

บทที่ 4

ผลการวิจัย

ตอนที่ 1 สภาวะที่เหมาะสมต่อการผลิตคีเฟอร์ผงด้วยกระบวนการทำแห้งแบบเยือกแข็ง

การทดลองหาสภาวะที่เหมาะสมต่อการผลิตคีเฟอร์ผงด้วยการทำแห้งของ
กล้าเชื้อจุลินทรีย์แบบแช่เยือกแข็ง ในกล้าเชื้อคีเฟอร์ ปรากฏผลดังตาราง 1 และ 2

ตาราง 1 ผลของการแช่เยือกแข็ง การเลี้ยงในสภาวะที่มี O_2 และไม่มี O_2

สภาวะ	เปิดฝา	ปิดฝา
แช่เยือกแข็ง	17.93 ± 0.39^b	20.55 ± 0.55^a
ไม่แช่เยือกแข็ง	10.24 ± 0.24^c	11.15 ± 0.53^c

หมายเหตุ : - ตัวอักษรที่แตกต่างกันที่กำกับตัวเลข แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ .05

- ค่าเฉลี่ย $\pm$ ค่า S.E จากการวิเคราะห์ 3 ซ้ำ

จากการศึกษาการเจริญของเมดคีเฟอร์ในสภาวะที่มีการแช่เยือกแข็ง และปิดฝาภาชนะจะทำให้
ปริมาณเมดคีเฟอร์เจริญได้มากกว่าสภาวะที่ไม่แช่เยือกแข็งโดยมีน้ำหนักเพิ่มมากขึ้นคือ 20.55 กรัม สำหรับ
การเลี้ยงในสภาวะที่ไม่แช่เยือกแข็งและปิดฝาพบว่าเมดคีเฟอร์เจริญได้เพียง 11.15 กรัม ทั้งนี้เนื่องจากการ
แช่เยือกแข็งจะช่วยเพิ่มพื้นที่สัมผัสระหว่างเมดคีเฟอร์กับอาหารเลี้ยงเชื้อและการปิดฝาเพื่อจำกัดปริมาณ
ออกซิเจนทำให้เมดคีเฟอร์เจริญได้ดีกว่าการไม่จำกัดปริมาณออกซิเจนเนื่องจากเมดคีเฟอร์เป็น
แลคติกแอซิกแบคทีเรียซึ่งต้องการออกซิเจนในปริมาณเล็กน้อยในการเจริญเติบโต

ตาราง 2 ผลของความเร็วรอบในการเขย่าต่อการเจริญของเมดคิเฟอร์

ความเร็วในการเขย่า (rpm)	น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น (g)
40	10.67 ± 0.79 ^d
80	27.91 ± 0.92 ^c
120	31.92 ± 0.47 ^b
160	32.52 ± 0.58 ^b
200	34.81 ± 0.70 ^a

หมายเหตุ : - ตัวอักษรที่แตกต่างกันที่กำกับตัวเลขในแต่ละแนวตั้ง แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ .05

- ค่าเฉลี่ย ± ค่า S.E จากการวิเคราะห์ 3 ซ้ำ

จากผลการทดลองพบว่าการเพิ่มความเร็วในการเขย่านั้นจะทำให้น้ำหนักของคิเฟอร์เพิ่มมากขึ้นทั้งนี้เนื่องจากการเขย่าจะช่วยเพิ่มโอกาสให้เมดคิเฟอร์ได้สัมผัสกับอาหารได้มากขึ้นซึ่งการเขย่าที่ใช้ความเร็ว 200 rpm น้ำหนักคิเฟอร์เพิ่มสูงสุดถึง 34.81 กรัม

ตอนที่ 2 ผลของการทำแห้งต่ออัตราการรอดชีวิต

ผลของสารป้องกันความเย็นต่ออัตราการรอดชีวิตของ *Lactobacilli*, *Lactococci* และยีสต์ ในระหว่างการทำแห้งแบบเยือกแข็ง

ในการทำแห้งของกล้าเชื้อจุลินทรีย์แบบแช่เยือกแข็ง มีการเติมสารป้องกันความเย็นต่ออัตราการรอดชีวิตของเชื้อจุลินทรีย์ในกล้าเชื้อคิเฟอร์ ปรากฏผลดังตาราง 3

ตาราง 3 ผลของสารป้องกันความเย็น ต่ออัตราการรอดชีวิตของ *Lactobacilli*, *Lactococci* และยีสต์ ในระหว่างการทำแห้งแบบเยือกแข็ง ปรากฏผลดังนี้

สารป้องกัน ความเย็น	อัตราการมีชีวิตรอด (%)					
	<i>Lactobacilli</i>		<i>Lactococci</i>		ยีสต์	
	อายุ กล้าเชื้อ 12 ชั่วโมง	อายุ กล้าเชื้อ 24 ชั่วโมง	อายุ กล้าเชื้อ 12 ชั่วโมง	อายุ กล้าเชื้อ 24 ชั่วโมง	อายุ กล้าเชื้อ 12 ชั่วโมง	อายุ กล้าเชื้อ 24 ชั่วโมง
ชุดควบคุม	80.49 $\pm 0.264^{b,b}$	81.17 $\pm 0.202^{c,a}$	82.91 $\pm 0.167^{c,a}$	82.02 $\pm 0.120^{c,a}$	70.30 $\pm 0.152^{a,b}$	83.56 $\pm 0.882^{a,a}$
10 % ซูโครส	97.79 $\pm 0.251^{a,a}$	96.21 $\pm 0.115^{a,b}$	98.49 $\pm 0.120^{a,a}$	96.75 $\pm 0.088^{a,b}$	70.30 $\pm 0.133^{a,b}$	89.29 $\pm 0.202^{a,a}$
10 % หางนมผง	96.25 $\pm 0.088^{a,a}$	93.14 $\pm 0.057^{ab,b}$	96.86 $\pm 0.033^{a,a}$	93.50 $\pm 0.145^{ab,b}$	71.74 $\pm 0.176^{a,b}$	89.87 $\pm 0.100^{a,a}$
1% กลีเซอรอล	92.28 $\pm 0.120^{aa}$	89.76 $\pm 0.272^{b,b}$	88.72 $\pm 0.088^{b,b}$	92.09 $\pm 0.100^{b,a}$	75.61 $\pm 0.088^{a,b}$	90.44 $\pm 0.145^{a,a}$

หมายเหตุ : - ตัวอักษรที่แตกต่างกันที่กำกับตัวเลขในแต่ละแนวตั้งและแนวนอน แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ .05

- ค่าเฉลี่ย $\pm$ ค่า S.E จากการวิเคราะห์ 3 ซ้ำ

เปรียบเทียบระหว่างกล้าเชื้อ *Lactobacilli* ที่เติมสารป้องกันความเย็นกับไม่เติมสารป้องกันความเย็น ผลปรากฏว่า กล้าเชื้อ *Lactobacilli* ที่เติมสารป้องกันความเย็นมีอัตราการมีชีวิตรอดมากกว่าเชื้อที่ไม่เติมสารป้องกันความเย็นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อพิจารณาอัตราการมีชีวิตรอดตามชนิดของสารป้องกันความเย็นพบว่า 10% ซูโครส 10% หางนมผง 1% กลีเซอรอลไม่แตกต่างกันทางสถิติ ยกเว้นเมื่อเติมสารป้องกันความเย็นกับกล้าเชื้อ *Lactobacilli* อายุ 24 ชั่วโมงพบว่า 10 % ซูโครสมีประสิทธิภาพสูงสุด รองลงมา 10% หางนมผง และ 1 % กลีเซอรอลตามลำดับ ทั้งนี้เนื่องจากซูโครสมีคุณสมบัติในการช่วยให้องค์ประกอบภายในของกล้าเชื้อ *Lactobacilli* ไม่เปลี่ยนแปลงไปในระหว่างการทำแห้งแบบเยือกแข็งและผลของอายุกล้าเชื้อ *Lactobacilli* พบว่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติยกเว้นกล้าเชื้อที่เติม 1% กลีเซอรอลอายุกล้าเชื้อ 12 ชั่วโมงมีอัตราการมีชีวิตรอดสูงกว่ากล้าเชื้ออายุ 24 ชั่วโมงเนื่องจากเซลล์ของกล้าเชื้อที่ 24 ชั่วโมงมีสภาพ

เซลล์เข้าสู่ระยะพักตัว (stationary phase) เมแทบอลิซึมของเซลล์ลดต่ำลงมาก มีเพียงแต่ใช้พลังงานเพื่อให้มีชีวิตอยู่เท่านั้นและคุณสมบัติของ 1% กลีเซอรอลในการเป็นสารป้องกันความเย็นมีประสิทธิภาพน้อยกว่าซูโครสและหางนมผง

เปรียบเทียบระหว่างกลีเซอ์ *Lactococci* ที่เติมสารป้องกันความเย็นกับไม่เติมสารป้องกันความเย็น ผลปรากฏว่า กลีเซอ์ *Lactococci* ที่เติมสารป้องกันความเย็นมีอัตราการมีชีวิตรอดแตกต่างจากเชื้อที่ไม่เติมสารป้องกันความเย็นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อพิจารณาอัตราการมีชีวิตรอดตามชนิดของสารป้องกันความเย็น พบว่า 10% ซูโครส 10% หางนมผง 1% กลีเซอรอลแตกต่างกันทางสถิติ โดย 10 % ซูโครส และ 10% หางนมผงให้ผลการทดลองที่ไม่แตกต่างกันทางสถิติเมื่อเติมลงในกลีเซอ์อายุ 12 ชั่วโมง และเมื่อเติมสารป้องกันความเย็นลงในกลีเซอ์อายุ 24 ชั่วโมงพบว่า 10 % หางนมผงและ 1 % กลีเซอรอล ไม่แตกต่างกันทางสถิติ และผลของอายุกลีเซอ์ *Lactococci* พบว่า ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ยกเว้นกลีเซอ์ที่เติม 1% กลีเซอรอลอายุกลีเซอ์ 24 ชั่วโมงมีอัตราการมีชีวิตรอดสูงกว่ากลีเซอ์อายุ 12 ชั่วโมงเนื่องจากเซลล์ของกลีเซอ์ที่ 24 ชั่วโมงมีสภาพเซลล์เข้าสู่ระยะพักตัว เมแทบอลิซึมของเซลล์ลดต่ำลงแต่ 1% กลีเซอรอลมีคุณสมบัติในการช่วยให้องค์ประกอบภายในเซลล์ของกลีเซอ์ไม่เปลี่ยนแปลง

เปรียบเทียบระหว่างกลีเซอ์ยีสต์ที่เติมสารป้องกันความเย็นกับไม่เติมสารป้องกันความเย็น ผลปรากฏว่า กลีเซอ์ยีสต์ ที่เติมสารป้องกันความเย็นมีอัตราการมีชีวิตรอดไม่แตกต่างกับเชื้อที่ไม่เติมสารป้องกันความเย็นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเนื่องจากโครงสร้างของยีสต์มีผนังเซลล์ที่แข็งแรงกว่าแบคทีเรียจึงทำให้สารป้องกันความเย็นแต่ละชนิดมีประสิทธิภาพไม่แตกต่างกัน และผลของอายุกลีเซอ์ยีสต์ พบว่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเนื่องจากเซลล์ในระยะพักตัวของยีสต์มีความแข็งแรง ทนทานต่อการเปลี่ยนแปลงของสภาวะในการเจริญมากกว่าที่อายุกลีเซอ์ 12 ชั่วโมง

การรอดชีวิตของ *Lactobacilli*, *Lactococci*, และยีสต์ เกี่ยวข้องกับโครงสร้างของผนังเซลล์ที่แตกต่างกัน โดยผนังเซลล์ของแบคทีเรียประกอบด้วย เปปติโดไกลแคน และสำหรับยีสต์ โครงสร้างของผนังเซลล์ประกอบด้วยไคติน กลูแคน ลิพิด โปรตีน เป็นองค์ประกอบและเกี่ยวข้องกับชนิดของสารป้องกันความเย็นที่ใช้เคลือบเซลล์ในการทำแห้งแบบเยือกแข็งเพื่อไม่ให้เมแทบอลิซึมภายในเซลล์เกิดการเปลี่ยนแปลงและเสียสมดุล (สมบุญ ธานานุวัฒน์, 2544 หน้า 66)

ตอนที่ 3 ผลของการทำแห้งต่อการเจริญของจุลินทรีย์ระหว่างการผลิตนมหมัก

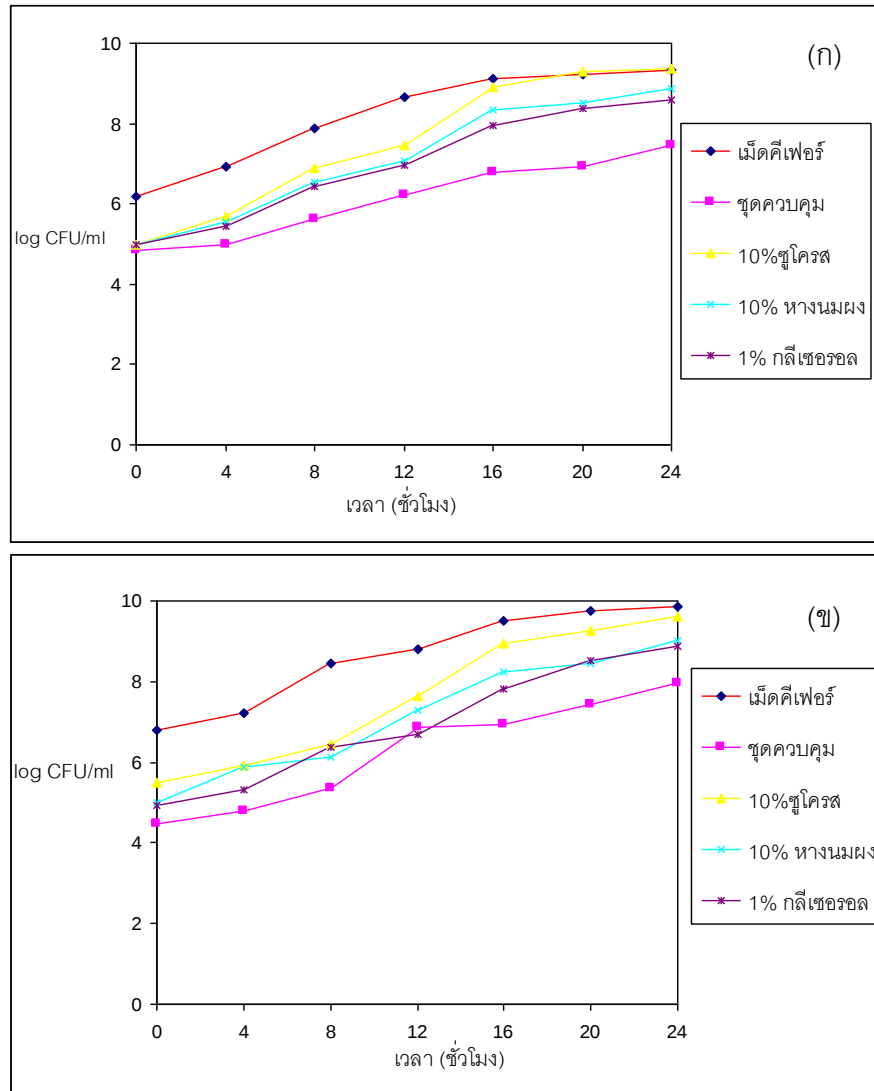
จากการผลิตนมหมักด้วยกล้ำเชื้อเม็คทีเฟอร์และคิเฟอร์ผง เพื่อทดสอบการเจริญของจุลินทรีย์ในผลิตภัณฑ์นมหมักได้ผลปรากฏดังต่อไปนี้

3.1 ผลของการทำแห้งต่อการเจริญของเชื้อ *Lactobacilli* ระหว่างการหมักผลการทดลองปรากฏดังภาพ 1

การเจริญของเชื้อ *Lactobacilli* ที่ใช้กล้ำเชื้ออายุ 12 ชั่วโมง ดังภาพ 1(ก) เมื่อเปรียบเทียบระหว่างความสามารถในการผลิตนมหมักด้วยเม็คทีเฟอร์กับคิเฟอร์ผงชุดควบคุม พบว่าเชื้อ *Lactobacilli* ในผลิตภัณฑ์สุดท้ายของการหมักในชุดควบคุมมีจำนวนเชื้อลดลงเมื่อเทียบกับนมหมักด้วยเม็คทีเฟอร์ โดยเฉลี่ยจาก 10^9 CFU/ml เหลือ 10^7 CFU/ml และเมื่อเปรียบเทียบการเจริญของเชื้อ *Lactobacilli* ในนมหมักด้วยเม็คทีเฟอร์กับคิเฟอร์ผงที่เติมสารป้องกันความเย็นแต่ละชนิด พบว่า คิเฟอร์ผงที่เติม 10 % ซูโครสมิปริมาณเชื้อ *Lactobacilli* โดยเฉลี่ยอยู่ช่วง 10^9 ใกล้เคียงกับนมหมักด้วยเม็คทีเฟอร์

การเจริญของเชื้อ *Lactobacilli* อายุ 24 ชั่วโมงดังภาพ 1(ข) เมื่อเปรียบเทียบระหว่างความสามารถในการผลิตนมหมักด้วยเม็คทีเฟอร์กับชุดควบคุม พบว่า เชื้อ *Lactobacilli* ในผลิตภัณฑ์สุดท้ายของการหมักในชุดควบคุมมีจำนวนเชื้อลดลงเมื่อเทียบกับนมหมักด้วยเม็คทีเฟอร์ โดยเฉลี่ยจาก 10^9 เหลือ 10^7 และเมื่อเปรียบเทียบการเจริญของเชื้อ *Lactobacilli* ในนมหมักด้วยเม็คทีเฟอร์กับคิเฟอร์ผงที่เติมสารป้องกันความเย็นแต่ละชนิด พบว่า คิเฟอร์ผงที่เติม 10 % ซูโครสมิปริมาณเชื้อ *Lactobacilli* โดยเฉลี่ยอยู่ช่วง 10^9 ใกล้เคียงกับนมหมักด้วยเม็คทีเฟอร์

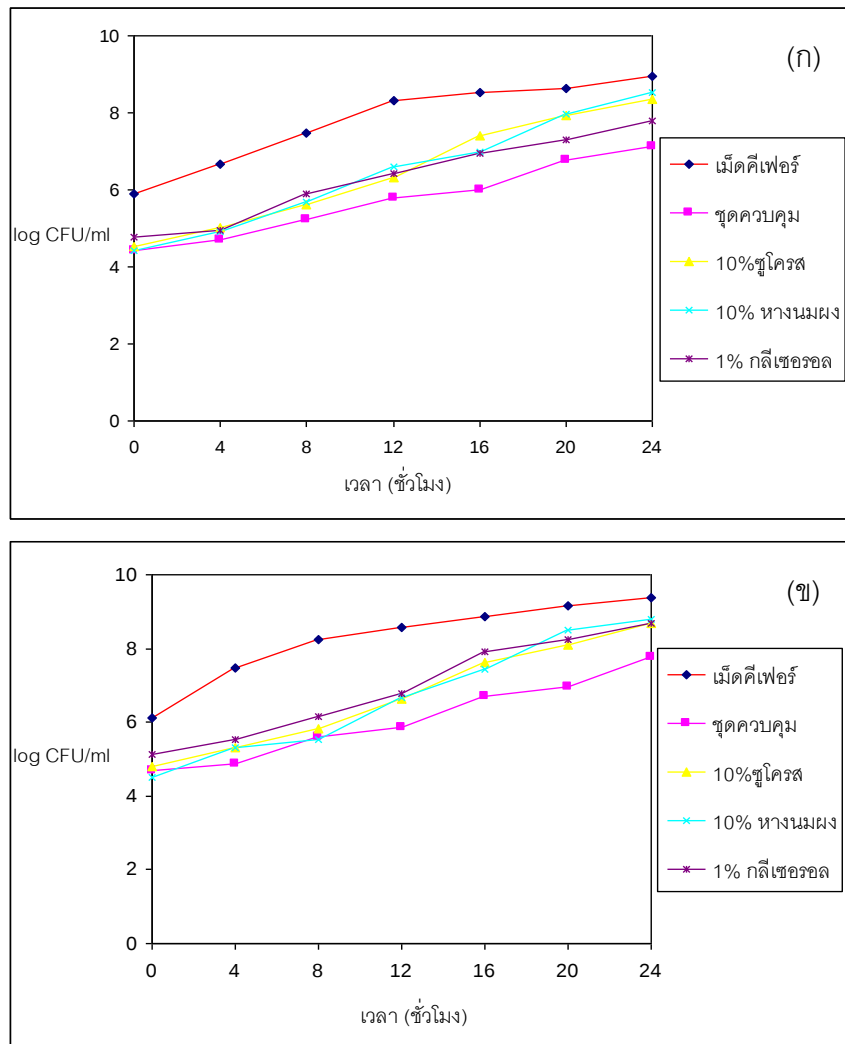
สาเหตุที่พบเชื้อ *Lactobacilli* ในผลิตภัณฑ์สุดท้ายของนมหมักต่างกันนั้นเนื่องมาจากเชื้อเริ่มต้นที่แตกต่างกันจึงจะต้องศึกษาประสิทธิภาพในการปรับตัวและการเจริญของเชื้อ *Lactobacilli* ต่อไป



ภาพ 1 (ก) กราฟการเจริญของ *Lactobacilli* ในระหว่างการผลิตนมหมักด้วยกล้ำเชื้อเม็ดคีเฟอร์ และคีเฟอร์ผงอายุ 12 ชั่วโมง

(ข) กราฟการเจริญของ *Lactobacilli* ในระหว่างการผลิตนมหมักด้วยกล้ำเชื้อเม็ดคีเฟอร์ และคีเฟอร์ผงอายุ 24 ชั่วโมง

3.2 ผลของการทำแห้งต่อการเจริญของเชื้อ *Lactococci* ระหว่างการหมัก ผลการทดลอง ปรากฏดังภาพ 2



ภาพ 2 (ก) กราฟการเจริญของ *Lactococci* ในระหว่างการผลิตนมหมักด้วยกล้ำเชื้อ

เมดิคิเฟอร์และคิเฟอร์ผงอายุ 12 ชั่วโมง

(ข) กราฟการเจริญของ *Lactococci* ในระหว่างการผลิตนมหมักด้วยกล้ำเชื้อ

เมดิคิเฟอร์และคิเฟอร์ผงอายุ 24 ชั่วโมง

จากภาพ 2(ก) การเจริญของเชื้อ *Lactococci* เมื่อเปรียบเทียบระหว่างความสามารถในการผลิตนมหมักด้วยเม็คคิเฟอร์กับชุดควบคุม พบว่า เชื้อ *Lactococci* ในผลิตภัณฑ์สุดท้ายของการหมักในชุดควบคุมมีจำนวนเชื้อลดลงเมื่อเทียบกับนมหมักด้วยเม็คคิเฟอร์ โดยเฉลี่ยจาก 10^8 เหลือ 10^7 และเมื่อเปรียบเทียบการเจริญของเชื้อ *Lactococci* ในนมหมักด้วยเม็คคิเฟอร์กับ คีเฟอร์ผงที่เติมสารป้องกันความเย็นแต่ละชนิด พบว่า คีเฟอร์ผงที่เติม 10 % หางนมผงมีปริมาณเชื้อ *Lactococci* โดยเฉลี่ยอยู่ช่วง 10^9 ใกล้เคียงกับนมหมักด้วยเม็คคิเฟอร์

จากภาพ 2(ข) การเจริญของเชื้อ *Lactococci* เมื่อเปรียบเทียบระหว่างความสามารถในการผลิตนมหมักด้วยเม็คคิเฟอร์กับชุดควบคุม พบว่า เชื้อ *Lactococci* ในผลิตภัณฑ์สุดท้ายของการหมักในชุดควบคุมมีจำนวนเชื้อลดลงเมื่อเทียบกับนมหมักด้วยเม็คคิเฟอร์ โดยเฉลี่ยจาก 10^9 เหลือ 10^7 และเมื่อเปรียบเทียบการเจริญของเชื้อ *Lactococci* ในนมหมักด้วยเม็คคิเฟอร์กับคีเฟอร์ผงที่เติมสารป้องกันความเย็นแต่ละชนิด พบว่า คีเฟอร์ผงที่เติม 10 % หางนมผงเป็นสารป้องกันความเย็นสามารถช่วยให้องค์ประกอบภายในของกล่องเชื้อเกิดการเปลี่ยนแปลงเล็กน้อยในระหว่างกระบวนการทำแห้งแบบเยือกแข็งโดยมีปริมาณเชื้อ *Lactococci* โดยเฉลี่ยอยู่ช่วง 10^8

สาเหตุที่พบเชื้อ *Lactococci* ในผลิตภัณฑ์สุดท้ายของนมหมักต่างกันนั้นเนื่องมาจากปริมาณเชื้อเริ่มต้นที่อยู่ในคีเฟอร์มีความแตกต่างกันจึงจะต้องศึกษาประสิทธิภาพในการปรับตัวและการเจริญของเชื้อ *Lactococci* ต่อไป

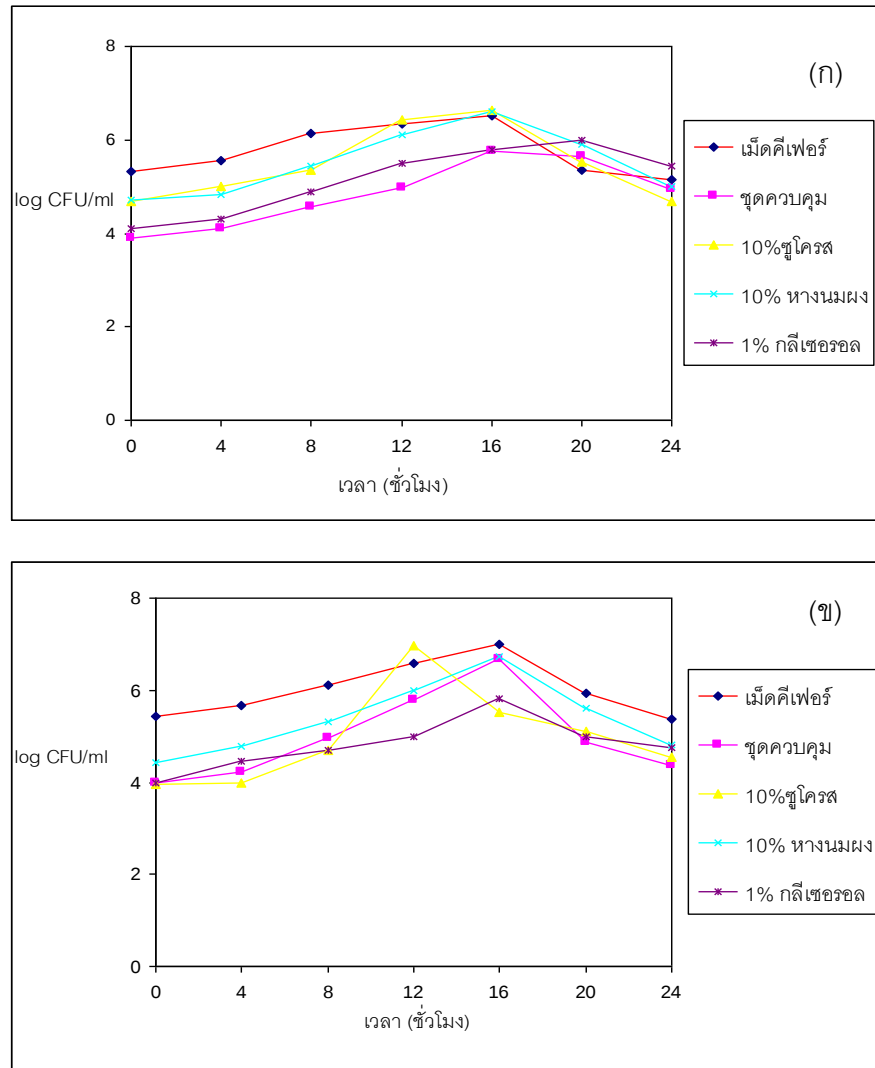
3.3 ผลของการทำแห้งต่อการเจริญของเชื้อยีสต์ ระหว่างการหมักผลการทดลองปรากฏ

ดังภาพ 3

จากภาพ 3(ก) การเจริญของเชื้อยีสต์ เมื่อเปรียบเทียบระหว่างความสามารถในการผลิตนมหมักด้วยเม็คคิเฟอร์กับชุดควบคุม พบว่า เชื้อยีสต์ ในผลิตภัณฑ์สุดท้ายของการหมักในชุดควบคุมมีจำนวนเชื้อใกล้เคียงกันเมื่อเทียบกับนมหมักด้วยเม็คคิเฟอร์ โดยเฉลี่ยจาก 10^5 และเมื่อเปรียบเทียบการเจริญของเชื้อยีสต์ ในนมหมักด้วยเม็คคิเฟอร์กับคีเฟอร์ผงที่เติมสารป้องกันความเย็นแต่ละชนิด พบว่า คีเฟอร์ผงที่เติม 1%กลีเซอรอลมีปริมาณเชื้อยีสต์ โดยเฉลี่ยสูงกว่าคีเฟอร์ผงที่เติม 10% ชูโครส และ 10% หางนมผง

จากภาพ 3(ข) การเจริญของเชื้อยีสต์ เมื่อเปรียบเทียบระหว่างความสามารถในการผลิตนมหมักด้วยเม็คคิเฟอร์กับชุดควบคุม พบว่า เชื้อยีสต์ ในผลิตภัณฑ์สุดท้ายของการหมักในชุดควบคุมมีจำนวนเชื้อลดลงเมื่อเทียบกับนมหมักด้วยเม็คคิเฟอร์ และเมื่อเปรียบเทียบการเจริญของเชื้อยีสต์ ในนมหมักด้วยเม็คคิเฟอร์กับคีเฟอร์ผงที่เติมสารป้องกันความเย็นแต่ละชนิดพบว่าคีเฟอร์ผงที่เติม 10 % หางนมผงมีปริมาณเชื้อยีสต์ โดยเฉลี่ยอยู่ช่วง 10^5

สาเหตุที่พบเชื้อยีสต์ ในผลิตภัณฑ์สุดท้ายของนมหมักต่างกันนั้นเนื่องมาจากเชื้อเริ่มต้นที่แตกต่างกันจึงจะต้องศึกษาประสิทธิภาพในการปรับตัวและการเจริญของเชื้อ *Lactococci* ต่อไป



ภาพ 3 (ก) กราฟการเจริญของยีสต์ ในระหว่างการผลิตนมหมักด้วยกล้าเชื้อเม็คดีเฟอร์ และคีเฟอร์ผงอายุ 12 ชั่วโมง

(ข) กราฟการเจริญของยีสต์ ในระหว่างการผลิตนมหมักด้วยกล้าเชื้อเม็คดีเฟอร์และคีเฟอร์ ผงอายุ 24 ชั่วโมง

ตอนที่ 4 ผลของการทำแห้งแบบเยือกแข็งต่อระยะเวลาการปรับตัวและอัตราการเจริญจำเพาะของเชื้อจุลินทรีย์ในเม็ดคิเฟอร์และคิเฟอร์ผง

เมื่อนำเม็ดคิเฟอร์และคิเฟอร์ผงมาผลิตนมหมักเพื่อศึกษาระยะเวลาการปรับตัวและอัตราการเจริญจำเพาะของเชื้อจุลินทรีย์กลุ่มหลักที่พบในคิเฟอร์ผลปรากฏดังต่อไปนี้

4.1 การศึกษาระยะเวลาการปรับตัวและอัตราการเจริญจำเพาะของเชื้อ *Lactobacilli* ในผลิตภัณฑ์นมหมัก

จากการศึกษาระยะเวลาในการปรับตัวและอัตราการเจริญจำเพาะของเชื้อ *Lactobacilli* ในผลิตภัณฑ์นมหมัก ผลการทดลองดังตาราง 4

ตาราง 4 ผลของการทำแห้งแบบเยือกแข็งต่อระยะเวลาปรับตัวและอัตราการเจริญจำเพาะของเชื้อ *Lactobacilli*

กลั้วเชื้อคิเฟอร์	ระยะเวลาการปรับตัว (ชั่วโมง)		อัตราการเจริญจำเพาะ (hr ⁻¹)	
	อายุกลั้วเชื้อ 12 ชั่วโมง	อายุกลั้วเชื้อ 24 ชั่วโมง	อายุกลั้วเชื้อ 12 ชั่วโมง	อายุกลั้วเชื้อ 24 ชั่วโมง
เม็ดคิเฟอร์	0.169 ± 0.054 ^{d,b}	0.582±0.210 ^{c,a}	0.220 ± 0.011 ^{b,a}	0.189 ± 0.033 ^{c,b}
คิเฟอร์ผง				
ชุดควบคุม	2.022± 0.178 ^{a,b}	2.253±0.372 ^{a,a}	0.134 ± 0.021 ^{d,b}	0.182 ± 0.016 ^{d,a}
เติม 10% ซูโครส	1.574 ±0.222 ^{c,a}	1.534±0.387 ^{b,a}	0.264 ± 0.032 ^{a,a}	0.202 ± 0.027 ^{b,b}
เติม 10 % หางนมผง	1.860±0.218 ^{bc,a}	1.163±0.291 ^{d,b}	0.228 ± 0.032 ^{b,a}	0.207 ± 0.037 ^{a,a}
เติม 1 % กลีเซอรอล	1.793 ± 0.144 ^{b,a}	1.214±0.237 ^{c,b}	0.207 ± 0.020 ^{c,a}	0.197±0.051 ^{b,a}

หมายเหตุ : - ตัวอักษรที่แตกต่างกันที่กำกับตัวเลขในแต่ละแนวตั้งและแนวนอน แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ .05

- ค่าเฉลี่ย ± ค่า S.E จากการวิเคราะห์ 3 ซ้ำ

ผลการทำแห้งแบบเยือกแข็งต่อระยะเวลาการปรับตัวของเชื้อ *Lactobacilli* เมื่อเปรียบเทียบระหว่างเม็ดคิเฟอร์กับคิเฟอร์ผงชุดควบคุม พบว่าเชื้อ *Lactobacilli* ในชุดควบคุมมีระยะเวลาการปรับตัวมากกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติแสดงว่าเซลล์ของเชื้อ *Lactobacilli* ในชุดควบคุมได้รับบาดเจ็บจากการทำแห้งแบบเยือกแข็งจึงต้องใช้ระยะเวลาในการซ่อมแซมโครงสร้างของเซลล์ให้สมบูรณ์ก่อนที่จะเจริญเติบโต

เปรียบเทียบระยะเวลาการปรับตัวของเชื้อ *Lactobacilli* ระหว่างเม็คคิเฟอร์กับคิเฟอร์ผงที่เติมสารป้องกันความชื้น พบว่าระยะเวลาการปรับตัวของเชื้อในคิเฟอร์ผงที่เติมสารป้องกันความชื้นมีระยะเวลานานกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

เปรียบเทียบระยะเวลาในการปรับตัวของเชื้อ *Lactobacilli* ระหว่างคิเฟอร์ผงหุคควบคุมกับคิเฟอร์ผงที่เติมสารป้องกันความชื้นพบว่าระยะเวลาการปรับตัวของเชื้อในคิเฟอร์ผงที่เติมสารป้องกันความชื้นมีระยะการปรับตัวสั้นกว่าคิเฟอร์ผงหุคควบคุม เนื่องจากคุณสมบัติของสารป้องกันความชื้นที่เติมลงไปก่อนนำไปทำแห้งแบบเยือกแข็งสามารถช่วยรักษาสภาพของเซลล์ในระหว่างการทำแห้งแบบเยือกแข็ง

เปรียบเทียบระยะเวลาในการปรับตัวของเชื้อ *Lactobacilli* ระหว่างสารป้องกันความชื้นแต่ละชนิดที่เติมลงไปก่อนนำเชื้อ *Lactobacilli* ไปทำแห้งแบบเยือกแข็งพบว่า มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยระยะเวลาการปรับตัวของเชื้ออายุ 12 ชั่วโมงที่เติม 10 % ซูโครสมีระยะเวลาการปรับตัวน้อยที่สุดเมื่อเทียบกับสารป้องกันความชื้นชนิดอื่น แต่สำหรับเชื้ออายุ 24 ชั่วโมงพบว่า ที่เติม 10 % หางนมผงมีระยะเวลาปรับตัวน้อยกว่าเมื่อเทียบกับสารป้องกันความชื้นอีกสองชนิด

เปรียบเทียบระยะเวลาการปรับตัวของเชื้อ *Lactobacilli* อายุ 12 และ 24 ชั่วโมงพบว่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ยกเว้นอายุกล้าเชื้อที่เติม 10% ซูโครสเป็นสารป้องกันความชื้นเชื้อ *Lactobacilli* อายุ 12 ชั่วโมงมีระยะเวลาการปรับตัวนานกว่ากล้าเชื้ออายุ 24 ชั่วโมงเนื่องจากโครงสร้างของผนังเซลล์ของเชื้อ *Lactobacilli* อายุ 24 ชั่วโมง มีความแข็งแรง มากกว่ากล้าเชื้อ 12 ชั่วโมง

อัตราการเจริญจำเพาะระหว่างเม็คคิเฟอร์กับคิเฟอร์ผงหุคควบคุมพบว่า อัตราการเจริญจำเพาะของเม็คคิเฟอร์สูงกว่าคิเฟอร์ผงหุคควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เนื่องจากสภาพของเชื้อ *Lactobacilli* ในเม็คคิเฟอร์มีความเหมาะสมในการเจริญเติบโตไม่ต้องใช้ระยะเวลาในการปรับตัวเหมือนกับเชื้อ *Lactobacilli* ในคิเฟอร์ผงหุคควบคุม

อัตราการเจริญจำเพาะเมื่อเปรียบเทียบระหว่างเม็คคิเฟอร์กับคิเฟอร์ผงที่เติมสารป้องกันความชื้นพบว่าอัตราการเจริญจำเพาะของคิเฟอร์ผงที่เติมสารป้องกันความชื้นมีอัตราการเจริญจำเพาะที่สูงกว่าเม็คคิเฟอร์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ยกเว้นคิเฟอร์ผงที่เติม 1% กลีเซอรอลเนื่องจากสภาพเซลล์เมื่อผ่านระยะการปรับตัวเซลล์จึงมีความพร้อมในการเจริญและสภาพแวดล้อมอาหารมีเหมาะสมกับการเจริญจึงทำให้เชื้อ *Lactobacilli* มีอัตราการเจริญจำเพาะในปริมาณสูง โดยคิเฟอร์ผงที่เติม 10% ซูโครสเป็นสารป้องกันความชื้นมีอัตราการเจริญจำเพาะสูงสุด เนื่องจากคุณสมบัติของซูโครสช่วยให้เชื้อ *Lactobacilli* มีชีวิตรอดจากการทำแห้งแบบเยือกแข็ง เนื่องจากระหว่างการทำ

แห้งแบบเยือกแข็งจุลินทรีย์จะป้องกันการเกิดน้ำแข็งภายในเซลล์ ซึ่งจะก่อให้เกิดอันตรายต่อเซลล์ และการเติมสารป้องกันการเย็งจะช่วยให้อิเล็กโทรไลต์เป็นกลาง เพื่อไม่ให้องค์ประกอบภายในเซลล์เสียสมดุล(สมบุญ ธนาสุวัฒน์, 2544, หน้า 66 – 68) เมื่อนำมาทดสอบเพื่อหาอัตราการเจริญจำเพาะของเชื้อ *Lactobacilli* จึงพบว่าอัตราการเจริญจำเพาะสูงกว่า 10% หางนมผงและ 1% กลีเซอรอล

อัตราการเจริญจำเพาะเมื่อเปรียบเทียบระหว่างคีเฟอร์ผงชุดควบคุมกับคีเฟอร์ผงที่เติมสารป้องกันการเย็งพบว่า อัตราการเจริญจำเพาะของเชื้อ *Lactobacilli* ที่เติมสารป้องกันการเย็งมีอัตราการเจริญจำเพาะมากกว่าชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แสดงว่าสารป้องกันการเย็งสามารถช่วยให้เซลล์รอดชีวิตจากการทำแห้งแบบเยือกแข็งได้

อัตราการเจริญจำเพาะเมื่อเปรียบเทียบระหว่างอายุกล้ากับการเติมสารป้องกันการเย็งพบว่าผลของอายุของกล้าเชื้อมีอัตราการเจริญจำเพาะไม่ต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติโดยยกเว้นการเติม 10% จูโครสเป็นสารป้องกันการเย็งพบว่าผลของอายุกล้าเชื้อมีอัตราการเจริญจำเพาะแตกต่างกันโดย อายุกล้าเชื้อ 12 ชั่วโมงที่เติม 10 % จูโครสมีอัตราการเจริญจำเพาะสูงกว่ากล้าเชื้ออายุ 24 ชั่วโมงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

4.2 การศึกษาระยะเวลาการปรับตัวและอัตราการเจริญจำเพาะของเชื้อ *Lactococci* ในผลิตภัณฑ์นมหมัก

การศึกษาระยะเวลาในการปรับตัวและอัตราการเจริญจำเพาะของเชื้อ *Lactococci* ในผลิตภัณฑ์นมหมัก ผลการทดลองปรากฏดังตาราง 5

จากตาราง 5 ผลการทำแห้งแบบเยือกแข็งต่อระยะเวลาการปรับตัวของเชื้อ *Lactococci* เมื่อเปรียบเทียบระหว่างเมดคีเฟอร์กับคีเฟอร์ผงชุดควบคุม พบว่าเชื้อ *Lactococci* ในชุดควบคุมมีระยะเวลาปรับตัวมากกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติแสดงว่าเชื้อ *Lactococci* ในชุดควบคุมได้รับบาดเจ็บจากการทำแห้งแบบเยือกแข็งจึงต้องใช้ระยะเวลาในการซ่อมแซมโครงสร้างของเซลล์ให้สมบูรณ์ก่อนที่จะเจริญเติบโต

เปรียบเทียบระยะเวลาการปรับตัวของเชื้อ *Lactococci* ระหว่างเมดคีเฟอร์กับคีเฟอร์ผงที่เติมสารป้องกันการเย็ง พบว่าระยะเวลาการปรับตัวของคีเฟอร์ผงที่เติมสารป้องกันการเย็งนานกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เชื้อ *Lactococci* ในเมดคีเฟอร์สามารถเติบโตในอาหารโดยมีระยะเวลาการปรับตัวค่อนข้างสั้นเนื่องจากสภาพของเซลล์สมบูรณ์ สามารถเติบโตได้ทันทีแต่สภาพของเซลล์ที่เติมสารป้องกันการเย็งนั้นเซลล์อาจจะต้องปรับตัวให้เหมาะสมกับสภาพแวดล้อมใหม่ และต้องซ่อมแซมตัวเองจากการบาดเจ็บจากการทำแห้งแบบเยือกแข็ง

ตาราง 5 ผลของการทำแห้งแบบเยือกแข็งต่อระยะเวลาปรับตัวและอัตราการเจริญจำเพาะของ *Lactococci*

กลีเซอรีน	ระยะเวลาการปรับตัว (ชั่วโมง)		อัตราการเจริญจำเพาะ (hr^{-1})	
	อายุกลีเซอรีน		อายุกลีเซอรีน	
	12 ชั่วโมง	24 ชั่วโมง	12 ชั่วโมง	24 ชั่วโมง
เมดิคัลเฟอร	0.106±0.154 ^{c,a}	0 ^{d,a}	0.206±0.033 ^{a,a}	0.225±0.042 ^{a,a}
กลีเซอริน				
ชุดควบคุม	1.770±0.137 ^{a,b}	2.632±0.160 ^{a,a}	0.124±0.016 ^{d,b}	0.141±0.012 ^{c,a}
เติม 10% ซูโครส	1.175±0.104 ^{b,b}	1.449±0.157 ^{c,a}	0.177±0.014 ^{b,a}	0.177±0.011 ^{bc,a}
เติม 10 % หางนมผง	1.272±0.165 ^{b,b}	1.696±0.261 ^{b,a}	0.187±0.019 ^{ab,b}	0.199±0.018 ^{b,a}
เติม 1 % กลีเซอรอล	1.250±0.202 ^{b,b}	1.430±1.838 ^{c,a}	0.151±0.024 ^{c,b}	0.169±0.014 ^{b,a}

หมายเหตุ : - ตัวอักษรที่แตกต่างกันที่กำกับตัวเลขในแต่ละแถวตั้งและแนวนอน แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ .05

- ค่าเฉลี่ย ± ค่า S.E จากการวิเคราะห์ 3 ซ้ำ

เปรียบเทียบระยะเวลาในการปรับตัวของเชื้อ *Lactococci* ระหว่างกลีเซอรินชุดควบคุมกับกลีเซอรินที่เติมสารป้องกันความเย็นพบว่า ระยะเวลาการปรับตัวของเชื้อในกลีเซอรินที่เติมสารป้องกันความเย็นมีระยะเวลาปรับตัวน้อยกว่ากลีเซอรินชุดควบคุมเนื่องจากคุณสมบัติของสารป้องกันความเย็นที่เติมลงไปก่อนนำไปทำแห้งแบบเยือกแข็งสามารถช่วยรักษาสภาพของเซลล์ในระหว่างการทำแห้งแบบเยือกแข็ง

เปรียบเทียบระยะเวลาในการปรับตัวของเชื้อ *Lactococci* ระหว่างสารป้องกันความเย็นแต่ละชนิดที่เติมลงไปก่อนนำเชื้อ *Lactococci* ไปทำแห้งแบบเยือกแข็งพบว่าไม่แตกต่างกันยกเว้นการเติมสารป้องกันความเย็นกับกลีเซอรินอายุ 24 ชั่วโมง

เปรียบเทียบระยะเวลาการปรับตัวของเชื้อ *Lactococci* อายุ 12 และ 24 ชั่วโมงพบว่ากลีเซอรินอายุ 24 ชั่วโมงมีระยะเวลาการปรับตัวนานกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

อัตราการเจริญจำเพาะระหว่างเมดิคัลเฟอรกับกลีเซอรินชุดควบคุมพบว่า อัตราการเจริญจำเพาะของเมดิคัลเฟอรสูงกว่ากลีเซอรินชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เนื่องจากสภาพของเชื้อ

Lactococci ในเม็คคิเฟอร์มีความเหมาะสมในการเจริญเติบโตไม่ต้องใช้ระยะเวลาในการปรับตัวเหมือนกับเชื้อ *Lactococci* ในกีเฟอร์ผงหุคควบคุม

อัตราการเจริญจำเพาะของเชื้อ *Lactococci* เมื่อเปรียบเทียบระหว่างเม็คคิเฟอร์กับ กีเฟอร์ผงที่เติมสารป้องกันความเย็นพบว่าอัตราการเจริญจำเพาะของเชื้อ *Lactococci* ในเม็คคิเฟอร์มากกว่าเชื้อ *Lactococci* ในกีเฟอร์ผงที่เติมสารป้องกันความเย็นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ยกเว้น การเติม 10% หางนมผง พบว่าอัตราการเจริญจำเพาะไม่แตกต่างกับเชื้อ *Lactococci* จากเม็คคิเฟอร์ เนื่องจากคุณสมบัติของหางนมผงช่วยให้เชื้อ *Lactococci* มีชีวิตรอดจากการทำแห้งแบบเยือกแข็ง โดยหางนมผงจะป้องกันการเกิดน้ำแข็งภายในเซลล์ ซึ่งจะก่อให้เกิดอันตรายต่อเซลล์และการเติมสารป้องกันความเย็นจะช่วยให้อิเล็กทรอนิกส์โทรไลต์เป็นกลาง เพื่อไม่ให้ห้องค์ประกอบภายในเซลล์เสียสมดุล(สมบูรณ์ ธนาสุภวัฒน์, 2544,หน้า 66 – 68)

อัตราการเจริญจำเพาะเมื่อเปรียบเทียบระหว่างกีเฟอร์ผงหุคควบคุมกับกีเฟอร์ผงที่เติมสารป้องกันความเย็นพบว่า อัตราการเจริญจำเพาะของเชื้อ *Lactococci* ที่เติมสารป้องกันความเย็นมีอัตราการเจริญจำเพาะมากกว่าหุคควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แสดงว่าสารป้องกันความเย็นสามารถช่วยให้เซลล์รอดชีวิตจากการทำแห้งแบบเยือกแข็งได้

อัตราการเจริญจำเพาะเมื่อเปรียบเทียบระหว่างอายุกล้าเชื้อกับการเติมสารป้องกันความเย็นพบว่าผลของอายุของกล้าเชื้อ 24 ชั่วโมง มีอัตราการเจริญจำเพาะมากกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติยกเว้นการเติม 10% ชูโครสเป็นสารป้องกันความเย็นพบว่าผลของอายุกล้าเชื้อมีอัตราการเจริญจำเพาะไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติโดยชูโครสมีคุณสมบัติในการป้องกันการเกิดน้ำแข็งภายในเซลล์ได้ดี จึงทำให้อายุของกล้าเชื้อไม่มีผลต่อการเติมชูโครสในการเป็นสารป้องกันความเย็น (สมบูรณ์ ธนาสุภวัฒน์, 2544,หน้า 66 – 68)

4.3 การศึกษาระยะเวลาการปรับตัวและอัตราการเจริญจำเพาะของเชื้อยีสต์ ในผลิตภัณฑ์นมหมัก

การศึกษาระยะเวลาในการปรับตัวและอัตราการเจริญจำเพาะของเชื้อยีสต์ ในผลิตภัณฑ์นมหมัก ผลการทดลองปรากฏดังตาราง 6

ตาราง 6 ผลของการทำแห้งแบบเยือกแข็งต่อระยะเวลาปรับตัวและอัตราการเจริญจำเพาะของยีสต์

กล้ำเชื้อคิเฟอร์	ระยะเวลาการปรับตัว (ชั่วโมง)		อัตราการเจริญจำเพาะ (hr^{-1})	
	อายุกล้ำเชื้อ	อายุกล้ำเชื้อ	อายุกล้ำเชื้อ	อายุกล้ำเชื้อ
	12 ชั่วโมง	24 ชั่วโมง	12 ชั่วโมง	24 ชั่วโมง
เม็คคิเฟอร์	$2.520 \pm 0.124^{\text{c,a}}$	$2.124 \pm 0.004^{\text{d,b}}$	$0.149 \pm 0.050^{\text{a,a}}$	$0.117 \pm 0.009^{\text{c,a}}$
คิเฟอร์ผง				
ชุดควบคุม	$3.994 \pm 0.123^{\text{a,a}}$	$3.669 \pm 0.006^{\text{a,b}}$	$0.147 \pm 0.019^{\text{a,b}}$	$0.217 \pm 0.009^{\text{a,a}}$
เติม 10% ซูโครส	$2.428 \pm 0.255^{\text{c,b}}$	$2.996 \pm 0.144^{\text{b,a}}$	$0.154 \pm 0.033^{\text{a,a}}$	$0.122 \pm 0.020^{\text{c,b}}$
เติม 10 % หางนมผง	$3.443 \pm 0.083^{\text{b,a}}$	$2.706 \pm 0.058^{\text{c,b}}$	$0.155 \pm 0.012^{\text{a,a}}$	$0.162 \pm 0.008^{\text{b,a}}$
เติม 1 % กลีเซอรอล	$1.978 \pm 0.117^{\text{d,a}}$	$1.667 \pm 0.219^{\text{d,b}}$	$0.127 \pm 0.015^{\text{a,a}}$	$0.114 \pm 0.029^{\text{c,a}}$

หมายเหตุ : - ตัวอักษรที่แตกต่างกันที่กำกับตัวเลขในแต่ละแนวดิ่งและแนวนอน แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ .05

- ค่าเฉลี่ย $\pm$ ค่า S.E จากการวิเคราะห์ 3 ซ้ำ

ผลการทำแห้งแบบเยือกแข็งต่อระยะเวลาการปรับตัวของเชื้อยีสต์ เมื่อเปรียบเทียบระหว่างเม็คคิเฟอร์กับคิเฟอร์ผงชุดควบคุม พบว่าเชื้อยีสต์ มีระยะเวลาปรับตัวแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติแสดงว่าเชื้อยีสต์ ในชุดควบคุมเซลล์ได้รับบาดเจ็บจากการทำแห้งแบบเยือกแข็ง จึงต้องใช้ระยะเวลาในการซ่อมแซมโครงสร้างของเซลล์

เปรียบเทียบระยะเวลาการปรับตัวของเชื้อยีสต์ ระหว่างเม็คคิเฟอร์กับคิเฟอร์ผงที่เติมสารป้องกันความเย็น พบว่าระยะเวลาการปรับตัวของเชื้อยีสต์ ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติยกเว้นเชื้อยีสต์ ที่เติม 1 % กลีเซอรอลพบว่ามีระยะเวลาในการปรับตัวน้อยกว่า 10% ซูโครส และ 10 % หางนมผง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เนื่องจากโครงสร้างของยีสต์มีความแข็งแรง ทนทานต่อภาวะต่าง ๆ ได้ดี และกลีเซอรอลสามารถซึมผ่านเข้าสู่เซลล์ได้ดีจึงทำให้ระยะเวลาในการปรับตัวน้อยกว่าสารป้องกันความเย็นชนิดอื่น

เปรียบเทียบระยะเวลาการปรับตัวของเชื้อยีสต์ อายุ 12 และ 24 ชั่วโมงพบว่าเชื้อยีสต์ อายุ 24 ชั่วโมงมีระยะเวลาในการปรับตัวน้อยกว่ากล้ำเชื้ออายุ 12 ชั่วโมงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ยกเว้นกล้ำเชื้ออายุ 12 ชั่วโมงที่เติม 10 % ซูโครส มีระยะเวลาในการปรับตัวน้อยกว่ากล้ำเชื้อ 24 ชั่วโมง

อัตราการเจริญจำเพาะเชื้อยีสต์ ระหว่างเม็คทีเฟอร์กับทีเฟอร์ผงหาคูพบว่ามีแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติยกเว้นกล้าเชื้ออายุ 24 ชั่วโมงพบว่าหาคูหาคูมีอัตราการเจริญจำเพาะสูงกว่าเม็คทีเฟอร์ทั้งนี้เนื่องจากโครงสร้างของยีสต์ อายุ 24 ชั่วโมงมีโครงสร้างของเซลล์แข็งแรง ทนทานต่อภาวะต่าง ๆ ได้ดี จึงสามารถทนต่อการทำแห้งแบบเยือกแข็งได้และสามารถเติบโตได้ดีเมื่อนำมาทดสอบการหมัก

อัตราการเจริญจำเพาะของเชื้อยีสต์ เมื่อเปรียบเทียบระหว่างเม็คทีเฟอร์กับทีเฟอร์ผงที่เติมสารป้องกันความเย็นพบว่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติยกเว้น การเติม 10 % หางนมผงกับเชื้ออายุ 24 ชั่วโมงพบว่า มีอัตราการเจริญมากกว่าสารป้องกันความเย็นอีก 2 ชนิดอื่น เนื่องจากหางนมผงมีคุณสมบัติในการป้องกันเซลล์ได้ดีจึงมีความเหมาะสมกับกล้าเชื้ออายุ 24 ชั่วโมง

อัตราการเจริญจำเพาะเมื่อเปรียบเทียบระหว่างอายุกล้าเชื้อ 12 และ 24 ชั่วโมงพบว่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติยกเว้นกล้าเชื้ออายุ 12 ชั่วโมงเมื่อนำมาเติมซูโครสเป็นสารป้องกันความเย็นมีอัตราการเจริญมากกว่าเชื้อ 24 ชั่วโมง เนื่องจากกล้าเชื้ออายุ 12 ชั่วโมงกำลังอยู่ในช่วงที่เซลล์กำลังเพิ่มจำนวนและซูโครสมีความสามารถในการป้องกันเซลล์ไม่ให้เสียสภาพสมดุลได้ดี

ตอนที่ 5 การเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติทางกายภาพ และเคมีในระหว่างการหมัก

จากการศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพและเคมีระหว่างการหมักพบว่าการเปลี่ยนแปลงดังต่อไปนี้

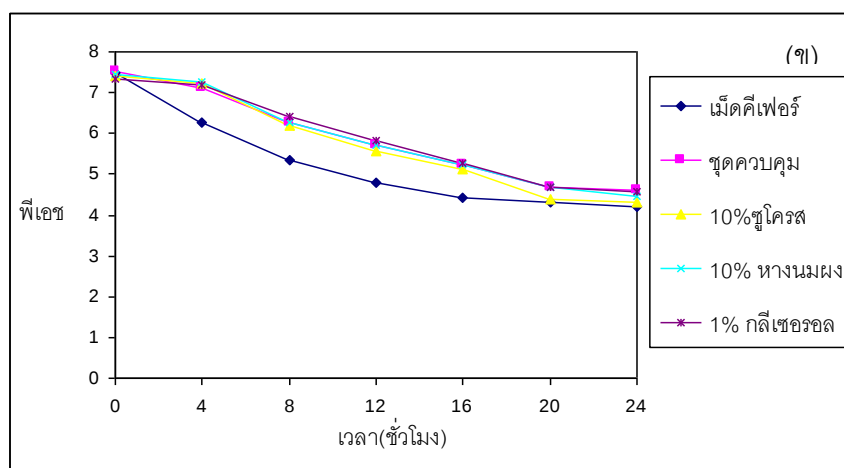
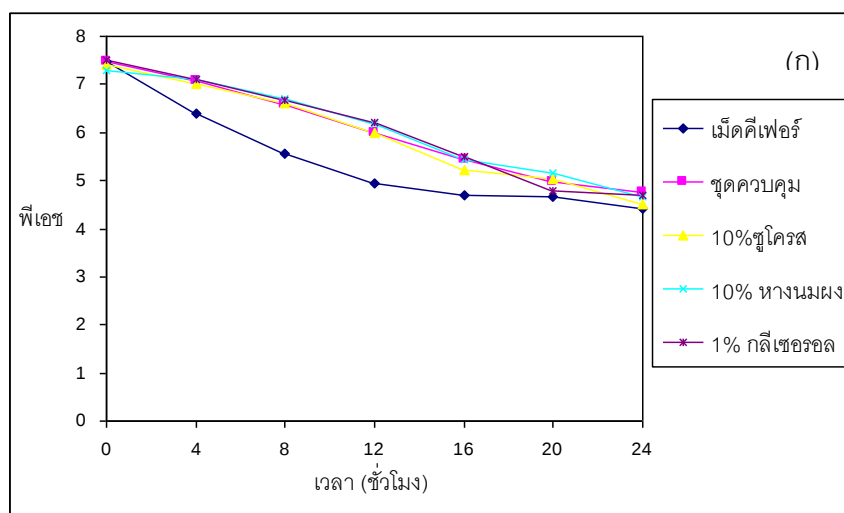
5.1 พีเอชของนมหมักที่หมักด้วยกล้าเชื้อทีเฟอร์ที่มีอายุ 12 และ 24 ชั่วโมง

จากการศึกษาพีเอชของนมหมักที่หมักด้วยกล้าเชื้อทีเฟอร์ที่มีอายุกล้าเชื้อ 12 ชั่วโมง ผลปรากฏดังภาพ 4

จากภาพ 4 (ก) พีเอชของนมหมักที่หมักด้วยทีเฟอร์ที่มีอายุกล้าเชื้อ 12 ชั่วโมงพบว่าพีเอชลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยผลิตภัณฑ์สุดท้ายมีค่าพีเอชอยู่ที่ 4.42 เมื่อพิจารณาสารป้องกันความเย็นแต่ละชนิดของพบว่ากล้าเชื้อที่ผสม 10 % ซูโครสในกระบวนการทำแห้งแล้วนำมาทดสอบประสิทธิภาพการหมักพบว่าค่าพีเอชของนมหมักมีค่าใกล้เคียงกับนมหมักด้วยเม็คทีเฟอร์เมื่อเสร็จสิ้นกระบวนการหมักพีเอชประมาณ 4.5 รองลงมาคือ 10% หางนมผงและ 1% กลีเซอรอลและหาคูหาคูตามลำดับ ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากค่าพีเอชมีความสัมพันธ์กับปริมาณเชื้อที่พบซึ่งถ้านมหมักมีปริมาณเชื้อแลคติกแอซิดมากก็จะส่งผลให้ค่าพีเอชลดลง

จากภาพ 4 (ข) พีเอชของนมหมักที่หมักด้วยทีเฟอร์ที่มีอายุกล้าเชื้อ 24 ชั่วโมง พบว่าค่าพีเอชลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยผลิตภัณฑ์สุดท้ายมีค่าพีเอชอยู่ที่ 4.2 เมื่อพิจารณาแต่ละ

ชนิดของสารป้องกันความเย็นพบว่ากล้าเชื้อที่ผสม 10% ซูโครสในกระบวนการทำแห้งแล้วนำมาทดสอบประสิทธิภาพพบว่าฟิเชของผลิตภัณฑ์สุดท้ายในกระบวนการหมักมีค่าฟิเชประมาณ 4.3 รองลงมาคือ 10%หางนมผง 1% กลีเซอรอลและชุดควบคุมตามลำดับ ทั้งนี้เนื่องจากค่าฟิเชมีความสัมพันธ์กับปริมาณเชื้อที่พบซึ่งถ้านมหมักมีปริมาณเชื้อแลคติกแอซิดมากก็จะสร้างกรดทั้งหมดได้มากส่งผลให้ค่าฟิเชลดลง

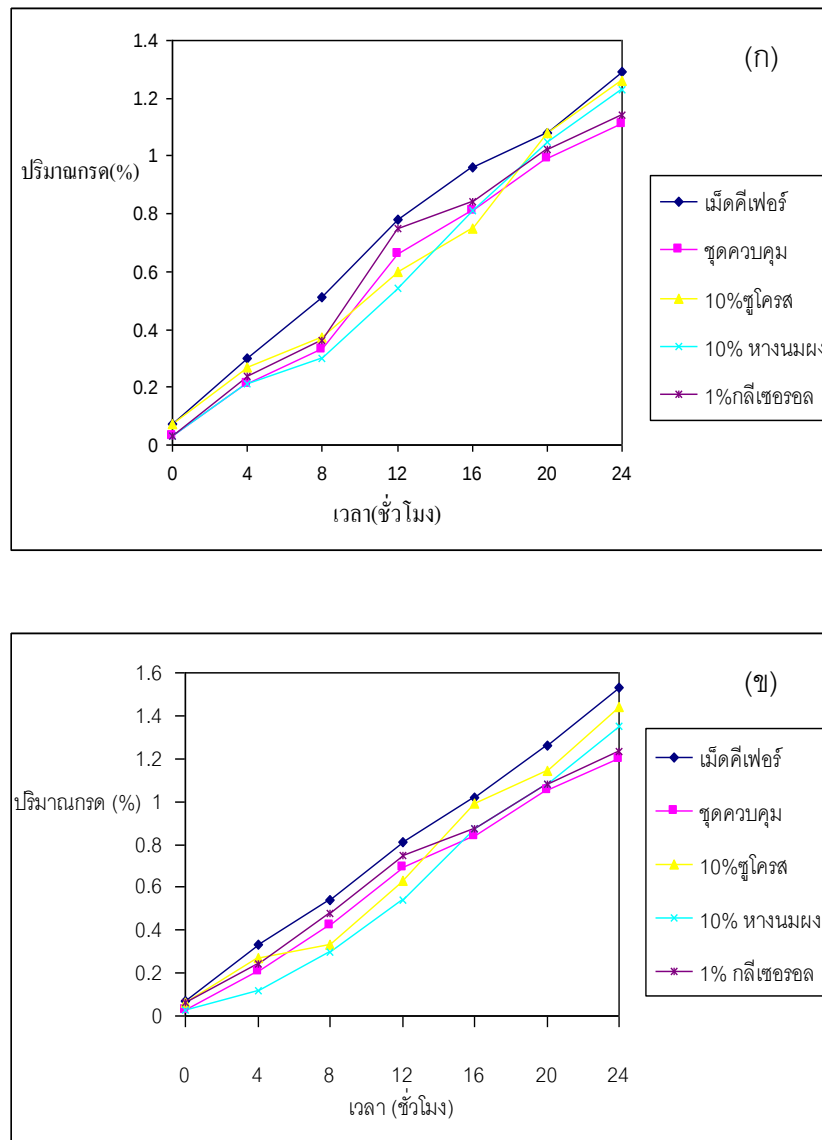


ภาพ 4 (ก) ฟิเชของนมหมักที่หมักด้วยกล้าเชื้อเมดคิเฟอร์และคิเฟอร์ผงที่มีอายุกล้าเชื้อ 12 ชั่วโมง

(ข) ฟิเชของนมหมักที่หมักด้วยกล้าเชื้อเมดคิเฟอร์และคิเฟอร์ผงที่มีอายุกล้าเชื้อ 24 ชั่วโมง

4.2 ปริมาณกรดทั้งหมดของนมหมักที่หมักด้วยกล้าเชื้อคีเฟอร์ที่มีอายุ 12 และ 24 ชั่วโมง

จากการศึกษาปริมาณกรดทั้งหมดของนมหมักที่หมักด้วยกล้าเชื้อคีเฟอร์ที่มีอายุ 12 และ 24 ชั่วโมง ผลปรากฏดังภาพ 5



ภาพ 5 (ก) ปริมาณกรดทั้งหมดของนมหมักที่หมักด้วยกล้าเชื้อเม็คคีเฟอร์และคีเฟอร์ผงที่มีอายุกล้าเชื้อ 12 ชั่วโมง

(ข) ปริมาณกรดทั้งหมดของนมหมักที่หมักด้วยกล้าเชื้อเม็คคีเฟอร์และคีเฟอร์ผงที่มีอายุกล้าเชื้อ 24 ชั่วโมง

จากภาพ 5 (ก) ปริมาณกรดทั้งหมดของนมหมักที่หมักด้วยกล้าเชื้อคีเฟอร์ที่มีอายุ 12 ชั่วโมง พบว่าปริมาณกรดทั้งหมดเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง โดยมีปริมาณกรดทั้งหมดในผลิตภัณฑ์สุดท้ายเท่ากับ 1.291 % พิจารณาผลิตภัณฑ์แต่ละชนิดตามสารป้องกันความเย็นพบว่านมหมักที่หมักด้วยกล้าเชื้อที่ผสม 10% ซูโครสในกระบวนการทำแห้ง มีปริมาณกรดทั้งหมดเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง โดยปริมาณกรดทั้งหมดในผลิตภัณฑ์สุดท้ายเท่ากับ 1.261 % รองลงมาคือ 10%หางนมผง1%กลีเซอรอลและชุดควบคุมตามลำดับทั้งนี้เนื่องจาก ปริมาณกรดทั้งหมดมีความสัมพันธ์กับปริมาณเชื้อและค่าพีเอชของนมหมักกล่าวคือ ถ้านมหมักมีปริมาณเชื้อแลคติกแอซิดมากปริมาณกรดทั้งหมดจะเพิ่มสูงขึ้น โดยแปรผกผันกับค่าพีเอช

จากภาพ 5 (ข) ปริมาณกรดทั้งหมดของนมหมักที่หมักด้วยกล้าเชื้อคีเฟอร์ที่มีอายุ 24 ชั่วโมง พบว่าปริมาณกรดทั้งหมดเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง โดยมีปริมาณกรดทั้งหมดในผลิตภัณฑ์สุดท้ายเท่ากับ 1.531 เมื่อพิจารณานมหมักแต่ละชนิดของสารป้องกันความเย็นพบว่ากล้าเชื้อที่ผสม 10% ซูโครสในกระบวนการทำแห้งมีปริมาณกรดทั้งหมดเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง โดยปริมาณกรดทั้งหมดในผลิตภัณฑ์สุดท้ายเท่ากับ 1.441 รองลงมาคือ 10%หางนมผง 1%กลีเซอรอลและชุดควบคุมตามลำดับ ทั้งนี้เนื่องจากปริมาณกรดทั้งหมดในผลิตภัณฑ์นมหมักมีความสัมพันธ์กับปริมาณเชื้อและค่าพีเอชกล่าวคือ ถ้านมหมักมีปริมาณเชื้อแลคติกแอซิดมาก ระหว่างการเจริญของเชื้อก็จะผลิตกรดทั้งหมดได้ในปริมาณที่สูงโดยแปรผกผันกับค่าพีเอชคือ ถ้ามีปริมาณกรดทั้งหมดสูงก็จะมีค่าพีเอชลดต่ำลง

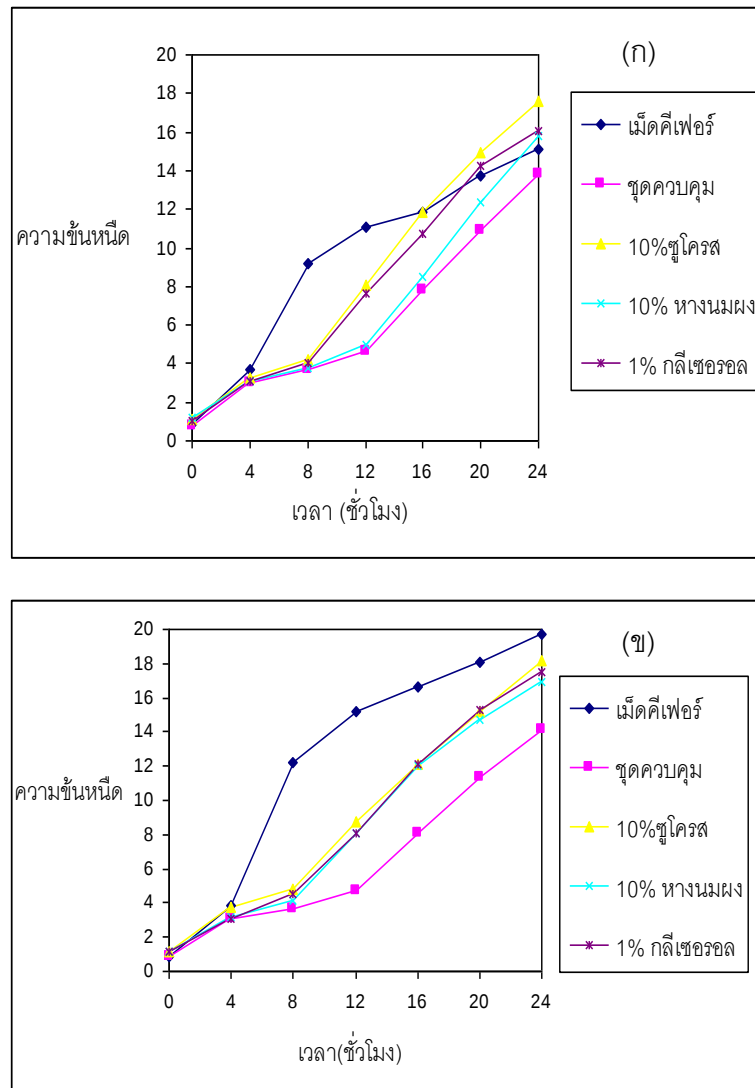
4.3 ความชื้นหนืดของนมหมักที่หมักด้วยกล้าเชื้อคีเฟอร์ที่มีอายุ 12 และ 24 ชั่วโมง

จากการศึกษาความชื้นหนืดของนมหมักที่หมักด้วยคีเฟอร์ผงที่มีอายุกล้าเชื้อ 12 และ 24 ชั่วโมง ผลปรากฏดังต่อไปนี้

จากภาพ 6 (ก) ความชื้นหนืดของนมหมักที่หมักด้วยกล้าเชื้อคีเฟอร์อายุ 12 ชั่วโมง พบว่าความชื้นหนืดเพิ่มขึ้นต่อเนื่องอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยความชื้นหนืดในผลิตภัณฑ์สุดท้ายเท่ากับ 15.07 เมื่อพิจารณานมหมักแต่ละชนิดที่เติมสารป้องกันความเย็นพบว่า ในช่วงแรกของการผลิตนมหมักจากคีเฟอร์ผงที่เติมสารป้องกันความเย็น ไม่แตกต่างกันเนื่องจากจุลินทรีย์อยู่ในระยะปรับตัวเพื่อซ่อมแซมโครงสร้างของเซลล์และปรับตัวให้เข้ากับสภาพแวดล้อมจากนั้นจึงเริ่มสร้างสารประกอบประเภทโพลีแซคคาไรด์หรือที่เรียกว่าคีเฟอร์รัน แล้วปล่อยคีเฟอร์รันออกสู่นมหมัก จึงทำให้ความชื้นหนืดของนมหมักเพิ่มมากขึ้นตามลำดับ โดยนมหมักที่หมักด้วยกล้าเชื้อที่ผสม 10% ซูโครสในกระบวนการทำแห้งแล้วนำมาทดสอบประสิทธิภาพการหมักพบว่าความชื้นหนืดเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องเมื่อเสร็จสิ้นกระบวนการหมักความชื้นหนืดประมาณ 17.63 รองลงมาคือ 1%กลีเซ

อรอล 10% หางนมผงและชุดควบคุมตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบความชื้นหนืดในผลิตภัณฑ์สุดท้ายพบว่า ความชื้นหนืดของนมหมักที่เติมสารป้องกันความเย็นมีปริมาณสูงกว่านมหมักจากเมล็ดคิเฟอร์ อาจเนื่องมาจากการระหว่างการเจริญเติบโตเมื่อเซลล์ของแลคติกแอซิดฟันจากระยะปรับตัวและอยู่ในสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมจึงผลิตคิเฟอร์รันออกมาในปริมาณมาก และความชื้นหนืดของผลิตภัณฑ์มีความสัมพันธ์กับปริมาณเชื้อ พีเอส ปริมาณกรดทั้งหมด ตามลำดับ

จากภาพ 6 (ข) ความชื้นหนืดของนมหมักที่หมักด้วยกล้าเชื้อคิเฟอร์อายุ 24 ชั่วโมงพบว่าความชื้นหนืดเพิ่มขึ้นต่อเนื่องอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยความชื้นหนืดในผลิตภัณฑ์สุดท้ายเท่ากับ ^{19.72} เมื่อพิจารณานมหมักแต่ละชนิดที่เติมสารป้องกันความเย็นพบว่า ในช่วงแรกของการหมักนมหมักจากคิเฟอร์ผงที่เติมสารป้องกันความเย็น ไม่แตกต่างกันเนื่องมาจากจุลินทรีย์อยู่ในระยะปรับตัวเพื่อซ่อมแซมโครงสร้างของเซลล์และปรับตัวให้เข้ากับสภาพแวดล้อมจากนั้นจึงเริ่มสร้างสารประกอบประเภทโพลีแซคคาไรด์หรือที่เรียกว่าคิเฟอร์เรน แล้วปล่อยคิเฟอร์เรนออกสู่นมหมัก จึงทำให้ความชื้นหนืดของนมหมักเพิ่มมากขึ้นตามลำดับ โดยนมหมักที่หมักด้วยกล้าเชื้อที่ผสม 10% ซูโครสในกระบวนการทำแห้งแล้วนำมาทดสอบประสิทธิภาพการหมักพบว่าความชื้นหนืดเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องเมื่อเสร็จสิ้นกระบวนการหมักความชื้นหนืดประมาณ 18.13 รองลงมาคือ 1% กลีเซอรอล 10% หางนมผงและชุดควบคุมตามลำดับ และความชื้นหนืดของผลิตภัณฑ์มีความสัมพันธ์กับปริมาณเชื้อ พีเอส ปริมาณกรดทั้งหมด ตามลำดับ



ภาพ 6 (ก) ความชื้นหนืดของนมหมักที่หมักด้วยกล้าเชื้อเม็ดคี้เฟอร์และคี้เฟอร์ผงที่มีอายุกล้าเชื้อ 12 ชั่วโมง

(ข) ความชื้นหนืดของนมหมักที่หมักด้วยกล้าเชื้อเม็ดคี้เฟอร์และคี้เฟอร์ผงที่มีอายุกล้าเชื้อ 24 ชั่วโมง