บทที่ 4

ผลการทดลอง และวิจารณ์ผลการทดลอง

4.1 สมบัติทางเคมีของใบเตยสด

จากการวิเคราะห์สมบัติทางเคมีของใบเตยสดด้วยวิธีวิเคราะห์แบบ proximate ได้ผลดังตารางที่ 4.1 จากการวิเคราะห์สมบัติทางเคมีของใบเตยสด พบว่าใบเตยสดมีความชื้นสูง รวมถึงมีโปรตีน ไขมัน เยื่อใย เถ้า คาร์โบไฮเดรต เป็นองค์ประกอบทางเคมีในใบเตยสด

ตารางที่ 4.1 สมบัติทางเคมีของใบเตยสด

สมบัติทางเคมี	ค่าที่วัดได้(ร้อยละ)
โปรตีน	2.60±0.10
ไขมัน	0.23±0.01
เยื่อใย	7.51±0.02
เถ้า	1.45±0.08
คาร์โบไฮเดรต	0.61±0.04
ความชื้น	80.20±0.80

หมายเหตุ: ค่าที่แสดงในตารางเป็นค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานที่ได้จากการทดลอง 3 ซ้ำ

4.2 สมบัติทางจุลินทรีย์ของน้ำคั้นใบเตยสด

หลังจากการให้ความร้อนกับน้ำคั้นใบเตยเพื่อยับยั้งเอนไซม์ และเป็นการลดปริมาณเชื้อจุลินทรีย์เริ่มต้นโดยใช้ความร้อนจากเครื่องไมโครเวฟที่ความร้อนสูงสุด (800 วัตต์) ด้วยเวลาต่างกันจะสามารถยับยั้งเชื้อได้ดังตารางที่ 4.2 เพื่อเป็นการลดปริมาณจุลินทรีย์เบื้องต้น

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 4.2 ผลของเวลาในการให้ความร้อนโดยใช้ไมโครเวฟที่มีต่อปริมาณแบคทีเรียทั้งหมด และ *E. coli*

เวลาในการให้ความร้อน (วินาที)	Total Bacteria count (CFU/ml)	*E. coli* (MPN) (MPN/g)
0	$2.0x10^7$	350
15	$5.9x10^6$	110
30	$2.5x10^3$	13
45	$1.7x10^1$	0

หมายเหตุ: ค่าที่แสดงในตารางเป็นค่าเฉลี่ย± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานที่ได้จากการทดลอง 3 ซ้ำ

จากการทดลองจะพบว่าการให้ความร้อนที่เวลา 45 วินาทีจะสามารถลดปริมาณเชื้อจุลินทรีย์จากเริ่มต้นได้ถึง 6 log และสามารถทำลายเชื้อ *E. coli* ได้หมดจึงใช้เวลา 45 วินาทีในการให้ความร้อนกับน้ำคั้นใบเตยในการทดลองทำผงน้ำใบเตยด้วยวิธีการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็งโฟม-แมท

4.3 ผลของโปรตีนไข่ขาว โซเดียมแคซิเนต และสารผสมของโปรตีนไข่ขาวร่วมกับโซเดียมแคซิเนต และเมทโธเซล™ ที่มีต่อสมบัติทางกายภาพของโฟมของน้ำใบเตยสด

การทดลองใช้น้ำใบเตยสดผสมกับสารก่อโฟมโดยผันแปรชนิดของสารก่อโฟมดังนี้ คือ ไข่ขาวร้อยละ10 โซเดียมแคซิเนตร้อยละ10 และเมทโธเซล™ ร่วมกับไข่ขาว และโซเดียมแคซิเนตร้อยละ1:5:10 จากนั้นนำส่วนผสมของน้ำใบเตยสกัดสดใส่ลงในโถเครื่องผสมอาหารหัวตีรูปตระกร้อ เปิดเครื่องให้ตีด้วยความเร็วต่ำ เพื่อเป็นการคนให้ส่วนผสมมีความสม่ำเสมอจากนั้นจึงเพิ่มความเร็วให้ตีเร็วขึ้นจนถึงความเร็วสูงสุด (310 rpm) ขณะที่ขึ้นโฟมสังเกตการเกิดโฟมของน้ำใบเตยสกัดสด (ตารางที่ 4.3)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 4.3 สมบัติทางกายภาพของโฟมของน้ำใบเตยสด

ชนิดของสารก่อโฟม	สมบัติของโฟม		
	ความหนาแน่น (กรัม/มิลลิลิตร)	ค่า overrun (ร้อยละ)	ความคงตัว (มิลลิลิตร/นาที)
ไข่ขาว	0.07±0.01[b]	916.24±1.98[a]	0.17±0.04[b]
โซเดียมแคซิเนต	0.31±0.05[a]	360.71±15.15[b]	0.21±0.01[ab]
ไข่ขาว:โซเดียมแคซิเนต: เมทโทเซล ™	0.38±0.01[a]	357.71±17.91[b]	0.28±0.04[a]

หมายเหตุ: ค่าที่แสดงในตารางเป็นค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานที่ได้จากการทดลอง 3 ซ้ำ a,b,c ตัวอักษรกำกับที่แตกต่างกันในแนวตั้งเดียวกันแสดงความแตกต่างกันของข้อมูลอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

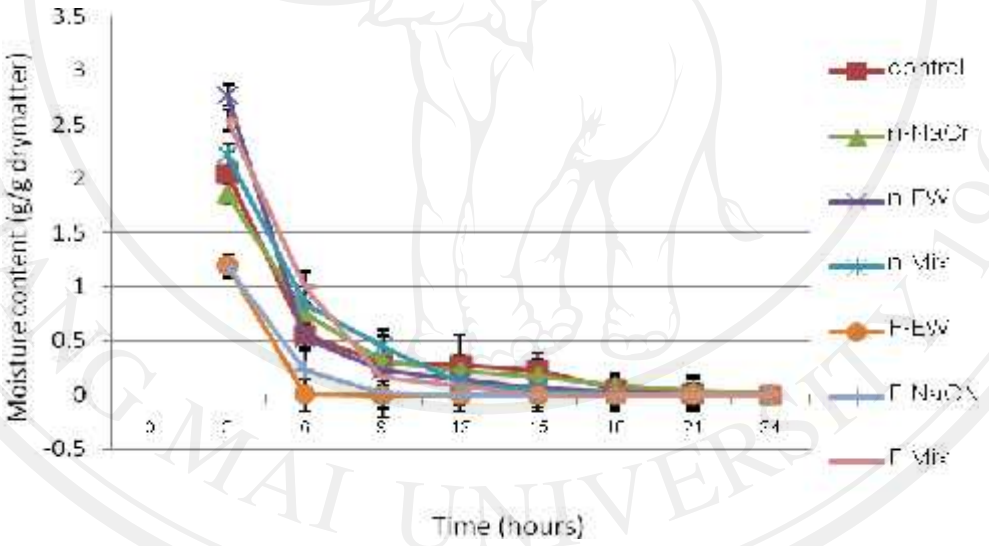
จากการทดสอบสมบัติของโฟมจะเห็นได้ว่าค่าความหนาแน่นของโฟมที่ใช้โปรตีนไข่ขาวมีความหนาแน่นน้อยที่สุด ซึ่งสัมพันธ์กับค่า overrun ที่มีค่าสูงกว่าเมื่อเทียบกับโซเดียมแคซิเนต และสารผสมของโปรตีนไข่ขาวร่วมกับโซเดียมแคซิเนต และเมทโทเซล™ตามลำดับ จากการทดสอบจะเห็นได้ว่าเมื่อค่า overrun มีค่าสูงขึ้นทำให้ค่าความหนาแน่นน้อยลงเนื่องจากส่วนผสมอุ้มอากาศไว้ได้มากขึ้นจึงทำให้ความหนาแน่นของโฟมส่วนผสมของน้ำใบเตยลดลง ด้านความคงตัว พบว่าปริมาณโปรตีนไข่ขาวสามารถทำให้น้ำใบเตยเกิดโฟมที่มีความคงตัวได้ดีที่สุด แต่การใช้โซเดียมแคซิเนตและสารผสมของโปรตีนไข่ขาว โซเดียมแคซิเนต และเมทโทเซล™ทำให้น้ำใบเตยเกิดโฟม แต่โฟมของน้ำใบเตยมีความคงตัวต่ำกว่าการใช้สารก่อโฟมเพียงชนิดเดียว เนื่องมาจากการใช้สารผสมอาจทำให้เกิดการเกาะตัวกันของสาร โดยทำให้มีความข้นหนืดเพิ่มมากขึ้นทำให้การเก็บอากาศลดลง โดยมีงานวิจัยของ Karim and Wai (1999) ที่ศึกษาความคงตัว และสภาวะการการทำแห้งของโฟมมะเฟืองโดยใช้เมทโธเซล 65 HG เป็นสารก่อโฟม พบว่าการเพิ่มเมทโธเซลจะเพิ่มได้ถึง0.4%(w/w) เท่านั้น ถ้าความเข้มข้นสูงกว่า0.4%(w/w) จะทำให้ความหนืดเพิ่มขึ้นทำให้โฟมไม่สามารถกักเก็บอากาศได้ทำให้ค่า overrun ลดลง โดยความหนืดสามารถเพิ่มได้จนถึงค่าที่เหมาะสมค่าหนึ่งเท่านั้น ถ้าค่าความหนืดสูงมากเกินไปจะไปขัดขวางการกักเก็บอากาศในขณะที่ทำให้เกิดโฟมทำให้ค่า overrun ลดลง บ่งบอกถึงการกักเก็บอากาศที่ลดลงส่งผลให้ค่าความหนาแน่นของโฟมมากขึ้น ซึ่งในการใช้สารผสมก็ทำให้ค่า overrun ลดลงเมื่อเทียบกับการใช้สารก่อโฟมชนิดเดียว ซึ่งโปรตีนไข่ขาวที่ใช้ในงานวิจัยนี้เป็นโปรตีนที่มีสมบัติในการเป็นอิมัลซิไฟอิงเอเจนต์ (emulsifying agent) และ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

สารก่อโฟม (foaming agent) มีความสัมพันธ์กับการที่โปรตีนจะถูกดูดซับเข้าไปแทรกตัวเป็นฟิล์มบางๆ อยู่ระหว่างผิวอนุภาคคอลลอยด์ทำให้เกิดอิมัลชัน และโฟมคงตัวดีขึ้น(นิธิยา, 2551) นอกจากนี้ความคงตัวของโฟมยังขึ้นกับชนิดของสารก่อโฟม และองค์ประกอบของวัตถุดิบที่นำมาทดลองอีกด้วย (Karim and Wai , 1999)

4.4 ผลของการศึกษาเวลาในการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็งเปรียบเทียบระหว่างตัวอย่างที่ทำให้เกิดโฟม และตัวอย่างที่ไม่ผ่านการทำให้เกิดโฟม

เมื่อนำตัวอย่างของน้ำใบเตยที่ไม่ทำให้เกิดโฟม และน้ำใบเตยที่ทำให้เกิดโฟมที่ผ่านการแช่แข็ง (ที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส เวลา 24 ชั่วโมง) แล้วมาทำแห้งโดยใช้เครื่องทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง (Freeze dryer) ที่ความดัน น้อยกว่า 133 x 10^{-3} mbar ที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง โดยตัวอย่างมีความหนาเดียวกันคือที่ 1 เซนติเมตร ชั่งน้ำหนักทุกๆ 3 ชั่วโมง เพื่อหาอัตราการทำแห้งดังกราฟที่ 4.1



หมายเหตุ: n-NaCn คือ โซเดียมแคซิเนตที่ไม่ทำให้เกิดโฟม, n-EW คือไข่ขาวที่ไม่ทำให้เกิดโฟม n-Mix คือ สารผสมไข่ขาว: โซเดียมแคซิเนต:เมทโทเซล ™ที่ไม่ทำให้เกิดโฟม, F-EW คือ ไข่ขาวที่ผ่านกระบวนการเกิดโฟม, F-NaCn คือ โซเดียมแคซิเนตที่ผ่านกระบวนการเกิดโฟม, F-Mix คือ คือ สารผสมไข่ขาว: โซเดียมแคซิเนต: เมทโทเซล ™ที่ผ่านกระบวนการเกิดโฟม

รูปที่ 4.1 กราฟการทำแห้งของสารผสมน้ำใบเตยกับสารก่อโฟมที่ผ่าน และไม่ผ่านการทำให้เกิดโฟม

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

จากกราฟการทำแห้งพบว่าโฟมของส่วนผสมน้ำใบเตยสกัดสดมีลักษณะการทำแห้งแบบลดลง (falling rate) โดยการทำแห้งแบบลดลงจะพบว่าปริมาณความชื้นในอาหารลดลงต่ำกว่าความชื้นวิกฤต อัตราการทำแห้งจะลดลงอย่างช้าๆ จนกระทั่งเข้าใกล้ศูนย์ที่ปริมาณความชื้นสมดุล (equilibrium moisture content) ซึ่งเป็นปริมาณความชื้นที่อาหารจะเข้าสู่สมดุลกับอากาศแห้ง (อภิรักษ์, 2551) จะเห็นได้ว่าอัตราการทำแห้งที่ความหนาเดียวกันตัวอย่างที่ทำให้เกิดโฟมจะมีอัตราการทำแห้งที่เร็วกว่าตัวอย่างที่ไม่ทำให้เกิดโฟม โดยจะเห็นได้ว่าตัวอย่างของโฟมที่ใช้ไข่ขาวเป็นสารก่อโฟมมีอัตราการทำแห้งสูงที่สุด ซึ่งใช้เวลาในการทำแห้งเพียง 6 ชั่วโมง เมื่อเทียบกับตัวอย่างน้ำใบเตยที่ไม่ใส่สารก่อโฟมใช้เวลาในการทำแห้งถึง 24 ชั่วโมง ซึ่งสอดคล้องกับค่า overrun ของตัวอย่างที่ใช้โปตีนไข่ขาวเป็นสารก่อโฟมที่มีค่า overrun สูงสุดคือร้อยละ 916.24 เนื่องจากการทำให้เกิดโฟมจะช่วยเพิ่มพื้นที่ผิวในการให้อากาศสัมผัสกับของเหลวให้มากขึ้น ทำให้ช่วยในส่วนของการถ่ายโอนมวล และอัตราการอบแห้งให้ดีขึ้นด้วยเช่นกัน การสร้างโฟมทำให้ลดเวลาในการทำแห้งลงเมื่อเทียบกับตัวอย่างที่มีความหนาเท่ากัน แต่การสร้างโฟมก็ทำให้ความหนาแน่นของตัวอย่างลดลง และทำให้ลดมวลที่จะทำแห้งลดลงด้วยเช่นกัน (Raharitsifa and Ratti, 2009)

4.5 สมบัติทางกายภาพ เคมี และการยอมรับทางประสาทสัมผัสของสารสกัดจากใบเตยชนิดผง

จากการวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพ ค่าสีของสารสกัดจากใบเตยชนิดผงที่ผ่านการอบแห้งแบบแช่เยือกแข็ง ความสามารถในการละลาย ความสามารถในการไหล ความหนาแน่นของผง ปริมาณความชื้น ค่า a_w และการยอมรับทางประสาทสัมผัสได้ผลดังตารางที่ 4.4-4.8

สมบัติทางกายภาพของสารสกัดจากใบเตยชนิดผงทางด้านสีดังตารางที่ 4.4.1 พบวาค่าสี L* มีความสว่างปานกลาง ค่าสี a* มีค่าเป็นสีเขียว และค่าสี b* มีค่าสีเหลืองอ่อน ค่าสีเขียวซึ่งเป็นสีของคลอโรฟิลล์ ส่วนสีเหลืองเป็นสีของแคโรทีนอยด์ที่เป็นองค์ประกอบของใบเตย ในส่วนของค่าความสว่างที่มีความสว่างปานกลางนั้นเกิดจากการทำแห้ง ซึ่งการทำแห้งทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงสีผิวของอาหาร และเปลี่ยนการสะท้อนของแสงสี (นิธิยา, 2543) และเนื่องจากมีการเติมสารก่อโฟมซึ่งเป็นผงสีออกขาวปนเหลืองลงไปเป็นส่วนผสมจึงทำให้มีค่าความสว่างเพิ่มสูงขึ้นจากตัวอย่างที่ไม่ใส่สารก่อโฟม ภายหลังการทำแห้งค่าความสว่าง ค่าสีเขียว และเหลืองในทุกตัวอย่างมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ตัวอย่างที่ไม่ทำให้เกิดโฟมจะมีค่าความสว่างน้อยกว่าตัวอย่างที่ผ่านกระบวนการทำให้เกิดโฟมเนื่องจากกระบวนการทำให้เกิดโฟมเป็นกระบวนการที่ทำให้อากาศแทรกตัวอยู่ภายในทำให้มีความโปรงแสงมากกว่าจึงทำให้มีค่าความสว่างสูงกว่า และตัวอย่างที่ใช้สารผสมจะมีค่าสีเหลืองมากกว่าอาจเนื่องมาจากสารก่อโฟมที่ใส่ในปริมาณมากกว่าตัวอย่างที่ใส่สารก่อโฟมไข่ขาว และโซเดียมแคซิเนต ซึ่งมีสีออกขาวปนเหลืองจึงทำให้มีค่าสีเหลืองมากกว่านั่นเอง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

การวิเคราะห์ค่า C* หรือ Chroma โดยค่า C* มีค่าเข้าใกล้ 0 หมายถึง วัตถุมีสีเทา หากค่า C* มากขึ้น แสดงว่า ตัวอย่างมีความเข้มของสีมากขึ้น (McGuire, 1992) ผลการทดลองพบว่าค่า C* ของสารสกัดจากใบเตยชนิดผงไม่ใส่สารก่อโฟม, ตัวอย่างที่ใช้ไข่ขาวเป็นสารก่อโฟม, ตัวอย่างที่ใช้โซเดียมแคซิเนตเป็นสารก่อโฟม และ สารผสม (ไข่ขาว: โซเดียมแคซิเนต: เมทโทเซล ™) มีค่า 20.89, 24.78, 23.06 และ 25.85 ตามลำดับ

การวิเคราะห์ค่า H° หรือ Hue angle เป็นค่าที่แสดงถึง สีแท้จริงที่ปรากฏให้เห็น หากค่า H° อยู่ในช่วง 0 - 45 องศา แสดงสีม่วงแดง-สีส้มแดง 45 - 90 องศา แสดงสีส้มแดง-สีเหลือง90 - 180 องศา แสดงสีเหลือง-สีเขียว 180 - 270 องศา แสดงสีเขียว-สีน้ำเงิน 180 - 360 องศาแสดงสีน้ำเงิน-สีม่วงแดง (McGuire, 1992) ผลการทดลองพบว่า ค่า H° ของสารสกัดจากใบเตยชนิดผงไม่ใส่สารก่อโฟม, ตัวอย่างที่ใช้ไข่ขาวเป็นสารก่อโฟม, ตัวอย่างที่ใช้โซเดียมแคซิเนตเป็นสารก่อโฟม และ สารผสม (ไข่ขาว: โซเดียมแคซิเนต: เมทโธเซล™) มีค่า 121.50, 121.78, 121.59และ119.79ตามลำดับ แสดงว่าสีที่แท้จริงของสารสกัดจากใบเตยชนิดผงมีสีเหลือง-สีเขียว โดยเป็นสีเขียวของคลอโรฟิลล์ และสีส้มแดงของแคโรทีนอยด์

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 4.4 สมบัติทางด้านสีของน้ำใบเตยผงหลังจากการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง

ชนิดของสารก่อโฟม	ค่าสี				
	L*	a*	b*	H°	Chroma
ตัวอย่างที่ไม่ทำให้เกิดโฟม					
Control	36.08±0.02^{a}	-8.10±0.01^{b}	17.92−0.01^{c}	121.50±0.17^{b}	16.52±0.04^{c}
ไข่ขาว	55.22±0.00^{d}	-8.08±0.01^{b}	18.92±0.01^{d}	118.49±0.08^{c}	25.02±0.02^{b}
โซเดียมแลคซิเนต	46.72+0.00^{c}	-7.95−0.05^{a}	12.94−0.04^{g}	120.60+0.08^{e}	15.00+0.02^{c}
ไข่ขาว: โซเดียมแลคซิเนต: เมทโธเซล ™	58.46±0.01^{b}	-12.22±0.02^{e}	24.14−0.01^{a}	119.69±0.06^{d}	25.05±0.02^{b}
ตัวอย่างที่ทำให้เกิดโฟม					
ไข่ขาว	57.79±0.01^{c}	-13.15±0.02^{f}	23.12±0.02^{b}	121.75±0.13^{a}	24.78±0.02^{c}
โซเดียมแลคซิเนต	51.51±0.01^{e}	-11.55±0.04^{d}	16.41−0.02^{f}	119.86±0.03^{d}	18.91±0.02^{d}
ไข่ขาว: โซเดียมแลคซิเนต: เมทโธเซล ™	59.41±0.01^{a}	-11.41−0.03^{c}	22.76±0.01^{c}	119.79±0.06^{d}	25.85±0.12^{a}

หมายเหตุ: - ค่าที่แสดงในตารางเป็นค่าเฉลี่ย± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานที่ได้จากการทดลอง 3 ซ้ำ

- a, b, c… ตัวยกษรกำกับที่แตกต่างกันในแนวตั้งเดียวกันแสดงความแตกต่างกันของข้อมูลอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 4.5 ค่า a_w และปริมาณความชื้นของสารสกัดจากใบเตยชนิดผงหลังจากการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง

ชนิดของสารก่อโฟม	a_w	ความชื้น (ร้อยละ)
ตัวอย่างที่ไม่ผ่านการทำให้เกิดโฟม		
Control	0.327 ± 0.006^{ab}	7.52 ± 0.28^{a}
ไข่ขาว	0.266 ± 0.010^{bc}	4.99 ± 0.28^{cd}
โซเดียมแคซิเนต	0.237 ± 0.000^{c}	4.28 ± 0.14^{d}
ไข่ขาว:โซเดียมแคซิเนต: เมทโธเซล ™	0.227 ± 0.006^{c}	5.41 ± 1.25^{bc}
ตัวอย่างที่ผ่านการทำให้เกิดโฟม		
ไข่ขาว	0.340 ± 0.00^{a}	7.45 ± 0.08^{a}
โซเดียมแคซิเนต	0.337 ± 0.006^{a}	6.20 ± 0.00^{b}
ไข่ขาว:โซเดียมแคซิเนต: เมทโธเซล ™	0.272 ± 0.021^{abc}	5.33 ± 0.08^{bc}

หมายเหตุ: ค่าที่แสดงในตารางเป็นค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานที่ได้จากการทดลอง 3 ซ้ำ a, b, c… ตัวอักษรกำกับที่แตกต่างกันในแนวตั้งเดียวกันแสดงความแตกต่างกันของข้อมูลอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$)

ค่า a_w ของสารสกัดจากใบเตยชนิดผง (ตารางที่ 4.5) พบว่าทุกตัวอย่างมีค่า a_w ไม่เกิน0.6 ซึ่งจุลินทรีย์ทุกชนิดจะหยุดการเจริญเมื่ออาหารมีค่า a_w 0.6 หรือต่ำกว่า เนื่องจาก a_w เป็นปัจจัยสำคัญในการคาดคะเนอายุการเก็บอาหาร และเป็นตัวบ่งชี้ถึงความปลอดภัยของอาหาร (นิธิยา, 2551) ซึ่งในตัวอย่างที่ไม่ใส่สารก่อโฟมจะมีค่า a_w สูงกว่าผงที่ใส่สารก่อโฟมโซเดียมแคซิเนต สารผสมของไข่ขาว:โซเดียมแคซิเนต:เมทโธเซล™ และไข่ขาวตามลำดับ และเมื่อเทียบกับตัวอย่างที่ใส่สารก่อโฟมและผ่านกระบวนการทำให้เกิดโฟมก่อนการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง แล้วพบว่าทุกตัวอย่างมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) และพบว่าว่าผงที่ผ่านกระบวนการทำให้เกิดโฟมจะมีค่า a_w สูงกว่าผงที่ไม่ผ่านกระบวนการทำให้เกิดโฟม ทั้งนี้อาจสืบเนื่องมาจากโครงสร้างทางกายภาพของผงที่มีความพรุนเมื่อนำออกจากกระบวนการจึงมีการดูดความชื้นได้มากกว่า ในงานวิจัยของ Raharitsifa and Ratti (2009) พบว่าตัวอย่างที่ผ่านกระบวนการขึ้นโฟมจะมีโครงสร้างแบบ skeletal มีความพรุนสูง และรูปร่างของรูพรุนยืดออก แต่ตัวอย่างที่ไม่ผ่านกระบวนการขึ้นโฟมมีโครงสร้างที่เกาะกันแน่น และมีรูพรุนน้อยกว่าตัวอย่างที่ผ่านกระบวนการขึ้นโฟม

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

จากการทดลองพบว่าความชื้นของผงที่ใส่สารก่อโฟมโซเดียมแคซิเนตที่ไม่ผ่านกระบวนการทำให้เกิดโฟมมีค่าความชื้นต่ำที่สุดคือ 4.28±0.15 และตัวอย่างที่มีความชื้นสูงที่สุดคือตัวอย่างที่ใช้ไข่ขาวและผ่านกระบวนการทำให้เกิดโฟมมีค่าความชื้นคือ 7.43±0.63 ซึ่งสอดคล้องกับค่า a_w และพบว่าตัวอย่างที่ผ่านกระบวนการทำให้เกิดโฟมจะมีปริมาณความชื้นสูงกว่าตัวอย่างที่ไม่ผ่านกระบวนการเนื่องจากการขึ้นโฟมจะทำให้โครงสร้างของสารเกิดการขึ้นฟูทำให้มีอากาศแทรกตัวเข้าไปที่ตัวอย่างสูงกว่าเมื่อผ่านกระบวนการทำแห้งทำให้โครงสร้างของผงมีช่องว่างมากขึ้นทำให้เกิดการดูดซับน้ำได้มากกว่าตัวอย่างที่ไม่ขึ้นโฟม

ตารางที่ 4.6 ปริมาณคลอโรฟิลล์ของสารสกัดจากใบเตยชนิดผงหลังจากการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง

ชนิดของสารก่อโฟม	คลอโรฟิลล์ (mg /100 g)
ตัวอย่างที่ไม่ผ่านการทำให้เกิดโฟม	
Control	260.00±2.69[a]
ไข่ขาว	24.53±2.14[e]
โซเดียมแคซิเนต	105.20±4.99[b]
ไข่ขาว**:** โซเดียมแคซิเนต**:** เมทโธเซล ™	18.18±1.95[fe]
ตัวอย่าที่ผ่านการทำให้โฟม	
ไข่ขาว	29.71±1.23[d]
โซเดียมแคซิเนต	75.5±1.20[c]
ไข่ขาว**:** โซเดียมแคซิเนต**:** เมทโธเซล ™	22.21±2.09[f]

หมายเหตุ: ค่าที่แสดงในตารางเป็นค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานที่ได้จากการทดลอง 3 ซ้ำ a, b, c…. ตัวอักษรกำกับที่แตกต่างกันในแนวตั้งเดียวกันแสดงความแตกต่างกันของข้อมูลอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ผลการวิเคราะห์ปริมาณรวมคลอโรฟิลล์ในสารสกัดจากใบเตยชนิดผง แสดงดังตารางที่ 4.6 พบว่า น้ำใบเตยไม่ใส่สารก่อโฟมจะมีปริมาณรวมคลอโรฟิลล์ 260.00 mg/100g แต่เมื่อใส่สารก่อโฟมกลับพบว่าปริมาณคลอโรฟิลล์ลดลง อาจเนื่องมาจากอัตราส่วนของน้ำใบเตยสดลดลงจึงทำ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ให้ปริมาณคลอโรฟิลล์ลดลงด้วย และเมื่อเปรียบเทียบตัวอย่างที่ไม่ผ่านกระบวนการก่อโฟมจะมีปริมาณรวมคลอโรฟิลล์มากกว่าตัวอย่างที่ทำให้เกิดโฟม เนื่องจากคลอโรฟิลล์เสื่อมสลายได้อย่างรวดเร็ว โดยมีสาเหตุได้จากปฏิกิริยาของเอนไซม์ หรือปัจจัยอื่น เช่น กรด ออกซิเจน แสง และความร้อน (Porrarud and Pranee, 2010) ดังนั้นเมื่อตัวอย่างที่ผ่านกระบวนการทำให้เกิดโฟมจะสัมผัสกับแสง อากาศ และความร้อนที่เกิดจากกระบวนการขึ้นโฟมทำให้สูญเสียคลอโรฟิลล์ไปมากกว่าตัวอย่างที่ไม่ผ่านกระบวนการทำให้เกิดโฟม อีกทั้งวิธีการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็งโฟม-แมทเป็นวิธีการที่ทำให้ตัวอย่างมีพื้นที่สัมผัสกับสภาวะการทำแห้งมากจึงทำให้ตัวอย่างมีความพรุนสูง ซึ่งคลอโรฟิลล์ไวต่อการออกซิเดชันจึงเป็นการสูญเสียคลอโรฟิลล์อีกทางหนึ่ง (King *et al*.,2001)

ตารางที่ 4.7 สมบัติทางด้านความสามารถในการละลาย ความสามารถในการไหล ความหนาแน่นของน้ำใบเตยชนิดผงหลังจากการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง

ชนิดของสารก่อโฟม	ความสามารถในการละลาย (ร้อยละ)	ความสามารถในการไหล (องศา)	ความหนาแน่น (กรัม/มิลลิลิตร)
ตัวอย่างที่ไม่ผ่านการให้เกิดโฟม			
Control	83.02±2.12^{a}	29.67±1.15^{c}	0.45±0.06^{a}
ไข่ขาว	84.16±6.84^{a}	32.67±1.15^{b}	0.21±0.00^{d}
โซเดียมแคซิเนต	63.95±3.53^{d}	32.67±1.15^{b}	0.21±0.00^{d}
ไข่ขาว**:** โซเดียมแคซิเนต**:** เมทโธเซล ™	66.14±13.64^{cd}	34.00±2.00^{b}	0.30±0.01^{b}
ตัวอย่างที่ผ่านการทำให้โฟม			
ไข่ขาว	82.93±2.57^{a}	35.00±1.00^{ab}	0.12±0.01^{e}
โซเดียมแคซิเนต	69.90±4.06^{b}	33.33±1.15^{b}	0.19±0.00^{d}
ไข่ขาว**:** โซเดียมแคซิเนต**:** เมทโธเซล ™	67.43±3.50^{cd}	35.67±2.08^{a}	0.25±0.00^{c}

หมายเหตุ: ค่าที่แสดงในตารางเป็นค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานที่ได้จากการทดลอง 3 ซ้ำ
a, b, c ตัวอักษรกำกับที่แตกต่างกันในแนวตั้งเดียวกันแสดงความแตกต่างกันของข้อมูลอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

สมบัติทางด้านกายภาพของสารสกัดน้ำใบเตยชนิดผงพบว่าการละลายของตัวอย่างที่ผ่านกระบวนการทำให้เกิดโฟมจะมีค่าการละลายที่สูงกว่าตัวอย่างที่ไม่ทำให้เกิดโฟมในตัวอย่างที่ใช้โซเดียมแคซิเนตเป็นสารก่อโฟมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โปรตีนไข่ขาว และสารผสม

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

(ไข่ขาว:โซเดียมแคซิเนต:เมทโทเซล ™ ที่ไม่ผ่าน และผ่านการทำให้เกิดโฟมความสามรถในการละลายไม่มีความแตกต่างกัน ($p \leq 0.05$) ความสามารถในการละลายของใบเตยผงมีค่าน้อยอาจเนื่องมาจาก ในการทำแห้งแบบโฟม-แมทจะใส่สารก่อโฟมที่มีโมเลกุลสูงทำให้เกิดการละลายน้ำได้ช้า (Raharitsifa and Ratti, 2009) ในส่วนของสมบัติของการไหลของผงพบว่าตัวอย่างผงมีค่ามุมกองที่อยู่ในเกณฑ์การไหลง่าย และพบว่าสารสกัดจากใบเตยชนิดผงที่ผ่านการทำให้เกิดโฟมจะมีค่ามุมกองที่สูงกว่าเนื่องจากในกระบวนการทำให้เกิดโฟมเป็นกระบวนการที่ให้อากาศแทรกตัวอยู่ภายในโครงสร้างเมื่อบดเป็นผงโครงสร้างของผงจะมีช่องว่างสำหรับการเกาะตัวกับความชื้นได้มากกว่าทำให้ผงเกิดการเกาะตัวกันทำให้การไหลเป็นไปได้น้อยกว่าตัวอย่างที่ไม่ขึ้นโฟม และค่าคาวามหนาแน่นของผงพบว่าในตัวอย่างที่ผ่านกระบวนการทำให้เกิดโฟมจะมีความหนาแน่นน้อยกว่าตัวอย่างที่ไม่ขึ้นโฟมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ซึ่งสัมพันธ์กันกับค่า overrun ของโฟมโดยที่การขึ้นโฟมเป็นกระบวนการที่ให้อากาศแทรกตัวอยู่ภายในโครงสร้างจึงทำให้โครงสร้างมีพื้นที่ผิว และช่องว่างมากกว่าเมื่อบดเป็นผงโครงสร้างของผงจึงยังมีช่องว่างมากกว่าตัวอย่างที่ไม่ผ่านกระบวนการทำให้เกิดโฟม อีกทั้งยังขึ้นกับชนิดของสารก่อโฟมที่ใช้เนื่องจากน้ำหนัก และขนาดโมเลกุลของสารแตกต่างกันจึงทำให้ผงที่ใช้สารผสมในการก่อโฟมมีความหนาแน่นสูงกว่าเนื่องจากใช้สารก่อโฟมมากขึ้นในส่วนผสมทำให้ผงมีน้ำหนักโมเลกุลเพิ่มมากขึ้นทำให้มีความหนาแน่นสูงที่สุด

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 4.8 สมบัติทางด้านประสาทสัมผัสของผงหลังจากการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง

คุณภาพทางประสาทสัมผัส	คะแนนของการทดสอบทางประสาทสัมผัส			
	สี	กลิ่น	ลักษณะปรากฏ	ความชอบโดยรวม
ตัวอย่างที่ไม่ผ่านการให้เกิดโฟม				
Control	8.66 ±0.48 [a]	6.94±2.20 [bc]	7.14±0.7 [b]	6.42±1.66 [c]
ไข่ขาว	7.40 ±1.38 [b]	7.02±1.48 [a]	6.30±1.00 [c]	6.44±0.84 [b]
โซเดียมแคซิเนต	6.80 ±1.40 [c]	6.60±1.26 [ab]	6.38±1.26 [c]	5.94±2.17 [c]
ไข่ขาว: โซเดียมแคซิเนต: เมทโธเซล™	5.92 ±1.40 [d]	5.94±1.00 [c]	5.52±0.97 [d]	5.64±1.78 [c]
ตัวอย่างที่ผ่านการทำให้โฟม				
ไข่ขาว	5.82±1.24 [e]	6.76±1.02 [b]	7.64±1.87 [a]	7.40±1.23 [a]
โซเดียมแคซิเนต	6.24±2.15 [d]	6.84±1.49 [b]	7.78±1.66 [b]	7.08±0.94 [ab]
ไข่ขาว: โซเดียมแคซิเนต: เมทโธเซล ™	5.02±2.05 [e]	6.30±1.43 [bc]	7.74±1.06 [b]	7.00±1.16 [ab]

หมายเหตุ: ค่าที่แสดงในตารางเป็นค่าเฉลี่ย±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานที่ได้จากผู้ทดสอบชิม

a, b, c … ตัวอักษรกำกับที่แตกต่างกันในแนวตั้งเดียวกันแสดงความแตกต่างกันของข้อมูลอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

คะแนนด้านสี 1 = เขียวออกเหลืองและ 9 = เขียวเข้มมาก; คะแนนด้านกลิ่น 1 = ไม่สามารถรับได้เลยและ 9 = สามารถรับได้เด่นชัดมาก; คะแนนด้านลักษณะปรากฏ 1 = เกาะตัวกันเป็นก้อนและ 9 = ละเอียดมาก; คะแนนความชอบโดยรวม 1 = ไม่ชอบมากที่สุด และ 9 = ชอบมากที่สุด

จากผลการทดสอบทางประสามสัมผัสด้าน สี กลิ่น ลักษณะผง และความชอบโดยรวม ใช้ผู้ทดสอบจำนวน 50 คน พบว่า ลักษณะทางด้านประสาทสัมผัสของผงหลังจากการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง ผงที่ไม่ใส่สารก่อโฟม มีความชอบของสีสูงที่สุด เนื่องจากสารก่อโฟมเป็นสารที่มีสีขาวออกเหลือง เมื่อเติมลงในน้ำใบเตยทำให้ค่าของสีเขียวลดลงแต่กลับทำให้ค่าความสว่างเพิ่มมากขึ้นอีกทั้งเกิดการ encapsulation ทำให้ผงที่เติมสารก่อโฟมมีสีอ่อนกว่าตัวอย่างที่ไม่เติม และพบว่าสารผสมมีค่าต่ำที่สุดอาจเนื่องจากสารผสมมีปริมาณของแข็งที่เกิดจากสารก่อโฟมมากจึงทำให้ความชอบในค่าสีน้อยที่สุด ในด้านของกลิ่นกลับพบว่าตัวอย่างที่ใส่ไข่ขาวแต่ไม่ผ่านกระบวนการเกิดโฟมมีค่าสูงที่สุด และสารผสมมีค่าต่ำที่สุดอาจเนื่องจากสารผสมมีปริมาณของแข็งที่เกิดจากสารก่อโฟมมาก

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

และในสารแต่ละชนิดจะมีกลิ่นเฉพาะจึงอาจทำให้กลิ่นของใบเตยด้อยลงกว่าใช้สารชนิดเดียว และอาจเนื่องมาจากเกิดการ encapsulation ของ wall material ที่หนามากเกินไปทำให้การปลดปล่อยกลิ่นเกิดขึ้นได้น้อยลง ความชอบลักษณะของผง และในด้านความชอบโดยรวมสารก่อโฟมไข่ขาวที่ผ่านกระบวนการก่อโฟมจะมีความชอบโดยรวมสูงที่สุด

ตารางที่ 4.9 ค่าสัมประสิทธิสหสัมพันธ์ของสมบัติทางด้านประสาทสัมผัสของสารสกัดจากใบเตยชนิดผง

คุณภาพทางประสาทสัมผัส	ค่าสัมประสิทธิสหสัมพันธ์			
	สี	กลิ่น	ลักษณะปรากฏ	ความชอบโดยรวม
สี	1.000	0.741*	0.314	0.300
กลิ่น	0.741*	1.000	0.489	0.658
ลักษณะปรากฏ	0.314	0.489	1.000	0.919**
ความชอบโดยรวม	0.300	0.658	0.919**	1.000

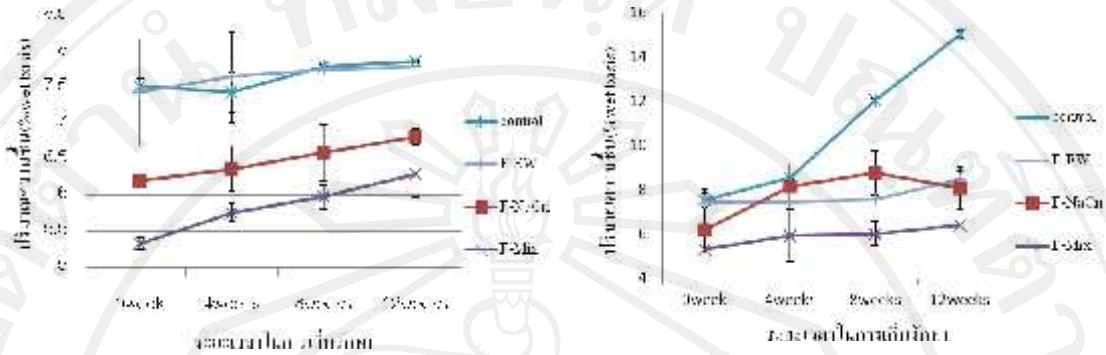
หมายเหตุ: * มีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$), ** มีนัยสำคัญยิ่ง ($p \leq 0.01$)

จากการหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของคุณภาพทางประสาทสัมผัสพบว่า คะแนนด้านสีและกลิ่นมีความสัมพันธ์กันในระดับสูง ($p \leq 0.05$) นั่นคือเมื่อคะแนนด้านสีเพิ่มขึ้นคะแนนของกลิ่นก็จะเพิ่มเช่นเดียวกัน และลักษณะผงมีความสัมพันธ์กันสูงมากกับความชอบโดยรวม ($p \leq 0.01$) เมื่อคะแนนในด้านลักษณะผงเพิ่มคะแนนความชอบก็จะเพิ่มขึ้นด้วยเช่นกัน ส่วนของคะแนนด้านสี และกลิ่นที่มีต่อลักษณะผง และความชอบโดยรวมนั้นไม่มีความสัมพันธ์กัน

4.6 การเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางกายภาพและเคมีระหว่างการเก็บรักษาสารสกัดจากใบเตยชนิดผง

จากการทดสอบเปรียบเทียบตัวอย่างที่ผ่านกระบวนการก่อให้เกิดโฟม และไม่ผ่านกระบวนการเกิดโฟมพบว่าตัวอย่างที่ทำให้เกิดโฟมมีค่าของเวลาในการทำแห้งต่ำกว่าตัวอย่างที่ไม่ทำให้เกิดโฟม จึงได้นำตัวอย่างที่ทำแห้งแบบแช่เยือกแข็งโฟม-แมทมาศึกษาถึงระยะเวลาในการเก็บและการเปลี่ยนแปลงของคุณสมบัติของสารสกัดใบเตยผงภายหลังการเก็บที่สองอุณหภูมิ คือ 4 องศาเซลเซียส และ 37 องศาเซลเซียส ที่ระยะเวลา 12 อาทิตย์

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



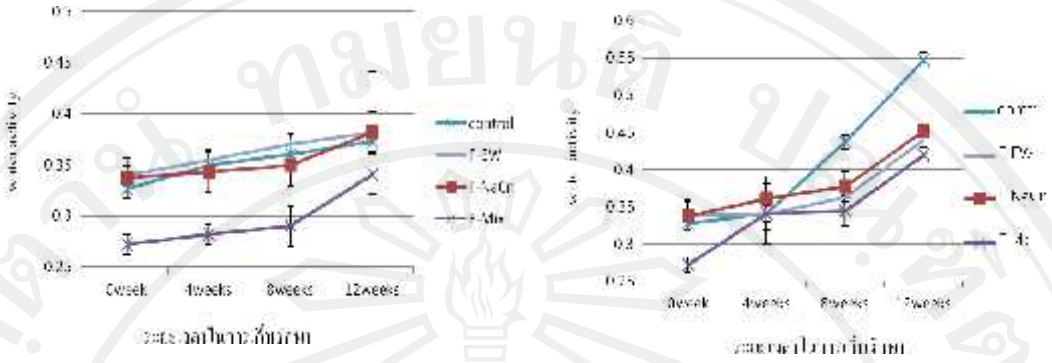
(a) (b)

รูปที่ 4.2 ปริมาณความชื้นของตัวอย่างที่ผ่านการเก็บเป็นเวลา 12 อาทิตย์ (a) เก็บไว้ในอุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส (b) เก็บไว้ในอุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส

หมายเหตุ: F-EW คือ ไข่ขาวที่ผ่านกระบวนการเกิดโฟม, F-NaCn คือ โซเดียมแคซิเนตที่ผ่าน กระบวนการเกิดโฟม, F-Mix คือ สารผสมไข่ขาว: โซเดียมแคซิเนต: เมทโธเซล ™ ที่ ผ่านกระบวนการเกิดโฟม

จากรูปที่ 4.2 จะเห็นได้ว่า ค่าความชื้นของผลิตภัณฑ์ผงจะมีค่าความชื้นอยู่ในช่วง 5.33 – 15.03 ค่าความชื้นสูงสุดคือตัวอย่างควบคุมที่เก็บไว้ที่อุณหภูมิ 37องศาเซลเซียส เป็นเวลา 12 อาทิตย์ ค่าความชื้นที่ต่ำที่สุดคือตัวอย่างที่ใช้สารผสม ปริมาณความชื้น ร้อยละ 5.33 (รูปที่ 4.2 a) จากรูปที่ 4.2 b จะพบว่า ค่าความชื้นของทุกผลิตภัณฑ์มีแนวโน้มที่จะเพิ่มสูงขึ้นเมื่อเวลาในการเก็บผ่านไป โดยที่ตัวอย่างควบคุมจะมีความชื้นเพิ่มขึ้นสูงสุด เนื่องจากตัวอย่างควบคุมไม่มีการใส่สารใดๆเมื่อทำแห้งทำให้น้ำหนักโมเลกุลน้อยกว่าการตัวอย่างที่ใช้สารก่อโฟมซึ่งเป็นสารที่มีน้ำหนักโมเลกุลสูง จำพวกโปรตีนมีคุณสมบัติเป็นพวก non-hygroscopic ซึ่งถ้าหากผงมีโมเลกุลเล็กจะสามารถดูดซับน้ำได้ดีจึงทำให้ตัวอย่างควบคุมมีค่าความชื้นสูงเมื่อเก็บที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



(a) (b)

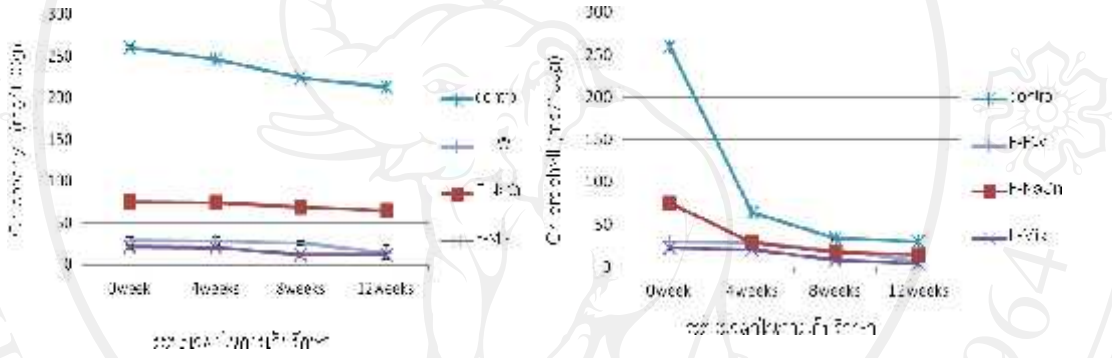
รูปที่ 4.3 ค่า a_w ของตัวอย่างที่ผ่านการเก็บเป็นเวลา 12 อาทิตย์ (a) เก็บไว้ในอุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส และ (b) เก็บไว้ในอุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส

หมายเหตุ: F-EW คือ ไข่ขาวที่ผ่านกระบวนการเกิดโฟม, F-NaCn คือ โซเดียมแคซิเนตที่ผ่าน กระบวนการเกิดโฟม, F-Mix คือ สารผสมไข่ขาว: โซเดียมแคซิเนต: เมทโธเซล ™ ที่ ผ่านกระบวนการเกิดโฟม

จากรูปที่ 4.3 พบว่าค่า a_w ของทุกตัวอย่างมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) และเมื่อระยะเวลาในการจัดเก็บนานขึ้นค่าa_wจะเพิ่มสูงขึ้น และค่า a_w ในทุกตัวอย่างจะมีแนวโน้มจะสูงขึ้นเมื่อระยะเวลาการเก็บผ่านไป ค่า a_w จะอยู่ในช่วง 0.272-0.548 โดยการเก็บที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ตัวอย่างที่ใช้ไข่ขาวเป็นสารก่อโฟมจะมีค่า a_w สูงที่สุด คือเมื่อเวลาผ่านไป 12 อาทิตย์ค่า a_w จะเพิ่มขึ้นจาก 0.340 เป็น 0.382 ส่วนตัวอย่างที่ใช้สารผสมจะมีค่า a_wต่ำเนื่องจากมวลโมเลกุลของผงมีค่ามากทำให้การดูดซับความชื้นช้ากว่าสาร ที่มีมวลโมเลกุลน้อย ส่วนตัวอย่างควบคุมที่มีค่าa_wต่ำเนื่องจากไม่ผ่านกระบวนการ ทำให้เกิดโฟมโมเลกุลของสารประกอบไม่ถูกทำลายจึงทำให้เกิดการดูดซับหรือจับตัวกับโมเลกุลของน้ำได้ช้ากว่าตัวอย่างที่ผ่านกระบวนการ ทำให้เกิดโฟม จากรูปที่ 4.3 ตัวอย่างที่เป็นตัวอย่างควบคุมจะมีค่า a_w สูงสุดคือ 0.548 ส่วนตัวอย่างที่ใช้โซเดียมแคซิเนต สารผสม และตัวอย่างควบคุมจะมีค่า a_w ใกล้เคียงกันเมื่อเวลาในการจัดเก็บผ่านไป โดยมีค่าเพิ่มขึ้นใกล้เคียงกัน และเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยอยู่ในช่วง 0.272 – 0.548 สำหรับการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส ใบเตยผงที่เตรียมจากน้ำใบเตย มีค่า a_w เพิ่มขึ้นมากกว่าตัวอย่างใบเตยผงที่เก็บที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ซึ่งมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) การที่ใบเตยผงมีค่า a_w เพิ่มขึ้นระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส โดยเพิ่มขึ้นมากกว่าการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เนื่องจากกระบวนการทำให้เกิดโฟมจะทำให้โครงสร้างของสารเกิดการขึ้นฟูทำให้มีอากาศแทรกตัวเข้าไปที่ตัวอย่างสูง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

กว่าเมื่อผ่านกระบวนการทำแห้งทำให้โครงสร้างของผงมีช่องว่างมากขึ้นทำให้เกิดการดูดซับน้ำได้มากขึ้นทำให้ใบเตยผงมีมีคุณสมบัติเป็น hygroscopic เมื่อมีความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อยจะทำให้ปริมาณความชื้นของอาหารเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว นอกจากนี้ ความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นและค่า a_w ยังขึ้นกับอุณหภูมิด้วย (นิธิยา, 2551) ดังนั้นเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิในการจัดเก็บจึงทำให้มีการเพิ่มขึ้นของค่า a_wและการที่ค่ากิจกรรมของน้ำอยู่ในช่วง 0.6-0.7 หรือต่ำกว่าทำให้จุลินทรีย์ไม่สามารถเจริญได้ ซึ่งค่ากิจกรรมของน้ำ เป็นตัวชี้บ่ง หรือทำนายการเสื่อมสลายและการเน่าเสียของอาหาร และเป็นตัวกำหนดการสิ้นสุดอายุการเก็บรักษาของอาหารอบแห้งเพื่อให้ผลิตภัณฑ์อาหารอบแห้ง สามารถเก็บรักษาได้นาน และมีความคงตัวดี (นิธิยา, 2544)



(b) (b)

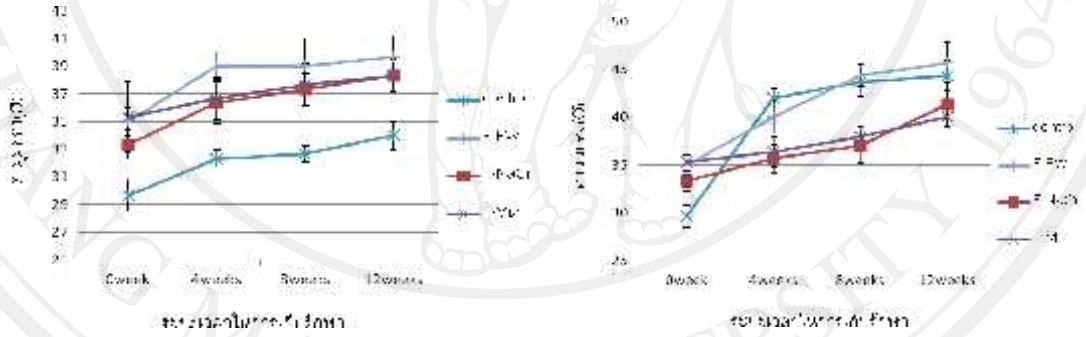
รูปที่ 4.4 คลอโรฟิลล์ของตัวอย่างที่ผ่านการเก็บเป็นเวลา 12 อาทิตย์ (a) เก็บไว้ในอุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียสและ (b) เก็บไว้ในอุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส**หมายเหตุ**

หมายเหตุ: F-EW คือ ไข่ขาวที่ผ่านกระบวนการเกิดโฟม, F-NaCn คือ โซเดียมแคซิเนตที่ผ่าน กระบวนการเกิดโฟม, F-Mix คือ สารผสมไข่ขาว: โซเดียมแคซิเนต: เมทโธเซล ™ ที่ ผ่านกระบวนการเกิดโฟม

ในการทดสอบปริมาณคลอโรฟิลล์พบว่าการเก็บรักษาผงไว้ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส จะสูญเสียคลอโรฟิลล์จะน้อยกว่าเมื่อเทียบกับการเก็บที่ 37 องศาเซลเซียส อย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) และพบว่าตัวอย่างที่ใช้สารก่อโฟมจะมีปริมาณคลอโรฟิลล์ลดลงตามระยะเวลาการเก็บอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) ซึ่งตัวอย่างควบคุมจะมีปริมาณคลอโรฟิลล์สูงที่สุดเนื่องจากไม่ใส่สารก่อโฟมใดๆจึงทำให้ผงที่ได้มีปริมาณคลอโรฟิลล์สูง อีกทั้งยังไม่ผ่านกระบวนการ ทำให้เกิดโฟมจึงทำให้คลอโรฟิลล์ยังคงสภาพได้ในการเก็บที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส แต่เมื่อเก็บที่อุณหภูมิ 37องศาเซลเซียส กลับพบว่าปริมาณคลอโรฟิลล์ลดลงอย่างรวดเร็วอาจเนื่องมาจากไม่มีสารห่อหุ้มไว้เมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้นจึงทำให้ปฏิกิริยาทางเคมีของผงเกิดการเปลี่ยนแปลงไปทำให้ไม่สามารถรักษาสภาพได้โดยปกติแล้วคลอโรฟิลล์มีความคงตัวต่ำต่อความร้อน แสง ออกซิเจน และค่า pH และการ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

เปลี่ยนแปลงของคลอโรฟิลล์ยังขึ้นกับค่า pH ค่า a_w และความเข้มข้นของคลอโรฟิลล์ (นิธิยา, 2551) ซึ่งอุณหภูมิยังมีผลส่งเสริมให้ค่า a_w ของตัวอย่างเพิ่มขึ้นในสัปดาห์ที่ 1 - 4 ซึ่งมีค่าอยู่ในช่วง 0.272 - 0.361 ดังรูปที่ 4.4โดยคลอโรฟิลล์อาจมีการเปลี่ยนแปลงเป็นฟีโอไฟตินนอกจากนี้ นิธิยา (2551) รายงานว่า การสลายตัวของคลอโรฟิลล์ในผักโขม พบว่า เมื่อ a_w อยู่ในช่วง 0 - 0.32 คลอโรฟิลล์จะมีความคงตัวดีระหว่างการเก็บรักษา จากการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เมื่อ a_w เพิ่มขึ้นเป็น 0.340 - 0.584 จะมีฟีโอไฟตินเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว แต่เมื่อตัวอย่างที่ใช้สารก่อโฟม และผ่านกระบวนการทำให้เกิดโฟมจะมีปริมาณคลอโรฟิลล์ลดลงอย่างมีนัยสำคัญ โดยจะอยู่ในช่วง 22.21-75.50 mg/100g ซึ่งตัวอย่างที่ใช้สารก่อโฟมโซเดียมแคซิเนตมีประสิทธิภาพสามารถรักษาคลอโรฟิลล์ได้สูงที่สุด อาจเนื่องมาจากเป็นสารก่อโฟมที่มีคุณสมบัติเป็นโปรตีนสามารถเป็นฟิล์มห่อหุ้มสามารถจับกับคลอโรฟิลล์ได้ดีกว่าไข่ขาวที่มีคุณสมบัติเป็นโปรตีนเหมือนกัน ส่วนสารผสมจะมีปริมาณคลอโรฟิลล์น้อยกว่าเนื่องมาจากสัดส่วนของสารผสมที่เพิ่มขึ้นแต่ลดปริมาณน้ำใบเตยลงจึงมีปริมาณคลอโรฟิลล์ที่น้อยกว่าตัวอย่างอื่น



(a) (b)

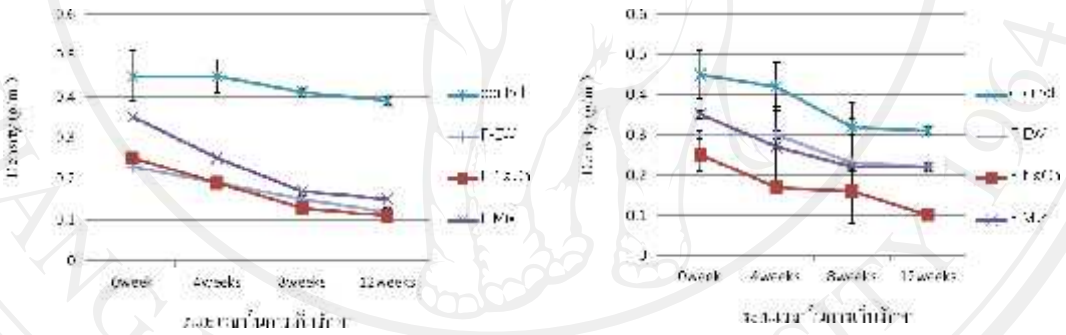
รูปที่ 4.5 มุมกองของตัวอย่างที่ผ่านการเก็บเป็นเวลา 12 อาทิตย์ (a) เก็บไว้ในอุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียสและ (b) เก็บไว้ในอุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส

หมายเหตุ: F-EW คือ ไข่ขาวที่ผ่านกระบวนการเกิดโฟม, F-NaCn คือ โซเดียมแคซิเนตที่ผ่าน กระบวนการเกิดโฟม, F-Mix คือ สารผสมไข่ขาว: โซเดียมแคซิเนต: เมทโธเซล ™ ที่ ผ่านกระบวนการเกิดโฟม

จากรูปที่ 4.5(a) พบว่าค่ามุมกองของตัวอย่างที่ใช้ไข่ขาวเป็นสารก่อโฟมจะมีค่ามุมกองสูงที่สุดสอดคล้องกับค่า a_w และค่าความชื้น เนื่องจากตัวอย่างมีความชื้นภายในสูงจึงทำให้มีการเกาะติดกันของอนุภาคผงได้มากกว่าตัวอย่างที่ใช้สารก่อโฟมอื่น แต่ยังอยู่ในช่วงที่เกิดการไหลได้ ส่วนตัวอย่างอื่นมีแนวโน้มจะมีค่ามุมกองที่สูงขึ้นเมื่อเวลาในการเก็บผ่านไป โดยมีค่ามุมกองเพิ่มสูงขึ้นจาก 35.00 เป็น 39.67 ที่เก็บไว้ที่ 4 องศาเซลเซียสเมื่อเวลาผ่านไป 12 อาทิตย์ และเช่นเดียวกับ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตัวอย่างควบคุมที่สอดคล้องกับค่า a_w ที่ต่ำจึงเกิดการเกาะติดของผงน้อยทำให้ยังอยู่ในช่วงของการไหลได้ ส่วนตัวอย่างที่ใช้โซเดียมแคซิเนต และสารผสมในการก่อโฟมนั้นจะมีค่าใกล้เคียงกัน และมีการเพิ่มขึ้นของมุมกองใกล้เคียงกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) และยังอยู่ในช่วงของการไหลได้โดยมีการเกาะติดเล็กน้อย จากรูปที่ 4.5(b) พบว่าในการเก็บที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส ตัวอย่างที่ใช้ไข่ขาวเป็นสารก่อโฟมเมื่อระยะเวลาในการจัดเก็บนานขึ้นจะมีค่ามุมกองที่สูงขึ้นมากกว่าตัวอย่างที่ใช้สารก่อโฟมชนิดอื่น และพบว่าตัวอย่างที่ใช้ไข่ขาวเป็นสารก่อโฟมจะมีค่ามุมกองที่สูงโดยอยู่ในช่วงของการเกาะติดไหลได้น้อย ส่วนตัวอย่างอื่นมีแนวโน้มค่ามุมกองสูงขึ้นเมื่อเวลาในการเก็บผ่านไปแต่ยังคงไหลได้เมื่อเก็บไว้นาน 12 อาทิตย์ เมื่อเปรียบเทียบกับดัชนีความสามารถในการไหลของ Carr Index พบว่ามุมกองดังกล่าวมีค่าอยู่ในช่วง 30-45° แสดงว่ามีความสามารถในการไหลที่ดี (Geldart *et al.,* 2006) ซึ่งในตัวอย่างควบคุมที่การเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4องศาเซลเซียส จะมีค่ามุมกองที่น้อยกว่าการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)



(a) (b)

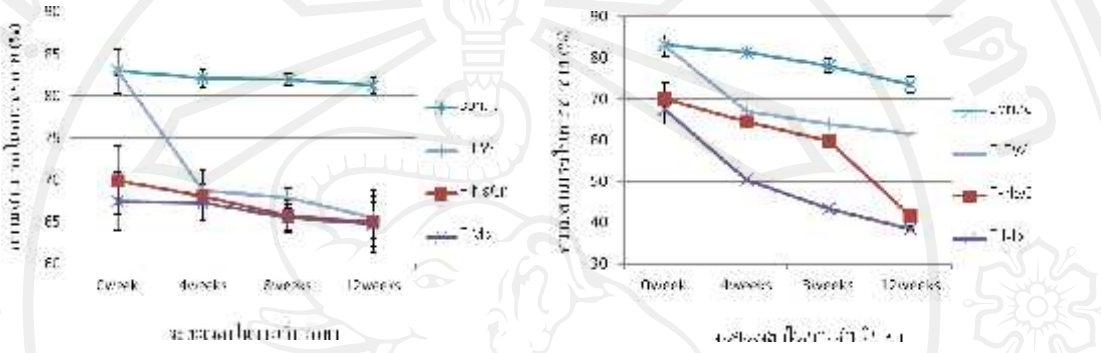
รูปที่4.6 ความหนาแน่นรวมของตัวอย่างที่ผ่านการเก็บเป็นเวลา 12 อาทิตย์ (a) เก็บไว้ในอุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส (b) เก็บไว้ในอุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส

หมายเหตุ: F-EW คือ ไข่ขาวที่ผ่านกระบวนการเกิดโฟม, F-NaCn คือ โซเดียมแคซิเนตที่ผ่าน กระบวนการเกิดโฟม, F-Mix คือ สารผสมไข่ขาว: โซเดียมแคซิเนต: เมทโธเซล ™ ที่ ผ่านกระบวนการเกิดโฟม

จากรูปที่ 4.6 พบว่าค่าความหนาแน่นจะอยู่ในช่วง 0.11-0.45 g/ml โดยพบว่าจะมีค่าความหนาแน่นลดลงเมื่อเวลาในการเก็บรักษาผ่านไป และพบว่าที่อุณหภูมิการเก็บรักษาที่ 4 องศาเซลเซียส จะมีค่าความหนาแน่นสูงกว่าที่การเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส อีกทั้งยังพบว่าตัวอย่างที่ใส่สารก่อโฟมมีค่าความหนาแน่นน้อยกว่าตัวอย่างควบคุม เนื่องจากปัจจัยที่มีผลต่อความหนาแน่นของอาหารคือความชื้นที่มีผลต่อความสามารถในการเกาะติด อาหารที่เป็น hygroscopic มี bulk density

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ต่ำ เนื่องจากอาหารจะดูดน้ำเล็กน้อยเข้าไปที่ผิวแล้วกลายเป็น high hygroscopic ทำให้เกิดการเกาะติดกันของอนุภาคโดยจะกันไม่ให้อนุภาคที่เป็น free flowing ไหลลงทำให้เกิดช่องว่างภายในจึงมีปริมาตรเพิ่มขึ้นแต่ความหนาแน่นต่ำ (Barbosa-Cánovas *et al*., 2005) และในการขึ้นโฟมทำให้มวลของผงลดลงเนื่องจากมีอากาศแทรกตัวอยู่ภายในทำให้มีโครงสร้างที่เป็นรูพรุนดังนั้นความหนาแน่นจึงลดลงเมื่อเทียบกับตัวอย่างควบคุมที่มีความหนาแน่นมากกว่า



(a) (b)

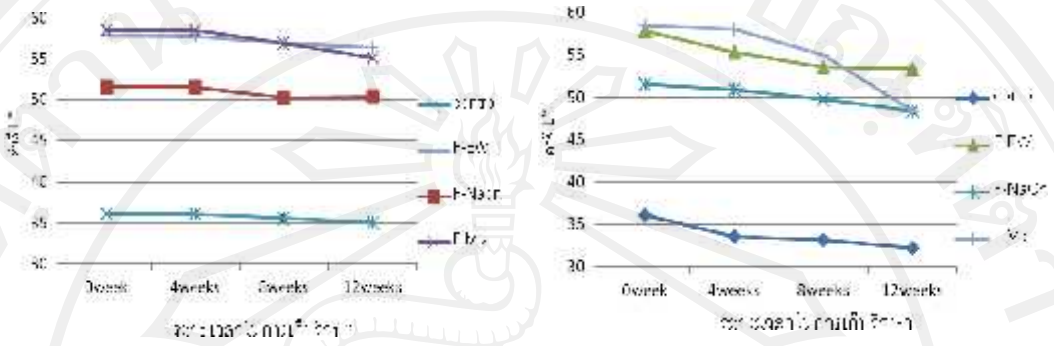
รูปที่ 4.7 การละลายของตัวอย่างที่ผ่านการเก็บเป็นเวลา 12 อาทิตย์ (a) เก็บไว้ในอุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส (b) เก็บไว้ในอุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส

หมายเหตุ: F-EW คือ ไข่ขาวที่ผ่านกระบวนการเกิดโฟม, F-NaCn คือ โซเดียมแคซิเนตที่ผ่าน กระบวนการเกิดโฟม, F-Mix คือ สารผสมไข่ขาว: โซเดียมแคซิเนต: เมทโธเซล ™ ที่ ผ่านกระบวนการเกิดโฟม

ค่าการละลายจะลดลงเมื่อเวลาผ่านไปเนื่องจากเกิดการเกาะกันแนนของอนุภาคเมื่อทำการละลายทำให้อนุภาคผงไม่เกิดการกระจายตัวทำให้น้ำแทรกตัวได้น้อยทำให้ค่าการละลายลดลง จากผลการทดลอง พบว่าระยะเวลามีผลต่อค่าการละลายน้ำ และความสามารถในการคืนรูปของสารสกัดใบเตยชนิดผง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) (รูปที่ 4.7 (a),(b) และ ตารางภาคผนวกที่ 6) โดยค่าการละลายมีค่าลดลงจากค่าการละลายเริ่มต้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ทำให้ความสามารถในการคืนรูปลดลง สอดคล้องกับปริมาณความชื้นที่เพิ่มขึ้นเมื่อระยะเวลาเพิ่มมากขึ้น(รูปที่ 4.2 a และ b) เมื่อปริมาณความชื้นมากขึ้น ส่งผลให้ผลิตภัณฑ์เกาะตัวกันเป็นก้อน จึงใช้เวลาในการละลายที่เพิ่มขึ้น โดยมีงานวิจัยของ Raharitsifa and Ratti (2009) พบว่าการเติมสารที่มีโมเลกุลใหญ่ เช่นไข่ขาว และเมทโธเซลในน้ำแอบเปิ้ล โดยโฟมที่ผ่านกระบวนการทำแห้งที่ทำจากไข่ขาวจะละลายได้ง่ายกว่าโฟมที่ใช้เมทโธเซล™อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($p<0.01$) อาจเนื่องมาจากจำนวนโมเลกุลของเมทโธเซล™ที่ใช้สูงกว่าโมเลกุลของไข่ขาว และงานวิจัยของ Anema *et al.,* (2006) ที่ศึกษาการ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ลดลงของความสามารถในการละลายของโฟมไข่ขาวในระหว่างกระบวนการจัดเก็บ อาจเนื่องมาจากเกิดการ cross-linking ของโปรตีน ซึ่งทำให้การละลายลดลงเมื่อเก็บไว้เป็นเวลานาน



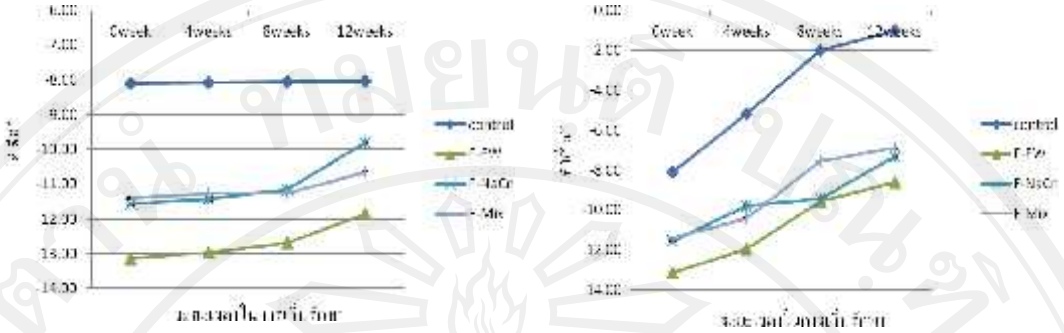
(a) (b)

รูปที่ 4.8 ความสว่างของตัวอย่างที่ผ่านการเก็บเป็นเวลา 12 อาทิตย์ (a) เก็บไว้ในอุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียสและ (b) เก็บไว้ในอุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส

หมายเหตุ: F-EW คือ ไข่ขาวที่ผ่านกระบวนการเกิดโฟม, F-NaCn คือ โซเดียมแคซิเนตที่ผ่าน กระบวนการเกิดโฟม, F-Mix คือ สารผสมไข่ขาว: โซเดียมแคซิเนต: เมทโธเซล ™ ที่ ผ่านกระบวนการเกิดโฟม

จากรูปที่ 4.8 พบว่า ค่าความสว่างของตัวอย่างควบคุมมีค่าต่ำสุดเนื่องจากไม่มีการเติมสารก่อโฟมใดๆลงไปจึงมีแต่คลอโรฟิลล์ซึ่งมีสีเขียวเมื่อผ่านกระบวนการทำแห้งจึงทำให้มีสีค่อนข้างเข้มมากกว่าตัวอย่างที่เติมสารก่อโฟมแต่เมื่อเวลาผ่านไปเกิน 8 อาทิตย์ค่าสีจะยิ่งเข้มขึ้น อาจเนื่องมาจากการเกิดปฏิกิริยา non-enzymetic brownig ส่วนตัวอย่างที่เติมสารก่อโฟมจะมีแนวโน้มของค่าความสว่างลดลงเมื่อเวลาผ่านไปเกิน 8 อาทิตย์ และพบว่าทุกชนิดของสารก่อโฟมมีค่าความสว่างใกล้เคียงกันเมื่อเวลาผ่านไป 12 อาทิตย์ จากรูปที่ 4.8 (b) พบว่า ค่าความสว่างของทุกตัวอย่างมีค่าลดลงอย่างต่อเนื่องเมื่อเวลาผ่านไป และตัวอย่างควบคุมจะมีสีเข้มมากที่สุดอาจเกิดเนื่องมาจากการเกิดปฏิกิริยา non-enzymetic brownig และเมื่อระยะเวลาในการเก็บเพิ่มมากขึ้น ค่าความสว่างและค่าความเป็นสีเขียว ของน้ำใบเตยชนิดผงมีค่าลดลง จากผลการทดลอง สารสกัดจากใบเตยชนิดผงที่มีการเปลี่ยนแปลงค่าสี L* ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยอาจมีการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพและเคมีในสารสกัดจากใบเตยชนิดผงระหว่างกระบวนการทำแห้ง เช่น การสลายตัวของสารบางชนิด (degradation) การเปลี่ยนรูปของสาร (deformation) หรือการเปลี่ยนเป็นไอโซเมอร์ (isomerisation) ซึ่งควรมีการศึกษาต่อไป

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

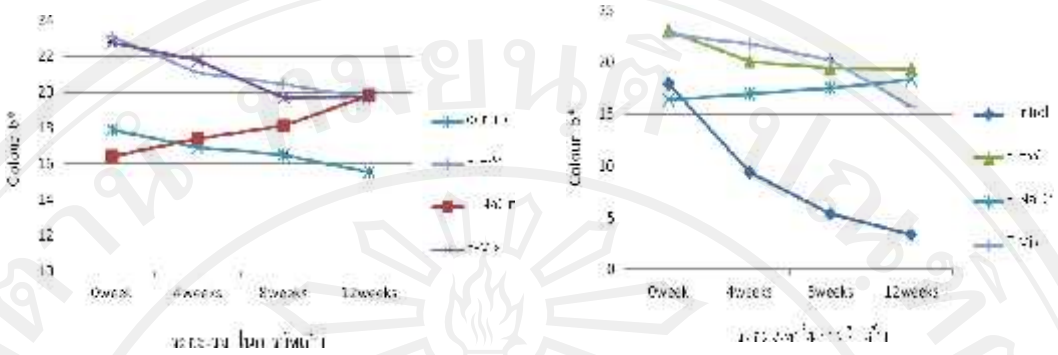


รูปที่ 4.9 สีเขียวของตัวอย่างที่ผ่านการเก็บเป็นเวลา 12 อาทิตย์ (a) เก็บไว้ในอุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียสและ (b) เก็บไว้ในอุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส

หมายเหตุ: F-EW คือ ไข่ขาวที่ผ่านกระบวนการเกิดโฟม, F-NaCn คือ โซเดียมแคซิเนตที่ผ่าน กระบวนการเกิดโฟม, F-Mix คือ สารผสมไข่ขาว: โซเดียมแคซิเนต: เมทโธเซล ™ ที่ผ่านกระบวนการเกิดโฟม

จากรูปที่ 4.9 (a) และ (b) แสดงค่าสี a* ของสารสกัดจากใบเตยชนิดผง การวิเคราะห์ค่าสี a* ซึ่งอธิบายถึงค่าสีที่อยู่ระหว่างสีเขียว (-a*) ถึง สีแดง (+a*) ของตัวอย่างที่วิเคราะห์พบว่าค่าสีอยู่ในช่วงของสีเขียวและเมื่อเวลาผ่านไปในช่วง 4 อาทิตย์แรกค่าสีค่อนข้างคงที่มีการเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อยแต่เมื่อเวลาผ่านไป 8 อาทิตย์ค่าสีในตัวอย่างโฟมโซเดียมแคซิเนตจะมีสีเขียวเพิ่มมากขึ้น แต่ตัวอย่างควบคุม ตัวอย่างสารผสม และตัวอย่างโฟมไข่ขาวกลับมีค่าสีเขียวลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) จากรูปที่ 4.9 (b) พบว่า ค่าสีอยู่ในช่วงของสีเขียวแต่จะมีสีเขียวน้อยกว่าการเก็บที่อุณหภูมิ4องศาเซลเซียส โดยตัวอย่างควบคุมจะมีสีเขียวลดลงมากที่สุดเมื่อเทียบกับตัวอย่างอื่น และตัวอย่างที่ใช้ไข่ขาวเป็นสารก่อโฟมจะมีการสูญเสียสีเขียวน้อยที่สุด และการลดลงของสีเขียวจะเริ่มลดลงอย่างรวดเร็วในอาทิตย์ที่ 8 ของการเก็บรักษา

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



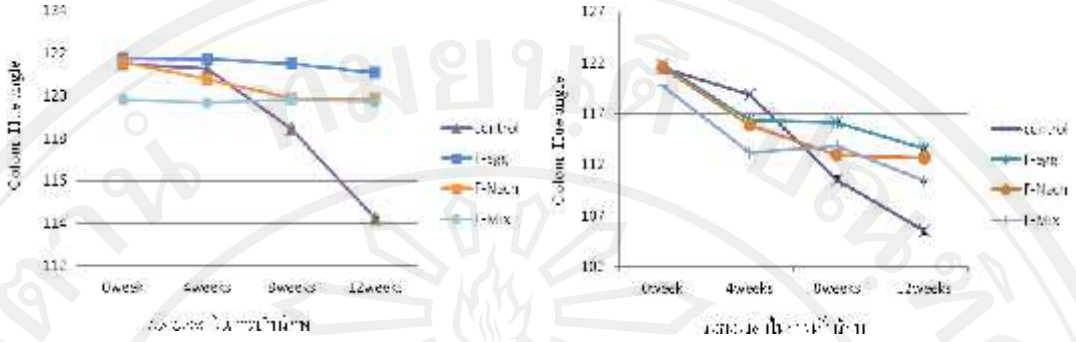
(a) (b)

รูปที่ 4.10 สีเขียวของตัวอย่างที่ผ่านการเก็บเป็นเวลา 12 อาทิตย์ (a) เก็บไว้ในอุณหภูมิ 4 องศา-เซลเซียสและ (b) เก็บไว้ในอุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส

หมายเหตุ: F-EW คือ ไข่ขาวที่ผ่านกระบวนการเกิดโฟม, F-NaCn คือ โซเดียมแคซิเนตที่ผ่าน กระบวนการเกิดโฟม, F-Mix คือ สารผสมไข่ขาว: โซเดียมแคซิเนต: เมทโธเซล ™ ที่ ผ่านกระบวนการเกิดโฟม

จากรูปที่ 4.10 (a) และ (b) แสดงค่าสี b* ของสารสกัดจากใบเตยชนิดผง การวิเคราะห์ค่าสี b* ซึ่งอธิบายถึงค่าสีที่อยู่ระหว่างสีน้ำเงิน (-b*) ถึง สีเหลือง (+b*) ของตัวอย่างที่วิเคราะห์ พบว่าในทุกตัวอย่างทั้งที่เก็บไว้ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส และ37 องศาเซลเซียส พบว่าจะมีค่าสีเหลืองลดลง นอกจากนี้อุณหภูมิมีผลต่อคุณภาพใบเตยผงซึ่งการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส โดยเร่งให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพและเคมีเพิ่มขึ้น จึงทำให้ค่าสีเหลืองลดลงกว่าที่เก็บที่อุณหภูมิ 4 องศา-เซลเซียส โดยตัวอย่างควบคุมจะมีค่าสีเหลืองลดลงมากที่สุด ซึ่งสอดคล้องกับการลดลงของค่าความสว่างของผลิตภัณฑ์ที่มีค่าความสว่างลดลง ค่าสีที่เปลี่ยนไปเนื่องจากมีการเปลี่ยนแปลงทางเคมีเกิดขึ้นซึ่งสอดคล้องกับปริมาณคลอโรฟิลล์ที่ลดลง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

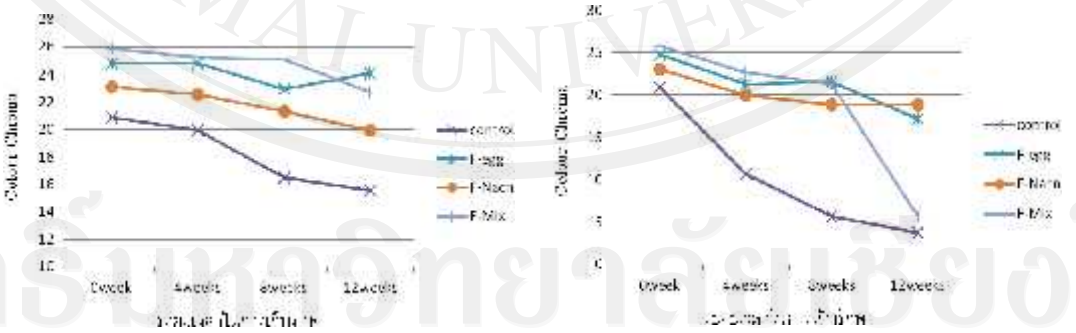


(a) (b)

รูปที่ 4.11 สี Hue angle ของตัวอย่างที่ผ่านการเก็บเป็นเวลา 12 อาทิตย์ (a) เก็บไว้ในอุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียสและ (b) เก็บไว้ในอุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส

หมายเหตุ: F-EW คือ ไข่ขาวที่ผ่านกระบวนการเกิดโฟม, F-NaCn คือ โซเดียมแคซิเนตที่ผ่าน กระบวนการเกิดโฟม, F-Mix คือ สารผสมไข่ขาว: โซเดียมแคซิเนต: เมทโธเซล ™ ที่ ผ่านกระบวนการเกิดโฟม

การวิเคราะห์ค่า H° หรือ Hue angle พบว่า ค่า H° ของสารสกัดจากใบเตยชนิดผงที่เก็บไว้ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส (รูปที่ 4.11a) สารสกัดจากใบเตยชนิดผงที่ไม่ใส่สารก่อโฟมมีค่าสีเขียวลดลงอย่างรวดเร็วเมื่อเวลาผ่านไป 4 อาทิตย์ แต่ตัวอย่างที่ใส่สารก่อโฟมมีแนวโน้มลดลงอย่างช้าๆ เมื่อเวลาผ่านไป 12 อาทิตย์ และตัวอย่างสารสกัดจากใบเตยชนิดผงที่เก็บไว้ที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส (รูปที่ 4.11a) พบว่าค่าสีเขียวลดลงอย่างรวดเร็วในทุกตัวอย่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ซึ่งค่า Hue angle อยู่ในช่วง 105.53-121.78 แสดงว่าสีที่แท้จริงของสารสกัดจากใบเตยชนิดผงมีสีเหลือง-สีเขียว โดยเป็นสีเขียวของคลอโรฟิลล์ และสีส้มแดงของแคโรทีนอยด์



รูปที่ 4.12 สี Chroma ของตัวอย่างที่ผ่านการเก็บเป็นเวลา 12 อาทิตย์ (a) เก็บไว้ในอุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียสและ (b) เก็บไว้ในอุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส

หมายเหตุ: F-EW คือ ไข่ขาวที่ผ่านกระบวนการเกิดโฟม, F-NaCn คือ โซเดียมแคซิเนตที่ผ่าน กระบวนการเกิดโฟม, F-Mix คือ สารผสมไข่ขาว: โซเดียมแคซิเนต: เมทโธเซล ™ ที่ ผ่านกระบวนการเกิดโฟม

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

การวิเคราะห์ค่า C* หรือ Chroma แสดงค่าในรูปที่ 4.12 พบว่า ค่า C* ของสารสกัดจากใบเตยชนิดผงที่เก็บไว้ที่อุณหภูมิ4 และ37 องศาเซลเซียส มีแนวโน้มของความเข้มสีลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) โดยตัวอย่างที่เก็บที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส ค่าความเข้มสีลดลงมากกว่าตัวอย่างที่เก็บไว้ที่ 4 องศาเซลเซียสอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) ซึ่งค่า Chroma อยู่ในช่วง 3.76-25.85 นอกจากนี้ ผลการทดลองชี้ให้เห็นว่าอุณหภูมิของการเก็บรักษามีผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่า C*ในการเปลี่ยนแปลงของค่าสีที่เกิดขึ้นอาจเนื่องมาจากมีการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ และเคมีในสารสกัดจากใบเตยชนิดผงในระหว่างกระบวนการทำแห้ง เช่น การสลายตัวของสารบางชนิด (degradation) การเปลี่ยนรูปของสาร (deformation) หรือการเปลี่ยนเป็นไอโซเมอร์ (isomerisation) ซึ่งควรมีการศึกษาต่อไป

ในการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านสี แสดงผลในตารางที่ 4.10 พบว่า ตัวอย่างที่เป็นตัวอย่างควบคุมผู้ทำการทดสอบให้ค่าสีเขียวสูงสุดในทุกเวลา และทุกอุณหภูมิในการจัดเก็บ เนื่องจากตัวอย่างควบคุมไม่ได้ใส่สารก่อโฟมซึ่งมีสีขาวออกเหลืองจึงทำให้ค่าสีเขียวมากกว่าตัวอย่างอื่น ส่วนค่าสีเขียวที่ผู้ทดสอบให้คะแนนน้อยที่สุดคือตัวอย่างที่ใช้สารผสม อาจเนื่องมาจากตัวอย่างนี้มีสารก่อโฟมในอัตราส่วนที่สูงกว่า และทำให้อัตราส่วนของน้ำใบเตยลดลงอีกทั้งเกิดการ encapsulation ได้ wall material ที่หนาเกิดการห่อหุ้มสารสีที่อยู่ในน้ำใบเตยได้มาก จึงทำให้เมื่ออบแห้งแล้วมีค่าสีเขียวน้อยกว่าตัวอย่างอื่น ซึ่งจะมีความสัมพันธ์กับค่าสีเขียวที่วัดได้จากเครื่องวัดสีที่ค่าสีเขียวของตัวอย่างที่ใส่สารผสมจะมีค่าน้อยกว่าตัวอย่างควบคุม ไข่ขาว และโซเดียมแคซิเนตตามลำดับ

ในการทดสอบด้านกลิ่นแสดงผลในตารางที่ 4.11 โดยใช้ผู้ทดสอบพบว่า ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางด้านกลิ่นในทุกตัวอย่างที่เก็บไว้ที่อุณหภูมิ 4องศาเซลเซียส อาทิตย์ที่ 0, 4 และ 12 แต่อาทิตย์ที่ 8 พบว่าตัวอย่างที่ใช้สารผสมมีคะแนนน้อยที่สุดซึ่งมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับตัวอย่างอื่นที่เก็บที่อุณหภูมิเดียวกัน และเมื่อเปรียบเทียบในแต่ละตัวอย่างที่ระยะเวลาแตกต่างกันจะพบว่าส่วนใหญ่คะแนนทางด้านกลิ่นจะได้คะแนนลดลงหลังจากการเก็บผ่านอาทิตย์ที่ 8 ไปแล้ว

การยอมรับทางประสาทสัมผัสของลักษณะปรากฏ แสดงผลในตารางที่ 4.12 จะพบว่า ผู้ทดสอบให้คะแนนส่วนใหญ่ไม่แตกต่างกันโดยจะอยู่ในช่วง 6.40-7.78 ในการเก็บที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส แต่เมื่อเก็บที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส กลับได้คะแนนลดลง อาจเนื่องมาจากเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางปฏิกิริยาเคมีซึ่งสัมพันธ์กันกับค่าความชื้นของผลิตภัณฑ์ที่เพิ่มขึ้นจึงทำให้ผงเกิดการเกาะติดกันได้มากขึ้นทำให้คะแนนด้านลักษณะปรากฏลดลง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 4.10 ค่าการยอมรับทางประสาทสัมผัสด้านสี ของผลิตภัณฑ์ระหว่างการเก็บรักษา

treatment		4°c			37°c		
	0week	4weeks	8weeks	12weeks	4weeks	8weeks	12weeks
Control	8.66 ± 0.48^{aA}	8.50 ± 0.65^{aAB}	8.46 ± 0.68^{aAB}	8.34 ± 0.63^{aBC}	8.16 ± 0.65^{aC}	8.14 ± 0.73^{aB}	7.66 ± 0.80^{aD}
F-Egg white	5.82 ± 1.24^{bA}	5.30 ± 1.40^{cAB}	4.50 ± 1.64^{cCD}	4.38 ± 2.08^{cCD}	4.96 ± 1.43^{bcBC}	4.22 ± 2.24^{cCD}	3.84 ± 2.21^{cD}
F-NaCN	6.24 ± 2.15^{bA}	6.00 ± 1.55^{bAB}	5.84 ± 1.64^{bAB}	5.40 ± 1.58^{bBC}	5.36 ± 1.56^{abBC}	5.04 ± 1.40^{bC}	4.88 ± 2.12^{bC}
F-Mix	5.02 ± 2.05^{cA}	5.00 ± 1.37^{bA}	4.88 ± 1.42^{cA}	4.82 ± 1.49^{bcA}	4.70 ± 1.40^{cA}	3.76 ± 1.55^{cB}	3.26 ± 2.08^{cB}

หมายเหตุ: 1. เปรียบเทียบค่าแถวตามแนวนอน อักษรตัวพิมพ์ใหญ่ที่แตกต่างกันแสดงถึงข้อมูลมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

2. เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยตามแนวตั้ง อักษรตัวพิมพ์เล็กที่แตกต่างกันแสดงถึงข้อมูลมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

- F-EW คือ ไข่ขาวที่ผ่านกระบวนการเกิดโฟม, F-NaCn คือ โซเดียมแคซิเนตที่ผ่าน กระบวนการเกิดโฟม, F-Mix คือ สารผสมไข่ขาว: โซเดียมแคซิเนตะ และโซเซล [1] ที่ผ่านกระบวนการเกิดโฟม

- คะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสด้านสี 1-3= เขียวออกเหลืองถึงเขียวขี้ม้า, 4-6=เขียวอ่อนถึงเขียวอ่อนปานกลาง, 7-9 = เขียวเข้มถึงเขียวเข้มมาก

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 4.11 ค่าการยอมรับทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่น ของผลิตภัณฑ์ระหว่างการเก็บรักษา

treatment		4°c			37°c		
	0week	4weeks	8weeks	12weeks	4weeks	8weeks	12weeks
Control	6.94 ± 2.20^{aA}	6.56 ± 0.95^{aA}	6.24 ± 1.15^{aA}	$5.20=1.40^{cB}$	$4.54=2.29^{cBC}$	$4.38=2.64^{bC}$	$3.20=1.83^{bD}$
F-Egg white	7.76 ± 1.02^{aA}	6.52 ± 1.37^{aA}	6.50 ± 1.42^{aA}	$5.56=1.51^{cC}$	$6.28=1.85^{aAB}$	5.68 ± 2.13^{aBC}	5.22 ± 1.80^{aC}
F-NaCN	6.80 ± 1.49^{aA}	6.56 ± 1.09^{aBC}	$6.54=1.31^{aBC}$	5.54 ± 2.30^{aBC}	5.88 ± 1.79^{abAB}	5.84 ± 1.93^{aABC}	5.12 ± 2.03^{aC}
F-Mix	6.30 ± 1.43^{aA}	6.22 ± 0.79^{aA}	5.44 ± 1.09^{bA}	4.96 ± 1.58^{cBC}	5.18 ± 1.86^{bABC}	5.00 ± 1.94^{bBC}	4.72 ± 1.96^{aC}

หมายเหตุ: 1. เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยตามแนวนอน อักษรตัวพิมพ์ใหญ่ที่แตกต่างกันแสดงถึงข้อมูลมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

2. เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยตามแนวตั้ง อักษรตัวพิมพ์เล็กที่แตกต่างกันแสดงถึงข้อมูลมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

- F-EW คือ ไข่ขาวที่ผ่านกระบวนการเกิดโฟม, F-NaCn คือ โซเดียมแคซีเนตที่ผ่าน กระบวนการเกิดโฟม, F-Mix คือ สารผสมไข่ขาว โซเดียมแคซีเนต เมทโธเซล ที่ผ่านกระบวนการเกิดโฟม

- คะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่น 1-3 – ไม่สามารถรับได้เลยถึงรับได้เล็กน้อย, 4-6–สามารถรับได้เล่นชัดถึงเล่นชัดเล็กน้อย, 7-9 –สามารถรับได้เล่นชัดถึงเล่นชัดมาก

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 4.12 ค่าการยอมรับทางประสาทสัมผัสด้านลักษณะปรากฏ ของผลิตภัณฑ์ระหว่างการเก็บรักษา

treatment		4°c			37°c		
	0week	4weeks	8weeks	12weeks	4weeks	8weeks	12weeks
Control	7.14 ± 0.70^{bA}	7.08 ± 1.18^{bA}	7.02 ± 1.36^{aA}	$6.98=1.36^{aA}$	$5.84=1.02^{bB}$	4.80 ± 2.02^{bC}	2.88 ± 1.84^{cD}
F-Egg white	$7.64+1.87^{abA}$	$7.38+1.64^{bA}$	$6.42+2.59^{bB}$	$6.40+1.47^{aB}$	$7.42+1.26^{aA}$	$7.08-0.94^{aAB}$	$6.94-1.43^{aAB}$
F-NaCN	$7.78+1.66^{aA}$	$7.56-0.99^{bBC}$	$6.84+1.49^{aC}$	$6.68+1.54^{aC}$	$7.06+1.53^{aBC}$	$6.60-1.75^{aC}$	$5.66+1.82^{bD}$
F-Mix	$7.74+1.06^{aA}$	$7.30-1.33^{aB}$	$6.84+1.64^{aB}$	$6.88+1.45^{aB}$	$7.02+1.19^{aB}$	$6.94-1.63^{aB}$	$5.20+1.40^{bC}$

หมายเหตุ: 1. เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยตามแนวนอน อักษรตัวพิมพ์ใหญ่ที่เหมือนกันแสดงถึงข้อมูลมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

2. เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยตามแนวตั้ง อักษรตัวพิมพ์เล็กที่แตกต่างกันแสดงถึงข้อมูลมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

- F-EW คือ ไข่ขาวที่ผ่านกระบวนการเกิดโฟม, F-NaCn คือ โซเดียมแคซีนตที่ผ่าน กระบวนการเกิดโฟม, F-Mix คือ สารผสมไข่ขาว โซเดียมแคซีนต เมทโธเซล ™ ที่ผ่านกระบวนการเกิดโฟม

- คะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสด้านลักษณะปรากฏ 1-3 – เกาะตัวกันเป็นก้อนถึงละเอียดปานกลาง, 4-6 – ละเอียดปานกลางถึงเกาะตัวกันเป็นก้อน, 7-9 – ละเอียดปาน กลางถึงละเอียดมาก

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 4.13 ค่าการยอมรับทางประสาทสัมผัสด้านความชอบโดยรวม ของผลิตภัณฑ์ระหว่างการเก็บรักษา

treatment		4°c			37°c		
	0week	4weeks	8weeks	12weeks	4weeks	8weeks	12weeks
Control	6.42±1.65^{bA}	6.22±0.97^{bA}	6.06±1.79^{bA}	6.02±071^{bA}	5.20±1.40^{bB}	4.08±2.07^{bB}	3.18±1.80^{cC}
F-Egg white	7.40±1.23^{aA}	7.06±1.11^{aA}	7.02±1.86^{aA}	6.84−1.61^{aA}	6.80±1.52^{aA}	6.68±2.00^{aA}	6.66±2.15^{aA}
F-NaCN	7.08±0.94^{aA}	6.96±1.60^{aA}	6.72±0.88^{aAB}	6.70 0.71^{aAB}	6.64±0.69^{aAB}	6.38 1.47^{aB}	6.40±1.47^{aB}
F-Mix	7.00±1.16^{aA}	6.88±1.17^{aA}	6.84±1.06^{aA}	6.76±1.25^{aA}	6.64±1.52^{aA}	6.50±1.15^{aA}	5.64±1.47^{aB}

หมายเหตุ: 1. เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยตามแนวนอน อักษรตัวพิมพ์ใหญ่ที่แตกต่างกันแสดงถึงข้อมูลมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

2. เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยตามแนวตั้ง อักษรตัวพิมพ์เล็กที่แตกต่างกันแสดงถึงข้อมูลมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

- F-EW คือ ไข่ขาวที่ผ่านกระบวนการเกิดโฟม, F-NaCn คือ โซเดียมแคซีเนตที่ผ่าน กระบวนการเกิดโฟม, F-Mix คือ สารผสมไข่ขาว: โซเดียมแคซีเนต: เมทโธเซล ™ ที่ผ่านกระบวนการเกิดโฟม

- คะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสด้านความชอบโดยรวม 1-3 – ไม่ชอบมากที่สุดถึงชอบปานกลาง, 4-6 – ไม่ชอบเล็กน้อยถึงชอบเล็กน้อย, 7-9 – ชอบปานกลางถึงชอบมากที่สุด

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ในการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านการยอมรับโดยรวม แสดงผลในตารางที่ 4.13 พบว่าอาทิตย์แรกจะมีการยอมรับสูงสุดโดยตัวอย่างที่ใช้ไข่ขาวเป็นสารก่อโฟมจะมีความชอบโดยรวมสูงที่สุดแต่ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับตัวอย่างที่ใช้โซเดียมแคซิเนต และสารผสมแต่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับตัวอย่างควบคุม และพบว่าตัวอย่างควบคุมมีความชอบโดยรวมลดลงเมื่อระยะเวลาในการจัดเก็บนานขึ้น และที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เมื่อระยะเวลาในการเก็บผ่านไป 12 อาทิตย์ค่าการยอมรับโดยรวมของตัวอย่างควบคุมมีค่าการยอมรับต่ำที่สุด อาจเนื่องมาจากตัวอย่างของผงใบเตยที่ไม่ใส่สารก่อโฟมจะมีสีคล้ำและเกาะตัวกันเป็นก้อนและกลิ่นของตัวอย่างลดลง จึงทำให้ผู้ประเมินได้กลิ่นลดลง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 4.14 ผลการทดสอบจุลินทรีย์ของผลิตภัณฑ์ระหว่างการเก็บรักษา

	การเก็บที่ 4 องศาเซลเซียส		การเก็บที่ 37 องศาเซลเซียส	
สัปดาห์	Total bacteria (cfu/g)	yeast and mold (cfu/g)	Total bacteria (cfu/g)	yeast and mold (cfu/g)
Control				
0	$1.5x10^1$	0	$1.5x10^1$	0
4	$3.2x10^1$	0	$4.0x10^1$	0
8	$6.7x10^1$	0	$1.0x10^2$	0
12	$2.1x10^2$	$1.5x10^1$	$2.3x10^2$	$2.3x10^1$
F-Egg white				
0	$2.8x10^1$	0	$2.8x10^1$	0
4	$1.6x10^2$	0	$1.0x10^2$	0
8	$3.0x10^2$	0	$4.8x10^2$	$1.8x10^1$
12	$4.9x10^2$	$2.1x10^1$	$5.3x10^2$	$2.2x10^2$
F-NaCn				
0	$2.1x10^1$	0	$2.1x10^1$	0
4	$6.0x10^1$	0	$8.4x10^1$	0
8	$1.0x10^2$	0	$2.0x10^2$	$1.1x10^1$
12	$3.5x10^2$	$1.6x10^1$	$3.9x10^2$	$2.0x10^2$
F-Mix				
0	$1.5x10^1$	0	$1.5x10^1$	0
4	$1.8x10^1$	0	$3.0x10^1$	0
8	$3.5x10^2$	0	$4.7x10^2$	$1.6x10^1$
12	$4.5x10^2$	$1.1x10^1$	$6.2x10^2$	$1.1x10^2$

หมายเหตุ F-EW คือ ไข่ขาวที่ผ่านกระบวนการเกิดโฟม, F-NaCn คือ โซเดียมแคซิเนตที่ผ่าน กระบวนการเกิดโฟม, F-Mix คือ สารผสมไข่ขาว: โซเดียมแคซิเนต: เมทโธเซล ™ ที่ ผ่านกระบวนการเกิดโฟม

ผลการวิเคราะห์ทางจุลินทรีย์ โดยทำการวิเคราะห์จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดและปริมาณยีสต์และรา พบว่า จุลินทรีย์ทั้งหมดมีค่าไม่เกิน 6.2×10^2 โคโลนีต่อกรัม เมื่อทำการเก็บรักษาที่ 4 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 12 สัปดาห์ ซึ่งเป็นไปตามมาตรฐานของผลิตภัณฑ์ชุมชนใบเตยผงสำเร็จรูป

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

(สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2550) โดยกำหนดให้จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดต้องน้อยกว่า 1×10^3 โคโลนีต่อกรัม และจากการวิเคราะห์ยีสต์และรา พบว่า ตามมาตรฐานของผลิตภัณฑ์ชุมชนอาหารผงสำเร็จรูปโดยกำหนดให้ว่าต้องตรวจไม่พบยีสต์และราในตัวอย่าง 1 กรัม จากผลการวิเคราะห์ พบว่าใน 8 สัปดาห์แรกตรวจไม่พบปริมาณยีสต์และราในตัวอย่าง แต่เมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้นเป็น 12 สัปดาห์ ผลการวิเคราะห์ยีสต์และรามีการเปลี่ยนแปลงจำนวนเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อย อาจเนื่องมาจากในระหว่างการอบแห้งอาจมีจุลินทรีย์บางส่วนลดจำนวนลง แต่อาจมีจุลินทรีย์บางส่วนสามารถมีชีวิตรอดอยู่ได้ ซึ่งจะขึ้นอยู่กับปัจจัยต่างๆ เช่น อุณหภูมิที่ใช้อบแห้ง ค่ากิจกรรมของน้ำในอาหารอบแห้ง ค่าความเป็นกรดด่าง ออกซิเจนและอื่นๆ ในการอบแห้งอาหาร ซึ่งไม่ว่าจะใช้กระบวนการทำแห้งวิธีใดก็ไม่สามารถทำลายจุลินทรีย์ได้อย่างสมบูรณ์ จึงมีบางส่วนมีชีวิตรอดอยู่ได้ ดังนั้นอาจมีการเจริญของจุลินทรีย์เกิดขึ้น (นิธิยา, 2543) จากจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดและจำนวนยีสต์และรา พบว่า สารสกัดจากใบเตยชนิดผงมีอายุการเก็บรักษา 2 เดือน ที่อุณหภูมิ 4±2 องศาเซลเซียส และที่เวลา 1 เดือนและที่อุณหภูมิ 37±2 องศาเซลเซียส อายุการเก็บรักษาคือ 1 เดือน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved