บทที่ 4
ผลการทดลอง และวิจารณ์ผล

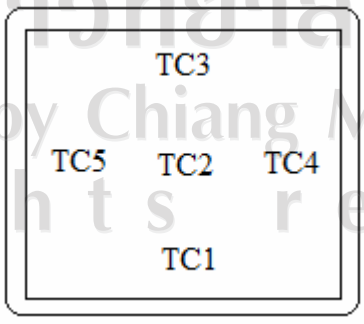
4.1 ศึกษาการกระจายความร้อน ในการแปรรูปน้ำพริกหนุ่มด้วยกระบวนการสเตอริไลส์

4.1.1 ศึกษาการกระจายความร้อนที่ช้าที่สุด ในหม้อนึ่งฆ่าเชื้อ

เรียงถุงรีทอร์ทเพาซ์ในตระกร้า ชั้นละ 9 ถุง จำนวน 200 ถุง จนเต็มตระกร้า นำเทอร์โมคัปเปิล ว่างไว้ที่ตำแหน่งตรงกลางของตระกร้า ตามชั้นต่าง ๆ เมื่อได้ชั้นที่มีการแทรกผ่านความร้อนที่ช้าที่สุด ทำการเลือกชั้นดังกล่าว มาหาตำแหน่งที่ร้อนช้าที่สุด ดังตำแหน่งต่างๆ ดังรูป

รูปที่ 4.1 ตำแหน่งเทอร์โมคัปเปิลในตระกร้าหม้อนึ่งฆ่าเชื้อตำแหน่งต่าง ๆ ตามแนวดิ่ง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



รูปที่ 4.2 ตำแหน่งเทอร์โมคัปเปิลในตระกร้าหม้อนึ่งฆ่าเชื้อตำแหน่งต่าง ๆ ตามแนวนอน

4.1.1.1 ศึกษาการกระจายความร้อนที่ช้าที่สุด ในหม้อนึ่งฆ่าเชื้อโดยการศึกษาในแนวดิ่ง

ตาราง 4.1 ผลการแทรกผ่านความร้อนในแนวดิ่งของตระกร้า

	อุณหภูมิ (^oC)			
	TC1	**TC2**	**TC3**	**TC4**
อุณหภูมิเริ่มต้น	23.68	28	27.73	27.64
อุณหภูมิที่ (0 นาที) เปิดไอน้ำ	23.68	28	27.73	27.64
อุณหภูมิที่เวลา (11 นาที) come-up	91	53.21	68.98	121.54
อุณหภูมิที่เวลา (36 นาที) ปิดไอน้ำ	121.74	119.98	121.39	122.72
F_o	20.44	6.83	13.59	-
f_h (Heating rate index)	9.5	19.75	13	-
j_h (Heating lag factor)	0.94	1.19	0.98	-
เวลาที่ใช้ฆ่าเชื้อ (B)	20	31	26	-

หมายเหตุ: วิธีการคำนวณค่า F_o, f_h, และ j_h ดูในภาคผนวก ง

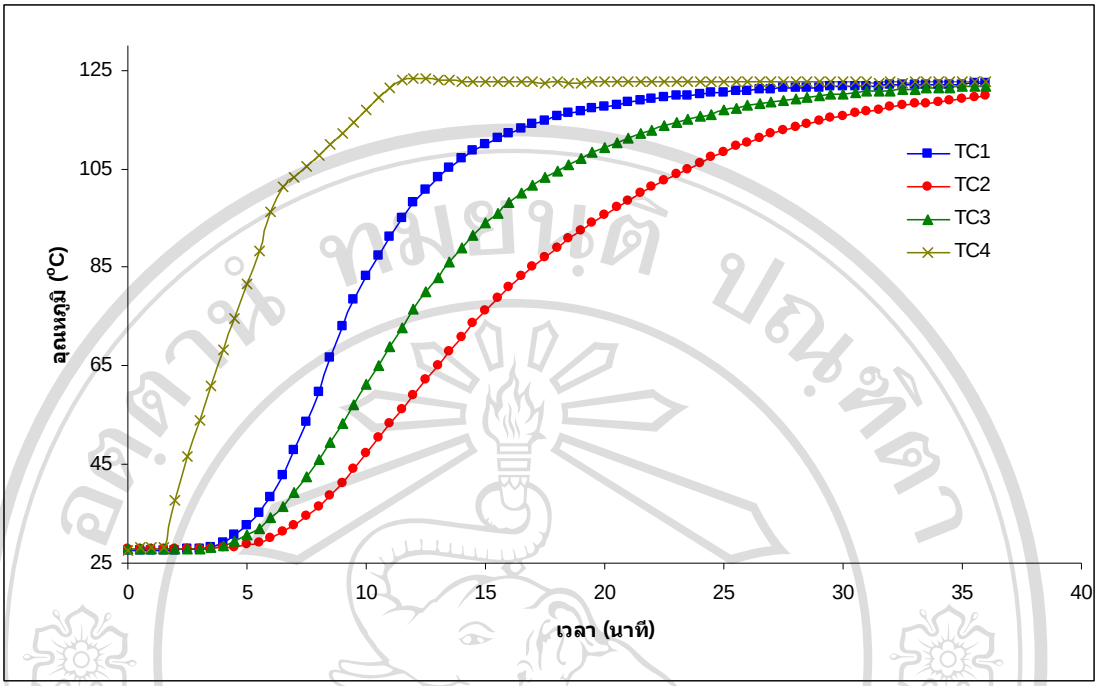
ตำแหน่งเทอร์โมคัปเปิล: TC1 = ชั้นที่ 9

TC2 = ชั้นที่ 11

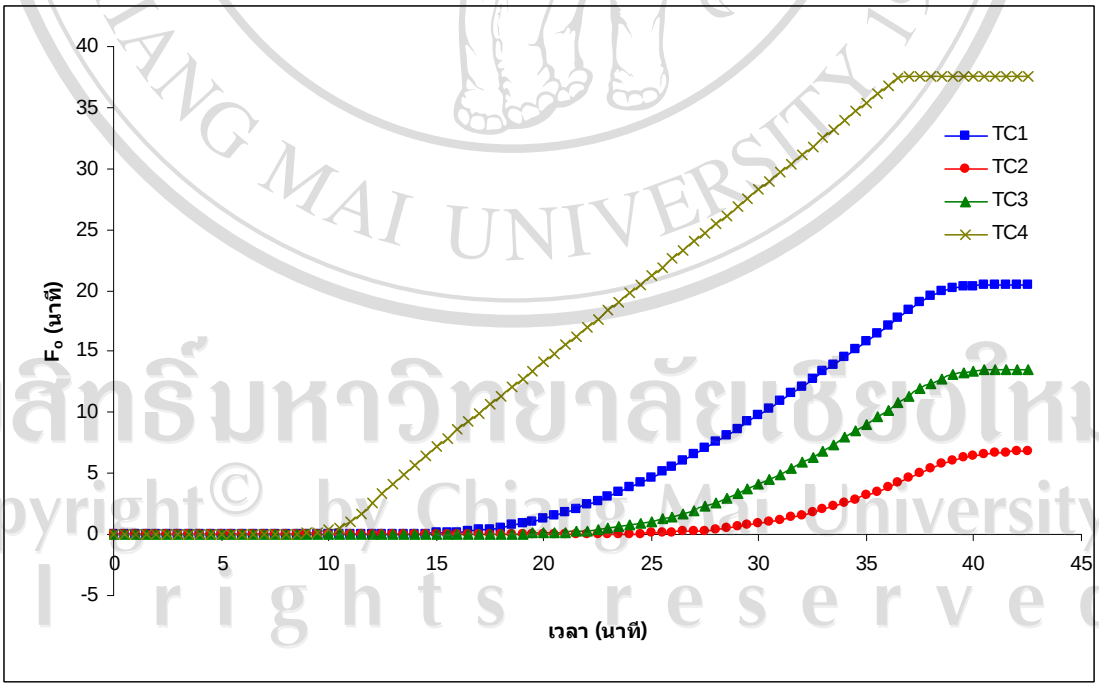
TC3 = ชั้นที่ 13

TC4 = วางติดกับด้านบนของหม้อนึ่งฆ่าเชื้อด้านใน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

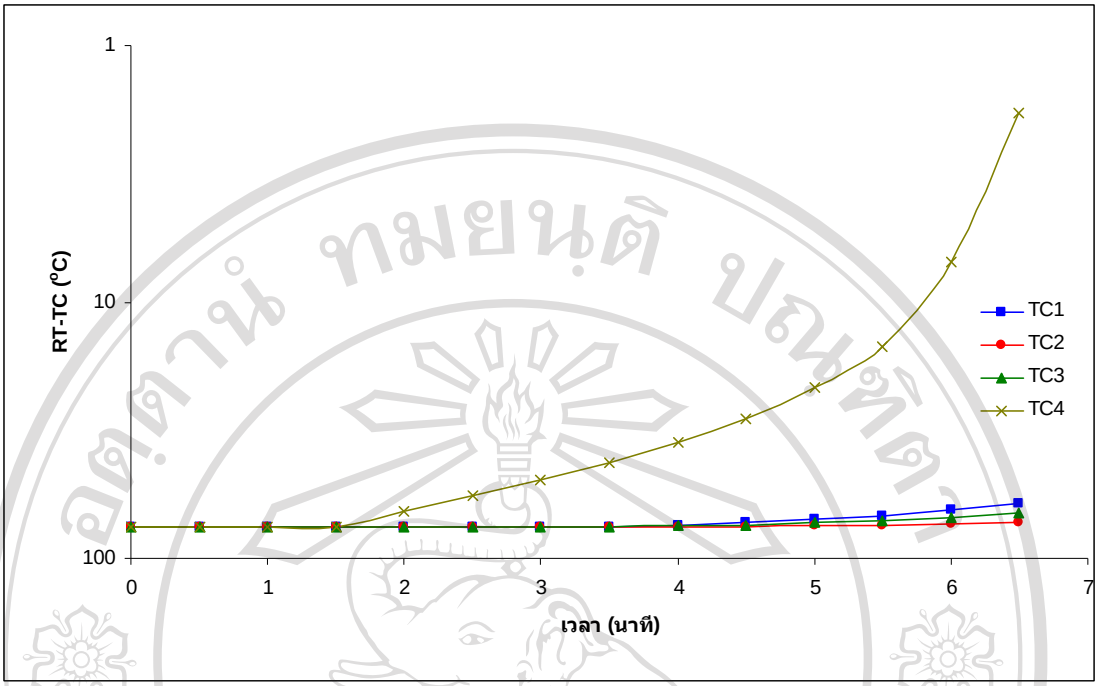


รูปที่ 4.3 อุณหภูมิของน้ำพริกหนุ่มในถุงรีทอร์ทเพาซ์ตำแหน่งต่าง ๆ ในแนวดิ่งเทียบกับเวลา



รูปที่ 4.4 ค่า F_o ของน้ำพริกหนุ่มในถุงรีทอร์ทเพาซ์ตำแหน่งต่าง ๆ ในแนวดิ่งเทียบกับเวลา

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



รูปที่ 4.5 Heating curve ของน้ำพริกหนุ่มในถุงรีทอร์ทเพาซ์ตำแหน่งต่าง ๆ ในแนวดิ่งเทียบกับเวลา

จากตาราง 4.1 พบว่า หม้อนึ่งฆ่าเชื้อ (retort) ใช้เวลาในการไล่อากาศนาน 9 นาที เวลาขึ้นถึง 121 ^{o}C นาน 12 นาที ผลจากการวัดการแทรกผ่านความร้อนในแนวดิ่ง พบว่าต้องใช้เวลาในการเปิดไอน้ำ นาน 37.5 นาที นับจากที่อุณหภูมิหม้อนึ่งฆ่าเชื้อขึ้นถึง 121 ^{o}C แล้ว ซึ่งจะได้ค่า F_o ดังนี้ 20.44, 6.83 และ 13.59 ตามลำดับ

รูปที่ 4.3 และ4.4 แสดงการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิ และค่า F_o เทียบกับเวลาตามลำดับ พบว่า เทอร์โมคัปเปิล ตำแหน่ง TC2 (ตำแหน่งของตระกร้าหม้อนึ่งฆ่าเชื้อ ชั้นที่11) มีแนวโน้มการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิช้ากว่า เทอร์โมคัปเปิลตำแหน่ง TC1 และ TC3 อย่างเห็นได้ชัดเจน และ จากตารางที่ 4.1 ค่า f_h (ค่าที่แสดงถึงการถ่ายเทความร้อน) ของเทอร์โมคัปเปิลตำแหน่ง TC2 มีค่า 19.75 ซึ่งแสดงว่ามีค่าการแทรกผ่านความร้อนที่น้อยกว่า เทอร์โมคัปเปิล ตำแหน่งTC1 และTC3 โดยมีค่า 9.50 และ13 ตามลำดับ และ รูปที่ 4.5 แสดง heating curve (เป็นผลต่างอุณหภูมิของหม้อนึ่งฆ่าเชื้อกับถุงรีทอร์ทเพาซ์) พบว่า ตำแหน่งเทอร์โมคัปเปิล TC2 มีค่าที่มีแนวโน้มที่มีค่ามาก ซึ่งแสดงถึงการแพร่ผ่านความร้อนที่ช้ากว่า เทอร์โมคัปเปิลตำแหน่ง TC1 และ TC3 ที่ค่ามีแนวโน้มที่มีค่าน้อยกว่า อย่างเห็นได้ชัด ดังนั้น เทอร์โมคัปเปิลตำแหน่ง TC2 หรือ ตำแหน่งชั้นที่ 11 จึงเป็นจุดร้อนช้าที่สุดในแนวดิ่งของหม้อนึ่งฆ่าเชื้อ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

4.1.1.2 ศึกษาการกระจายความร้อนที่ช้าที่สุด ในหม้อนึ่งฆ่าเชื้อในแนวนอน

ตาราง 4.2 ผลการแทรกผ่านความร้อนในแนวนอนของตระกร้า

	อุณหภูมิ (^oC)					
	TC1	**TC2**	**TC3**	**TC4**	**TC5**	**TC6**
อุณหภูมิเริ่มต้น	33.22	33.77	35.34	33.72	17.82	30.25
อุณหภูมิที่ (0 นาที) เปิดไอน้ำ	33.22	33.77	35.34	33.72	17.82	30.25
อุณหภูมิที่เวลา(11 นาที)come-up time	90.4	101.34	102.49	74.92	114.33	121.02
อุณหภูมิที่เวลา (28.5 นาที) ปิดไอน้ำ	121.87	120.60	122.09	120.00	123.00	123.18
F_o	13.2	8.3	16	7.2	21.85	-
f_h (Heating rate index)	10.25	13	6.75	12.25	4.3	-
j_h (Heating lag factor)	1.29	0.62	1.03	1.2	0.72	-
เวลาที่ใช้ฆ่าเชื้อ (B)	17.7	22.3	12.7	22.7	9	-

หมายเหตุ: วิธีการคำนวณค่า F_o, f_h, และ j_h เหมือนตารางที่ 4.1

ตำแหน่งเทอร์โมคัปเปิล: TC1 = ตรงด้านหน้าของตระกร้า

TC2 = ตรงกลางของตระกร้า

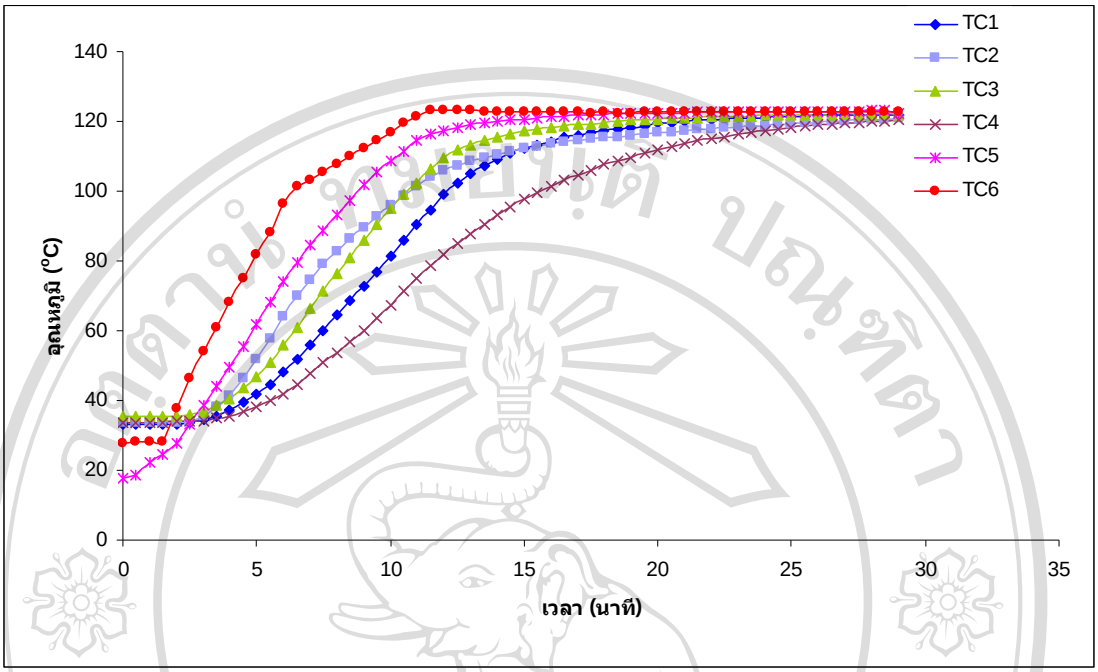
TC3 = ตรงด้านหลังของตระกร้า

TC4 = ตรงด้านขวาของตระกร้า

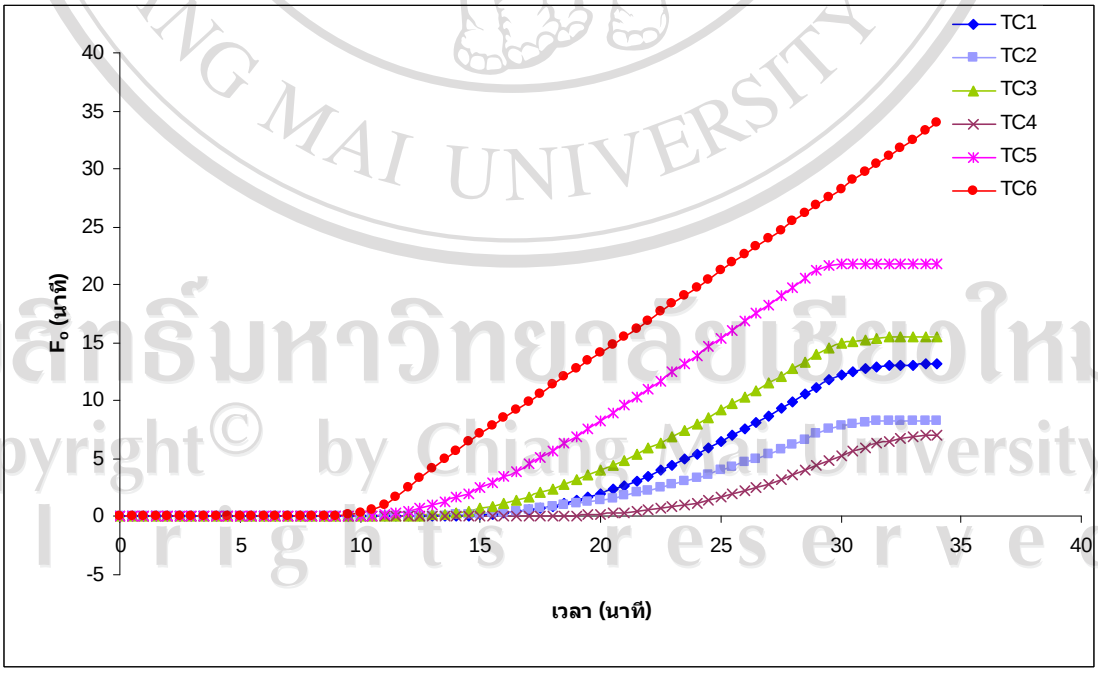
TC5 = ตรงด้านซ้ายของตระกร้า

TC6 = ติดกับหม้อนึ่งฆ่าเชื้อภายใน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

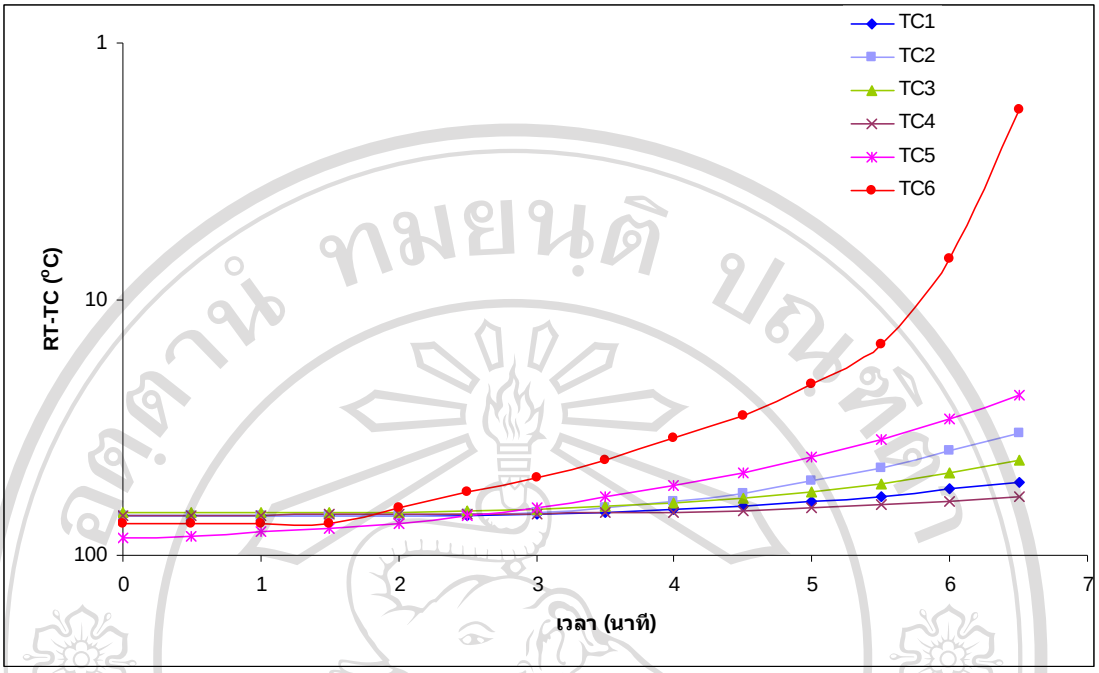


รูปที่ 4.6 อุณหภูมิของน้ำพริกหนุ่มในถุงรีทอร์ทเพาซ์ตำแหน่งต่างๆในแนวนอนเทียบกับเวลา



รูปที่ 4.7 ค่า F_o ของน้ำพริกหนุ่มในถุงรีทอร์ทเพาซ์ตำแหน่งต่างๆ ในแนวนอนเทียบกับเวลา

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



รูปที่ 4.8 Heating curve ของน้ำพริกหนุ่มในถุงรีทอร์ทเพาช์ตำแหน่งต่างๆ ในแนวนอนเทียบกับเวลา

จากการทดลอง 4.4.1.1 จึงเลือกชั้นที่ 11 มาทดลองหาการแทรกผ่านความร้อนในแนวนอน และจากตาราง 4.2 พบว่าต้องใช้เวลาในการเปิดไอน้ำ นาน 30 นาที นับจากที่อุณหภูมิหม้อนึ่งฆ่าเชื้อขึ้นถึง 121 ^{o}C แล้ว ซึ่งจะได้ค่า F_o ตามตำแหน่งของ เทอร์โมคัปเปอร์ (TC1 TC2 TC3 TC4 TC5) ดังนี้ 13.20, 8.30, 16.00, 7.20 และ 21.85 ตามลำดับโดยหม้อนึ่งฆ่าเชื้อ ที่ใช้ในการทดลองครั้งนี้ ใช้เวลาในการไล่อากาศนาน 8 นาที เวลาขึ้นถึง 121 ^{o}C นาน 11 นาที

รูปที่ 4.6 และ 4.7 แสดงการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิ และค่า F_o เทียบกับเวลาตามลำดับ พบว่า TC4 (ตำแหน่งด้านขวาของตระกร้า) มีแนวโน้มการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิช้ากว่าเทอร์โมคัปเปิลตำแหน่งTC1 TC2 TC5 และ TC3 อย่างเห็นได้ชัดและจากตาราง4.2 ค่า f_h ของเทอร์โมคัปเปิลตำแหน่ง TC4 และ TC2 มีค่าประมาณใกล้เคียงกัน คือ 12 ซึ่งแสดงว่ามีค่าการแทรกผ่านความร้อนที่น้อยกว่า เทอร์โมคัปเปิลตำแหน่ง TC1 TC3 และ TC5 โดยมีค่า 10.25, 6.75 และ 4.3 ตามลำดับ และรูปที่ 4.8 แสดง heating curve ซึ่งเป็นผลต่างอุณหภูมิของหม้อนึ่งฆ่าเชื้อกับถุงรีทอร์ทเพาช์ พบว่า เทอร์โมคัปเปิลตำแหน่ง TC4 มีค่าที่มีแนวโน้มที่มีค่ามาก ซึ่งแสดงถึงการแพร่ผ่านความร้อนที่ช้ากว่าเทอร์โมคัปเปิลตำแหน่ง TC1 TC2 TC3 และ TC5 ที่ค่ามีแนวโน้มที่มีค่าน้อยกว่า อย่างเห็นได้ชัด การที่เทอร์โมคัปเปิลตำแหน่ง TC1 มีค่าการแทรกผ่านความร้อนที่มากกว่าตำแหน่งอื่นและมากกว่าเทอร์โมคัปเปิลตำแหน่งTC4 ซึ่งมีค่าที่น้อยที่สุด อาจเป็นเพราะ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตำแหน่งดังกล่าว อยู่ใกล้กับตำแหน่งของท่อที่พ่นไอน้ำร้อน จึงเกิดการถ่ายเทความร้อนได้ดีกว่าตำแหน่งอื่น และดีกว่าเทอร์โมคัปเปิลตำแหน่ง TC4 ที่เป็นตำแหน่งที่ไกลที่สุดที่จะสัมผัสกับไอน้ำร้อน ดังนั้น TC4 หรือตำแหน่งด้านขวาของตระกร้า จึงเป็นจุดร้อนช้าที่สุดในแนวตั้งของหม้อนึ่งฆ่าเชื้อ

4.2 ศึกษาหาจุดที่ร้อนช้าที่สุดของถุงรีทอร์ทเพาซ์

โดยการใช้เทอร์โมคัปเปิล 3 ขนาด คือ 300 (ความยาว 4 ซม.), 307 (ความยาว 4.5 ซม.), 200 (ความยาว 6.5 ซม.) เสียบลงในถุงรีทอร์ทเพาซ์ แล้วนำไปวางในตำแหน่งที่มีการกระจายความร้อนที่ช้าที่สุดของหม้อนึ่งฆ่าเชื้อ ที่ได้จากการทดลองข้อ 4.1.1 โดยใช้ถุงรีทอร์ทเพาซ์ 2 ชนิด ได้ผลการทดลอง ดังนี้

4.2.1 ศึกษาหาจุดที่ร้อนช้าที่สุดของถุงรีทอร์ทเพาซ์ชนิดถุงใส

ตาราง 4.3 ผลการแทรกผ่านความร้อนของถุงรีทอร์ทเพาซ์ ถุงใส

	อุณหภูมิ (^{o}C)			
	TC1	**TC2**	**TC3**	**TC4**
อุณหภูมิเริ่มต้น	30.56	29.51	30.17	32.32
อุณหภูมิที่ (0 นาที) เปิดไอน้ำ	30.56	29.51	30.17	32.32
อุณหภูมิที่เวลา (20.50 นาที) come-up time	95.08	87.79	100.81	122.47
อุณหภูมิที่เวลา (36.5 นาที) ปิดไอน้ำ	120.08	121.23	119.88	122.59
F_o	6.73	10.52	25.33	-
f_h (Heating rate index)	13	10.75	13.25	-
j_h (Heating lag factor)	1.24	1.21	1.65	-
เวลาที่ใช้ฆ่าเชื้อ (B)	23.85	24	25.5	-

หมายเหตุ: วิธีการคำนวณค่า F_o, f_h, และ j_h เหมือนตารางที่ 4.1

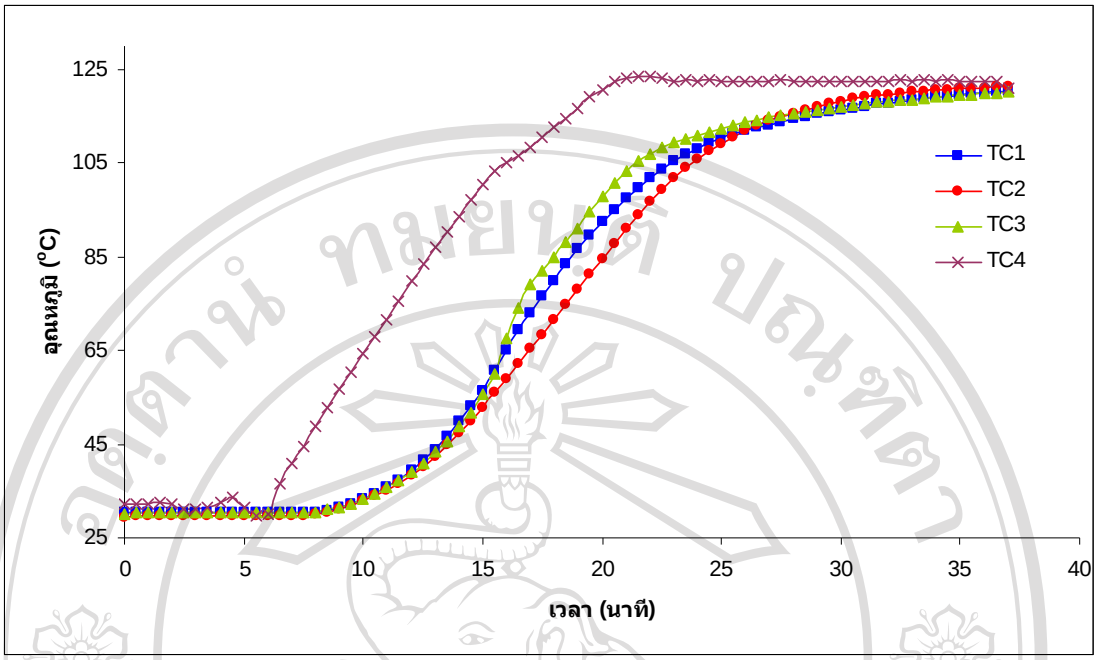
เมื่อ: TC1 = เทอร์โมคัปเปิล เบอร์ 200

TC2 = เทอร์โมคัปเปิลเบอร์ 300

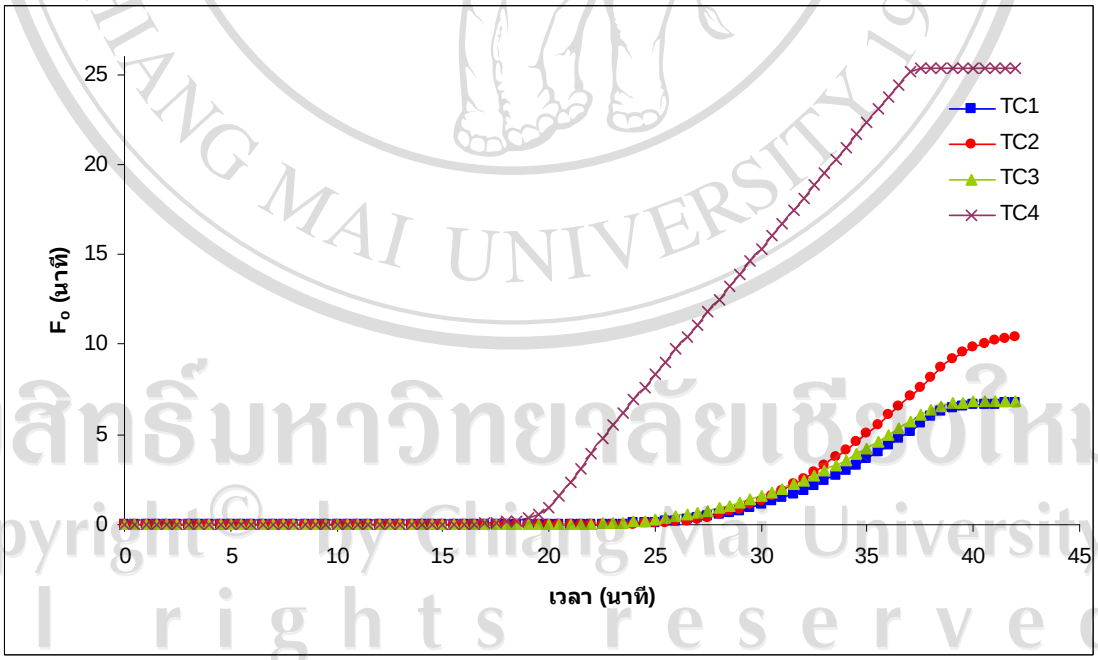
TC3 = เทอร์โมคัปเปิล เบอร์ 307

TC4 = ที่วางเหนือตระกร้า (หม้อนึ่งฆ่าเชื้อ)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

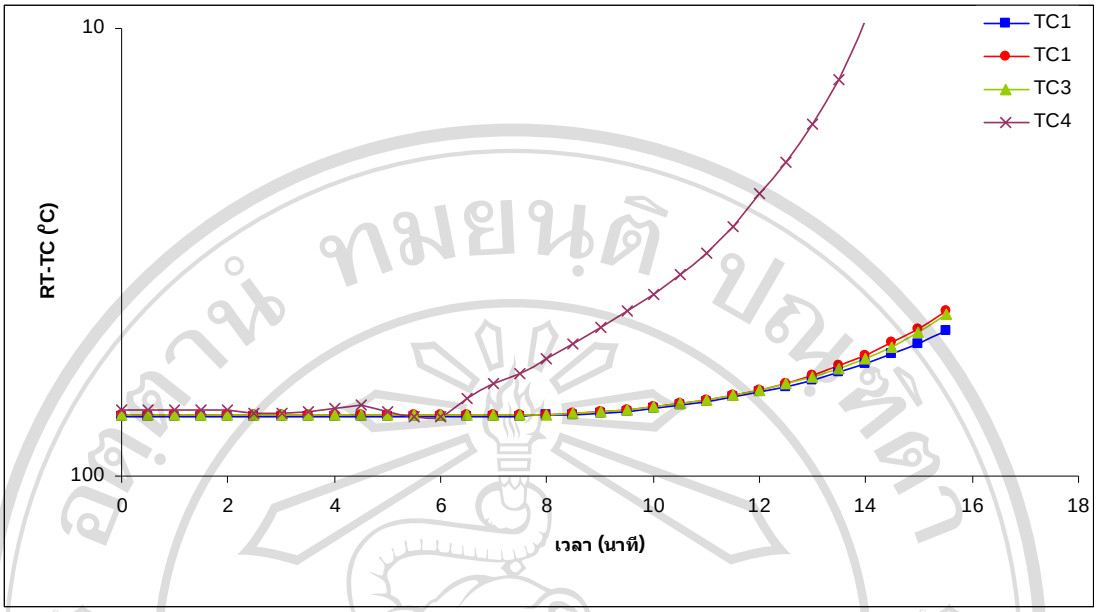


รูปที่ 4.9 อุณหภูมิน้ำพริกหนุ่มในถุงรีทอร์ทเพาซ์ชนิดใส เทียบกับเวลาในการทดลอง



รูปที่ 4.10 ค่า F_o น้ำพริกหนุ่มในถุงรีทอร์ทเพาซ์ชนิดใส เทียบกับเวลาในการทดลอง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



รูปที่ 4.11 Heating curve ของน้ำพริกหนุ่มในถุงรีทอร์ทเพาซ์ชนิดใส เทียบกับเวลาในการทดลอง

จากตาราง 4.3 พบว่า หม้อนึ่งฆ่าเชื้อ (retort) ใช้เวลาในการไล่อากาศนาน 9 นาที เวลาขึ้นถึง 121 ^{o}C นาน 20 นาที ผลจากการวัดการแทรกผ่านความร้อนในแนวดิ่ง พบว่าต้องใช้เวลาในการเปิดไอน้ำนาน 37.5 นาที นับจากที่อุณหภูมิหม้อนึ่งฆ่าเชื้อขึ้นถึง 121 ^{o}C แล้ว ซึ่งจะได้ค่า F_o ของตำแหน่งเทอร์โมคัปเปิล TC1 TC2 TC3 ดังนี้ 6.73, 10.52 และ 25.33 ตามลำดับ

รูปที่ 4.9 และ 4.10 แสดงการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิ และค่า F_oเทียบกับเวลาตามลำดับ พบว่า เทอร์โมคัปเปิลตำแหน่ง TC1 (เทอร์โมคัปเปิล เบอร์ 200) มีแนวโน้มการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิช้ากว่า เทอร์โมคัปเปิลตำแหน่ง TC2 และ TC3 อย่างเห็นได้ชัด และ จากตาราง 4.3 ค่า f_h ของเทอร์โมคัปเปิลตำแหน่งTC1 มีค่า 13 ซึ่งแสดงว่ามีค่าการแทรกผ่านความร้อนที่น้อยกว่าเทอร์โมคัปเปิลตำแหน่ง TC2 และ TC3 โดยมีค่า 10.75 และ 13.25 ตามลำดับ และรูปที่ 4.11 แสดง heating curve ซึ่งเป็นผลต่างอุณหภูมิของหม้อนึ่งฆ่าเชื้อกับถุงรีทอร์ทเพาซ์ พบว่า เทอร์โมคัปเปิล ตำแหน่งTC1 มีค่า ที่มีแนวโน้มที่ไม่แตกต่างกับเทอร์โมคัปเปิลตำแหน่ง TC2 TC3 อันเนื่องมาจาก ผลิตภัณฑ์น้ำพริกหนุ่มมีส่วนผสมของของแข็งที่อยู่เป็นจำนวนมาก การแทรกผ่านความร้อนจึงเป็นแบบการนำความร้อน ทำให้บริเวณใจกลางของถุงรีทอรท์เพาซ์ มีค่าการแทรกผ่านความร้อนที่ช้ากว่าบริเวณอื่น ดังนั้น เทอร์โมคัปเปิลตำแหน่งTC1 หรือ เทอร์โมคัปเปิล เบอร์ 200 จึงใช้หาจุดที่ร้อนช้าที่สุดของถุงรีทอร์ทเพาซ์ชนิดใส

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

4.2.2 ศึกษาหาจุดที่ร้อนช้าที่สุดของถุงรีทอร์ทเพาซ์ชนิดทึบแสง

ตาราง 4.4 ผลการแทรกผ่านความร้อนของถุงรีทอร์ทเพาซ์ชนิดถุงทึบแสง

	อุณหภูมิ (^oC)			
	TC1	**TC2**	**TC3**	**TC4**
อุณหภูมิเริ่มต้น	32.37	31.33	31.82	34.25
อุณหภูมิที่ (0 นาที) เปิดไอน้ำ	32.37	31.33	31.82	34.25
อุณหภูมิที่เวลา (16 นาที) come-up	92.1	106.14	100.19	122.05
อุณหภูมิที่เวลา (27 นาที) ปิดไอน้ำ	121.41	121.37	121.33	122.74
F_o	8.07	7.82	19.32	-
f_h (Heating rate index)	12	7.9	8.5	-
j_h (Heating lag factor)	1.41	1.23	1.27	-
เวลาที่ใช้ฆ่าเชื้อ (B)	16	17	25.5	-

หมายเหตุ: วิธีการคำนวณค่า F_o, f_h, และ j_h เหมือนตารางที่ 4.1

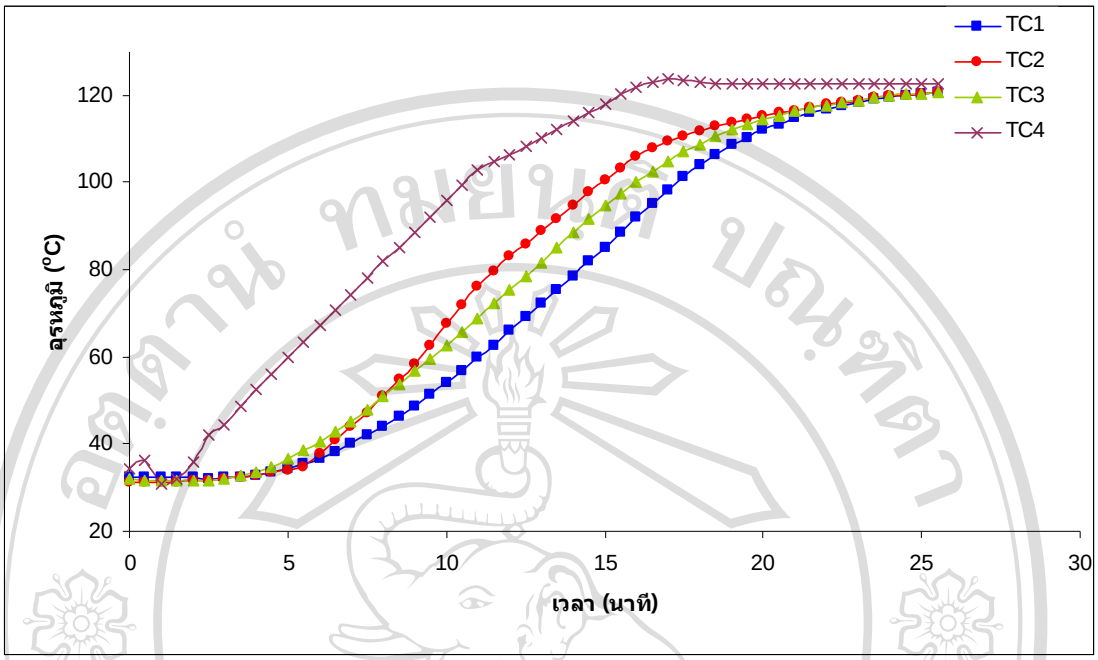
เมื่อ: TC1 = เทอร์โมคัปเปิลตำแหน่ง เบอร์ 200

TC2 = เทอร์โมคัปเปิลตำแหน่ง เบอร์ 300

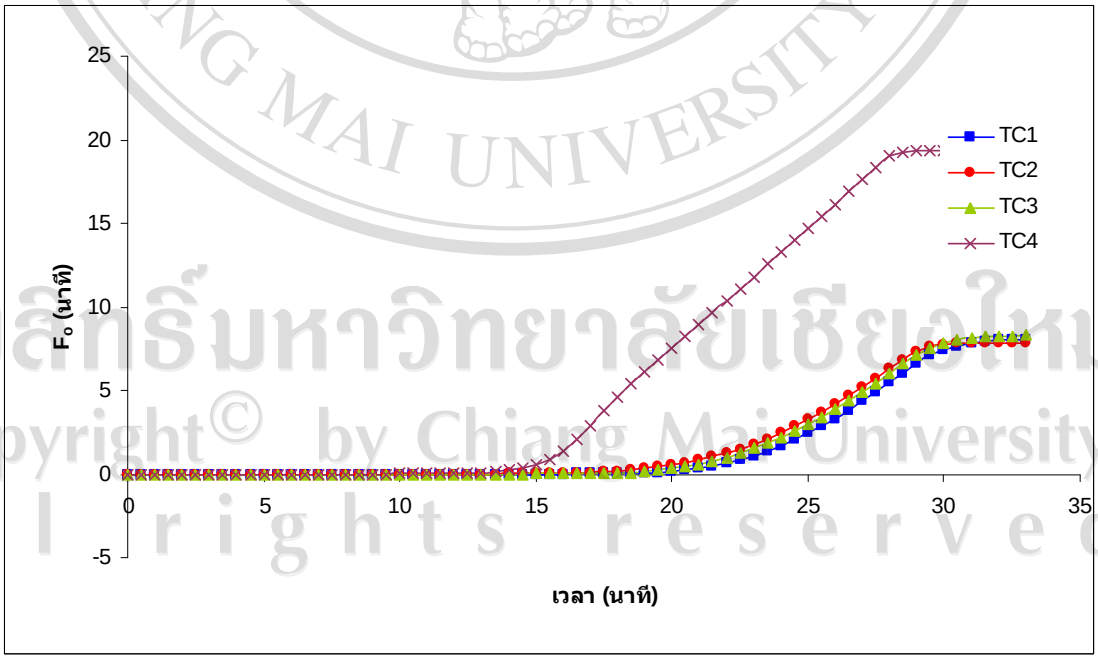
TC3 = เทอร์โมคัปเปิลตำแหน่ง เบอร์ 307

TC4 = ที่วางเหนือตระกร้า (หม้อนึ่งฆ่าเชื้อ)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

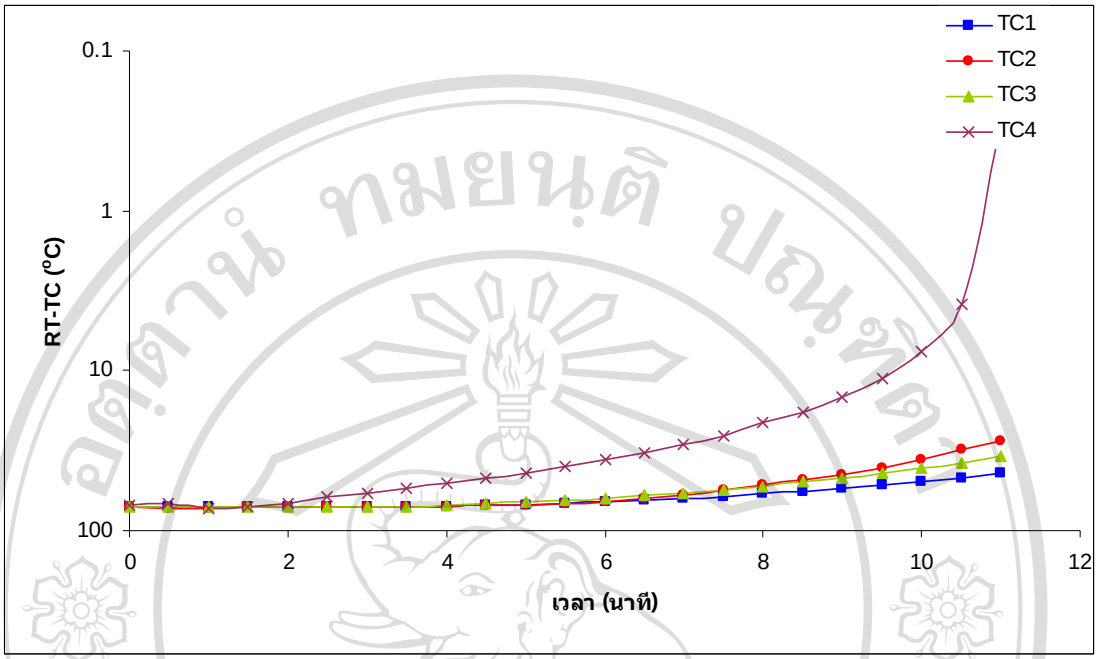


รูปที่ 4.12 อุณหภูมิน้ำพริกหนุ่มในถุงรีทอร์ทเพาซ์ชนิดทึบแสง เทียบกับเวลาในการทดลอง



รูปที่ 4.13 ค่า F_o น้ำพริกหนุ่มในถุงรีทอร์ทเพาซ์ชนิดทึบแสง เทียบกับเวลาในการทดลอง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



รูปที่ 4.14 Heating curve ของน้ำพริกหนุ่มในถุงรีทอร์ทเพาซ์ถุงทึบแสง เทียบกับเวลาในการทดลอง

จากตาราง 4.4 พบว่า หม้อนึ่งฆ่าเชื้อ ใช้เวลาในการไล่อากาศนาน 9 นาที เวลาขึ้นถึง 121 ^{o}C นาน 15.30 นาที ผลจากการวัดการแทรกผ่านความร้อนในแนวดิ่ง พบว่าต้องใช้เวลาในการเปิดไอน้ำ นาน 37.5 นาที นับจากที่อุณหภูมิหม้อนึ่งฆ่าเชื้อขึ้นถึง 121 ^{o}C แล้ว ซึ่งจะได้ค่า F_o ของเทอร์โมคัปเปิลตำแหน่ง TC1 TC2 TC3 ดังนี้ 8.07, 7.82 และ 19.32 ตามลำดับ

รูปที่ 4.12 และ 4.13 แสดงการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิ และค่า F_oเทียบกับเวลาตามลำดับ พบว่า TC1 (เทอร์โมคัปเปิล เบอร์ 200) มีแนวโน้มการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิช้ากว่าเทอร์โมคัปเปิลตำแหน่ง TC2 และ TC3 อย่างเห็นได้ชัด และจากตาราง 4.34 ค่า f_h ของ เทอร์โมคัปเปิลตำแหน่ง TC1 มีค่า 12 ซึ่งแสดงว่ามีค่าการแทรกผ่านความร้อนที่น้อยกว่า เทอร์โมคัปเปิลตำแหน่ง TC2 และ TC3 โดยมีค่า 7.9 และ 8.5 ตามลำดับ และรูปที่ 4.14 แสดง heating curve ซึ่งเป็นผลต่างอุณหภูมิของหม้อนึ่งฆ่าเชื้อกับถุงรีทอร์ทเพาซ์ พบว่า เทอร์โมคัปเปิลตำแหน่ง TC1 มีค่า ที่มีแนวโน้มที่ใกล้เคียงกับเทอร์โมคัปเปิลตำแหน่ง TC2 แต่มีค่าน้อยกว่า อันเนื่องมาจาก ผลิตภัณฑ์น้ำพริกหนุ่มมีส่วนผสมของของแข็งที่อยู่เป็นจำนวนมาก การแทรกผ่านความร้อนจึงเป็นแบบการนำความร้อน ทำให้บริเวณใจกลางของถุงรีทอรท์เพาซ์ มีค่าการแทรกผ่านความร้อนที่ช้ากว่าบริเวณอื่น ดังนั้น เทอร์โมคัปเปิลตำแหน่ง TC1 หรือ เทอร์โมคัปเปิลเบอร์ 200 จึงใช้หาจุดที่ร้อนช้าที่สุดของถุงรีทอร์ทเพาซ์ชนิดทึบแสง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

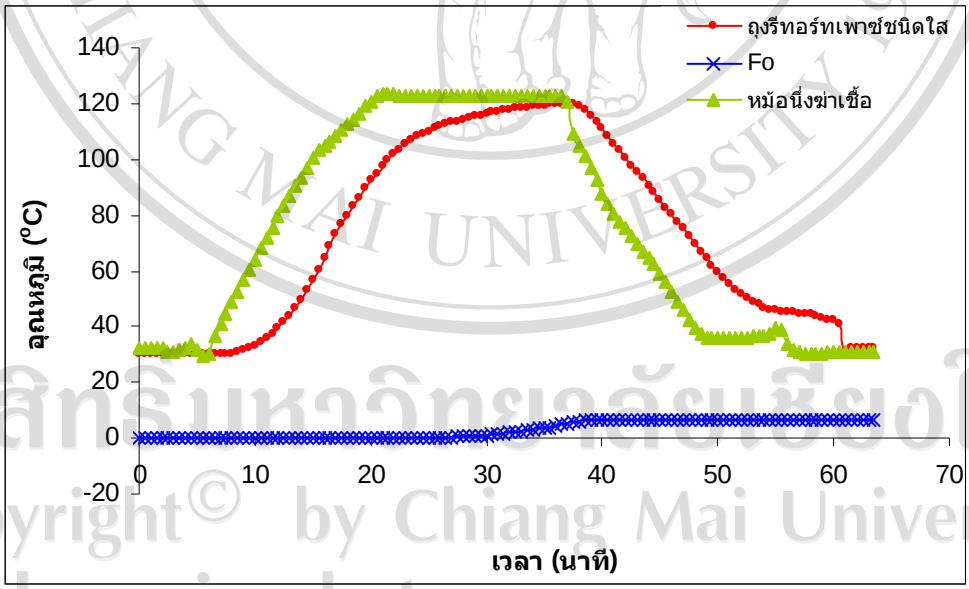
4.3 ศึกษาการหา F_o ที่เหมาะสมของถุงรีทอร์ทเพาซ์แต่ละชนิด

จากผลการทดลองที่ 4.2 ที่ศึกษาหาจุดที่ร้อนช้าที่สุด ของถุงรีทอร์ทเพาซ์พบว่า ถุงรีทอร์ทเพาซ์ชนิดใส และทึบแสง มีจุดร้อนช้าอยู่บริเวณตรงกลางของถุงรีทอร์ทเพาซ์ โดยเทอร์โมคัปเปิลเบอร์ 200 จะเป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองหาค่า F_o โดยใช้สภาวะที่ 121 °C นาน 5 นาที และได้ค่าดังตาราง ดังนี้

ตาราง 4.5 ค่าการแทรกผ่านความร้อนของถุงรีทอร์ทเพาซ์ชนิดใส และชนิดทึบแสง

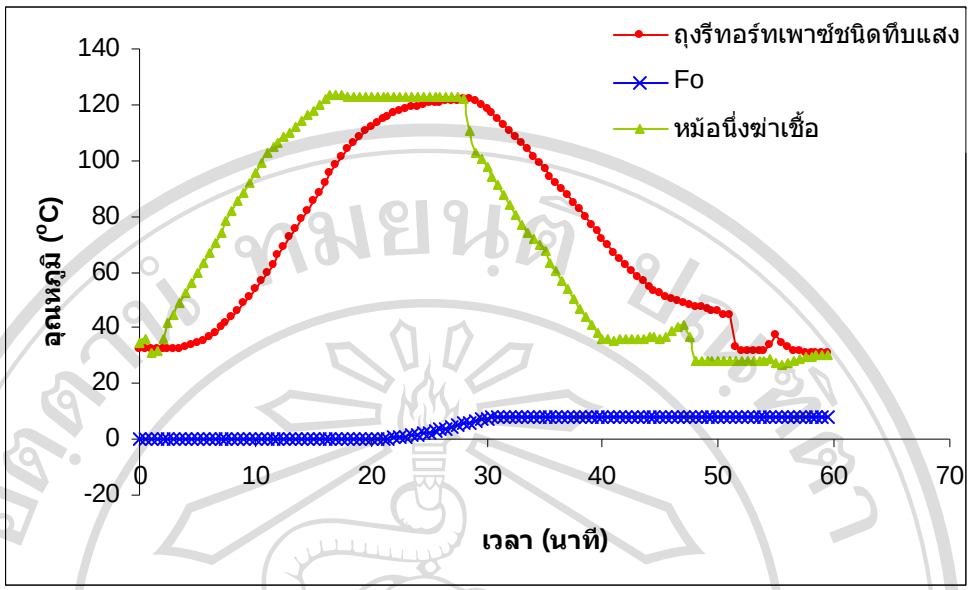
สิ่งทดลอง	F_o	f_h	j_h	เวลาที่ใช้ฆ่าเชื้อ (B) นาที
รีทอร์ทเพาซ์ชนิดใส	6.73	13	1.24	23.85
รีทอร์ทเพาซ์ชนิดทึบแสง	8.07	12	1.41	16

หมายเหตุ: วิธีการคำนวณค่า F_o, f_h, และ j_h เหมือนตารางที่ 4.1



รูปที่ 4.15 การแทรกผ่านความร้อนของถุงรีทอร์ทเพาซ์ชนิดใส

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



รูปที่ 4.16 การแทรกผ่านความร้อนของถุงรีทอร์ทเพาซ์ ชนิดทึบแสง

จากตาราง 4.5 ถุงรีทอร์ทเพาซ์ชนิดใสใช้เวลาในการฆ่าเชื้อ 23.85 นาที (B) ที่มากกว่าถุงชนิดทึบแสงที่ใช้ 16 นาที f_h ของถุงรีทอร์ทเพาซ์ ชนิดทึบแสงมีค่า 12 จะถ่ายเทความร้อนได้ดีกว่าชนิดใสที่มีค่า 13 และค่า j_h ของถุงชนิดทึบแสงและถุงชนิดใสมีค่า 1.41 และ 1.24 จากข้อมูลดังกล่าว ทำให้ทราบว่าถุงรีทอร์ทเพาซ์ ชนิดทึบแสงมีอัตราแทรกผ่านความร้อนที่ดีกว่าถุงรีทอร์ทเพาซ์ชนิดใส และโดยโครงสร้างถุงรีทอร์ทเพาซ์ชนิดถุงทึบแสงมีชั้นอลูมิเนียมที่เป็นลามิเนท จึงมีค่าการแทรกผ่านความร้อนได้เร็ว และดีกว่าถุงรีทอร์ทเพาซ์ชนิดใส

จากการพลอทกราฟ พบว่า ถุงรีทอร์ทเพาซ์ชนิดใส และชนิดทึบแสง กราฟที่ได้เป็นแบบ Simple heating ค่า F_o โดยใช้สูตรของ ball $F_o = F_h / (F_h/U)Fi$ ถุงรีทอร์ทเพาซ์ ชนิดใสมีค่า 4.765 ถุงชนิดทึบแสงมีค่า 0.897 แต่ในเชิงพาณิชย์ F_o ที่ต่ำสุด ที่ยอมรับว่ามีความปลอดภัย คือ F_o4 (สถาบันอาหาร, 2549) ดังนั้น ถุงรีทอร์ทเพาซ์ชนิดใสใช้ F_o เป็นเวลา 5 นาที หรือ F_o5 และถุงรีทอร์ทเพาซ์ ชนิดทึบแสงใช้ F_o เป็นเวลา 4 นาที หรือ F_o4 ในการแปรรูปน้ำพริกหนุ่ม

4.4 ศึกษาการแปรรูปน้ำพริกหนุ่มด้วยกระบวนการสเตอริไลส์

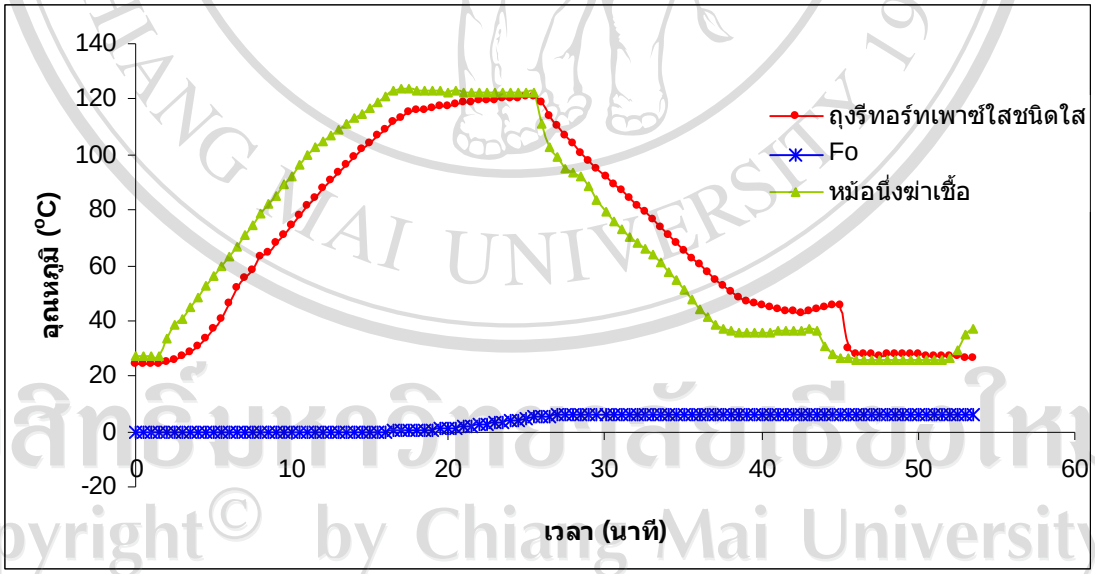
จากการศึกษาหาค่า F_o ที่เหมาะสมเพื่อทำการแปรรูปน้ำพริกหนุ่มด้วยการสเตอริไลส์โดยใช้ถุงรีทอร์ทเพาซ์ 2 ชนิด พบว่า ถุงรีทอร์ทเพาซ์ชนิดใสใช้ F_o5 และ ชนิดทึบแสงใช้ F_o4 โดยทำการทดลอง 3 ซ้ำ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 4.6 ค่าการแทรกผ่านความร้อนของถุงรีทอร์ทเพาซ์ชนิดใส และชนิดทึบแสงที่ทำการทดลอง 3 ซ้ำ

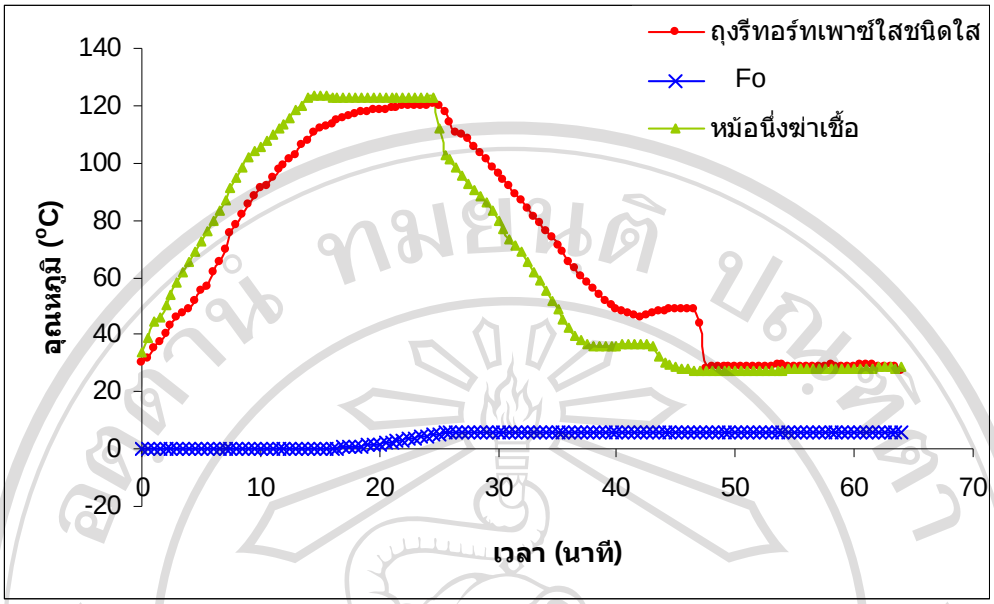
สิ่งทดลอง	F_o	f_h	j_h	เวลาที่ใช้ฆ่าเชื้อ (B) นาที
F_o5 ชนิดใส ครั้งที่ 1	5.84	7.25	1.02	18.05
F_o5 ชนิดใส ครั้งที่ 2	6.06	8.4	0.8	16.3
F_o5 ชนิดใส ครั้งที่ 3	6.85	17.3	0.6	26
F_o4 ชนิดทึบแสง ครั้งที่ 1	5.95	8.75	1.3	15.5
F_o4 ชนิดทึบแสง ครั้งที่ 2	6.57	11	1.45	20
F_o4 ชนิดทึบแสง ครั้งที่ 3	5.64	12.75	1.11	22.5

หมายเหตุ: วิธีการคำนวณค่า F_o, f_h, และ j_h เหมือนตารางที่ 4.1

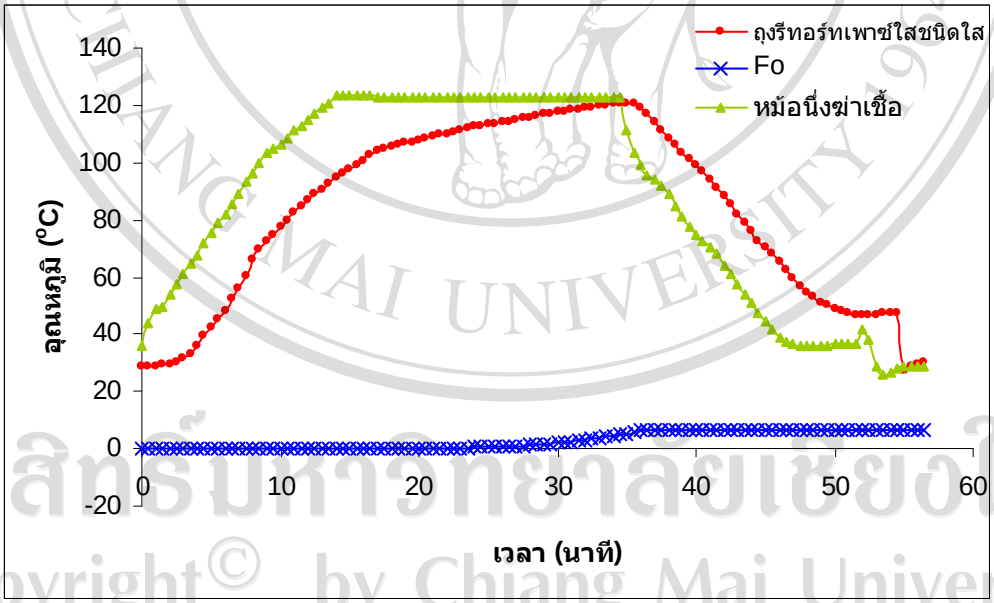


รูปที่ 4.17 การแทรกผ่านความร้อนของถุงรีทอร์ทเพาซ์ชนิดใสในการทดลองครั้งที่ 1

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



รูปที่ 4.18 การแทรกผ่านความร้อนของถุงรีทอร์ทเพาซ์ชนิดใสในการทดลองครั้งที่ 2



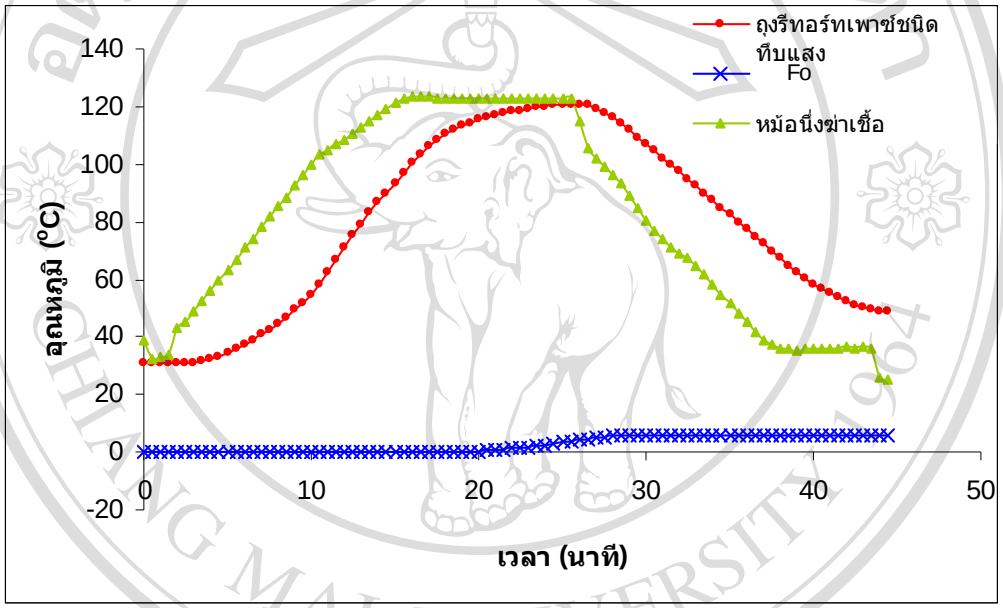
รูปที่ 4.19 การแทรกผ่านความร้อนของถุงรีทอร์ทเพาซ์ชนิดใสในการทดลองครั้งที่ 3

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

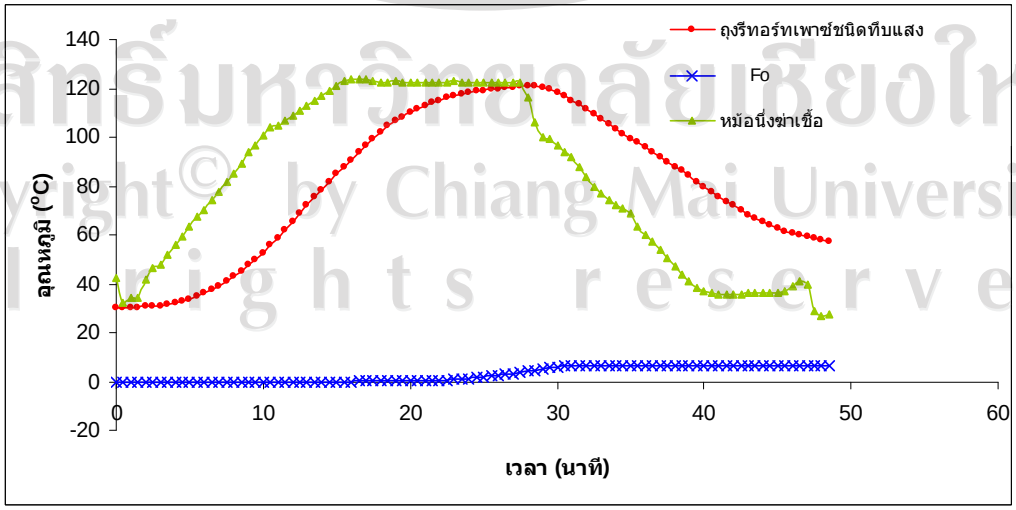
รูปที่ 4.17, 4.18 และ 4.19 แสดงการแทรกผ่านความร้อนของถุงรีทอร์ทเพาซ์ชนิดใส ในการทดลองครั้งที่ 1, 2 และ 3 ตามลำดับ

จากตาราง 4.6 ค่า f_h ของถุงรีทอร์ทเพาซ์ชนิดใสการทดลอง ครั้งที่ 1 มีค่า 7.25 ซึ่งแสดงว่ามีค่าการแทรกผ่านความร้อนที่ดีกว่าถุงรีทอร์ทเพาซ์ชนิดใสการทดลอง ครั้งที่ 2 และ 3 โดยมีค่า

8.4 และ 17.3 ตามลำดับ ทำให้มีเวลาการฆ่าเชื้อที่แตกต่างกัน คือ เวลาที่ใช้ฆ่าเชื้อถุงรีทอร์ทเพาซ์ชนิดใสการทดลองครั้งที่ 1 มีค่า 18.05 นาที และมีค่าใกล้เคียงกับถุงรีทอร์ทเพาซ์ชนิดใส การทดลองครั้งที่ 2 ที่มีค่า 16.3 แต่ในการทดลองทั้ง 2 ครั้ง มีค่าที่ต่ำกว่าถุงรีทอร์ทเพาซ์ ถุงใส การทดลองครั้งที่ 3 ที่มีค่า 26 นาทีทำให้มีผลต่อคุณภาพด้านกายภาพ และทางด้านประสาทสัมผัสของน้ำพริกหนุ่มที่แตกต่างกัน เนื่องจาก เครื่อง spray retort เป็นเครื่องเก่าจึงมีประสิทธิภาพในการทำงานลดลง ดังนั้นการทดลองนี้จึงใช้เวลาที่ต่ำที่สุดเป็นเกณฑ์ จึงทำการเลือกถุงรีทอร์ทเพาซ์ชนิดใส การทดลองครั้งที่ 2 นำไปทดสอบ คุณภาพทางเคมี กายภาพ จุลชีววิทยา และการยอมรับทางประสาทสัมผัสของน้ำพริกหนุ่มต่อไป

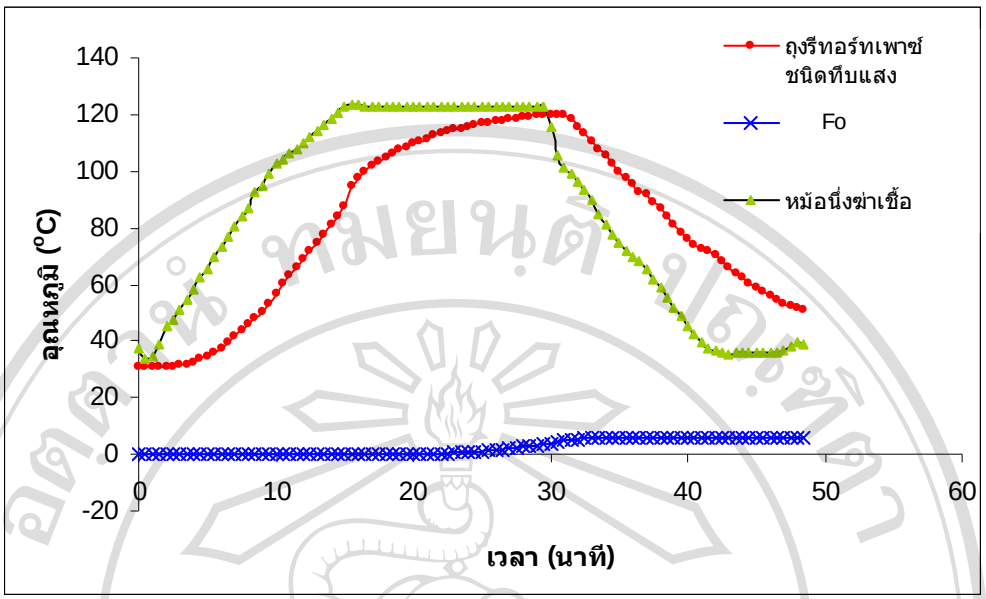


รูปที่ 4.20 การแทรกผ่านความร้อนของถุงรีทอร์ทเพาซ์ชนิดทึบแสงในการทดลองครั้งที่ 1



รูปที่ 4.21 การแทรกผ่านความร้อนของถุงรีทอร์ทเพาซ์ชนิดทึบแสงในการทดลองครั้งที่ 2

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



รูปที่ 4.22 การแทรกผ่านความร้อนของถุงรีทอร์ทเพาซ์ชนิดทึบแสงในการทดลองครั้งที่ 3

รูปที่ 4.20, 4.21 และ 4.22 แสดงการแทรกผ่านความร้อนของถุงรีทอร์ทเพาซ์ ชนิดทึบแสงการทดลองครั้งที่ 1, 2 และ 3 ตามลำดับ

จากตาราง 4.6 ค่า f_h ของถุงรีทอร์ทเพาซ์ชนิดทึบแสง การทดลองครั้งที่ 1 มีค่า 8.75 ซึ่งแสดงว่ามีค่าการแทรกผ่านความร้อนที่ดีกว่าถุงรีทอร์ทเพาซ์ชนิดทึบแสงการทดลองครั้งที่ 2 และ 3 มีค่า 11 และ 12.75 ตามลำดับ ทำให้เวลาการฆ่าเชื้อที่แตกต่างกัน คือ เวลาที่ใช้ฆ่าเชื้อของถุงรีทอร์ทเพาซ์ ชนิดทึบแสง การทดลองครั้งที่ 1 มีค่า 15.5 นาที และมีค่าน้อยกว่าถุงรีทอร์ทเพาซ์ ชนิดทึบแสง การทดลองครั้งที่ 2 และ 3 ที่มีค่า 20 และ 22.5 ตามลำดับ

เวลาการฆ่าเชื้อที่ใช้เวลาน้อยที่สุดทำให้มีผลดีต่อคุณภาพด้านกายภาพ และทางด้านประสาทสัมผัสของน้ำพริกหนุ่ม ดังนั้นการทดลองนี้จึงใช้เวลาที่ต่ำที่สุดเป็นเกณฑ์จึงเลือกถุงรีทอร์ทเพาซ์ ชนิดทึบแสง การทดลองครั้งที่ 1 นำไปทดสอบ คุณภาพทางเคมี กายภาพ จุลชีววิทยา และการยอมรับทางประสาทสัมผัสของน้ำพริกหนุ่มต่อไป

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

4.5 ศึกษาคุณภาพทางเคมี กายภาพ จุลชีววิทยา และการยอมรับทางประสาทสัมผัสของน้ำพริกหนุ่มสเตอริไลส์ที่ยังไม่ปรับกรด

ตาราง 4.7 จากการศึกษาคุณภาพทางกายภาพของน้ำพริกหนุ่มที่ผ่านการสเตอริไลส์จากการคำนวณพบว่า ถุงรีทอร์ทเพาซ์ชนิดใส (transparent type) จะใช้ F_o5 ส่วนชนิดทึบแสง (aluminium type) จะใช้ F_o4 (วิธีการคำนวณ F_o อยู่ในภาคผนวก ง) แล้วทำการทดลอง 3 ซ้ำ โดยเลือกเวลาที่ต่ำที่สุดในการฆ่าเชื้อเป็นเกณฑ์ พบว่า ถุงรีทอร์ทเพาซ์ชนิดใส ใช้เวลาในการฆ่าเชื้อ 16.3 นาที และชนิดทึบแสงใช้เวลาในการฆ่าเชื้อ 15.5 นาที และเมื่อเปรียบเทียบกับน้ำพริกหนุ่มชุดควบคุม (น้ำพริกหนุ่มที่ไม่ได้ผ่านการสเตอริไลส์) พบว่าน้ำพริกหนุ่มที่ผ่านกระบวนการสเตอริไลส์ถุงรีทอร์ทเพาซ์ ชนิดใส และชนิดทึบแสง มีค่าความสว่าง (L*) น้อยกว่าน้ำพริกหนุ่มชุดควบคุมที่ไม่ได้ผ่านการสเตอริไลส์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

เมื่อเปรียบเทียบค่าสี a* ซึ่งเป็นค่าที่บอกสีเขียวและสีแดง และ b* ซึ่งเป็นค่าที่บอกถึงสีเหลืองและสีน้ำเงิน สีของน้ำพริกหนุ่มที่ผ่านกระบวนการสเตอริไลส์ ถุงรีทอร์ทเพาซ์ ชนิดถุงใสที่ใช้ F_o5 และถุงทึบแสง F_o4 มีการเปลี่ยนแปลงจากสีเขียว (a* -) ไปเป็นสีแดงมากขึ้น (a* +) และมีการเพิ่มขึ้นของสีเหลือง (b* +) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ สาเหตุที่น้ำพริกหนุ่มมีการเปลี่ยนสีเมื่อให้ความร้อนระดับสเตอริไลส์ มีปัจจัยหลัก 2 ประการ คือ ปฏิกิริยาเมลลาร์ด ที่เกิดมาจากการน้ำตาลรีดิวซิงจะทำปฏิกิริยากับหมู่แอมโมเนีย กรดอะมิโน และโปตีน ได้เป็นไกลโคซิลเอมีนและจะเกิดปฏิกิริยาต่อเนื่องจนได้สารสีน้ำตาล และอีกสาเหตุหนึ่งคือ จะเกิดการเปลี่ยนแปลงของคลอโรฟิลล์ไปเป็นฟีโอไฟติ โดยในโครงสร้างของคลอโรฟิลล์จะเกิดการแทนที่แมกนีเซียมไอออนด้วยไฮโดรจนอะตอม ทำให้คลอโรฟิลล์ถูกเปลี่ยนไปเป็นฟีโอไฟติ จึงเป็นการสูญเสียแร่ธาตุแมกนีเซียมออกไปจากโมเลกุลของคลอโรฟิลล์ สีเขียวของพืชจะเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลของฟีโอไฟติ ซึ่งทั้ง 2 ปัจจัยทำให้สีเขียวและสีเหลืองของน้ำพริกหนุ่มเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลและมีความสว่างลดลง

เมื่อเปรียบเทียบค่าความสว่าง (L*) และค่าสี (a* b*) ระหว่างถุงรีทอร์ทเพาซ์ชนิดใส ที่ใช้ F_o5 และชนิดทึบแสงที่ใช้ F_o4 พบว่าไม่มีความแตกต่างกันในค่าความสว่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05\%$) และน้ำพริกหนุ่มที่บรรจุในถุงรีทอร์ทเพาซ์ชนิดทึบแสง มีการเปลี่ยนแปลงของค่าความสว่าง และสีน้อยกว่าน้ำพริกหนุ่มที่บรรจุอยู่ในถุงรีทอร์ทเพาซ์ชนิดใส คือ ถุงรีทอร์ทเพาซ์ชนิดทึบแสงมีสีแดงน้อยกว่า แต่มีสีเหลืองมากกว่า ทั้งนี้เกิดจากความร้อนที่เร่งปฏิกิริยาการเปลี่ยนสีของน้ำพริกหนุ่มเนื่องจาก การนำความร้อนของถุงรีทอร์ทเพาซ์ชนิดทึบแสงที่ใช้ F_o5 ใช้เวลามากกว่า ชนิดใสที่ใช้ F_o4 ทำให้เวลาในการสเตอริไลส์แตกต่างกัน จึงมีผลต่อลักษณะปรากฏทางกายภาพของน้ำพริกหนุ่ม ซึ่งสรุปได้ว่า น้ำพริกหนุ่มที่ผ่านการสเตอริไลส์มีสีเข้มขึ้นอย่างเด่นชัด

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 4.7 คุณภาพทางกายภาพและเคมีของน้ำพริกหนุ่มชุดควบคุม (control) และน้ำพริกหนุ่มที่ผ่านการสเตอริไลส์ที่สภาวะ F_o5 (ถุงชนิดใส) และ F_o4 (ถุงชนิดทึบแสง)

สิ่งทดลอง	L*	a*	b*	a_w ^{NS}	pH	%ความชื้น ^{NS}
ชุด ควบคุม	49.68±0.92 ^{a}	-1.85±0.16 ^{a}	18.03±1.01 ^{a}	0.87±00	5.28±0.01 ^{a}	84.36±0.22
F_o5 ถุงชนิดใส	37.79±2.05 ^{b}	16.18±2.68 ^{c}	22.08±1.80 ^{b}	0.87±00	4.93±0.70 ^{b}	83.78±0.75
F_o4 ถุงชนิดทึบแสง	40.02±1.69 ^{b}	3.03±0.36 ^{b}	23.26±1.48 ^{b}	0.87±00	4.91±0.20 ^{b}	83.57±1.16

หมายเหตุ: ตัวอักษร (a, b, c) ในคอลัมน์เดียวกัน ที่ไม่เหมือนกันแสดงว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางที่ $P \leq 0.05$

NS = not significant

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ส่วนการใช้ความร้อนระดับสเตอริไลส์ไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของค่าวอเตอร์แอคติวิตี (0.87) ในน้ำพริกหนุ่มอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ผลการทดสอบคุณภาพทางเคมีของน้ำพริกหนุ่มที่แสดงในตารางที่ 4.4 ค่าความเป็นกรด - ด่าง (pH) ของน้ำพริกที่ผ่านการสเตอริไลส์ ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบกับน้ำพริกชุดควบคุม เนื่องจากความร้อนไปเร่งการเกิดปฏิกิริยารีดักชั่น ทำให้ปริมาณ H^+ เพิ่มขึ้น และเมื่อเปรียบเทียบ ค่า pH ของน้ำพริกหนุ่มที่ผ่าน การสเตอริไลส์ในสภาวะที่ต่างกัน ถุงรีทอร์ทเพาซ์ชนิดทึบแสงที่ใช้ F_o4 และชนิดใสที่ใช้ F_o5 พบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

เมื่อทำการเปรียบเทียบคุณภาพทางด้านจุลินทรีย์ คือ ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดยีสต์และรา พบว่าปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด (TPC) พบในตัวอย่างสเตอริไลส์ถุงรีทอร์ทเพาซ์ ชนิดใสที่ใช้ F_o5 มีปริมาณ < 10 CFU/g และชนิดทึบแสงที่ใช้ F_o4 มีค่า < 10 CFU/g ทั้งเชื้อจุลินทรีย์ยีสต์และรา นอกจากนั้น ยังตรวจไม่พบแบคทีเรียเทอร์โมไฟล์และมีโซไฟล์ ดังนั้น ถุงรีทอร์ทเพาซ์ชนิดใสที่ใช้ F_o5 และชนิดทึบแสงที่ใช้ F_o4 จึงเป็นสภาวะที่เหมาะสมสำหรับกระบวนการสเตอริไลส์น้ำพริกหนุ่มที่จะใช้เป็นสภาวะมาตรฐานในการศึกษาการทดสอบทางประสาทสัมผัสต่อไป

ตาราง 4.8 ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด (TPC) ยีสต์และรา ของน้ำพริกหนุ่มสเตอริไลส์

สิ่งทดลอง	จุลินทรีย์ทั้งหมด (CFU/g)	ยีสต์และรา (CFU/g)
ชุดควบคุม	2.95×10^2	< 10
F_o5 ถุงชนิดใส	< 10	< 10
F_o4 ถุงชนิดทึบแสง	< 10	< 10

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 4.9 คะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสโดยวิธี 9-point hedonic scale ของน้ำพริกหนุ่มสเตอริไลส์

สิ่งทดลอง	สี	กลิ่น	เนื้อสัมผัส	รสชาติ	การยอมรับโดยรวม
ชุดควบคุม	7.06±1.33 [a]	6.55±1.65 [a]	6.55±1.18 [a]	6.51±1.91 [a]	6.74±1.71 [a]
F_o5 ถุงชนิดใส	6.25±1.70 [b]	5.11±1.77 [b]	5.58±2.03 [b]	5.27±2.15 [b]	5.51±2.19 [b]
F_o4 ถุงชนิดทึบแสง	7.00±1.38 [a]	6.32±1.55 [a]	6.55±1.86 [a]	6.86±1.76 [a]	6.69±1.55 [a]

หมายเหตุ: ตัวอักษร (a, b, c)ในคอลัมน์เดียวกัน ที่ไม่เหมือนกันแสดงว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางที่ $p \leq 0.05$

ตาราง 4.9 แสดง การทดสอบทางประสาทสัมผัส โดยใช้ผู้ทดสอบชิมทั้งหมด 50 คน ให้คะแนนความชอบที่ 10 ชอบมากที่สุด, 0 ไม่ชอบมากที่สุด พบว่า น้ำพริกหนุ่มชุดควบคุม และน้ำพริกหนุ่มที่บรรจุในถุงรีทอร์ทเพาซ์ ชนิดทึบแสงมีคะแนนความชอบ การยอมรับโดยรวม ค่าสี กลิ่น เนื้อสัมผัส และรสชาติ มีค่าที่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($P \leq 0.05\%$) แต่ทั้งน้ำพริกหนุ่มชุดควบคุม และน้ำพริกหนุ่มที่บรรจุในถุงรีทอร์ทเพาซ์ ชนิดทึบแสงมีคะแนนความชอบการยอมรับโดยรวม ค่าสี กลิ่น เนื้อสัมผัส และรสชาติ มากกว่าน้ำพริกหนุ่มที่บรรจุในถุงรีทอร์ทเพาซ์ชนิดใส และมีค่าที่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($P \leq 0.05\%$) เนื่องมาจาก น้ำพริกหนุ่มที่บรรจุในถุงรีทอร์ทเพาซ์ชนิดใส ใช้เวลาการให้ความความร้อนเป็นระยะเวลานาน ทำให้มีผลต่อคะแนนความชอบในด้านต่าง ๆ น้อยกว่าน้ำพริกหนุ่มที่บรรจุในถุงรีทอร์ทเพาซ์ ชนิดทึบแสง ที่ใช้เวลาในการให้ความร้อนที่สั้นกว่า

ตาราง 4.10 คะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้วยวิธี line scale ของน้ำพริกหนุ่ม สเตอริไลส์

สิ่งทดลอง	ความขม	ความเผ็ด *NS*
ชุดควบคุม	1.84±2.03 [a]	2.79±2.29
F_o5 ถุงชนิดใส	3.11±2.95 [b]	3.65±3.15
F_o4 ถุงชนิดทึบแสง	1.98±2.05 [a]	2.95±2.48

หมายเหตุ: ตัวอักษร (a, b, c) ในคอลัมน์เดียวกัน ที่ไม่เหมือนกันแสดงว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางที่ $p \leq 0.05$

NS = not significant

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

จากตาราง 4.10 เมื่อพิจารณาการทดสอบทางประสาทสัมผัส น้ำพริกหนุ่มโดยใช้วิธี line scale ค่ารสขม โดยการให้ คะแนน10 ขมมากที่สุด, 0 ไม่ขมเลย พบว่า น้ำพริกหนุ่มชุดควบคุม และน้ำพริกหนุ่มที่บรรจุในถุงรีทอร์ทเพาซ์ ชนิดทึบแสงมีคะแนนความขมมีค่าที่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P\leq 0.05\%$) แต่ทั้งน้ำพริกหนุ่มชุดควบคุม และน้ำพริกหนุ่มที่บรรจุในถุงรีทอร์ทเพาซ์ ชนิดทึบแสงมีคะแนนความขม ที่น้อยกว่าน้ำพริกหนุ่มที่บรรจุในถุงรีทอร์ทเพาซ์ชนิดใส และมีค่าที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P\leq 0.05\%$) ปัจจัยที่มีผลต่อค่าความขมของน้ำพริกหนุ่มที่บรรจุในถุงรีทอร์ทเพาซ์ทั้ง 2 ชนิด คือการเกิดปฏิกิริยาเมลลาร์ดที่แตกต่างกันที่ทำให้เกิดกรดอะมิโนบางชนิดที่ทำให้เกิดรสขมที่มีปริมาณที่ไม่เท่ากัน และวัสดุที่เป็นสารเคลือบ ที่ใช้ทำถุงรีทอร์ทเพาซ์ ทั้ง 2 ชนิด มีสารเคลือบที่มีความแตกต่างกัน ทั้ง2 ปัจจัย ดังกล่าว ก็ส่งผลให้ความขม ของน้ำพริกหนุ่มที่บรรจุในถุงรีทอร์ทเพาซ์ ชนิดทึบแสงมีคะแนนความขม ที่น้อยกว่าน้ำพริกหนุ่มที่บรรจุในถุงรีทอร์ทเพาซ์ชนิดใส

ส่วนค่ารสเผ็ด พบว่าน้ำพริกหนุ่มชุดควบคุม น้ำพริกหนุ่มบรรจุถุงรีทอร์ทเพาซ์ชนิดใส และชนิดทึบแสงในการทดลองมีคะแนนความเผ็ด ที่มีค่าที่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P\leq 0.05\%$) เนื่องจากค่าความเผ็ดของพริก เกิดจากสารในกลุ่ม capsaicinoid ซึ่งเป็นสารที่สลายตัว ยากและสามารถทนความร้อนได้สูง ดังนั้น ความเผ็ดจึงไม่ลดลง เมื่อผ่านกระบวนการให้ความร้อน(Fennema, 1996) capsaicin ที่อยู่ในพริกทำให้ลิ้นของคนเราทนทานต่อรสชาติอื่น ได้มากขึ้นแต่ก็สามารถลดความไวต่อรสอื่น ๆ ได้เช่นเดียวกัน ดังนั้น capsaicin สามารถที่จะกระตุ้นและลดความไวต่อการรับรสของคนเราได้ (Anthon and Barrett, 2003)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

4.6 ศึกษาคุณภาพทางเคมี กายภาพ จุลชีววิทยา และการยอมรับทางประสาทสัมผัสของน้ำพริกหนุ่มสเตอริไลส์ที่ปรับกรด

ตารางที่ 4.11 แสดงคุณภาพทางกายภาพของน้ำพริกหนุ่มที่ผ่านการสเตอริไลส์ โดยใช้สภาวะในการสเตอริไลส์ เหมือนกับ ข้อที่ 4. 5 คือ น้ำพริกหนุ่มสเตอริไลส์ที่บรรจุในถุงรีทอร์ทเพาซ์ชนิดใสจะใช้ F_o5 และชนิดทึบแสงจะใช้ F_o4 โดยถุงรีทอร์ทเพาซ์ทั้ง 2 ชนิด ทำการทดลอง 3 ซ้ำ โดยการปรับกรดที่ความเข้มข้น 3 ระดับ (0.1%, 0.2%, 0.3%) และใช้เวลาในการฆ่าเชื้อที่ต่ำที่สุดเป็นเกณฑ์ พบว่า น้ำพริกหนุ่มที่ผ่านกระบวนการสเตอริไลส์บรรจุในรีทอร์ทเพาซ์ชนิดใส (เวลาในการฆ่าเชื้อ 16. 3 นาที) และชนิดทึบแสง (เวลาในการฆ่าเชื้อ15. 5 นาที) มีค่าความสว่าง (L*) น้อยกว่าน้ำพริกหนุ่มชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ จากการปรับกรดของน้ำพริกหนุ่มบรรจุในถุงรีทอร์ทเพาซ์ชนิดใส และชนิดทึบแสง พบว่า ความสว่างของน้ำพริกหนุ่มสเตอริไลส์ที่ปรับกรดที่ความเข้มข้นทั้ง 3 ระดับ ไม่มีค่าความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05\%$) แต่จะมีค่าความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบกับน้ำพริกหนุ่มชุดควบคุม

เมื่อเปรียบเทียบค่าสี a* ซึ่งเป็นค่าที่บอกสีเขียวและสีแดง และ b* ซึ่งเป็นค่าที่บอกถึงสีเหลืองและสีน้ำเงินของน้ำพริกหนุ่ม พบว่า สีของน้ำพริกหนุ่มที่ผ่านกระบวนการสเตอริไลส์บรรจุถุงรีทอร์ทเพาซ์ชนิดใส และชนิดทึบแสง มีการเปลี่ยนแปลงจากสีเขียว (a* -) ไปเป็นสีแดงมากขึ้น (a* +) และมีการลดลงของสีเหลือง (b* +) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ สาเหตุที่น้ำพริกหนุ่มมีการเปลี่ยนสีมาจากความร้อนที่ใช้ในการสเตอริไลส์ คือ ปฏิกิริยาเมลลาร์ด ที่เกิดมาจากการน้ำตาลรีดิวซิงจะทำปฏิกิริยากับหมู่แอมโมเนีย กรดอะมิโน และโปตีน ได้เป็นไกลโคซิลเอมีน และจะเกิดปฏิกิริยาต่อเนื่องจนได้สารสีน้ำตาล และอีกสาเหตุหนึ่งคือ จะเกิดการเปลี่ยนแปลงของคลอโรฟิลล์ไปเป็นฟีโอไฟติ โดยในโครงสร้างของคลอโรฟิลล์จะเกิดการแทนที่แมกนีเซียมที่อยู่ในรูปไอออนด้วยไฮโดรจนอะตอม ทำให้คลอโรฟิลล์ถูกเปลี่ยนไปเป็นฟีโอไฟติ จึงเป็นการสูญเสียแร่ธาตุแมกนีเซียมออกไปจากโมเลกุลของคลอโรฟิลล์ สีเขียวของพืชจะเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลของฟีโอไฟติ ซึ่งสาเหตุดังกล่าวทำให้สีเขียวและสีเหลืองของน้ำพริกหนุ่มเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลและมีความสว่างลดลง

จากผลการทดลอง น้ำพริกหนุ่มที่ผ่านการสเตอริไลส์ ที่ทำการปรับกรด ทั้ง 3 ระดับ ของถุงรีทอร์ทเพาซ์ชนิดใส และชนิดทึบแสง มีสีเข้มขึ้นอย่างเด่นชัด ส่วนการใช้ความร้อนในการทำสเตอริไลส์ พบว่า ไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของค่าวอเตอร์แอคติวีตี (0.87) และในน้ำพริกหนุ่มอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ผลการทดสอบคุณภาพทางเคมีของน้ำพริกหนุ่มที่แสดงในตารางที่ 4.11 ค่าความเป็น กรด - ด่าง (pH) ของน้ำพริกที่ผ่านการสเตอริไลส์ เมื่อทำการปรับกรดของถุงรีทอร์ท

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 4.11 คุณภาพทางเคมีของน้ำพริกหนุ่มชุดควบคุม (control) และน้ำพริกหนุ่มที่ผ่านการสเตอริไลส์ที่สภาวะ F_o5 (ถุงชนิดใส) และF_o4 (ถุงชนิดทึบแสง) ที่ทำการปรับ กรด 3 ระดับ

สิ่งทดลอง	L*	a*	b*	a_w *NS*	pH	%ความชื้น *NS*
ชุด ควบคุม	49.68±0.92 ^{a}	-1.85±0.16 ^{a}	18.03±1.01 ^{a}	0.87±0.00	5.28±0.01 ^{a}	84.44±0.26
F_o5 ถุงชนิดใส ปรับกรด 0.1 %	36.51±2.31 ^{b}	17.09±2.13 ^{b}	22.02±1.45 ^{b}	0.87±0.00	4.69±0.12 ^{b}	83.74±0.59
F_o5 ถุงชนิดใส ปรับกรด 0.2 %	37.40±2.05 ^{bc}	16.61±1.69 ^{b}	21.54±1.67 ^{b}	0.87±0.00	4.26±0.06 ^{c}	83.83±0.73
F_o5 ถุงชนิดใส ปรับกรด 0.3 %	38.32±2.37 ^{bc}	16.01±2.71 ^{b}	22.60±2.21 ^{b}	0.87±0.00	4.11±0.07 ^{c}	83.84±0.62
F_o4 ถุงชนิดทึบแสง ปรับกรด 0.1 %	40.48±1.23 ^{bc}	3.40±0.41 ^{c}	24.13±0.63 ^{b}	0.87±0.00	4.66±0.06 ^{b}	83.52±1.16
F_o4 ถุงชนิดทึบแสง ปรับกรด 0.2 %	41.68±4.12 ^{c}	3.57±1.50 ^{c}	23.91±3.15 ^{b}	0.87±0.00	4.36±0.08 ^{c}	83.62±1.18
F_o4 ถุงชนิดทึบแสง ปรับกรด 0.3 %	38.36±1.30 ^{bc}	4.97±0.90 ^{c}	21.78±0.92 ^{b}	0.87±0.00	3.82±0.39 ^{d}	83.61±0.92

หมายเหตุ: ตัวอักษร (a, b, c) ในคอลัมน์เดียวกัน ที่ไม่เหมือนกันแสดงว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางที่ $P \leq 0.05$

NS = not significant

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

เพาซ์ชนิดใส และชนิดทึบแสงที่ค่าความเป็นกรด 3 ระดับ ค่าความเป็นกรด - ด่างต่ำกว่า 4.6 โดยถุงรีทอร์ทเพาซ์ชนิดใสและชนิดทึบแสงที่ทำการปรับกรด 0.3% มีค่าที่ต่ำที่สุด และค่าความเป็นกรด - ด่าง มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบกับน้ำพริกชุดควบคุม โดยเมื่อเปรียบเทียบค่าความเป็นกรด-ด่างของถุงรีทอร์ทเพาซ์ชนิดใสและชนิดทึบแสงกับระดับความเข้มข้นของกรดที่เท่ากัน พบว่าค่าความเป็นกรด-ด่างไม่มีค่าความแตกต่างกันแต่ที่ความเข้มข้นของกรด 0.3% มีค่าที่มีความแตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ เนื่องจากเวลาที่ใช้ในการฆ่าเชื้อที่แตกต่างกันมีผลต่อปริมาณการแตกตัวของ H^+ ซึ่งมีผลต่อค่าความเป็นกรด-ด่างการที่ค่าความเป็นกรด-ด่างลดลงหรือปริมาณ H^+เพิ่มขึ้นอาจเกิดจากการเร่งของความร้อน

จากตาราง 4.12 จากการตรวจคุณภาพทางด้านจุลชีววิทยา พบว่า น้ำพริกหนุ่มสเตอริไลส์บรรจุในรีทอร์ทเพาซ์ชนิดใส และชนิดทึบแสง ที่ทำการปรับกรด 3 ระดับ มีปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดและปริมาณยีสต์และรา < 10 CFU/g นอกจากนี้ยังไม่พบแบคทีเรียพวกมีโซไฟล์ และเทอร์โมไฟล์ ซึ่งนับว่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน ดังนั้น จึงคัดเลือกสภาวะดังกล่าวมาศึกษาการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสต่อไป

ตาราง 4.12 ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด ปริมาณยีสต์และราของน้ำพริกหนุ่มสเตอริไลส์

สิ่งทดลอง	**จุลินทรีย์ทั้งหมด (CFU/g)**	**ยีสต์และรา (CFU/g)**
ชุด ควบคุม	$2.95x10^2$	< 10
F_o5 ถุงชนิดใส ปรับกรด 0.1 %	< 10	< 10
F_o5 ถุงชนิดใส ปรับกรด 0.2 %	< 10	< 10
F_o5 ถุงชนิดใส ปรับกรด 0.3 %	< 10	< 10
F_o4 ถุงชนิดทึบแสงปรับ กรด 0.1 %	< 10	< 10
F_o4 ถุงชนิดทึบแสง ปรับกรด 0.2 %	< 10	< 10
F_o4 ถุงชนิดทึบแสง ปรับกรด 0.3 %	< 10	< 10

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 4.13 คะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสโดยวิธี 9-point hedonic scale ของน้ำพริกหนุ่มสเตอริไลส์

สิ่งทดลอง	สี	กลิ่น *NS*	เนื้อสัมผัส	รสชาติ	การยอมรับโดยรวม
ชุดควบคุม	6.84±1.31 [a]	6.34±1.44	6.73±1.31 [a]	6.61±1.47 [a]	6.80±1.41 [a]
F_o5 ถุงชนิดใส ปรับกรด 0.1 %	6.15±1.80 [ab]	5.76±1.79	5.61±1.74 [b]	4.46±2.10 [b]	5.00±1.87 [b]
F_o5 ถุงชนิดใส ปรับกรด 0.2 %	5.76±1.36 [b]	5.69±1.51	5.80±1.69 [ab]	4.23±2.06 [b]	4.69±1.97 [b]
F_o5 ถุงชนิดใส ปรับกรด 0.3 %	6.07±1.26 [ab]	5.76±1.30	5.61±1.83 [b]	3.76±1.94 [b]	4.53±2.02 [b]
F_o4 ถุงชนิดทึบแสง ปรับกรด 0.1 %	5.92±1.35 [b]	5.84±1.48	5.88±1.55 [ab]	4.46±2.10 [b]	4.69±1.99 [b]
F_o4 ถุงชนิดทึบแสง ปรับกรด 0.2 %	5.50±1.42 [b]	5.80±1.60	5.50±1.70 [b]	4.23±2.06 [b]	4.11±1.92 [b]
F_o4 ถุงชนิดทึบแสง ปรับกรด 0.3 %	5.65±1.46 [b]	5.57±1.50	5.65±1.59 [b]	3.76±1.94 [b]	4.26±1.90 [b]

หมายเหตุ: ตัวอักษร (a, b, c) ในคอลัมน์เดียวกัน ที่ไม่เหมือนกันแสดงว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางที่ $p \leq 0.05$

NS = not significant

ตาราง 4.13 แสดง การทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสโดยวิธี 9-point hedonic scale ใช้ผู้ทดสอบชิมทั้งหมด 50 คน ให้คะแนนความชอบที่ 10 ชอบมากที่สุด, 0 ไม่ชอบมากที่สุด พบว่า น้ำพริกหนุ่มชุดควบคุม มีคะแนนความชอบ การยอมรับโดยรวม สี กลิ่น และเนื้อสัมผัส สูงกว่าน้ำพริกหนุ่มสเตอริไลส์ โดยน้ำพริกหนุ่ม ที่บรรจุในถุงรีทอร์ทเพาซ์ชนิดใส และถุงชนิดทึบแสงเมื่อทำการปรับกรด 3 ระดับ (0.1%, 0.2%, 0.3%) ที่ความเข้มข้นของกรดที่ระดับต่าง ๆ ไม่มีผลต่อคะแนนความชอบ การยอมรับโดยรวม สี กลิ่น เนื้อสัมผัส และรสชาติ ให้มีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05\%$) เนื่องมาจากกรดซิตริก (มีระดับความเปรี้ยว -1.28 ที่สารละลายกรดความเข้มข้น 0.05 normal) ให้รสที่เปรี้ยวจะไปทำให้กลไกของการรับรู้ ระหว่างสารให้รสกับ taste receptorเกิดความผิดพลาด ดังนั้นผู้ที่ทำการทดสอบทางประสาทสัมผัสจึงไม่สามารถแยกความแตกต่างของแต่ละตัวอย่างได้

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 4.14 คะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้วยวิธี line scale ของน้ำพริกหนุ่มทำการปรับกรด 3 ระดับ

สิ่งทดลอง	ความขม ^{NS}	ความเผ็ด ^{NS}
ชุดควบคุม	1.82±1.75	4.27±2.98
Fo5 ถุงชนิดใส ปรับกรด 0.1 %	1.92±2.03	3.43±2.67
Fo5 ถุงชนิดใส ปรับกรด 0.2 %	2.17±1.83	3.35±2.69
Fo5 ถุงชนิดใส ปรับกรด 0.3 %	2.11±2.00	4.09±2.87
Fo4 ถุงชนิดทึบแสง ปรับกรด 0.1 %	2.37±2.34	3.45±2.73
Fo4 ถุงชนิดทึบแสง ปรับกรด 0.2 %	1.86±1.71	3.79±2.86
Fo4 ถุงชนิดทึบแสง ปรับกรด 0.3 %	2.15±2.24	3.48±2.79

หมายเหตุ: *NS* = not significant

จากตาราง 4.14 เมื่อพิจารณาการทดสอบทางประสาทสัมผัส น้ำพริกหนุ่มโดยใช้วิธี line scale ค่ารสขมโดยการให้ คะแนน10 ขมมากที่สุด 0 ไม่ขมเลย พบว่าคะแนนความขม และความเผ็ด ของน้ำพริกหนุ่มชุดควบคุม น้ำพริกหนุ่ม ที่บรรจุในถุงรีทอร์ทเพาซ์ชนิดใส และถุงชนิดทึบแสง ที่ทำการปรับกรด 3 ระดับ (0.1%, 0.2%, 0.3%) ไม่มีค่าความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05\%$) เนื่องจากรสเปรี้ยวจากการปรับกรดที่ความเข้มข้นต่าง ๆ จะไปมีผลต่อการรับรสชาติอื่น ดังนั้นผู้ทดสอบทางประสาทสัมผัสจึงไม่สามารถแยกความแตกต่างของตัวอย่างได้

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved