cdefg}±0.002	0.519^{cdef}±0.017	0.537^{abcde} ±0.032	113.65^{b} ±2.74	66.05^{gh} ±3.72
	20	0.993^{bcd}±0.002	0.992^{bcde} ±0.005	0.535^{bcde} ±.0.016	0.521^{cdef}±0.014	113.13^{b} ±1.58	67.88^{gh} ±1.20
น้ำผึ้งร้อยละ 10	16	0.971^{hij}±0.001	0.981^{defg}±0.010	0.564^{ab}±0.005	0.460^{gh} ±0.033	87.66^{d} ±3.68	66.12^{gh} ±4.91
	18	0.975^{ghi}±0.015	0.988^{bcdef}±0.003	0.564^{ab}±0.005	0.442^{h} ±0.008	90.39^{d} ±5.42	64.10^{ghi} ±0.85
	20	0.975^{ghi} ±0.002	0.989^{bcde} ±0.003	0.572^{a}±0.023	0.503^{ef}±0.003	81.82^{e} ±3.77	65.62^{gh} ±0.19
น้ำตาลร้อยละ 5	16	0.991^{bcde} ±0.00	0.984^{cdefg}±0.001	0.540^{abcd}±0.011	0.516^{def} ±0.017	108.01^{b} ±1.79	67.03^{gh} ±3.19
	18	0.992^{abcd} ±0.002	0.982^{cdefg}±0.003	0.491^{fg}±0.007	0.514^{def} ±0.080	111.91^{b} ±4.90	76.18^{f} ±1.31
	20	0.977^{fghi} ±0.002	0.983^{cdefg} ±0.001	0.535^{bcde} ±0.022	0.492^{fg} ±0.008	123.70^{a} ±1.04	69.95^{g} ±0.59
น้ำตาลร้อยละ10	16	0.978^{fgh} ±0.002	0.987^{bcdef} ±0.005	0.553^{abc} ±0.029	0.431^{h} ±0.017	102.55^{c} ±3.87	62.13^{hij} ±0.85
	18	0.967^{ij}±0.008	0.984^{cdefg} ±0.005	0.565^{ab}±0.012	0.441^{h} ±0.035	87.00^{de} ±2.87	57.91^{j} ±0.47
	20	0.980^{efgh} ±0.007	1.003^{a} ±0.001	0.542^{abcd} ±0.025	0.447^{h}±0.007	88.22^{d} ±1.64	58.57^{ij} ±1.00

หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน จากการวิเคราะห์ 3 ซ้ำตัวเลขในคอลัมน์เดียวกันที่กำกับด้วยตัวอักษรที่ต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

4.1.3 ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีของโยเกิร์ตนมถั่วเหลืองสูตรน้ำผึ้งลำไยและสูตรน้ำตาลซูโครสเปรียบเทียบระหว่างการเติมคาราจีแนนและไม่เติมคาราจีแนน

เมื่อนำโยเกิร์ตนมถั่วเหลืองเติมเชื้อ *B.longum* สูตรน้ำผึ้งลำไยและน้ำตาลซูโครสที่เติมและไม่เติมคาราจีแนนที่บ่มนาน 16, 18 และ 20 ชั่วโมง มาวิเคราะห์ความเป็นกรดด่างและปริมาณกรดแลคติคที่ไตเตรท (ตารางที่ 15 และง-1, ง-2 และ ง-4 ในภาคผนวก ง) พบว่า การเติมคาราจีแนนมีผลทำให้ค่าความเป็นกรดด่างของผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) แต่ไม่มีผลต่อปริมาณกรดแลคติคที่ไตไตรทอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) ส่วนชนิดของสารให้ความหวานที่ใช้นั้น พบว่า การใช้น้ำผึ้งลำไยเป็นสารให้ความหวานมีผลทำให้ค่าความเป็นกรดด่างของโยเกิร์ตต่ำกว่าใช้น้ำตาลซูโครสเป็นสารให้ความหวาน สรุปได้ว่าการใช้คาราจีแนนปริมาณร้อยละ 0.1 ไม่มีอิทธิพลต่อการผลิตกรดแลคติคของเชื้อโยเกิร์ตและ *B. longum* ในโยเกิร์ตนมถั่วเหลือง

จากการศึกษาตอนนี้สรุปได้ว่าการใช้คาราจีแนนความเข้มข้นร้อยละ 0.1 เป็นสารเพิ่มความคงตัวไม่เหมาะสมในการผลิตผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตนมถั่วเหลืองเติมเชื้อ *B. longum* เนื่องจากทำให้โยเกิร์ตมีลักษณะที่ไม่ดี คือมีปริมาณน้ำเวย์มาก มีความหนืดน้อย มีสีน้ำตาลเข้ม และเจลมีความแข็งมากแต่มีความยืดหยุ่นน้อย นอกจากนั้นไม่ช่วยเพิ่มปริมาณการเกิดกรดแลคติคอีกด้วย

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 15 ความเป็นกรดด่างและปริมาณกรดที่ไตเตรทได้ของโยเกิร์ตนมถั่วเหลืองเติมเชื้อ *B. longum* สูตรน้ำผึ้งลำไยและสูตรน้ำตาลซูโครสที่เติมและไม่เติมคาราจีแนนที่บ่มนาน 16, 18 และ 20 ชั่วโมง

ชนิดของสารให้ความหวาน	ระยะเวลาบ่ม (ชั่วโมง)	ความเป็นกรดด่าง		กรดแลคติคที่ไตเตรทได้ (ร้อยละ w/w)	
		เติมคาราจีแนน	ไม่เติมคาราจีแนน	เติมคาราจีแนน	ไม่เติมคาราจีแนน
น้ำผึ้งร้อยละ 5	16	3.74^{l}±0.03	4.25^{abcdef}±0.02	0.106^{bcd}±0.011	0.114^{abcd}±0.017
	18	4.22^{bcdefg}±0.03	4.17^{defgh}±0.02	0.128^{ab}±0.021	0.141^{a} ±0.026
	20	4.00^{ij}±0.16	3.85^{kl}±0.03	0.115^{abcd}±0.015	0.106^{bcd}±0.006
น้ำผึ้งร้อยละ 10	16	4.08^{ghij}±0.01	4.14^{fghi}±0.01	0.110^{bcd}±0.014	0.108^{cda}±0.009
	18	4.20^{cdefg}±0.16	4.15^{efgh}±0.11	0.112^{bcd}±0.008	0.121^{abc}±0.023
	20	3.98^{jk}±0.11	4.05^{hij}±0.11	0.115^{abcd}±0.051	0.121^{abc}±0.010
น้ำตาลร้อยละ 5	16	4.28^{abcdef}±0.02	4.28^{abcdef}±0.03	0.091^{d}±0.009	0.096^{cd}±0.007
	18	4.34^{abc}±0.03	4.26^{abcdef}±0.02	0.114^{abcd}±0.014	0.098^{cd}±0.009
	20	4.30^{abcdef}±0.02	4.31^{abcde}±0.01	0.090^{cd}±0.012	0.099^{cd}±0.007
น้ำตาลร้อยละ 10	16	4.32^{abcd}±0.02	4.39^{a}±0.02	0.109^{bcd}±0.013	0.106^{bcd}±0.013
	18	4.37^{ab}±0.02	4.23^{bcdefg}±0.03	0.109^{bcd}±0.016	0.112^{bcd}±0.012
	20	4.18^{defgh}±0.25	4.23^{bcdefg}±0.01	0.107^{bcd}±0.017	0.119^{abcd}±0.016

หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน จากการวิเคราะห์ 3 ซ้ำ ตัวเลขในคอลัมน์เดียวกันที่กำกับด้วยตัวอักษรที่ต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

4.2 ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติทางจุลินทรีย์ของโยเกิร์ตนมถั่วเหลืองเติมเชื้อ *B. longum* สูตรน้ำผึ้งลำไย และน้ำตาลซูโครสที่ระยะเวลาการบ่ม 16, 18 และ 20 ชั่วโมง

จากผลการวิเคราะห์ปริมาณเชื้อ *B. longum* ที่เจริญในผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตนมถั่วเหลือง (ตารางที่ 16) สรุปได้ว่า ผลิตภัณฑ์ที่ใช้น้ำตาลซูโครสเข้มข้นร้อยละ 10 ที่บ่มนาน 18 และ 20 ชั่วโมง และผลิตภัณฑ์ที่ใช้น้ำผึ้งลำไยเข้มข้นร้อยละ 10 ที่บ่มนาน 16 ชั่วโมงมีปริมาณเชื้อ *B. longum* เจริญได้ดีคือมีปริมาณเท่ากับ 9.80±0.51, 9.69±0.51 และ 9.50±0.39 log CFU/g ตามลำดับ อย่างไรก็ตามพบว่า ผลิตภัณฑ์ที่ใช้น้ำผึ้งลำไยความเข้มข้นร้อยละ 5 และน้ำตาลซูโครส

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ความเข้มข้นร้อยละ 10 ที่ใช้เวลาบ่ม 16, 18 และ 20 ชั่วโมง ก็มีปริมาณเชื้อ *B. longum* เจริญได้ดีไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

เมื่อพิจารณาถึงปริมาณของเชื้อ *B. longum* ในผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตนมถั่วเหลือง พบว่ามีปริมาณที่สูงคือ 10^8-10^9 CFU/g ซึ่งการที่มีปริมาณเชื้อโพรไบโอติคอยู่สูงกว่า 10^6 CFU/g จะให้คุณประโยชน์ต่อผู้บริโภค (Dave and Shah, 1997) สำหรับจำนวนเชื้อเริ่มต้นทั้งหมดและจำนวนเชื้อ *S. thermophillus* และ *L. bulgaricus* ที่เจริญในผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตนมถั่วเหลืองเติมเชื้อ *B. longum* ที่ใช้ระยะเวลาบ่ม 16, 18 และ 20 ชั่วโมงมีจำนวนระหว่าง 10^8-10^9 CFU/g ซึ่งไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

การใช้น้ำผึ้งลำไยและน้ำตาลซูโครสความเข้มข้นร้อยละ 10 มีการเจริญของเชื้อ *B. longum* มากกว่าความเข้มข้นร้อยละ 5 เมื่อใช้ระยะเวลาการบ่มนาน 16 และ 18 ชั่วโมง เนื่องจากสารให้ความหวานเป็นแหล่งของคาร์บอนที่เชื้อนำไปใช้ในการเจริญ ดังนั้นอาจเป็นไปได้ว่าที่ความเข้มข้นของสารให้ความหวานร้อยละ 10 นั้นมีสารส่งเสริมการเจริญของเชื้อ *B. longum* มากกว่าที่ความเข้มข้นร้อยละ 5 ซึ่งการศึกษานี้สอดคล้องกับการศึกษาของณัติพร (2548) ที่พบว่าเชื้อ *B. longum* ในผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตข้าวกล้องสูตรที่มีน้ำผึ้งลำไยร้อยละ 10 และ 15 มีการเจริญได้ดีกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตข้าวกล้องสูตรที่ใช้น้ำผึ้งลำไยร้อยละ 5

การศึกษาในตอนนี้สรุปได้ว่า การผลิตผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตนมถั่วเหลืองสูตรน้ำผึ้งลำไยและสูตรน้ำตาลซูโครสความเข้มข้นร้อยละ 10 ใช้ระยะเวลาการบ่มนาน 16, 18 และ 20 ชั่วโมง มีปริมาณเชื้อ *B. longum* ไม่แตกต่างกันและมีปริมาณมากพอที่จะให้ประโยชน์สำหรับผู้บริโภค ทั้งนี้การใช้เวลาการหมักสั้นทำให้ประหยัดค่าใช้จ่าย

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 16 ปริมาณจุลินทรีย์ในโยเกิร์ตนมถั่วเหลืองสูตรน้ำผึ้งลำไยและสูตรน้ำตาลซูโครสที่บ่มนาน 16, 18 และ 20 ชั่วโมง

ชนิดของสารให้ความหวาน	ระยะเวลาบ่ม (ชั่วโมง)	ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ (log CFU/g)		
		ปริมาณเชื้อทั้งหมด	ปริมาณเชื้อโยเกิร์ต	ปริมาณเชื้อ *B. longum*
น้ำผึ้งร้อยละ 5	16	$9.42^{ns} \pm 0.09$	$8.49^{ns} \pm 0.59$	$9.31^{ns} \pm 0.09$
	18	$9.37^{ns} \pm 0.08$	$8.88^{ns} \pm 0.30$	$9.16^{ns} \pm 0.07$
	20	$9.77^{ns} \pm 0.47$	$9.64^{ns} \pm 0.57$	$9.06^{ns} \pm 0.14$
น้ำผึ้งร้อยละ 10	16	$9.67^{ns} \pm 0.34$	$9.15^{ns} \pm 0.19$	$9.50^{ns} \pm 0.39$
	18	$9.73^{ns} \pm 0.66$	$9.08^{ns} \pm 0.78$	$9.30^{ns} \pm 1.03$
	20	$9.43^{ns} \pm 0.22$	$9.20^{ns} \pm 0.06$	$8.91^{ns} \pm 0.63$
น้ำตาลร้อยละ 5	16	$9.44^{ns} \pm 0.53$	$8.98^{ns} \pm 0.96$	$9.14^{ns} \pm 0.32$
	18	$9.17^{ns} \pm 0.28$	$8.28^{ns} \pm 0.88$	$8.97^{ns} \pm 0.30$
	20	$9.50^{ns} \pm 0.23$	$9.07^{ns} \pm 0.10$	$9.11^{ns} \pm 0.72$
น้ำตาลร้อยละ10	16	$9.67^{ns} \pm 0.47$	$9.28^{ns} \pm 0.76$	$9.30^{ns} \pm 0.09$
	18	$9.91^{ns} \pm 0.47$	$9.21^{ns} \pm 0.38$	$9.80^{ns} \pm 0.51$
	20	$9.72^{ns} \pm 0.52$	$8.34^{ns} \pm 0.79$	$9.69^{ns} \pm 0.51$

หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานจากการวิเคราะห์ 3 ซ้ำ ns หมายถึงไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

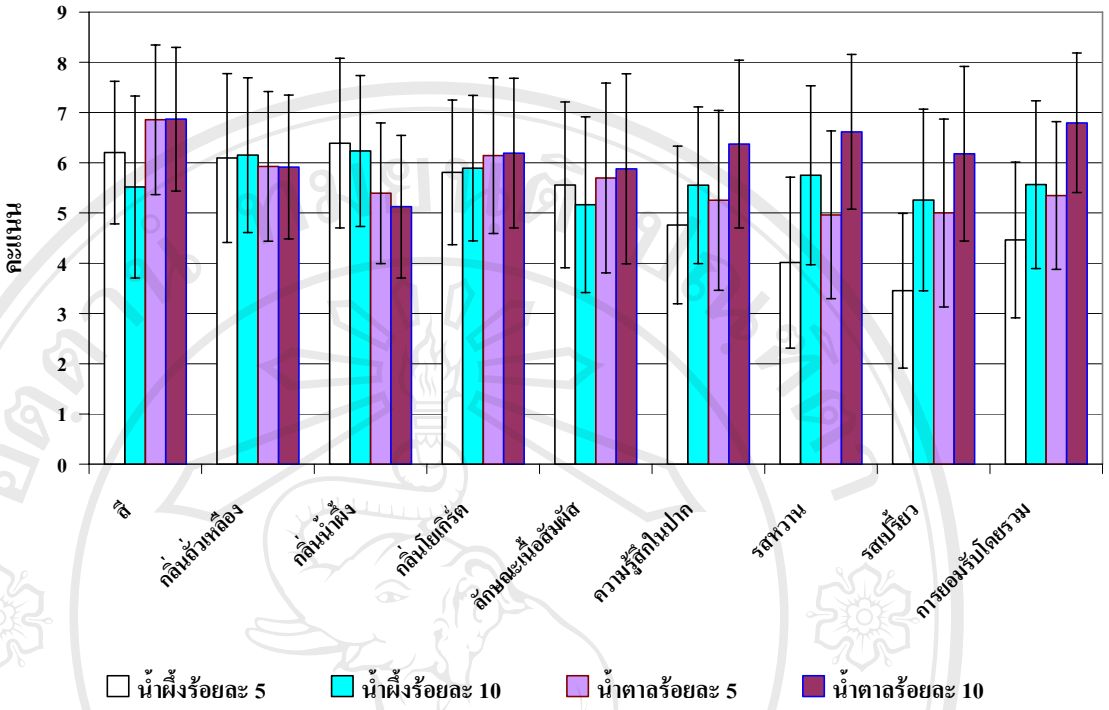
4.3 การยอมรับทางประสาทสัมผัสของโยเกิร์ตนมถั่วเหลืองเติมเชื้อ *B. longum* สูตรน้ำผึ้งลำไยและสูตรน้ำตาลซูโครส

จากการศึกษาผลของการเติมคาราจีแนน และไม่เติมคาราจีแนนในโยเกิร์ตนมถั่วเหลืองทั้ง 4 สูตร คือ สูตรน้ำผึ้งลำไยและสูตรน้ำตาลซูโครสความเข้มข้นร้อยละ 5 และ 10 ในตอนที่ 1 พบว่า สูตรที่เติมคาราจีแนนมีคุณสมบัติทางเคมีไม่แตกต่างกันมากนัก แต่โยเกิร์ตที่ไม่เติมคาราจีแนนมีคุณสมบัติทางกายภาพที่ดีกว่า คือมีปริมาณน้ำเวย์น้อยกว่า มีความสว่าง และความหนืดมากกว่าโยเกิร์ตสูตรที่เติมคาราจีแนน ส่วนเชื้อจุลินทรีย์ *B. longum*, *S. thermophillus* และ *L. Bulgaricus* มีปริมาณไม่แตกต่างกัน ดังนั้นจึงนำโยเกิร์ตสูตรน้ำผึ้งลำไยร้อยละ 5 และ10 สูตรน้ำตาลซูโครสร้อยละ 5 และ 10 ที่ไม่เติมคาราจีแนน ใช้เวลาบ่มนาน 16 ชั่วโมง มาทำการประเมินคุณสมบัติทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตนมถั่วเหลืองเติมเชื้อ *B. longum* ต่อไป โดยใช้ผู้ทดสอบที่ได้รับการฝึกฝน จำนวน 30 คนวางแผนการทดลองแบบ 2^2 Factorial in Randomized Complete Block Design

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

จากผลการประเมินคุณสมบัติทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตนมถั่วเหลือง เติมเชื้อ *B. longum* พบว่า ลักษณะทางประสาทสัมผัสส่วนใหญ่ของผลิตโยเกิร์ตนมถั่วเหลืองเติมเชื้อ *B. longum* มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) (ภาพที่ 4 และตารางที่ ง-8 ในภาคผนวก ง) การใช้สารให้ความหวานต่างกัน มีผลต่อการยอมรับของผู้ทดสอบชิมด้าน สี กลิ่น น้ำผึ้ง และลักษณะเนื้อสัมผัส ส่วนชนิดของสารให้ความหวานและระดับความเข้มข้นของสารให้ความหวานมีผลต่อการยอมรับของผู้ทดสอบชิมด้าน รสหวาน รสเปรี้ยว ความรู้สึกในปาก และการยอมรับโดยรวม ผู้ทดสอบชิมให้คะแนนการยอมรับโดยรวมโยเกิร์ตสูตรน้ำตาลซูโครสร้อยละ 10 มากที่สุดเท่ากับ 6.80±1.39 รองลงมาคือสูตรที่ใช้น้ำผึ้งลำไยร้อยละ 10 ได้รับคะแนนการยอมรับโดยรวมเท่ากับ 5.56±1.67 เมื่อเปรียบเทียบลักษณะเนื้อสัมผัสพบว่าสูตรน้ำตาลซูโครสร้อยละ 10 มีคะแนนการยอมรับมากที่สุด รองลงมาคือ สูตรน้ำตาลซูโครสร้อยละ 5 และสูตรน้ำผึ้งลำไยร้อยละ 5 ส่วนสูตรน้ำผึ้งลำไยร้อยละ 10 มีคะแนนการยอมรับต่ำสุด ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) การเปรียบเทียบการยอมรับด้านสี พบว่า สูตรน้ำตาลซูโครสร้อยละ 10 มีคะแนนสูงสุด สูตรน้ำผึ้งลำไยร้อยละ 10 มีคะแนนต่ำสุด เนื่องจากมีสีเข้มกว่าสูตรที่เติมน้ำตาลซูโครส ผลการยอมรับกลิ่นน้ำผึ้ง พบว่า สูตรน้ำผึ้งลำไยได้รับการยอมรับมากกว่าสูตรที่เติมน้ำตาลซูโครสอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ส่วนกลิ่นถั่วเหลืองและกลิ่นโยเกิร์ต ทั้ง 2 สูตรได้รับการยอมรับไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) โดยรวมแล้วผู้ทดสอบทางประสาทสัมผัสยอมรับผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตสูตรน้ำตาลซูโครสร้อยละ 10 มากที่สุดรองลงมาคือสูตรน้ำผึ้งลำไยร้อยละ 10 ทั้งนี้อาจเนื่องจากโยเกิร์ตสูตรน้ำตาลซูโครส ร้อยละ 10 มีความหวานมากกว่า และมีสีเข้มน้อยกว่า ผลการศึกษานี้สอดคล้องกับการศึกษาของณัติพร (2548) ที่พบว่าโยเกิร์ตข้าวกล้องเติมเชื้อ *B. longum* สูตรที่มีสีขาวกว่าจะได้คะแนนความชอบสูงกว่า

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved



ภาพที่ 4 คะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสของโยเกิร์ตนมถั่วเหลืองเติมเชื้อ *B. longum* สูตรน้ำผึ้งลำไยและสูตรน้ำตาลซูโครสความเข้มข้นร้อยละ 5 และ 10

4.4 ผลของน้ำผึ้งลำไยและน้ำตาลซูโครสต่อคุณสมบัติทางกายภาพ เคมี และการเหลือรอดของเชื้อ *B. longum* ในผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตนมถั่วเหลืองที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5±1องศาเซลเซียส นาน 28 วัน

จากผลคะแนนทางด้านประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตนมถั่วเหลือง เติมเชื้อ *B.longum* พบว่า คะแนนการยอมรับโดยรวมของผู้ทดสอบทางประสาทสัมผัส ยอมรับผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตสูตรน้ำตาลซูโครสร้อยละ 10 มากที่สุด รองลงมาคือสูตรน้ำผึ้งลำไยร้อยละ 10 ดังนั้นการศึกษาในตอนนี้จึงนำสูตรของผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตนมถั่วเหลืองเติมเชื้อ *B. longum* สูตรน้ำตาลซูโครสร้อยละ 10 และสูตรน้ำผึ้งลำไยร้อยละ 10 มาศึกษาเปรียบเทียบความแตกต่างกันของสารให้ความหวานทั้ง 2 ชนิดต่อคุณสมบัติทางกายภาพ คุณสมบัติทางเคมี การเจริญและการเหลือรอดของเชื้อ *B. longum* ในผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตที่เก็บที่อุณหภูมิ 5±1 องศาเซลเซียส นาน 28 วัน ทั้งนี้การกำหนดอุณหภูมิการเก็บรักษาโยเกิร์ตนมถั่วเหลืองที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียสนั้นเป็นอุณหภูมิที่นิยมใช้เก็บรักษาผลิตภัณฑ์นมและเป็นอุณหภูมิตู้เย็นโดยทั่วไป เนื่องจากโดยทั่วไปผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตแบบตักได้ จะมีอายุการเก็บนานประมาณ 21 วัน (อิศรา, 2546) การศึกษานี้ใช้ระยะเวลาการ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

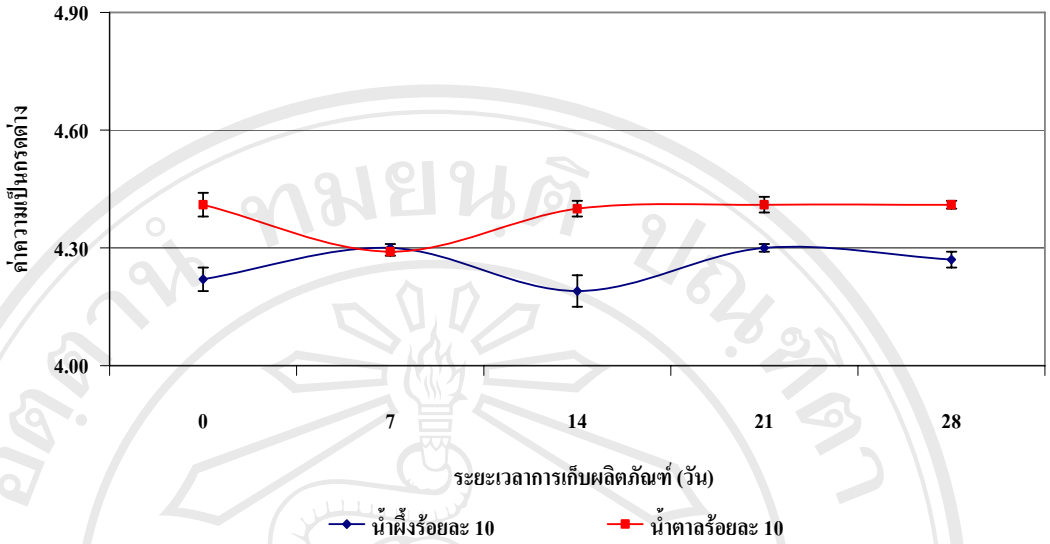
เก็บนาน 28 วัน เพื่อศึกษาเปรียบเทียบอายุการเก็บรักษาและปริมาณเชื้อ *B. longum* ที่เหลือรอดในโยเกิร์ตนมถั่วเหลืองสูตรน้ำผึ้งลำไยและสูตรน้ำตาลซูโครส

4.4.1 การเปลี่ยนแปลงสมบัติทางเคมีของผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตนมถั่วเหลืองเติมเชื้อ *B. longum* ที่เก็บที่อุณหภูมิ 5±1 องศาเซลเซียสนาน 28 วัน

4.4.1.1 ความเป็นกรดด่าง

เมื่อนำผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตนมถั่วเหลืองเติมเชื้อ *B. longum* ที่เก็บในตู้เย็นอุณหภูมิ 5±1 องศาเซลเซียส มาวิเคราะห์หาค่าความเป็นกรดด่างที่เวลา 0, 7, 14, 21 และ 28 วัน เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงของความเป็นกรดด่างของผลิตภัณฑ์ ในสูตรที่ใช้สารให้ความหวานแตกต่างกัน (ภาพที่ 5 และตารางที่ ง-8 ในภาคผนวก ง) พบว่า การใช้สารให้ความหวานต่างชนิดกันที่เวลา 0, 14, 21 และ 28 วันมีค่าความเป็นกรดด่างแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยโยเกิร์ตนมถั่วเหลืองสูตรน้ำผึ้งลำไยร้อยละ 10 มีความเป็นกรดด่างต่ำกว่าโยเกิร์ตนมถั่วเหลืองสูตรน้ำตาลซูโครสร้อยละ 10 อย่างไรก็ตามเมื่อเปรียบเทียบการเก็บผลิตภัณฑ์วันที่ผลิตเสร็จ และที่ระยะเวลาการเก็บ 28 วัน พบว่า ค่าความเป็นกรดเป็นด่างของโยเกิร์ตนมถั่วเหลืองสูตรน้ำผึ้งลำไย และน้ำตาลซูโครสไม่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากการเก็บที่อุณหภูมิต่ำเกิดการเปลี่ยนแปลงทางเคมีภายในผลิตภัณฑ์น้อย เช่น เอนไซม์ในผลิตภัณฑ์สามารถทำงานได้เพียงเล็กน้อย (Nicole et al., 1994) จึงส่งผลให้ค่าความเป็นกรดด่างของผลิตภัณฑ์เปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อย ผลการศึกษานี้สอดคล้องกับการศึกษาของของณัติพร(2548) ที่พบว่าผลิตภัณฑ์ไอศกรีมโยเกิร์ตข้าวกล้องเติมเชื้อ *B. longum* สูตรน้ำผึ้งลำไยที่เก็บไว้ที่อุณหภูมิ -12 ± 1 องศาเซลเซียสนาน 90 วัน มีค่าความเป็นกรดด่างของผลิตภัณฑ์ที่เวลา 1 และ 90 วันไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved



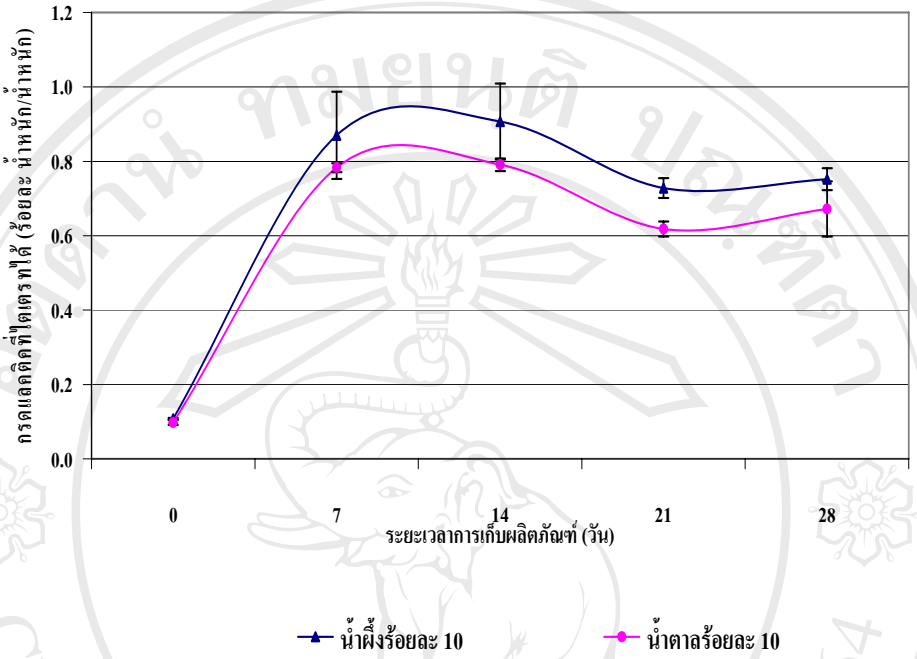
ภาพที่ 5 ค่าความเป็นกรดด่างของโยเกิร์ตนมถั่วเหลืองเติมเชื้อ *B. longum* สูตรน้ำผึ้งลำไย และสูตรน้ำตาลซูโครสร้อยละ 10 เก็บที่อุณหภูมิ 5±1 องศาเซลเซียส นาน 28 วัน

4.4.1.2 กรดแลคติค

ผลการวิเคราะห์ค่ากรดแลคติคในโยเกิร์ตนมถั่วเหลืองเติมเชื้อ *B. longum* ที่เก็บนาน 0, 7, 14, 21 และ 28 วัน ที่อุณหภูมิ 5±1 องศาเซลเซียส (ภาพ 6 และตารางที่ ง-9 ในภาคผนวก ง) พบว่า โยเกิร์ตนมถั่วเหลืองสูตรน้ำผึ้งลำไย และสูตรน้ำตาลซูโครส ร้อยละ 10 มีค่ากรดแลคติคในวันที่ผลิตเสร็จเท่ากับร้อยละ 0.108 และร้อยละ 0.098 ตามลำดับ และมีค่ากรดแลคติคมากที่สุดหลังเก็บผลิตภัณฑ์เป็นเวลา 14 วัน คือ มีค่าร้อยละ 0.907 และร้อยละ 0.791 ตามลำดับ หลังจากนั้นเริ่มมีค่าลดลงหลังจากเก็บผลิตภัณฑ์ไว้ 21 และ 28 วัน การลดลงของค่ากรดแลคติค อาจเนื่องจากเชื้อจุลินทรีย์มีกิจกรรมในการเปลี่ยนน้ำตาลแลคโตสให้เป็นกรดแลคติคสูงสุดในช่วงเวลาการเก็บ 14 วัน อย่างไรก็ตามเมื่อเปรียบเทียบที่เวลาการเก็บผลิตภัณฑ์หลังวันผลิตเสร็จและระยะเวลาการเก็บนาน 28 วัน พบว่ากรดแลคติคมีปริมาณเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) การที่ปริมาณกรดแลคติคเพิ่มขึ้นอาจเนื่องมาจากเกิดกระบวนการหมักอย่างต่อเนื่องช้าๆ ของเชื้อจุลินทรีย์ที่ยังมีกิจกรรมอยู่ ผลิตภัณฑ์จึงมีการเปลี่ยนน้ำตาลแลคโตสให้เป็นกรดแลคติคต่อไปได้เมื่อเก็บที่อุณหภูมิ 5±1 องศาเซลเซียส ผลการศึกษานี้สอดคล้องกับการศึกษาของอิศรา (2546) ที่เก็บรักษาผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตข้าวกล้องเติมเชื้อ *B. longum* ไว้นาน 30 วันแล้วพบว่าค่าแลคติคเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบปริมาณกรดแลคติคของโยเกิร์ตนมถั่วเหลืองทั้ง 2 สูตร พบว่าโยเกิร์ตนมถั่วเหลืองสูตรน้ำผึ้งลำไยมีปริมาณกรดแลคติคมากกว่าสูตรน้ำตาลซูโครสเล็กน้อย แต่ไม่

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) อาจเนื่องจาก จุลินทรีย์สามารถใช้ปริมาณน้ำตาลแลคโตสที่มีในน้ำผึ้งลำไยและน้ำตาลซูโครสเพื่อผลิตกรดแลคติคได้ไม่แตกต่างกัน



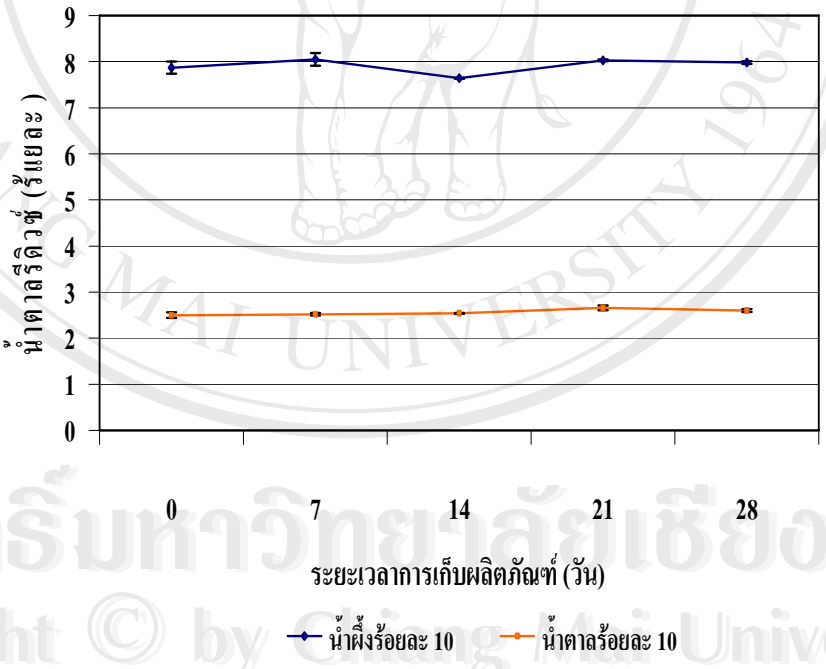
ภาพที่ 6 ปริมาณกรดแลคติกของโยเกิร์ตนมถั่วเหลืองเติมเชื้อ *B. longum* สูตรน้ำผึ้งลำไยและสูตรน้ำตาลซูโครสร้อยละ 10 เก็บที่อุณหภูมิ 5±1 องศาเซลเซียส นาน 28 วัน

4.4.1.3 น้ำตาลรีดิวซ์

ผลการวิเคราะห์ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ในผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตนมถั่วเหลืองเติมเชื้อ *B. longum* ที่เก็บนาน 28 วัน ที่อุณหภูมิ 5±1 องศาเซลเซียส (ภาพที่ 7 และตารางที่ ง-10 ในภาคผนวก ง) พบว่า ผลิตภัณฑ์ที่ใช้น้ำผึ้งลำไยเป็นสารให้ความหวาน มีปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์สูงกว่าผลิตภัณฑ์ที่ใช้น้ำตาลซูโครสเป็นสารให้ความหวานอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) ทั้งนี้เนื่องจากในน้ำผึ้งลำไยมีส่วนประกอบของน้ำตาลกลูโคสและฟรุกโตส ซึ่งมีสมบัติเป็นน้ำตาลรีดิวซ์เป็นองค์ประกอบหลัก ส่วนน้ำตาลซูโครสไม่จัดเป็นน้ำตาลรีดิวซ์ (ลักขณา และนิธิยา, 2544) ในผลิตภัณฑ์สูตรน้ำผึ้งลำไยมีปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์เริ่มต้นในวันที่ผลิตเสร็จ เท่ากับร้อยละ 7.87 และมีปริมาณเพิ่มขึ้นสูงสุดในวันที่ 7 เท่ากับร้อยละ 8.05 หลังจากนั้นมีแนวโน้มลดลง เมื่อเก็บผลิตภัณฑ์ไว้ 28 วันมีปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์เท่ากับร้อยละ 7.98 ส่วนผลิตภัณฑ์ที่ใช้น้ำตาลซูโครสมีปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์เริ่มต้นในวันที่ผลิตเสร็จ เท่ากับร้อยละ 2.50 มีแนวโน้มสูงมากขึ้นเมื่อเก็บผลิตภัณฑ์ไว้ 7 วัน และมีปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์สูงที่สุดเมื่อเก็บผลิตภัณฑ์ไว้ 21วัน คือมีปริมาณร้อยละ 2.66 และเริ่มมีปริมาณลดลงเมื่อเก็บผลิตภัณฑ์ไว้ 28 วัน คือ เท่ากับร้อยละ 2.60 อย่างไรก็ตามเมื่อเปรียบเทียบระยะเวลาการเก็บ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ผลิตภัณฑ์ทั้ง 2 สูตรระหว่างระยะเวลาหลังการผลิตและระยะเวลาการเก็บ 28 วัน พบว่ามีปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) ทั้งนี้อาจเนื่องมาจาก ผลิตภัณฑ์ที่ใช้สารให้ความหวานทั้งสองชนิดมีปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์มากพอสำหรับเชื้อจุลินทรีย์ และอาจเนื่องมาจากการเก็บผลิตภัณฑ์ที่อุณหภูมิต่ำทำให้เอนไซม์ในอาหารทำงานได้น้อยลง และจุลินทรีย์ไม่สามารถเจริญได้ จึงทำให้ปริมาณของน้ำตาลรีดิวซ์มีค่าไม่เปลี่ยนแปลงมากนัก ผลการศึกษานี้สอดคล้องกับการศึกษาของณัติพร (2548) ที่ศึกษาการเก็บผลิตภัณฑ์ไอศกรีมโยเกิร์ตข้าวกล้องสูตรน้ำผึ้งลำไยน้ำผึ้งขี้ไก่ย่าน น้ำตาลซูโครส และน้ำตาลฟรุกโตส ที่อุณหภูมิ -12±2 องศาเซลเซียสนาน 90 วัน พบว่าปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ในผลิตภัณฑ์ทั้ง 4 สูตรไม่เปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) นอกจากนั้นณัติพร (2548) ยังพบว่าน้ำตาลรีดิวซ์ในผลิตภัณฑ์สูตรน้ำตาลซูโครสมีปริมาณน้อยที่สุด ในขณะที่ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ในผลิตภัณฑ์สูตรน้ำผึ้งลำไย น้ำผึ้งขี้ไก่ย่าน และน้ำตาลฟรุกโตส ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)



ภาพที่ 7 ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ของโยเกิร์ตนมถั่วเหลืองเติมเชื้อ *B. longum* สูตรน้ำผึ้งลำไย และสูตรน้ำตาลซูโครสร้อยละ 10 เก็บที่อุณหภูมิ 5±1 องศาเซลเซียส นาน 28 วัน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

4.4.2 การเปลี่ยนแปลงสมบัติทางกายภาพของผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตนมถั่วเหลืองเติมเชื้อ *B. longum* ที่เก็บที่อุณหภูมิ 5±1 องศาเซลเซียส นาน 28 วัน

4.4.2.1 ค่าสี

ผลการวิเคราะห์ค่าสีในผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตนมถั่วเหลืองเติมเชื้อ *B. longum* หลังจากเก็บที่อุณหภูมิ 5 ± 1 องศาเซลเซียส (ภาพที่ 7 และตารางที่ ง-11, ง-12 และ ง-13 ในภาคผนวก ง) พบว่า ค่าสี L (ความสว่าง) ของผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตนมถั่วเหลืองสูตรน้ำผึ้งลำไยและสูตรน้ำตาลซูโครสมีค่า L เริ่มต้นหลังวันผลิต เท่ากับ 83.28 และ 86.27 ตามลำดับ ค่า L ลดลงในวันที่ 7, 14 และ21 โดยมีค่า L เท่ากับ 82.23 และ 84.65 ตามลำดับในวันที่ 21 หลังจากนั้นโยเกิร์ตนมถั่วเหลืองสูตรน้ำผึ้งลำไยมีค่า L เพิ่มมากขึ้นเมื่อเก็บผลิตภัณฑ์นาน 28 วัน เป็น 83.35 ส่วนโยเกิร์ตนมถั่วเหลืองสูตรน้ำตาลซูโครสมีความสว่างลดลง เป็น 85.93 อย่างไรก็ตามผลิตภัณฑ์ ทั้ง 2 สูตรเมื่อเปรียบเทียบค่าความสว่างในวันที่ผลิตเสร็จและหลังเก็บไว้นาน 28 วัน พบว่ามีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) เมื่อเปรียบเทียบค่า L ของสารให้ความหวานทั้ง 2 ชนิด พบว่าผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตนมถั่วเหลืองสูตรน้ำผึ้งลำไยมีความสว่างน้อยกว่าสูตรน้ำตาลซูโครสอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากสีของน้ำผึ้งลำไยที่มีสีน้ำตาลค่อนข้างเข้มมากกว่าและมีความสว่างน้อยกว่าน้ำตาลซูโครสจึงทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีสีน้ำตาลอ่อนส่วนสูตรที่ใช้น้ำตาลซูโครสผลิตภัณฑ์มีสีขาวมากกว่า

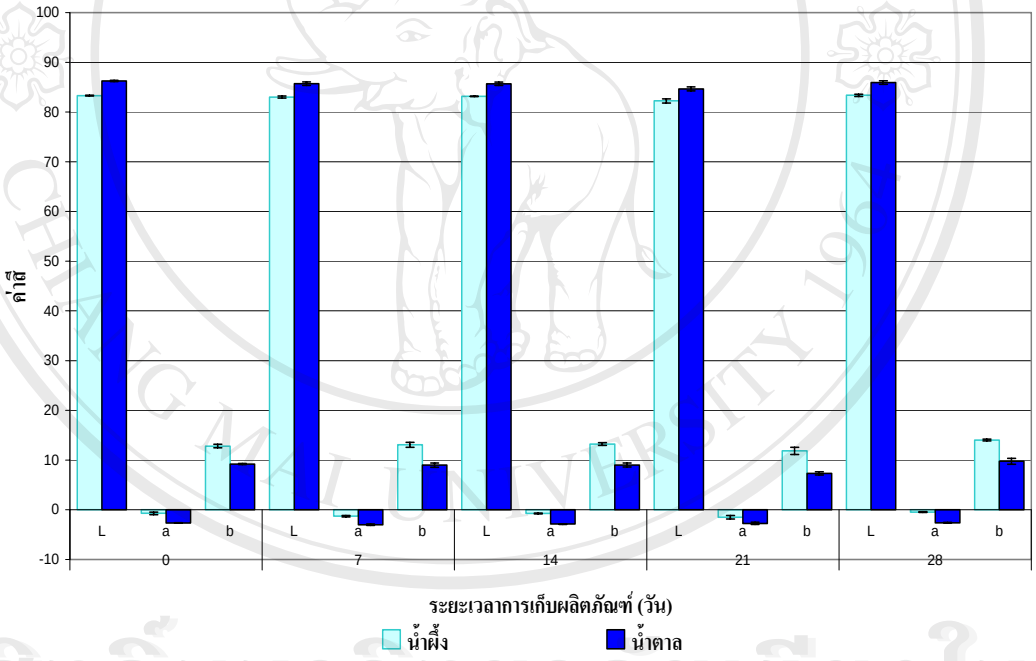
ค่าสี a (แดง-เขียว) ไม่มีการเปลี่ยนแปลงที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) ในสูตรน้ำผึ้งลำไยและสูตรน้ำตาลซูโครสหลังเก็บผลิตภัณฑ์ไว้นาน 28 วัน โดยในสูตรน้ำผึ้งลำไยมีค่า a หลังเก็บผลิตภัณฑ์หลังวันผลิตเสร็จและที่ 28 วัน เท่ากับ -0.72 และ -0.46 ตามลำดับ ส่วนในสูตรน้ำตาลซูโครสมีค่า a หลังเก็บผลิตภัณฑ์ 0 และ 28 วัน เท่ากับ -2.65 และ -2.61 ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบค่า a ของสารให้ความหวานทั้งสองชนิด พบว่าสูตรน้ำผึ้งลำไยมีค่าสี a เข้าใกล้สีแดงมากกว่าสูตรน้ำตาลซูโครสอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากน้ำผึ้งลำไยมีสีน้ำตาลซึ่งเข้าใกล้ สีแดงจึงทำให้ผลิตภัณฑ์มีสีเข้าใกล้สีแดงมากกว่าสูตรน้ำตาลซูโครส

ค่าสี b (เหลือง-น้ำเงิน) มีการเปลี่ยนแปลงไม่มากนักหลังเก็บรักษาผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตนมถั่วเหลืองสูตรน้ำตาลซูโครส โดยมีค่า b วันที่ผลิตเสร็จ และที่ระยะเวลาการเก็บ 28 วัน เท่ากับ 9.19 และ 9.76 ตามลำดับ ส่วนสูตรน้ำผึ้งลำไยมีค่า b เปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยมีค่า b จาก 12.82 วันที่ผลิตเสร็จ เป็น 14.02 ในวันที่ 28 ของการเก็บ เมื่อเปรียบเทียบค่า b

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ของสารให้ความหวานสองชนิด พบว่า สูตรน้ำผึ้งลำไยมีค่า b เข้าใกล้สีเหลืองมากกว่าสูตรน้ำตาลซูโครสอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

จากการวิเคราะห์ค่าสี สรุปได้ว่าผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตนมถั่วเหลืองเติมเชื้อ *B. longum* ที่เก็บที่อุณหภูมิ 5±1 องศาเซลเซียส นาน 28 วัน สูตรน้ำผึ้งลำไยมีการเปลี่ยนแปลงค่าสีเพียงเล็กน้อย ส่วนสูตรน้ำตาลซูโครสไม่มีการเปลี่ยนแปลงค่าสี ทั้งนี้ อาจเนื่องมาจากในระดับอุณหภูมิ และช่วงเวลาที่เก็บผลิตภัณฑ์ไม่มีผลทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางเคมีภายในผลิตภัณฑ์มากนัก ซึ่งจากการศึกษาของฉัตติพร (2546) ก็พบว่าผลิตภัณฑ์ไอศกรีมโยเกิร์ตข้าวกล้องสูตรน้ำผึ้งลำไยหลังเก็บไว้นาน 90 วัน ที่อุณหภูมิ -12 องศาเซลเซียส พบว่า มีค่าสี L, a และ b ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)



ภาพที่ 8 ค่าสีของโยเกิร์ตนมถั่วเหลืองเติมเชื้อ *B. longum* สูตรน้ำผึ้งลำไยและสูตรน้ำตาลซูโครสร้อยละ 10 เก็บที่อุณหภูมิ 5±1 องศาเซลเซียส นาน 28 วัน

4.4.2.2 ความหนืดและลักษณะเนื้อสัมผัส

ผลการวิเคราะห์ความหนืดของผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตนมถั่วเหลืองเติมเชื้อ *B. longum* ที่เก็บนาน 28 วัน ที่อุณหภูมิ 5±1 องศาเซลเซียส (ตารางที่ 18) พบว่า ค่าความหนืดของผลิตภัณฑ์หลังวันผลิตเสร็จ สูตรน้ำผึ้งลำไยมีความหนืดต่ำกว่าผลิตภัณฑ์สูตรที่ใช้น้ำตาลซูโครสอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ซึ่งอาจเป็นไปได้ว่าเชื้อเริ่มต้นในสูตรน้ำผึ้งลำไยมีการเจริญช้ากว่าใน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

สูตรน้ำตาลซูโครสทำให้มีกิจกรรมชีวเคมีน้อยกว่า เมื่อเปรียบเทียบการเก็บผลิตภัณฑ์วันที่ผลิตเสร็จ และที่ระยะเวลาการเก็บ 28 วัน ของผลิตภัณฑ์ทั้ง 2 สูตร พบว่ามีค่าความหนืดเพิ่มมากขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยสูตรน้ำผึ้งมีความหนืดสูงกว่าสูตรน้ำตาลเล็กน้อยหลังเก็บไว้นาน 28 วัน แต่ค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) ทั้งนี้อาจเป็นเพราะยังมีการสร้างกรดแลคติคเพิ่มขึ้นอีกเล็กน้อยหลังเก็บผลิตภัณฑ์ไว้นาน 28 วัน ซึ่งความหนืดเกิดจากการยึดจับกันของพันธะ electrostatic และ hydrophobic interaction ค่าความหนืดที่เพิ่มขึ้นอาจเป็นผลจากการมีกรดเพิ่มขึ้นอย่างช้าๆ จากการหมักของเชื้อเป็นไปอย่างช้า ๆ และต่อเนื่อง ทำให้โปรตีนตกตะกอนแบบ gelation ซึ่งโปรตีนจะทำปฏิกิริยากับน้ำ (Protein-water interaction) อย่างสม่ำเสมอ ทำให้น้ำถูกอุ้มไว้ในโครงสร้างของเจลโปรตีนได้มาก ทำให้เกิดลักษณะเนื้อโยเกิร์ตที่เนียนและเกิดเวย์น้อย แต่ถ้าหากเชื้อมีการสร้างกรดแลคติคอย่างรวดเร็ว ก็จะมีการตกตะกอนของโปรตีนอย่างรวดเร็วแบบ aggregation จากการทำปฏิกิริยากันของโปรตีนกับโปรตีน (Protein-protein interaction) มากขึ้น เป็นผลทำให้ลักษณะเนื้อโยเกิร์ตไม่เนียน เป็นเม็ดหรือเนื้อสัมผัสหยาบ (Tamine and Robinson, 1985)

เมื่อเปรียบเทียบการเก็บผลิตภัณฑ์วันที่ผลิตเสร็จและที่ระยะเวลาการเก็บ 28 วันในผลิตภัณฑ์สูตรน้ำผึ้งพบว่ามีค่าการยึดเกาะของโครงสร้าง (cohesiveness) ค่างานที่ทำให้วัสดุหลุดออกจากสิ่งเกาะติด (adhesiveness) และค่าพลังงานที่ใช้ในการบดเคี้ยวอาหารแข็ง (gumminess) เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ส่วนค่าความแข็ง (hardness) และค่าการกลับสู่สภาพเดิม (springiness) มีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) ส่วนในสูตรน้ำตาลพบว่าค่าความแข็ง (hardness) และค่าการกลับสู่สภาพเดิม (springiness) มีค่าลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) แต่การยึดเกาะของโครงสร้าง มีค่าเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ส่วนค่าพลังงานที่ใช้ในการบดเคี้ยวอาหารแข็ง และค่างานที่ทำให้วัสดุหลุดออกจากสิ่งเกาะติด มีค่าลดลงแต่ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) แสดงว่าเมื่อเก็บผลิตภัณฑ์ไว้ระยะเวลานาน 28 วัน ผลิตภัณฑ์สูตรน้ำผึ้งมีค่างานที่ทำให้วัสดุหลุดออกจากสิ่งเกาะติดซึ่งสะท้อนถึงความคงตัวเพิ่มขึ้น มีการยึดเกาะของโครงสร้างมากขึ้น แต่ความแข็งแรงของเจล ความยืดหยุ่นไม่เปลี่ยนแปลง สอดคล้องกับค่าความหนืดที่เพิ่มขึ้น ส่วนผลิตภัณฑ์สูตรน้ำตาลมีความแข็งแรงของเจลและความยืดหยุ่นลดลงแต่มีการยึดเกาะของโครงสร้างมากขึ้น เมื่อเปรียบเทียบระหว่างสารให้ความหวาน 2 ชนิด พบว่าผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตที่ได้หลังผลิตเสร็จ ผลิตภัณฑ์สูตรน้ำผึ้งมีค่าการกลับสู่สภาพเดิมต่ำกว่าสูตรน้ำตาลอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) แต่มีค่างานที่ทำให้วัสดุหลุดจากสิ่งเกาะติดสูงกว่าสูตรน้ำตาลอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) และเมื่อเก็บผลิตภัณฑ์ไว้ 28 วัน พบว่า ผลิตภัณฑ์สูตรน้ำผึ้งมีค่าความแข็ง ค่างานที่ทำให้วัสดุหลุดจากสิ่งเกาะติด ค่าการกลับสู่สภาพเดิม และค่าพลังงาน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ที่ใช้ในการบดเคี้ยวอาหารแข็งมากกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) แสดงว่าผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตสูตรน้ำผึ้งที่มีอายุการเก็บนาน 28 วันผลิตภัณฑ์มีลักษณะเจลของโยเกิร์ตที่ยืดหยุ่น มีความแข็ง และความคงตัวมากกว่าสูตรน้ำตาล

ตารางที่ 17 ค่าความหนืดและลักษณะเนื้อสัมผัสของโยเกิร์ตนมถั่วเหลืองเติมเชื้อ *B. longum* สูตรน้ำผึ้งลำไย และสูตรน้ำตาลซูโครส ร้อยละ 10 เก็บที่อุณหภูมิ 5±1 องศาเซลเซียส นาน 28 วัน

ชนิดของสารให้ความหวาน	วันที่เก็บ	ความหนืด (เซนติพอยส์)	Hardness (g)	Adhesiveness (g.sec)	Springiness	Cohesiveness	Gumminess
น้ำผึ้งร้อยละ10	0	3209c±917	140.56a±3.63	-72.04[b]±1.84	1.04b±0.16	0.46c±0.04	88.32b±2.78
	28	11432a ±784	152.2a±28.44	-77.71a±1.65	0.91b±0.08	0.999a±0.00	152.29a±28.46
น้ำตาลร้อยละ10	0	7780b±470	155.67a±30.52	-54.56c ±4.04	2.25a±0.37	0.673b±0.09	102.82b±6.66
	28	11087a ±198	76.67b±17.53	-53.90c±2.53	0.46c±0.04	1.001a±0.00	69.18b±22.78

หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานจากการวิเคราะห์ 3 ซ้ำ ตัวเลขในคอลัมน์เดียวกันที่กำกับด้วยตัวอักษรที่ต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

4.4.3 การเปลี่ยนแปลงทางด้านจุลินทรีย์ของผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตนมถั่วเหลืองเติมเชื้อ *B.longum* ที่เก็บที่อุณหภูมิ 5 ±1 องศาเซลเซียส

ผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตนมถั่วเหลืองเติมเชื้อ *B. longum* เก็บที่อุณหภูมิ 5±1 องศาเซลเซียสได้ถูกนำมาวิเคราะห์หาเชื้อ *L. bulgaricus, S. thermophillus* และ *B. longum* หลังเก็บนาน 0, 7, 14, 21 และ 28 วัน เพื่อดูการเปลี่ยนแปลงของปริมาณเชื้อในผลิตภัณฑ์ (ภาพที่ 8 และตารางที่ ง-15 ในภาคผนวก ง) พบว่าผลิตภัณฑ์ทั้ง 2 สูตรมีปริมาณเชื้อ *B. longum* วันที่ผลิตเสร็จเท่ากับ 8.13 log CFU/g เท่ากัน ผลิตภัณฑ์สูตรน้ำผึ้งลำไย มีปริมาณเชื้อ *B. longum* เพิ่มขึ้นเป็น 9.09 log CFU/g เมื่อเก็บผลิตภัณฑ์ไว้นาน 7 วัน หลังจากนั้นปริมาณเชื้อ *B. longum* ลดลงเหลือ 7.30 log CFU/g เมื่อเก็บไว้นาน 28 วัน ส่วนผลิตภัณฑ์สูตรน้ำตาลซูโครส มีปริมาณเชื้อ *B. longum* เพิ่มขึ้นเป็น 10.39 log CFU/g เมื่อเก็บไว้นาน 7 วัน หลังจากนั้นปริมาณเชื้อ *B. longum* ลดลงเหลือ 7.25 log CFU/g เมื่อเก็บไว้นาน 28 วัน ผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตสูตรน้ำผึ้งลำไยมีปริมาณของเชื้อ *B. longum* เหลือ 7.30 log CFU/g ส่วนผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตสูตรน้ำตาลซูโครสมีปริมาณของเชื้อ *B. longum* เหลือ 7.25 log CFU/g ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบการเก็บผลิตภัณฑ์วันที่ผลิตเสร็จ และที่ระยะเวลาการเก็บ 28 วัน ผลิตภัณฑ์ทั้ง 2 สูตรมีปริมาณของเชื้อ *B. longum* ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าน้ำผึ้งลำไยมีผลต่อการเจริญและเหลือรอดของเชื้อ *B. longum* มากกว่าน้ำตาลซูโครสในโยเกิร์ตนมถั่วเหลืองแต่ไม่มากกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) หลังจากเก็บโยเกิร์ตนมถั่วเหลืองทั้ง 2 สูตรที่อุณหภูมิ 5±1 องศาเซลเซียสนาน 7 วันแรก ปริมาณเชื้อ *B. longum* ยังมีปริมาณเพิ่มขึ้นอีกเล็กน้อย แสดงว่าเชื้อยังสามารถเจริญได้อีกเล็กน้อย แต่ลักษณะการเจริญจะเป็นไปแบบช้า ๆ หลังจากนั้นปริมาณเชื้อจะค่อย ๆ ลดลง เมื่อเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ไว้นาน 28 วัน ซึ่งอาจเนื่องจากสภาพความเป็นกรดด่างในโยเกิร์ตที่ลดลง ซึ่งมีรายงานของ Garror et al., (2004) พบว่าความเป็นกรดด่างมีผลในการยับยั้งการเจริญของเชื้อ *B. longum* และการเก็บผลิตภัณฑ์ไว้ที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส ซึ่งเป็นอุณหภูมิที่ต่ำไม่เหมาะสมที่ทำให้เชื้อมีการเจริญต่อไปได้ ซึ่งผลการศึกษานี้สอดคล้องกับงานวิจัยของอิศรา (2546) ที่พบว่าจำนวนเชื้อ *B. longum* ในโยเกิร์ตข้าวกล้องลดลงหลังการผลิตอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) หลังจากเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ไว้ที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส นาน 25 วันและ 30 วัน นอกจากนั้นยังมีการรายงานผลของการอยู่รอดของเชื้อ Bifidobacteria ในผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตข้าวโอต ของ Martensson et al., (2002) พบว่าปริมาณเชื้อ Bifidobacteria ลดลงเมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 6 องศาเซลเซียส นาน 30 วัน

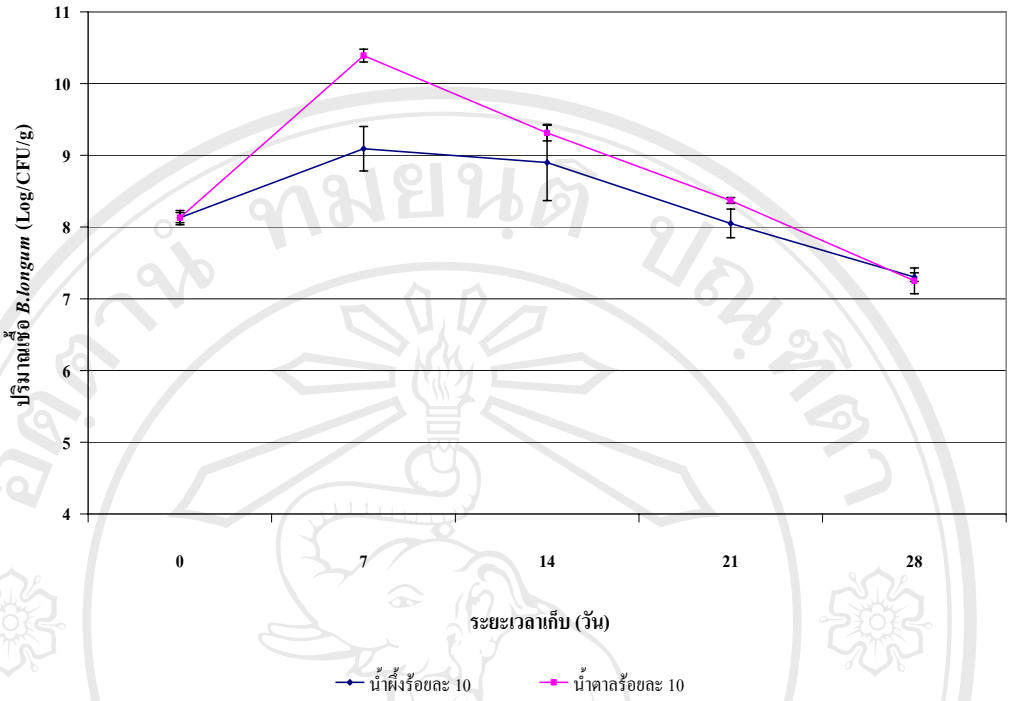
สำหรับปริมาณเชื้อ *L. bulgaricus* และ *S. thermophillus* (ภาพที่ 9 และตารางที่ ง-16 ในภาคผนวก ง) ในผลิตภัณฑ์สูตรน้ำผึ้งลำไยและสูตรน้ำตาลซูโครส มีปริมาณเชื้อเท่ากับ 9.02 และ 9.74 log CFU/g ตามลำดับในวันที่ผลิตเสร็จผลิตภัณฑ์สูตรน้ำผึ้งลำไยเริ่มมีปริมาณเชื้อและมีปริมาณ *L. bulgaricus* และ *S. thermophillus* เพิ่มขึ้นมากที่สุด คือ 10.23 log CFU/g หลังจากเก็บผลิตภัณฑ์ไว้นาน 14 วัน หลังจากนั้นมีปริมาณเชื้อลดลงต่ำสุดหลังจากเก็บไว้นาน 28 วัน คือ 6.78 log CFU/g ส่วนผลิตภัณฑ์สูตรน้ำตาลซูโครสมีปริมาณเชื้อ *L. bulgaricus* และ *S. thermophillus* เพิ่มสูงสุดหลังเก็บไว้นาน 7 วัน คือ 11.59 log CFU/g เมื่อเก็บผลิตภัณฑ์ไว้นาน 28 วัน ปริมาณเชื้อ *L. bulgaricus* และ *S. thermophillus* ลดลงต่ำสุด คือ 6.24 log CFU/g ผลิตภัณฑ์ทั้ง 2 สูตรมีปริมาณเชื้อ *L. bulgaricus* และ *S. thermophillus* ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) เมื่อเปรียบเทียบการเก็บผลิตภัณฑ์วันที่ผลิตเสร็จ และที่ระยะเวลาการเก็บ 28 วัน

สำหรับลักษณะโคโลนีของเชื้อ *B. longum, L. bulgaricus* และ *S. thermophillus* ในผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตนมถั่วเหลืองที่เลี้ยงด้วยอาหารเลี้ยงเชื้อ MRS agar และ HHD agar บ่มที่ 37 องศาเซลเซียส นาน 72 ชั่วโมงในสภาพไร้อากาศ พบว่าลักษณะของโคโลนีของเชื้อ *B. longum, L. bulgaricus* และ *S. thermophillus* ที่เจริญในผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตนมถั่วเหลืองเมื่อเลี้ยงด้วยอาหาร MRS agar และ HHD agar ในสูตรน้ำผึ้งลำไยและสูตรน้ำตาลซูโครสไม่แตกต่างกัน โดยในอาหาร MRS agar พบว่าเชื้อ *B. longum, L. bulgaricus* และ *S. thermophillus* มีลักษณะเป็นโคโลนีสีขาว (ภาพที่ ฉ 9 ในภาคผนวก ฉ) ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของณัติพร (2548) ที่พบว่า ลักษณะของ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

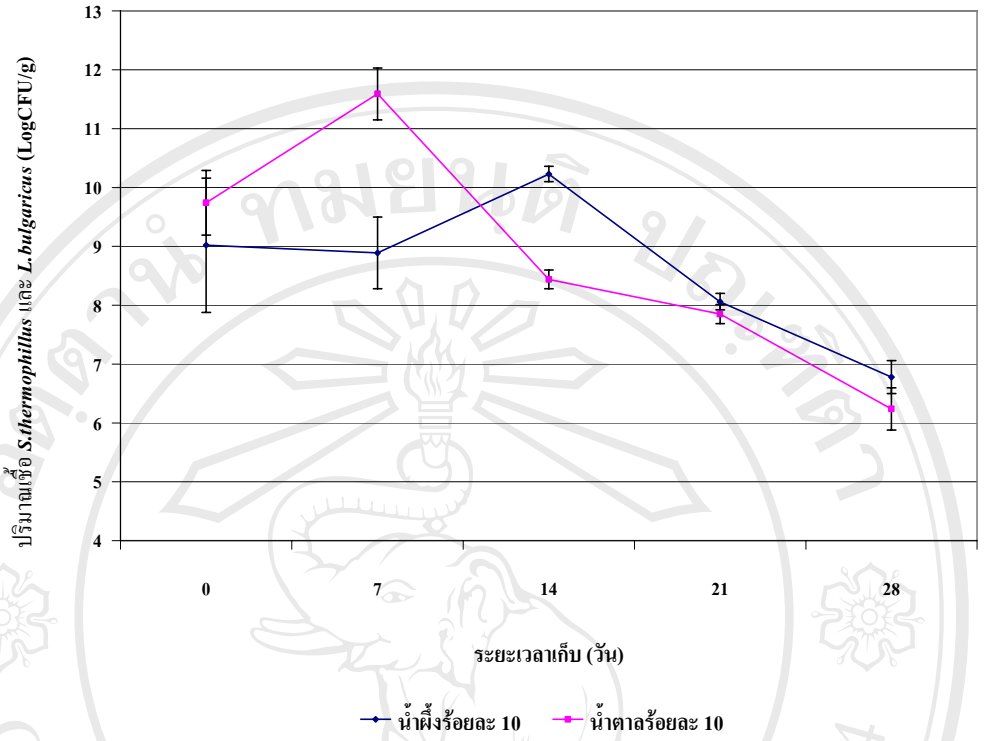
โคโลนีของเชื้อที่เจริญในผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตข้าวกล้อง ในสูตรน้ำผึ้งลำไย น้ำผึ้งขี้ไก่ย่าน น้ำตาลซูโครส และน้ำตาลฟรุคโตส เมื่อเลี้ยงด้วยอาหาร MRS agar มีลักษณะสีขาวไม่แตกต่างกัน และเมื่อเลี้ยงด้วยอาหาร HHD agar พบว่า ลักษณะโคโลนีสีเขียวอมน้ำเงินนูนชัดมีสีเขียวเข้มอยู่ตรงกลางคล้ายไข่ดาวขอบเรียบเป็นมันวาวซึ่งเป็นโคโลนีของ *B.longum* (ภาพที่ ฉ 11 ในภาคผนวก ฉ) ลักษณะโคโลนีสีเขียวเข้มมีขนาดเล็กเป็นลักษณะของเชื้อ *S. thermophillus* ส่วนลักษณะโคโลนีสีเขียวอมฟ้าหยาบขรุขระขอบไม่เรียบ และมีขนาดใหญ่จะเป็นลักษณะของเชื้อ *L. bulgaricus* เมื่อนำไปย้อมสีแกรมพบว่าเซลล์ของเชื้อติดสีแกรมบวก มี 3 ลักษณะ ได้แก่ เซลล์รูปร่างแบบท่อนยาวซึ่งเป็นลักษณะของเชื้อ *L. bulgaricus* เซลล์รูปร่างกลมต่อกันยาวเป็นโซ่ซึ่งเป็นลักษณะของเชื้อ *S. thermophillus* และเซลล์ที่มีรูปร่างเป็นแบบ V-shape และ Y-shape ซึ่งเป็นลักษณะของเชื้อ *B. longum* ซึ่งงานวิจัยของณัติพร (2548) พบว่า ลักษณะโคโลนีของ *S. thermophillus* ที่พบในผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตข้าวกล้องมีสีเขียวอมน้ำเงินนูนชัด ผิวเป็นมันเนื้อละเอียดคล้ายไข่ดาวอยู่ตรงกลาง แต่ลักษณะของโคโลนีของ *S. thermophillus* ที่พบในไอศกรีมโยเกิร์ตมีลักษณะมันวาวและนูนมากกว่า ซึ่งลักษณะของโคโลนีของเชื้อ *B. longum* และ *S. thermophillus* ที่พบในโยเกิร์ตนมถั่วเหลืองซึ่งแตกต่างจากการศึกษาของณัติพร (2548) อาจเนื่องมาจากสภาวะแวดล้อม และลักษณะของอาหารที่จุลินทรีย์ใช้มีความแตกต่างกัน ทำให้เชื้อมีการเจริญที่เปลี่ยนไปจากปกติ จึงมีผลทำให้ลักษณะของโคโลนีที่มีความแตกต่างกันได้ ซึ่งลักษณะของโคโลนีของ *Bifidobacterium* ที่เลี้ยงในอาหารเลี้ยงเชื้อในสภาวะไร้ออกซิเจนมีความแตกต่างกันขึ้นกับชนิดของอาหารเลี้ยงเชื้อ (Rattanapitikorn, 2005)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved



ภาพที่ 9 ปริมาณเชื้อ *B. longum* ในโยเกิร์ตนมถั่วเหลืองสูตรน้ำผึ้งลำไย และสูตรน้ำตาลซูโครส ร้อยละ 10 เก็บที่อุณหภูมิ 5±1 องศาเซลเซียส นาน 28 วัน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved



ภาพที่ 10 ปริมาณเชื้อ *L. bulgaricus* และ *S. thermophillus* ในโยเกิร์ตนมถั่วเหลืองเติมเชื้อ *B. longum* สูตรน้ำผึ้งลำไย และสูตรน้ำตาลซูโครส ร้อยละ 10 เก็บที่อุณหภูมิ 5 ± 1 องศาเซลเซียส นาน 28 วัน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved