รายงานการวิจัย

โครงการวิจัยเสนอสถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (วว.)

เรื่อง

เทคโนโลยีบรรจุภัณฑ์เพื่อรักษาคุณภาพและยืดอายุการเก็บรักษาของชาเขียวใบหม่อน (เพื่อการส่งออก)

Packaging technology to preserve qualities and extend shelf life of mulberry leaf tea (for export)

ปีงบประมาณ 2550

ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร คณะวิทยาศาสตร์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สถาบันวิทยบริการ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

โดย

ผศ. ดร. อุบลรัตน์ สิริภัทราวรรณ

Prof.Dr. Bruce R Harte

รศ.ดร. สุวัสสา พงษ์อำไพ

รศ.ดร.สุภาภรณ์ ตั๊กกลาส

รายงานการวิจัย

โครงการวิจัยเสนอสถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (วว.)

เรื่อง

เทคโนโลยีบรรจุภัณฑ์เพื่อรักษาคุณภาพและยืดอายุการเก็บรักษาของชาเขียวใบหม่อน (เพื่อการส่งออก)

Packaging technology to preserve qualities and extend shelf life of mulberry leaf tea (for export)

ปีงบประมาณ 2550

ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร คณะวิทยาศาสตร์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

โดย

ผศ. ดร. อุบลรัตน์ สิริภัทราวรรณ

Prof.Dr. Bruce R Harte

รศ.ดร. สุวัสสา พงษ์อำไพ

รศ.ดร.สุภาภรณ์ ดั๊กกลาส

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

กิตติกรรมประกาศ

โครงการวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจาก ทุนงบประมาณแผ่นดิน ประจำปีงบประมาณ 2550 ผู้วิจัยขอขอบคุณ ศูนย์วิจัยหม่อนไหมเฉลิมพระเกียรติ กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ และ คุณชุติกาญจน์ แจ่มดาราศรี ศูนย์วิจัยหม่อนไหมเฉลิมพระเกียรติ จังหวัดนครราชสีมา ที่ให้ความร่วมมือและให้ข้อมูลที่เป็นประโยชน์ต่องานวิจัยนี้ ขอขอบคุณคณาจารย์ นิสิตผู้ช่วยวิจัย และเจ้าหน้าที่ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ศูนย์เครื่องมือวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้า ธนบุรี และ School of Packaging, Michigan State University

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อยืดอายุการเก็บรักษาของชาเขียวใบหม่อน (*Morus alba* Linn) โดยใช้ชนิดของบรรจุภัณฑ์และภาวะการบรรจุที่แตกต่างกัน ได้แก่ ถุงพลาสติก polypropylene และบรรจุภายใต้บรรยากาศปกติ (PP) ถุง nylon และบรรจุภายใต้บรรยากาศปกติ (PA) ถุง nylon และบรรจุภายใต้ภาวะสุญญากาศ (V-PA) ถุง aluminum และบรรจุภายใต้บรรยากาศปกติ (AL) และถุง aluminum บรรจุภายใต้ภาวะสุญญากาศ (V-AL) เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 70 % เป็นเวลา 12 เดือน ติดตามการเปลี่ยนแปลงของ ค่า water activity ค่าสี (L, a, b values และ ΔE), ปริมาณ total phenolic compounds, total flavonoids, catechin, rutin, quercetin และ kaemferol และประเมินผลทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ชาใบหม่อนทางด้าน สี และกลิ่น และน้ำชา ทางด้าน สี กลิ่น และรสชาติ ทุก 30 วัน พบว่าในระหว่างการเก็บรักษา ค่า water activity ของผลิตภัณฑ์มีค่าสูงขึ้นและปริมาณ total phenolic compounds, total flavonoids, catechin, rutin, quercetin และ kaemferol ลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) เมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น และพบว่าชนิดของบรรจุภัณฑ์และภาวะการบรรจุส่งผลต่อค่า water activity ค่าสี ปริมาณ total phenolic compounds ปริมาณ total flavonoids และคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ชาเขียวใบหม่อนอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) ผลิตภัณฑ์ที่เก็บรักษาในบรรจุภัณฑ์ AL มีความแตกต่างจากตัวอย่างเริ่มต้นน้อยกว่าผลิตภัณฑ์ที่บรรจุใน PA และ PP ตามลำดับ และการบรรจุภายใต้ภาวะสุญญากาศช่วยรักษาคุณภาพของผลิตภัณฑ์ได้ดีกว่าการบรรจุภายใต้บรรยากาศปกติ จากการวิเคราะห์ทางประสาทสัมผัสโดยผู้ทดสอบที่ผ่านการฝึกฝน และกำหนดให้ผลิตภัณฑ์ไม่เป็นที่ยอมรับเมื่อคะแนนมีค่าต่ำกว่า 5 คะแนน พบว่า ผลิตภัณฑ์ชาเขียวใบหม่อนที่เก็บรักษาใน PP, PA และ V-PA มีอายุการเก็บนาน 5, 7 และ 7 เดือน ตามลำดับ ส่วน AL มีอายุการเก็บนาน 10 เดือน ในขณะที่ผลิตภัณฑ์ใน V-AL มีอายุการเก็บนานถึง 12 เดือน จากผลการทดลองจึงสรุปได้ว่า ภาวะการบรรจุที่เหมาะสมสำหรับผลิตภัณฑ์ชาเขียวใบหม่อนเรียงลำดับจากมากที่สุดไปน้อยที่สุด คือ V-AL > AL > V-PA = PA > PP

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Abstract

The aim of this research is to prolong shelf-life of mulberry (*Morus alba* Linn) leaf tea packaged in different packaging materials and conditions. The mulberry leaf tea was packaged in polypropylene bag under atmospheric air (PP), nylon bag under atmospheric air (PA), nylon bag under vacuum condition (V-PA), aluminum bag under atmospheric air (AL) and aluminum bag under vacuum condition (V-AL) and stored at 30 $^{\circ}$C and 70% RH. Changes in water activity, colors (L, a, b values and ΔE), total phenolic compounds, total flavonoids, and sensory quality of the mulberry leaf (color and odor) and tea liquor (color, odor and flavor) were determined at 30 days interval. The results showed that packaging materials significantly affected ($p \leq 0.05$) water activity, colors, total phenolic compounds and total flavonoids of the product. The quality of mulberry tea decreased ($p \leq 0.05$) with storage period. AL could maintain quality of the product significantly better ($p \leq 0.05$) than PA and PP, respectively. Moreover, products packaged under vacuum condition had better quality than those under atmospheric air. The sensory quality of the product was also evaluated by ten trained panelists using scoring test, assuming that the products were rejected when the sensory score was lower than 5. It was found that mulberry leaf tea packaged in PP, PA, V-PA, and AL had shelf life of 5, 7, 7 and 10 months, respectively, while tea packaged in V-AL could be stored for up to 12 month.

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญเรื่อง

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	ii
บทคัดย่อไทย	iii
บทคัดย่ออังกฤษ	iv
สารบัญ	v
สารบัญตาราง	vi
สารบัญรูป	vii
คำอธิบายสัญญาลักษณ์และคำย่อที่ใช้ในการวิจัย	ix
บทนำ	1
วัตถุประสงค์	2
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
วารสารปริทัศน์	3
วิธีดำเนินงานวิจัย (Materials & Method)	12
ผลการทดลองและวิจารณ์ (Results and Discussion)	16
สรุปผลการทดลอง	36
ข้อเสนอแนะเกี่ยวกับการวิจัย	37
บรรณานุกรม	38
ภาคผนวก	42
ประวัตินักวิจัยและคณะ	50

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญตาราง

		หน้า
ตารางที่ 1	ปริมาณ polyphenols ในใบหม่อนอายุต่างๆ พันธุ์นครราชสีมา 60 ที่ปลูกโดยศูนย์วิจัยหม่อนไหมอุดรธานี	4
ตารางที่ 2	แร่ธาตุและวิตามิน ในชาเขียวที่ได้จากการผลิตในระดับอุตสาหกรรมและระดับครัวเรือน	7
ตารางที่ 3	กรดอะมิโนที่พบในชาใบหม่อนที่ได้จากการลิตในระดับอุตสาหกรรมและระดับครัวเรือน	8
ตารางที่ 4	คุณภาพเริ่มต้นของผลิตภัณฑ์ชาเขียวใบหม่อน	16
ตารางที่ 5	องค์ประกอบทางเคมีของผลิตภัณฑ์ชาเขียวใบหม่อน	16
ตารางที่ 6	ความหนา ค่าการซึมผ่านของความชื้น และก๊าซออกซิเจนของบรรจุภัณฑ์	18

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญรูปภาพ

		หน้า
รูปที่ 1	ใบหม่อน	3
รูปที่ 2	ผลิตภัณฑ์ชาใบหม่อนในรูปแบบ tea bag ที่จำหน่ายทางการค้าของประเทศไทย (a) และต่างประเทศ (b)	10
รูปที่ 3	ผลิตภัณฑ์ชาใบหม่อนในรูปแบบ loose tea ที่จำหน่ายทางการค้าของประเทศไทย (a) และต่างประเทศ (b)	11
รูปที่ 4	ผลิตภัณฑ์ชาเขียวใบหม่อน	17
รูปที่ 5	ผลิตภัณฑ์ชาเขียวใบหม่อนในบรรจุภัณฑ์ PP บรรจุที่บรรยากาศปกติ	19
รูปที่ 6	ผลิตภัณฑ์ชาเขียวใบหม่อนในบรรจุภัณฑ์ PA บรรจุที่บรรยากาศปกติ (a) และที่ภาวะสุญญากาศ (b)	20
รูปที่ 7	ผลิตภัณฑ์ชาเขียวใบหม่อนในบรรจุภัณฑ์ AL บรรจุที่บรรยากาศปกติ (a) และภาวะสุญญากาศ (b)	20
รูปที่ 8	ค่า water activity ของผลิตภัณฑ์ในบรรจุภัณฑ์ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 30°C ความชื้นสัมพัทธ์ 70 % เป็นเวลา 12 เดือน	21
รูปที่ 9	ปริมาณ total phenolic compounds ของผลิตภัณฑ์ชาเขียวใบหม่อนในบรรจุภัณฑ์ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 30°C ความชื้นสัมพัทธ์ 70 % เป็นเวลา 12 เดือน	23
รูปที่ 10	ปริมาณ total flavonoid (mg/ 100 g, wet basis) ของผลิตภัณฑ์ชาเขียวใบ หม่อนในบรรจุภัณฑ์ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 30°C ความชื้นสัมพัทธ์ 70 % เป็นเวลา 12 เดือน	24
รูปที่ 11	ค่าสี (L-value) ของผลิตภัณฑ์ชาเขียวใบหม่อนในบรรจุภัณฑ์ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 30°C ความชื้นสัมพัทธ์ 70 % เป็นเวลา 12 เดือน	25
รูปที่ 12	ค่าสี (a-value) ของผลิตภัณฑ์ชาเขียวใบหม่อนในบรรจุภัณฑ์ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 30°C ความชื้นสัมพัทธ์ 70 % เป็นเวลา 12 เดือน	26
รูปที่ 13	ค่าสี (b-value) ของผลิตภัณฑ์ชาเขียวใบหม่อนในบรรจุภัณฑ์ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 30°C ความชื้นสัมพัทธ์ 70 % เป็นเวลา 12 เดือน	26
รูปที่ 14	ค่าความแตกต่างของสี (ΔE) ของผลิตภัณฑ์ชาเขียวใบหม่อนในบรรจุภัณฑ์ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 30°C ความชื้นสัมพัทธ์ 70 % เป็นเวลา 12 เดือน	27

รูปที่ 15 ค่า ΔE ของผลิตภัณฑ์ชาเขียวใบหม่อนในบรรจุภัณฑ์ระหว่างการเก็บรักษา ที่อุณหภูมิ 30°C ความชื้นสัมพัทธ์ 70 % เป็นเวลา 12 เดือน 27
รูปที่ 16 ค่าสี (L-value) ของน้ำชาจากผลิตภัณฑ์ในบรรจุภัณฑ์ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 30°C ความชื้นสัมพัทธ์ 70 % เป็นเวลา 12 เดือน 28
รูปที่ 17 ค่าสี (a-value) ของน้ำชาจากผลิตภัณฑ์ในบรรจุภัณฑ์ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 30°C ความชื้นสัมพัทธ์ 70 % เป็นเวลา 12 เดือน 28
รูปที่ 18 ค่าสี (b-value) ของน้ำชาจากผลิตภัณฑ์ในบรรจุภัณฑ์ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 30°C ความชื้นสัมพัทธ์ 70 % เป็นเวลา 12 เดือน 29
รูปที่ 19 ค่า ΔE ของน้ำชาจากผลิตภัณฑ์ในบรรจุภัณฑ์ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 30°C ความชื้นสัมพัทธ์ 70 % เป็นเวลา 12 เดือน 29
รูปที่ 20 คะแนนด้านสีของชาเขียวใบหม่อนในบรรจุภัณฑ์ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 30°C ความชื้นสัมพัทธ์ 70 % เป็นเวลา 12 เดือน 31
รูปที่ 21 คะแนนด้านกลิ่นของชาเขียวใบหม่อนในบรรจุภัณฑ์ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 30°C ความชื้นสัมพัทธ์ 70 % เป็นเวลา 12 เดือน 32
รูปที่ 22 คะแนนด้านสีของน้ำชาจากชาเขียวใบหม่อนในบรรจุภัณฑ์ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 30°C ความชื้นสัมพัทธ์ 70 % เป็นเวลา 12 เดือน 32
รูปที่ 23 คะแนนด้านกลิ่นของน้ำชาจากชาเขียวใบหม่อนในบรรจุภัณฑ์ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 30°C ความชื้นสัมพัทธ์ 70 % เป็นเวลา 12 เดือน 33
รูปที่ 24 คะแนนด้านรสชาติของน้ำชาจากชาเขียวใบหม่อนในบรรจุภัณฑ์ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 30°C ความชื้นสัมพัทธ์ 70 % เป็นเวลา 12 เดือน 33
รูปที่ 25 กราฟมาตรฐานสำหรับหาปริมาณ total phenolic compounds 48
รูปที่ 26 กราฟมาตรฐานสำหรับหาปริมาณ total flavonoids 48
รูปที่ 27 HPLC chromatogram ของผลิตภัณฑ์เริ่มต้น 49
รูปที่ 28 HPLC chromatogram ของผลิตภัณฑ์ที่เก็บรักษาใน AL นาน 12 เดือน 49
รูปที่ 29 HPLC chromatogram ของผลิตภัณฑ์ที่เก็บรักษาใน V-ALนาน 12 เดือน 50
รูปที่ 30 HPLC chromatogram ของผลิตภัณฑ์ที่เก็บรักษาใน PA นาน 12 เดือน 50
รูปที่ 31 HPLC chromatogram ของผลิตภัณฑ์ที่เก็บรักษาใน V-PAนาน 12 เดือน 51
รูปที่ 32 HPLC chromatogram ของผลิตภัณฑ์ที่เก็บรักษาใน PP นาน 12 เดือน 51

คำอธิบายสัญญาลักษณ์และคำย่อที่ใช้ในการวิจัย

PP	ถุง polypropylene
PA	ถุง nylon
AL	ถุง aluminium
V-PP	ถุง polypropylene และบรรจุภายใต้ภาวะสุญญากาศ
V-PA	ถุง nylon และบรรจุภายใต้ภาวะสุญญากาศ
V-AL	ถุง aluminium และบรรจุภายใต้ภาวะสุญญากาศ
WVTR	อัตราการซึมผ่านของไอน้ำ
OTR	อัตราการซึมผ่านของก๊าซออกซิเจน
TR	ค่าการซึมผ่านของก๊าซหรือไอน้ำ
Δw	ปริมาณก๊าซหรือไอน้ำที่ซึมผ่านฟิล์ม
A	พื้นที่ของแผ่นฟิล์ม
Δt	เวลา
ΔE	ค่าความแตกต่างของสี

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทนำ

อุตสาหกรรมอาหารเป็นอุตสาหกรรมหลักที่เป็นรากฐานทางเศรษฐกิจของประเทศไทยในการนำรายได้เข้าประเทศ ทั้งจากการส่งออกและทำให้เกิดการจ้างแรงงานในประเทศ หนึ่งในหลายปัจจัยที่สำคัญอย่างยิ่งในการเพิ่มศักยภาพของอุตสาหกรรมอาหารเพื่อการส่งออก และการทำให้มูลค่าของสินค้าส่งออกเพิ่มขึ้นได้ คือ การพัฒนาและปรับปรุงบรรจุภัณฑ์ที่เหมาะสมและมีประสิทธิภาพสามารถรักษาคุณภาพที่ดีของอาหารให้ตรงกับความต้องการของตลาด

หม่อน (*Morus alba* Linn) เป็นพืชในตระกูล Moraceae ในประเทศไทยมีการปลูกหม่อนมากทางภาคเหนือและภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ใบหม่อนสามารถนำมาผลิตเป็นชาที่มีรสชาติเฉพาะตัว มีรสฝาดน้อยกว่าชาที่ทำจากใบชาอื่นๆ เมื่อนำมาทำเป็นชาเขียวจะให้น้ำชาที่มีสีเขียวอ่อน ถ้านำมาทำเป็นชาจีนจะให้น้ำชาสีน้ำตาลอ่อน และถ้าทำเป็นชาฝรั่งจะให้น้ำชาสีน้ำตาลเข้ม ผลิตภัณฑ์ชาใบหม่อนนอกจากเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีรสชาติดีแล้ว ยังประกอบด้วยสารสำคัญต่างๆ มากมาย ได้แก่ สารต้านการเกิดออกซิเดชัน กรดอะมิโนและแร่ธาตุต่างๆ หลายชนิด สารสำคัญที่มีฤทธิ์ต้านการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน เช่น flavonoids ได้แก่ quercetin, rutin และ kaempferol (Katsube, 2006) flavonoids มีผลต่อสุขภาพของมนุษย์ และมีผลยับยั้งการเกิดมะเร็ง (Havsteen, 2002) นอกจากนี้ยังมี gamma-aminobutyric acid (GABA) ซึ่งมีผลช่วยลดความดันโลหิต หม่อนจึงเป็นสมุนไพรที่มีศักยภาพในการนำมาพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์อาหาร หรือ เครื่องดื่มเพื่อสุขภาพ นอกเหนือจากการใช้เป็นอาหารของหนอนไหมเพียงอย่างเดียว (เอมอร โสมนะพันธุ์, 2543)

ในปัจจุบันประชาชนมีความนิยมในการบริโภคชาหรือชาเขียวกันมากขึ้น เนื่องจากกระแสความตื่นตัวในการบริโภคเครื่องดื่มสมุนไพรและเครื่องดื่มเพื่อสุขภาพ (หนังสือพิมพ์บิสิเนสไทย, 2546) ชาใบหม่อนได้ผ่านการตรวจสอบคุณลักษณะที่ต้องการของชาแล้วจากมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมชาใบ (มอก. 460-2526) ใบหม่อนจึงสามารถนำมาทำเป็นเครื่องดื่มประเภทชาได้ และในกระแสการบริโภคชาเขียวและเครื่องดื่มเพื่อสุขภาพที่สูงอยู่ในขณะนี้ ใบหม่อนของประเทศไทยจึงเป็นพืชที่มีศักยภาพในการนำมาพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์เพื่อสุขภาพทั้งในประเทศและส่งเสริมให้เกิดการส่งออกไปต่างประเทศ อย่างไรก็ตามผลิตภัณฑ์ชาเขียวใบหม่อนของไทยยังอยู่ในรูปแบบของผลิตภัณฑ์พื้นบ้าน รูปแบบบรรจุภัณฑ์ยังไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคมากนัก อีกทั้งมีอายุการเก็บที่สั้น ดังนั้นหากมีการพัฒนาให้สามารถเก็บรักษาคุณภาพด้านกลิ่นรส และคุณสมบัติในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระได้นานขึ้น โดยเลือกใช้บรรจุภัณฑ์ที่เหมาะกับการวางจำหน่ายทั้งในประเทศและตลาดต่างประเทศ อาจช่วยให้ชาเขียวใบหม่อนซึ่งมีแหล่งวัตถุดิบภายในประเทศเองได้รับความนิยมมากขึ้นได้ ซึ่งจะส่งผลดีต่อเกษตรกรผู้ปลูกใบหม่อนให้มีรายได้เพิ่มขึ้น และยังเป็น

การพัฒนาผลิตภัณฑ์เพื่อเพิ่มมูลค่าจากผลิตผลทางการเกษตรของไทยได้อีกทางหนึ่งด้วย ทำให้สามารถขยายโอกาสทางการค้าของสินค้าไทยไปยังต่างประเทศ

โครงการนี้จึงศึกษาการรักษาคุณภาพทั้งทางด้านกายภาพ เคมี และทางประสาทสัมผัส และยืดอายุการเก็บรักษาของชาเขียวใบหม่อนโดยใช้ชนิดของบรรจุภัณฑ์และภาวะการบรรจุที่เหมาะสม และเนื่องจากในใบหม่อนมีสารที่สำคัญต่างๆ เช่น polyphenolic compounds และ total flavonoids ในโครงการนี้จึงศึกษาผลของการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ในบรรจุภัณฑ์ชนิดต่างๆ ต่อปริมาณของสาร polyphenolic compounds และ total flavonoids อีกด้วย เพื่อสามารถพัฒนาให้เป็นผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพและมาตรฐานระดับสากลมีอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์นานขึ้น จนสามารถผลิตเป็นสินค้าส่งออกและนำรายได้เข้าประเทศ

วัตถุประสงค์

วัตถุประสงค์หลักของงานวิจัยนี้ คือ เพื่อรักษาคุณภาพและยืดอายุการเก็บรักษาของชาเขียวใบหม่อน โดยใช้ชนิดของบรรจุภัณฑ์และภาวะการบรรจุที่เหมาะสม เพื่อสามารถผลิตเป็นสินค้าส่งออกที่มีคุณภาพระดับสากลมีอายุการเก็บที่เหมาะสม วัตถุประสงค์ย่อย ได้แก่

1. เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ และทางประสาทสัมผัส รวมทั้งปริมาณ total phenolic compounds และ flavonoids ของผลิตภัณฑ์ชาเขียวใบหม่อนในระหว่างเก็บรักษา

2. เพื่อศึกษาผลของชนิดบรรจุภัณฑ์และภาวะการบรรจุต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ชาเขียวใบหม่อนในระหว่างการเก็บรักษา

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ส่งเสริมให้มีการใช้ใบหม่อนซึ่งมีแหล่งวัตถุดิบภายในประเทศมาแปรรูปให้เป็นผลิตภัณฑ์ที่มีประโยชน์ เป็นการเพิ่มมูลค่าผลิตผลทางการเกษตรของประเทศไทย

2. สามารถยืดอายุการเก็บของผลิตภัณฑ์ชาเขียวใบหม่อนได้นานขึ้นซึ่งส่งผลให้เป็นผลิตภัณฑ์เพื่อการส่งออกได้

3. เป็นเอกสารทางวิชาการที่ใช้เป็นแนวทาง ในการศึกษาค้นคว้าสำหรับผู้ประกอบการอุตสาหกรรมขนาดกลาง และขนาดย่อม (SME) ต่อไป

4. ผลิตบุคลากรที่มีความรู้ความสามารถเกี่ยวกับการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์และบรรจุภัณฑ์

วารสารปริทัศน์

1. ใบหม่อน

หม่อน (*Morus alba* Linn) เป็นพืชในตระกูล Moraceae ประเทศไทยมีการปลูกหม่อนมากทางภาคเหนือและภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ใบหม่อน (รูปที่ 1) สามารถนำมาผลิตเป็นชาที่มีรสชาติเฉพาะตัว มีรสฝาดน้อยกว่าชาที่ทำจากใบชาอื่นๆ มีสมบัติในการลดความดันโลหิต นอกจากนี้ยังพบสารไฟโตสเตอรอล (phytosterol) ที่มีประสิทธิภาพในการลดระดับคอเลสเตอรอล และ DNJ(1-deoxynojirimycin) ซึ่งมีผลลดระดับน้ำตาลในเลือด ของสัตว์ทดลอง เช่น หนูและกระต่าย (Tsushida et al.,1987) อย่างไรก็ตามแม้ว่ายังไม่มีการทดลองทางด้านการแพทย์ต่อมนุษย์อย่างจริงจัง แต่มีการใช้ใบหม่อน เปลือก และกิ่งมานานแล้วในยาจีนสำหรับรักษาไข้, รักษาตับ, ทำให้สายตาดีขึ้น, ทำให้ข้อต่อของกระดูกแข็งแรง, ขับปัสสาวะ และลดความดันโลหิต (วิโรจน์ แก้วเรือง และคณะ, 2543)

ใบหม่อนประกอบไปด้วยสารอาหารหลายชนิดเป็นอาหารที่ดีที่สุดของหนอนไหมและใช้ในยาจีนรักษาภาวะน้ำตาลในเลือดสูง และป้องกันโรคเบาหวาน (Asano et al., 2001) Bose (1989) รายงานว่าใบหม่อนประกอบด้วย proteins, carbohydrates, calcium, iron, ascorbic acid, β-carotene, vitamin B-1, folic acid และ vitamin D วิโรจน์ แก้วเรือง (2540) และ วุฒิ วุฒิธรรมเวช (2540) ได้รายงานสรรพคุณพื้นบ้านของหม่อนไว้ว่า มีสรรพคุณแก้เจ็บคอ แก้ไข้ ตัวร้อน แก้ร้อนในกระหายน้ำ แก้ไอ ช่วยบำรุงไต รักษาโรคไขข้อ บำรุงหัวใจ และบำรุงผมให้ดกดำ นอกจากนี้ยังใช้รักษาอาหารปวดมือ เท้าเป็นตะคริว เหน็บชา

รูปที่ 1 ใบหม่อน

2. สารประกอบโพลีฟีนอล (polyphenolic compounds) ในใบหม่อน

polyphenolic compounds ในใบหม่อนส่วนใหญ่นั้นเป็นสารในกลุ่ม flavanols, flavonols, flavonol glycosides และ leucoanthocyanins ซึ่งมีบทบาทในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ (antioxidant) (Lee et al., 2000) รัตติยา สำราญกุล (2544) พบว่าใบหม่อนพันธุ์นครราชสีมา 60 มีปริมาณ polyphenolic compounds ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ปริมาณ polyphenols ในใบหม่อนอายุต่างๆ พันธุ์นครราชสีมา 60 ที่ปลูกโดยศูนย์วิจัยหม่อนไหมอุดรธานี

ใบหม่อน	ปริมาณ polyphenolic compound โดยรวม (mg/100 g sample, dry basis)
ยอดใบ	4149.22 ± 64.34
ใบอ่อน	2018.47 ± 109.23
ใบแก่	2707.05 ± 132.36

ที่มา: รัตติยา สำราญกุล (2544)

จากการศึกษาทางระบาดวิทยาในหนูทดลองพบว่า การบริโภคอาหารและเครื่องดื่มที่มี polyphenolic compound ในปริมาณสูงช่วยป้องกันโรคหัวใจและหลอดเลือด โรคมะเร็งตับอ่อน และเนื้องอกที่ลำไส้ใหญ่ นอกจากนี้การดื่มชาเป็นประจำช่วยป้องกันโรคหัวใจและหลอดเลือด ลดความเสี่ยงในการเกิดมะเร็งกระเพาะอาหาร มะเร็งหลอดอาหาร และมะเร็งในปอด (Yong et al.,1992)

polyphenolic compounds มีสมบัติเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ (antioxidant) ที่สามารถยับยั้งการเกิด hydroxyl radical, peroxyl radical, superoxide radical (Blois, 1958) และ 1,1-diphenyl-2-picryl-hydrazyl (DPPH) radical (Chan et al., 2007; Lin and Tang, 2007) Katsube et al. (2006) รายงานว่าสารต้านอนุมูลอิสระที่พบในใบหม่อนได้แก่ quercetin rutinoside (rutin), quercetin 3-glucoside (isoquercitrin) และ quercetin 3-(6-malonylglucoside) Zhishen, Mengcheng and Jianming (1999) รายงานว่าพบ rutin, quercetin, isoquercetin และ flavonoids อื่นๆ ในใบหม่อน flavoniods มีคุณสมบัติในการจับ O_2^- และ –OH โดย single electron transfer ด้วยวิธีการ electron spin resonance (ESR) (Chen et al., 1989; Dan et al., 1989)

นอกจาก antioxidant ที่พบในหม่อนแล้วยังมีสารอื่นๆ ที่สำคัญและเป็นประโยชน์เช่น GABA ซึ่งพบประมาณ 24 mg/100 g sample, dry basis สารนี้มีสมบัติในการลดความดันโลหิต(Chen et al.,1995) และ DNJ (1-deoxynojirimycin) ซึ่งพบประมาณ 4000 ppm (Kim et al, 2003) สารนี้มีผลลดระดับน้ำตาลในเลือด ของสัตว์ทดลอง เช่น หนูและกระต่าย ในห้องปฏิบัติการ (Tsushida et al., 1987) แม้จะยังไม่มีการทดลองทางด้านการแพทย์ต่อมนุษย์อย่างจริงจัง แต่ตำราสมุนไพรจีนก็มีการกล่าวถึงการใช้ใบหม่อน 30 กรัม ผสมกับดอกเก็กฮวย 10 กรัม ต้มดื่มแก้ความดันโลหิตสูง หรือใช้ใบหม่อน 30 กรัมคั่วแล้วเติมน้ำเดือดดื่มเป็นประจำเหมือนน้ำชาแก้เหงื่อออกตอนหลับเป็นต้น (วิโรจน์ แก้วเรือง, 2540) ปัจจุบันประเทศไทยมีการผลิตชาจากใบหม่อนมากขึ้น และสถาบันวิจัยหม่อนไหม กรมวิชาการเกษตร ได้ดำเนินการค้นคว้าวิจัยด้านเทคโนโลยีการแปรรูปผลิตภัณฑ์จากหม่อนในหลายรูปแบบ (สถาบันวิจัยหม่อนไหม, 2541)

3. แร่ธาตุ วิตามิน และกรดอะมิโนในชาใบหม่อน

ชาที่ทำจากใบหม่อนมีแร่ธาตุที่มีประโยชน์ต่อร่างการหลายชนิด ดังแสดงในตารางที่ 2 เช่น แคลเซียม โพแทสเซียม โซเดียมและแมกนีเซียม เป็นต้น ในชาใบหม่อนทั้งชาเขียว ชาฝรั่ง และชาจีนที่ผ่านกระบวนการทำชาแบบครัวเรือนมีปริมาณแคลเซียมใกล้เคียงกันเฉลี่ย 2,461 mg/100 g sample, dry basis โพแทสเซียม มีหน้าที่ควบคุมความสมดุลของน้ำภายในเซลล์ของร่างกาย ในชาใบหม่อนมีโพแทสเซียมมากกว่า 2,000 mg/100 g sample, dry basis โซเดียม มีหน้าที่ควบคุมภาวะสมดุลของกรด ด่าง และปริมาณน้ำในของเหลว พบในชาในปริมาณโดยเฉลี่ย 59 mg/100 g sample, dry basis นอกจากนี้ชาใบหม่อนยังมีแร่ธาตุที่จำเป็นต่อร่างกายแต่ร่างกายต้องการในปริมาณน้อยเช่น ธาตุเหล็ก และสังกะสี ในชาใบหม่อนพบธาตุเหล็กประมาณ 20.2 mg/100 g sample, dry basis ในชาใบหม่อนพบสังกะสีเฉลี่ย 2 mg/100 g sample, dry basis (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2532; ประทีป มีศิลป์ และคณะ, 2528; วิโรจน์ แก้วเรือง และคณะ, 2540)

วิตามินส่วนใหญ่ที่พบในใบหม่อนได้แก่ วิตามินเอ บี 1,บี 2 และวิตามินซี ในใบหม่อนมีวิตามินเอประมาณ 29.5 IU/100 g sample, dry basis พบวิตามินบี 1ในชาใบหม่อนโดย เฉลี่ย 1.2 mg/1 kg sample, dry basis และพบวิตามินบี 2 ประมาณ 4.5 มิลลิกรัม mg/1 kg sample, dry basis (ประทีป มีศิลป์ และคณะ, 2528; วิโรจน์ แก้วเรือง, 2543)

จากการตรวจสอบปริมาณกรดอะมิโนจากสถาบันอาหารและสถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย ดังแสดงในตารางที่ 3 พบว่า ในชาใบหม่อนมีกรดอะมิโนจำนวน 18 ชนิด จากกรดอะมิโนที่มีอยู่ทั้งหมด 22 ชนิด สำหรับกรดอะมิโนที่จำเป็นสำหรับร่างกายทั้งหมด 10

ชนิด คือ ไอโซลูลีน (isoleucine), ลูซีน (leucine), เมไธโอนีน (methionine), ซีสตีน (cystine), ฟีนิลอะลานิน (phenylalanine), ไธโรซีน(tyrosine), ธรีโอนีน (threonine) วาลีน (valine), ทริพโตเฟน (tryptophan) และ ไลซีน (lysine) พบในชาใบหม่อนโดยเฉลี่ย 823, 1,644, 167, 58, 1,028, 608, 871, 170, 1,094 และ 1,050 mg/100 g sample, dry basis ตามลำดับ นอกจากนี้ ยังพบกรดอะมิโน อาร์จีนีน (arginine) และฮีสติดีน (histidine) ในปริมาณ 1,034 และ 436 mg/100 g sample, dry basis ตามลำดับ (สถาบันวิจัยหม่อนไหม, 2541)

กระบวนการผลิตชาใบหม่อนส่งผลต่อปริมาณแร่ธาตุและกรดอะมิโนในผลิตภัณฑ์ พบว่าปริมาณกรดอะมิโนของผลิตภัณฑ์ชาใบหม่อนที่ผลิตในระดับอุตสาหกรรมมีปริมาณต่ำกว่าผลิตภัณฑ์ที่ผลิตในระดับครัวเรือน ส่วนแร่ธาตุของผลิตภัณฑ์ชาใบหม่อนในระดับอุตสาหกรรมและระดับครัวเรือนมีความแตกต่างกันเพียงเล็กน้อยเท่านั้น (สัณห์ ละอองศรี, 2535; วิโรจน์ แก้วเรือง, 2543)

ตารางที่ 2 แร่ธาตุและวิตามิน ในชาเขียวที่ได้จากการผลิตในระดับอุตสาหกรรมและระดับครัวเรือน

แร่ธาตุ (mg/100 g sample, dry basis)	ชาเขียวผลิตในระดับอุตสาหกรรม	ชาเขียวผลิตในระดับครัวเรือน
แคลเซียม	ND	2,639
โปแตสเซียม	2,580	1,573
โซเดียม	84	51
แมกนีเซียม	388	424
เหล็ก	30	13
สังกะสี	3	2
วิตามินเอ (IU/100 g sample, dry basis)	26.1	24.5
วิตามินบี 1 (mg/1 kg sample, dry basis)	<0.8	<0.6
วิตามินบี 2 (mg/1 kg sample, dry basis)	4.6	5.2
วิตามินซี (mg/1 kg sample, dry basis)	17.79	7.56

ND = ไม่มีข้อมูล

ที่มา : กรมส่งเสริมการเกษตร (2532); ประทีป มีศิลป์ และคณะ (2528)

ตารางที่ 3 กรดอะมิโนที่พบในชาเขียวที่ได้จากการผลิตในระดับอุตสาหกรรม และระดับครัวเรือน

กรดอะมิโน (mg/100 g sample, dry basis)	ชาเขียวผลิตในระดับอุตสาหกรรม	ชาเขียวผลิตในระดับครัวเรือน
1. Arginine	808.97	1,318.55
2. Histidine	381.88	511.1
3. Isoleucine	693.98	970.27
4. Leucine	1,323.56	2,036.09
5. Methionine	172.06	180.48
6. Cystine	28.68	96.34
7. Phenylalanine	805.6	1,309.43
8. Tyrosine	430.24	781.61
9. Threonine	688.54	1,061.00
10. Trptophan	189.85	159.04
11. Lysine	858.15	1,374.67
12. Valine	891.89	1,229.98
13. Alanine	934.5	1,400.62
14. Glycine	842.51	1,262.10
15. Aspartic acid	1,681.98	2,201.74
16. Glutamic acid	2,078.05	2,843.41
17. Proline	715.39	1,162.87
18. Serine	670.28	1,059.63

ที่มา : กรมส่งเสริมการเกษตร (2532); ประทีป มีศิลป์ และคณะ (2528)

4. **ผลิตภัณฑ์ชาใบหม่อนในบรรจุภัณฑ์รูปแบบต่าง ๆ ที่จำหน่ายทางการค้า** (Commercial mulberry leaf tea)

ผลิตภัณฑ์ชาใบหม่อนที่จำหน่ายทางค้า แบ่งได้เป็นแบบถุงชง (tea bag) และแบบใบชา (loose tea) รูปที่ 2 แสดงผลิตภัณฑ์ชาใบหม่อน tea bag ที่จำหน่ายทางการค้าซึ่งมักบรรจุในกล่องกระดาษแข็ง หรืออาจบรรจุถุงชาลงในถุงพลาสติกชนิด polyethylene (PE) แบบซิปล็อคก่อนบรรจุในกล่องกระดาษอีกทีหนึ่ง รูปที่ 3 แสดงผลิตภัณฑ์ชาใบหม่อน loose tea ที่จำหน่ายทางการค้าบรรจุในถุงพลาสติก มักใช้ถุงพลาติก PP หรือ PE ซึ่งเป็นบรรจุภัณฑ์ที่ใช้บรรจุผลิตภัณฑ์ชาใบหม่อนที่ขายทั่วไปในรูปแบบของผลิตภัณฑ์สินค้า OTOP และ SME (รูปที่ 3a) หรืออาจบรรจุในบรรจุ ภัณฑ์กระดาษขึ้นรูป (รูปที่ 3b)

ระหว่างการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์อาหารมีการเปลี่ยนแปลงทั้งทางเคมี กายภาพ ชีวภาพ และคุณภาพทางประสาทสัมผัส การเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ ได้แก่ ชามีความชื้นหรือ a_w เพิ่มขึ้น สีของใบชาเปลี่ยนจากสีเขียวเข้มเป็นสีน้ำตาล สีของน้ำชา (tea liquor) เปลี่ยนจากสีเขียวเป็นสีน้ำตาลเหลือง การเปลี่ยนแปลงทางชีวภาพ ได้แก่ มีการเจริญของจุลินทรีย์โดยเฉพาะเชื้อราเมื่อมีการเก็บรักษาไว้ที่ความชื้นสัมพัทธ์สูง การเปลี่ยนแปลงทางประสาทสัมผัส ได้แก่ กลิ่นและรสชาติเฉพาะของผลิตภัณฑ์ มักมีการเปลี่ยนแปลงในระหว่างการเก็บรักษา โดยมีกลิ่นหอมของชาลดลง และรสฝาดและรสขมมักเปลี่ยนแปลงไปเช่นกัน (Bailey, 1992) ดังนั้นการเลือกบรรจุภัณฑ์ที่เหมาะสมจึงส่งผลต่อคุณภาพและอายุการเก็บของผลิตภัณฑ์อาหาร

บรรจุภัณฑ์อาหารมีบทบาทสำคัญที่จะช่วยรักษาคุณภาพอาหารภายหลังผ่านกระบวนการผลิต ซึ่งอาจเปลี่ยนแปลงไปได้โดยปัจจัยจากตัวอาหารเอง เช่น คุณภาพเริ่มต้นของผลิตภัณฑ์อาหาร จากสิ่งแวดล้อม เช่น ก๊าซออกซิเจน ความชื้น อุณหภูมิ และแสง รวมทั้งจากบรรจุภัณฑ์ที่ใช้ หน้าที่หลักของบรรจุภัณฑ์อาหารคือ การยืดอายุการเก็บของอาหารให้ยาวนานขึ้น และสามารถรักษาคุณภาพของอาหาร รวมถึงคุณค่าทางโภชนาการให้คงอยู่ หรือเปลี่ยนแปลงน้อยที่สุด พร้อมทั้งสามารถดึงดูดความสนใจจากผู้บริโภคได้ การเลือกใช้บรรจุภัณฑ์ให้เหมาะสมกับประเภทอาหารได้นั้น สิ่งที่ต้องพิจารณาคือ คุณลักษณะของตัวผลิตภัณฑ์อาหารนั้น รูปแบบของบรรจุภัณฑ์พร้อมกับคำนึงถึงต้นทุนที่เหมาะสม และต้องสามารถรักษาคุณภาพของอาหารได้ตามอายุการเก็บ (shelf life) ที่ต้องการ

(a)

(b)

รูปที่ 2 ผลิตภัณฑ์ชาใบหม่อนในรูปแบบ tea bag ที่จำหน่ายทางการค้าของประเทศไทย (a) และของต่างประเทศ (b)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 3 ผลิตภัณฑ์ชาใบหม่อนในรูปแบบ loose tea ที่จำหน่ายทางการค้าที่จำหน่ายทางการค้าของประเทศไทย (a) และของต่างประเทศ (b)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิธีดำเนินงานวิจัย (Materials & Method)

1. การเตรียมผลิตภัณฑ์ชาเขียวใบหม่อน

วัตถุดิบที่ใช้เป็นผลิตภัณฑ์ชาเขียวในการทดลองเป็นใบหม่อน (*Morus alba* Linn) พันธุ์บุรีรัมย์ 60 ที่ได้จากศูนย์วิจัยหม่อนไหมเฉลิมพระเกียรติ กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ จากจังหวัดนครราชสีมา การทำผลิตภัณฑ์ชาเขียวใบหม่อนทำโดยคัดเลือกเฉพาะใบที่มีคุณภาพดีและกำจัดใบที่มีสีผิดปกติหรือเป็นโรคและสิ่งปลอมปนต่างๆ ออก หั่นใบหม่อนให้มีขนาดประมาณ 1.0 x 4.0 เซนติเมตร ลวกด้วยน้ำร้อนที่อุณหภูมิประมาณ 95 องศาเซลเซียส แล้วจุ่มลงในน้ำเย็นทันที จากนั้นผึ่งให้แห้งหมาดๆ แล้วนำอบในตู้อบลมร้อนที่ 80 องศาเซลเซียส จนกระทั่งได้ผลิตภัณฑ์ชาเขียวใบหม่อนที่มีความชื้นตามที่กำหนดไว้ ทิ้งให้เย็นแล้วเก็บใส่ถุงพลาสติกปิดปากถุงให้สนิทก่อนขนส่งมายังภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

นำผลิตภัณฑ์ที่ได้มาวิเคราะห์ปริมาณความชื้น ปริมาณโปรตีนด้วยวิธี Kjeldahl Method ปริมาณไขมันด้วยวิธี Soxhlet apparatus ปริมาณเส้นใย เถ้า และปริมาณคาร์โบไฮเดรต ตามวิธีของ A.O.A.C. (1995) วิเคราะห์ปริมาณความชื้นและค่า water activity ด้วยเครื่องวัดค่า water activity (Aqua Lab รุ่น series 3TE, U.S.A.) สารเคมีและอุปกรณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์แสดงไว้ในภาคผนวก ก ส่วน วิธีวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีแสดงไว้ในภาคผนวก ข

2. การศึกษาคุณสมบัติของบรรจุภัณฑ์

บรรจุภัณฑ์ที่ใช้ในการทดลองคือ ได้แก่ polypropylene (PP), ฟิล์มแบบผสมระหว่าง nylon (หรือ polyamide) และ linear low density polyethylene (LLDPE) ใช้อักษรย่อเป็น PA และฟิล์มแบบผสมระหว่าง aluminium และ linear low density polyethylene ใช้อักษรย่อเป็น AL ทำให้เป็นถุงขนาด 100 x 120 mm^2 วัดความหนาของถุงโดยใช้ digital micrometer (Mitutoyo Absolute, Tester Sangyo Co., Ltd., Tokyo, Japan) วัดค่าการซึมผ่านของก๊าซและไอน้ำตามวิธีมาตรฐานของ ASTM standard test method (ASTM, 2003) แล้วคำนวณอัตราการซึมผ่าน (transmission rate, TR) ของก๊าซหรือไอน้ำ โดยใช้สมการที่ 1

$$TR = \frac{\Delta w}{A\Delta t} \qquad (1)$$

กำหนดให้ TR คือ อัตราการซึมผ่านของก๊าซหรือไอน้ำ, Δw คือปริมาณก๊าซหรือไอน้ำที่ซึมผ่านฟิล์ม, A คือพื้นที่ของแผ่นฟิล์มที่ใช้ในการทดสอบ และ Δt คือเวลาที่ใช้ในการทดสอบ

3. การเตรียมผลิตภัณฑ์ชาเขียวใบหม่อนในบรรจุภัณฑ์ชนิดต่างๆ

บรรจุผลิตภัณฑ์หนัก 30 กรัมในบรรจุภัณฑ์ทั้ง 3 ชนิด คือ PP, PA และ AL ภายใต้บรรยากาศปกติ (atmospheric air) โดยใช้ heat sealer และบรรจุชาเขียวใบหม่อนในบรรจุภัณฑ์ PA และ AL ภายใต้ภาวะสุญญากาศ (vacuum condition) ปิดผนึกโดยใช้เครื่องปิดภาชนะแบบสุญญากาศ (WEBOMATIC, Germany) โดยใช้ตัวอักษรย่อ PP, PA และ AL แทน การบรรจุชาเขียวใบหม่อนในบรรจุภัณฑ์ PP, PA และ AL ภายใต้บรรยากาศปกติ ตามลำดับ และ V-PA และ V-AL แทนการบรรจุชาเขียวใบหม่อนในบรรจุภัณฑ์ PA และ AL ภายใต้ภาวะสุญญากาศ ตามลำดับ เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 30 ± 2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 70 % ศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ทุก 1 เดือนโดยวิธีทางกายภาพ เคมี และการประเมินทางประสาทสัมผัส

4. การวัดค่า water activity

วัดค่า water activity โดยใช้เครื่องวัด water activity (Aqua Lab รุ่น series 3TE, U.S.A.)

5. การวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบโพลิฟีนอลิกทั้งหมด (total phenolic compounds)

เตรียมสารสกัดจากชาเขียวใบหม่อนเพื่อใช้ในการวิเคราะห์ทางเคมี ตามวิธีของ Chan และคณะ (2007) การวิเคราะห์ปริมาณ total phenolic compounds ทำโดยใช้หลักการวัดการเกิดสีของ total phenolic compounds โดยรวมกับสาร Folin Ciocalteau reagent วัดค่าดูดกลืนแสงของสารสะลายที่ได้ที่ความยาวคลื่น 765 nm ด้วยเครื่อง Spectrophotometer (Spectronic 20, Thermo Electron Scientific Instruments LLC, Madison, WI, USA) ใช้น้ำกลั่นเป็น blank ทดลอง 3 ซ้ำ ผลที่ได้แสดงค่าเป็น gallic acid equivalent กราฟมาตรฐานสำหรับการวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบโพลิฟีนอลิกทั้งหมดแสดงไว้ในภาคผนวก ค

6. การวิเคราะห์ปริมาณฟลาโวนอยด์ทั้งหมด (total flavonoids)

การวิเคราะห์ปริมาณฟลาโวนอยด์ทั้งหมด ดัดแปลงจากวิธีของ Dewanto และคณะ (2002) โดยให้ทำปฏิกิริยากับสารละลายโซเดียมไนไตรต อลูมิเนียมคลอไรด์ แล้วเติมโซเดียมไฮดรอกไซด์ วัดค่าดูดกลืนแสงของสารสะลายที่ได้ที่ความยาวคลื่น 510 nm ด้วยเครื่อง Spectrophotometer ทดลอง 3 ซ้ำ กราฟมาตรฐานสำหรับการวิเคราะห์ปริมาณฟลาโวนอยด์ทั้งหมดแสดงไว้ในภาคผนวก ง

7. การวิเคราะห์ปริมาณ catechin, rutin, quercetin และ kaemferol ของผลิตภัณฑ์

วิเคราะห์ปริมาณ catechin, rutin, quercetin และ kaemferol ของผลิตภัณฑ์ชาเขียวใบหม่อน โดยใช้ High Performance Liquid Chromatography (HPLC) ดัดแปลงจากวิธีของ Katsube et al. (2006) ทำโดยเตรียมสารละลายจากชาเขียวใบหม่อนแล้วกรองสารละลายผ่าน nylon ขนาด pore size 0.45 μm (Millipore Corporation, Billerica, MA, USA) วิเคราะห์ด้วยเครื่อง HPLC (Waters Corporation, Massachusetts, USA) ใช้คอลัมน์ Pursuit C18 ขนาด 4.6 mm x 150 mm ขนาดอนุภาค 3 μm, injection volume 10 μL และ mobile phase เป็น 2% acetic acid in water/ acetonitrile (gradient) อัตราการไหล: 1.0 มิลลิลิตร/นาที ตรวจวัดด้วย UV detector (Waters 2487) ที่ 254 nm คำนวณหาปริมาณ catechin, rutin, quercetin และ kaemferol โดยเทียบกับกราฟของสารละลายมาตรฐาน

8. การวัดสีของผลิตภัณฑ์

วัดค่าสี (L, a และ b values) ด้วยเครื่องวัดสีเครื่องวัดสี Chroma Meter (Minolta, Model CR-300 Series, Japan) นำค่า L, a และ b values ที่วัดได้คือ มาคำนวณค่าความแตกต่างของสี (ΔE) จากสมการที่ 2

$$\Delta E = \sqrt{(L_0 - L_1)^2 + (a_0 - a_1)^2 + (b_0 - b_1)^2} \qquad (2)$$

กำหนดให้ subscript 0 คือ ค่าสีที่วัดตอนเริ่มต้น subscript 1 คือ ค่าสีที่วัดได้ในแต่ละเดือน

9: การตรวจนับจำนวนจุลินทรีย์

ชั่งตัวอย่าง 25 กรัม โดยวิธี aseptic technique เติมสารละลาย normal saline (0.85% NaCl) ลงไป 225 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากันโดยใช้ Stomacher ได้สารละลายตัวอย่างอาหารที่มีความเจือจาง 1:10 จากนั้นทำเจือจางลง ครั้งละ 10 เท่า โดยใช้ normal saline จนได้ ความเจือจางที่เหมาะสม วิเคราะห์ปริมาณ yeast, รา โดยใช้อาหารเลี้ยงเชื้อ Potato Dextrose Agar (PDA) ใช้วิธี spread plate บ่มที่อุณหภูมิประมาณ 35 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 ชั่วโมง รายงานเป็น จำนวนโคโลนีต่อกรัมของตัวอย่าง

10. การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส

การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส ทำโดยตรวจสอบคุณภาพของผลิตภัณฑ์ทั้งใบชาและน้ำชาเขียวใบหม่อน การทดสอบคุณภาพของน้ำชาเขียวใบหม่อน ทำโดยเตรียมเครื่องดื่มสำหรับผู้ทดสอบโดยใช้ชาเขียวใบหม่อนอัตราส่วน ชาเขียวใบหม่อนต่อน้ำ = 1: 20 ในน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส และทิ้งไว้ นาน 8 นาที ประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของน้ำชาเขียวใบหม่อนซึ่งมีอุณหภูมิขณะชิมประมาณ 50-55 องศาเซลเซียส

การทดลอบทำโดยใช้ผู้ทดสอบที่มีอายุระหว่าง 20-40 ปี ผ่านการฝึกฝนจำนวน 10 คน การทดสอบแบ่งเป็น การประเมินคุณภาพของผลิตภัณฑ์ชาเขียวใบหม่อน ได้แก่ สี และกลิ่น และการประเมินคุณภาพของน้ำชา (tea liquor) จากชาเขียวใบหม่อน ได้แก่ สี กลิ่น และรสชาติ โดยเปรียบเทียบกับตัวอย่างควบคุม ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ชาเขียวและน้ำชาที่ผลิตใหม่ๆ ใช้แบบทดสอบชนิด scoring test มีระดับการให้คะแนนเป็น 10 คะแนน โดยทำการทดสอบด้าน สี (10 คะแนน หมายถึง มีคุณภาพด้านสีดีที่สุดเหมือนผลิตภัณฑ์เริ่มต้น; 5 คะแนน หมายถึง มีคุณภาพด้านสีที่ยอมรับได้; 1 คะแนน หมายถึง มีคุณภาพไม่เป็นที่ยอมรับ สีเปลี่ยนแปลงจนไม่เป็นที่ยอมรับ) กลิ่น (10 คะแนน หมายถึง มีกลิ่นดีที่สุดเหมือนผลิตภัณฑ์เริ่มต้น; 5 คะแนน หมายถึง มีคุณภาพยอมรับได้; 1 คะแนน หมายถึง มีกลิ่นไม่เป็นที่ยอมรับหรือมีกลิ่นแปลกปลอม) และรสชาติ (10 คะแนน หมายถึง มีรสชาติดีที่สุดเหมือนผลิตภัณฑ์เริ่มต้น; 5 คะแนน หมายถึง มีรสชาติที่ยอมรับได้; 1 คะแนน หมายถึง มีรสชาติไม่เป็นที่ยอมรับหรือมีรสชาติแปลกปลอมมากที่สุด) โดยจะไม่ยอมรับผลิตภัณฑ์เมื่อมีคะแนนการเกิดด้านสี กลิ่น หรือรสชาติต่ำกว่า 5

11. แผนการทดลองและวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

การวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางกายภาพ และทางเคมี ออกแบบการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) ส่วนการประเมินผลทางประสาทสัมผัส วางแผนการทดลองแบบ Randomized Completed Block Design (RCBD) วิเคราะห์ข้อมูลโดย ANOVA และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยใช้วิธี Duncan's multiple range test (Montgomery, 2001) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป Statistic Package for the Social Science (SPSS Version 11.5, USA)

ผลการทดลองและวิจารณ์ (Results and Discussion)

1. คุณภาพเริ่มต้นและองค์ประกอบทางเคมีของผลิตภัณฑ์ชาเขียวใบหม่อน

ผลิตภัณฑ์ชาเขียวใบหม่อนภายหลังผ่านกระบวนการอบแห้ง (รูปที่ 4) มีสีเขียวเข้ม มีกลิ่นหอมคล้ายกลิ่นใบไม้คั่ว มีค่าสี L, a และ b เป็น 28.75 $\pm$ 0.56, -5.12 $\pm$ 0.19 และ 7.76 $\pm$ 0.23 ตามลำดับ และมีค่า water activity เริ่มต้นเป็น 0.389 $\pm$ 0.006 มีปริมาณ total phenolic compounds และ total flavonoids เริ่มต้นเป็น 2355.56 ± 20.55 mg/ 100 g และ 1326.68 ± 16.88 mg/100 g ตามลำดับ (ตารางที่ 4) เมื่อเตรียมเป็นน้ำชา ได้น้ำชาสีเขียวอ่อน มีรสชาติเฉพาะของใบหม่อน ไม่มีรสฝาดหรือรสขม ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของผลิตภัณฑ์ชาเขียวใบหม่อน แสดงไว้ในตารางที่ 5

ตารางที่ 4 คุณภาพเริ่มต้นของผลิตภัณฑ์ชาเขียวใบหม่อน

คุณภาพ	ปริมาณ
L-value	28.75 $\pm$ 0.56
a-value	-5.12 $\pm$ 0.19
b-value	7.76 $\pm$ 0.23
total phenolic compounds	2355.56 ± 20.55 mg/ 100 g
total flavonoids	1326.68 ± 16.88 mg/100 g
water activity	0.389 $\pm$ 0.006

ตารางที่ 5 องค์ประกอบทางเคมีของผลิตภัณฑ์ชาเขียวใบหม่อน

องค์ประกอบ	ร้อยละของปริมาณที่พบ[a] (w/w)
ความชื้น	7.21 $\pm$ 0.09
โปรตีน	1.89 $\pm$ 0.17
ไขมัน	0.67 $\pm$ 0.05
เส้นใย	7.78 $\pm$ 0.15
เถ้า	12.78 $\pm$ 0.15
คาร์โบไฮเดรต[b]	69.67

หมายเหตุ [a]wet basis, [b] calculated by difference

รูปที่ 4 ผลิตภัณฑ์ชาเขียวใบหม่อน

2. **คุณสมบัติของบรรจุภัณฑ์**

บรรจุภัณฑ์ที่เลือกมาใช้ในการทดลองนี้ได้แก่ PP, PA และ AL ผลการวัดความหนา อัตราการซึมผ่านของไอน้ำ (water vapor transmission rate, WVTR) และก๊าซออกซิเจน (oxygen transmission rate, OTR) ของบรรจุภัณฑ์ทั้ง 3 ชนิด แสดงไว้ในตารางที่ 6 พบว่าถุง AL มีการกันซึมผ่านของความไอน้ำ และก๊าซออกซิเจน รวมทั้งแสงได้ดีกว่า PA และ PP ส่วนคุณสมบัติในการนำมาใช้บรรจุอาหารของบรรจุภัณฑ์ทั้งสามชนิดมีดังนี้

PP มีความใส และเหนียว สามารถป้องกันการซึมผ่านของความชื้นได้ดี แต่กันออกซิเจนได้ไม่ดี (Siripatrawan and Jantawat, 2008) ปิดผนึกด้วยความร้อนได้ดี นิยมนำมาทำถุงใส่อาหารร้อนขวด และกล่องบรรจุอาหารที่สามารถนำเข้าเตาไมโครเวฟได้ (Siripatrawan, Burgess and Harte, 2002)

PA เป็นบรรจุภัณฑ์แบบผสมระหว่าง ฟิล์มไนลอนและประกบด้วยฟิล์ม LLDPE (LLDPE-laminated nylon) เพื่อให้ปิดผนึกด้วยความร้อนได้ นิยมใช้ในอุตสาหกรรมอาหาร เนื่องจากคุณสมบัติด้านความเหนียว ทนทานต่อความร้อนสูง ไนลอนสามารถป้องกันการซึมผ่านของก๊าซกลิ่น และไขมันได้ดี แม้ว่าไนลอนจะดูดซับความชื้นได้ง่าย และทำให้ประสิทธิภาพของบรรจุภัณฑ์ลดลง แต่เมื่อนำไปทำแห้งก็จะกลับมามีคุณสมบัติเหมือนเดิม ใช้ทำถุงสำหรับบรรจุอาหารภายใต้ภาวะสุญญากาศ (Hernandez, Selke and Culter, 2000) มักใช้ในการบรรจุผลิตภัณฑ์อาหารพวกเครื่องเทศ แฮม เบคอน กาแฟ เครื่องดื่มชนิดผงสำเร็จรูป ผลไม้แห้ง เป็นต้น

AL เป็นบรรจุภัณฑ์แบบผสมระหว่าง อะลูมิเนียมและประกบด้วย LLDPE (LLDPE-laminated aluminium) บรรจุภัณฑ์ชนิดนี้อาศัยคุณสมบัติหลักของอะลูมิเนียมในการป้องกันการซึมผ่านของไอน้ำและก๊าซต่างๆ ได้ดี และเนื่องจากมีสมบัติทึบแสงจึงสามารถป้องกันไม่ให้อาหารสัมผัสกับแสงได้ดี เหมาะสำหรับบรรจุอาหารที่มีไขมัน วิตามิน หรือสารให้กลิ่นรส ซึ่งมักเกิดการเสื่อมเสียเนื่องจากทำปฏิกิริยากับออกซิเจนหรือเมื่อสัมผัสกับแสง อะลูมิเนียมสามารถทนความร้อนได้ดี และเนื่องจากสมบัติที่ทนความร้อนได้ดีนี้จึงไม่สามารถปิดผนึกแผ่นอะลูมิเนียมด้วยความร้อนได้ จึงมักประกบด้วยฟิล์ม LLDPE เพื่อใช้เป็นชั้นสำหรับการปิดผนึกด้วยความร้อน

ตารางที่ 6 ความหนา ค่าอัตราการซึมผ่านของไอน้ำและก๊าซออกซิเจนของบรรจุภัณฑ์

บรรจุภัณฑ์	ความหนา (mm)	WVTR* ($g.\ m^{-2}day^{-1}$)	OTR* ($cc.\ m^{-2}day^{-1}$)
PP	0.0774 ± 0.0015	15.19 ± 0.49	635.52 ± 24.41
PA	0.0838 ± 0.0084	57.25 ± 2.63	25.34 ± 1.27
AL	0.0924 ± 0.0055	~ 0	~ 0

* @ 25 °C, 75 % RH

3. ผลิตภัณฑ์ชาเขียวใบหม่อนในบรรจุภัณฑ์แบบต่างๆ

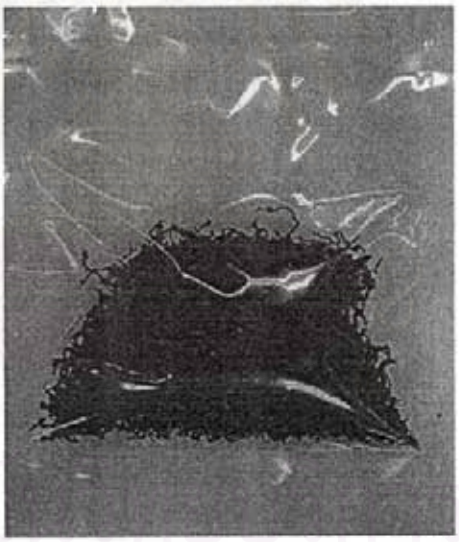
นำผลิตภัณฑ์ชาเขียวใบหม่อนที่ผ่านการแปรรูปแล้วมาแบ่งเป็น 5 กลุ่ม แล้วบรรจุในถุงพลาสติกชนิดต่างๆ ได้แก่ ถุง polypropylene และบรรจุภายใต้บรรยากาศปกติ (PP), ถุงไนลอนและบรรจุภายใต้บรรยากาศปกติ (PA), ถุงไนลอนและบรรจุภายใต้ภาวะสุญญากาศ (V-PA), ถุงอะลูมิเนียมและบรรจุภายใต้บรรยากาศปกติ (AL) และถุงอะลูมิเนียมและบรรจุภายใต้ภาวะสุญญากาศ (V-AL)

รูปที่ 5 แสดงผลิตภัณฑ์ชาเขียวใบหม่อนในบรรจุภัณฑ์ชนิด PP ภายใต้บรรยากาศปกติ บรรจุภัณฑ์ PP นิยมใช้บรรจุผลิตภัณฑ์อาหารในประเทศไทยเนื่องจากมีราคาถูก มีความใส และกันความชื้นได้ดี อย่างไรก็ตามบรรจุภัณฑ์ PP ไม่สามารถใช้บรรจุแบบสุญญากาศได้เนื่องจากมีค่าการซึมผ่านของก๊าซออกซิเจนอยู่สูง สำหรับในการทดลองนี้เลือกใช้บรรจุภัณฑ์ PP เป็นตัวแทนผลิตภัณฑ์ที่จำหน่ายทางการค้า เนื่องจากจากการสำรวจเบื้องต้นของผลิตภัณฑ์ชาเขียวใบหม่อนทางการค้าที่

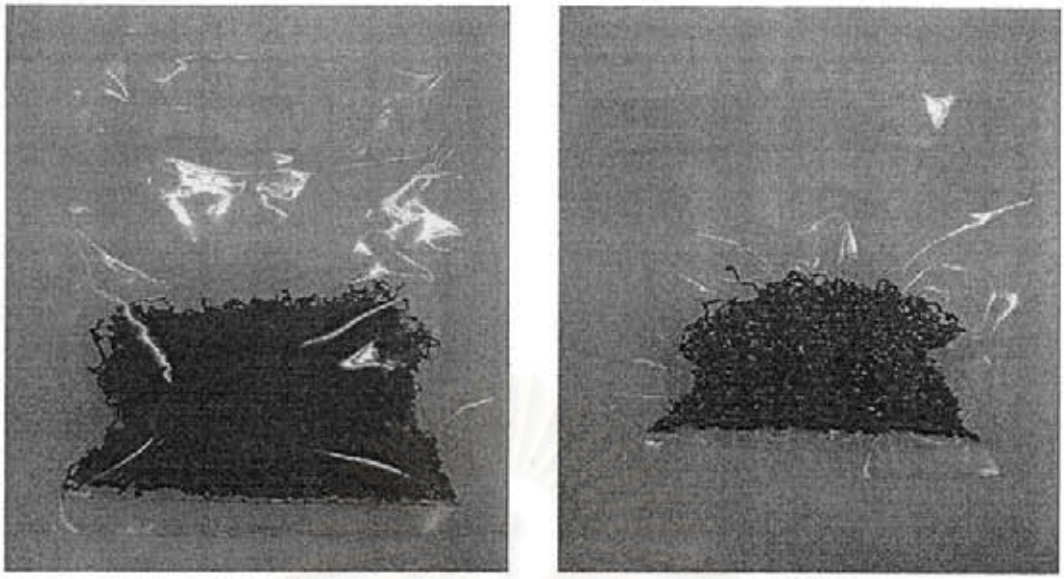
ผลิตและจำหน่ายในประเทศไทย ทั้งในรูปแบบของใบชา (loose tea) และแบบถุงชง (tea bag) มักบรรจุในบรรจุภัณฑ์ PP หรืออาจบรรจุในถุง PE แบบซิปล็อคก่อนบรรจุลงในกล่องกระดาษอีกชั้นหนึ่ง

รูปที่ 6 แสดงผลิตภัณฑ์ชาเขียวใบหม่อนในบรรจุภัณฑ์ PA ทั้งภายใต้บรรยากาศปกติ (6 a) และภาวะสุญญากาศ (6 b) บรรจุภัณฑ์ PA มีคุณสมบัติกันออกซิเจนได้ดีเนื่องจากมีค่าการกันซึมผ่านของออกซิเจนต่ำ จึงสามารถใช้ในการบรรจุแบบสุญญากาศได้ และมีความใสทำให้ผู้บริโภคสามารถเห็นผลิตภัณฑ์ที่อยู่ภายในได้ ในขณะเดียวกันก็ไม่สามารถกันแสงได้ มักใช้ PA ในการบรรจุผลิตภัณฑ์อาหารแห้งที่เสื่อมเสียได้ง่ายเมื่อสัมผัสกับก๊าซออกซิเจน

รูปที่ 7 แสดงผลิตภัณฑ์ชาเขียวใบหม่อนในบรรจุภัณฑ์ AL ทั้งภายใต้บรรยากาศปกติ (7 a) และภาวะสุญญากาศ (7 b) AL เป็นบรรจุภัณฑ์ที่ป้องกันก๊าซออกซิเจนและไอน้ำได้ดี ทึบแสงและสามารถใช้บรรจุแบบสุญญากาศได้

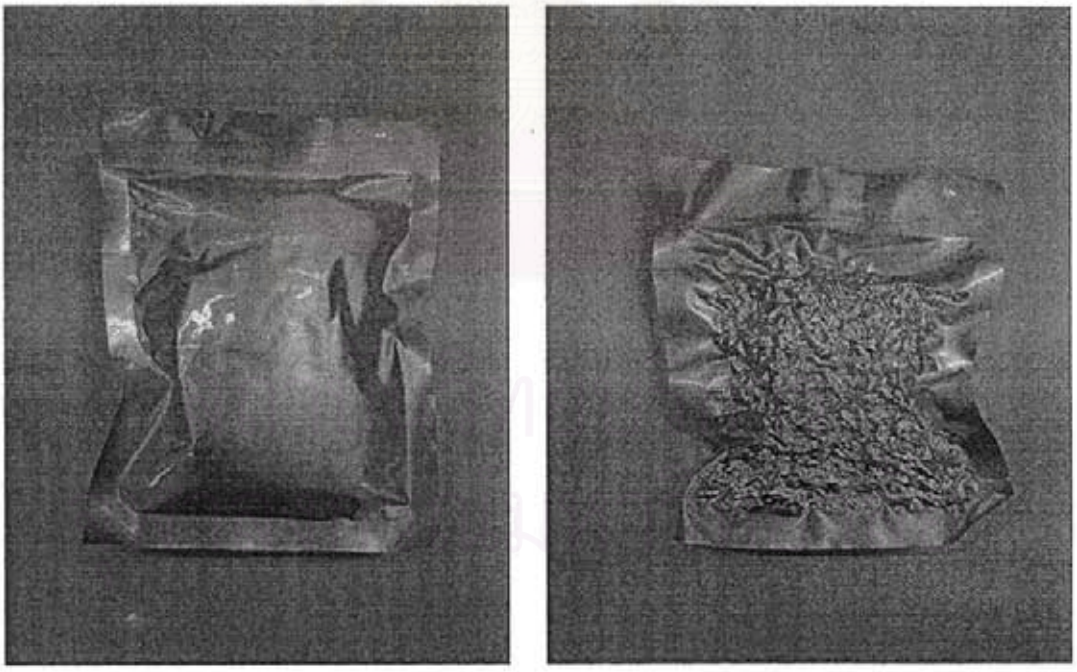


รูปที่ 5 ผลิตภัณฑ์ชาเขียวใบหม่อนในบรรจุภัณฑ์ PP บรรจุที่บรรยากาศปกติ



(a) PA (b) V-PA

รูปที่ 6 ผลิตภัณฑ์ชาเขียวใบหม่อนในบรรจุภัณฑ์ PA บรรจุที่บรรยากาศปกติ (a) และที่ภาวะสุญญากาศ (b)



(a) AL (b) V-AL

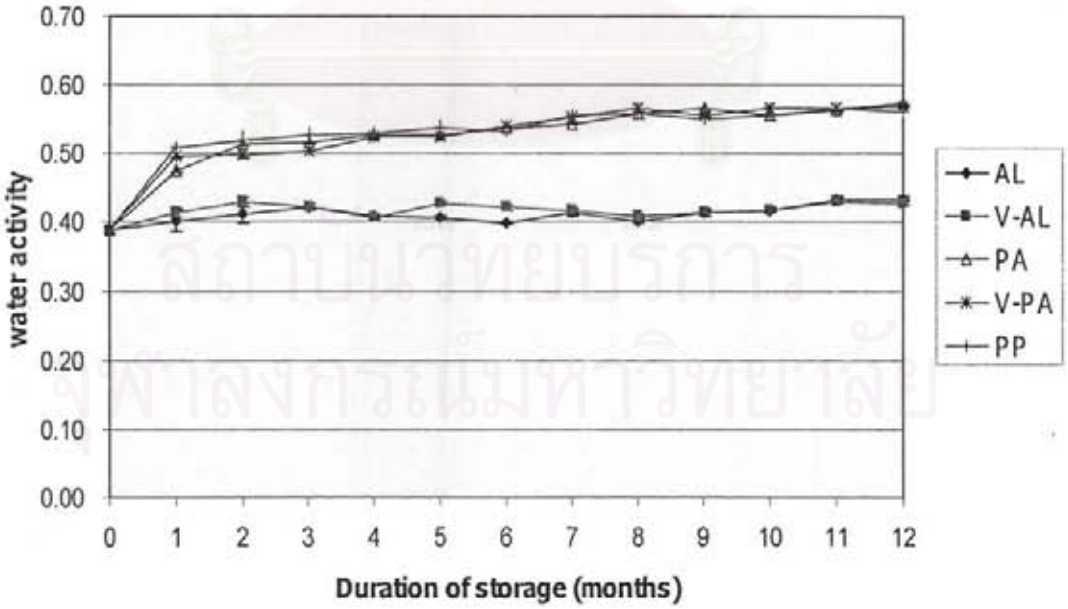
รูปที่ 7 ผลิตภัณฑ์ชาเขียวใบหม่อนในบรรจุภัณฑ์ AL บรรจุที่บรรยากาศปกติ (a) และภาวะสุญญากาศ (b)

4. การเปลี่ยนแปลงของค่า water activity ของผลิตภัณฑ์

ผลการศึกษาค่า water activity ของผลิตภัณฑ์ในบรรจุภัณฑ์ชนิดต่างๆ เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 30°C ความชื้นสัมพัทธ์ 70 % เป็นเวลา 12 เดือน แสดงไว้ในรูปที่ 8 พบว่าผลิตภัณฑ์มีค่า water activity เพิ่มขึ้นจากค่าเริ่มต้น 0.372 ± 0.004 ตามระยะเวลาการเก็บและแตกต่างจากตัวอย่างเริ่มต้นอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 การเพิ่มขึ้นของค่า water activity ของผลิตภัณฑ์ เป็นผลมาจากผลิตภัณฑ์ดูดความชื้นจากบรรยากาศ และผลิตภัณฑ์ที่เก็บในบรรจุภัณฑ์ AL มีค่า water activity ต่ำกว่าที่บรรจุใน PP และ PA เนื่องจากถุง AL มีค่าการซึมผ่านของออกซิเจนและไอน้ำต่ำกว่า PA และ PP ตามลำดับ และพบว่าการเก็บผลิตภัณฑ์ภายใต้บรรยากาศปกติและภายใต้ภาวะสุญญากาศไม่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงของค่า water activity อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

การเก็บชาซึ่งเป็นของแห้งในที่ที่มีความชื้นสัมพัทธ์สูง ทำให้ใบชาเกิดดูดความชื้นจากสิ่งแวดล้อมส่งผลให้ค่า water activity ของชาจึงเพิ่มขึ้น และถ้าค่า water activity ของชาสูงถึง 0.65 อาจทำให้เชื้อจุลินทรีย์ เช่น ยีสต์ และ รา เจริญเติบโตได้ (Jay, 1999) และทำให้ชาเสื่อมคุณภาพไป

อย่างไรก็ตามแม้ว่าค่า water activity ของผลิตภัณฑ์เพิ่มสูงขึ้นในระหว่างการเก็บรักษา แต่ยังคงมีค่าน้อยกว่า 0.65 จึงยังไม่ส่งผลให้ยีสต์ และ ราสามารถเจริญได้



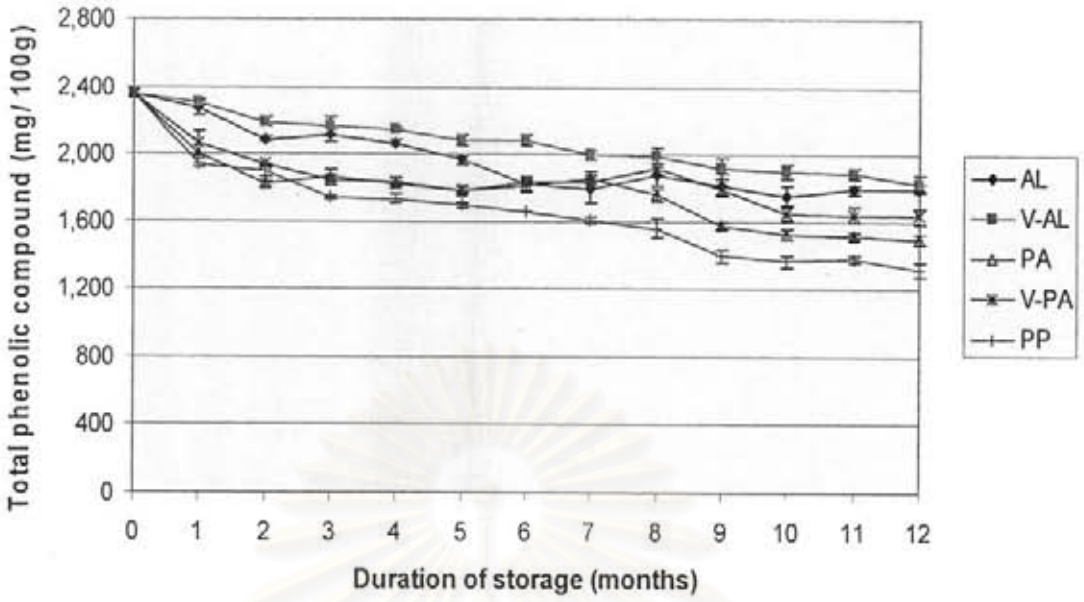
รูปที่ 8 ค่า water activity ของผลิตภัณฑ์ในบรรจุภัณฑ์ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 30°C ความชื้นสัมพัทธ์ 70 % เป็นเวลา 12 เดือน

5. การเปลี่ยนแปลงของปริมาณ total phenolic compounds ของผลิตภัณฑ์

ปริมาณ total phenolic compounds ของผลิตภัณฑ์ในบรรจุภัณฑ์ทั้ง 5 ชนิด และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 30°C ความชื้นสัมพัทธ์ 70 % ทุก 30 วัน เป็นเวลา 12 เดือน ได้ผลการทดลองดัง แสดงในรูปที่ 9 พบว่าปริมาณ total phenolic compounds ของผลิตภัณฑ์ที่เก็บในบรรจุภัณฑ์ทุกชนิด มีปริมาณลดลงตามระยะเวลาการเก็บ และแตกต่างจากตัวอย่างเริ่มต้นอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 และพบว่าชนิดของบรรจุภัณฑ์มีผลต่อปริมาณ total phenolic compounds อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ผลิตภัณฑ์ชาใบหม่อนที่เก็บรักษาใน AL, V-AL, PA, V-PA และ PP มีปริมาณ total phenolic compounds ลดลงจากค่าเริ่มต้น 2355.56 $\pm$ 20.55 เป็น 1795.83 $\pm$ 20.50, 1849.72 $\pm$ 17.93, 1495.33 $\pm$ 29.56, 1633.33 $\pm$ 35.83 และ 1318.06 $\pm$ 37.80 ตามลำดับ ภายหลังการเก็บรักษานาน 12 เดือน โดยชาเขียวใบหม่อนในบรรจุภัณฑ์ PP มีปริมาณ total phenolic compounds ลดลงมากที่สุด เนื่องจากบรรจุภัณฑ์ PP แม้ว่าจะกันความชื้นได้ดี แต่กันออกซิเจนได้ไม่ดีและไม่สามารถกันแสงได้ จึงทำให้ผลิตภัณฑ์เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันได้ดีโดยมีแสงเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา ส่วนผลิตภัณฑ์ใน PA พบว่ามีปริมาณ total phenolic compounds ลดลงน้อยกว่า PP เนื่องจาก PA มีค่าการซึมผ่านของออกซิเจนต่ำกว่า อย่างไรก็ตาม PA ไม่สามารถกันแสงได้ และการเก็บรักษาภายใต้ความชื้นสัมพัทธ์สูงส่งผลให้ค่าการซึมผ่านออกซิเจนของ PA เพิ่มสูงขึ้น การเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ใน AL ช่วยรักษาปริมาณ total phenolic compounds ได้ดีกว่า PA และ PP ตามลำดับ เนื่องจาก AL มีค่าซึมผ่านของไอน้ำและก๊าซออกซิเจนต่ำที่สุด และยังสามารถกันแสงได้ดีอีกด้วย นอกจากนี้ยังพบว่าการบรรจุภายใต้ภาวะสุญญากาศช่วยรักษาปริมาณ total phenolic compounds ในชาเขียวใบหม่อนได้ดีกว่าการบรรจุภายใต้บรรยากาศปกติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ปริมาณ polyphenolic compounds ในผลิตภัณฑ์ชาเขียวใบหม่อนมีความสำคัญต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์เนื่องจาก polyphenolic compounds มีคุณสมบัติเป็นสารต้านอนุมูลอิสระจึงมีประโยชน์ต่อสุขภาพ อย่างไรก็ตาม polyphenolic compounds ไวต่อการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันและปัจจัยที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลง polyphenolic compounds ของผลิตภัณฑ์ชาเขียว คือ ก๊าซออกซิเจน ความชื้น อุณหภูมิ และแสง (Wang and Lin, 2000) ดังนั้นในระหว่างการเก็บรักษา หากต้องการรักษาปริมาณ total phenolic compounds ควรเลือกบรรจุภัณฑ์และภาวะการบรรจุที่เหมาะสม จากการทดลอง พบว่าการบรรจุโดยใช้ V-AL ให้ผลดีที่สุด รองลงมาคือ AL, V-PA, PA และ PP ตามลำดับ

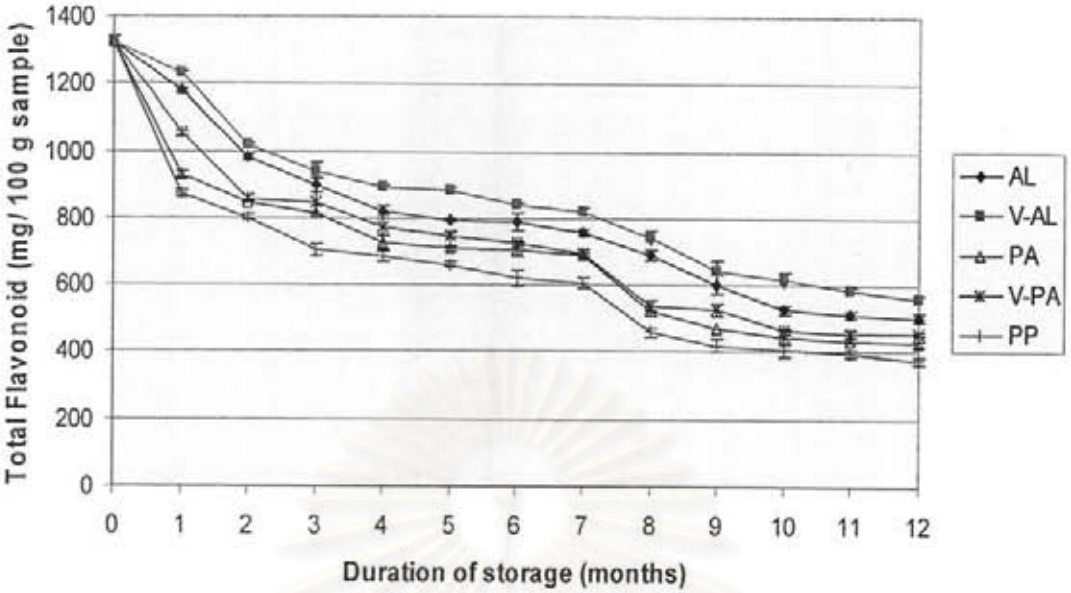


รูปที่ 9 ปริมาณ total phenolic compounds ของผลิตภัณฑ์ชาเขียวใบหม่อนในบรรจุภัณฑ์ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 30°C ความชื้นสัมพัทธ์ 70 % เป็นเวลา 12 เดือน

6. **การเปลี่ยนแปลงของปริมาณ** total flavonoids **ของผลิตภัณฑ์**

ปริมาณ total flavonoids ของผลิตภัณฑ์ในบรรจุภัณฑ์ทั้ง 5 ชนิด และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 30°C ความชื้นสัมพัทธ์ 70 % เป็นเวลา 12 เดือน แสดงไว้ในรูปที่ 10 ผลิตภัณฑ์มีปริมาณ total flavonoids เริ่มต้นก่อนการเก็บรักษาเป็น 1326.68 ± 16.88 mg/100 g ปริมาณ total flavonoids ในทุกภาวะการเก็บลดลงเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น ผลิตภัณฑ์ชาใบหม่อนที่เก็บรักษาใน AL, V-AL, PA, V-PA และ PP มีปริมาณ total flavonoids เป็น 504.01 ± 11.11, 561.11 ± 6.88 , 425.83 ± 7.53, 455.01 ± 13.75 และ 378.08 ± 10.63 ตามลำดับ ภายหลังการเก็บรักษานาน 12 เดือน

จากผลการทดลองพบว่า ชนิดของบรรจุภัณฑ์และภาวะการบรรจุมีผลต่อการลดลงของปริมาณ total flavonoids อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % โดยปริมาณ total flavonoids ของผลิตภัณฑ์ชาเขียวใบหม่อนที่บรรจุภัณฑ์ PP มีค่าลงลงมากที่สุด และต่ำกว่าผลิตภัณฑ์ที่เก็บรักษาใน PA และ AL ตามลำดับ นอกจากนี้ยังพบว่าการบรรจุผลิตภัณฑ์ใน PA และ AL ภายใต้ภาวะสุญญากาศสามารถรักษาปริมาณ total flavonoids ได้ดีกว่าการเก็บในบรรยากาศปกติ



รูปที่ 10 ปริมาณ total flavonoids (mg/ 100 g, wet basis) ของชาเขียวใบหม่อนในบรรจุภัณฑ์ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 30°C ความชื้นสัมพัทธ์ 70% นาน12 เดือน

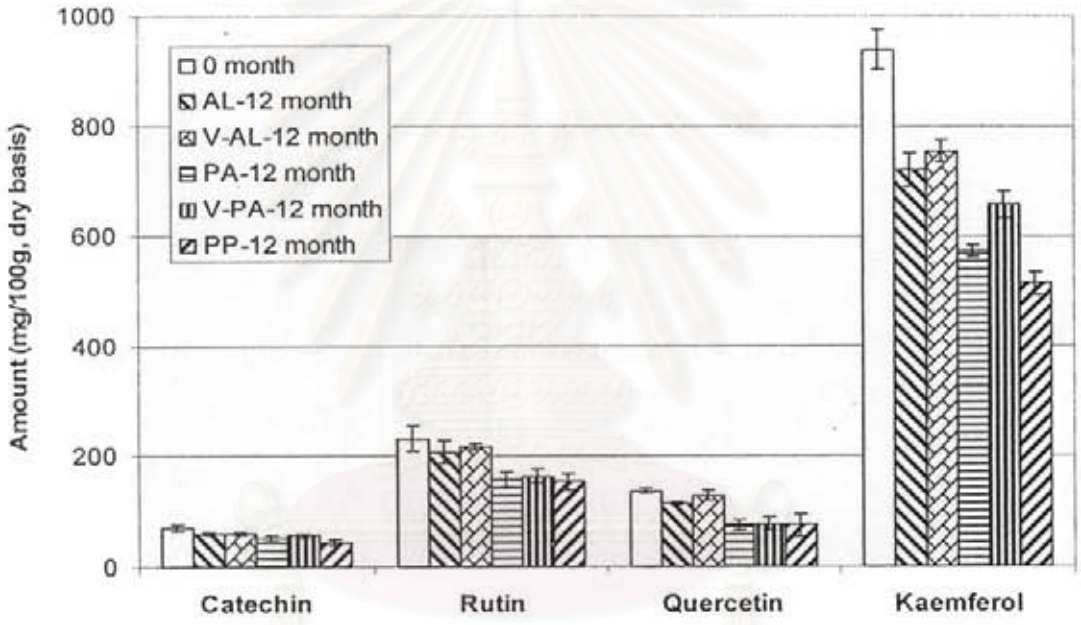
7. **ปริมาณ** catechin, rutin, quercetin **และ** kaemferol **ของผลิตภัณฑ์ชาเขียวใบหม่อน**

catechin (flavan-3-ol), rutin, quercetin และ kaemferol เป็นสารในกลุ่ม flavonoids ซึ่งปัจจุบัน flavonoid ได้รับความสนใจอย่างยิ่ง เนื่องจากมีคุณสมบัติที่เกี่ยวข้องกับสุขภาพในการเป็นสารต้านออกซิเดชัน (Cushnie and Lamb, 2005) งานวิจัยนี้จึงศึกษาการเปลี่ยนแปลงของสารดังกล่าวในชาเขียวใบหม่อนในระหว่างการเก็บรักษา

ผลการวิเคราะห์ปริมาณ catechin, rutin, quercetin และ kaemferol ในชาเขียวใบหม่อนเริ่มต้นก่อนการเก็บรักษาและหลังจากเก็บรักษาในบรรจุภัณฑ์ AL, V-AL, PA, V-PA และ PP ที่อุณหภูมิ 30°C ความชื้นสัมพัทธ์ 70 % นาน 12 เดือน โดยใช้ HPLC ได้ chromatogram ดังแสดงไว้ในภาคผนวก จ (รูปที่ 27-32) เมื่อเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงของปริมาณ catechin, rutin, quercetin และ kaemferol ในผลิตภัณฑ์ชาใบหม่อนเริ่มต้นและภายหลังการเก็บรักษา ได้ผลการทดลองดังแสดงในรูปที่ 11

จากผลการทดลองพบว่า ชาเขียวใบหม่อนเป็นแหล่งที่ดีของ flavonoids โดยเฉพาะอย่างยิ่ง kaemferol, rutin และ quercetin ปริมาณของสารเหล่านี้มีความสัมพันธ์กับความสามารถในการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชัน การเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ชาเขียวใบหม่อนจึงควรคำนึงถึงผลของบรรจุภัณฑ์ต่อ

การเปลี่ยนแปลงของปริมาณของสารเหล่านี้ด้วย ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าผลิตภัณฑ์มีปริมาณ catechin, rutin, quercetin และ kaemferol ลดลงจาก 69.78 ± 6.67, 232.26 ± 23.92, 136.71 ± 3.64 และ 938.62 ± 46.31 ตามลำดับ ในตัวอย่างเริ่มต้น อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ภายหลังการเก็บรักษาในบรรจุภัณฑ์ต่างๆ นาน 12 เดือน และพบว่าชนิดของบรรจุภัณฑ์ส่งผลต่อการลดลงของสารดังกล่าว โดยบรรจุภัณฑ์ AL สามารถเก็บรักษาปริมาณ catechin, rutin, quercetin และ kaemferol ได้ดีกว่า PA และ PP เนื่องจาก AL กันก๊าซออกซิเจนและไอน้ำได้ดีและยังมีคุณสมบัติทึบแสงอีกด้วย



รูปที่ 11 ปริมาณ catechin, rutin, quercetin และ kaemferol ของชาเขียวใบหม่อนในบรรจุภัณฑ์เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 30°C ความชื้นสัมพัทธ์ 70 % เป็นเวลา 12 เดือน

8. **คุณภาพทางชีวภาพของผลิตภัณฑ์**

จากการวิเคราะห์ปริมาณยีสต์และราของผลิตภัณฑ์ในบรรจุภัณฑ์ชนิดต่างๆ ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา ไม่พบการเจริญของยีสต์และราในผลิตภัณฑ์ เนื่องจากในระหว่างการเก็บแม้ว่าค่า water activity ของผลิตภัณฑ์จะเพิ่มขึ้นเมื่อระยะเวลาการเก็บเพิ่มขึ้น แต่ผลิตภัณฑ์ยังคงมีค่า water activity ต่ำกว่า 0.65 ซึ่งยังอยู่ในช่วงที่จุลินทรีย์ไม่สามารถเจริญได้

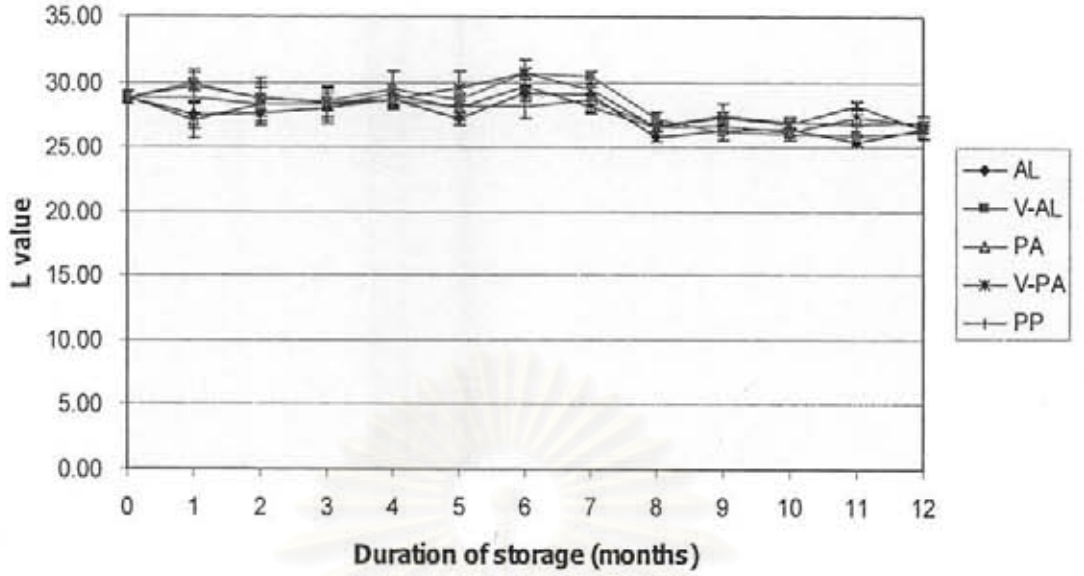
9: การเปลี่ยนแปลงสีของผลิตภัณฑ์

ค่า สี (L, a, และ b) และค่าความแตกต่างของสี (ΔE) ของผลิตภัณฑ์ชาเขียวใบหม่อนในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 30°C ความชื้นสัมพัทธ์ 70 % เป็นเวลา 12 เดือน แสดงไว้ในรูปที่ 12-15 ตามลำดับ

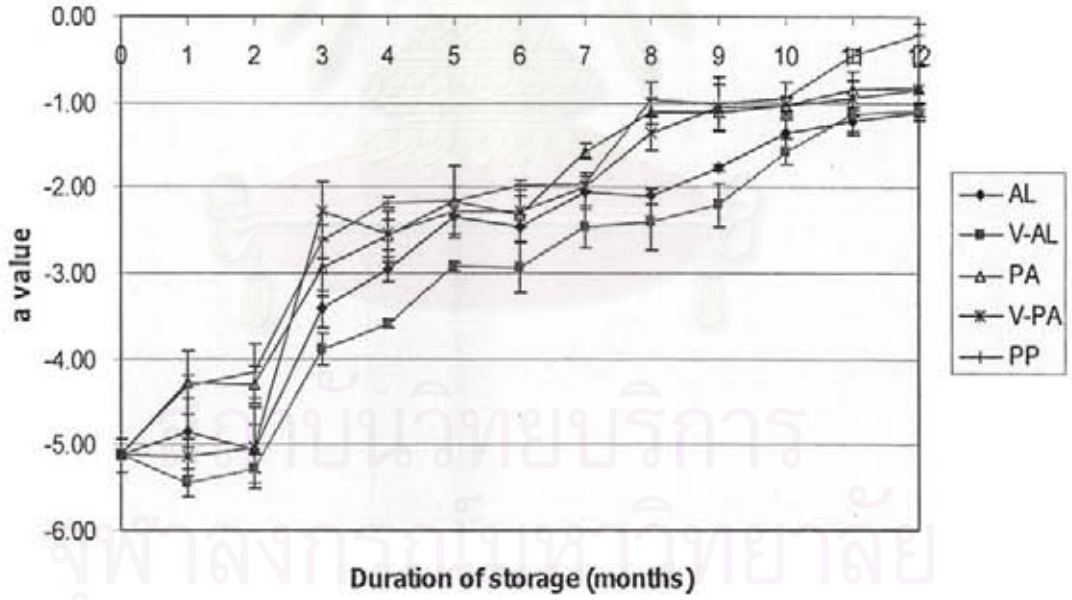
ค่า L-value ของผลิตภัณฑ์ชาเขียวใบหม่อนลดลงจากค่าเริ่มต้น 28.75 $\pm$ 0.56 เป็น 26.43 $\pm$ 0.65, 26.19 $\pm$ 0.46, 26.81 $\pm$ 0.30 , 26.50 $\pm$ 0.28, 26.93 $\pm$ 0.52 ค่า a-value เพิ่มขึ้นจาก -5.12 $\pm$ 0.20 เป็น -1.11 $\pm$ 0.11, -1.09 $\pm$ 0.10, -0.82 $\pm$ 0.04, -0.84 $\pm$ 0.03, -0.20 $\pm$ 0.03 ในขณะที่ค่า b-value ลดลงจาก 7.76 $\pm$ 0.23 เป็น 4.65 $\pm$ 0.16, 4.92 $\pm$ 0.24, 4.34 $\pm$ 0.12, 4.46 $\pm$ 0.14 และ 3.96 $\pm$ 0.20 สำหรับผลิตภัณฑ์ชาเขียวใบหม่อนที่บรรจุใน AL, V-AL, PA, V-PA และ PP ตามลำดับ ภายหลังการเก็บรักษานาน 12 เดือน

ค่า L-value เป็นค่าที่บอกความสว่างและความเข้ม (lightness-darkness) เมื่อ L-value มีค่าสูงหมายถึงผลิตภัณฑ์มีสีอ่อน จากผลการทดลองพบว่าค่า L-value ของผลิตภัณฑ์ลดลงหมายถึงผลิตภัณฑ์มีสีเข้มขึ้น ค่า a-value บ่งบอกถึงค่าสีเขียว (greenness)เมื่อมีค่าเป็นลบ และสีแดง (redness) เมื่อมีค่าเป็นบวก ส่วนค่า b-value บ่งบอกถึงค่าสีน้ำเงิน (blueness) เมื่อมีค่าเป็นลบ และสีเหลือง (yellowness) เมื่อมีค่าเป็นบวก ผลิตภัณฑ์มีค่า L-value ลดลง ค่า a-value เพิ่มขึ้น ส่วนค่า b-value มีแนวโน้มลดลง เมื่อพิจารณาผลของเวลาเก็บรักษาต่อค่า ΔE ของผลิตภัณฑ์เมื่อเทียบกับตัวอย่างเริ่มต้น พบว่า ค่า ΔE ของผลิตภัณฑ์ที่เก็บในบรรจุภัณฑ์ทุกภาวะมีค่าเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเก็บ ดังนั้นผลิตภัณฑ์ชาเขียวใบหม่อนมีสีเข้มขึ้น และมีสีเขียวลดลงเมื่อเก็บรักษาไว้นานขึ้น โดยผลิตภัณฑ์ที่เก็บรักษาใน PP มีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงมากกว่าที่เก็บใน PA และ AL แต่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$) และภาวะบรรจุแบบบรรยากาศปกติและภาวะสุญญากาศก็ไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของสีอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$) เช่นกัน

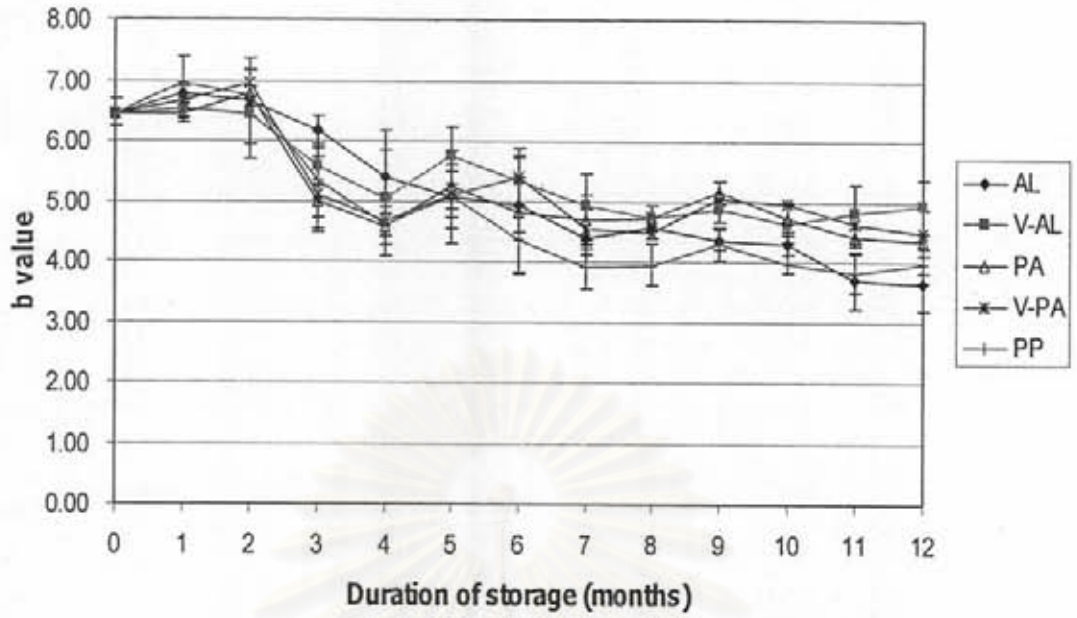
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



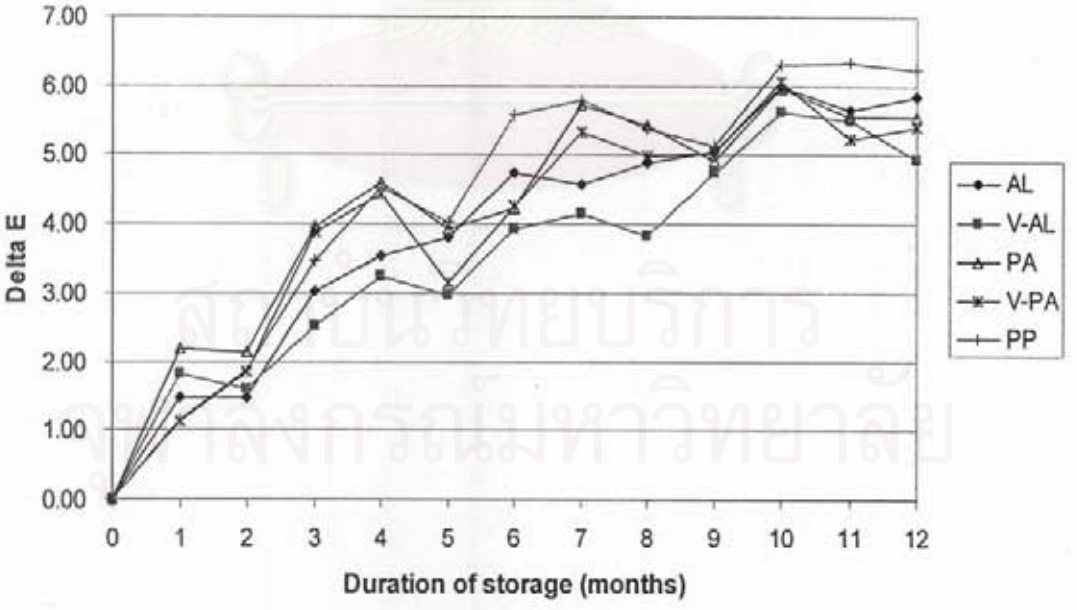
รูปที่ 12 ค่าสี (L-value) ของผลิตภัณฑ์ชาเขียวใบหม่อนในบรรจุภัณฑ์ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 30°C ความชื้นสัมพัทธ์ 70 % เป็นเวลา 12 เดือน



รูปที่ 13 ค่าสี (a-value) ของผลิตภัณฑ์ชาเขียวใบหม่อนในบรรจุภัณฑ์ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 30°C ความชื้นสัมพัทธ์ 70 % เป็นเวลา 12 เดือน

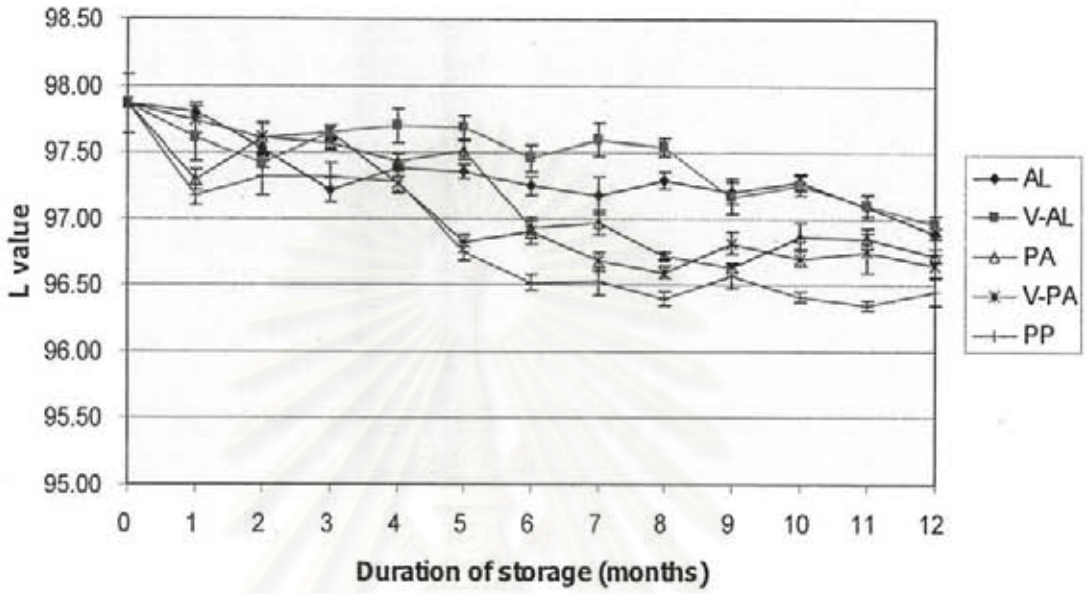


รูปที่ 14 ค่าสี (b-value) ของผลิตภัณฑ์ชาเขียวใบหม่อนในบรรจุภัณฑ์ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 30°C ความชื้นสัมพัทธ์ 70 % เป็นเวลา 12 เดือน

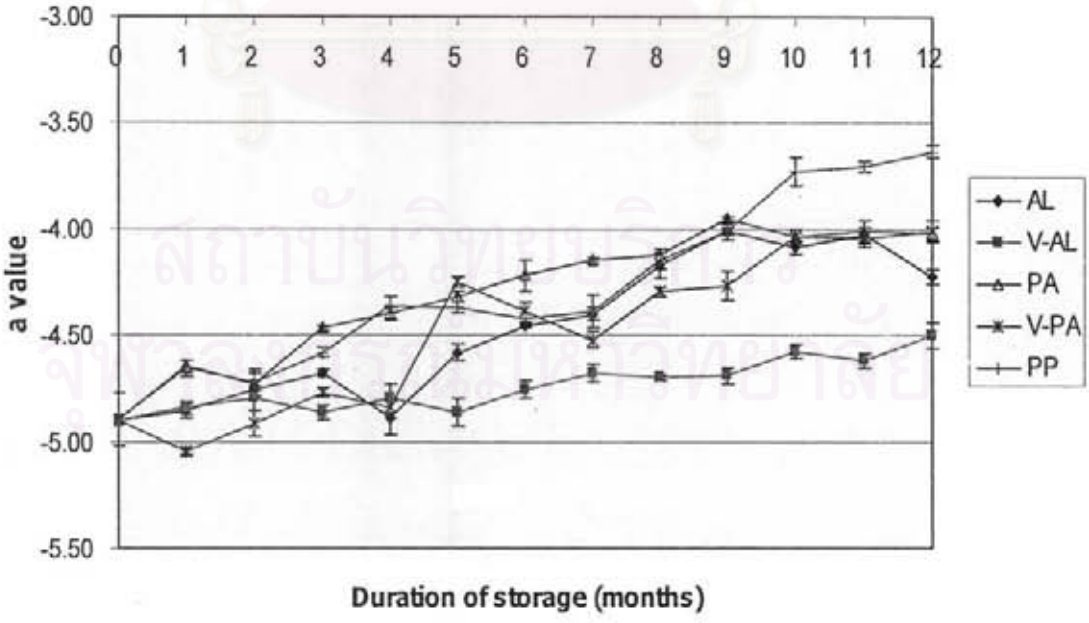


รูปที่ 15 ค่าความแตกต่างของสี (ΔE) ของผลิตภัณฑ์ชาเขียวใบหม่อนในบรรจุภัณฑ์ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 30°C ความชื้นสัมพัทธ์ 70 % เป็นเวลา 12 เดือน

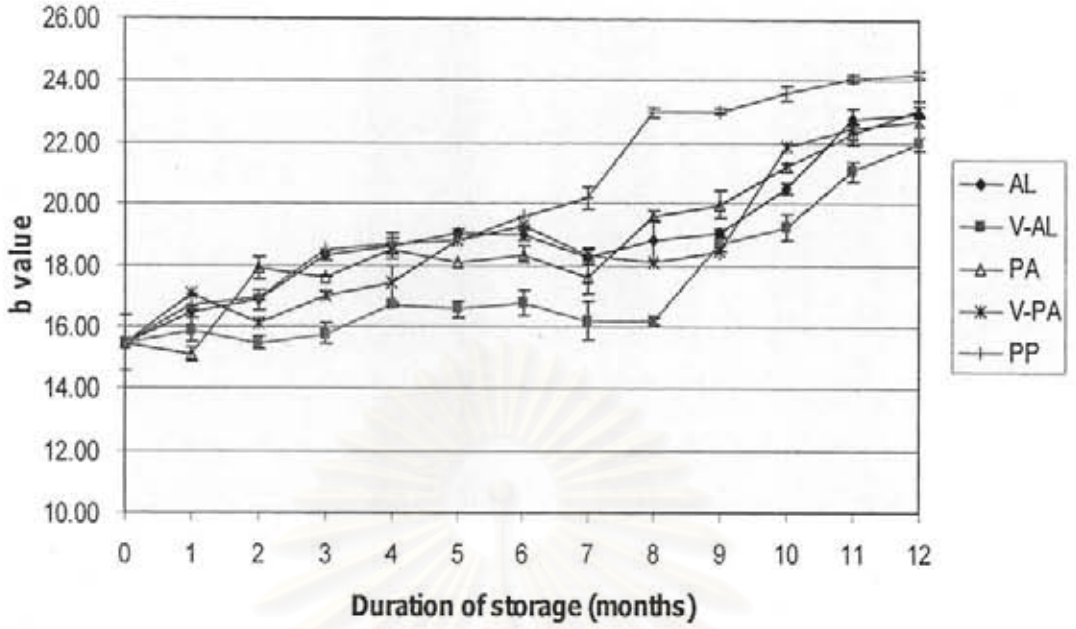
ผลิตภัณฑ์ชาเขียวใบหม่อนที่เก็บรักษาในบรรจุภัณฑ์ชนิดต่างๆ ในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 30°C ความชื้นสัมพัทธ์ 70 % เป็นเวลา 12 เดือน เมื่อนำมาเตรียมเป็นน้ำชา (tea liquor) แล้ววัดค่าสี (L, a, และ b) และค่า ΔE ได้ผลการทดลองดังแสดงไว้ในรูปที่ 16-19 ตามลำดับ



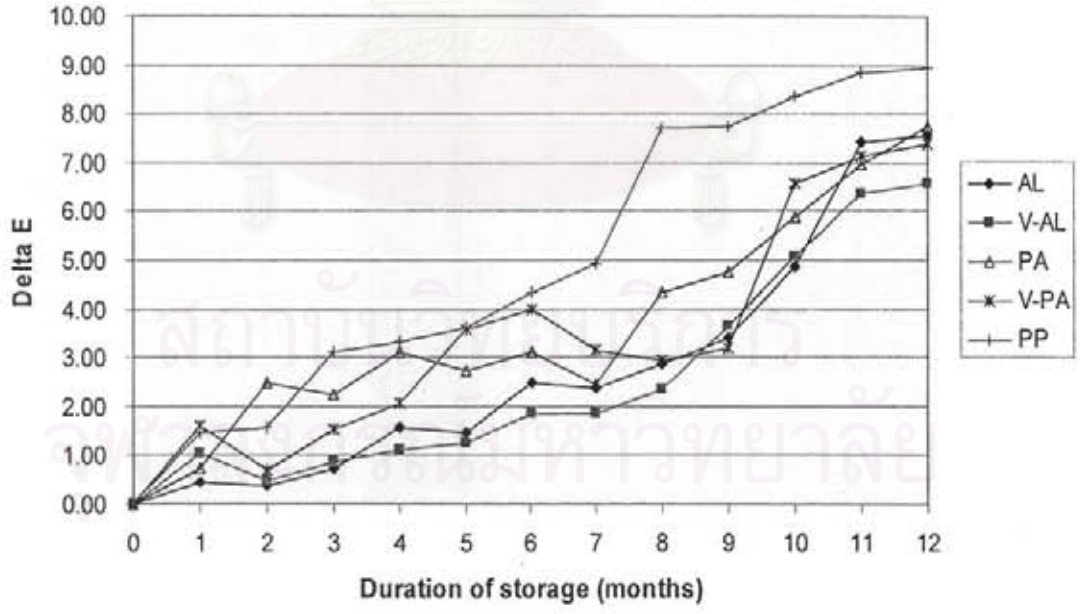
รูปที่ 16 ค่าสี (L-value) ของน้ำชาเขียวใบหม่อนจากผลิตภัณฑ์ในบรรจุภัณฑ์ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 30°C ความชื้นสัมพัทธ์ 70 % เป็นเวลา 12 เดือน



รูปที่ 17 ค่าสี (a-value) ของน้ำชาเขียวใบหม่อนจากผลิตภัณฑ์ในบรรจุภัณฑ์ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 30°C ความชื้นสัมพัทธ์ 70 % เป็นเวลา 12 เดือน



รูปที่ 18 ค่าสี (b-value) ของน้ำชาเขียวใบหม่อนจากผลิตภัณฑ์ในบรรจุภัณฑ์ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 30°C ความชื้นสัมพัทธ์ 70 % เป็นเวลา 12 เดือน



รูปที่ 19 ค่าความแตกต่างของสี (ΔE) ของน้ำชาเขียวใบหม่อนจากผลิตภัณฑ์ในบรรจุภัณฑ์ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 30°C ความชื้นสัมพัทธ์ 70 % เป็นเวลา 12 เดือน

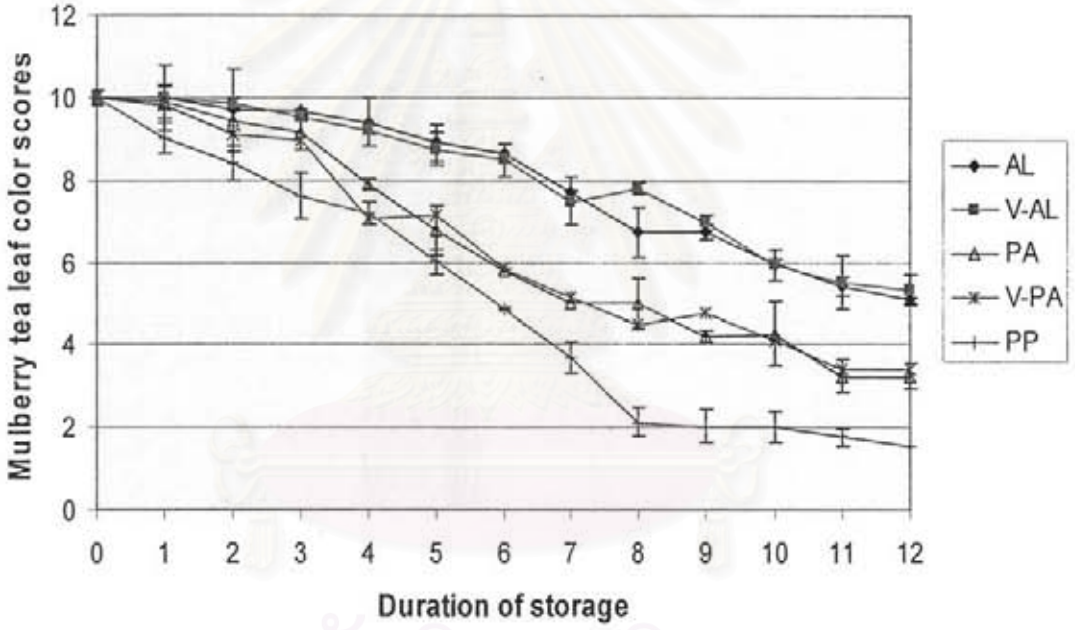
จากผลการทดลอง พบว่าค่า L-value ของน้ำชามีแนวโน้มลดลงจากค่าเริ่มต้น 97.86 ± 0.23 เป็น 96.90 ± 0.29 , 96.96 ± 0.22 , 96.72 ± 0.39, 96.65 ± 0.39 และ 96.46 ± 0.68 ค่า a-value มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นจาก -4.9 ± 0.12 เป็น -4.22 ± 0.03, -4.50 ± 0.06, -4.02 ± 0.03, -4.01 ± 0.05 และ -3.63 ± 0.03 ส่วนค่า b-value เพิ่มขึ้นจาก 15.46 ± 0.87 ก่อนการเก็บรักษา เป็น 22.93 ± 0.41, 21.95 ± 0.21, 23.06 ± 0.15, 22.68 ± 0.11 และ 24.20 ± 0.15 สำหรับผลิตภัณฑ์ชาเขียวใบหม่อนที่บรรจุใน AL, V-AL, PA, V-PA และ PP ตามลำดับ ภายหลังการเก็บรักษานาน12 เดือน

การเปลี่ยนแปลงสีของน้ำชา (tea liquor) สอดคล้องกับการเปลี่ยนแปลงสีของใบชา คือ น้ำชามีสีเข้มขึ้น มีสีเขียวลดลง และเปลี่ยนเป็นสีเขียวอ่อนเป็นสีน้ำตาลแดงมากขึ้นเมื่อระยะเวลาการเก็บเพิ่มขึ้น โดยน้ำชาที่เตรียมจากผลิตภัณฑ์ชาเขียวใบหม่อนที่เก็บรักษาใน PP มีการเปลี่ยนแปลงมากกว่าที่เก็บใน PA และ AL ตามลำดับ ส่วนภาวะการเก็บแบบบรรยากาศปกติและภาวะสุญญากาศไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของสีอย่างมีนัยสำคัญ และเมื่อพิจารณาผลของเวลาเก็บรักษาเป็นเวลา 12 เดือน ต่อค่า ΔE ของผลิตภัณฑ์เมื่อเทียบกับตัวอย่างเริ่มต้น พบว่า ค่า ΔE ของผลิตภัณฑ์ที่เก็บในบรรจุภัณฑ์ทุกภาวะ มีค่าเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเก็บอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 น้ำชาที่ได้จากผลิตภัณฑ์ที่เก็บรักษาใน PP มีค่า ΔE เพิ่มขึ้นมากกว่าผลิตภัณฑ์ที่เก็บใน PA และ AL ตามลำดับ เนื่องจาก PP มีค่าการซึมผ่านของก๊าซออกซิเจนสูงกว่าและยอมให้แสงผ่านได้

การเปลี่ยนแปลงสีของผลิตภัณฑ์ชาเขียวใบหม่อนและน้ำชาดังกล่าวอาจเป็นผลมาจากการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของ phenolic compounds หรือ flavonoids รวมทั้งเกิดจากการเสื่อมสลายของ chlorophyll ของชาเขียวใบหม่อนในระหว่างการเก็บรักษา (Liang et al., 2005) เมื่อ polyphenolic compounds หรือ flavonoids เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันจะได้สารประกอบพวก quinine ซึ่งสามารถเกิดปฏิกิริยา condensation ได้สารประกอบ theaflavins ซึ่งสามารถเกิด condensation อย่างต่อเนื่องไปได้อีกจนได้ thearubigins สารประกอบนี้ทำให้น้ำชามีสีเข้มขึ้น กลิ่นและรสชาติของชาเกิดการเปลี่ยนแปลงทำให้คุณภาพของชาเขียวลดลง (Lee et al., 2000; Zhishen, Mengcheng and Jianming, 1999) โดยมีปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน คือ ก๊าซออกซิเจน ความชื้น อุณหภูมิ และแสง (Liang et al., 2005)

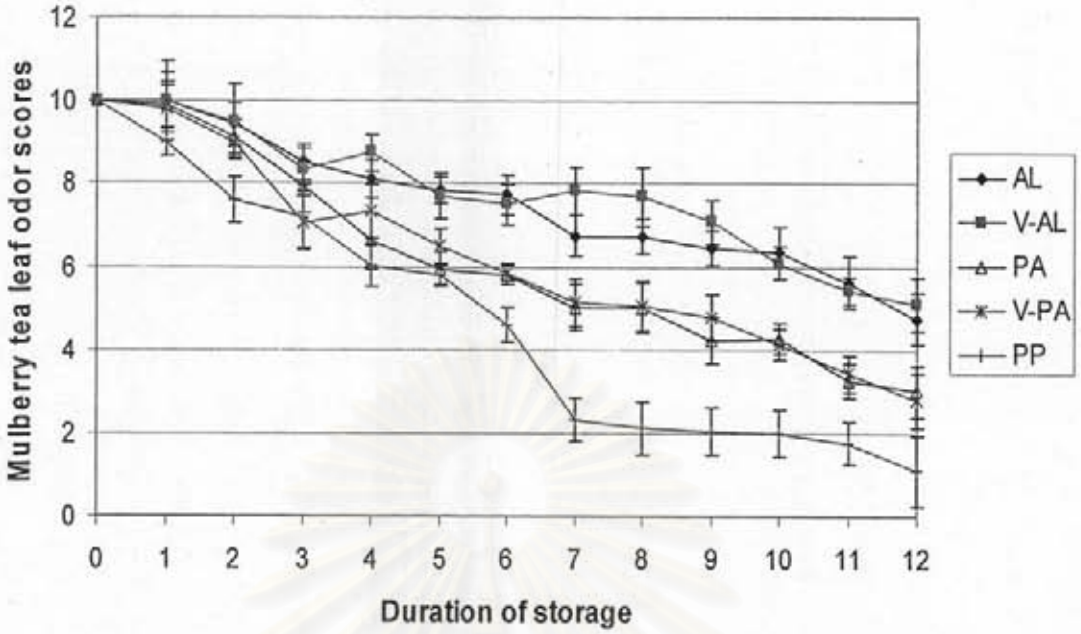
10. คุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์

การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์เมื่อเก็บรักษาในบรรจุภัณฑ์ชนิดต่างๆ ที่อุณหภูมิ 30°C ความชื้นสัมพัทธ์ 70 % ทำโดยทดสอบผลิตภัณฑ์ทั้งในรูปของผลิตภัณฑ์ชาเขียวใบหม่อนและน้ำชา การประเมินคุณภาพของชาใบหม่อน พิจารณาจากคะแนนด้านสี และ กลิ่น ของผลิตภัณฑ์ ได้ผลการทดลองดังแสดงในรูปที่ 19-20 ตามลำดับ ส่วนการประเมินคุณภาพของน้ำชาพิจารณาจากคะแนนด้านสี กลิ่น และรสชาติ ได้ผลการทดลองดังแสดงในรูปที่ 21-23 ตามลำดับ

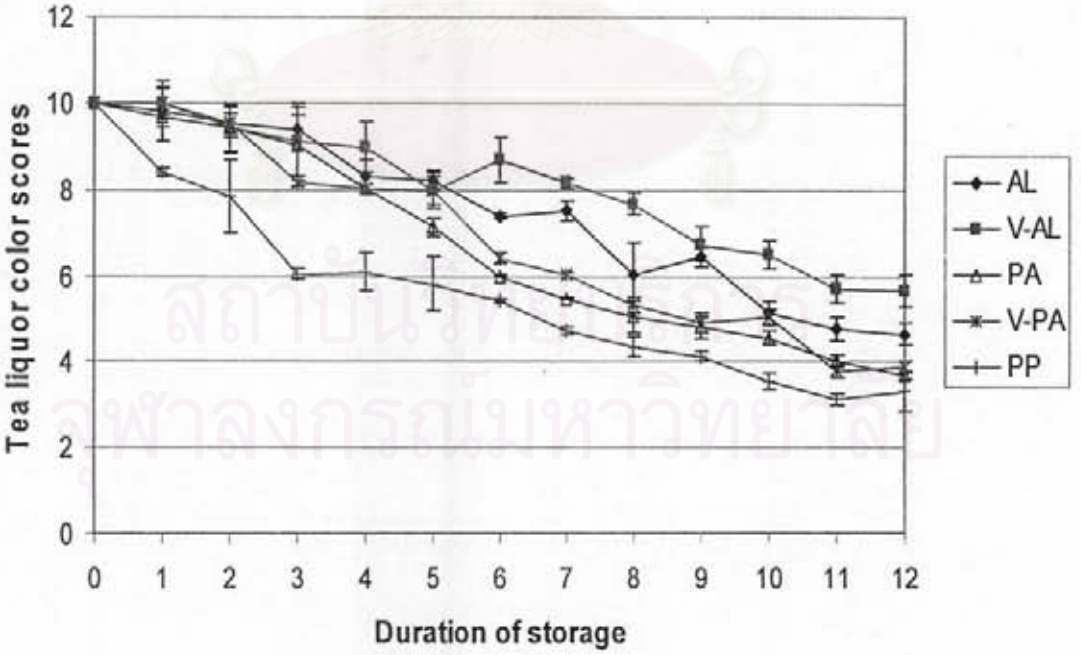


รูปที่ 20 คะแนนด้านสีของผลิตภัณฑ์ชาเขียวใบหม่อนในบรรจุภัณฑ์ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 30°C ความชื้นสัมพัทธ์ 70 % เป็นเวลา 12 เดือน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

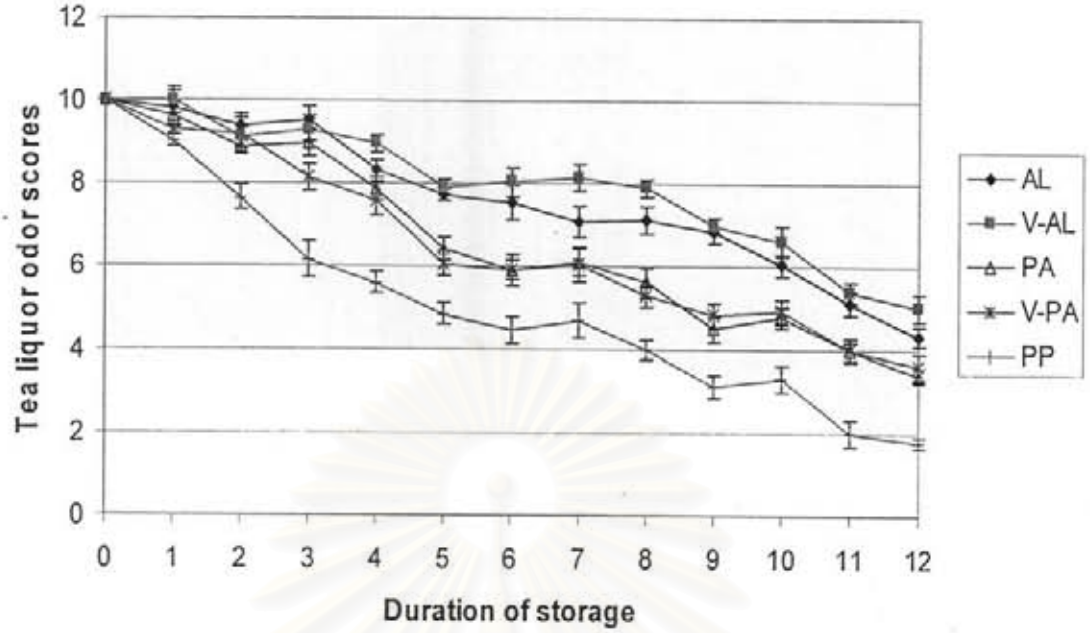


รูปที่ 21 คะแนนด้านกลิ่นของผลิตภัณฑ์ชาเขียวใบหม่อนในบรรจุภัณฑ์ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 30°C ความชื้นสัมพัทธ์ 70 % เป็นเวลา 12 เดือน

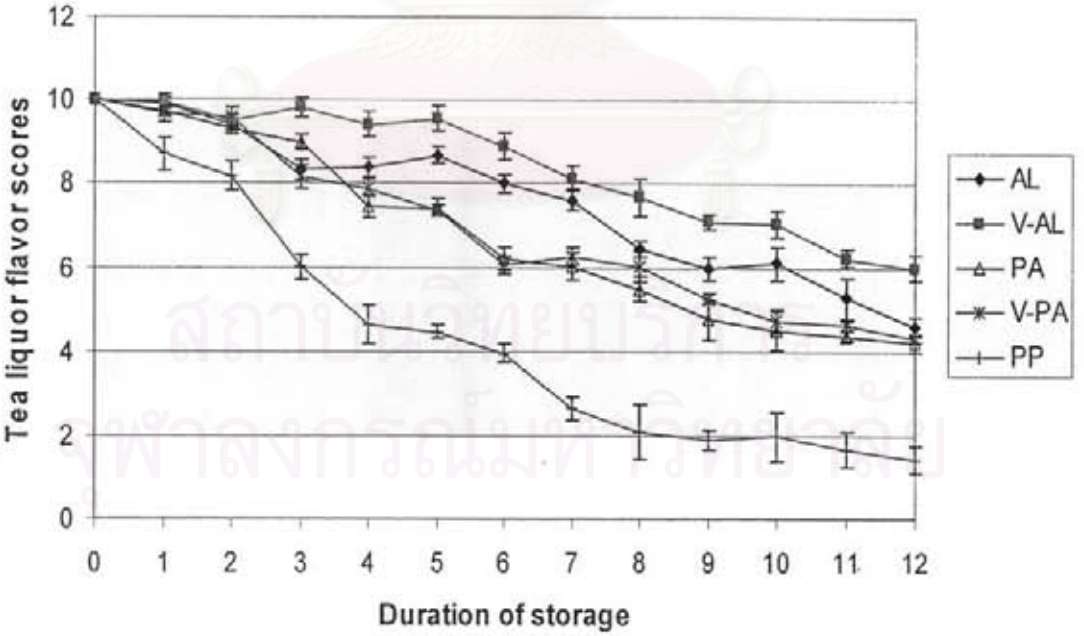


รูปที่ 22 คะแนนด้านสีของน้ำชาซึ่งเตรียมจากผลิตภัณฑ์ชาเขียวใบหม่อนในบรรจุภัณฑ์ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 30°C ความชื้นสัมพัทธ์ 70 % เป็นเวลา 12 เดือน

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 23 คะแนนด้านกลิ่นของน้ำชาซึ่งเตรียมจากผลิตภัณฑ์ชาเขียวใบหม่อนในบรรจุภัณฑ์ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 30°C ความชื้นสัมพัทธ์ 70 % เป็นเวลา 12 เดือน



รูปที่ 24 คะแนนด้านรสชาติของน้ำชาซึ่งเตรียมจากผลิตภัณฑ์ชาเขียวใบหม่อนในบรรจุภัณฑ์ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 30°C ความชื้นสัมพัทธ์ 70 % เป็นเวลา 12 เดือน

จากการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ชาเขียวใบหม่อน และเมื่อเตรียมเป็นน้ำชา (tea liquor) จากผลิตภัณฑ์ในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 30°C ความชื้นสัมพัทธ์ 70 % พบว่าให้ผลการทดลองที่สอดคล้องกันและมีแนวโน้มการเปลี่ยนคุณภาพคล้ายคลึงกัน คือ คะแนนด้านสี กลิ่น และรสชาติ ของผลิตภัณฑ์ที่เก็บในบรรจุภัณฑ์ AL มีการเปลี่ยนแปลงช้ากว่าการเก็บในบรรจุภัณฑ์ PA และ PP ตามลำดับ ทั้งนี้เนื่องจากบรรจุภัณฑ์ AL มีค่าการซึมผ่านของก๊าซและไอน้ำต่ำกว่า นอกจากนี้ AL ยังป้องกันไม่ให้อาหารสัมผัสกับแสงอีกด้วย ส่วนบรรจุภัณฑ์ PP มีค่าการซึมผ่านออกซิเจนสูงที่สุด ทำให้ผลิตภัณฑ์เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันขององค์ประกอบต่างๆ ในผลิตภัณฑ์ได้ดีกว่า ส่งผลให้สี กลิ่น และรสชาติของผลิตภัณฑ์เปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว ใบชาและน้ำชามีสีเข้มขึ้นและเปลี่ยนจากสีเขียวเป็นสีน้ำตาล กลิ่นหอมของชาลดลง และมีกลิ่นแปลกปลอม จนไม่เป็นที่ยอมรับของผู้ทดสอบก่อนตัวอย่างที่เก็บรักษาใน PA และ AL

เมื่อพิจารณาเกณฑ์การไม่ยอมรับผลิตภัณฑ์ชาเขียวใบหม่อน โดยกำหนดให้ผลิตภัณฑ์ไม่เป็นที่ยอมรับเมื่อคะแนนมีค่าต่ำกว่า 5 คะแนน พบว่าผลิตภัณฑ์ที่เก็บรักษาใน PP มีคะแนนทางด้านสี และกลิ่นต่ำกว่า 5 คะแนน เมื่อเก็บผลิตภัณฑ์ไว้นาน 6 เดือน ส่วนผลิตภัณฑ์ที่เก็บรักษาใน PA และ V-PAมีคะแนนด้านสีต่ำกว่า 5 เมื่อเก็บรักษาไว้นาน 8 เดือน ส่วนคะแนนด้านกลิ่นต่ำกว่า 5 เมื่อเก็บไว้นาน 8 และ 9 เดือน ตามลำดับ ผลิตภัณฑ์ที่เก็บใน AL มี คะแนนด้านกลิ่นต่ำกว่า 5 คะแนน เมื่อเก็บผลิตภัณฑ์ไว้นาน 12 เดือน ส่วนคะแนนด้านสียังคงอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา ในขณะที่ผลิตภัณฑ์ที่เก็บใน V-AL มีคะแนนด้านสีและกลิ่นยังคงอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษานาน 12 เดือน

สำหรับคุณภาพทางประสาทสัมผัสของน้ำชา (tea liquor) พบว่าน้ำชาจากผลิตภัณฑ์ที่เก็บรักษาใน PP มีคะแนนทางด้าน สี กลิ่น และรสชาติต่ำกว่า 5 คะแนน เมื่อเก็บผลิตภัณฑ์ไว้นาน 7, 5, 4 เดือน ตามลำดับ ส่วนผลิตภัณฑ์ที่เก็บรักษาใน PA มีคะแนนด้านสี กลิ่น และรสชาติ ต่ำกว่า 5 คะแนน เมื่อเก็บรักษาไว้นาน 9 เดือน V-PA มีคะแนนด้านสี และกลิ่น ต่ำกว่า 5 เมื่อเก็บไว้นาน 9 ส่วนคะแนนด้านรสชาติมีค่าต่ำกว่า 5 เมื่อเก็บไว้นาน 10 เดือน น้ำชาจากใบหม่อนที่เก็บรักษาใน AL มีคะแนนด้านสี กลิ่น และรสชาติ ต่ำกว่า 5 คะแนน เมื่อเก็บไว้นาน 11, 12 และ 12 เดือน ตามลำดับ ในขณะที่ผลิตภัณฑ์ที่เก็บใน V-AL มีคะแนน ด้านสี กลิ่น และรสชาติเป็นที่ยอมรับได้ (มีคะแนนสูงกว่า 5 คะแนน เล็กน้อย) ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษานาน 12 เดือน

เมื่อประเมินอายุการเก็บของผลิตภัณฑ์ชาเขียวใบหม่อนที่เก็บรักษาใน PP, PA, V-PA, AL และ V-AL พบว่า ผลิตภัณฑ์มีคุณภาพเป็นที่ยอมรับได้เมื่อเก็บไว้นาน 5, 7, 7, 11 และ 12 เดือน ตามลำดับ ส่วนคุณภาพของน้ำชามีคุณภาพเป็นที่ยอมรับได้ เมื่อเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ไว้นาน 3, 8,

8, 10 และ 12 เดือน ตามลำดับ จากผลการทดลองที่ได้สรุปได้ว่า ผลิตภัณฑ์ชาเขียวใบหม่อนที่เก็บรักษาใน PP, PA และ V-PA มีอายุการเก็บนาน เดือน 5, 7 และ 7 เดือน ตามลำดับ ส่วนผลิตภัณฑ์ใน AL มีอายุการเก็บนาน 10 เดือน ในขณะที่ V-AL สามารถเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ไว้ได้นานถึง 12 เดือน

ดังนั้นจึงอาจกล่าวได้ว่าการเก็บผลิตภัณฑ์ในบรรจุภัณฑ์AL สามารถเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ได้นานกว่าการใช้บรรจุภัณฑ์ PA และ PP ตามลำดับ จากผลการทดลองยังแสดงให้เห็นว่าการเก็บรักษาภายใต้ภาวะสุญญากาศช่วยยืดอายุของผลิตภัณฑ์ได้นานกว่าการเก็บรักษาภายใต้บรรยากาศปกติ โดยผลิตภัณฑ์ที่เก็บรักษาใน V-AL มีอายุการเก็บที่นานกว่าใน AL อย่างไรก็ตามการเก็บผลิตภัณฑ์ในบรรจุภัณฑ์ PA ทั้งภายใต้บรรยากาศปกติและภาวะสุญญากาศไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$) ทั้งนี้อาจเนื่องจากภาวะแวดล้อมในการเก็บรักษามีอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์สูง (70 %) ทำให้ PA ซึ่งเป็นโพลิเมอร์ที่สามารถทำปฏิกิริยากับความชื้นได้ง่าย (moisture sensitive) และน้ำมีคุณสมบัติเป็นพลาสติไซเซอร์ (plasticizer) จึงส่งผลให้สมบัติการซึมผ่านของออกซิเจนของ PA เพิ่มขึ้น (Selke, Hernandez and Culter, 2000)

จากผลการทดลองทั้งหมดสามารถสรุปได้ว่า การบรรจุที่เหมาะสมสำหรับการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ชาเขียวใบหม่อนที่อุณหภูมิ 30°C ความชื้นสัมพัทธ์ 70 % เรียงลำดับจากมากที่สุดไปน้อยที่สุด คือ V-AL > AL > V-PA = PA > PP

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สรุปผลการทดลอง

การศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพ ได้แก่ ค่า water activity, สี (L, a, b values และ ΔE), ปริมาณ total phenolic compounds, total flavonoids, catechin, rutin, quercetin และ kaemferol, และคุณภาพทางประสาทสัมผัสของใบชา ได้แก่ สี และ กลิ่น และน้ำชา ได้แก่ สี กลิ่น และ รสชาติของผลิตภัณฑ์ชาเขียวใบหม่อน ซึ่งบรรจุใน PP, PA, V-PA, AL และ V-AL ในระหว่างการเก็บรักษาที่ 30°C ความชื้นสัมพัทธ์ 70 % พบว่าผลิตภัณฑ์มีค่า water activity สูงขึ้น และค่าสีแตกต่างจากตัวอย่างเริ่มต้นมากขึ้น ส่วนปริมาณ total phenolic compounds, total flavonoids และคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ลดลงเมื่อเก็บรักษาไว้นานขึ้น และการเปลี่ยนแปลงของผลิตภัณฑ์ที่บรรจุใน PP เกิดขึ้นเร็วกว่าเมื่อเก็บในบรรจุภัณฑ์ PA และ AL ตามลำดับ และพบว่าการเก็บรักษาภายใต้ภาวะสุญญากาศช่วยยืดอายุของผลิตภัณฑ์ได้นานกว่าการเก็บรักษาภายใต้บรรยากาศปกติ โดยผลิตภัณฑ์ที่เก็บรักษาใน V-AL มีอายุการเก็บที่นานกว่าใน AL อย่างไรก็ตามผลิตภัณฑ์ที่บรรจุในบรรจุภัณฑ์ PA ทั้งภายใต้บรรยากาศปกติและภาวะสุญญากาศมีอายุการเก็บไม่แตกต่างกัน เนื่องจากภาวะแวดล้อมในการเก็บรักษามีอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์สูง ทำให้สมบัติการซึมผ่านของออกซิเจนของ PA เพิ่มขึ้น

จากการประเมินอายุการเก็บของผลิตภัณฑ์ พบว่าผลิตภัณฑ์ชาเขียวใบหม่อนที่เก็บรักษาใน PP, PA และ V-PA มีอายุการเก็บนาน เดือน 5, 7 และ 7 เดือน ตามลำดับ ส่วนผลิตภัณฑ์ที่เก็บใน AL มีอายุการเก็บ 10 เดือน ในขณะที่ผลิตภัณฑ์ใน V-AL สามารถเก็บรักษาได้นานถึง 12 เดือน สรุปได้ว่าการบรรจุที่เหมาะสมสำหรับการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ชาเขียวใบหม่อนที่อุณหภูมิ 30°C ความชื้นสัมพัทธ์ 70 % เรียงลำดับจากมากที่สุดไปน้อยที่สุด คือ V-AL > AL > V-PA = PA > PP

ดังนั้นบรรจุภัณฑ์ที่เหมาะสมสำหรับผลิตภัณฑ์ชาเขียวใบหม่อนต้องสามารถปกป้องชาจากปัจจัยต่างๆ ที่ทำให้คุณภาพชาลดลงได้ คือ สามารถกันออกซิเจน ความชื้น และแสงได้ดี เพื่อสามารถเก็บรักษาคุณภาพทั้งทางด้านกายภาพ ทางประสาทสัมผัส ตลอดจนคุณสมบัติในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระได้นานขึ้น อาจช่วยให้ผลิตภัณฑ์ชาเขียวใบหม่อนของไทย มีคุณภาพเป็นที่ยอมรับทำให้สามารถขยายโอกาสทางการค้าไปเป็นสินค้าออกไปยังต่างประเทศได้

ข้อเสนอแนะเกี่ยวกับการวิจัยในขั้นต่อไป

.1. เนื่องจากสารในกลุ่ม flavanols, flavonols และ flavonol glycosides ซึ่งเป็น phenolic compounds ที่พบในชาใบหม่อน มีบทบาทในการเป็น สารต้านอนุมูลอิสระที่สำคัญ และเป็นสารที่ไวต่อการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน จึงควรมีการศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของสารดังกล่าวในระหว่างการเก็บรักษา

2. ควรมีการศึกษาเกี่ยวกับกลิ่นรส (flavor profile) ของผลิตภัณฑ์ โดยใช้การวิเคราะห์ขั้นสูง เช่น gas chromatography และ electronic nose ซึ่งสามารถใช้เป็นเครื่องมือในการศึกษาและการตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงด้านกลิ่นรสของผลิตภัณฑ์ได้สะดวก รวดเร็ว และประหยัดกว่าการใช้ผู้ทดสอบในการประเมินผลทางประสาทสัมผัส

3. สร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ เพื่อใช้ในการกำหนดอายุการเก็บของผลิตภัณฑ์ในบรรจุภัณฑ์ชนิดต่างๆ ภายใต้ภาวะการเก็บรักษาที่แตกต่างกันได้

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ประโยชน์ในการประยุกต์ของผลงานวิจัยที่ได้

จากกระแสความตื่นตัวในการบริโภคชาเขียว ชาสมุนไพร และเครื่องดื่มเพื่อสุขภาพในปัจจุบัน ส่งผลให้ความนิยมบริโภคชา และ ชาเขียวจากใบหม่อนมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้น ใบหม่อนของประเทศไทยจึงเป็นพืชที่มีศักยภาพในการนำมาพัฒนาผลิตเป็นผลิตภัณฑ์เพื่อสุขภาพในระดับอุตสาหกรรม เพื่อจำหน่ายทั้งในประเทศและส่งเสริมให้เกิดการส่งออกไปต่างประเทศ อย่างไรก็ตาม ผลิตภัณฑ์ชาเขียวใบหม่อนที่จำหน่ายทางการค้าของไทยยังอยู่ในรูปแบบของผลิตภัณฑ์พื้นบ้าน รูปแบบบรรจุภัณฑ์ยังไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคมากนัก อีกทั้งมีอายุการเก็บที่สั้นและมักสั้นกว่าวันหมดอายุ (expiration date) ที่ระบุไว้ที่บรรจุภัณฑ์

โครงการวิจัยนี้ได้ศึกษาการรักษาคุณภาพและยืดอายุการเก็บของผลิตภัณฑ์ชาเขียวใบหม่อนโดยใช้เทคโนโลยีบรรจุภัณฑ์ และได้กำหนดชนิดของบรรจุภัณฑ์และภาวะการบรรจุที่สามารถรักษาคุณภาพทางกายภาพ และทางประสาทสัมผัส ตลอดจนปริมาณ polyphenolic compounds และ flavonoids ซึ่งมีบทบาทสำคัญในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ ดังนั้นหากมีการนำไปใช้บรรจุผลิตภัณฑ์ชาเขียวใบหม่อนเพื่อผลิตทางการค้า หรือประยุกต์ใช้กับผลิตภัณฑ์สมุนไพรเพื่อสุขภาพอื่นๆ อาจช่วยให้ชาเขียวใบหม่อนหรือพืชสมุนไพรอื่นๆ ซึ่งมีแหล่งวัตถุดิบภายในประเทศเอง มีคุณภาพและมาตรฐานเป็นที่ยอมรับในระดับสากล เหมาะสมกับการวางจำหน่ายทั้งในประเทศและส่งออกไปยังตลาดต่างประเทศ ทำให้สามารถขยายโอกาสทางการค้าของสินค้าไทยไปยังต่างประเทศได้

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

เอกสารอ้างอิง

กรมส่งเสริมการเกษตร. 2532. เอกสารวิชาการหม่อนไหม. กรุงเทพมหานคร : โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย จำกัด.

กระทรวงอุตสาหกรรม. 2526. มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมชาใบหม่อน. กรุงเทพมหานคร:สิทธิพันธุ์การพิมพ์.

หนังสือพิมพ์บิสิเนสไทย. 2546. ชาเขียวพร้อมดื่มในประเทศและต่างประเทศ แข่งรสชาติชิงส่วนแบ่งการตลาด. 17 ตุลาคม 2546.

ประทีป มีศิลป์, ไพลิน เหล็กคง, บุญมา ภางาม และ ณรงค์ ชบา. 2528. การวิเคราะห์คุณค่าทางอาหารของใบหม่อนพันธุ์ต่างๆ. หน้า 23-29. ผลการค้นคว้าวิจัยประจำปี 2528 ศูนย์วิจัยหม่อนไหมศรีสะเกษ.

รัตติยา สำราญกุล. 2544. ปริมาณสารโพลีฟีนอลและฤทธิ์การต้านออกซิเดชันโดยรวมของใบหม่อนจากบางแหล่งในประเทศไทย. กรุงเทพมหานคร: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

วิโรจน์ แก้วเรือง, สถาพร วงศ์เจริญวนกิจ, ประยูร หาสาง, กิตติชัย จันคศัต, วสันต์ นุ้ยภิรมย์ และทิพรรณี เสนะวงศ์. 2540. การทำชาจากใบหม่อน. หน้า 1-47. ผลการค้นคว้าวิจัยประจำปี 2540, ศูนย์วิจัยหม่อนไหมอุตรธานี. สถาบันวิจัยหม่อนไหม กรมวิชาการเกษตร.

วิโรจน์ แก้วเรือง. 2540. หม่อนและไหม: พืชและสัตว์สารพัดประโยชน์. กรุงเทพมหานคร : ห้างหุ้นส่วนจำกัด เอ็น พี จี เอ็นเตอร์ไพรส์.

วิโรจน์ แก้วเรือง. 2543. ชาหม่อน. กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย จำกัด.

วุฒิ วุฒิธรรมเวช. 2540. เภสัชกรรมไทยรวมสมุนไพร. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพมหานคร: โอ เอส พริ้นติ้งเฮาส์

สถาบันวิจัยหม่อนไหม. กรมวิชาการเกษตร. 2541. การทำชาหม่อน. เอกสารแนะนำ. โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย จำกัด.

สัณห์ ละอองศรี . 2535. ชา. โครงการหลวงวิจัยชา สถาบันเทคโนโลยีการเกษตรแม่โจ้.

เอมอร โสมนะพันธุ์. 2543. หม่อน. จุลสารข้อมูลสมุนไพร.โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย จำกัด.

A.O.A.C. 1995. "Official Methods of Analysis of AOAC International," 16th ed. Association of Official Analytical Chemists., Arrington, Virginia: AOAC International.

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Asano N, Yamashita T, Yasuda K, Ikeda K, Kizu H, Kameda Y,et al. 2001. Polyhydroxylated alkaloids isolated from mulberry (*Morus alba*) and silk worms (*Bombyx mori*). Journal of Agricultural and Food Chemistry. 49: 4208– 4213.

ASTM. 2003. Annual Book of ASTM Standards. American Society of Testing and Materials. Philadelphia, PA.

Bailey, E.M.1992. Change in tea during storage. Journal of the Frankin Institute 208, 703.

Blois, M.S. 1958. Antioxidant determinations by the use of a stable free radical, Nature 181: 1199-1200.

Bose, P. C. 1989. Genetic resources of mulberry and utilization. Mysore, India: CSR and TI, pp. 183-190.

Chan, E.W.C., Lim, Y.Y., and Chew, Y.L. 2007. Antioxidant activity of *Camellia sinensis* leaves and tea from a lowland plantation in Malaysia. Food Chemistry 102: 1214-1222.

Chen, Y. T., Li, X. J., Zao, B. L., and Xin, W. J. 1989. ESR study of the scavenging effect of natural products of rutin etc superoxide and hydroxyl radical. Acta Biophysica Sinica. 5: 235-240.

Chen, J., Nakashima, N., Kimura, M., Asano, N and Ko, S. 1995. Potentiating effects on pilocarpine-induced saliva secretion, by extracts and N-containing sugars derived from Mulberry leaves, on streptozocin-diabetic mice. Biological Pharmacology Bulletin. 18: 1676-1680.

Cushnie, T. P. And Lamb, A. J. 2005. Antimicrobial activity of flavonoids. International Journal of Antimicrobial Agents. 26: 343-356.

Dan, N., Li, X. J., Zhang, T. M., and Xin, W. J. 1989. Scavenging effects of probimane on active oxygen free radicals by electron spin resonance. Acta Pharmacologica Sinica. 10: 443-447.

Dewanto, V., Wu, X., Adom, K.K. and Liu, R.H., 2002. Thermal processing enhances the nutritional value of tomatoes by increasing total antioxidant activity. Journal of Agricultural and Food Chemistry 50: 3010-3014.

Havsteen, B. H. 2002. The biochemistry and medical significance of the flavonoids. Phamacol and Therapeutics. 96: 67-202.

Hernandez, R. J., Selke, S.E.M. and Culter, J. D. 2000. Plastic Packaging. Hanser Publishers, Munich.

Jay, J.M. 1999. Modern Food Microbiology-5th ed. Chapman & Hall, New York.

Kim, J.W., Kim, S.U., Lee, H. S., Kim, I., Ahn, M.Y. and Ryu, K.S. 2003. Determination of 1-deoxynojirimycin in *Morus alba* L. leaves by derivatization with 9-fluorenylmethyl chloroformate followed by reversed-phase high-performance liquid chromatography. Journal of Chromatography A, 1002: 93-99.

Katsube, T., Imawaka, N., Kawano, Y., Yamazaki, Y., Shiwaku, K., and Yamane, Y. 2006. Antioxidant flavonol glycosides in mulberry (Morus alba L.) leaves isolated based on LDL antioxidant activity. Food Chemistry. 97: 25-31.

Lee, M.J., Prabhu, S., Meng, X., Li, C. and Yang, C.S. 2000. An improved method for the determination of green and black tea polyphenols in biomatrices by High-performance liquid chromatography with Coulometric array detection. Analytical Biochemistry. 279: 164-169.

Liang, Y., Lu, J., Zhang, L., Wu, S. and Wu, Y. 2005. Estimation of tea quality by infusion colour difference analysis. Journal of the Science of Food and Agriculture. 85: 286-292.

Lin, J.Y. and Tang, C. Y. 2007. Determination of total phenolic and flavonoid contents in selected fruits and vegetables, as well as their stimulatory effects on mouse splenocyte proliferation. Food Chemistry. 101: 140-147.

Montogery, D. C. 2001. Design and analysis of experiments. 5th ed. John Wiley&Sons. New York.

Siripatrawan, U., Burgess, G. and Harte, B.R. 2002. The effect of repeated microwave heating on the impact resistance of a polypropylene bottle, Packaging Technology and Science. 12: 1-6.

Siripatrawan, U. and Jantawat, P. 2008. Artificial neural network approach to simultaneously predict shelf life of two varieties of packaged rice snacks. International Journal of Food Science and Technology, In Press.

Tsushida,T., Murai, M.,Omori and Okamoto, J. 1998. Production of new type tea containing a high level of aminobutyric acid. Nippon Nogeikagaku Kaishi. 61: 817–822.

Wang, S.Y. and Lin, H.S. 2000. Antioxidant activity in fruits and leaves of blackberry, raspberry and strawberry varies with cultivar and developmental stage. Journal of Agricultural and Food Chemistry. 48: 140-146.

Yong, X., Ho, C.T., Amin, S., Han, C. and Chung, F. 1992. Inhibition of tobacco-specific Nitrosamine-induced Lung Tumorigeneresis in A/J Mice by Green Tea and its Major Polyphenol as Antioxidants. Cancer Research. 52: 3875-3879.

Zhishen, J., Mengcheng, T., and Jianming, W. 1999. The determination of flavonoid contents in mulberry and their scavenging effects on superoxide radicals. Food Chemistry. 64: 555-559.

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ก

สารเคมีและอุปกรณ์ที่ใช้ในการดำเนินงานวิจัย

สารเคมี

1. สารละลายโซเดียมคาร์บอเนตความเข้มข้น 20% (w/v) (A.R. grade)
2. Folin-Ciocalteau reagent (Merck)
3. สารละลายโซเดียมไนไตรตความเข้มข้น 5% (w/v) (A.R. grade)
4. สารละลายอลูมิเนียมคลอไรด์ความเข้มข้น 10% (w/v) (A.R. grade)
5. สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 1 โมลาร์ (A.R. grade)
6. สารละลาย 2,2-Diphenyl-1-picryhydrazyl (DPPH) (Fluka)
7. สารละลายกรดแกลลิก (Fluka)
8. Petroleum ether b.p. 40-60 ^{0}C (A.R. grade)
9. กรดซัลฟูริกเข้มข้น (A.R. grade)
10. สารละลายมาตรฐานกรดไฮโดรคลอริก ความเข้มข้น 0.1 นอร์มอล (A.R. grade)
11. สารละลายกรดบอริกความเข้มข้น 4 % (w/v)(A.R. grade)
12. selenium reagent mixture (A.R. grade)
13. สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 35 % (w/v) (A.R. grade)
14. สารละลายอินดิเคเตอร์ เตรียมโดยผสม methylene blue 0.2 % ในแอลกอฮอล์ 25 มิลลิลิตร กับ methyl red 0.2% ในแอลกอฮอล์ 50 มิลลิลิตร

อุปกรณ์

1. เครื่องวัดสี Chroma Meter (Minolta, Model CR-300 Series, Japan) ระบบ CIELAB
2. เครื่องวัด water activity (a_w) (Aqua Lab รุ่น series 3TE, U.S.A.)
3. เครื่องชั่งละเอียดทศนิยม 4 ตำแหน่ง (Sartorius รุ่น A200S, Switzerland)
4. เครื่องวัดการดูดกลืนแสง (Spectrophotometer, Spectronic รุ่น Genesys 20, U.S.A.)
5. เครื่อง vortex (Vortex รุ่น Genie 2, U.S.A.)
6. เครื่องกวนแม่เหล็กไฟฟ้า (magnetic stirrer) (Steroglass รุ่น Steromag, Italy)
7. โถดูดความชื้น (desiccators)
8. ชุดสกัดไขมัน (Avanti 2050 Soxtec Automatic)
9. ตู้อบลมร้อน (hot air oven)
10. ชุดวิเคราะห์โปรตีน (BUVHI ประกอบด้วย digestion unit รุ่น K-424, distillation unit รุ่น B-324, scrubber รุ่น B-414)
11. เตาเผา (Muffle furnace)

ภาคผนวก ข
การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี

การวิเคราะห์ปริมาณความชื้น (ดัดแปลงจาก AOAC (1995))

วัสดุอุปกรณ์

1. ถ้วยอลูมิเนียม
2. โถดูดความชื้น (desiccators)

วิธีการทดลอง

1. นำภาชนะอลูมิเนียมพร้อมฝาไปอบฝนตู้ที่อุณหภูมิ 100 ±2 °C นาน 30 นาที หรือจนน้ำหนักคงที่ แล้วทิ้งให้เย็นใน desiccator จากนั้นชั่งน้ำหนักอลูมิเนียมเปล่าพร้อมฝา
2. ชั่งน้ำหนักตัวอย่างที่แน่นอนประมาณ 2 กรัม ด้วยเครื่องชั่งละเอียดใส่ในภาชนะอลูมิเนียมที่ชั่งน้ำหนักไว้แล้ว
3. นำตัวอย่างที่ชั่งน้ำหนักเรียบร้อยแล้วไปอบในตู้อบ ควบคุมอุณหภูมิที่ 100±2 °C เป็นเวลา 2 ชั่วโมง โดยเปิดฝาอลูมิเนียมไว้
4. นำออกจากตู้อบใส่ใน desiccator ทิ้งไว้ให้เย็น
5. ชั่งน้ำหนักตัวอย่างที่เย็นแล้วพร้อมภาชนะอลูมิเนียมและฝา
6. นำไปอบต่ออีก 15-30 นาที จนน้ำหนักคงที่
7. ชั่งน้ำหนักตัวอย่างพร้อมภาชนะอลูมิเนียมพ้อมฝา แล้วหักลบน้ำหนักภาชนะอลูมิเนียมเปล่าพร้อมฝา จนได้น้ำหนักหลังอบของตัวอย่าง
8. คำนวณปริมาณความชื้นดังนี้

$$\text{ปริมาณความชื้น} = \frac{\text{น้ำหนักตัวอย่างก่อนอบ (กรัม)} - \text{น้ำหนักตัวอย่างหลังอบ (กรัม)} \times 100}{\text{น้ำหนักตัวอย่างก่อนอบ (กรัม)}}$$

การวิเคราะห์ปริมาณไขมัน (ดัดแปลงจาก AOAC (1995))

1. วัสดุอุปกรณ์
2. ชุดสกัดไขมัน (Avanti 2050 Soxtec Automatic)
3. Thimble
4. ตู้อบลมร้อน (hot air oven)
5. เครื่องชั่งละเอียดทศนิยม 4 ตำแหน่ง
6. โถดูดความชื้น

สารเคมี

1. Petroleum ether b.p. 40-60 °C (A.R. grade)

วิธีวิเคราะห์

1. ชั่งตัวอย่างที่ทราบน้ำหนักแน่นอนประมาณ 2-3 กรัม แล้วห่อด้วยกระดาษกรอง What man No.1 และใส่ห่อตัวอย่างลงใน thimble

2. เปิดเครื่อง Soxtec กดปุ่ม Heat ให้ hot plate ทำงานจนถึงอุณหภูมิที่ตั้งไว้

3. นำ Thimble ที่มีตัวอย่างบรรจุอยู่ประกอบเข้ากับเครื่อง และใส่ขวดก้นกลมที่มี petroleum ether 200 มิลลิลิตรเข้าไปในเครื่อง (ขวดก้นกลมอบแห้งและชั่งน้ำหนักแล้ว) กดปุ่ม Start เพื่อให้เครื่องเริ่มทำงาน

4. เมื่อครบเวลาแล้วนำไประเหย Petroleum ether โดยเครื่อง rotary evaporator แล้วนำไปอบที่อุณหภูมิ 100 ^{0}C เป็นเวลา 2 ชั่วโมง

5. ทิ้งให้เย็นในโถดูดความชื้น เป็นเวลา 1 ชั่วโมง ชั่งน้ำหนักขวดก้นกลมที่มีไขมันที่สกัดได้นำมาคำนวณหาปริมาณไขมัน

$$\text{ปริมาณไขมัน (\%)} = \frac{\text{น้ำหนักของไขมันที่สกัดได้(กรัม)} \times 100}{\text{น้ำหนักแห้งของตัวอย่าง (กรัม)}}$$

การวิเคราะห์ปริมาณโปรตีน(ดัดแปลงจาก AOAC (1995))

อุปกรณ์

1. ชุดวิเคราะห์โปรตีน (BUVHI ประกอบด้วย digestion unit รุ่น K-424, distillation unit รุ่น B-324, scrubber รุ่น B-414)

2. เครื่องชั่งละเอียดทศนิยม 4 ตำแหน่ง

สารเคมี

1. กรดซัลฟูริกเข้มข้น (A.R. grade)

2. สารละลายมาตรฐานกรดไฮโดรคลอริก(A.R. grade) ความเข้มข้น 0.1 N

3. สารละลายกรดบอริก (A.R. grade) ความเข้มข้น 4 % (w/v)

4. selenium reagent mixture (A.R. grade)

5. สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (A.R. grade) ความเข้มข้น 35 % (w/v)

6. สารละลายอินดิเคเตอร์ เตรียมโดยผสมสารละลาย methylene blue 0.2 % ในแอลกอฮอล์แล้วกรอง 25 มิลลิลิตร กับสารละลาย methyl red 0.2% ในแอลกอฮอล์ 50 มิลลิลิตร

วิธีวิเคราะห์

1. ชั่งตัวอย่างที่ทราบน้ำหนักแน่นอน ประมาณ 1-2 กรัม ลงในหลอดย่อยโปรตีน เติม Selenium reagent mixture ซึ่งเป็นสารเร่งปฏิกิริยา (catalyst) ประมาณ 5 กรัม และ กรดซัลฟูริกเข้มข้น 20 มิลลิลิตร

2. นำตัวอย่างไปย่อยด้วยเครื่อง BUCHI digestion unit โดยให้ความร้อน เบอร์ 8 และปิดฝาด้านบนที่ต่อเข้ากับเครื่องดูดไอกรด (scrubber) ย่อยตัวอย่างจนส่วนผสมในหลอดย่อยกลายเป็นสีเขียวใส และทิ้งไว้ให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง

3. นำฟลาสก์ขนาด 500 มิลลิลิตร ที่หยดสารละลายอินดิเคเตอร์ 2-3 หยด ต่อเข้ากับปลาย condenser ของเครื่องกลั่น (distillaion unit) นำหลอดตัวอย่างที่ผ่านการย่อยต่อเข้ากับเครื่องกลั่น เลือกโปรแกรม distillation ตั้งโปรแกรมดังนี้

NaOH	40 มิลลิลิตร
Boric acid	50 มิลลิลิตร
H_20	50 มิลลิลิตร
Time	5 min

4. ในระหว่างการกลั่นจะเกิดแอมโมเนียขึ้น แอมโมเนียที่เกิดขึ้นจะถูกจับไว้ด้วยสารละลายกรดบอริก จะได้สารละลายสีเขียวเมื่อกลั่นครบตามกำหนดเวลา

5. ล้างส่วนปลายของ condenser ด้วยน้ำกลั่นใส่ลงในฟลาสก์ที่รองรับสิ่งที่กลั่นได้ .นำสารละลายที่กลั่นได้ในฟลาสก์ทั้งหมดมาไตเตรตด้วยสารละลายกรดไฮโดรคลอริกมาตรฐาน ความเข้มข้น 0.1 N จนถึงจุดยุติ (end point) เป็นสีม่วงแดง

6. นำ blank แต่ไม่ต้องใส่ตัวอย่างและวิเคราะห์เช่นเดียวกับตัวอย่าง

10. คำนวณหาปริมาณโปรตีนโดยค่า Conversion Factor = 6.25

ปริมาณโปรตีน (%) = (Va-Vb) x N x 1.4 x CF / น้ำหนักตัวอย่าง (กรัม)

เมื่อ Va คือ ปริมาตรของกรดไฮโดรคลอริกที่ใช้ไตเตรตตัวอย่าง (มิลลิลิตร); Vb คือ ปริมาตรของกรดไฮโดรคลอริกที่ใช้ไตเตรต blank (มิลลิลิตร); N คือ ความเข้มข้นของกรดไฮโดรคลอริกที่ใช้ไตเตรต มีหน่วยเป็น Normal; Conversion Factor คือค่าที่ใช้ สำหรับเปลี่ยนไนโตรเจนให้เป็นหน่วยโปรตีน

การวิเคราะห์ปริมาณเส้นใย (ดัดแปลงจาก AOAC (1995))

อุปกรณ์

1. ครูซิเบิล
2. ตู้อบลมร้อน (hot air oven)
3. เตาเผา (Muffle furnace)
4. เครื่องชั่งละเอียดทศนิยม 4 ตำแหน่ง
5. โถดูดความชื้น

สารเคมี

1. สารละลายกรดซัลฟูริก (A.R. grade) ความเข้มข้น 1.25 % (v/v)
2. สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (A.R. grade) ความเข้มข้น 1.25 % (w/v)
3. เอทิลแอลกอฮอล์ 95%

วิธีวิเคราะห์

1. นำตัวอย่างที่ผ่านการสกัดไขมันแล้วทั้งหมดใส่ในบีกเกอร์ขนาด 600 มิลลิลิตร
2. เติมสารละลายกรดซัลฟูริก ความเข้มข้น 1.25% ปริมาตร 200 มิลลิลิตร ลงในบีกเกอร์ต้มเดือดนาน 30 นาที สังเกตไม่ให้ปริมาตรของสารละลายลดลง หากลดลงปรับปริมาตรโดยใช้น้ำร้อน

3. กรองตัวอย่างที่ถูกย่อยด้วย buchner funnel ที่รองด้วยกระดาษกรอง Whatman No.1 โดยใช้ความดันสุญญากาศ 25 มิลลิลิตรปรอท ล้างกากด้วยน้ำร้อนจนหมดฤทธิ์กรด

4. นำกากมาย่อยต่อด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ความเข้มข้น 1.25 % ปริมาตร 200 มิลลิลิตร ต้มเดือดนาน 30 นาที โดยควบคุมปริมาตรของสารละลายเช่นเดียวกับข้อ 2

5. กรองตัวอย่างที่ถูกย่อยด้วย buchner funnel ที่รองด้วยกระดาษกรอง Whatman No.1 โดยใช้ความดันสุญญากาศ 25 มิลลิลิตรปรอท ล้างกากด้วยน้ำร้อนจนหมดฤทธิ์ด่าง

6. กรองผ่านกระดาษกรอง Whatman No.42 ที่ทราบน้ำหนักแน่นอน ล้างกากด้วยเอทิลแอลกอฮอล์ 95% ปริมาตร 25มิลลิลิตร 2 ครั้ง

7. นำกากที่ได้ไปอบที่อุณหภูมิ 100-105 °C เป็นเวลา 2 ชั่วโมง หรือจนน้ำหนักคงที่ ทิ้งให้เย็นในโถดูดความชื้น ชั่งน้ำหนักจะได้น้ำหนักตัวอย่างก่อนเผา

8. นำตัวอย่างใส่ในครูซิเบิลที่ผ่านการเผาและทราบน้ำหนักที่แน่นอน

9. เผาครูซิเบิลพร้อมตัวอย่างที่อุณหภูมิ 550 °C จนได้เถ้าสีขาว ทิ้งให้เย็นในโถดูดความชื้นเป็นเวลา 1 ชั่วโมง และชั่งน้ำหนัก จะได้ น้ำหนักตัวอย่างหลังเผา

10. นำมาคำนวณหาปริมาณเส้นใย

$$\text{ปริมาณเส้นใย (\%)} = \frac{[\text{น้ำหนักตัวอย่างก่อนเผา(กรัม)} - \text{น้ำหนักตัวอย่างหลังเผา(กรัม)}]\times 100}{\text{น้ำหนักตัวอย่างแห้งจากการสกัดไขมัน(กรัม)}}$$

การวิเคราะห์ปริมาณเถ้า (ดัดแปลงจาก AOAC (1995))

อุปกรณ์

1. เตาเผา (Muffle furnace)
2. ครูซิเบิล (Crucible)
3. Hot plate
4. เครื่องชั่งละเอียดทศนิยม 4 ตำแหน่ง
5. โถดูดความชื้น

วิธีวิเคราะห์

1. ชั่งตัวอย่างที่ทราบน้ำหนักแน่นอน 3-5 กรัม ใส่ในครูซิเบิลที่เผาและทราบน้ำหนักที่แน่นอนแล้ว
2. นำตัวอย่างไปเผาโดยใช้ Hot plate ในตู้ดูดควัน จนกระทั่งตัวอย่างหมดควัน
3. นำตัวอย่างไปเผาต่อในเตาเผาที่อุณหภูมิ 550 °C นาน 4 ชั่วโมง หรือจนกระทั่งได้เถ้าสีขาว
4. ทิ้งไว้ให้เย็นในโถดูดความชื้นเป็นเวลา 1 ชั่งโมง ชั่งน้ำหนักเถ้าที่ได้และคำนวณหาปริมาณเถ้า

$$\text{ปริมาณเถ้า (\%)} = \frac{\text{น้ำหนักตัวอย่างหลังเผา (กรัม)} \times 100}{\text{น้ำหนักตัวอย่าง (กรัม)}}$$

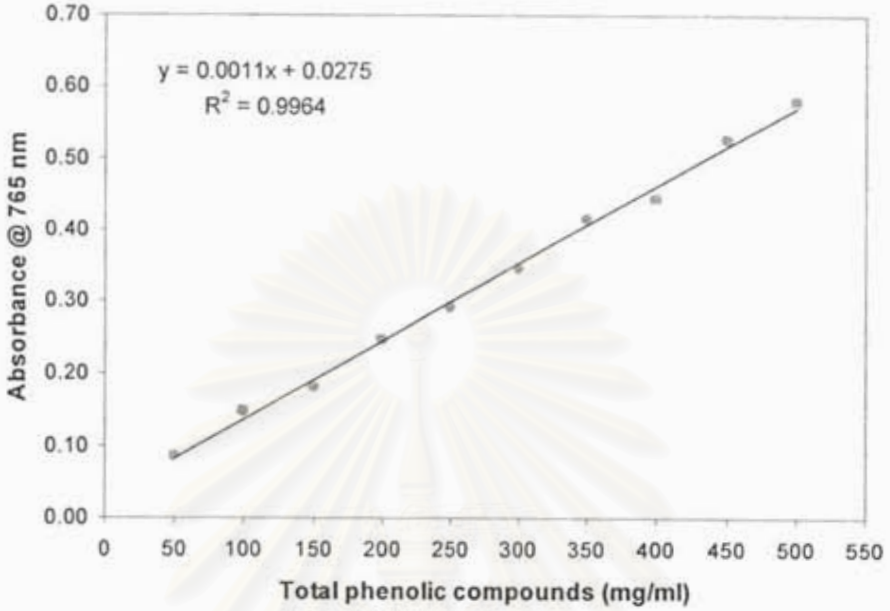
การวิเคราะห์ปริมาณคาร์โบไฮเดรต

วิธีการคำนวณ

ปริมาณคาร์โบไฮเดรต(%) = 100 - % (ความชื้น + โปรตีน + เถ้า + เส้นใย + ไขมัน)

ภาคผนวก ค

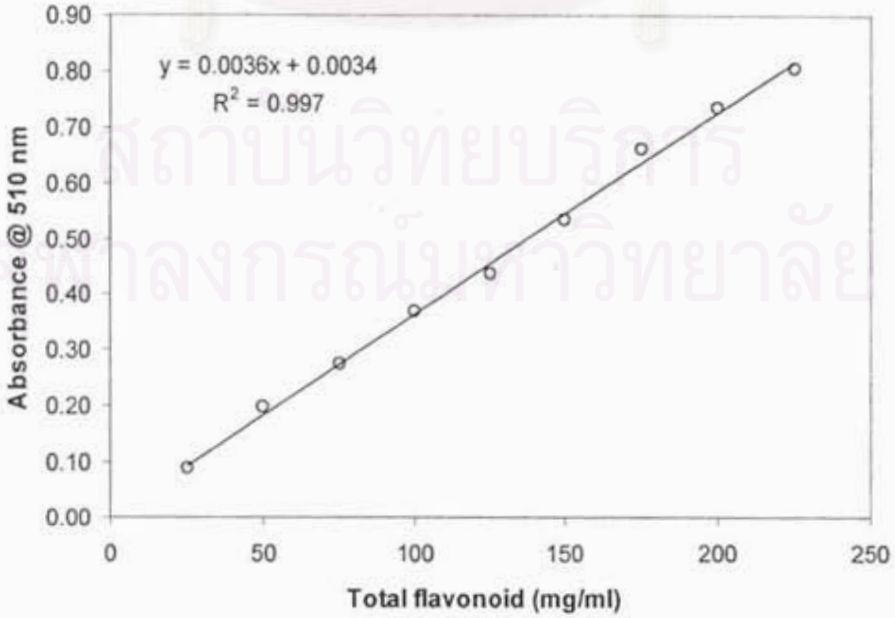
กราฟมาตรฐานสำหรับการวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบโพลิฟีนอลิกทั้งหมด



รูปที่ 24 กราฟมาตรฐานสำหรับหาปริมาณ total phenolic compounds

ภาคผนวก ง

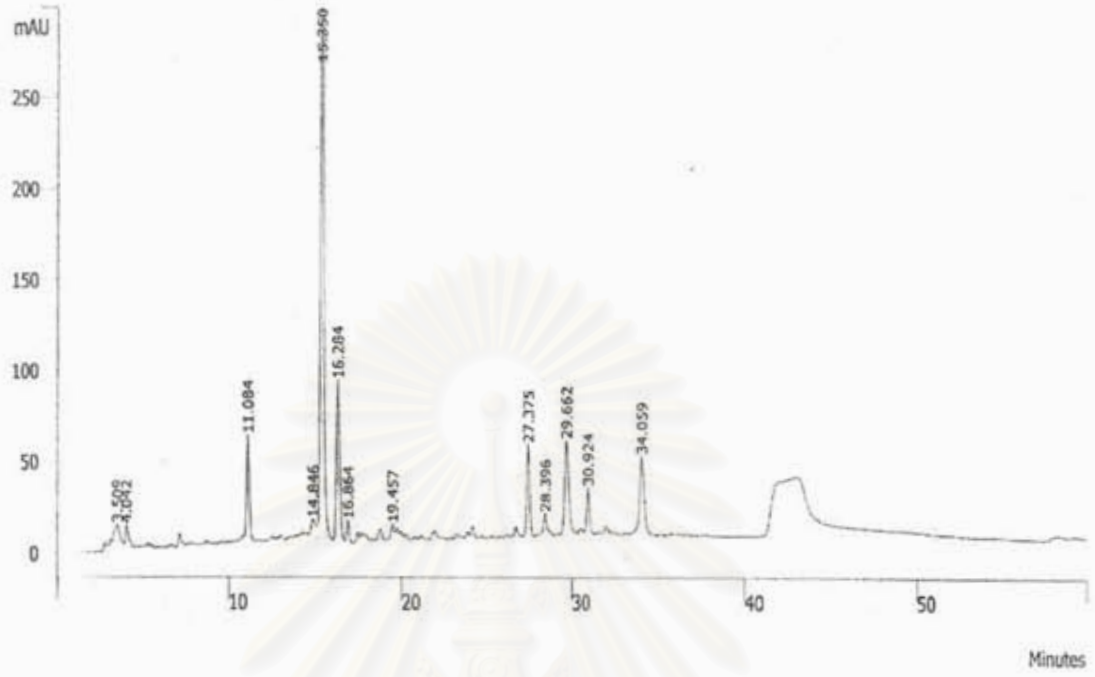
กราฟมาตรฐานสำหรับการวิเคราะห์ปริมาณฟลาโวนอยด์ทั้งหมด



รูปที่ 25 กราฟมาตรฐานสำหรับหาปริมาณ total flavonoid

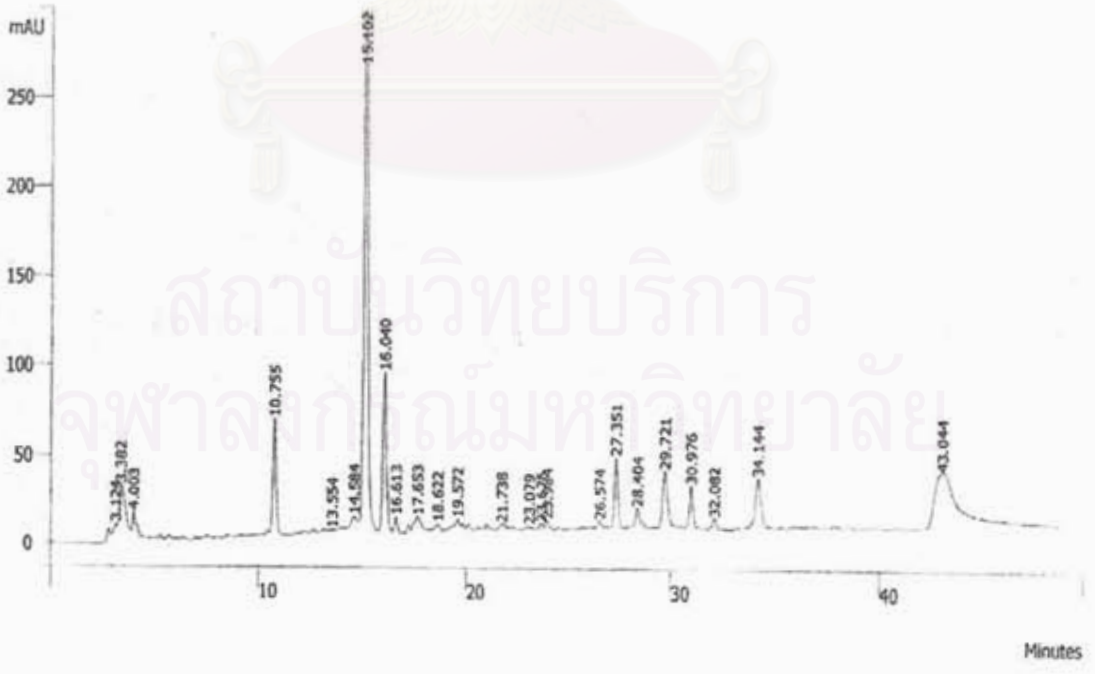
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก จ



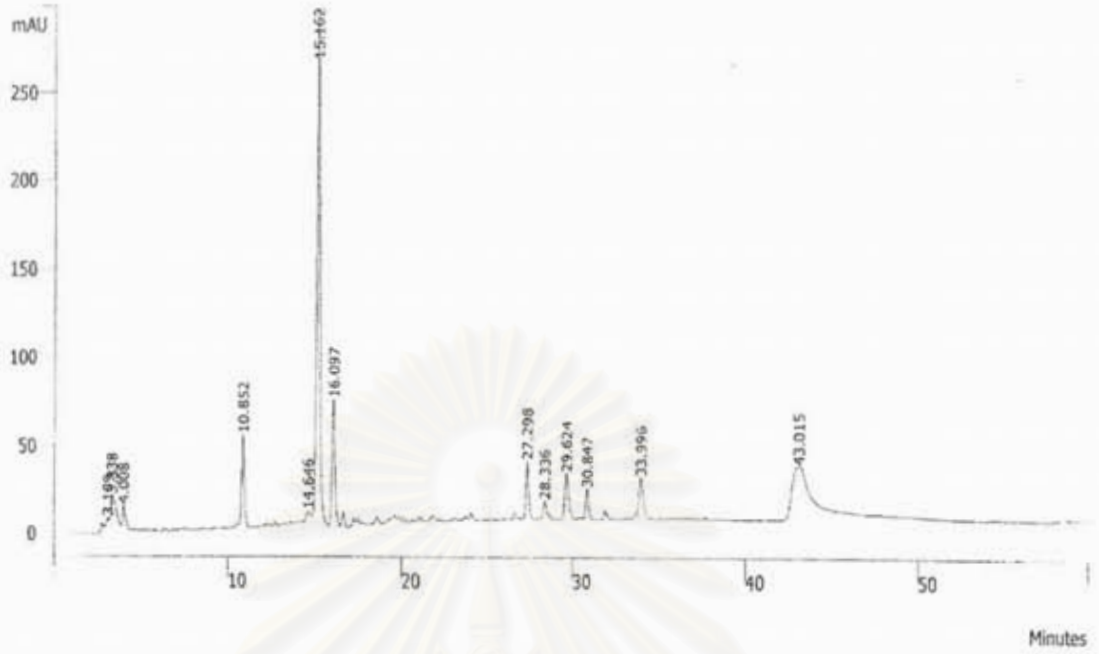
รูปที่ 27 HPLC chromatogram ของผลิตภัณฑ์ชาเขียวใบหม่อนในเริ่มต้นก่อนการเก็บรักษา

Retention time : catechin (14.84), rutin (27.37) , quercetin (30.92) และ kaemferol (43.05)

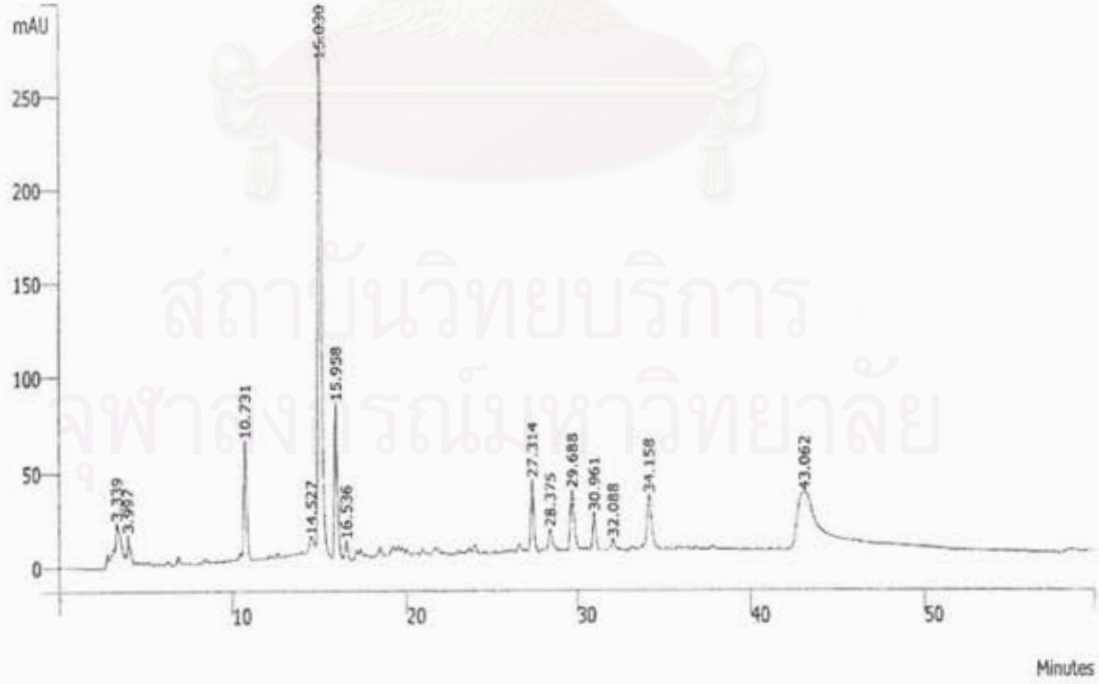


รูปที่ 28 HPLC chromatogram ของผลิตภัณฑ์ชาเขียวใบหม่อนในบรรจุภัณฑ์ PA และเก็บรักษาที่ 30°C ความชื้นสัมพัทธ์ 70 % เป็นเวลา 12 เดือน

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

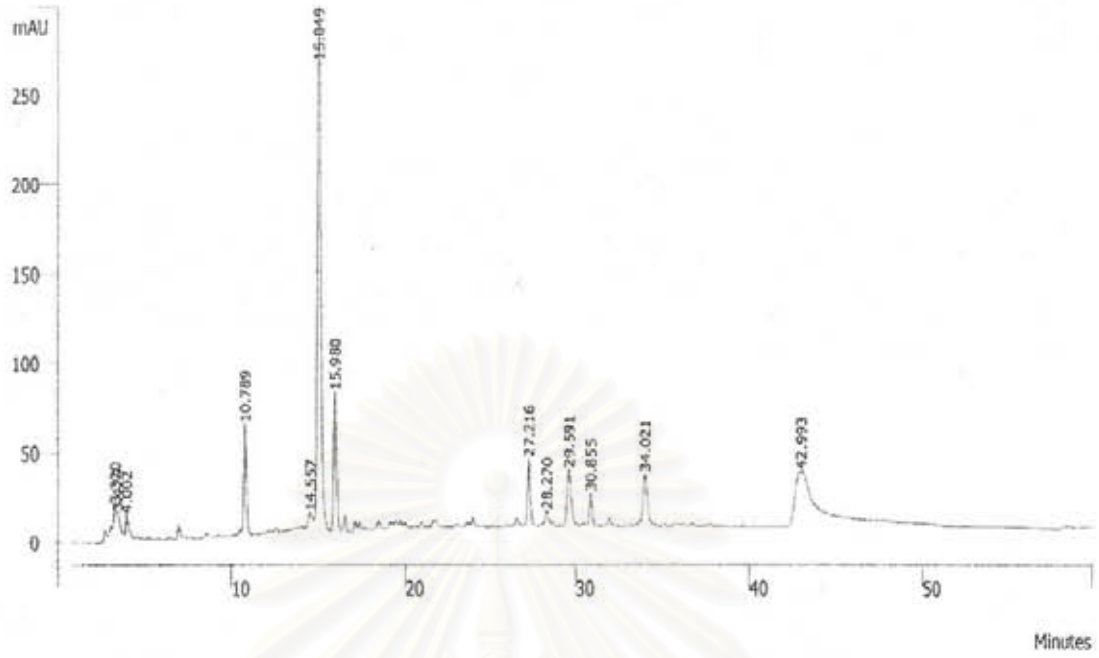


รูปที่ 29 HPLC chromatogram ของผลิตภัณฑ์ชาเขียวใบหม่อนในบรรจุภัณฑ์ V-PA และเก็บรักษาที่ 30°C ความชื้นสัมพัทธ์ 70 % เป็นเวลา 12 เดือน

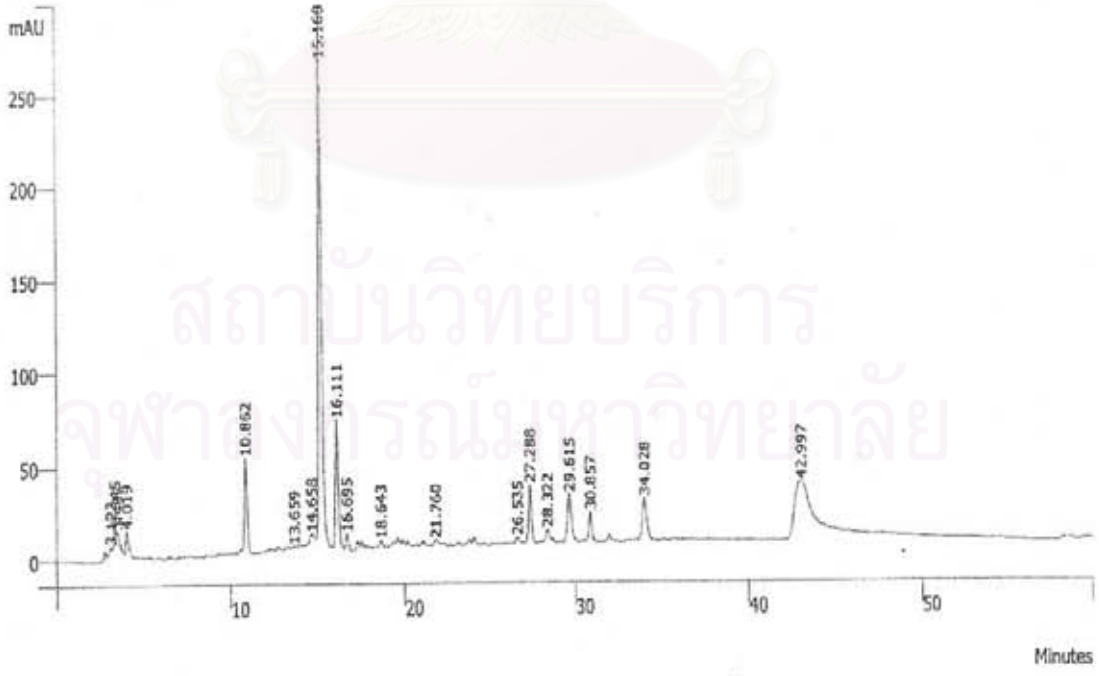


รูปที่ 30 HPLC chromatogram ของผลิตภัณฑ์ชาเขียวใบหม่อนในบรรจุภัณฑ์ AL และเก็บรักษาที่ 30°C ความชื้นสัมพัทธ์ 70 % เป็นเวลา 12 เดือน

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 31 HPLC chromatogram ของผลิตภัณฑ์ชาเขียวใบหม่อนในบรรจุภัณฑ์ V-AL และเก็บรักษาที่ 30°C ความชื้นสัมพัทธ์ 70 % เป็นเวลา 12 เดือน



รูปที่ 32 HPLC chromatogram ของผลิตภัณฑ์ชาเขียวใบหม่อนในบรรจุภัณฑ์ PP และเก็บรักษาที่ 30°C ความชื้นสัมพัทธ์ 70 % เป็นเวลา 12 เดือน

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ประวัติคณะผู้วิจัย

1. ผศ.ดร.อุบลรัตน์ สิริภัทราวรรณ

ชื่อ-นามสกุล (ไทย) อุบลรัตน์ สิริภัทราวรรณ

(อังกฤษ) UBONRAT SIRIPATRAWAN

ตำแหน่งปัจจุบัน ผู้ช่วยศาสตราจารย์ระดับ 8

หน่วยงานที่สังกัด และที่อยู่ที่ติดต่อ

ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย กรุงเทพฯ 10330

โทร 02-218-5515-6 โทรสาร 02-254-4314 Email: Ubonratana.s@chula.ac.th

ประวัติการศึกษา

ปี	คุณวุฒิ	สาขาวิชา	สถานศึกษา
2001	Ph.D.	Packaging	Michigan State University
1997	M.S.	Packaging	Michigan State University
1992	วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต	เทคโนโลยีทางอาหาร	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
1989	วิทยาศาสตรบัณฑิต (เกียรตินิยมอันดับ 1)	วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2000 Tokyo University of Agriculture, Tokyo, Japan
Oversea Study of Packaging Program
Packaging design, Innovative packaging system, Packaging recycling system,

1997 University of London, London, UK
Oversea Study of Packaging Program
Packaging developments, UK and European Union regulation, European packaging for transport, Package distribution system

1997 The Defence Packaging Authority, Kent, UK
Introduction to Military Packaging

สาขาที่มีความชำนาญ

Shelf life prediction, Electronic sensors, Active packaging

ประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการบริหารงานวิจัยทั้งภายในและภายนอกประเทศ

1. ผู้อำนวยการแผนงานวิจัย :

2. หัวหน้าโครงการวิจัย :

2.1 ชื่อโครงการ Packaging technology to support Thailand processed foods for export
ระยะเวลาโครงการ 1 ปี 2 เดือน ตั้งแต่ กันยายน 2548 ถึง พฤศจิกายน 2549

แหล่งทุนที่ให้การสนับสนุน Asia Research Center, Korea Foundation, Chulalongkorn University

สถานะ ☑ หัวหน้าโครงการ

2.2 ชื่อโครงการ การพัฒนาปอเปี๊ยะทอดแช่แข็งสำหรับเตาไมโครเวฟ

ระยะเวลาโครงการ ...2. ปี ตั้งแต่ 1 มิถุนายน 2547 ถึง 31 พฤษภาคม 2549

แหล่งทุนที่ให้การสนับสนุน ทบวงมหาวิยาลัย

สถานะ ☑ หัวหน้าโครงการ

2.3 ชื่อโครงการ บรรจุภัณฑ์แบบดัดแปรบรรยากาศและเมทิลจัสโมเนตเพื่อลดอาการสะท้านหนาวและยืดอายุการเก็บมะเขือเทศ *Lycopersicon esculentum* Mill.

ระยะเวลาโครงการ ...1 ปี 6 เดือน ตั้งแต่ 1 พฤศจิกายน 2549 - 30 เมษายน 2551

แหล่งทุนที่ให้การสนับสนุน โครงการทุนวิจัยมหาบัณฑิต สกว. สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

สถานะ ☑ หัวหน้าโครงการ

2.4 ชื่อโครงการ การยืดอายุการเก็บของผลิตภัณฑ์ผลไม้ไทยอบกรอบโดยใช้เทคโนโลยีการบรรจุ

ระยะเวลาโครงการ ...1 ปี ตั้งแต่ 1 พฤศจิกายน 2549 - 30 เมษายน 2551

แหล่งทุนที่ให้การสนับสนุน สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย ฝ่ายอุตสาหกรรม ในโครงการทุน IPUS

สถานะ ☑ หัวหน้าโครงการ

3. งานวิจัยที่ทำเสร็จแล้ว : การเผยแพร่

International Journal

Siripatrawan, U. and Pantipa Jantawat. 2008. Artificial neural network approach to simultaneously predict shelf life of two varieties of packaged rice snacks. International Journal of Food Science and Technology (In Press).

Siripatrawan, U. and Bruce R. Harte. 2007. Solid Phase Microextraction/Gas Chromatograph/Mass Spectrometer Integrated with Chemometrics for Detection of *Salmonella* Typhimurium Contamination in a Packaged Fresh Vegetable. Analytica Chimica Acta. 581 (1): 63-70.

Phimoliripol, Y., U. Siripatrawan, V. Tulyathan, D. J. Cleland. 2008. Effects of freezing and temperature fluctuations during frozen storage on frozen dough and bread quality. Journal of Food Engineering 84: 48–56.

Phimoliripol, Y., U. Siripatrawan, V. Tulyathan, D. J. Cleland. 2007. Effect of Cold Pre-treatment before Freezing on Frozen Bread Dough Quality. International Journal of Food Science and Technology. (In Press).

Siripatrawan, U. and Pantipa Jantawat. 2006. Determination of Moisture Sorption Isotherms of Jasmine Rice Crackers Using BET and GAB Models. Food Science and Technology International. 12 (6): 459-465.

Siripatrawan, U., G. Burgess and B.R. Harte*. 2002. The effect of repeated microwave heating on the impact resistance of a polyprolylene bottle. Packaging Technology and Science. 12:1-6.

2. Prof. Bruce R Harte, Ph.D.

Bruce Harte, Ph.D. 135 Packaging East Lansing, MI 48824 harte@msu.edu(517) 355-4555	POSITION TITLE Professor & Director

EDUCATION/TRAINING

INSTITUTION AND LOCATION	DEGREE *(if applicable)*	YEAR(s)	FIELD OF STUDY
Michigan State University, East Lansing, MI	BS	1968	Food Science
Michigan State University, East Lansing, MI	MS	1974	Food Science
Michigan State University, East Lansing, MI	Ph.D.	1979	Food Science

Positions

1993 - present	Director and Professor - School of Packaging, and Adjunct Professor, Food Science & Human Nutrition - Michigan State University
1990 - 1993	Professor - School of Packaging, and Adjunct Professor, Food Science & Human Nutrition - Michigan State University
1984 - 1990	Associate Professor - School of Packaging, and Adjunct Associate Professor, Food Science & Human Nutrition - Michigan State University
1979 - 1984	Assistant Professor - School of Packaging - Michigan State University
1975 - 1979	Graduate Research Assistant - Food Science & Human Nutrition - Michigan State University
1974 - 1975	Food Chemist - Fred Sanders Company, Detroit, Michigan
1972 - 1974	Graduate Research Assistant - Food Science & Human Nutrition - Michigan State University

Dr. Bruce R. Harte is Director/Professor at the School of Packaging, Michigan State University, and an Adjunct Professor in the Department of Food Science and Human Nutrition. He has been a member of the packaging faculty since January 1979 and Director of the School since 1993.

Dr. Harte is also Associate Director of the School's Center for Food and Pharmaceutical Packaging Research. His research interests include product/package interaction and compatibility, product stability, barrier packaging and active packaging. Dr. Harte has had substantial interaction with the packaging and manufacturing industries both in the U.S. and internationally. He is currently an active board member of the International Association of Packaging Research Institutes.

Selected Publications

Development of a Food Packaging Coating Material with Antimicrobial Properties. P. Limjaroen, E. Ryzer, H. Lockhart, B. Harte, 2002. Proceedings of WORLDPAK 2002, pp. 840-854. Published by CRC Press.

Mechanical, Physical and Barrier Properties of Polylactic Acid. R. Auras, B. Harte, S. Selke, R. Hernandez, 2002. Proceedings of WORLDPAK 2002, pp. 1011-1021. Published by CRC Press.

Decreasing Lipid Oxidation in Soybean Oil by a UV Absorber in the Packaging Material. M.A. Pascall, B.R. Harte, J.R. Giacin and J.I. Gray. Journal of Food Science, Volume 60, No. 5, 1995.

Diffusion of Oxygen into a Packaged Product (Apple Juice) with Simultaneous Oxidation of Ascorbic Acid. J.N. Kim, B.R. Harte, J.N. Cash and G. Burgess. J of Food Process Engineering 21 (1998) 279-300.

Development of a Gas-Phase Oxygen Biosensor using a Blue Copper-Containing Oxidase. A.E. Gardiol, R.J. Hernandez, B. Reinhammar, and B.R. Harte. Enzyme and Microbial Technology 18:347-352, 1996.

3. รศ.ดร.สุวัสสา พงษ์อำไพ

1. **ชื่อ – นามสกุล (ภาษาไทย)** นางสุวัสสา พงษ์อำไพ
   ชื่อ – นามสกุล (ภาษาอังกฤษ) Suwassa Pongamphai, Mrs.
   (formerly, Wilai Luewisutthichat)
2. **เลขหมายบัตรประชาชน** 3749900307796
3. **ตำแหน่งปัจจุบัน** รองศาสตราจารย์ ระดับ 9
4. **หน่วยงานและสถานที่อยู่ที่ติดต่อได้สะดวก พร้อมหมายเลขโทรศัพท์ โทรสาร และe-mail**
   ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
   126 ถนนประชาอุทิศ แขวงบางมด เขตทุ่งครุ กรุงเทพฯ 10140
   โทรศัพท์ : 0-2470-9221-30 ต่อ 208 โทรสาร : 0-2428-3534
   - e-mail : suwassa.pon@kmutt.ac.th
5. **ประวัติการศึกษา**

1993-1996	D. Eng. (Chemical System Engineering)	
	The University of Tokyo, Japan	
1991-1993	M. Eng. (Chemical Energy Engineering)	
	The University of Tokyo, Japan	
1985-1989	B. Sc. (Food Science and Technology)	
	Kasetsart University, Thailand	

6. **สาขาวิชาการที่มีความชำนาญพิเศษ (แตกต่างจากวุฒิการศึกษา) ระบุสาขาวิชาการ**
   - Fluidization
   - Adsorption
   - Extraction
7. **ประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการบริหารงานวิจัยทั้งภายในและภายนอกประเทศ**
   7.1 **ผู้อำนวยการแผนงานวิจัย : ชื่อแผนงานวิจัย** ไม่มี
   7.2 **หัวหน้าโครงการวิจัย : ชื่อโครงการวิจัย**
   7.2.1 โครงการวิจัย การสกัดสารเซซามินจากกากงา
   แหล่งทุน ทุนอุดหนุนวิจัยจากสภาวิจัยแห่งชาติ ปีงบประมาณ 2550
   7.2.2 โครงการวิจัย การสกัด [6]- Gingerol จากขิงพันธุ์ไทย (*Zingiber officinale*) ด้วยตัวทำละลาย
   แหล่งทุน ทุนอุดหนุนวิจัยจากสภาวิจัยแห่งชาติ ปีงบประมาณ 2549
   7.2.3 โครงการวิจัย การสกัดสารเคเทชินจากชาเขียวโดยใช้คาร์บอนไดออกไซด์วิกฤตยิ่งยวด
   แหล่งทุน ทุนอุดหนุนวิจัยจากสภาวิจัยแห่งชาติ ปีงบประมาณ 2548
   7.2.4 โครงการวิจัย การสกัดสารนิมบินจากเมล็ดสะเดาโดยใช้โมดิฟายด์คาร์บอนไดออกไซด์เหนือวิกฤต
   แหล่งทุน ทุนอุดหนุนวิจัยจากสภาวิจัยแห่งชาติ ปีงบประมาณ 2547

7.2.5 โครงการวิจัย อุทกพลศาสตร์เชิงโกลาหลในฟลูอิดไดซ์เบดสามวัฏภาค

แหล่งทุน ทุนอุดหนุนวิจัยจากสภาวิจัยแห่งชาติ ปีงบประมาณ 2541

7.2.6 โครงการวิจัย การศึกษาการถ่ายเทความร้อนและพัฒนาโปรแกรม เพื่อทำนายการทำงานเครื่องต้มระเหยแบบฟิล์มที่มีใบกวน

แหล่งทุน ทุนอุดหนุนวิจัยจากสภาวิจัยแห่งชาติ ปีงบประมาณ 2540

7.2.7 โครงการวิจัย การประยุกต์ใช้ทฤษฎีโกลาหลในการศึกษาพลศาสตร์ของฟองอากาศในหอฟองอากาศ

แหล่งทุน ทุนอุดหนุนวิจัยมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ประจำปีงบประมาณ 2539

7.3 งานวิจัยที่ทำเสร็จแล้ว : ชื่อผลงานวิจัย ปีที่พิมพ์ การเผยแพร่ และแหล่งทุน

Imsanguan, P., Roaysubtawee, A., Borirak, R., Pongamphai, S., Douglas, S., and Peter L. Douglas, 2007, "Extraction of tocopherol and oryzanol from rice bran", *LWT - Food Science and Technology*, (available online).

Bunjongla-iad, T., P. Jitputti, S. Douglas, S. Pongamphai, P. Silveston, P.L. Douglas and W. Teppaitoon, 2006, "Adsorption of Chromium (VI) Using Thai Coconut Shell Activated Carbon," Asia Journal of Energy & Environment, (available online).

Douglas, S., S. Pongamphai, S. Lerdtrailuck, S. Ponin, S. Polchai, A. Kaewchana and B. Osataworanun, 2006, " Adsorption of Copper (II) Ion from Aqueous Solution Using Soybean Hulls," The 2nd Joint International Conference on Sustainable Energy and Environment, November 21-23, Bangkok, Thailand.

Winitsorn, A., S. Douglas, S. Pongamphai, and W. Teppaitoon, 2006, "Modelling of Solid-Liquid Extraction from Plants," Internationnal Conferencce on Modeling in Chemical and Biological Engineering Sciences, Oct. 25-27, Bangkok, Thailand.

Ajchariyapaporn, A., S. Douglas, P.L. Douglas and S. Pongamphai, 2006, "Simulation of SFE Process using Aspen Plus: Economic Evaluation," 1st International Conference on Natural Resources Engineering and Technology, July. 24-25, Malaysia.

Ajchariyapaporn, A., S. Douglas, P.L. Douglas and S. Pongamphai, 2005, "Simulation of Nimbin Extraction Process using Aspen Plus," International Agricultural Engineering Conference, Dec. 6-9, Bangkok, Thailand.

Banjongla-iad, T., S. Pongamphai, S. Douglas, W. Teppaitoon and P. L. Douglas, 2005, "Adsorption of Metallic Ions from A Metal Plating Process on Activated Carbon," The 55th Canadian Chemical Engineering Conference, Oct 16-19 , Toronto, Ontario, Canada.

4. รศ.ดร.สุภาภรณ์ ดั๊กกลาส

1. **ชื่อ – นามสกุล (ภาษาไทย)** สุภาภรณ์ ดั๊กกลาส

   ชื่อ – นามสกุล (ภาษาอังกฤษ) Supaporn Douglas

2. **เลขบัตรประจำตัวประชาชน**

3. **ตำแหน่งปัจจุบัน** รองศาสตราจารย์ ระดับ 9

4. **หน่วยงานและสถานที่อยู่ที่ติดต่อได้สะดวก พร้อมหมายเลขโทรศัพท์ โทรสาร และ e-mail**

   ภาควิชาวิศวกรรมเคมี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

   โทรศัพท์ : 0-24709221-30 โทรสาร : 0-24283534 e-mail : supaporn.dou@kmutt.ac.th

5. **ประวัติการศึกษา**

   1995 University of New South Wales, Sydney, Australia

   Degree: Ph.D, Food Engineering,

   1985 Asian Institute of Technology, Bangkok, Thailand

   Degree: MSc., Food Engineering

   1981 Chulalongkorn University, *Bangkok, Thailand*

   Degree: B.Sc., Food Technology

6. **สาขาวิชาการที่มีความชำนาญพิเศษ (แตกต่างจากวุฒิการศึกษา) ระบุสาขาวิชาการ**

   - Food Processing
   - Bioprocess Engineering
   - Physical and Engineering Properties of Food and Biological Material
   - Process Systems Engineering (modeling, simulation, control and optimisation)

7. **ประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการบริหารงานวิจัยทั้งภายในและภายนอกประเทศ**

   7.1 ผู้อำนวยการแผนงานวิจัย : ชื่อแผนงานวิจัย

   ไม่มี

   7.2 หัวหน้าโครงการวิจัย : ชื่อโครงการวิจัย

   7.2.1 โครงการวิจัย การสกัดสารแอนติออกซิแดนท์จากผลิตภัณฑ์พลอยได้จากข้าว

   แหล่งทุน ทุนอุดหนุนวิจัยจากสภาวิจัยแห่งชาติ ปีงบประมาณ 2550

   7.2.2 โครงการวิจัย การสกัดวิตามินอีจากใบปาล์มน้ำมัน

   แหล่งทุน ทุนอุดหนุนวิจัยจากสภาวิจัยแห่งชาติ ปีงบประมาณ 2548

   7.2.3 โครงการวิจัย การแปรรูปและการศึกษาคุณสมบัติของน้ำส้มเข้มข้น

   แหล่งทุน ทุนอุดหนุนวิจัยจากสภาวิจัยแห่งชาติ ปีงบประมาณ 2547

   7.2.4 โครงการวิจัย การศึกษาเชิงเศรษฐศาสตร์เพื่อประหยัดพลังงานของกระบวนการสกัดนิมบินจากสะเดา

   แหล่งทุน สำนักการพลังงานแห่งชาติ ปีงบประมาณ 2546

   7.2.5 โครงการวิจัย การสกัดสารนิมบินจากสะเดา

   แหล่งทุน ทุนอุดหนุนวิจัยจากสภาวิจัยแห่งชาติ ปีงบประมาณ 2543