บทที่ 4

ผลการทดลองและวิจารณ์

4.1 ผลการทดลอง

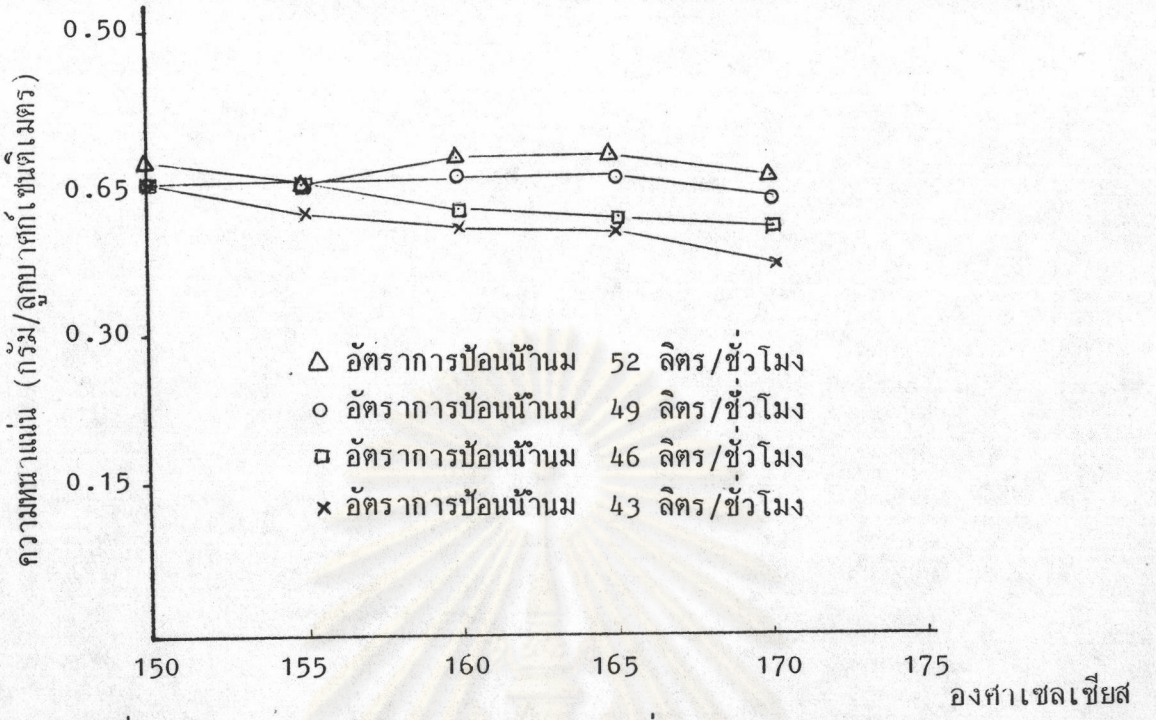
4.1.1 การศึกษาผลของตัวแปรต่าง ๆ ที่มีผลต่อคุณภาพของนมผงที่ผลิตได้จากโรงนมผงสวนดุสิต ผลได้แสดงในตารางที่ จ-1 ถึง จ-4 และ 4-1 และรูปที่ 4-1 ถึง 4-5 โดยใช้วิธีวิเคราะห์ในหัวข้อ 3.3 รายละเอียดของวิธีได้แสดงไว้ในภาคผนวก ก

4.1.2 การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมจากการผลิตสูงสุดของเครื่องผลิตนมผง ผลนั้นพิจารณาจากตารางที่ จ-1

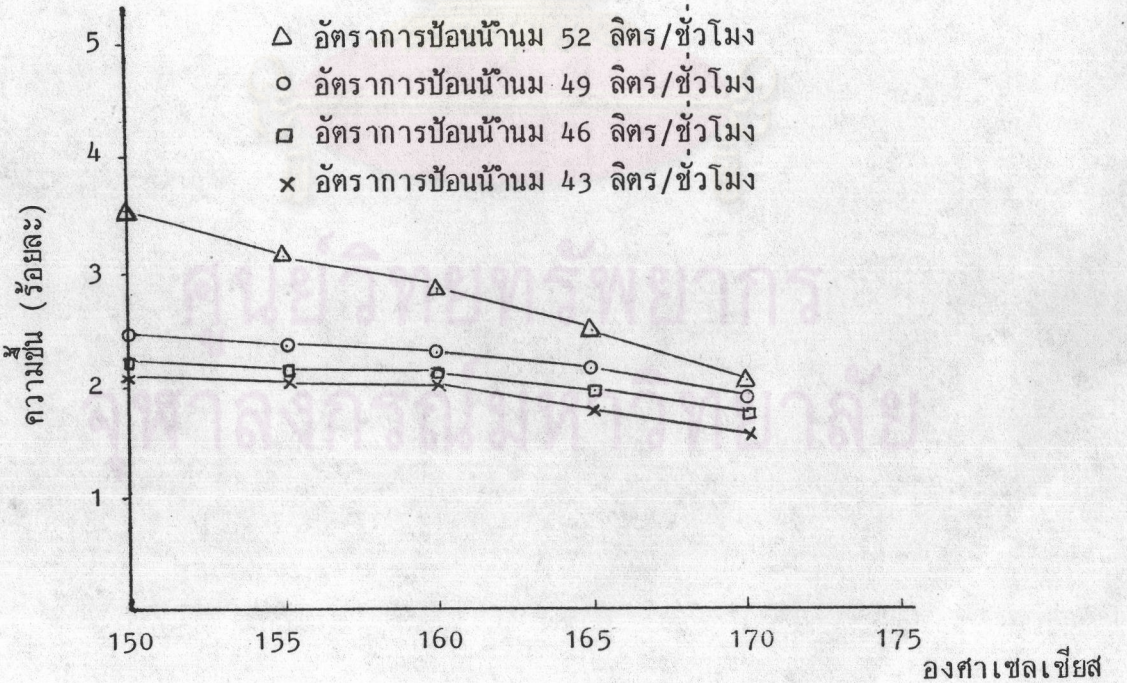
4.1.3 การศึกษาอายุการเก็บของผลิตภัณฑ์ในภาชนะที่จำหน่าย โดยเก็บที่อุณหภูมิห้องจากตัวอย่างนมผงที่มีคุณภาพดีที่สุด กำลังการผลิตสูงสุด ในการทดลองได้เก็บจาก 2 สภาวะ สภาวะแรกผลแสดงในรูปที่ 4-6 ถึง 4-10 ตารางที่ 4-2 ถึง 4-3 สภาวะสอง ผลแสดงในรูปที่ 4-11 ถึง 4-15 ตารางที่ 4-4 ถึง 4-5 และข้อมูลได้แสดงในภาคผนวก ช วิธีวิเคราะห์ดังในหัวข้อ 3.5.3 รายละเอียดของวิธีวิเคราะห์ แสดงไว้ในภาคผนวก ก

4.1.4 การหาประสิทธิภาพความร้อน สมดุลย์มวลสาร และความร้อนของเครื่องอบแห้งแสดงในผลการทดลอง

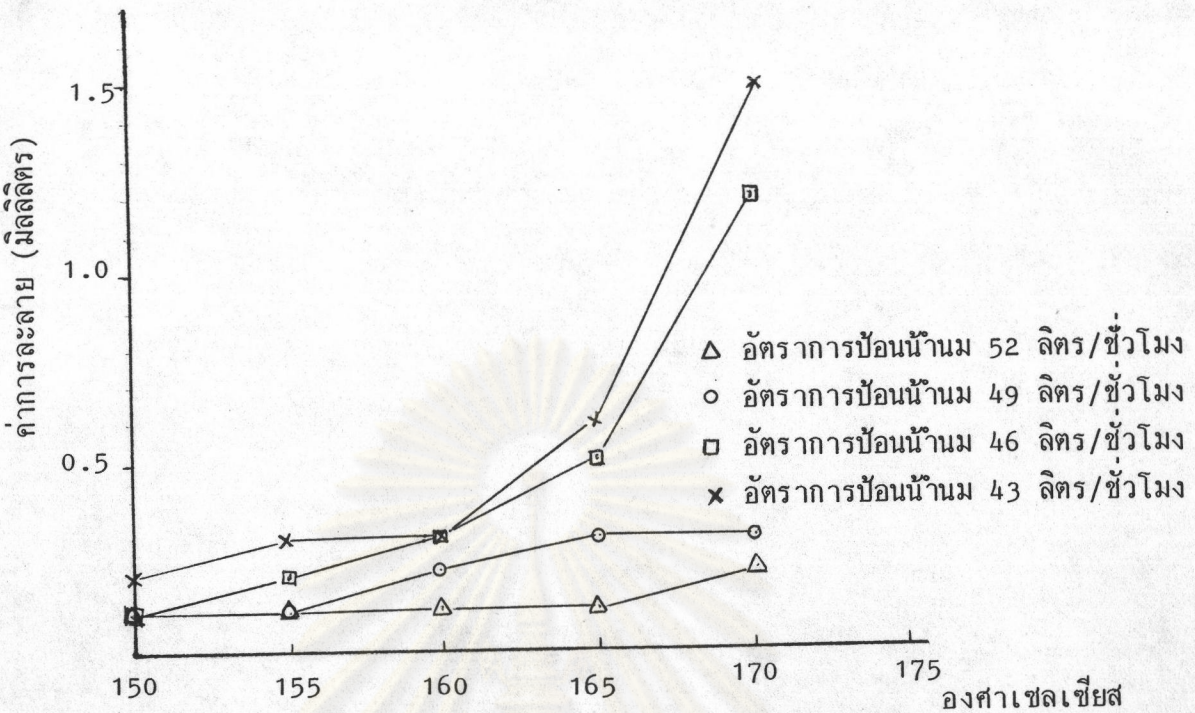
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



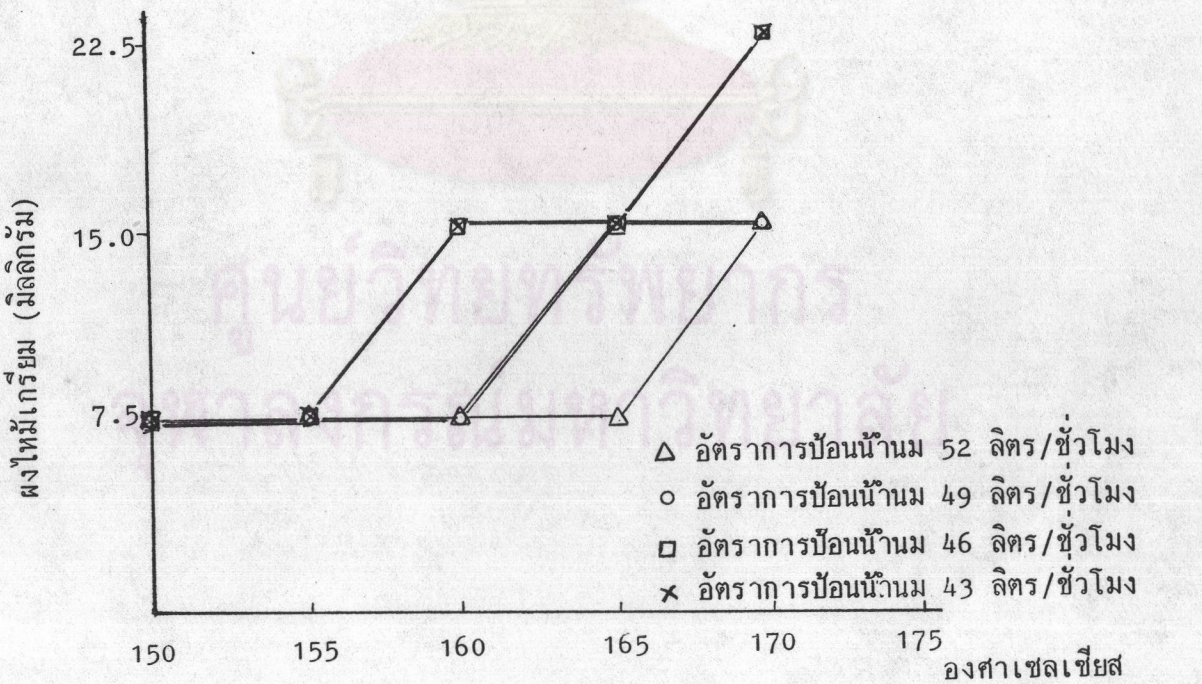
รูปที่ 4-1 แสดงค่าความหนาแน่นของนมผง เมื่ออัตราการป้อนน้ำนม 43 46 49 52 ลิตร/ชั่วโมง เข้าเครื่องอบแห้งที่อุณหภูมิ 150 155 160 170 องศาเซลเซียส



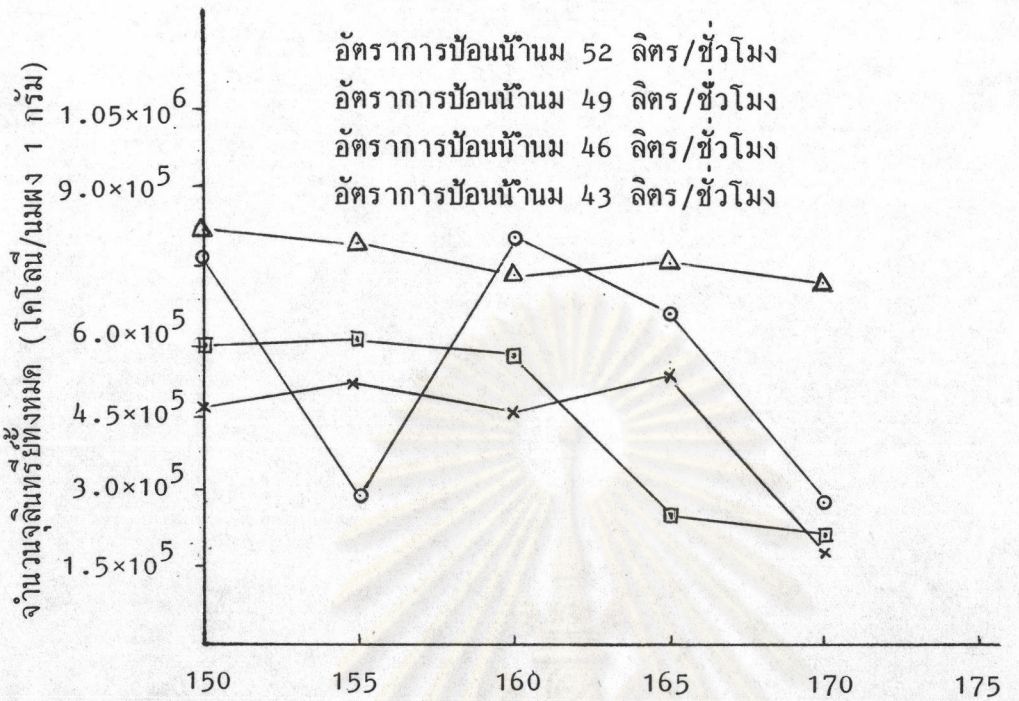
รูปที่ 4-2 แสดงค่าความชื้นของนมผง เมื่ออัตราการป้อนน้ำนม 43 46 49 52 ลิตร/ชั่วโมง เข้าเครื่องอบแห้งที่อุณหภูมิ 150 155 160 165 170 องศาเซลเซียส



รูปที่ 4-3 แสดงค่าการละลายของนมผง เมื่ออัตราการป้อนน้ำนม 43 46 49 52 ลิตร/ชั่วโมง เข้าเครื่องอบแห้งที่อุณหภูมิ 150 155 160 165 170 องศาเซลเซียส



รูปที่ 4-4 แสดงค่าผงไหม้เกรียมของนมผง เมื่ออัตราการป้อนน้ำนม 43 46 49 52 ลิตร/ชั่วโมง เข้าเครื่องอบแห้งที่อุณหภูมิ 150 155 160 165 170 องศาเซลเซียส



รูปที่ 4-5 แสดงจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดของนมผง เมื่ออัตราการป้อนน้ำนม 43 46 52 ลิตร/ชั่วโมง เข้าเครื่องอบแห้งที่อุณหภูมิ 150 155 160 165 170 องศาเซลเซียส

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

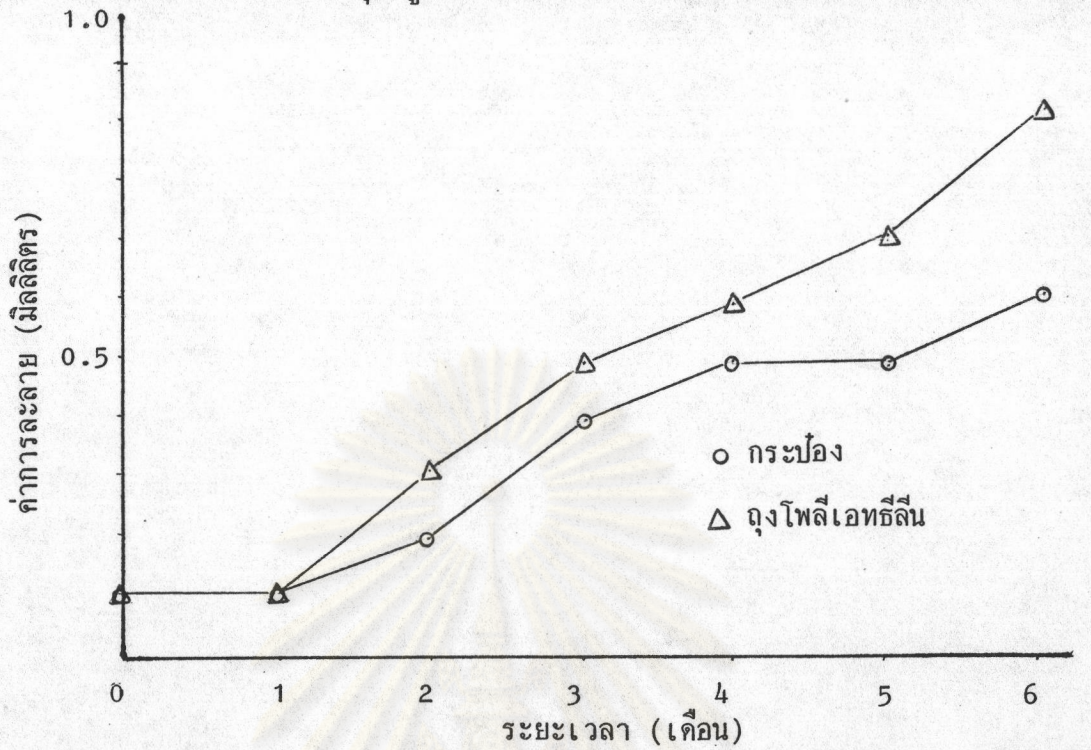
ตารางที่ 4-1 แสดงการวัดสีของนมผงที่สภาวะต่าง ๆ กัน โดยใช้ Munsell disc calorimeter

สภาวะของเครื่องอบแห้ง		ส่วนประกอบของสี (ร้อยละ)				
อุณหภูมิลมร้อน(°ซ)	อัตราการพ่น(ลิตร/ชั่วโมง)	N8/	$5Y^{8}/_{12}$	$10YR^{8}/_{6}$	$5G^{8}/_{6}$	$N_{9.25}$
150	52	3	14	2	2	79
155	52	3	14	3	1	79
160	52	3	15	2	2	79
165	52	3	15	3	1	79
170	52	3	16	3	1	78
150	49	3	14	3	1	79
155	49	3	14	3	1	79
160	49	2	15	3	2	78
165	49	2	15	3	1	79
170	49	2	16	3	1	78
150	46	3	14	4	1	78
155	46	3	14	4	1	78
160	46	2	15	3	1	79
165	46	2	15	3	1	79
170	46	2	16	4	1	77
150	43	3	14	4	1	78
155	43	3	14	4	1	78
160	43	2	15	4	1	78
165	43	2	16	5	1	76
170	43	2	17	6	1	75

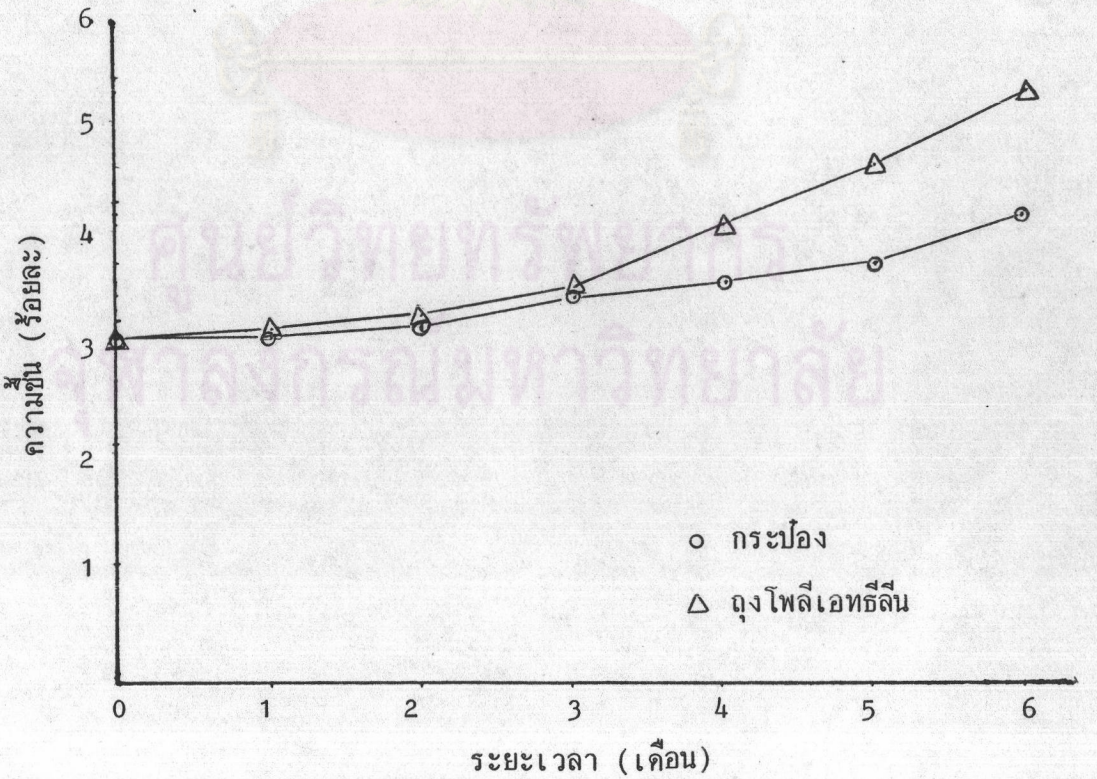
N8/ คือสีเทา $5Y^{8}/_{12}$ คือสีเหลือง $10YR^{8}/_{6}$ คือสีเหลืองแดง $5G^{8}/_{6}$ คือสีเขียว

$N_{9.25}$ คือสีขาว

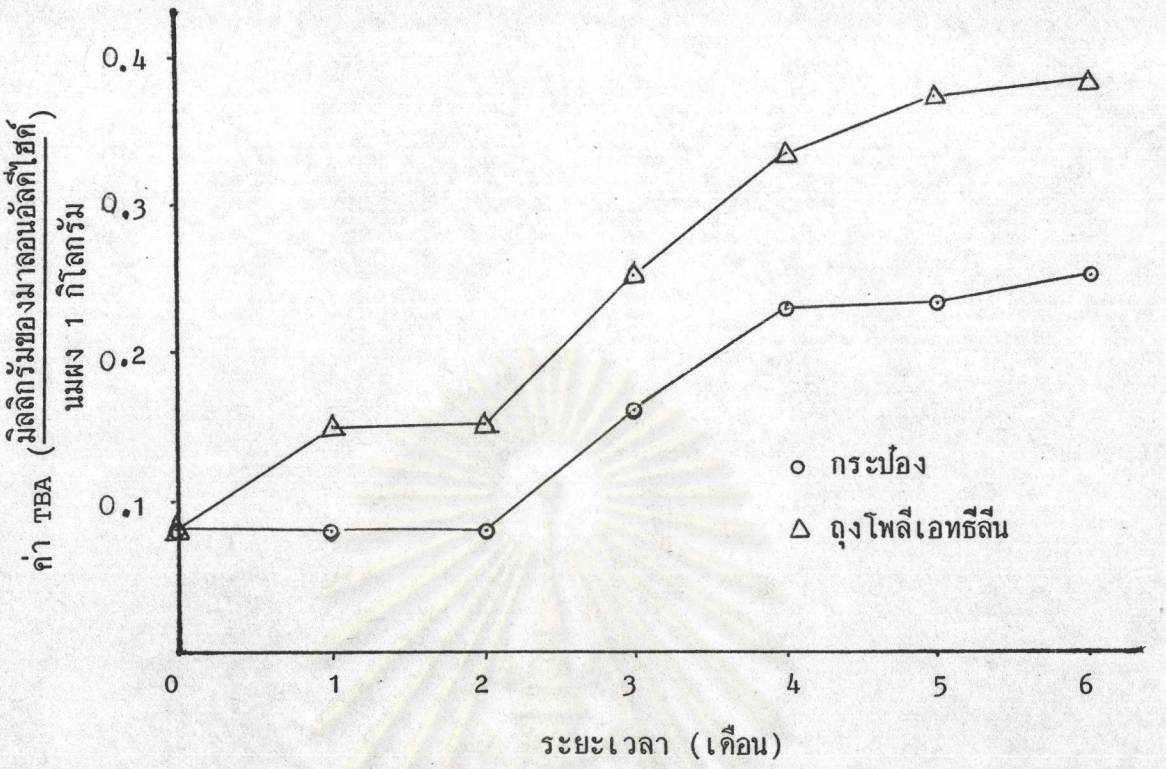
ศึกษาอายุการเก็บของผลิตภัณฑ์ในภาชนะที่จำหน่ายโดยเก็บที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 6 เดือน ของตัวอย่างนมผงอบแห้งที่อุณหภูมิ 160 องศาเซลเซียส อัตราการป้อน 52 ลิตร/ชั่วโมง



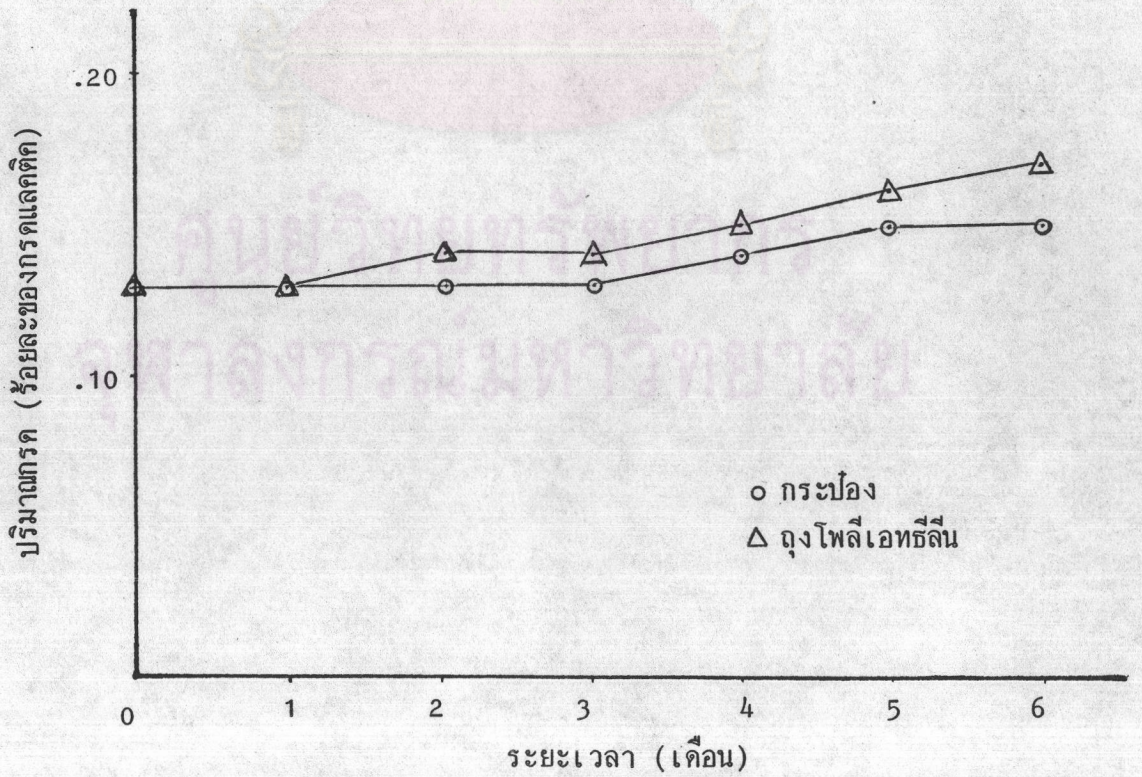
รูปที่ 4-6 แสดงการเปลี่ยนแปลงการละลายของนมผงที่บรรจุในกระป๋องและถุงโพลีเอทธีลีน



รูปที่ 4-7 แสดงการเปลี่ยนแปลงความชื้นของนมผงที่บรรจุในกระป๋องและถุงโพลีเอทธีลีน



รูปที่ 4-8 แสดงการเปลี่ยนแปลงค่ากรดไทโอบาร์ไบทูริคของนมผงที่บรรจุในกระป๋องและถุงโพลีเอทธีลีน



รูปที่ 4-9 แสดงการเปลี่ยนแปลงของปริมาณกรดที่ติเตรทได้ของนมผงที่บรรจุในกระป๋องและถุงโพลีเอทธีลีน

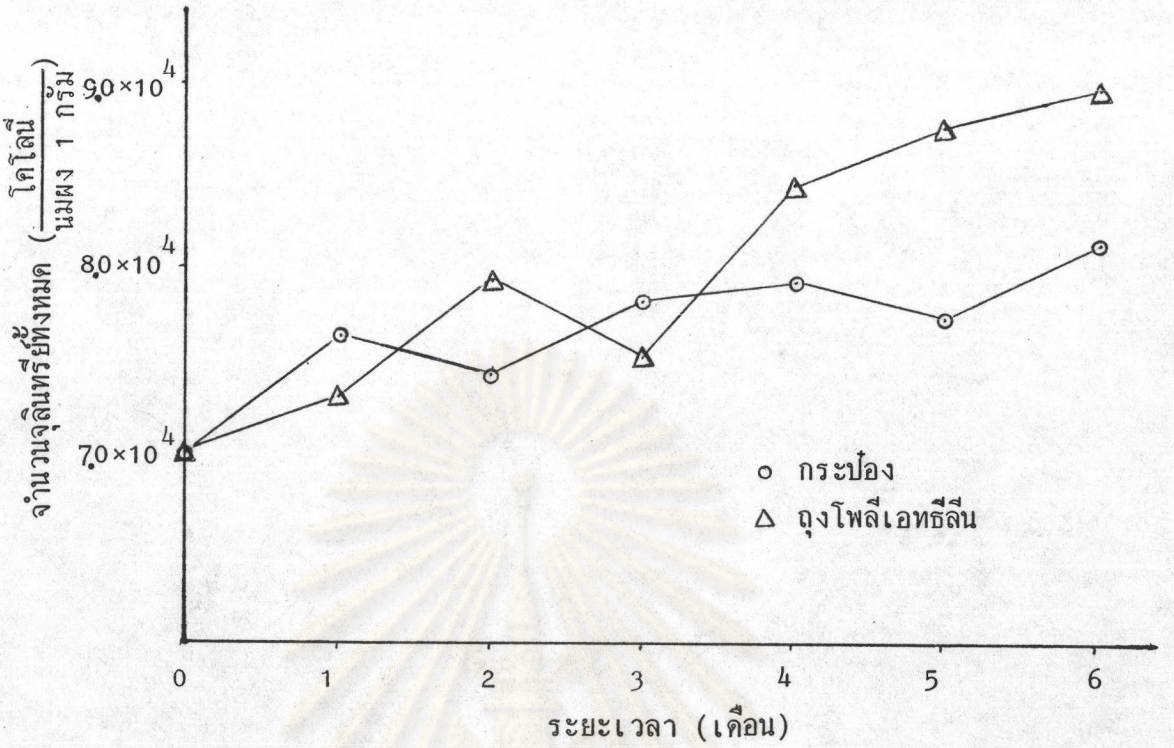
ตารางที่ 4-2 แสดงการวัดสีของนมผงที่บรรจุในกระป๋องและถุงโพลีเอทธีลีน เป็นเวลา 6 เดือน

ภาชนะที่บรรจุ	ส่วนประกอบของสี (ร้อยละ)					
	เดือนที่	N8/	$5Y\frac{8}{12}$	$10YR\frac{8}{6}$	$5G\frac{8}{6}$	$N_{9.25}$
กระป๋องขนาด 1 ปอนด์	1	2	15	2	2	79
	2	2	15	2	2	79
	3	2	16	2	2	79
	4	2	16	2	1	80
	5	2	16	3	1	78
	6	2	16	4	1	77
ถุงโพลีเอทธีลีนขนาด 100 กรัม	1	2	15	2	2	79
	2	2	16	2	2	78
	3	2	16	3	2	77
	4	2	17	3	2	76
	5	2	17	4	2	75
	6	2	17	5	2	74

N8/ คือสีเทา $5Y\frac{8}{12}$ คือสีเหลือง $10YR\frac{8}{6}$ คือสีเหลืองแดง $5G\frac{8}{6}$ คือสีเขียว

$N_{9.25}$ คือสีขาว

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4-10 แสดงจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดของนมผงที่บรรจุในกระป๋อง และถุงโพลีเอทธีลีน

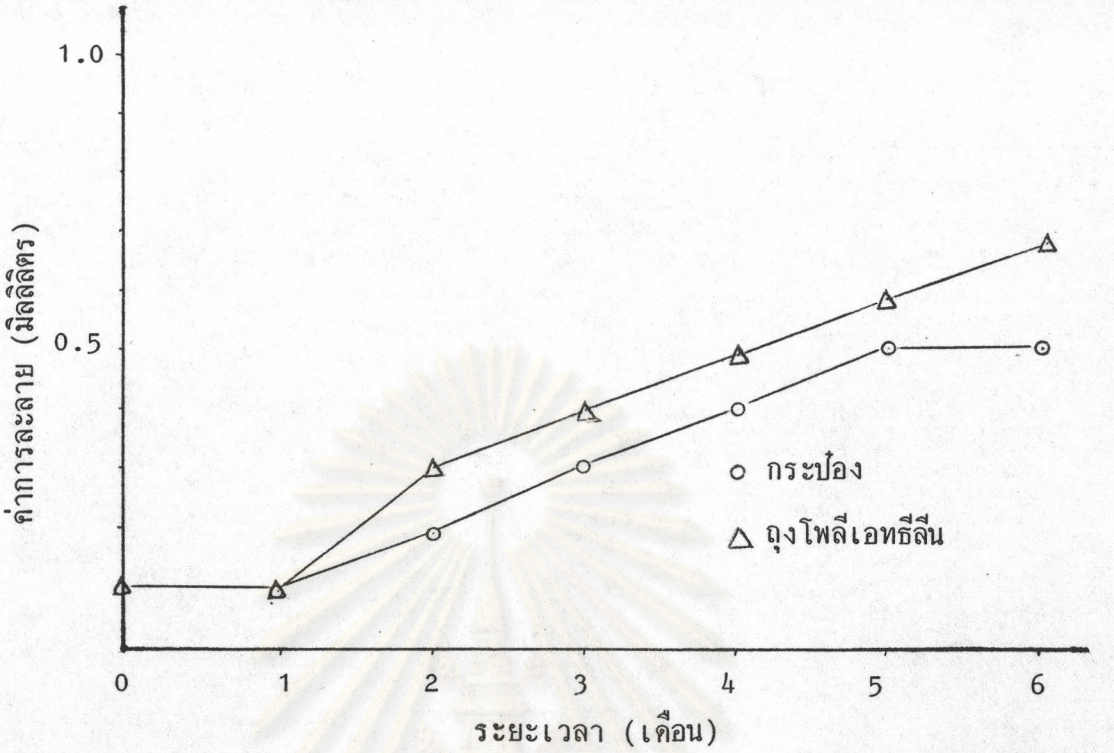
ตารางที่ 4-3 แสดงการตรวจเชื้อราของนมผงที่บรรจุในกระป๋องและถุงโพลีเอทธีลีน

ชนิดภาชนะที่บรรจุ	เชื้อรา						
	ระยะเวลา (เดือน)						
	0	1	2	3	4	5	6
กระป๋องขนาด 1 ปอนด์	-	-	-	-	-	-	-
ถุงโพลีเอทธีลีน ขนาด 100 กรัม	-	-	-	-	-	-	-

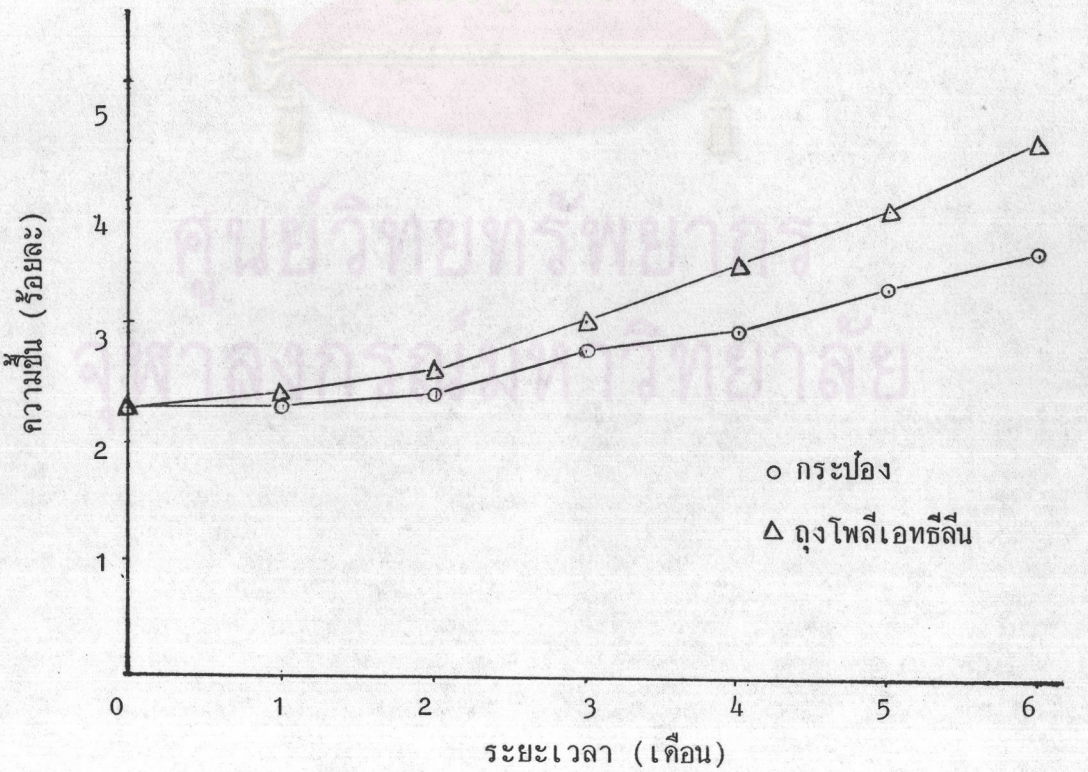
\+ พบเชื้อรา

\- ไม่พบเชื้อรา

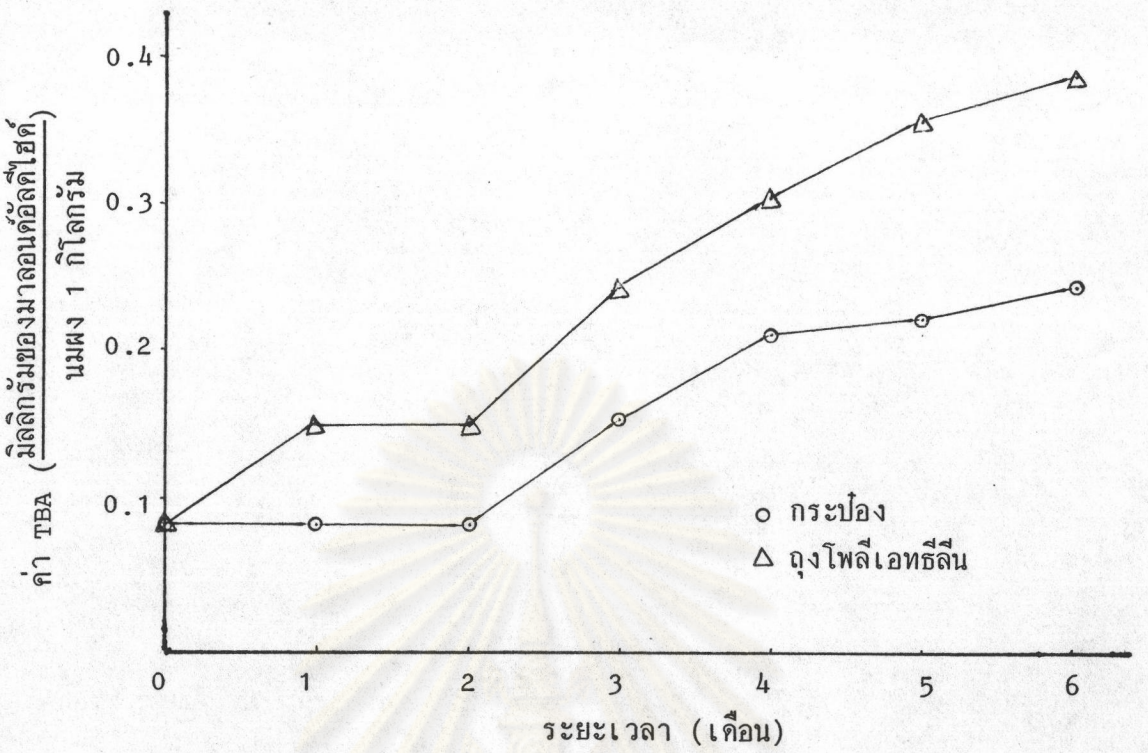
ศึกษาอายุการเก็บของผลิตภัณฑ์ในภาชนะที่จำหน่าย โดยเก็บที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 6 เดือน ของตัวอย่างนมผงอบแห้งที่อุณหภูมิ 165 องศาเซลเซียส และอัตราการป้อน 52 ลิตร/ชั่วโมง



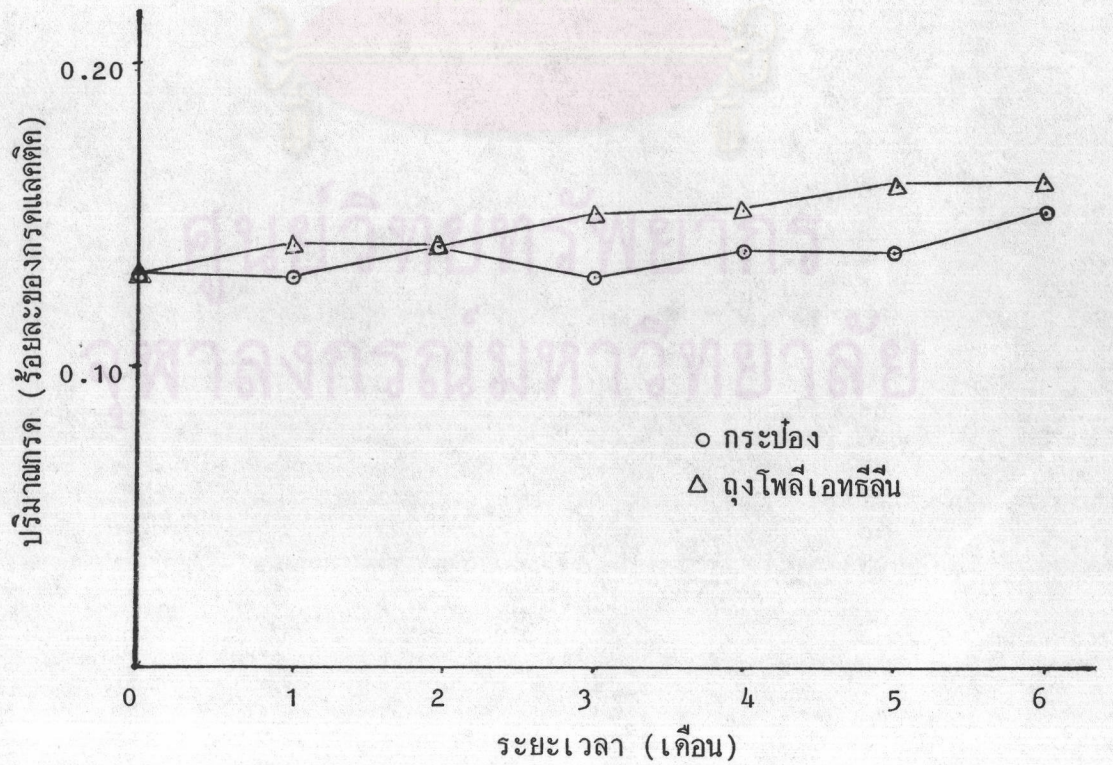
รูปที่ 4-11 แสดงการเปลี่ยนแปลงการละลายของนมผงที่บรรจุในกระป๋องและถุงโพลีเอทธีลีน



รูปที่ 4-12 แสดงการเปลี่ยนแปลงความชื้นของนมผงที่บรรจุในกระป๋องและถุงโพลีเอทธีลีน



รูปที่ 4-13 แสดงการเปลี่ยนแปลงค่ากรดไทโอบาร์ไบทูริคของนมผงที่บรรจุในกระป๋องและถุงโพลีเอทธีลีน



รูปที่ 4-14 แสดงการเปลี่ยนแปลงปริมาณกรดที่ติเตรทได้ของนมผงที่บรรจุในกระป๋องและถุงโพลีเอทธีลีน

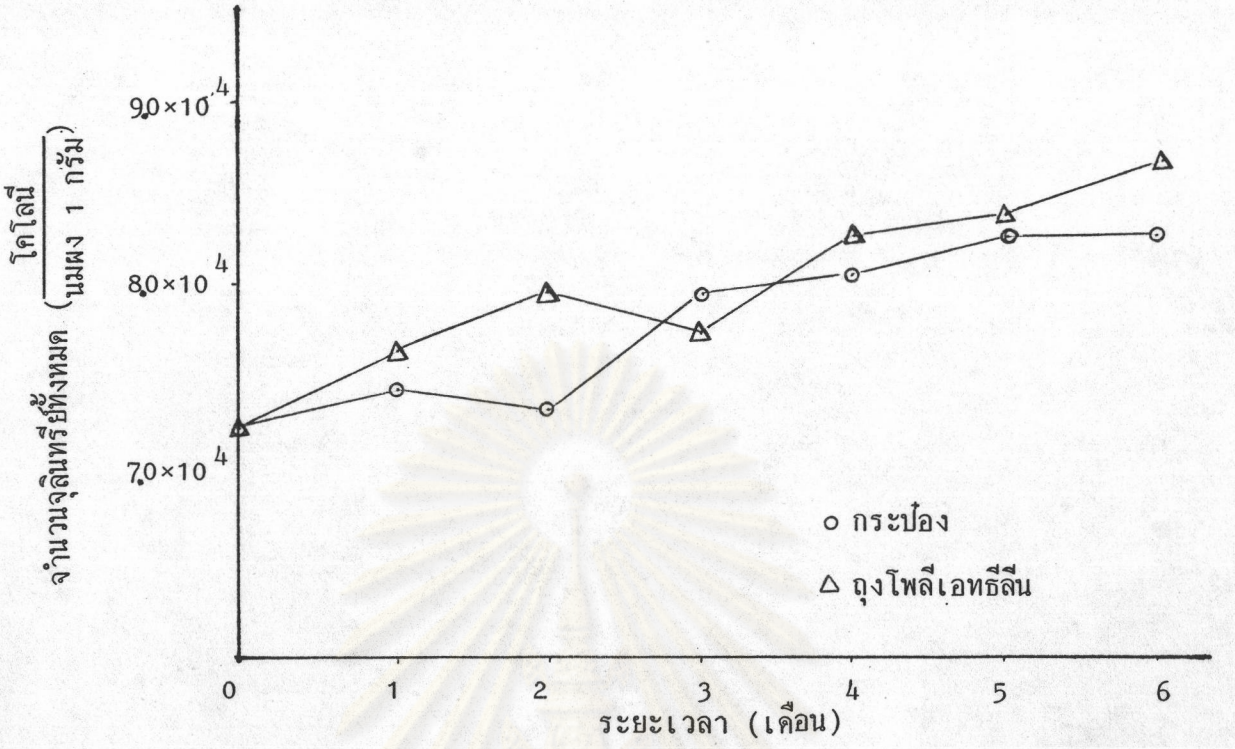
ตารางที่ 4-4 แสดงการวัดสีของนมผงที่บรรจุในกระป๋องและถุงโพลีเอทธีลีนเป็นเวลา 6 เดือน

ภาชนะที่บรรจุ	ส่วนประกอบของสีต่าง ๆ (ร้อยละ)					
	เดือนที่	N8/	5Y8/12	10YR8/6	5G8/6	$N_{9.25}$
กระป๋องขนาด 1 ปอนด์	1	2	15	3	1	79
	2	2	15	3	1	79
	3	2	16	3	1	78
	4	2	16	3	1	78
	5	2	16	4	1	77
	6	2	16	4	1	77
ถุงโพลีเอทธีลีนขนาด 100 กรัม	1	2	15	3	1	79
	2	2	16	3	1	78
	3	2	16	4	1	77
	4	2	17	5	1	75
	5	2	17	6	1	74
	6	2	18	6	1	73

N8/ คือสีเทา 5Y8/12 คือสีเหลือง 10YR8/6 คือสีเหลืองแดง 5G8/6 คือสีเขียว

$N_{9.25}$ คือสีขาว

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4-15 แสดงจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดของนมผงที่บรรจุในกระป๋องและถุงโพลีเอทธีลีน

ตารางที่ 4-5 แสดงการตรวจเชื้อราของนมผงที่บรรจุในกระป๋องและถุงโพลีเอทธีลีน

ชนิดภาชนะที่บรรจุ	เชื้อรา						
	ระยะเวลา (เดือน)						
	0	1	2	3	4	5	6
กระป๋องขนาด 1 ปอนด์	-	-	-	-	-	-	-
ถุงโพลีเอทธีลีนขนาด 100 กรัม	-	-	-	-	-	-	-

\+ พบเชื้อรา

\- ไม่พบเชื้อรา

การหาประสิทธิภาพความร้อน สมดุลย์มวลสาร และความร้อนของเครื่องอบแห้ง

ประสิทธิภาพของความร้อน (Thermal Efficiency) = ความร้อนที่ใช้ในการระเหย (heat used in evaporation) / ความร้อนที่ใส่เข้าไป (heat input)

$$= \frac{T_1 - T_2}{T_1 - T_0} \cdot 100$$

T_0 = อุณหภูมิของอากาศในบรรยากาศ = 32 องศาเซลเซียส

T_1 = อุณหภูมิของลมร้อนก่อนเข้าเครื่องอบแห้ง = 118 องศาเซลเซียส

T_2 = อุณหภูมิของลมร้อนที่ออกจากเครื่องอบแห้ง = 77 องศาเซลเซียส

ประสิทธิภาพของความร้อน $= \frac{118 - 77}{118 - 32} \cdot 100$

$= \frac{41}{84} \cdot 100$

= 47.67 เปอร์เซนต์

ทำสมดุลย์มวลสาร และความร้อนที่ถังอบแห้งจากรูปที่ 2-5

M_s = นน.ของแข็งที่เข้า/ชั่วโมง

$(W_s)_1$ = เป็น นน.ความชื้น/นน.ของแข็ง

$(Q_s)_1$ = เอนทาลปีของของแข็งและความชื้น

$(T_s)_1$ = อุณหภูมิของอาหาร

G_a = นน.ของอากาศแห้งที่ส่งเข้าไปในเครื่องอบแห้ง/ชั่วโมง

$(T_a)_1$ = อุณหภูมิของอากาศร้อนที่เข้า

$(Q_a)_1$ = เอนทาลปีของอากาศ

$(H)_1$ = ความชื้นของอากาศขณะเข้าถัง

1. G_a = 45 ลูกบาศก์เมตร/นาที = 2,700 ลูกบาศก์เมตร/ชั่วโมง

(D_{118^oC} = 0.898 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร)

= 2,424.6 กิโลกรัม/ชั่วโมง = 2,384.07 กิโลกรัมของอากาศแห้ง/ชั่วโมง

$(T_a)_1$ = 118 องศาเซลเซียส

H_1 = 0.017 กิโลกรัมของความชื้น/กิโลกรัมของอากาศแห้ง

(T_d = 89.6 องศาฟาเรนไฮต์)

(T_w = 77 องศาฟาเรนไฮต์)

$(Q_a)_1 = C_s\Delta T + \lambda H_1$

$= (0.24 + 0.46 \times 0.017)118 + 597 \times 0.017$

$= 39.38$ กิโลแคลอรี่/กิโลกรัม

2. M_s = 46x1.09 = 50.14 กิโลกรัม/ชั่วโมง = 21.05 กิโลกรัมของแข็ง/ชั่วโมง

($D_{42^oBrix} = 1.09$ กรัม/ลูกบาศก์เซนติเมตร)

$(T_s)_1 = 52$ องศาเซลเซียส

$(W_s)_1 = \frac{58}{42} = 1.083$ กิโลกรัมของความชื้น/กิโลกรัมของของแข็ง

$(Q_s)_1 = C_{DS}\Delta T + (W_s)_1 C_w\Delta T$

$= 0.4 \times 52 + 1.083 \times 1 \times 52$

$= 77.11$ กิโลแคลอรี่/กิโลกรัม

3. G_a = 7932.6 ลูกบาศก์เมตร/ชั่วโมง = 8,011.92 กิโลกรัม/ชั่วโมง

($D_{77^oC} = 1.010$ กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร)

$(T_a)_2 = 77$ องศาเซลเซียส

$H_2 = 0.036$ กิโลกรัมของความชื้น/กิโลกรัมของอากาศแห้ง

($T_d = 161$ องศาฟาเรนไฮต์)

($T_w = 105.8$ องศาฟาเรนไฮต์)

$(Q_a)_2 = (0.24 + 0.46 \times 0.036)\ 77 + 597 \times 0.036$

$= 41.24$ กิโลแคลอรี่/กิโลกรัม

4. M_s = 19.5 กิโลกรัมของนมผงแห้ง/ชั่วโมง = 20 กิโลกรัมนมผง/ชั่วโมง

$(T_s)_2 = 60$ องศาเซลเซียส

$(W_s)_2 = \frac{3.19}{96.81} = 0.032$ กิโลกรัมของความชื้น/กิโลกรัมของของแข็ง

$(Q_s)_2 = C_{DS}\Delta T + (W_s)_2 C_w\Delta T$

$= 0.4 \times 60 + 0.032 \times 1 \times 60$

$= 25.92$ กิโลแคลอรี่/กิโลกรัม

สมดุลย์ความชื้น

ระบบทำงานอย่างต่อเนื่องจึงไม่มีการสะสมในถังอบแห้ง

ความชื้นที่เข้า = ความชื้นที่ออก

$$M_{s_1}(W_s)_1 + G_{a_1}(H_1) = M_{s_2}(W_s)_2 + G_{a_2}(H_2)$$

$$21.05 \times 1.083 + 2384.07 \times 0.017 = 19.5 \times 0.032 + 7733.51 \times 0.036$$

$$25.77 + 40.52 = 0.62 + 278.40$$

$$66.29 = 279.02$$

$$= 212.73 \text{ กิโลกรัม}$$

สมดุลย์ของความร้อน

เอนทาลปีของอากาศที่เข้าถังอบแห้ง $G_a(Q_a)_1$

เอนทาลปีของอาหารเหลวที่เข้าถัง $M_s(Q_s)_1$

เอนทาลปีของอากาศที่ออกจากถัง $G_a(Q_a)_2$

เอนทาลปีของของแข็งที่แห้ง $M_s(Q_s)_2$

ระบบของเครื่องอบแห้งเป็นแบบต่อเนื่อง

ความร้อนที่เข้า = ความร้อนที่ออก + ความร้อนที่สูญเสีย

$$G_a(Q_a)_1 + M_s(Q_s)_1 = G_a(Q_a)_2 + M_s(Q_s)_2 + Q_L$$

$$24246 \times 39.38 + 50.14 \times 77.11 = 8011.92 \times 41.24 + 20 \times 25.92 + Q_L$$

$$95480.70 + 3866.29 = 330411.58 + 518.40 + Q_L$$

$$99,346.99 = 330,929.98 + Q_L$$

$$= 231,582.99 + Q_L$$

จากการทดลองและนำข้อมูลที่ได้มาคำนวณ สมดุลย์ของมวลสารทำสมดุลย์ของความชื้น จะพบว่า มวลที่ออกมากกว่ามวลที่เข้า และจากการทำสมดุลย์ของความร้อน จะพบว่า ความร้อนที่ออกมากกว่าความร้อนที่เข้า เพราะว่าพัดลมดูด (Suction fan) มีอัตราการไหลของอากาศ 8,011.92 กิโลกรัม/ชั่วโมง ขณะที่พัดลมตัวส่งมีอัตราการไหลของอากาศ 2424.20 กิโลกรัม/

ชั่วโมง จึงทำให้พัดลมดูดดูดอากาศภายนอกผ่านพัดลมตัวส่งลมร้อนเพิ่มเข้าไปอีก และอากาศบางส่วนจะรั่วเข้าตรงช่องสำหรับใส่หัวฉีด ซึ่งจะทำให้มวลที่ออกมากกว่ามวลที่เข้า ดังนั้นก็จะทำให้ค่าพลังงานความร้อนทางออกของเครื่องอบแห้งมากกว่าพลังงานความร้อนที่เข้า

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.2 วิจารณ์ผลการทดลอง

4.2.1 ตัวแปรต่าง ๆ ของเครื่องอบแห้งที่มีผลต่อคุณภาพนมผง (5)

1. ความเข้มข้นของน้ำนม เมื่อใช้น้ำนมที่มีความเข้มข้นมากมาพ่นโดยสภาวะอื่น ๆ คงที่ จะได้นมผงที่มีขนาดของอนุภาคใหญ่ขึ้น ถ้าเครื่องทำละอองฝอยชนิดหัวฉีดเมื่อน้ำนมมีความเข้มข้นมาก ๆ หัวฉีดจะตันได้ ความเข้มข้นที่เหมาะสมสำหรับเครื่องทำละอองฝอยหัวฉีดคือร้อยละ 42 ของของแข็ง (6) นมผงที่ได้จะมีคุณภาพดีกว่าที่ความเข้มข้นอื่น (15)

2. อัตราการไหลของอากาศ เป็นตัวควบคุมเวลาที่ละอองของน้ำนมจะอยู่ในถังอบแห้ง การเพิ่มเวลาให้ละอองน้ำนมอยู่ในถังอบแห้งนานขึ้นจะทำให้การระเหยน้ำมากขึ้น ถ้านานเกินไปนมผงที่ได้ละมีสีเหลือง คุณภาพการละลายจะไม่ดี

3. อัตราการป้อนของน้ำนม เมื่ออัตราการป้อนของน้ำนมเพิ่มขึ้นในขณะที่สภาวะอื่นคงที่ นมผงที่ได้จะมีความชื้นสูงขึ้น

4. อุณหภูมิของอากาศร้อน การเพิ่มอุณหภูมิของอากาศร้อนโดยที่สภาวะอื่นคงที่ จะเป็นการเพิ่มความสามารถในการระเหยน้ำ การเพิ่มอุณหภูมิอากาศร้อนเข้าไปจะทำให้ค่า bulk density ลดลง เพราะนมผงที่ได้มีความโปร่งมากขึ้น ซึ่งจะมีผลทำให้ต้องใช้ปริมาตรบรรจุมากขึ้น

5. ขนาดของหัวฉีด เมื่อหัวฉีดมีขนาดใหญ่ขึ้น ถ้าสภาวะอื่น ๆ คงที่ จะได้นมผงที่มีขนาดอนุภาคใหญ่ขึ้น

6. อุณหภูมิของน้ำนม เมื่อน้ำนมมีอุณหภูมิสูงขึ้น จะได้นมผงที่มีขนาดอนุภาคเล็กกว่าที่อุณหภูมิต่ำ โดยใช้หัวฉีดอันเดียวกัน

จะเห็นได้ว่าตัวแปรต่าง ๆ ที่กล่าวมาจะมีผลต่อคุณภาพของนมผง แต่ในงานวิจัยได้ศึกษาตัวแปรดังนี้ อุณหภูมิ อัตราการป้อนน้ำนม

อุณหภูมิ 150 155 160 165 170 องศาเซลเซียส

อัตราการป้อนน้ำนม 43 46 49 52 ลิตร/ชั่วโมง

สภาวะที่คงที่

ความเข้มข้นของน้ำนมร้อยละ 42 ของของแข็ง

อัตราการไหลของอากาศ 45.13 ลูกบาศก์เมตร/นาที

ขนาดหัวฉีด 72 ไมครอน

อุณหภูมิของน้ำนม 52 องศาเซลเซียส

นำผลิตภัณฑ์นมผงที่ผลิตจากสภาวะต่าง ๆ ไปตรวจสอบคุณภาพทางเคมี ทางกายภาพ ทางจุลชีววิทยา ดังในตารางที่ จ-1 ถึง จ-4 และ 4-1 รูปที่ 4-1 ถึง 4-5

จากตารางที่ จ-1 อุณหภูมิ 150 155 160 165 170 องศาเซลเซียส อัตราการป้อนน้ำนม 52 ลิตร/ชั่วโมง พบว่า ค่าปริมาณกรดอยู่ระหว่างร้อยละ 0.13-0.14 ของกรดแลคติค โปรตีนประมาณร้อยละ 17 ไขมันประมาณร้อยละ 26 ความหนาแน่น (bulk density) 0.45-0.46 กรัม/ลูกบาศก์เซนติเมตร ความชื้นร้อยละ 2.01-3.49 ค่าการละลาย (solubility index) 0.10-0.20 มิลลิลิตร ผงไหม้เกรียม (scortched particle) 7.5-15 มิลลิกรัม ขนาดของอนุภาคนมผง 3-22 ไมครอน สีของนมผงทุกตัวอย่าง สีขาวออกเหลืองอ่อน ซึ่งส่วนประกอบของสีต่าง ๆ ใกล้เคียงกันมาก ดังตารางที่ 4-1 คุณภาพทางจุลชีววิทยา จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด 6.8×10^{4}-8.4×10^{4} โคโลนี/นมผง 1 กรัม ไม่พบบักเตรีพวกโคลิฟอร์ม และจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรค จะเห็นว่าคุณภาพนมผงที่ได้จากสภาวะนี้คุณภาพดี ความชื้นของนมผงต่ำ การละลายอยู่ในเกณฑ์ดี ที่อุณหภูมิต่ำการละลายจะดีกว่าที่อุณหภูมิสูง ผงไหม้เกรียมจะมีมากที่อุณหภูมิสูง ขนาดของอนุภาคที่อุณหภูมิสูงจะมีขนาดใหญ่ ทำให้ความหนาแน่นลดลง จำนวนจุลินทรีย์ที่อุณหภูมิสูงจะมีจำนวนน้อย จากตารางที่ จ-1 จำนวนจุลินทรีย์จากบางข้อมูลที่อุณหภูมิ 160 องศาเซลเซียส มีจำนวนจุลินทรีย์ 7.0×10^{4} โคโลนี/นมผง 1 กรัม และที่อุณหภูมิ 165 องศาเซลเซียส จะมีจำนวนจุลินทรีย์ 7.2×10^{4} โคโลนี/นมผง 1 กรัม สาเหตุที่เป็นเช่นนี้เพราะว่าน้ำนมดิบในแต่ละวันมีจำนวนจุลินทรีย์ไม่เท่ากัน น้ำนมดิบใน Lot ที่ใช้อุณหภูมิ 165 องศาเซลเซียส มีจำนวนจุลินทรีย์มากกว่าที่ Lot ที่อุณหภูมิ 160 องศาเซลเซียส

จากตารางที่ จ-2 อุณหภูมิเช่นเดียวกับตารางที่ จ-1 อัตราการป้อนน้ำนม 49 ลิตร/ชั่วโมง นำไปตรวจสอบคุณภาพพบว่า ค่าปริมาณกรดร้อยละ 0.13-0.14 ของกรดแลคติค โปรตีน

ประมาณร้อยละ 17 ไขมันประมาณร้อยละ 26 ความหนาแน่น 0.44-0.46 กรัม/ลูกบาศก์-เซนติเมตร ความชื้นร้อยละ 1.94-2.46 ค่าการละลาย 0.10-0.30 มิลลิลิตร ผงไหม้-เกรียม 7.5-15 มิลลิกรัม ขนาดของอนุภาคนมผง 5-23 ไมครอน คุณภาพทางจุลชีววิทยา ชีววิทยา จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด 2.67×10^{4}-8.0×10^{4} โคโลนี/นมผง 1 กรัม ไม่พบบักเตรีพวกโคลิฟอร์มและจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรค จะเห็นว่าผลิตจากสภาวะนี้มีคุณภาพจัดอยู่ในเกณฑ์ที่ดี ค่าความชื้นและการละลายจะละลายน้อยกว่าในตารางที่ จ-1 เพราะอัตราการป้อนน้อยกว่าในสภาวะแรก แต่อุณหภูมิคงเดิม จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดจะลดลงอย่างเห็นได้ชัด เพราะอัตราการป้อนน้อยกว่าเมื่อเทียบกับตารางที่ จ-1 สีของนมผง สีขาวออกเหลืองอ่อน เมื่อวัดส่วนประกอบของสีต่าง ๆ ใกล้เคียงกับในสภาวะแรก ดังตารางที่ 4-1 จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดในตารางที่ จ-2 มีลักษณะเช่นเดียวกับตารางที่ จ-1 ดังกล่าวมาแล้ว

จากตารางที่ จ-3 ใช้อุณหภูมิ 150 155 160 165 170 องศาเซลเซียส อัตราการป้อน 46 ลิตร/ชั่วโมง ค่าปริมาณกรดจะอยู่ระหว่างร้อยละ 0.13-0.14 ของกรดแลคติค โปรตีนประมาณร้อยละ 17 ไขมันประมาณร้อยละ 26 ค่าความหนาแน่น 0.39-0.45 กรัม/ลูกบาศก์เซนติเมตร ความชื้นร้อยละ 1.89 ค่าการละลาย 0.10-1.20 มิลลิลิตร ผงไหม้เกรียม 7.5-22.5 มิลลิกรัม ขนาดของอนุภาคนมผง 5-37 ไมครอน สีของนมผงประกอบไปด้วยสีที่ใกล้เคียงกับของตารางที่ จ-1 และ จ-2 จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด 1.92×10^{4}-6.1×10^{4} โคโลนี/นมผง 1 กรัม ไม่พบบักเตรีพวกโคลิฟอร์ม และจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรค จะเห็นว่าอัตราการป้อนในตารางที่ จ-3 นี้น้อยกว่าในตารางที่ จ-1 ตารางที่ จ-2 จึงทำให้ค่าความหนาแน่นลดลง เพราะในอนุภาคของนมมีช่องอากาศมาก ทำให้อนุภาคมีขนาดใหญ่ขึ้น และความชื้นลดมากกว่าในตารางที่ จ-1 และ จ-2 เมื่ออุณหภูมิสูง ความชื้นจะน้อย ค่าการละลายจากตารางนี้จะมีค่ามากกว่าตารางที่ จ-1 และ จ-2 เพราะอัตราการป้อนน้อยกว่า ซึ่งจะทำให้ค่าการละลายมีมากจนถึง 1.2 มิลลิลิตร เมื่ออุณหภูมิสูงคือที่ 170 องศาเซลเซียส ในทำนองเดียวกันผงไหม้-เกรียมเพิ่มมากถึง 22.5 มิลลิกรัม จำนวนจุลินทรีย์น้อยกว่าในตารางที่ จ-1 และ จ-2 เมื่ออุณหภูมิเท่ากัน

จากตารางที่ จ-4 ใช้อุณหภูมิ 150 155 160 165 170 องศาเซลเซียส อัตราการป้อน 43 ลิตร/ชั่วโมง เป็นอัตราการป้อนที่น้อยที่สุด จากการตรวจคุณภาพนมผงที่ได้ พบว่าค่าปริมาณกรดร้อยละ 0.13-0.14 ของกรดแลคติค โปรตีนประมาณร้อยละ 17 ไขมันประมาณร้อยละ 26 ค่าความหนาแน่น 0.36-0.45 กรัม/ลูกบาศก์เซนติเมตร ค่าความชื้นร้อยละ 1.72-

2.17 ค่าการละลาย 0.20-1.50 มิลลิลิตร ผงไหม้เกรียม 7.5-22.5 มิลลิกรัม ขนาดของอนุภาคนมผง 5-40 ไมครอน และสีของนมผงที่ได้มีส่วนประกอบใกล้เคียงกับที่ได้กล่าวมาแล้ว จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด 2.01×10^{4}-5.7×10^{4} โคโลนี/นมผง 1 กรัม จากตารางที่ จ-4 พบว่าค่าความหนาแน่นอยู่ระหว่าง 0.36-0.45 กรัม/ลูกบาศก์เซนติเมตร ค่าความชื้นก็น้อยกว่า และค่าการละลายมากกว่าทุกตาราง มีค่าถึง 1.5 มิลลิลิตร เพราะอัตราการป้อนเพียง 43 ลิตร/ชั่วโมง โดยที่อุณหภูมิเหมือนกับสภาวะที่อัตราการป้อนมากกว่า ทำให้นมผงที่ผลิตได้คุณภาพไม่ดีเท่าที่ควร

4.2.2 การศึกษาคุณภาพนมผงที่ผลิตได้เมื่อเทียบกับมาตรฐานข้อกำหนดของสำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

1. คุณภาพทางเคมีและกายภาพ

จากการตรวจคุณภาพนมผงในสภาวะต่าง ๆ ที่ได้ศึกษา พบว่านมผงที่ผลิตขึ้นในบางสภาวะคุณภาพไม่ดีเท่าที่ควร คือไม่เป็นไปตามมาตรฐานของสำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม (9) ดังตารางที่ 2-8 จากตารางที่ จ-1 และ จ-2 ไม่พบว่ามีข้อมูลใดเกินจากที่กำหนด ตารางที่ จ-3 พบว่ามีบางตัวอย่างของนมผงที่ศึกษาคุณภาพไม่ตรงตามข้อกำหนดคือ ที่อุณหภูมิ 170 องศาเซลเซียส อัตราการป้อน 46 ลิตร/ชั่วโมง ค่าการละลายของนมผง 1.20 มิลลิลิตร ซึ่งเกินจากข้อกำหนดซึ่งให้มีค่าการละลายเพียง 1.00 มิลลิลิตร ความหนาแน่นน้อยกว่ามาตรฐาน ความหนาแน่นของนมผงที่เหมาะสมควรจะมีค่าอยู่ระหว่าง 0.45-0.50 กรัม/ลูกบาศก์เซนติเมตร ในตารางที่ จ-4 พบว่ามีนมผงบางตัวอย่างที่ศึกษาคุณภาพไม่ตรงตามข้อกำหนด คือที่อุณหภูมิ 170 องศาเซลเซียส อัตราการป้อน 43 ลิตร/ชั่วโมง ค่าการละลายของนมผง 1.50 มิลลิลิตร และค่าความหนาแน่น 0.36 กรัม/ลูกบาศก์-เซนติเมตร สำหรับค่าความหนาแน่นนี้จะมีผลในการบรรจุนมผงในภาชนะ ถ้านมผงมีค่าความหนาแน่นน้อย ทำให้ต้องใช้ปริมาตรในการบรรจุมากขึ้น

2. คุณภาพทางจุลชีววิทยา

การควบคุมคุณภาพน้ำนมนั้นเราไม่สามารถจะควบคุมได้ เช่น สี ไขมัน และจำนวนจุลินทรีย์ ตรวจเพื่อดูว่าคุณภาพของน้ำนมดีหรือไม่ สำหรับน้ำนมที่ใช้ที่โรงนมผงส่วนใหญ่มาจากสหกรณ์โคนมหนองโพ และน้ำนมที่ได้จากโรงโคนมสวนจิตรลดาเป็นส่วนน้อย ซึ่งจะเห็นว่าวัตถุดิบไม่อยู่ที่เดียวกับแหล่งผลิต ต้องเก็บในห้องเย็นและขนส่งมาอีกต่อหนึ่ง โอกาสที่

จุลินทรีย์เพิ่มจำนวนก็มีมาก เพราะน้ำนมเป็นสารอาหารอย่างดีของพวกจุลินทรีย์ จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดในน้ำนมที่นำมาผลิตนมผงจะมีจำนวนจุลินทรีย์มากน้อยไม่เท่ากัน จะขึ้นกับสุขอนามัยในการเก็บและการรีดนมถ้าไม่สะอาดก็จะพบว่ามีจำนวนจุลินทรีย์มาก

จากการทดลองได้นำนมดิบจาก 5 ตัวอย่างไปหาจำนวนจุลินทรีย์โดยวิธี Total Plate Count ดังในภาคผนวก ง ซึ่งมีจำนวนจุลินทรีย์ดังนี้ 4.0×10^5, 5.0×10^5, 3.8×10^5, 4.7×10^5, 5.2×10^5 โคโลนี/น้ำนม 1 มิลลิลิตร และระยะเวลาในการเปลี่ยนสี Methylene Blue 4-5 ชั่วโมง ทั้ง 5 ตัวอย่างนมดิบ จัดอยู่ในเกณฑ์ที่ดีพอสมควร เมื่อนำนมดิบไประเหยน้ำและผ่านกระบวนการอบแห้ง ผลิตภัณฑ์ที่ผลิตได้จะมีจำนวนจุลินทรีย์อยู่ระหว่าง 7.0×10^4 -8.4×10^4 โคโลนี/นมผง 1 กรัม จากในตารางที่ จ-1 เป็นสภาวะที่ให้การผลิตสูงสุด-และคุณภาพดีจากตัวอย่างนมผงที่ 1-4 คิดเฉลี่ยแล้วจำนวนจุลินทรีย์จะลดลงไปประมาณ 6 เท่า และสำหรับตารางที่ จ-2 ถึง จ-4 จำนวนจุลินทรีย์จะลดลงมากกว่าตารางที่ จ-1 เพราะอัตราการป้อนน้อยลง โดยสภาวะอุณหภูมิอากาศร้อนคงที่ โอกาสที่จุลินทรีย์จะตายก็มีมากกว่า ตารางที่ จ-2 มีจำนวนจุลินทรีย์ดังนี้ 7.7×10^4, 2.83×10^4, 8.0×10^4, 6.4×10^4, 2.67×10^4 โคโลนี/นมผง 1 กรัม และตารางที่ จ-3 มีจำนวนจุลินทรีย์ 5.9×10^4, 6.1×10^4, 5.6×10^4, 1.92×10^4 โคโลนี/นมผง 1 กรัม ตารางที่ จ-4 มีจำนวนจุลินทรีย์ 4.6×10^4, 5.0×10^4, 4.5×10^4, 5.7×10^4, 2.01×10^4 โคโลนี/นมผง 1 กรัม ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมกำหนดว่า สำหรับนมผงจะมีจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดไม่เกิน 100,000 โคโลนี/นมผง 1 กรัม จากตารางที่ จ-1 ถึง จ-4 เทียบกับมาตรฐานแล้วทุกตัวอย่างจะมีจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดไม่เกินจากที่กำหนด.

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.2.3 การเลือกนมผงที่มีคุณภาพดีที่สุด และการเลือกสภาวะนมผงที่ผลิตประหยัดที่สุด

1. การเลือกสภาวะที่นมผงมีคุณภาพดีที่สุด โดยให้กำลังการผลิตสูงสุดนั้นต้องพิจารณาจากในสภาวะของตารางที่ จ-1 เป็นสภาวะที่อัตราการป้อนของน้ำนมมากที่สุด และเป็นกำลังสูงสุดของเครื่องที่จะทำได้ของโรงนมผงสวนดุสิต สำหรับนมผงที่มีคุณภาพดีที่สุดนั้นพิจารณาเป็นลำดับดังนี้

- การละลายดีที่สุด จากตารางที่ จ-1 คือ 0.10 มิลลิลิตร
- ความชื้นน้อยที่สุดของการละลายดีที่สุด จากตารางที่ จ-1 คือ 2.30 เปอร์เซนต์
- ชนิดและจำนวนจุลินทรีย์ที่มีในนมผงต้องไม่เกินมาตรฐานของสำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม จากตารางที่ จ-1 สภาวะที่นมผงมีค่าการละลาย 0.1 มิลลิลิตร ความชื้นร้อยละ 2.30 แต่จำนวนจุลินทรีย์ที่สภาวะนี้มีจำนวนไม่น้อยที่สุด ซึ่งสภาวะที่ 160, 170 องศาเซลเซียส มีจำนวนจุลินทรีย์น้อยกว่า สาเหตุนั้นเนื่องจากนมดิบแต่ละวันนั้นมีจำนวนจุลินทรีย์ไม่เท่ากัน บางวันมีจำนวนจุลินทรีย์มาก และบางวันน้อย ดังนั้นจึงเลือกสภาวะการผลิตนมผงที่อุณหภูมิ 165 องศาเซลเซียส อัตราการป้อน 52 ลิตร/ชั่วโมง ซึ่งให้กำลังการผลิตสูงสุด และคุณภาพดีที่สุดของที่ศึกษา

2. การเลือกสภาวะที่การผลิตนมผงประหยัดที่สุด ซึ่งต้องเลือกสภาวะการผลิตที่มีต้นทุนต่ำ กำลังการผลิตสูงสุด และนมผงที่ได้มีคุณภาพดี เป็นไปตามมาตรฐานที่สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม กำหนด แต่จากสภาวะที่ได้ทำการทดลองโดยพิจารณาจากตารางที่ จ-1 ในสภาวะที่อุณหภูมิ 150 องศาเซลเซียส อัตราการป้อน 52 ลิตร/ชั่วโมง เทียบกับสภาวะของข้อ 1 ค่าการละลายเท่ากันคือ 0.1 มิลลิลิตร ความชื้นร้อยละ 3.49 และจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด 8.4×10^{4} โคโลนี/นมผง 1 กรัม จากสภาวะที่เลือกนี้ ค่าความชื้นสูงกว่าค่าอื่น ๆ ในตารางที่ จ-1 ผลิตภัณฑ์ที่ได้จะมีน้ำหนักมากขึ้น ทำให้ขายได้จำนวนเงินมากขึ้น และปริมาณการใช้น้ำมันก็น้อยลงเพราะอุณหภูมิต่ำกว่าสภาวะของข้อ 1 ซึ่งใช้น้ำมัน 94.6 ลิตร ในการพ่นสภาวะของข้อ 2 ใช้น้ำมัน 84 ลิตร ซึ่งจะเห็นว่าประหยัดน้ำมันโซล่า 10 ลิตร และได้ผลิตภัณฑ์มีน้ำหนักเพิ่มขึ้น 1.5 กิโลกรัม ดังนั้นในการพ่นนมครั้งหนึ่งจะมีรายได้เพิ่มครั้งละ 200 บาท โดยประมาณ (จากนมดิบ 920 กิโลกรัม)

สรุปการเลือกนมผงที่มีคุณภาพดีที่สุดนั้น จะได้นมผงคุณภาพดี อายุการเก็บได้นานกว่า การผลิตแบบประหยัดเป็นการผลิตที่ใช้ต้นทุนต่ำสุด แต่อายุการเก็บของผลิตภัณฑ์จะมีอายุการเก็บได้น้อยกว่าสภาวะแรก ในทางปฏิบัติแล้ว ส่วนมากจะมุ่งปฏิบัติในการผลิตที่ใช้ต้นทุนต่ำสุด เพื่อให้ได้กำไรมากที่สุด.

4.2.4 อายุการเก็บของนมผงที่บรรจุในกระป๋องและถุงโพลีเอทธีลีน เมื่อนำไปเก็บที่อุณหภูมิห้อง

1. นำนมผงที่ผลิตในสภาวะอัตราการป้อน 52 ลิตร/ชั่วโมง อุณหภูมิลมร้อน 160 องศาเซลเซียส มาเก็บที่อุณหภูมิห้องเวลา 6 เดือน และนำตัวอย่างไปตรวจคุณภาพทุก ๆ เดือน จากที่บรรจุในกระป๋องขนาด 1 ปอนด์ จากข้อมูลในภาคผนวก ช ตารางที่ 4-2 และ 4-3 ค่าการละลายอยู่ระหว่าง 0.10-0.60 มิลลิลิตร ปริมาณกรดร้อยละ 0.13-0.15 ของกรดแลคติค ความชื้นร้อยละ 2.85-3.91 ค่ากรดไทโอบาร์ไบทูริค 0.084-0.248 มิลลิกรัม ของมาลอน-อัลดีไฮด์/นมผง 1 กิโลกรัม นมผงไม่มีกลิ่นหืน สีของนมผงเปลี่ยนแปลงน้อยมาก จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด 7.0×10^{4}-8.0×10^{4} โคโลนี/นมผง 1 กรัม เชื้อราตรวจไม่พบ และนมผงที่บรรจุในถุง-โพลีเอทธีลีน 100 กรัม ค่าการละลายอยู่ระหว่าง 0.10-0.90 มิลลิลิตร ปริมาณกรดร้อยละ 0.13-0.17 ของกรดแลคติค ความชื้นร้อยละ 2.85-4.89 ค่ากรดไทโอบาร์ไบทูริค 0.084-0.382 มิลลิกรัม มาลอนอัลดีไฮด์/นมผง 1 กิโลกรัม นมผงไม่มีกลิ่นหืน สีของนมผงเปลี่ยนแปลงมากกว่าที่บรรจุในกระป๋อง จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด 7.0×10^{4}-8.9×10^{4} โคโลนี/นมผง 1 กรัม ตรวจไม่พบเชื้อรา

2. นำตัวอย่างนมผงที่ผลิตในสภาวะอัตราการป้อน 52 ลิตร/ชั่วโมง อุณหภูมิลมร้อน 165 องศาเซลเซียส เก็บในสภาวะเช่นเดียวกับข้อ 1 จากข้อมูลในภาคผนวก ช ตารางที่ 4-4 และ 4-5 นมผงที่บรรจุในกระป๋อง ค่าการละลายจะอยู่ระหว่าง 0.10-0.50 มิลลิลิตร ปริมาณกรดร้อยละ 0.13-0.15 ของกรดแลคติค ความชื้นร้อยละ 2.30-3.59 ค่ากรดไทโอบาร์ไบทูริค 0.084-0.240 มิลลิกรัมของมาลอนอัลดีไฮด์/นมผง 1 กิโลกรัม นมผงไม่มีกลิ่นหืน สีของนมผงเปลี่ยนแปลงน้อยมาก จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด 7.2×10^{4}-8.2×10^{4} โคโลนี/นมผง 1 กรัม เชื้อราตรวจไม่พบ นมผงที่บรรจุในถุงโพลีเอทธีลีนค่าการละลาย 0.10-0.70 มิลลิลิตร ปริมาณกรดร้อยละ 0.13-0.16 ของกรดแลคติค ความชื้นร้อยละ 2.30-4.47 ค่ากรดไทโอบาร์ไบทูริค 0.084-0.376 มิลลิกรัมของมาลอนอัลดีไฮด์/นมผง 1 กิโลกรัม นมผง

ไม่มีกลิ่นหืน สีของนมผงเปลี่ยนแปลงไม่มาก จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด 7.2×10^{4}-8.6×10^{4} โคโลนี/นมผง 1 กรัม ตรวจไม่พบเชื้อรา

จะเห็นว่า จากตัวอย่างนมผงในข้อ 1 และ 2 ที่บรรจุในภาชนะทั้งสองเก็บที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 6 เดือน เมื่อนำไปตรวจคุณภาพทางเคมี ทางกายภาพ และทางจุลชีววิทยา พบว่าคุณภาพของนมผงไม่เกินจากมาตรฐานของสำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม แสดงว่านมผงสวนดุสิตมีอายุการเก็บเกิน 6 เดือน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย