ผลของบรรจุภัณฑ์ที่มีต่อคุณภาพของกาแฟคั่วบดระหว่างการเก็บรักษา

EFFECT OF PACKAGING ON THE QUALITY OF GROUND ROASTED COFFEE DURING STORAGE

พัตรเพ็ญ เพ็ญจำรัส

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของความสมบูรณ์ของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีทางอาหาร
โครงการบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยแม่โจ้
พ.ศ. 2549

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยแม่โจ้

ใบรับรองวิทยานิพนธ์

โครงการบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยแม่โจ้

ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีทางอาหาร

ชื่อเรื่อง

ผลของบรรจุภัณฑ์ที่มีต่อคุณภาพของกาแฟคั่วบดระหว่างการเก็บรักษา

EFFECT OF PACKAGING ON THE QUALITY OF GROUND ROASTED COFFEE DURING STORAGE

โดย

พัตรเพ็ญ เพ็ญจำรัส

พิจารณาเห็นชอบโดย

ประธานกรรมการที่ปรึกษา .....

(อาจารย์ ดร.ธเนศ แก้วกำเนิด)

วันที่ 26 เดือน เม.ย. พ.ศ. 2549

กรรมการที่ปรึกษา .....

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์อุมาพร ศิริพินทุ์)

วันที่ 26 เดือน เม.ย. พ.ศ. 2549

กรรมการที่ปรึกษา .....

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุรัตน์ นักหล่อ)

วันที่ 26 เดือน เม.ย. พ.ศ. 2549

ประธานกรรมการประจำหลักสูตร .....

(อาจารย์ ดร.สุธยา พิมพ์พิไล)

วันที่ 26 เดือน เม.ย. พ.ศ. 2549

โครงการบัณฑิตวิทยาลัยรับรองแล้ว .....

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ทรงวุฒิ เพ็ชรประดับ)

รองประธานกรรมการโครงการบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่ 1 เดือน พ.ค. พ.ศ. 49

ชื่อเรื่อง	ผลของบรรจุภัณฑ์ที่มีต่อคุณภาพของกาแฟคั่วบดระหว่างการเก็บรักษา
ชื่อผู้เขียน	นางสาวพัตรเพ็ญ เพ็ญจำรัส
ชื่อปริญญา	วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีทางอาหาร
ประธานกรรมการที่ปรึกษา	อาจารย์ ดร.ธเนศ แก้วกำเนิด

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของบรรจุภัณฑ์ที่มีต่อคุณภาพของกาแฟคั่วบดที่เหมาะสมสำหรับผู้ผลิตกาแฟคั่วบดขนาดเล็กโดยใช้บรรจุภัณฑ์ 3 ชนิด ได้แก่ ถุงอลูมิเนียมฟอยล์ ถุงอลูมิเนียมฟอยล์พร้อมซองบรรจุสารดูดซับแก๊สออกซิเจน และถุงอลูมิเนียมฟอยล์เจาะรูแล้วปิดทับรูด้วยสติกเกอร์ใส แล้วเปรียบเทียบคุณภาพของกาแฟคั่วบดในบรรจุภัณฑ์แต่ละชนิดกับชุดควบคุม (ซึ่งไม่ใช้บรรจุภัณฑ์) คุณภาพของกาแฟคั่วบดได้รับการตรวจสอบทุก 4 สัปดาห์ ตลอดระยะเวลาเก็บรักษา 24 สัปดาห์ ตัวชี้วัดประสิทธิภาพของบรรจุภัณฑ์ได้แก่ ปริมาณแก๊สออกซิเจนและแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ภายในบรรจุภัณฑ์ ตัวชี้วัดคุณภาพของกาแฟคั่วบด ได้แก่ ความชื้น ปริมาณน้ำอิสระ ค่าสี ปริมาณกรดทั้งหมด ความเป็นกรด-ด่าง ค่าเปอร์ออกไซด์ ปริมาณน้ำตาลทั้งหมด และลักษณะทางประสาทสัมผัส ผลการวิจัยพบว่าการใช้บรรจุภัณฑ์สามารถลดโอกาสของการทำปฏิกิริยาระหว่างแก๊สออกซิเจนกับกาแฟคั่วบดได้ โดยถุงอลูมิเนียมฟอยล์พร้อมซองบรรจุสารดูดซับแก๊สออกซิเจนสามารถลดปริมาณแก๊สออกซิเจนในบรรจุภัณฑ์ได้ดี รวมทั้งบรรจุภัณฑ์ทุกชนิดยังสามารถทนทานต่อแรงดันของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์จากที่กาแฟคั่วบดปล่อยออกมาได้โดยไม่ทำให้บรรจุภัณฑ์เสียหาย นอกจากนั้นคุณภาพของกาแฟคั่วบดในด้านความชื้น ปริมาณน้ำอิสระ ค่าสี ปริมาณกรดทั้งหมด ความเป็นกรด-ด่าง ค่าเปอร์ออกไซด์ และปริมาณน้ำตาลทั้งหมด ในบรรจุภัณฑ์ทุกชนิดตลอดระยะเวลาเก็บรักษา 24 สัปดาห์ยังคงคุณภาพใกล้เคียงกับกาแฟคั่วบดใหม่ ขณะที่กาแฟคั่วบดที่ไม่ใช้บรรจุภัณฑ์ตลอดระยะเวลาเก็บรักษา 24 สัปดาห์มีความชื้น ปริมาณน้ำอิสระ และค่าเปอร์ออกไซด์เพิ่มขึ้น แต่มีค่าความสว่าง (L) ลดลง ปริมาณกรดทั้งหมดจากกาแฟคั่วบดที่ไม่ใช้บรรจุภัณฑ์ลดลงในสัปดาห์ที่ 24 ลักษณะทางประสาทสัมผัสของกาแฟคั่วบดที่ไม่ใช้บรรจุภัณฑ์ด้อยลงในระหว่างการเก็บรักษาและมีคะแนนความชอบโดยรวมน้อยกว่ากาแฟคั่วบดซึ่งบรรจุในบรรจุภัณฑ์ชนิดต่างๆ โดยกาแฟคั่วบดที่บรรจุในถุงอลูมิเนียมฟอยล์และถุงอลูมิเนียมฟอยล์เจาะรูแล้วปิดทับรูด้วยสติกเกอร์ใสมีคะแนนความชอบโดยรวมสูงที่สุด

Title	Effect of packaging on the quality of ground roasted coffee during storage
Author	Miss Patpen Penjumras
Degree of	Master of Science in Food Technology
Advisory Committee Chairperson:	Dr.Thanes Keokamnerd

ABSTRACT

The objective of the research was to study the effect of packaging on the quality of ground roasted coffee for small coffee production scale. Three types of packaging were used, namely: aluminium foil bag, aluminium foil bag with oxygen absorber and punctured aluminium foil with punctured hole resealed with a clear sticker. Quality of ground roasted coffee in all packaging types was compared with a control treatment (no packaging involved). Quality of the coffee was examined for every 4-week-period throughout the 24-week storage time. Efficiency of packaging was evaluated by the amount of oxygen and carbon dioxide inside the packaging. Quality indices of ground roasted coffee included moisture content, free water, color, total acidity, pH, peroxide value, total sugar and sensory characteristics. Results indicated that the use of packaging reduced the chance of reaction between oxygen and ground roasted coffee. The aluminium foil bag with oxygen absorber showed a good capacity in reducing oxygen inside the package. All packaging types were able to withstand the pressure according to carbon dioxide pressure released from ground roasted coffee. Moreover, coffee quality (in terms of moisture content, free water, color, total acidity, pH, peroxide value, and total sugar) in all packaging types within 24 weeks were closed to quality of freshly ground roasted coffee. On the contrary, ground roasted coffee kept without packaging for a 24-week period increased in moisture content, free water, and peroxide value, but decreased in L-value. Total acidity of ground roasted coffee kept without packaging was increased in 24th week. Sensory characteristic of ground roasted coffee without packaging was decreased during storage period so that its overall acceptability score was less than those in the other packagings. Ground roasted coffee packed in aluminium foil bag and punctured aluminium foil bag with resealed puncture hole obtained the highest overall acceptability score.

กิตติกรรมประกาศ

ข้าพเจ้าใคร่ขอขอบพระคุณอาจารย์ ดร.ธเนศ แก้วกำเนิด ประธานกรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์อุมาพร ศิริพินทุ์ และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุรัตน์ นักหล่อ กรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ที่ได้กรุณาให้คำปรึกษา แนะนำ และแก้ไขงานวิจัย ตลอดจนให้ความเอาใจใส่จนงานวิจัยครั้งนี้สำเร็จไปได้ด้วยดี

ขอขอบคุณอาจารย์ ดร.อดิศักดิ์ จูมวงษ์ กรรมการผู้ทรงคุณวุฒิภายในจากบัณฑิตวิทยาลัย ที่ได้กรุณาให้คำแนะนำและแก้ไขงานวิจัยจนงานวิจัยครั้งนี้สำเร็จไปได้ด้วยดี

ขอขอบคุณสถานีทดลองเกษตรที่สูงวาวี อำเภอแม่สรวย จังหวัดเชียงราย ที่เอื้อเฟื้อวัตถุดิบในการทำวิจัย

ขอขอบคุณมหาวิทยาลัยแม่โจ้-แพร่ เฉลิมพระเกียรติ หน่วยงานต้นสังกัด ที่ให้ทุนในการศึกษา

ขอขอบคุณคณาจารย์และเจ้าหน้าที่ ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร และภาควิชาเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว คณะวิศวกรรมและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ และเจ้าหน้าที่ประจำโครงการศูนย์วิจัยและพัฒนากาแฟบนที่สูง คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ โดยเฉพาะคุณพัชนี สุวรรณวิศาลกิจ ที่ให้คำปรึกษาและให้ความสะดวกในการใช้สถานที่ และอุปกรณ์ในการทำวิจัย

ขอขอบคุณเพื่อนๆ พี่ๆ และน้องๆ นักศึกษาภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ที่เป็นกำลังใจและให้การสนับสนุนช่วยเหลือในการทำวิจัยด้วยดีตลอดมา

ท้ายที่สุดขอขอบคุณ คุณพ่อ คุณแม่ และครอบครัวเพ็ญจำรัสทุกคน ที่ให้กำลังใจ และกำลังทรัพย์ ในการศึกษาตลอดมา ตลอดจนครอบครัวสุวรรณ โดยเฉพาะคุณลุงศร และคุณป้าศรีวรรณ และเพื่อนๆ ทุกคน ที่คอยสนับสนุนและให้ความช่วยเหลือในการศึกษาจนสำเร็จ และขอขอบคุณครูและอาจารย์ทุกท่านที่ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้แก่ข้าพเจ้าตลอดมา

พัตรเพ็ญ เพ็ญจำรัส

พฤษภาคม 2549

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	(3)
ABSTRACT	(4)
กิตติกรรมประกาศ	(5)
สารบัญ	(6)
สารบัญตาราง	(8)
สารบัญภาพ	(10)
บทที่ 1 บทนำ	1
ความสำคัญของปัญหา	1
วัตถุประสงค์ของการวิจัย	2
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
ขอบเขตของงานวิจัย	2
บทที่ 2 การตรวจเอกสาร	3
กาแฟ	3
กาแฟคั่ว	6
การเสื่อมคุณภาพของกาแฟคั่ว	11
การบรรจุภัณฑ์ของกาแฟคั่ว	13
บทที่ 3 อุปกรณ์และวิธีการ	20
อุปกรณ์	20
วิธีการ	21
บทที่ 4 ผลการวิจัยและวิจารณ์	25
การตรวจสอบประสิทธิภาพของบรรจุภัณฑ์	25
การตรวจสอบผลของบรรจุภัณฑ์ที่มีต่อคุณภาพของกาแฟคั่วบดระหว่างการเก็บรักษา	30
การตรวจสอบผลของบรรจุภัณฑ์ต่อผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของกาแฟคั่วบดระหว่างการเก็บรักษา	51
บทที่ 5 สรุปและข้อเสนอแนะ	69
สรุป	69

หน้า

ข้อเสนอแนะ 69

บรรณานุกรม 70

ภาคผนวก 75

ภาคผนวก ก วิธีการวิเคราะห์ทางเคมี กายภาพ และประสาทสัมผัส 76

ภาคผนวก ข แบบทดสอบทางประสาทสัมผัส 87

ภาคผนวก ค สมบัติของแผ่นเปลวอลูมิเนียม 94

ภาคผนวก ง ตัวอย่างเกรดที่พบในกาแฟคั่ว 97

ภาคผนวก จ ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ 99

ประวัติผู้วิจัย 111

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	องค์ประกอบของกาแฟเมล็ดและกาแฟคั่ว	10
2	แสดงการเปรียบเทียบระหว่างการบรรจุแบบสุญญากาศและการเติมแก๊ส	16
3	ผลของบรรจุภัณฑ์และระยะเวลาเก็บรักษาที่มีต่อปริมาณแก๊สออกซิเจนภายในบรรจุภัณฑ์	26
4	ผลของบรรจุภัณฑ์และระยะเวลาเก็บรักษาที่มีต่อปริมาณแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ภายในบรรจุภัณฑ์	28
5	ผลของบรรจุภัณฑ์และระยะเวลาเก็บรักษาที่มีต่อความชื้นของกาแฟคั่วบด	31
6	ผลของบรรจุภัณฑ์และระยะเวลาเก็บรักษาที่มีปริมาณน้ำอิสระของกาแฟคั่วบด	33
7	ผลของบรรจุภัณฑ์และระยะเวลาเก็บรักษาที่มีต่อค่า L ของกาแฟคั่วบด	36
8	ผลของบรรจุภัณฑ์และระยะเวลาเก็บรักษาที่มีต่อค่า a ของกาแฟคั่วบด	37
9	ผลของบรรจุภัณฑ์และระยะเวลาเก็บรักษาที่มีต่อค่า b ของกาแฟคั่วบด	38
10	ผลของบรรจุภัณฑ์และระยะเวลาเก็บรักษาที่มีต่อค่า L ของกาแฟชงสำเร็จ	40
11	ผลของบรรจุภัณฑ์และระยะเวลาเก็บรักษาที่มีต่อค่า a ของกาแฟชงสำเร็จ	41
12	ผลของบรรจุภัณฑ์และระยะเวลาเก็บรักษาที่มีต่อค่า b ของกาแฟชงสำเร็จ	42
13	ผลของบรรจุภัณฑ์และระยะเวลาเก็บรักษาที่มีต่อปริมาณกรดทั้งหมดของกาแฟคั่วบด	44
14	ผลของบรรจุภัณฑ์และระยะเวลาเก็บรักษาที่มีต่อความเป็นกรด-ด่างของกาแฟคั่วบด	46
15	ผลของบรรจุภัณฑ์และระยะเวลาเก็บรักษาที่มีต่อค่าเปอร์ออกไซด์ของกาแฟคั่วบด	48
16	ผลของบรรจุภัณฑ์และระยะเวลาเก็บรักษาที่มีต่อปริมาณน้ำตาลทั้งหมดของกาแฟคั่วบด	50
17	ผลของบรรจุภัณฑ์และระยะเวลาเก็บรักษาที่มีต่อสีน้ำตาลของกาแฟชงสำเร็จ	52
18	ผลของบรรจุภัณฑ์และระยะเวลาเก็บรักษาที่มีต่อกลิ่นหอมของกาแฟชงสำเร็จ	54
19	ผลของบรรจุภัณฑ์และระยะเวลาเก็บรักษาที่มีต่อกลิ่นไหม้ของกาแฟชงสำเร็จ	57
20	ผลของบรรจุภัณฑ์และระยะเวลาเก็บรักษาที่มีต่อกลิ่นหืนของกาแฟชงสำเร็จ	59
21	ผลของบรรจุภัณฑ์และระยะเวลาเก็บรักษาที่มีต่อรสขมของกาแฟชงสำเร็จ	61
22	ผลของบรรจุภัณฑ์และระยะเวลาเก็บรักษาที่มีต่อรสเปรี้ยวของกาแฟชงสำเร็จ	63
23	ผลของบรรจุภัณฑ์และระยะเวลาเก็บรักษาที่มีต่อรสชาติตกค้างของกาแฟชงสำเร็จ	65

ตารางที่ หน้า

24 ผลของบรรจุภัณฑ์และระยะเวลาเก็บรักษาที่มีต่อความชอบโดยรวมของกาแฟชงสำเร็จ 67

25 แสดงสมบัติทางกายภาพของแผ่นเปลวอลูมิเนียม 95

26 แสดงสมบัติในการใช้งานของแผ่นเปลวอลูมิเนียม 96

27 ตัวอย่างกรดที่พบในกาแฟคั่ว 98

28 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณแก๊สออกซิเจนภายในบรรจุภัณฑ์ 100

29 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ภายในบรรจุภัณฑ์ 100

30 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของความชื้นของกาแฟคั่วบด 101

31 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณน้ำอิสระของกาแฟคั่วบด 101

32 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่า L ของกาแฟคั่วบด 102

33 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่า a ของกาแฟคั่วบด 102

34 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่า b ของกาแฟคั่วบด 103

35 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่า L ของกาแฟชงสำเร็จ 103

36 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่า a ของกาแฟชงสำเร็จ 104

37 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่า b ของกาแฟชงสำเร็จ 104

38 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณกรดทั้งหมดของกาแฟคั่วบด 105

39 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของความเป็นกรด-ด่างของกาแฟคั่วบด 105

40 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเปอร์ออกไซด์ของกาแฟคั่วบด 106

41 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณน้ำตาลทั้งหมดของกาแฟคั่วบด 106

42 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของสีน้ำตาลของกาแฟชงสำเร็จ 107

43 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของกลิ่นหอมของกาแฟชงสำเร็จ 107

44 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของกลิ่นไหม้ของกาแฟชงสำเร็จ 108

45 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของกลิ่นหืนของกาแฟชงสำเร็จ 108

46 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของรสขมของกาแฟชงสำเร็จ 109

47 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของรสเปรี้ยวของกาแฟชงสำเร็จ 109

48 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของรสชาติตกค้างของกาแฟชงสำเร็จ 110

49 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของความชอบโดยรวมของกาแฟชงสำเร็จ 110

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	แสดงหลักการทำงานของวาล์วระบายแก๊ส	16
2	แสดงโครงสร้างของกระป๋อง “French Café”	17

มหาวิทยาลัยแม่โจ้ สำนักหอสมุด แม่โจ้ ๒๕๗๗

บทที่ 1
บทนำ

ความสำคัญของปัญหา

กาแฟเป็นผลิตผลทางการเกษตรที่นิยมนำมาผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ทางอุตสาหกรรมเกษตร ประเภทกาแฟคั่วซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้รับความนิยมอย่างแพร่หลายในปัจจุบัน โดยทั่วไปเครื่องดื่มจากกาแฟคั่วที่มีรสชาติดีควรทำมาจากกาแฟที่คั่วเสร็จใหม่ แต่ผู้บริโภคส่วนใหญ่นิยมใช้กาแฟที่คั่วและบดเสร็จเรียบร้อยแล้วเนื่องจากชงดื่มได้สะดวก ในระหว่างการเก็บรักษากาแฟคั่วบดผู้บริโภคมักสังเกตพบการเปลี่ยนแปลงด้านกลิ่นรสของกาแฟคั่วบด การเปลี่ยนแปลงกลิ่นรสของกาแฟคั่วบดมีผลเนื่องมาจากอิทธิพลของอากาศและความชื้น (งามทิพย์, 2538) โดยแก๊สออกซิเจนในอากาศเป็นสาเหตุหลักของการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชั่นซึ่งเป็นปัญหาสำคัญของกาแฟคั่วบด ผลของปฏิกิริยาออกซิเดชั่นทำให้กลิ่นรสของกาแฟคั่วบดด้อยลงโดยมีความชื้นเป็นปัจจัยที่ช่วยเร่งปฏิกิริยา

การใช้บรรจุภัณฑ์จึงจัดเป็นเทคโนโลยีที่มีบทบาทสำคัญในการเก็บรักษากาแฟคั่วบด เพื่อให้คงคุณภาพใกล้เคียงกาแฟคั่วใหม่มากที่สุด ทั้งยังอำนวยสะดวกในการขนส่งและการจำหน่าย ทำให้หลายหน่วยงานศึกษาเพื่อหาบรรจุภัณฑ์ที่เหมาะสมในการเก็บรักษากาแฟคั่วบด เช่น การบรรจุในกระป๋อง การบรรจุในถุงที่มีซองบรรจุสารดูดซับแก๊สออกซิเจน รวมไปถึงการเติมแก๊สเฉื่อยลงในบรรจุภัณฑ์ เป็นต้น

อย่างไรก็ตามไม่ว่าจะเก็บรักษากาแฟคั่วบดไว้ในบรรจุภัณฑ์ประเภทใด ก็สามารถรักษาคุณภาพของกาแฟคั่วบดไว้ได้ระยะหนึ่งเท่านั้น เนื่องจากกาแฟคั่วบดสามารถปล่อยแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ออกมาในระหว่างการเก็บรักษา โดยปกติแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์เป็นแก๊สที่สามารถกักเก็บกลิ่นรสของกาแฟคั่วบด ดังนั้นการสูญเสียแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ในระหว่างการเก็บรักษาจึงส่งผลให้กลิ่นรสของกาแฟคั่วบดเจือจางลง ระยะเวลาเก็บรักษากาแฟคั่วบดที่เหมาะสมก็เป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่ควรต้องศึกษาร่วมไปกับการศึกษาผลของการใช้บรรจุภัณฑ์และการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ในลักษณะต่างๆ ตลอดช่วงระยะเวลาเก็บรักษาของกาแฟคั่วบด

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อศึกษาผลของบรรจุภัณฑ์ชนิดต่างๆ ที่เหมาะสมกับการเก็บรักษากาแฟคั่วบดที่ผลิตโดยผู้ผลิตขนาดเล็กหรือขนาดย่อมได้แก่ ถุงอลูมิเนียมฟอยล์ ถุงอลูมิเนียมฟอยล์พร้อมซองบรรจุสารดูดซับแก๊สออกซิเจนและถุงอลูมิเนียมฟอยล์เจาะรูแล้วปิดทับรูด้วยสติกเกอร์ใสที่มีต่อคุณภาพของกาแฟคั่วบดในลักษณะการคั่วแบบกลาง (medium roast) ในช่วงระยะเวลาเก็บรักษา 24 สัปดาห์

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

ความรู้ที่ได้รับจากการวิจัยครั้งนี้คาดว่าจะนำไปใช้เป็นแนวทางในการศึกษา ค้นคว้าและวิจัยเกี่ยวกับอายุการเก็บรักษาของกาแฟคั่วบด รวมถึงการพัฒนาบรรจุภัณฑ์สำหรับกาแฟคั่วบดต่อไป

ขอบเขตของงานวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการศึกษาผลของบรรจุภัณฑ์และระยะเวลาเก็บรักษาที่มีต่อคุณภาพด้านเคมี กายภาพ และประสาทสัมผัสของกาแฟคั่วบดในลักษณะการคั่วแบบกลาง โดยใช้กาแฟพันธุ์อาราบิก้า (*Coffea arabica* L.) จากพื้นที่สูงวาวี อำเภอแม่สรวย จังหวัดเชียงราย ซึ่งมีความสูงระดับ 700 ถึง 1,700 เมตร จากระดับน้ำทะเล ในฤดูการผลิตระหว่างปี 2546/2547 ขอบเขตของการศึกษาในส่วนที่เกี่ยวข้องกับบรรจุภัณฑ์มุ่งเน้นการศึกษาเกี่ยวกับบรรจุภัณฑ์ที่คาดว่าสามารถใช้ได้ในอุตสาหกรรมการผลิตกาแฟคั่วบดขนาดเล็กหรือขนาดย่อม

บทที่ 2
การตรวจเอกสาร

กาแฟ

กาญจน์มุนี และคณะ (2546) รายงานว่ากาแฟดั้งเดิมมี 4 พันธุ์ ได้แก่ พันธุ์อาราบิก้า (*Coffea arabica* L.) พันธุ์โรบัสต้า (*Coffea robusta*) พันธุ์ไลเบอริก้า (*Coffea liberica*) และพันธุ์เอ็กเซลสา (*Coffea excelsa*) แต่กาแฟที่มีการซื้อขายในตลาดโลกปัจจุบันมีเพียง 3 พันธุ์หลัก คือ พันธุ์อาราบิก้า พันธุ์โรบัสต้า และพันธุ์ไลเบอริก้า กาแฟที่ผลิตในประเทศไทยมี 2 พันธุ์ คือ พันธุ์อาราบิก้าและพันธุ์โรบัสต้า โดยผลผลิตร้อยละ 90 ถึง 95 ของกาแฟทั้งหมดเป็นกาแฟพันธุ์โรบัสต้า ซึ่งปลูกมากในภาคใต้แถบจังหวัดระนอง ชุมพร นครศรีธรรมราช และกระบี่ แต่ในตลาดโลกกาแฟพันธุ์โรบัสต้าจัดเป็นกาแฟที่ให้กลิ่นด้อยกว่ากาแฟพันธุ์โรบัสต้า จึงนิยมนำไปผลิตกาแฟสำเร็จรูปหรือนำไปคั่วผสมกับกาแฟพันธุ์อาราบิก้าซึ่งเป็นพันธุ์ที่ให้กลิ่นหอมมากกว่า ผู้ผลิตกาแฟนิยมนำกาแฟพันธุ์อาราบิก้ามาใช้เป็นวัตถุดิบของการผลิตเป็นกาแฟคั่วหรือที่เรียกว่ากาแฟสดซึ่งเป็นเครื่องดื่มที่นิยมอย่างแพร่หลายในปัจจุบัน กาแฟพันธุ์อาราบิก้าเป็นกาแฟที่เจริญได้ดีที่อุณหภูมิต่ำ ซึ่งมีพื้นที่เพาะปลูกค่อนข้างจำกัดโดยเฉพาะบนที่สูง ในประเทศไทยนิยมปลูกกาแฟพันธุ์อาราบิก้าบนพื้นที่สูงทางภาคเหนือของประเทศ ซึ่งมีข้อจำกัดทางด้านการขาดแคลนปริมาณพื้นที่ปลูกส่งผลให้ผลผลิตที่ได้มีปริมาณต่ำและยังไม่เพียงพอต่อความต้องการของผู้บริโภคภายในประเทศ

กระบวนการผลิตกาแฟเมล็ด

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (2528) ให้นิยามว่า กาแฟเมล็ด (green coffee) หมายถึง เมล็ดกาแฟแห้งที่ได้จากผลกาแฟหลังผ่านกรรมวิธีเอาส่วนเปลือก (husk) ได้แก่ เปลือกนอก (exocarp) เนื้อ (mesocarp) และเยื่อหุ้มเมล็ด (endocarp) ออกแล้ว กาแฟเมล็ดอาจเรียกอีกชื่อว่า "สารกาแฟ" โดยพงษ์ศักดิ์ และบัณฑูรย์ (2542) ได้รายงานถึงวิธีการผลิตกาแฟเมล็ดซึ่งสามารถสรุปได้เป็น 2 วิธีคือ

1. วิธีการแบบแห้ง (dry method or natural method)

วิธีการแบบแห้งเป็นวิธีการผลิตแบบดั้งเดิม เหมาะสำหรับแหล่งผลิตที่มีปริมาณน้ำจำกัด เป็นวิธีการที่ง่าย ขั้นตอนมีน้อย ประหยัดแรงงาน และไม่ต้องใช้เครื่องมือซับซ้อน ทำได้โดยปล่อยให้ผลกาแฟสุกเต็มที่คาต้นแล้วจึงเก็บผลกาแฟมาตากแดดประมาณ 15 ถึง 20 วัน หลังจากนั้นจึงนำผลกาแฟแห้งเข้าเครื่องสีกะเทาะเปลือก (huller) จะได้กาแฟเมล็ดที่ต้องการ วิธีการแบบแห้งมี

ข้อเสีย คือ กาแฟเมล็ดที่ได้มักมีคุณภาพต่ำ เนื่องจากกาแฟเมล็ดดูดกลิ่นรสที่อาจเกิดจากการหมัก (fermentation) ของเมือก (mucilage) ที่หุ้มรอบกะลา และกาแฟเมล็ดจะเก็บไว้ได้ไม่นาน

2. วิธีการแบบเปียก (wet method or wash method)

วิธีการแบบเปียกหรือวิธีล้างด้วยน้ำเป็นวิธีการที่นิยมกันมาก เพราะสามารถผลิตกาแฟเมล็ดที่มีกลิ่นและรสชาติดีกว่าวิธีการแบบแห้ง แต่ต้องใช้แรงงานและขั้นตอนมากกว่า และต้องมีปริมาณน้ำในการทำความสะอาดอย่างเพียงพอ โดยมีขั้นตอนต่างๆ คือ

2.1 การคัดแยก สามารถแยกผลกาแฟที่มีตำหนิ เช่น ผลกาแฟที่ฝ่อ เหี่ยวได้ โดยอาจจะนำผลกาแฟมาลอยน้ำ ผลกาแฟที่ฝ่อหรือเหี่ยวจะลอยอยู่บนผิวน้ำ ในขณะที่ผลกาแฟที่มีคุณภาพดีและความสุกพอเหมาะจะจมน้ำ

2.2 การปอกเปลือกผลกาแฟ โดยนำผลกาแฟที่เก็บใหม่มาปอกเปลือกทันทีด้วยการใช้เครื่องปอกเปลือก หากยังไม่สามารถปอกเปลือกได้ทันทีอาจเก็บผลกาแฟไว้ได้แต่ไม่ควรเกิน 36 ชั่วโมง เพราะอาจเกิดการเน่าเสียจากปฏิกิริยาการหมัก ทำให้เกิดกลิ่นที่ไม่เหมาะสมกับกาแฟเมล็ด

2.3 การกำจัดเมือก เนื่องจากเมล็ดกาแฟสร้างเมือกหุ้มรอบเมล็ดกาแฟ เมื่อเมล็ดกาแฟมีความสุกแก่เพิ่มขึ้นเมือกจึงเป็นส่วนประกอบที่เกิดขึ้นเมื่อเมล็ดค่อยๆ สุก ซึ่งไม่สามารถล้างเมือกออกได้โดยทันทีด้วยน้ำ เพราะว่าเมือกติดกับเมล็ดกาแฟ เหตุที่ต้องกำจัดเมือกเนื่องจากเมือกทำให้เมล็ดกาแฟเหนียว แห้งช้า หากเมล็ดกาแฟแห้งช้าก็มีโอกาสให้จุลินทรีย์สามารถเจริญได้ดีเนื่องจากยังมีความชื้นอยู่ ซึ่งจะทำให้กลิ่นรสของกาแฟเสียไป โดยทั่วๆ ไปการกำจัดเมือกอาจทำได้โดยวิธีต่างๆ ดังนี้คือ

2.3.1 การกำจัดเมือกโดยการหมัก โดยการนำผลกาแฟที่ปอกเปลือกแล้วใส่ในบ่อซีเมนต์หรือถังพลาสติกซึ่งมีระบบระบายน้ำออกจากบ่อหรือถังหมักอยู่ด้านล่าง จากนั้นบรรจุผลกาแฟลงไปประมาณ 3 ส่วนใน 4 ส่วนของถัง เติมน้ำลงไปให้ท่วมเมล็ดกาแฟ คลุมถังด้วยพลาสติกหรือผ้าใบ หลังจากนั้นเอ็นไซม์ภายในผลกาแฟและจุลินทรีย์จากภายนอก จะช่วยย่อยเมือกที่หุ้มผลกาแฟออกภายใน 14 ถึง 24 ชั่วโมง หากหมักนานกว่านี้อาจมียีสต์มาใช้น้ำตาลกาแลคโทสและเปลี่ยนน้ำตาลกาแลคโทสให้เป็นแอลกอฮอล์ ต่อจากนั้นแบคทีเรียบางกลุ่มจะมาเปลี่ยนแอลกอฮอล์ให้เป็นกรดอะซิติก กรดบิวทิวริค หรือกรดที่มีคาร์บอนสายยาว ซึ่งทำให้กาแฟมีกลิ่นและคุณภาพต่ำลง การหมักเมล็ดกาแฟทำให้เมือกที่หุ้มรอบเมล็ดกาแฟหลุดออกจากเมล็ดโดยง่าย เมื่อเมือกหลุดจากเมล็ดแล้วควรล้างและขัดเมือกด้วยมือในน้ำทันที แล้วล้างเมล็ดกาแฟด้วยน้ำสะอาด 3 ถึง 4 ครั้ง

2.3.2 การกำจัดเมือกโดยการเติมสารละลายด่าง โดยการนำผลกาแฟที่ปอกเปลือกแล้วมาใส่ลงถังขนาดใหญ่ แล้วเติมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้นร้อยละ 10 ใช้เวลา

แช่ด่าง 1 ถึง 2 ชั่วโมง และจารมีระบบการกวนเพื่อให้เมือกละลายและหลุดออกไปได้ดีขึ้น ซึ่งสามารถทดสอบได้โดยการจับด้วยมือ หากเมล็ดกาแฟไม่ลื่นแสดงว่าเมือกหลุดออกแล้ว จากนั้นจึงล้างเมล็ดกาแฟด้วยน้ำสะอาด 3 ถึง 4 ครั้ง

2.3.3 การกำจัดเมือกโดยการขัดสี เครื่องปอกเปลือกกาแฟแบบใช้น้ำที่เรียกว่า aquapulper เป็นเครื่องที่สามารถปอกเปลือกและกำจัดเมือกในเวลาเดียวกัน เครื่องมือมีลักษณะเป็นรูปกรวย จะมีการขัดสีไม่ทำให้เมล็ดกาแฟแตก วิธีการนี้ใช้น้ำมาก ใช้พลังงานสูง ต้นทุนสูง แต่ช่วยให้กระบวนการผลิตทำได้อย่างรวดเร็ว

2.4 การทำให้กาแฟแห้ง ซึ่งในพื้นที่การผลิตส่วนมากทำให้กาแฟแห้งโดยการนำเมล็ดกาแฟไปผึ่งแดด เพื่อให้ความชื้นลดลงในระดับที่เหมาะสมสำหรับการนำไปเก็บรักษาและรอการจำหน่ายหรือนำไปคั่วต่อไป

2.5 การสีกาแฟ เป็นการนำเอาเมล็ดกาแฟที่ตากแห้งแล้วที่เรียก "กาแฟกะลา" ไปสีเพื่อกำจัดเปลือกแข็งหรือกะลาออกไปโดยใช้เครื่องสีกะเทาะเปลือก (huller) กาแฟกะลาควรมีความชื้นเหมาะสม เพื่อให้ได้กาแฟเมล็ดที่มีความชื้นหลังการสีเอาเปลือกออกอยู่ในระดับประมาณร้อยละ 11 ถึง 12 มิฉะนั้นเมล็ดจะแตกหรือแบน ทำให้เกรดหรือขนาดของกาแฟเมล็ดตกต่ำลง

ผลิตภัณฑ์จากกาแฟ

หลังจากผ่านกระบวนการผลิตกาแฟเมล็ดที่เหมาะสมแล้ว สามารถแปรรูปกาแฟเมล็ดเป็นผลิตภัณฑ์จากกาแฟชนิดต่างๆ โดยประกาศกระทรวงสาธารณสุขฉบับที่ 197 พ.ศ. 2543 (กระทรวงสาธารณสุข, 2543) แบ่งกาแฟออกเป็น 6 ชนิด คือ

1. กาแฟแท้ หมายความว่า ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากผลกาแฟที่แก่จัดของต้นกาแฟในสกุลคอฟเฟีย (*Coffea*) ผ่านกรรมวิธีเอาเมล็ดออกแล้วนำเมล็ดมาคั่วจนได้ที่ และอาจบดได้ขนาดตามความต้องการ

2. กาแฟผสม หมายความว่า ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากกาแฟแท้ที่มีสิ่งอื่นที่ไม่เป็นอันตรายต่อสุขภาพเป็นส่วนผสมอยู่ด้วย

3. กาแฟที่สกัดกาเฟอีนออก หมายความว่า ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากกาแฟแท้ที่ได้สกัดเอากาเฟอีนออก

4. กาแฟสำเร็จรูป หมายความว่า ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากผลที่แก่จัดของต้นกาแฟในสกุลคอฟเฟีย ผ่านกรรมวิธีเอาเมล็ดออกแล้วนำเมล็ดมาคั่วจนได้ที่โดยมิได้มีการผสมสิ่งอื่นใด แล้วนำมาสกัดด้วยน้ำเท่านั้น แล้วนำไประเหยน้ำออกจนแห้งด้วยกรรมวิธีที่เหมาะสม มีลักษณะเป็นผง หรือเกล็ด หรือลักษณะอื่นๆ ซึ่งสามารถละลายน้ำได้หมดทันที

5. กาแฟสำเร็จรูปผสม หมายความว่า กาแฟสำเร็จรูปที่มีสิ่งอื่นที่ไม่เป็นอันตรายต่อสุขภาพเป็นส่วนผสมอยู่ด้วย

6. กาแฟสำเร็จรูปที่สกัดกาเฟอีนออก หมายความว่า ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากกาแฟสำเร็จรูปที่ได้สกัดเอากาเฟอีนออก

ประโยชน์ของกาแฟ

กล้า (2532) รายงานว่ากาแฟคั่วเป็นเครื่องดื่มที่มีกลิ่นรสเฉพาะตัว และการดื่มกาแฟทำให้ผู้ดื่มรู้สึกกระปรี้กระเปร่า เนื่องจากสารกาเฟอีนในกาแฟสามารถกระตุ้นระบบหลอดเลือดและหัวใจได้ จึงทำให้หัวใจเต้นเร็วและสูบฉีดโลหิตได้ดีขึ้น และช่วยกระตุ้นการทำงานของกล้ามเนื้อลาย ส่งผลให้ผู้ดื่มกาแฟสามารถทำงานที่ต้องใช้แรงงานได้มากขึ้น นอกจากนั้นกาเฟอีนยังสามารถกระตุ้นระบบประสาทส่วนกลางโดยเฉพาะสมอง ทำให้ระบบประสาทของผู้ดื่มกาแฟตื่นตัวในลักษณะของการเร่งความเร็วของการประมวลผลข้อมูลต่างๆ ในสมอง ส่งผลให้ร่างกายของผู้ดื่มกาแฟเพิ่มประสิทธิภาพของงานที่ต้องการใช้สมาธิ

กาแฟมีสารโพลิฟีนอล (polyphenol) เช่น กรดคลอโรจินิก กรดกาเฟอิก และกรดควินิก เป็นต้น ซึ่งมีฤทธิ์เป็นสารต้านการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชั่นหรืออาจเรียกว่า สารต้านอนุมูลอิสระ (antioxidant) (Clarke and Vitzthum, 2001; International Coffee Organization, 2005) อนุมูลอิสระเป็นสารพิษต่อเซลล์ของร่างกาย โดยในระยะสั้นอนุมูลอิสระมีผลต่อการทำลายเนื้อเยื่อและในระยะยาวอาจมีผลต่อการเสื่อมของเซลล์หรืออาจเป็นสารก่อมะเร็ง สารต้านอนุมูลอิสระจึงน่าจะมีผลต่อการลดความเสี่ยงของการเกิดโรคมะเร็งได้ (จักรพงษ์, 2548) กาญจน์มุนี และคณะ (2546) รายงานถึงประโยชน์ของกาแฟในทางการแพทย์ได้แก่ การช่วยลดความเสี่ยงต่อการเกิดโรคต่างๆ เช่น มะเร็งลำไส้ใหญ่ นิ่วในถุงน้ำดี โรคตับแข็ง โรคพาร์กินสัน และลดอาการของโรคหอบ เป็นต้น

กาแฟคั่ว

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (2527) ให้นิยามว่า กาแฟคั่ว หมายถึง เมล็ดกาแฟที่คั่วจนได้ที่ ทั้งที่เป็นเมล็ดและที่บดแล้ว

ระดับของการคั่วกาแฟ

คุณภาพและรสชาติที่เป็นลักษณะเฉพาะตัวของกาแฟคั่วขึ้นกับคุณภาพของกาแฟเมล็ด ทักษะและประสบการณ์ของผู้คั่ว รวมทั้งระดับของการคั่ว กาแฟคั่วที่ระดับความเข้มต่างกันจะมีรสชาติ

ต่างกัน พัชนี (2545) ได้รายงานถึงระดับของการคั่วกาแฟซึ่งสามารถสรุปได้เป็น 3 แบบคือ

1. การคั่วแบบอ่อน (light roast)

การคั่วแบบอ่อนทำให้กาแฟเมล็ดสูญเสียน้ำหนักน้อยประมาณร้อยละ 12 ถึง 14 จึงได้กาแฟคั่วที่มีน้ำหนักมาก กาแฟคั่วที่ได้มีสีน้ำตาลอ่อนและกลิ่นค่อนข้างน้อย การคั่วแบบนี้อาจมีชื่อเรียกต่างกัน เช่น การคั่วแบบอังกฤษ (New England) หรือการคั่วแบบซินนามอน (cinnamon) เนื่องจากกาแฟคั่วมีสีน้ำตาลคล้ายสีของเปลือกต้นอบเชย ส่วนใหญ่การดื่มกาแฟที่คั่วแบบนี้มักนิยมผสมนมหรือครีมลงไปในกาแฟที่ชงแล้ว เพื่อให้กาแฟมีรสนุ่มนวลและกลมกล่อมขึ้น

2. การคั่วแบบปานกลาง (medium roast)

การคั่วแบบกลางทำให้กาแฟเมล็ดสูญเสียน้ำหนักประมาณร้อยละ 15 ได้กาแฟคั่วสีน้ำตาลปานกลาง เครื่องดื่มที่ได้มีความเป็นกรด-ด่างประมาณ 5.1 ถึง 5.3 เรียกการคั่วแบบนี้ว่า การคั่วแบบอเมริกัน (American) และเป็นระดับการคั่วที่นิยมกันทั่วไป บางครั้งจึงเรียกว่าการคั่วแบบธรรมดา (regular) หากกาแฟคั่วที่ได้มีสีน้ำตาลเข้มขึ้นอีกเล็กน้อยจะเรียกว่าการคั่วแบบเวียนนา (Viennese) กาแฟคั่วแบบเวียนนามีข้อสังเกต คือ บริเวณผิวของเมล็ดกาแฟมีน้ำมันเคลือบเล็กน้อย

3. การคั่วแบบเข้ม (dark roast)

การคั่วแบบเข้มทำให้กาแฟเมล็ดสูญเสียน้ำมาก ส่งผลให้ปริมาณกรดที่ละลายน้ำได้ลดลง เครื่องดื่มที่ได้จึงมีรสขม และมีสีน้ำตาลเข้มถึงเข้มมาก โจเซฟ (2546) ได้รายงานถึงการคั่วแบบเข้ม ซึ่งสามารถสรุปตามความเข้มของสีเป็น 3 แบบคือ

3.1 การคั่วแบบฝรั่งเศส (French roast) กาแฟคั่วที่ได้มีสีน้ำตาลเข้ม มีน้ำมันเคลือบติดบริเวณผิวเมล็ดค่อนข้างมาก

3.2 การคั่วแบบคอนติเนนตัล (continental roast) กาแฟคั่วที่ได้มีสีใกล้เคียงกับช็อกโกแลตดำ บางครั้งเรียกว่า การคั่วซ้ำ (double roast)

3.3 การคั่วแบบเอสเปรสโซ (espresso) กาแฟคั่วที่ได้มีสีเกือบจะเป็นสีดำบางครั้งเรียกว่าการคั่วแบบอิตาลี (Italy)

การคั่วกาแฟเป็นเรื่องที่ละเอียดอ่อนและต้องการความสมดุลระหว่างอุณหภูมิและระยะเวลาการคั่ว การคั่วกาแฟด้วยอุณหภูมิสูงเกินไปโดยใช้ระยะเวลาสั้นจะทำให้ผิวกาแฟเมล็ดไหม้ ในขณะที่ส่วนภายในเมล็ดได้รับความร้อนไม่เพียงพอ แต่การคั่วกาแฟที่ใช้อุณหภูมิต่ำเกินไปมักจะทำให้ได้กาแฟคั่วที่มีรสชาติไม่เป็นที่นิยมของผู้บริโภค (Illy, 2005)

ผลของการคั่วต่อเมล็ดกาแฟ

ความร้อนจากการคั่วทำให้มีการเปลี่ยนแปลงภายในเมล็ดกาแฟ เช่น การเกิดสีน้ำตาล กลิ่นและรสชาติต่างๆ เมื่อนำกาแฟคั่วมาบดและชงด้วยน้ำร้อน ก็สามารถทำให้สารที่ละลายน้ำได้ และสารระเหยต่างๆ ถูกสกัดออกมาอยู่ภายในน้ำกาแฟ (พัชนี, 2541) เมล็ดกาแฟที่ผ่านการคั่วแล้วมีลักษณะแตกต่างจากเมล็ดกาแฟดิบอย่างชัดเจน โดยมีการเปลี่ยนแปลงทางเคมี และกายภาพของเมล็ดคือ

1. การเปลี่ยนแปลงทางเคมี

1.1 การเกิดสีน้ำตาล เนื่องจากความร้อนจากการคั่วทำให้โพลิแซ็คคาไรด์ที่เป็นองค์ประกอบของกาแฟสลายตัวเป็นน้ำตาลที่มีโมเลกุลขนาดเล็กลง ซึ่งโพลิแซ็คคาไรด์ที่พบมากในกาแฟ ได้แก่ เซลลูโลส อาราบิโนกาแลคแทน และกาแลคโทแมนแนน (Fischer *et al.*, 2001; Redgwell *et al.*, 2002; Oosterveld *et al.*, 2003) และน้ำตาลยังคงได้รับความร้อนอย่างต่อเนื่องจึงส่งผลให้เกิดปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลแบบไม่อาศัยเอนไซม์ (nonenzymatic browning reaction) ทั้งในลักษณะคาราเมไลเซชั่นและปฏิกิริยาเมลลาร์ด

คาเมไลเซชั่นเกิดจากการสลายตัวของน้ำตาลเนื่องจากการใช้ความร้อนสูงและเกิดโพลิเมอไรเซชั่นของสารประกอบประเภทคาร์บอนได้เป็นสารสีน้ำตาล ปฏิกิริยาเมลลาร์ดเกิดจากน้ำตาลได้รับความร้อนในสภาวะที่มีความชื้น (กาแฟเมล็ดมีความชื้นประมาณร้อยละ 10 ถึง 13) แล้วทำปฏิกิริยากับหมู่อะมิโนในโมเลกุลของแอมโมเนีย กรดอะมิโน โปรตีน ได้เป็นไกลโคซามีนและเกิดปฏิกิริยาต่อเนื่องจนได้สารสีน้ำตาล ซึ่งเป็นสารคงตัวที่ไม่ละลายน้ำที่อุณหภูมิต่ำ (Leino *et al.*, 1992; Illy, 2005) ผลของปฏิกิริยาเมลลาร์ดนอกจากจะให้สารสีน้ำตาลแล้ว ยังทำให้เกิดแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์เนื่องจากปฏิกิริยาดีคาร์บอกซิเลชั่นของกรดอะมิโนด้วย ซึ่งเรียกว่า Strecker degradation โดยกรดอะมิโนจะทำปฏิกิริยากับสารประกอบไดคาร์บอนิลได้อัลดีไฮด์ (Maria *et al.*, 1996)

1.2 การเกิดแก๊ส เนื่องจากความร้อนจากการคั่วทำให้อินทรีย์สารสลายตัว (pyrolysis) บางชนิดเปลี่ยนแปลงเป็นแก๊ส ประมาณร้อยละ 87 ของแก๊สที่เกิดขึ้นเป็นแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ ส่วนที่เหลือเป็นแก๊สอื่นๆ เช่น แก๊สคาร์บอนมอนนอกไซด์ และแก๊สไนโตรเจน เป็นต้น แก๊สที่เกิดขึ้นจะถูกเก็บไว้ภายในเมล็ดกาแฟและซึมออกอย่างช้าๆ (Anderson *et al.*, 2003) กาแฟคั่วในสภาพที่เป็นเมล็ดมีระยะเวลาปล่อยแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ออกมารวมประมาณ 2,500 ชั่วโมง แต่กาแฟที่บดเป็นผงแล้วจะมีระยะเวลาในการปล่อยแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์เร็วกว่าคือ ประมาณ 360 ชั่วโมงหรือระยะสั้นกว่านั้น ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความละเอียดของผงกาแฟ (Clarke and Macrae, 1958 อ้างโดย พัชนี, 2545)

1.3 การสูญเสียน้ำหนัก เนื่องจากการสูญเสียความชื้นภายในเมล็ด การเปลี่ยนสภาพหรือการเปลี่ยนแปลงสารบางอย่างภายในเมล็ดไปเป็นแก๊สและส่วนเยื่อหุ้มเมล็ดหลุดออกไป ทำให้น้ำหนักลดลง (Schenker *et al.*, 2000) โดยทั่วไปเมล็ดกาแฟดิบก่อนการคั่วมีความชื้นประมาณร้อยละ 10 ถึง 13 เมื่อคั่วแล้วน้ำหนักรวมจะลดลงร้อยละ 10 ถึง 20 โดยเมล็ดกาแฟคั่วที่มีสีน้ำตาลเข้มสูญเสียน้ำหนักมากกว่าเมล็ดกาแฟคั่วที่มีสีน้ำตาลอ่อน (พัชนี, 2545)

1.4 การเกิดกลิ่นรสเฉพาะ เนื่องจากความร้อนในระหว่างการคั่วนอกจากทำให้เกิดสารสีน้ำตาลยังให้สารที่มีกลิ่นรสเฉพาะตัวของกาแฟคั่วซึ่งเป็นสารที่ระเหยได้หลายชนิด เช่น กรด แอลกอฮอล์ อัลดีไฮด์ ไดอะเซทิล เฟอฟิวราล ไฮโดรเจนซัลไฟด์ คีโตน และเมอร์แคพแทน เป็นต้น (Czerny *et al.*, 1999; Hofmann and Schieberle, 2002) Illy (2005) รายงานว่ากาแฟคั่วประกอบด้วยโมเลกุลที่ระเหยได้มากกว่า 800 ชนิด ขณะที่เมล็ดกาแฟดิบมีสารที่ระเหยได้ประมาณ 200 ชนิด หากใช้เมล็ดกาแฟดิบนำมาบดแล้วชงด้วยน้ำร้อนก็จะไม่ปรากฏสารประกอบที่ให้กลิ่นรสเหมือนกาแฟคั่ว ซึ่งทำให้ได้เครื่องดื่มที่มีรสชาติขมเข้มและกลิ่นหอม

1.5 การเกิดน้ำมันที่ผิวของเมล็ดกาแฟคั่ว เป็นสาเหตุมาจากความร้อนที่ใช้ในการคั่วทำให้ไขมันในเมล็ดกาแฟละลายออกมาและนำเอากรดต่างๆ ที่เกิดขึ้นออกมาด้วย ดังนั้นจึงสังเกตได้ว่าเมล็ดกาแฟคั่วที่มีสีน้ำตาลเข้มมากซึ่งผ่านการคั่วนานหรือคั่วที่อุณหภูมิสูงมีน้ำมันบริเวณผิวมากกว่ากาแฟคั่วที่มีสีน้ำตาลอ่อนหรือสีน้ำตาลปานกลาง (พัชนี, 2545)

การเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบทางเคมีของกาแฟเนื่องจากความร้อน สรุปได้ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 องค์ประกอบของกาแฟเมล็ดและกาแฟคั่ว

องค์ประกอบ	กาแฟเมล็ด (ร้อยละ)	กาแฟคั่ว (ร้อยละ)
ความชื้น (moisture)	5.0 - 13.0	1.0 - 3.0
อัลคาลอยด์ (alkaloids)		
กาเฟอีน (caffeine)	0.8 - 4.0	1.0 - 2.6
ไตรโกเนลลีน (trigonell ne)	0.3 - 1.2	1.0 - 1.2
คาร์โบไฮเดรต (carbohydrate)		
ชนิดละลายได้ในน้ำ (water soluble)	40.0 - 65.5	16.2 - 37.5
ชนิดไม่ละลาย (water insoluble)	6.0 - 12.5	6.2 - 16.5
โฮโลเซลลูโลส (holocel ulose)	34.0 - 53.0	-
กรด (acids)	-	10.0 - 21.0
คลอโรเจนิก (chlorogenic)	8.0 - 14.0	1.2 - 7.1
อะลิฟาติก (aliphatic)	7.0 - 12.0	0.2 - 3.5
โปรตีนและกรดอะมิโน (protein and	1.0 - 3.0	1.8 - 4.6
amino acids)	9.0 - 13.0	13.0 - 15.0
ไขมัน (fats)	8.0 - 18.0	8.5 - 20.0
เถ้า (ash)	3.0 - 5.4	3.5 - 6.0
สารระเหยได้ (volatile compounds)	-	ตรวจพบในปริมาณน้อย
เมลานอยดิน (melanoidins)	-	16.0 - 17.0

ที่มา: ดัดแปลงจาก พัชนี (2545)

2. การเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ

การคั่วส่งผลให้เมล็ดกาแฟเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ ด้านขนาด และความหนาแน่น ซึ่งเกิดขึ้นหลังจากการระเหยของแก๊สต่างๆ ออกจากเมล็ดกาแฟคั่ว ทำให้โครงสร้างที่แข็งภายในเมล็ดถูกทำลายลง เกิดช่องว่างภายในเมล็ด ซึ่งขนาดของช่องว่างขึ้นกับระดับของการคั่ว เมล็ดกาแฟ

สามารถยืดพองขยายขนาดขึ้นประมาณร้อยละ 40 ถึง 70 ทำให้ความหนาแน่นของเมล็ดลดลง และเมล็ดมีความเปราะและแตกหักง่ายยิ่งขึ้น (Pittia *et al.*, 2001)

การเสื่อมคุณภาพของกาแฟคั่ว

การเสื่อมคุณภาพของกาแฟคั่วเป็นผลจากการเปลี่ยนแปลงกลิ่นรสของกาแฟเมื่อเก็บไว้ระยะเวลาหนึ่ง โดยกลิ่นรสของกาแฟมีแนวโน้มด้อยลง ซึ่งมีส่วนสัมพันธ์กับปัจจัยต่อไปนี้

1. แก๊สออกซิเจน เป็นสาเหตุของการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชั่นซึ่งนำไปสู่การเกิดกลิ่นหืน อันเป็นปัญหาหลักที่มีผลต่อการเสื่อมเสียรสชาติของกาแฟ โดยการคั่วจะกระตุ้นให้ลิปิดซึ่งเป็นองค์ประกอบภายในของกาแฟเคลื่อนที่มาอยู่บริเวณผิวหน้าของกาแฟ และกาแฟเริ่มสัมผัสกับแก๊สออกซิเจนในอากาศ เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชั่น Nawar (1996 อ้างโดย นิธิยา, 2545) รายงานว่าปฏิกิริยาออกซิเดชั่นที่เกิดขึ้นเป็นไปอย่างต่อเนื่อง เมื่อลิปิดสัมผัสกับแก๊สออกซิเจนในอากาศ อัตราเร็วของปฏิกิริยาออกซิเดชั่นค่อยๆ เพิ่มขึ้นเนื่องจากปฏิกิริยาต่อเนื่องของอนุมูลอิสระ (free-radical chain reaction)

ผลของปฏิกิริยาออกซิเดชั่นซึ่งส่งทำให้กาแฟสูญเสียกลิ่นรสอันเป็นคุณสมบัติสำคัญที่สุดไปนี้ถูกเร่งด้วยการบด เนื่องจากการบดสามารถเพิ่มพื้นที่ผิวของกาแฟที่สัมผัสกับอากาศได้ (Peet's Coffee & Tea, 2003) อย่างไรก็ตามกาแฟมีสารต้านการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชั่น (antioxidant) ประเภทโพลิฟีนอลเป็นองค์ประกอบ เช่น กรดคลอโรจินิก กรดกาแฟอิก และกรดควินิก (Clarke and Vitzhum, 2001; International Coffee Organization, 2005) ซึ่งสารเหล่านี้ช่วยชะลอปฏิกิริยาออกซิเดชั่นได้

2. อุณหภูมิและความชื้น สามารถเร่งปฏิกิริยาออกซิเดชั่นและปฏิกิริยาชีวเคมีอื่นๆ ทำให้สารที่ให้กลิ่นรสของกาแฟสลายตัวโดยละลายไปกับไอน้ำ เป็นผลให้คุณภาพของกาแฟคั่วด้อยลง

งามทิพย์ (2538) รายงานว่าการเปลี่ยนแปลงกลิ่นรสของกาแฟคั่วที่เก็บไว้ในสภาวะที่มีความชื้นสูงเกิดขึ้นในระยะเวลาประมาณ 4 ถึง 5 วัน แต่การเก็บกาแฟคั่วในสภาวะแวดล้อมที่แห้งและอุณหภูมิต่ำสามารถยืดอายุการเก็บกาแฟได้เป็นระยะเวลานานนับเดือนก่อนเกิดการเปลี่ยนแปลงกลิ่นรสของกาแฟ

วิไล (2547) รายงานว่ากิจกรรมของจุลินทรีย์ส่วนใหญ่จะถูกยับยั้งเมื่อปริมาณน้ำอิสระมีค่าต่ำกว่า 0.6 โดยเชื้อราส่วนใหญ่ถูกยับยั้งการเจริญเมื่อปริมาณน้ำอิสระมีค่าต่ำกว่า 0.7 ส่วนยีสต์และแบคทีเรียส่วนใหญ่ถูกยับยั้งการเจริญเมื่อปริมาณน้ำอิสระมีค่าต่ำกว่า 0.8 และ 0.9 ตามลำดับ Nelson and Labuza (1994) รายงานว่าปริมาณน้ำอิสระมีผลต่ออัตราเร็วของการเกิดปฏิกิริยา

ออกซิเดชั่น อาหารแห้งที่มีปริมาณน้ำอิสระน้อยมากประมาณ 0.1 ปฏิกิริยาออกซิเดชั่นจะเกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว เมื่อปริมาณน้ำอิสระเพิ่มขึ้นมีค่าประมาณ 0.3 ถึง 0.4 อัตราเร็วของการเกิดปฏิกิริยาจะต่ำสุด เนื่องจากน้ำจะไปปกป้องไขมันทำให้แก๊สออกซิเจนไม่ละลายในน้ำมัน แต่จะละลายในน้ำแทน และอัตราการเกิดปฏิกิริยาจะเพิ่มขึ้นอีกเมื่อปริมาณน้ำอิสระมีค่าในช่วง 0.55 ถึง 0.85 เนื่องจากปริมาณน้ำมีมากพอที่จะทำให้เกิดการเคลื่อนที่ของคะตะลิสต์และแก๊สออกซิเจน จากการที่กาแฟคั่วมีความชื้นต่ำจึงสามารถดูดความชื้นจากสิ่งแวดล้อมได้ง่าย หากไม่บรรจุในบรรจุภัณฑ์ที่สามารถป้องกันการซึมผ่านของไอน้ำได้ ส่งผลให้ปริมาณน้ำอิสระเพิ่มขึ้นถึงระดับที่จุลินทรีย์สามารถเจริญได้และส่งผลให้ปฏิกิริยาออกซิเดชั่นเกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว

Cardelli and Labuza (2001) ศึกษาผลของความชื้นในรูปของปริมาณน้ำอิสระ ระดับแก๊สออกซิเจน และอุณหภูมิการเก็บรักษา ที่มีต่อระยะเวลาเก็บรักษาของกาแฟคั่วบดในบรรจุภัณฑ์ชนิดอ่อนตัว พบว่าการเพิ่มปริมาณแก๊สออกซิเจนจาก 0.5 กิโลปาสคาลเป็น 21.3 กิโลปาสคาล ทำให้ระยะเวลาเก็บรักษาลดลง 20 เท่า ปริมาณน้ำอิสระที่เพิ่มขึ้นประมาณ 0.1 ทำให้อัตราการเสื่อมเสียเพิ่มขึ้นร้อยละ 60 และอุณหภูมิเก็บรักษาที่เพิ่มขึ้นประมาณ 10 องศาเซลเซียส ทำให้อัตราการเสื่อมเสียเพิ่มขึ้นประมาณร้อยละ 15 ถึง 23

3. แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ เป็นแก๊สที่มีประโยชน์ในการช่วยเก็บรักษากลิ่นรสของกาแฟเอาไว้ แต่แก๊สนี้ระเหยออกไปได้ง่ายโดยเฉพาะระหว่างการบด ทำให้กลิ่นรสของกาแฟสูญเสียไปด้วย ถ้าบรรจุกาแฟหลังจากการคั่วเสร็จใหม่ในบรรจุภัณฑ์ปิดสนิททันที ก็มีโอกาสให้เกิดการสะสมของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ ทำให้ความดันภายในบรรจุภัณฑ์สูงขึ้น ซึ่งอาจส่งผลให้บรรจุภัณฑ์เสียหายและยังทำให้กาแฟคั่วบดฟุ้งกระจายเมื่อเปิดบรรจุภัณฑ์ครั้งแรก Yamashita (1990 อ้างโดย งามทิพย์, 2538) รายงานว่ากาแฟคั่วบด 1 กรัม สามารถปล่อยแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ออกมาได้ 1.5 มิลลิลิตรในช่วง 1 ชั่วโมงแรกหลังจากการบด ต่อมาปริมาณแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ลดลง ดังนั้นกาแฟที่ผ่านการคั่วและบดมาแล้วควรเก็บพักไว้ (aging) ประมาณ 12 ถึง 36 ชั่วโมงก่อนนำไปบรรจุ แต่ระหว่างการเก็บพักกาแฟคั่วบดไว้ก็มีโอกาสเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชั่นในกาแฟคั่วบด เนื่องจากการทำปฏิกิริยาของอากาศกับสารประกอบพวกลิปิดต่างๆ ในกาแฟคั่วบด ทำให้กาแฟมีกลิ่นเหม็นหืนและสูญเสียกลิ่นรสที่ดี จึงควรรีบบรรจุกาแฟคั่วบดลงในบรรจุภัณฑ์ที่ปิดสนิททันทีหลังจากสิ้นสุดระยะเวลาในการเก็บพักตามที่กำหนด Anderson *et al.* (2001) ศึกษากลไกการปล่อยแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ของกาแฟคั่วบดเสร็จใหม่พบว่า ส่วนหนึ่งของแก๊สนี้ถูกปล่อยออกมาในระหว่างการคั่วและการบด โดยแก๊สบางส่วนถูกไว้เก็บโครงสร้างภายในเมล็ดและค่อยๆ ปล่อยออกมาในระหว่างการเก็บ ดังนั้น Anderson *et al.* (2001) จึงแนะนำว่าควรพักกาแฟคั่วบดไว้ประมาณ 24 ถึง 48 ชั่วโมงก่อนบรรจุกาแฟคั่วบดลงในบรรจุภัณฑ์ หากบรรจุทันทีจะทำให้บรรจุภัณฑ์

โป่งพองและระเบิดได้ โดยเฉพาะในบรรจุภัณฑ์ประเภทอ่อนตัวซึ่งมีโอกาสโป่งพองได้ง่ายกว่ากระป๋อง อย่างไรก็ตามทุก 24 ชั่วโมงของการพักกาแฟจะทำให้ระยะเวลาการเก็บรักษาลดลงร้อยละ 10 ปริมาณของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดจะขึ้นกับชนิดของกาแฟและสภาวะการคั่ว โดย Anderson *et al.* (2003) พบว่ากาแฟคั่วที่เป็นเมล็ดปลดปล่อยแก๊สช้ากว่ากาแฟคั่วที่บดเป็นผง และกาแฟคั่วแบบแก่ปลดปล่อยแก๊สนี้มากกว่ากาแฟคั่วแบบอ่อน

Schenker *et al.* (2000) รายงานว่า การคั่วที่อุณหภูมิสูงกว่าแม้จะใช้ระยะเวลาสั้นกว่า ทำให้เกิดช่องว่างภายในเมล็ดมีขนาดใหญ่ จึงปล่อยแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ออกจากโครงสร้างอย่างรวดเร็ว ส่งผลให้สูญเสียกลิ่นรสของกาแฟคั่วอย่างรวดเร็ว และลิปิดซึ่งเป็นองค์ประกอบภายในเมล็ดเคลื่อนที่มาอยู่บริเวณผิวหน้าได้เร็วขึ้น ปฏิกิริยาออกซิเดชั่นจึงเกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว โดยอุณหภูมิที่สูงขึ้นจากการคั่วยังเป็นปัจจัยที่สามารถเร่งการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชั่นได้อีก ดังนั้นการคั่วที่ให้สีของเมล็ดกาแฟเข้มขึ้นจึงมีโอกาสทำให้เมล็ดกาแฟคั่วเสื่อมคุณภาพได้เร็วกว่าเมล็ดกาแฟคั่วที่ได้มาจากการคั่วแบบอ่อน

การบรรจุภัณฑ์ของกาแฟคั่ว

Hirsch (1991) ได้ระบุถึงสมบัติที่สำคัญของบรรจุภัณฑ์สำหรับกาแฟคั่วดังนี้ คือ อัตราการซึมผ่านของไอน้ำต่ำ (ไม่เกิน 0.3 กรัมต่อตารางเมตรต่อวัน) และต้องสามารถป้องกันแก๊สออกซิเจนและป้องกันการซึมผ่านของกลิ่นได้ดี เนื่องจากตลอดระยะเวลาการเก็บรักษากาแฟคั่วจะปลดปล่อยกลิ่นรสอย่างต่อเนื่อง วัสดุที่ใช้เป็นองค์ประกอบของบรรจุภัณฑ์จะต้องสามารถขึ้นรูปได้ง่าย บรรจุภัณฑ์สำหรับการบรรจุกาแฟต้องแข็งแรงทนทานต่อแรงกระทำต่างๆ ได้แก่ แรงกดอัดจากภายนอกที่เกิดขึ้นระหว่างการขนส่งและแรงดันจากภายในบรรจุภัณฑ์ซึ่งเกิดจากการปล่อยแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ บรรจุภัณฑ์ควรมีส่วนร่วมในการยืดระยะเวลาเก็บรักษาในระหว่างการจำหน่าย และราคาของบรรจุภัณฑ์ควรจะอยู่ในระดับที่เหมาะสม

บรรจุภัณฑ์ที่มีการพิจารณาใช้เพื่อบรรจุกาแฟคั่วมีดังนี้

1. การเก็บกาแฟคั่วในถุงกระดาษ

การเก็บกาแฟคั่วในถุงกระดาษมักเก็บในถุงขนาด 50 กิโลกรัม หรือกระสอบ โดยมีวัตถุประสงค์ในการส่งออกสินค้าในรูปแบบขายส่งซึ่งนิยมใช้ในตลาดยุโรป (ปริญญา, 2542) แต่กระดาษไม่สามารถป้องกันการซึมผ่านความชื้น การรั่วซึมหรือการแลกเปลี่ยนแก๊ส อีกทั้งกระดาษสามารถซึมซับน้ำมันของกาแฟคั่วได้ง่าย เมื่อน้ำมันทำปฏิกิริยากับแก๊สออกซิเจนในอากาศจะเกิด

การเปลี่ยนแปลง ทำให้กลิ่นรสด้อยลง การเก็บในถุงกระดาษจึงไม่สามารถรักษาคุณภาพไว้ได้นาน (พัชนี, 2545)

2. การเก็บในถุงพลาสติก

การเก็บในถุงพลาสติกเป็นแนวทางหนึ่งสำหรับแก้ไขปัญหาของถุงกระดาษ เจริญ (2546) รายงานว่าวัสดุที่นิยมใช้ผลิตถุงพลาสติก ได้แก่ โพลิเอทิลีน (polyethylene; PE) และโพลิโพรพิลีน (polypropylene; PP) โดยทั่วไปพลาสติกทั้งสองชนิดนี้มีสมบัติที่ดีสำหรับการทำหน้าที่ในการบรรจุ โดยมีความอ่อนตัว จึงขึ้นรูปได้ง่าย พิมพ์ติดได้ดีและป้องกันความชื้นได้ดี โดยเฉพาะโพลิเอทิลีนเป็นวัสดุพลาสติกที่ใช้มากที่สุด และราคาถูก เนื่องจากมีจุดหลอมเหลวต่ำเมื่อเทียบกับพลาสติกชนิดอื่น ทำให้ปิดผนึกได้ง่ายและต้นทุนการผลิตต่ำ แต่การป้องกันการซึมผ่านของแก๊ส เช่น ออกซิเจน ไนโตรเจน คาร์บอนไดออกไซด์ และกลิ่นยังไม่ดีเท่าที่ควร เนื่องจากถุงพลาสติกที่ผลิตจากโพลิเอทิลีนและโพลิโพรพิลีนมีช่องว่างขนาดเล็ก (pinhole) ที่ทำให้แก๊สซึมผ่านได้ดี (ปริญญา, 2542; Brown, 1992)

3. การเก็บในวัสดุโลหะ

วัสดุโลหะหมายรวมถึงกระป๋องโลหะซึ่งนิยมใช้ในประเทศสหรัฐอเมริกา และวัสดุประกบ (laminate) ซึ่งส่วนมากนิยมใช้แผ่นเปลวอลูมิเนียมที่ใช้กันแพร่หลายในประเทศแถบยุโรป (Dietmar, 1985) การประกบประกอบด้วยวัสดุตั้งแต่สองชั้นขึ้นไป โดยนำวัสดุต่างกันมาประกบรวมกันเป็นแผ่นเดียว เพื่อรวมคุณสมบัติที่ดีของวัสดุแต่ละชนิดไว้ในตัวบรรจุภัณฑ์ เช่น การใช้แผ่นเปลวอลูมิเนียมซึ่งมีคุณสมบัติในการป้องกันแสงได้ดีร่วมกับโพลิเอทิลีนที่เป็นวัสดุที่เหมาะสมสำหรับการนำมาใช้เป็นส่วนประกอบของชั้นที่จะต้องปิดผนึกด้วยความร้อน นอกจากนั้นโพลิเอทิลีนยังสามารถปิดช่องว่างขนาดเล็กที่มีอยู่ในแผ่นเปลวอลูมิเนียม การประกบทั่วไปนิยมประกบแผ่นเปลวอลูมิเนียมอยู่ระหว่างแผ่นฟิล์มชนิดอื่น เช่น การประกบแผ่นเปลวอลูมิเนียมอยู่ระหว่างโพลิเอสเตอร์และโพลิเอทิลีน โดยโพลิเอสเตอร์ทำให้เกิดความแข็งแรงและการคงรูป ส่วนแผ่นเปลวอลูมิเนียมป้องกันความชื้น แก๊สออกซิเจนและแสง และโพลิเอทิลีนซึ่งถูกประกบด้านในสุดของบรรจุภัณฑ์ให้การปิดผนึกด้วยความร้อนที่ดี บรรจุภัณฑ์ประเภทนี้สามารถปิดผนึกแบบสุญญากาศได้ และบรรจุภัณฑ์อีกประเภทหนึ่งคือ บรรจุภัณฑ์ที่ประกอบไปด้วยการประกบโพลิไวนิลคลอไรด์อยู่ระหว่างโพลิเอไมด์และโพลิเอทิลีน โดยโพลิเอไมด์จะถูกเมทัลไลซ์ ซึ่งการเมทัลไลซ์สามารถช่วยให้บรรจุภัณฑ์ป้องกันแสงและความชื้นได้ (ปริญญา, 2542)

กาญจนา (2545) ระบุถึงข้อดีของการบรรจุกาแฟในกระป๋องไว้ดังนี้คือ มีรูปร่างหลากหลาย ให้คุณภาพการพิมพ์สูง และสามารถพิมพ์ภาพต่างๆ ได้คมชัด ให้การปิดผนึกอย่างแน่นหนาและข้อได้เปรียบของบรรจุภัณฑ์ชนิดนี้เมื่อเทียบกับถุงแผ่นเปลวอลูมิเนียมคือ ผู้บริโภคสามารถใช้

กระป๋องโลหะที่มีฝาเปิดปิดนี้เก็บกาแฟได้โดยไม่ต้องเปลี่ยนใส่ภาชนะอื่น สามารถเรียงซ้อนกันได้ง่ายในการเก็บรักษาและดึงดูดความสนใจได้ดีกว่าเมื่อสินค้าวางอยู่บนชั้นที่วางจำหน่าย ความแข็งแรงของกระป๋องทำให้ทนทานต่อแรงกระทำทั้งจากภายในบรรจุภัณฑ์และแรงกระแทกระหว่างการขนส่งได้ดีกว่าถุงประกบ และสามารถรวบรวมกระป๋องกลับเข้าสู่กระบวนการผลิตใหม่ได้ง่าย เนื่องจากกระป๋องมีสมบัติของการเป็นแม่เหล็ก ซึ่งเป็นผลดีต่อสิ่งแวดล้อมในประเด็นของการลดปัญหาขยะจากการบรรจุ อย่างไรก็ตามกระป๋องใช้พลังงานในการผลิตและการขนส่งสูงกว่าการใช้ถุงประกบ ส่งผลให้ต้นทุนการผลิตสูงขึ้น (Monte *et al.*, 2005)

4. การเก็บในถุงหรือวัสดุที่เป็นสุญญากาศ หรือการเติมแก๊สเฉื่อยบางชนิดลงในบรรจุภัณฑ์

การเก็บในลักษณะนี้สามารถรักษาคุณภาพของกาแฟคั่วได้นานขึ้น เนื่องจากป้องกันไม่ให้แก๊สออกซิเจนทำปฏิกิริยากับสารประกอบต่างๆ ในกาแฟคั่ว โดยทั่วไปถุงที่ใช้ในการบรรจุแบบสุญญากาศได้จากการขึ้นรูปเป็นฟิล์ม ทำให้มีลักษณะคล้ายกับกระป๋องที่มีลักษณะอ่อนตัว (flexible can) และถุงสุญญากาศมีข้อดีที่ต้นทุนการผลิตต่ำกว่าการบรรจุในกระป๋องโลหะในกรณีที่กำลังการผลิตเท่ากัน (Sivetz and Foote, 1963; Brody and Marsh, 1997)

การเติมแก๊สเฉื่อย เช่น แก๊สไนโตรเจน ในบรรจุภัณฑ์ เป็นการลดปริมาณแก๊สออกซิเจน การบรรจุลักษณะนี้จะปล่อยให้กาแฟคั่วปล่อยแก๊สระยะเวลาหนึ่งก่อนบรรจุ เพื่อป้องกันการเกิดแรงดันภายในบรรจุภัณฑ์ภายหลังบรรจุ (Robertson, 1993) ข้อดีและข้อด้อยระหว่างการบรรจุแบบสุญญากาศและการเติมแก๊สเฉื่อย สรุปได้ดังตารางที่ 2

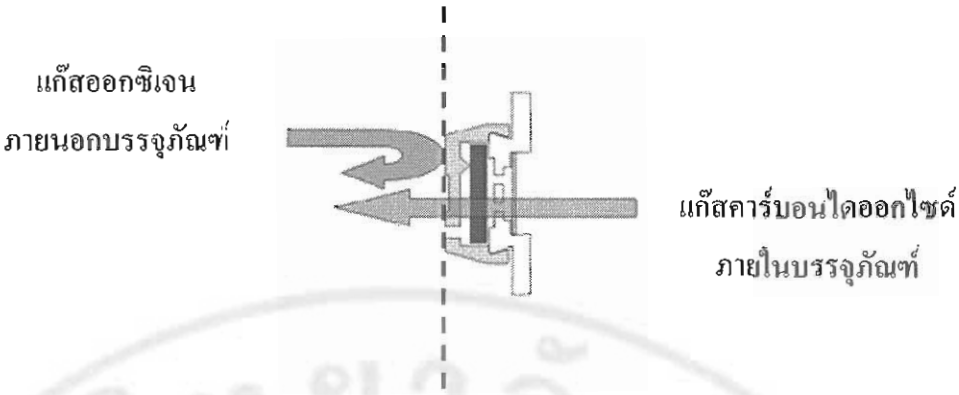
ตารางที่ 2 แสดงการเปรียบเทียบระหว่างการบรรจุแบบสุญญากาศและการเติมแก๊สเฉื่อย

วิธีการ	ข้อดี	ข้อด้อย
การบรรจุแบบสุญญากาศ	1. สามารถยืดอายุการเก็บรักษา 2. ลดการรวมตัวเป็นก้อนของกาแฟ 3. ตรวจสอบรอยรั่วได้รวดเร็ว	1. ผลิตภัณฑ์อาจเกิดการแตกหักจากการบีบอัดและลักษณะปรากฏไม่ดีเท่าที่ควรเนื่องจากผลิตภัณฑ์มีลักษณะที่ยับย่น 2. เครื่องมือราคาสูงแต่อัตราการผลิตต่ำ
การเติมแก๊ส	1. ยืดอายุการเก็บรักษา โดยลดระดับออกซิเจนในบรรจุภัณฑ์ และไม่ทำให้ผลิตภัณฑ์แตกหักเนื่องจากการบีบอัด โดยใช้เครื่องมือราคาถูกกว่าและอัตราการผลิตสูงกว่าวิธีการบรรจุแบบสุญญากาศ	1. แก๊สเฉื่อยบางชนิด เช่น ไนโตรเจน ไม่สามารถป้องกันการเสื่อมคุณภาพของผลิตภัณฑ์ได้ 2. การเก็บรักษาในระยะยาวต้องทดสอบประสิทธิภาพของรอยปิดผนึก

ที่มา: ดัดแปลงจาก Hirsch (1991)

5. การเก็บในถุงที่มีส่วนช่วยระบายแก๊ส (degassing valve)

การบรรจุกาแฟคั่วโดยใช้บรรจุภัณฑ์แบบอ่อนตัวทั้งในลักษณะถุงประกบหรือถุงพลาสติกอาจทำให้ถุงโป่งพองหรือแตกได้เนื่องจากการปล่อยแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ จึงต้องปล่อยแก๊สปริมาณหนึ่งออกจากบรรจุภัณฑ์ โดยการใช้วาล์วระบายแก๊สติดไว้กับบรรจุภัณฑ์ วาล์วดังกล่าวมีลักษณะเป็นวาล์วแบบทิศทางเดียว (one-way valve) โดยยอมให้แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ดันออกนอกบรรจุภัณฑ์แต่ไม่ยอมให้แก๊สออกซิเจนจากภายนอกเข้าสู่ภายในบรรจุภัณฑ์ เมื่อความดันภายในบรรจุภัณฑ์เพิ่มขึ้นสูงกว่าความดันภายนอกบรรจุภัณฑ์ วาล์วจะเปิดเพื่อระบายแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ออกสู่ภายนอก เมื่อเข้าสู่สภาวะสมดุลวาล์วก็จะปิด ดังแสดงในภาพที่ 1 การใช้วาล์วระบายแก๊สจึงช่วยยืดอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ เพราะสามารถป้องกันการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชั่น ป้องกันความชื้นและแสงได้ดี (Park, 2003; Peet's Coffee & Tea, 2003)



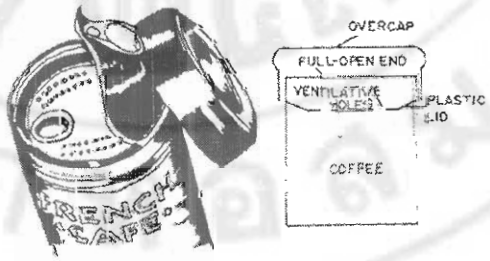
ภาพที่ 1 แสดงหลักการทำงานของวาล์วระบายแก๊ส
ที่มา: ดัดแปลงจาก Fresco-CO System U.S.A., INC. (1978)

6. การใช้สารดูดซับแก๊ส (gas absorber)

นอกจากใช้วาล์วระบายแก๊สแล้ว อาจใช้สารดูดซับแก๊สบรรจุลงในบรรจุภัณฑ์ สารดูดซับแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ (carbon dioxide absorber) สามารถใช้ส่วนผสมของแคลเซียมออกไซด์และถ่านหิน นอกจากนี้การใช้สารดูดซับแก๊สออกซิเจน (oxygen absorber) ก็เป็นอีกวิธีที่ช่วยลดระดับแก๊สออกซิเจนได้ โดยบรรจุลงในถุงเล็กๆ (sachet) แล้วนำถุงนั้นใส่ไว้ในบรรจุภัณฑ์ (Jenkins and Harrington, 1991)

7. กระป๋อง "French Cafe"

งามทิพย์ (2538) รายงานว่ากาแฟคั่วที่บรรจุด้วยบรรจุภัณฑ์ประเภท "French Cafe" นี้ไม่จำเป็นต้องผ่านการเก็บพัก โดยสามารถบรรจุกาแฟคั่วลงในกระป๋องนี้หลังการบดได้ทันที จึงช่วยป้องกันการสูญเสียกลิ่นรสของกาแฟคั่วบดได้ดี โครงสร้างของกระป๋องแสดงดังภาพที่ 2



ภาพที่ 2 แสดงโครงสร้างของกระป๋อง "French Café"
ที่มา: Yamashita (1990 อ้างโดย งามทิพย์, 2538)

กาแฟที่ผ่านการคั่วและการบดมาแล้วจะถูกบรรจุในกระป๋องพร้อมกับซองสารดูดซับแก๊สออกซิเจน แล้วดึงอากาศภายในกระป๋องออกและปิดผนึกทันที โดยต้องใช้ระดับสุญญากาศสูง เพื่อควบคุมปริมาณแก๊สออกซิเจนที่หลงเหลือภายในกระป๋องไม่ให้เกินร้อยละ 0.3 กาแฟจะปล่อยแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ออกมาเป็นผลให้ความดันภายในกระป๋องเพิ่มขึ้นจนกระทั่งสูงกว่าความดันบรรยากาศ ประมาณ 0.3 ถึง 0.7 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร การที่ความดันภายในกระป๋องสูงกว่าความดันบรรยากาศเป็นการเสริมความแข็งแรงให้กับตัวกระป๋อง สามารถลดความหนาของตัวกระป๋องลงได้และไม่จำเป็นต้องทำลอน ฝากระป๋องด้านนอกสุดทำจากโพลิเอทิลีนที่มีความหนาแน่นสูง เป็นฝาเกลียวสำหรับการเปิดและปิดหลายครั้ง ฝาชั้นถัดเข้ามาเป็นพวกอลูมิเนียมเปิดง่ายโดยการดึงห่วงที่ติดบนฝา เมื่อเปิดฝานี้แล้วความดันภายในกระป๋องค่อยๆ ปรับลดลงให้เท่ากับความดันบรรยากาศโดยกาแฟคั่วบดไม่ฟุ้งกระจาย

Kallio *et al.* (1990) ศึกษาการแพร่กระจายของสารให้กลิ่นรสของกาแฟคั่วบด ซึ่งบรรจุในถุงที่ทำจากการประกบระหว่างโพลิเอสเตอร์ แผ่นเปลวอลูมิเนียม และโพลิเอทิลีน ที่ระดับอุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 4 เดือน โดยวิธี แก๊สโครมาโทกราฟี-แมสสเปกโทรเมทริก (gas chromatography-mass spectrometric) พบว่าองค์ประกอบหลายชนิดที่อยู่บริเวณช่องว่างเหนืออาหารได้แก่ บิวทานิดีน ไธโอฟีน 2-เมทิลฟิวราน โพรพานาล และอะซิโตน เพิ่มขึ้นตลอดระยะเวลาเก็บรักษา แสดงว่ากาแฟคั่วบดสูญเสียกลิ่นรสตลอดเวลา ปริญญา (2542) รายงานว่าผลิตภัณฑ์กาแฟสามารถดูดความชื้นและกลิ่นจากสิ่งแวดล้อม กลิ่นจากผลิตภัณฑ์เครื่องสำอาง (น้ำหอม สบู่) และผลิตภัณฑ์นม (เนย) จึงควรบรรจุผลิตภัณฑ์กาแฟในบรรจุภัณฑ์ที่สามารถป้องกันการซึมผ่านของความชื้น แก๊ส และกลิ่นได้ดี

ในระหว่างการเก็บรักษาหรือระหว่างรอการขนส่งเพื่อการจำหน่ายของกระบวนการผลิตกาแฟคั่วในระดับครัวเรือนหรืออุตสาหกรรมขนาดเล็กที่มีต้นทุนการผลิตค่อนข้างจำกัดนั้น บรรจุภัณฑ์อาจเกิดลักษณะโป่งพองเนื่องจากกาแฟปล่อยแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ ทำให้ความดันภายในบรรจุภัณฑ์เพิ่มขึ้น อาจเป็นสาเหตุให้บรรจุภัณฑ์เสียหายได้ ผู้ผลิตบางรายจึงแก้ปัญหาโดยการเจาะรูเพื่อระบายแก๊สออกจากบรรจุภัณฑ์ ซึ่งวิธีการนี้ไม่สามารถปฏิบัติได้หากสินค้าจำหน่ายออกไปแล้ว

พัตรเพ็ญ (2547) ศึกษาคุณภาพของกาแฟคั่วบดในลักษณะการคั่วแบบกลางในบรรจุภัณฑ์ต่างๆ เป็นระยะเวลา 90 วัน โดยใช้บรรจุภัณฑ์ 4 ชนิด ได้แก่ กระป๋องโลหะ ถุงอลูมิเนียมฟอยล์ ถุงอลูมิเนียมฟอยล์ที่มีวาล์วระบายแก๊ส และถุงอลูมิเนียมฟอยล์เจาะรูแล้วปิดทับด้วยสติกเกอร์ใส ซึ่งถุงอลูมิเนียมฟอยล์เจาะรูแล้วปิดทับด้วยสติกเกอร์ใสเป็นบรรจุภัณฑ์ที่เกิดจากแนวคิดที่จะระบายแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ออกจากบรรจุภัณฑ์ซึ่งผลิตจากอุตสาหกรรมการผลิตกาแฟคั่วขนาดเล็ก

โดยต้องป้องกันไม่ให้ไอน้ำและแก๊สออกซิเจนจากภายนอกซึมผ่านเข้าสู่ภายในบรรจุภัณฑ์ได้ โดยง่ายจึงปิดทับรูด้วยสติกเกอร์ใส จากผลการศึกษาพบว่าบรรจุภัณฑ์ทั้ง 4 ชนิดให้ผลไม่แตกต่างกันอย่างชัดเจนในระยะเวลาเก็บรักษา 90 วัน การบรรจุในกระป๋องโลหะหรือการใช้วาล์วระบายแก๊ส ซึ่งมีต้นทุนการผลิตค่อนข้างสูง ดูเหมือนว่ายังไม่ให้ผลเด่นอย่างเห็นได้ชัดเจนว่ามีความเหนือกว่าการใช้บรรจุภัณฑ์ประเภทอื่น การใช้วาล์วอาจมีส่วนช่วยลดปัญหาการโป่งพองของบรรจุภัณฑ์ เนื่องจากความต้นที่เพิ่มขึ้นจากการปล่อยแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ แต่ปัญหาดังกล่าวสามารถลดได้โดยการพักกาแฟหลังจากการคั่วและการบดก่อนบรรจุประมาณ 24 ชั่วโมง อีกทั้งกาแฟยังมีกลไกในการดูดซับแก๊สกลับเข้าสู่โครงสร้าง ส่วนการใช้กระป๋องแม้จะทนทานต่อแรงดันทั้งจากภายในและภายนอกได้ดี และได้เปรียบบรรจุภัณฑ์อื่นๆ ในแง่ของการนำกลับมาใช้ซึ่งเป็นผลดีต่อสิ่งแวดล้อม แต่กระป๋องใช้พลังงานในการผลิตและการขนส่งสูงกว่าการใช้ถุง ดังนั้นในช่วงระยะเก็บรักษา 90 วัน การใช้ถุงอลูมิเนียมฟอยล์ซึ่งมีต้นทุนการผลิตต่ำกว่าน่าจะเพียงพอในการรักษาคุณภาพของกาแฟคั่วบดและพบว่าในช่วงระยะเวลาเก็บรักษา 90 วัน กาแฟคั่วบดมีการเปลี่ยนแปลงค่อนข้างน้อย นั่นแสดงว่าถุงอลูมิเนียมฟอยล์น่าจะรักษาคุณภาพของกาแฟคั่วบดไว้ได้นานกว่า 90 วัน

บทที่ 3
อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์

วัตถุดิบ

กาแฟพันธุ์อาราบิก้าจากสถานีทดลองเกษตรที่สูงวาวี อำเภอแม่สรวย จังหวัดเชียงราย ในฤดูกาลผลิต 2546/2547

บรรจุภัณฑ์

1. ถุงอลูมิเนียมพอยล์ชนิดขยายข้าง ขนาด 8.5×23 เซนติเมตร ขยายข้างด้านละ 5.5 เซนติเมตร ความหนา 100 ไมครอน

2. สารดูดซับแก๊สออกซิเจนบรรจุในซองขนาด 200 ลูกบาศก์เซนติเมตร จากบริษัท ซาโต้ มาร์เก็ตติ้ง (ประเทศไทย) จำกัด โดยสารดูดซับแก๊สออกซิเจนประกอบด้วย ผงเหล็ก เคลย์ เกลือแกง น้ำ และคาร์บอน

3. สติกเกอร์ใสขนาด 0.5×0.5 นิ้ว

อุปกรณ์และเครื่องมือ

1. เครื่องวัดปริมาณแก๊สออกซิเจนและแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ (Quantek Instrument model 902D, U.S.A.)

2. เครื่องวัดปริมาณน้ำอิสระ (Novasina, Switzerland)

3. ตู้อบสุญญากาศ (WTB Binder model VD, Germany)

4. เครื่องวัดค่าสี (Juki Instrument model JC 801, Japan)

5. เครื่องวัดความเป็นกรด-ด่าง (Metrohm model 744, Switzerland)

6. เครื่องชั่งน้ำหนักความละเอียดทศนิยม 4 ตำแหน่ง (Sartorius model BP 610, Germany)

7. เครื่องเขย่า (New Brunswick Sciencetific Innova 4340, U.S.A.)

8. อ่างควบคุมอุณหภูมิ (Memmert, Germany)

9. เครื่องชงกาแฟ (Braun KF 130, Germany)

10. ชุดเครื่องแก้วสำหรับการวิเคราะห์

11. อุปกรณ์สำหรับการทดสอบทางประสาทสัมผัส

สารเคมี

1. สารเคมีสำหรับการวิเคราะห์ปริมาณกรดทั้งหมด
   1.1 phenolphthalein (laboratory grade, Ajax, Australia)
   1.2 sodium hydroxide (analytical grade, Merck, Germany)
   1.3 absolute ethanol (analytical grade, Merck, Germany)
   1.4 potassium hydrogen phthalate (analytical grade, Merck, Germany)
2. สารเคมีสำหรับวิเคราะห์ค่าเปอร์ออกไซด์
   2.1 chloroform (analytical grade, Labscan, Thailand)
   2.2 sodium thiosulphate (laboratory grade, Ajax, Australia)
   2.3 potassium iodide (laboratory grade, Ajax, Australia)
   2.4 starch (laboratory grade, Ajax, Australia)
   2.5 potasssium dicromate (analytical grade, Merck, Germany)
   2.6 acetic acid (analytical grade, Merck, Germany)
3. สารเคมีสำหรับวิเคราะห์ปริมาณน้ำตาล
   3.1 zinc acetate dihydrate (laboratory grade, Ajax, Australia)
   3.2 potassium ferrocyannide trihydrate (laboratory grade, Ajax, Australia)
   3.3 copper sulphate pentahydrate (laboratory grade, Ajax, Australia)
   3.4 potassium tartrate (laboratory grade, Ajax, Australia)
   3.5 methylene blue (laboratory grade, Ajax, Australia)
   3.6 sodium hydroxide (analytical grade, Merck, Germany)

วิธีการ

การเตรียมกาแฟเมล็ด

การเตรียมกาแฟเมล็ดสำหรับงานวิจัยครั้งนี้ใช้วิธีการแบบเปียก โดยดัดแปลงจากกรรมวิธีการเตรียมกาแฟเมล็ดของพงษ์ศักดิ์ และบัณฑูรย์ (2542) ซึ่งมีขั้นตอนดังนี้

1. การรับวัตถุดิบ รับผลกาแฟพันธุ์อาราบิก้าที่มีความสุกแก่ร้อยละ 75 ขึ้นไป สังเกตจากผลกาแฟมีแดงอมส้ม จากสถานีทดลองเกษตรที่สูงวาวี อำเภอแม่สรวย จังหวัดเชียงราย เก็บโดยเจ้าหน้าที่ประจำสถานีทดลองเกษตรที่สูงวาวี

2. การคัดแยก โดยแยกระหว่างเมล็ดดีและเมล็ดเสีย (เมล็ดเน่า เมล็ดลีบ) รวมถึงการแยกเมล็ดที่สุกไม่เต็มที่ คือ เมล็ดเขียวออกจากเมล็ดที่สมบูรณ์

3. การปอกเปลือกผลกาแฟ นำเมล็ดที่สมบูรณ์ผ่านเครื่องปอกเปลือก ซึ่งจะแยกเปลือกและเนื้อออกไป

4. การกำจัดเมือกและการล้างเมล็ด เมือกที่ติดเปลือกกาแฟสามารถขจัดได้หลายวิธี แต่สำหรับงานทดลองนี้ใช้วิธีการกำจัดเมือกโดยวิธีการหมักโดยธรรมชาติ นำผลกาแฟที่ปอกเปลือกแล้วใส่ในถังสแตนเลส แช่ด้วยน้ำสะอาดจากโรงประปา มหาวิทยาลัยแม่โจ้ โดยเติมน้ำให้ท่วมเมล็ดกาแฟ เพื่อแช่เมล็ดกาแฟเป็นเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นใช้น้ำล้าง 3 ถึง 4 ครั้งก่อนนำไปอบแห้ง

5. การอบ เพื่อให้ความชื้นของเมล็ดกาแฟลดลงเหลือประมาณร้อยละ 11 ถึง 12 โดยใช้ตู้อบลมร้อนที่ระดับอุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 36 ชั่วโมง เพื่อให้ได้กาแฟที่แห้งซึ่งเรียกว่า "กาแฟกะลา"

6. การสีกะลา โดยใช้เครื่องสีกะเทาะเปลือก (huller) และทำความสะอาด โดยแยกเศษกะลาของกาแฟและฝุ่นละอองต่างๆ ออกไป จะได้สารกาแฟที่มีสีเขียวอมฟ้า

การคั่วกาแฟ

นำสารกาแฟมาคั่วที่ระดับอุณหภูมิ 160 องศาเซลเซียส ประมาณ 20 นาที จนเมล็ดกาแฟมีสีน้ำตาลปานกลาง

สำหรับขั้นตอนการสีกะลาและการคั่วดำเนินการโดยขอความอนุเคราะห์จากโครงการศูนย์วิจัยและพัฒนากาแฟบนที่สูง คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

การบรรจุ

การบรรจุกาแฟคั่วบดในการวิจัยครั้งนี้ได้กระทำหลังจากการคั่วและการบดเมล็ดกาแฟแล้วทิ้งระยะเวลาประมาณ 24 ชั่วโมง ก่อนการบรรจุ เพื่อให้กาแฟคั่วบดได้ปลดปล่อยแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์บางส่วนออกไป จากนั้นนำกาแฟคั่วบดมาบรรจุในบรรจุภัณฑ์แต่ละชนิดในปริมาณ 100 กรัมต่อหนึ่งหน่วยบรรจุภัณฑ์

การตรวจสอบผลการทดลอง

1. การตรวจสอบประสิทธิภาพของบรรจุภัณฑ์

ตัวชี้วัดประสิทธิภาพของบรรจุภัณฑ์คือ ปริมาณแก๊สออกซิเจนและแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ภายในบรรจุภัณฑ์ (โดยเครื่อง Quantek Instrument model 902D, U.S.A.)

2. การตรวจสอบผลของบรรจุภัณฑ์ที่มีต่อคุณภาพของกาแฟคั่วบดระหว่างการเก็บรักษา

ตัวชี้วัดคุณภาพของกาแฟคั่วบดระหว่างการเก็บรักษาคือ

2.1 ความชื้น (AOAC., 1995)

2.2 ปริมาณน้ำอิสระ (โดยเครื่องวัดปริมาณน้ำอิสระ Novasina, Switzerland)

2.3 ค่าสีตามระบบฮันเตอร์ (โดยเครื่อง Juki Instrument model JC 801, Japan)

2.4 ปริมาณกรดทั้งหมด (AOAC., 1995)

2.5 ความเป็นกรด-ด่าง (โดยเครื่อง Metrohm model 744, Switzerland)

2.6 ค่าเปอร์ออกไซด์ (ดัดแปลงจาก AOAC., 1995)

2.7 ปริมาณน้ำตาลทั้งหมดโดยวิธี Lane and Eynon (AOAC., 1995)

3. การตรวจสอบผลของบรรจุภัณฑ์ต่อผลการทดสอบด้านประสาทสัมผัสของกาแฟคั่วบดระหว่างการเก็บรักษา

ลักษณะทางประสาทสัมผัสของกาแฟคั่วบดตรวจสอบโดยวิธีการวิเคราะห์ประสาทสัมผัสเชิงพรรณนาและปริมาณ (Quantitative descriptive analysis; QDA) (ดัดแปลงจาก Hootman, 1992) ซึ่งการตรวจสอบลักษณะทางประสาทสัมผัสของกาแฟคั่วบดจะเตรียมกาแฟที่ใช้สำหรับการทดสอบในรูปแบบกาแฟชงสำเร็จ (วิธีการเตรียมตัวอย่างแสดงในภาคผนวก ก) ผู้ทดสอบชิมซึ่งผ่านการฝึกฝนจำนวน 9 คน ตรวจสอบลักษณะของกาแฟคั่วบดด้าน สีน้ำตาล กลิ่นหอม กลิ่นไหม้ กลิ่นหืน รสขม รสเปรี้ยว รสชาติตกค้าง และความชอบโดยรวม แล้วผู้ทดสอบให้คะแนนความเข้มของลักษณะของกาแฟที่ตรวจสอบโดยขีดเครื่องหมายลงบนสเกลเส้นตรงที่มีความยาว 15 เซนติเมตร โดยระดับความยาวของสเกลเท่ากับ 7.5 หมายถึง ลักษณะที่ตรวจมีความเข้มปานกลาง

การวางแผนการทดลอง

งานวิจัยนี้วางแผนการทดลองแบบ 4×7 factorial ใน completely randomized design ทดลอง 3 ซ้ำ โดยกำหนดปัจจัยในการทดลองดังนี้

ปัจจัยที่ 1 ชนิดของบรรจุภัณฑ์ (A) ประกอบด้วยบรรจุภัณฑ์ 4 ชนิด ได้แก่

A1 หมายถึง การไม่ใช้บรรจุภัณฑ์ (ชุดควบคุม) โดยการบรรจุกาแฟคั่วบดในภาชนะพลาสติกทรงกระบอกแล้วปิดฝาภาชนะบรรจุด้วยผ้าขาวบาง เพื่อป้องกันแมลงและสัตว์กัดแทะ

A2 หมายถึง ถุงอลูมิเนียมฟอยล์

A3 หมายถึง ถุงอลูมิเนียมฟอยล์พร้อมซองบรรจุสารดูดซับแก๊สออกซิเจน

A4 หมายถึง ถุงอลูมิเนียมฟอยล์เจาะรู แล้วปิดทับรูที่เจาะด้วยสติกเกอร์ใส

ปัจจัยที่ 2 ระยะเวลาเก็บรักษา (B) ประกอบด้วยระยะเวลาเก็บรักษา 7 ระยะ ได้แก่

B1 หมายถึง ระยะเวลาเก็บรักษา 0 สัปดาห์

B2 หมายถึง ระยะเวลาเก็บรักษา 4 สัปดาห์

B3 หมายถึง ระยะเวลาเก็บรักษา 8 สัปดาห์

B4 หมายถึง ระยะเวลาเก็บรักษา 12 สัปดาห์

B5 หมายถึง ระยะเวลาเก็บรักษา 16 สัปดาห์

B6 หมายถึง ระยะเวลาเก็บรักษา 20 สัปดาห์

B7 หมายถึง ระยะเวลาเก็บรักษา 24 สัปดาห์

วิธีการวิเคราะห์ข้อมูล

นำผลการทดลองมาวิเคราะห์ความแปรปรวนโดยใช้ F-Test และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS 11.0 for Windows

สถานที่วิจัย

1. โรงงานนำร่องอุตสาหกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้

2. ห้องปฏิบัติการ ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร คณะวิศวกรรมและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้

3. ห้องปฏิบัติการ ภาควิชาเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว คณะวิศวกรรมและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้

4. โครงการศูนย์วิจัยและพัฒนากาแฟบนที่สูง คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

บทที่ 4
ผลการวิจัยและวิจารณ์

การศึกษาผลของบรรจุภัณฑ์ที่มีต่อคุณภาพของกาแฟคั่วบดในระหว่างการเก็บรักษา โดยใช้บรรจุภัณฑ์ 3 ชนิด ได้แก่ ถุงอลูมิเนียมฟอยล์ ถุงอลูมิเนียมฟอยล์พร้อมซองบรรจุสารดูดซับแก๊สออกซิเจน และถุงอลูมิเนียมฟอยล์เจาะรูแล้วปิดทับรูด้วยสติกเกอร์ใส เปรียบเทียบกับชุดควบคุมซึ่งไม่ใช้บรรจุภัณฑ์ ในช่วงระยะเวลาเก็บรักษา 0 4 8 12 16 20 และ 24 สัปดาห์ ได้ผลดังนี้

1. การตรวจสอบประสิทธิภาพของบรรจุภัณฑ์

1.1 ผลของบรรจุภัณฑ์และระยะเวลาเก็บรักษาที่มีต่อปริมาณแก๊สออกซิเจนภายในบรรจุภัณฑ์

ชนิดของบรรจุภัณฑ์และระยะเวลาเก็บรักษามีผลต่อความแตกต่างกันของปริมาณแก๊สออกซิเจนภายในบรรจุภัณฑ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) และมีปฏิกิริยาสัมพันธ์กันระหว่างชนิดของบรรจุภัณฑ์และระยะเวลาเก็บรักษาดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ผลของบรรจุภัณฑ์และระยะเวลาเก็บรักษาที่มีต่อปริมาณแก๊สออกซิเจนภายในบรรจุภัณฑ์

ปริมาณแก๊สออกซิเจน (ร้อยละ)								
บรรจุภัณฑ์	ระยะเวลาเก็บรักษา (B)							
(A)	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	เฉลี่ย
A1	20.09	20.06	20.03	20.03	20.01	20.04	20.08	20.05 ^{A}
A2	20.04	11.98	12.57	11.90	12.19	12.84	12.99	13.50 ^{B}
A3	20.00	5.32	3.97	4.67	4.97	3.72	4.17	6.43 ^{C}
A4	20.12	11.88	12.90	12.47	12.37	12.36	12.20	13.47 ^{B}
เฉลี่ย	20.07 ^{a}	11.86 ^{b}	12.37 ^{b}	12.27 ^{b}	12.38 ^{b}	12.24 ^{b}	12.36 ^{b}	

หมายเหตุ: บรรจุภัณฑ์ (A) A1 = การไม่ใช้บรรจุภัณฑ์ A2 = ถุงอลูมิเนียมฟอยล์
A3 = ถุงอลูมิเนียมฟอยล์พร้อมซองบรรจุสารดูดซับแก๊สออกซิเจน
A4 = ถุงอลูมิเนียมฟอยล์เจาะรูแล้วปิดทับรูด้วยสติกเกอร์ใส

ระยะเวลาเก็บรักษา (B) B1 = 0 สัปดาห์ B5 = 16 สัปดาห์
B2 = 4 สัปดาห์ B6 = 20 สัปดาห์
B3 = 8 สัปดาห์ B7 = 24 สัปดาห์
B4 = 12 สัปดาห์

F-test A **
B **
A×B **

ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรที่เหมือนกันในคอลัมน์และแถวเดียวกันแสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

บรรยากาศแวดล้อมของกาแฟคั่วบดที่ไม่ใช้บรรจุภัณฑ์มีปริมาณแก๊สออกซิเจนโดยเฉลี่ยร้อยละ 20.05 ซึ่งเป็นปริมาณแก๊สออกซิเจนในสภาพบรรยากาศปกติ ซึ่งสูงกว่าปริมาณแก๊สออกซิเจนภายในบรรจุภัณฑ์อีก 3 ชนิด กล่าวคือภายในถุงอลูมิเนียมฟอยล์และถุงอลูมิเนียมฟอยล์เจาะรูแล้วปิดทับรูด้วยสติกเกอร์ใส มีแก๊สออกซิเจนเฉลี่ยร้อยละ 13.50 และ 13.47 ตามลำดับ ขณะที่ภายในถุงอลูมิเนียมฟอยล์พร้อมซองบรรจุสารดูดซับแก๊สออกซิเจนมีปริมาณแก๊สออกซิเจนเฉลี่ยร้อยละ 6.43 แสดงว่าสารดูดซับแก๊สออกซิเจนสามารถลดปริมาณแก๊สออกซิเจนลงได้อีกประมาณร้อยละ 7.04 ถึง 7.07 และตลอดระยะเวลาเก็บรักษา 24 สัปดาห์ พบว่าบรรจุภัณฑ์ทุกชนิดมีปริมาณแก๊สออกซิเจนโดยเฉลี่ยใกล้เคียงกันในช่วงร้อยละ 11.86 ถึง 12.38 ซึ่งต่ำกว่าปริมาณแก๊สออกซิเจนในบรรยากาศ

จากการเปรียบเทียบปริมาณแก๊สออกซิเจนภายในบรรจุภัณฑ์แต่ละชนิดที่ระยะเวลาเก็บรักษาต่างๆ พบว่าแก๊สออกซิเจนภายในบรรจุภัณฑ์มีปริมาณค่อนข้างคงที่ในช่วงระยะเวลาเก็บรักษา 4 ถึง 24 สัปดาห์ แสดงว่าถุงอลูมิเนียมฟอยล์เป็นวัสดุประกบที่สามารถป้องกันการซึมผ่านของแก๊สได้ดี โดยภายในถุงอลูมิเนียมฟอยล์และถุงอลูมิเนียมฟอยล์เจาะรูแล้วปิดทับรูด้วยสติกเกอร์ใสมีปริมาณแก๊สออกซิเจนใกล้เคียงกันตลอดระยะเวลาเก็บรักษาในช่วงร้อยละ 11.90 ถึง 12.99 และร้อยละ 11.88 ถึง 12.90 ตามลำดับ ภายในถุงอลูมิเนียมฟอยล์พร้อมซองบรรจุสารดูดซับแก๊สออกซิเจนมีปริมาณแก๊สออกซิเจนในช่วงร้อยละ 3.52 ถึง 4.97 และที่ระยะเวลาเท่ากันภายในถุงอลูมิเนียมฟอยล์พร้อมซองบรรจุสารดูดซับแก๊สออกซิเจนมีปริมาณแก๊สออกซิเจนต่ำกว่าภายในบรรจุภัณฑ์ชนิดอื่นๆ

1.2 ผลของบรรจุภัณฑ์และระยะเวลาเก็บรักษาที่มีต่อปริมาณแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ภายในบรรจุภัณฑ์

ชนิดของบรรจุภัณฑ์และระยะเวลาเก็บรักษามีผลต่อความแตกต่างกันของปริมาณแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ภายในบรรจุภัณฑ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) และมีปฏิกิริยาสัมพันธ์กันระหว่างชนิดของบรรจุภัณฑ์และระยะเวลาเก็บรักษาดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ผลของบรรจุภัณฑ์และระยะเวลาเก็บรักษาที่มีต่อปริมาณแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ภายในบรรจุภัณฑ์

ปริมาณแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ (ร้อยละ)								
บรรจุภัณฑ์	ระยะเวลาเก็บรักษา (B)							
(A)	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	เฉลี่ย
A1	0.10	0.10	0.17	0.14	0.10	0.18	0.11	0.13 ^{D}
A2	0.12	5.84	2.73	2.07	3.59	2.20	3.27	2.97 ^{C}
A3	0.14	7.79	7.48	8.76	6.42	6.76	5.11	6.07 ^{A}
A4	0.14	3.21	5.76	3.36	2.47	1.57	2.68	3.45 ^{B}
เฉลี่ย	0.13 ^{f}	5.74 ^{a}	4.03 ^{b}	3.58 ^{c}	3.14 ^{d}	2.68 ^{e}	2.79 ^{de}	

หมายเหตุ: บรรจุภัณฑ์ (A) A1 = การไม่ใช้บรรจุภัณฑ์ A2 = ถุงอลูมิเนียมฟอยล์
A3 = ถุงอลูมิเนียมฟอยล์พร้อมซองบรรจุสารดูดซับแก๊สออกซิเจน
A4 = ถุงอลูมิเนียมฟอยล์เจาะรูแล้วปิดทับรูด้วยสติกเกอร์ใส

ระยะเวลาเก็บรักษา (B) B1 = 0 สัปดาห์ B5 = 16 สัปดาห์
B2 = 4 สัปดาห์ B6 = 20 สัปดาห์
B3 = 8 สัปดาห์ B7 = 24 สัปดาห์
B4 = 12 สัปดาห์

F-test A **
B **
A×B **

ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรที่เหมือนกันในคอลัมน์และแถวเดียวกันแสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ภายในบรรจุภัณฑ์ทุกชนิดมีปริมาณแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์โดยเฉลี่ยสูงกว่าการไม่ใช้บรรจุภัณฑ์ เนื่องจากกาแฟคั่วบดที่ไม่ใช้บรรจุภัณฑ์สามารถปล่อยแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์สู่สิ่งแวดล้อมได้ จึงมีปริมาณแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่ากับปริมาณแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ในบรรยากาศ ภายในถุงอลูมิเนียมฟอยล์พร้อมซองสารดูดซับแก๊สออกซิเจนมีปริมาณแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์เฉลี่ยสูงสุดร้อยละ 6.07 ขณะที่ภายในถุงอลูมิเนียมฟอยล์และถุงอลูมิเนียมฟอยล์เจาะรูแล้วปิดทับรูด้วยสติกเกอร์ใสมีปริมาณแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์โดยเฉลี่ยร้อยละ 2.97 และ 3.45 ตามลำดับ แสดงว่าการเจาะรูไม่มีส่วนช่วยในการระบายแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ออกจากบรรจุภัณฑ์ หลังการบรรจุ 4 สัปดาห์ สังเกตพบว่าภายในบรรจุภัณฑ์มีปริมาณแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์เพิ่มขึ้นอย่างชัดเจน เมื่อเปรียบเทียบกับที่ระยะเวลาเก็บรักษา 0 สัปดาห์ เนื่องจากที่ระยะเวลาเก็บรักษา 0 สัปดาห์ เป็นการวัดแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ก่อนการบรรจุปริมาณแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ที่วัดได้จึงเทียบเท่ากับปริมาณแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ในบรรยากาศปกติซึ่งมีปริมาณน้อยประมาณร้อยละ 0.13 ระหว่างการเก็บรักษากาแฟคั่วบดสามารถปล่อยแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ออกมาอยู่บริเวณช่องว่างเหนืออาหารส่งผลให้ปริมาณแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ภายในบรรจุภัณฑ์สูงขึ้น จากนั้นปริมาณแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ค่อยๆ ลดลงโดยที่ระยะเวลาเก็บรักษา 20 สัปดาห์ แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ภายในบรรรจุภัณฑ์มีปริมาณต่ำสุดร้อยละ 2.68 และเพิ่มขึ้นเล็กน้อยที่ระยะเวลาเก็บรักษา 24 สัปดาห์ แสดงว่าแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ภายในบรรจุภัณฑ์มีปริมาณเพิ่มขึ้นและลดลงตลอดระยะเวลาเก็บรักษา อาจเป็นผลเนื่องมาจากโครงสร้างภายในของกาแฟคั่วมีลักษณะเป็นรูพรุน (Schenker *et al.*, 2000; Pittia *et al.*, 2001) เมื่อปริมาณแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ภายในบรรจุภัณฑ์สูงขึ้นแต่ไม่สูงเพียงพอที่จะดันรอยปิดผนึกของบรรจุภัณฑ์ให้แยกออก กาแฟคั่วบดจึงดูดซับแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์กลับเข้าสู่โครงสร้างภายใน แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ภายในบรรจุภัณฑ์จึงมีปริมาณลดลงและกาแฟคั่วบดอาจปลดปล่อยแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ออกมาอีกในระหว่างการเก็บรักษา ซึ่งส่งผลให้แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ภายในบรรจุภัณฑ์มีปริมาณสูงขึ้น อย่างไรก็ตามตลอดระยะเวลาเก็บรักษา 24 สัปดาห์ไม่มีบรรจุภัณฑ์ชนิดใดเสียหายเนื่องจากการปล่อยแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ออกจากกาแฟคั่วบด ซึ่งอาจเป็นผลจากการพักกาแฟก่อนการบรรจุที่ช่วยระบายแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ไม่ให้สูงเกินไปในระหว่างการเก็บรักษา (Yamashita, 1990 อ้างโดย งามทิพย์, 2538; Anderson *et al.*, 2001) โดยแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ภายในถุงอลูมิเนียมฟอยล์มีปริมาณในช่วงร้อยละ 2.07 ถึง 6.84 ถุงอลูมิเนียมฟอยล์พร้อมซองบรรจุสารดูดซับแก๊สออกซิเจนมีปริมาณในช่วงร้อยละ 5.11 ถึง 8.76 และถุงอลูมิเนียมฟอยล์เจาะรูแล้วปิดทับรูด้วยสติกเกอร์ใส มีปริมาณในช่วงร้อยละ 1.57 ถึง 8.21 และสังเกตพบว่าภายในถุงอลูมิเนียมฟอยล์พร้อมซองบรรจุสารดูดซับแก๊สออกซิเจนมีปริมาณแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์สูงกว่าภายใน

บรรจุภัณฑ์อีก 2 ชนิดตลอดระยะเวลาเก็บรักษาซึ่งอาจเป็นผลมาจากปริมาณแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์และปริมาณแก๊สออกซิเจนมีความสัมพันธ์ในเชิงผกผันกัน กล่าวคือเมื่อปริมาณแก๊สออกซิเจนภายในบรรจุภัณฑ์ลดลงจึงส่งผลให้ปริมาณของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์สูงขึ้น

2. การตรวจสอบผลของบรรจุภัณฑ์ที่มีต่อคุณภาพของกาแฟคั่วบดระหว่างการเก็บรักษา

2.1 ผลของบรรจุภัณฑ์และระยะเวลาเก็บรักษาที่มีต่อความชื้นของกาแฟคั่วบด

ชนิดของบรรจุภัณฑ์และระยะเวลาเก็บรักษามีผลต่อความแตกต่างกันของความชื้นของกาแฟคั่วบดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) และมีปฏิกิริยาสัมพันธ์กันระหว่างชนิดของบรรจุภัณฑ์และระยะเวลาเก็บรักษาดังตารางที่ 5

ตารางที่ 5 ผลของบรรจุภัณฑ์และระยะเวลาเก็บรักษาที่มีต่อความชื้นของกาแฟคั่วบด

ความชื้น (ร้อยละ)								
บรรจุภัณฑ์	ระยะเวลาเก็บรักษา (B)							
(A)	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	เฉลี่ย
A1	2.66	2.91	3.33	3.70	3.85	4.02	4.35	3.55 ^{A}
A2	2.67	2.76	2.76	2.71	2.73	2.69	2.69	2.72 ^{B}
A3	2.72	2.77	2.72	2.72	2.75	2.71	2.71	2.74 ^{B}
A4	2.76	2.74	2.72	2.75	2.80	2.71	2.73	2.74 ^{B}
เฉลี่ย	2.70 ^{f}	2.79 ^{c}	2.88 ^{d}	2.97 ^{c}	3.03 ^{b}	3.03 ^{b}	3.13 ^{a}	

หมายเหตุ: บรรจุภัณฑ์ (A) A1 = การไม่ใช้บรรจุภัณฑ์ A2 = ถุงอลูมิเนียมฟอยล์
A3 = ถุงอลูมิเนียมฟอยล์พร้อมซองบรรจุสารดูดซับแก๊สออกซิเจน
A4 = ถุงอลูมิเนียมฟอยล์เจาะรูแล้วปิดทับรูด้วยสติกเกอร์ใส

ระยะเวลาเก็บรักษา (B) B1 = 0 สัปดาห์ B5 = 16 สัปดาห์
B2 = 4 สัปดาห์ B6 = 20 สัปดาห์
B3 = 8 สัปดาห์ B7 = 24 สัปดาห์
B4 = 12 สัปดาห์

F-test A **
B **
A×B **

ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรที่เหมือนกันในคอลัมน์และแถวเดียวกันแสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

กาแฟคั่วบดที่ไม่ใช้บรรจุภัณฑ์มีความชื้นเฉลี่ยร้อยละ 3.35 ซึ่งแตกต่างจากกาแฟคั่วบดในบรรจุภัณฑ์ชนิดต่างๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ที่มีความชื้นเฉลี่ยใกล้เคียงกันในช่วงร้อยละ 2.72 ถึง 2.74 และความชื้นเฉลี่ยของกาแฟคั่วบดมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อระยะเวลาเก็บรักษาเพิ่มขึ้น โดยที่ระยะเวลาเก็บรักษา 0 สัปดาห์ กาแฟคั่วบดมีความชื้นเฉลี่ยร้อยละ 2.70 และที่ระยะเวลาเก็บรักษา 24 สัปดาห์ความชื้นเฉลี่ยของกาแฟคั่วบดเพิ่มเป็นร้อยละ 3.13 จากตารางที่ 5 สังเกตพบว่าชนิดของบรรจุภัณฑ์มีผลต่อความชื้นอย่างชัดเจน โดยกาแฟคั่วบดที่ไม่ใช้บรรจุภัณฑ์มีความชื้นสูงสุดตลอดระยะเวลาเก็บรักษาเมื่อเปรียบเทียบกับกาแฟคั่วบดในบรรจุภัณฑ์ชนิดต่างๆ ซึ่งมีความชื้นไม่แตกต่างจากกาแฟคั่วบดเสร็จใหม่อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) แม้ระยะเวลาเก็บรักษาจะเพิ่มขึ้น เนื่องจากกาแฟคั่วบดมีความชื้นต่ำส่งผลให้กาแฟคั่วบดที่ไม่ใช้บรรจุภัณฑ์สามารถดูดความชื้นจากสิ่งแวดล้อมได้ดี (งามทิพย์, 2538) ความชื้นของกาแฟคั่วบดจึงมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตลอดระยะเวลาเก็บรักษา จากมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมกาแฟคั่ว มอก. 522 พ. ศ. 2527 (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2527) กำหนดว่ากาแฟคั่วต้องมีความชื้นไม่เกินร้อยละ 5 จากการทดลองพบว่ากาแฟคั่วบดที่ไม่ใช้บรรจุภัณฑ์ที่ระยะเวลาเก็บรักษา 24 สัปดาห์ มีความชื้นร้อยละ 4.35 ซึ่งยังคงอยู่ในเกณฑ์ที่กำหนด แต่ระยะเวลาเก็บรักษาที่มากกว่า 24 สัปดาห์อาจจะมีโอกาสทำให้ความชื้นของกาแฟคั่วบดที่ไม่ใช้บรรจุภัณฑ์เพิ่มขึ้นจนกระทั่งเกินมาตรฐาน

2.2. ผลของบรรจุภัณฑ์และระยะเวลาเก็บรักษาที่มีต่อปริมาณน้ำอิสระของกาแฟคั่วบด

ชนิดของบรรจุภัณฑ์และระยะเวลาเก็บรักษามีผลต่อความแตกต่างกันของปริมาณน้ำอิสระในกาแฟคั่วบดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) และมีปฏิกิริยาสัมพันธ์กันระหว่างชนิดของบรรจุภัณฑ์และระยะเวลาเก็บรักษาดังตารางที่ 6

ตารางที่ 6 ผลของบรรจุภัณฑ์และระยะเวลาเก็บรักษาที่มีต่อปริมาณน้ำอิสระของกาแฟคั่วบด

ปริมาณน้ำอิสระ								
บรรจุภัณฑ์	ระยะเวลาเก็บรักษา (B)							
(A)	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	เฉลี่ย
A1	0.373	0.418	0.428	0.471	0.488	0.534	0.582	0.471 ^{A}
A2	0.370	0.382	0.391	0.395	0.401	0.404	0.399	0.392 ^{C}
A3	0.368	0.398	0.393	0.402	0.398	0.408	0.398	0.395 ^{B}
A4	0.369	0.390	0.397	0.398	0.401	0.390	0.397	0.392 ^{C}
เฉลี่ย	0.371 ^{g}	0.397 ^{f}	0.402 ^{e}	0.416 ^{d}	0.422 ^{c}	0.434 ^{b}	0.444 ^{a}	

หมายเหตุ: บรรจุภัณฑ์ (A) A1 = การไม่ใช้บรรจุภัณฑ์ A2 = ถุงอลูมิเนียมฟอยล์
A3 = ถุงอลูมิเนียมฟอยล์พร้อมซองบรรจุสารดูดซับแก๊สออกซิเจน
A4 = ถุงอลูมิเนียมฟอยล์เจาะรูแล้วปิดทับรูด้วยสติกเกอร์ใส

ระยะเวลาเก็บรักษา (B) B1 = 0 สัปดาห์ B5 = 16 สัปดาห์
B2 = 4 สัปดาห์ B6 = 20 สัปดาห์
B3 = 8 สัปดาห์ B7 = 24 สัปดาห์
B4 = 12 สัปดาห์

F-test A **
B **
A×B **

ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรที่เหมือนกันในคอลัมน์และแถวเดียวกันแสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

กาแฟคั่วบดภายใน บรรจุภัณฑ์ทุกชนิดมีปริมาณน้ำอิสระเฉลี่ยในช่วง 0.392 ถึง 0.395 ซึ่งแตกต่างจากกาแฟคั่วบดที่ไม่ใช้บรรจุภัณฑ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยกาแฟคั่วบดที่ไม่ใช้บรรจุภัณฑ์มีปริมาณน้ำอิสระเฉลี่ย 0.471 เนื่องจากกาแฟคั่วบดที่ไม่ใช้บรรจุภัณฑ์มีความชื้นสูงกว่ากาแฟคั่วบดในบรรจุภัณฑ์ชนิดต่างๆ จึงส่งผลให้ปริมาณน้ำอิสระมีค่าสูงกว่าตามลำดับ และปริมาณน้ำอิสระมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตลอดระยะเวลาเก็บรักษาโดยในช่วงระยะเวลาเก็บรักษา 24 สัปดาห์ ปริมาณน้ำอิสระเพิ่มจาก 0.371 เป็น 0.444

จากการเปรียบเทียบปริมาณน้ำอิสระดังตารางที่ 6 พบว่าปริมาณน้ำอิสระของกาแฟคั่วบดที่ไม่ใช้บรรจุภัณฑ์มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตลอดระยะเวลาเก็บรักษา Cardelli and Labuza (2001) รายงานว่าปริมาณน้ำอิสระที่เพิ่มขึ้นประมาณ 0.1 ทำให้อัตราการเสื่อมเสียเพิ่มขึ้นร้อยละ 60 จากตารางที่ 6 พบว่าที่ระยะเวลาเก็บรักษา 16 สัปดาห์กาแฟคั่วบดที่ไม่ใช้บรรจุภัณฑ์มีปริมาณน้ำอิสระ 0.488 ซึ่งเพิ่มขึ้นจากปริมาณเริ่มต้น 0.115 และที่ระยะเวลาเก็บรักษา 24 สัปดาห์ กาแฟคั่วบดมีปริมาณน้ำอิสระ 0.582 ซึ่งเพิ่มขึ้นจากปริมาณเริ่มต้น 0.209 ขณะที่กาแฟคั่วบดในบรรจุภัณฑ์ทุกชนิดมีปริมาณน้ำอิสระในช่วง 0.370 ถึง 0.408 นั่นคือปริมาณน้ำอิสระมีค่าเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อย

วิไล (2547) รายงานว่าจุลินทรีย์ส่วนใหญ่จะยับยั้งกิจกรรมต่างๆ ในอาหารที่มีปริมาณน้ำอิสระต่ำกว่า 0.6 ดังนั้นปริมาณน้ำอิสระของกาแฟคั่วบดในบรรจุภัณฑ์ทุกชนิดซึ่งมีปริมาณต่ำกว่า 0.6 จึงเป็นอุปสรรคต่อการเจริญของจุลินทรีย์ แต่กาแฟคั่วบดที่ไม่ใช้บรรจุภัณฑ์ซึ่งปริมาณน้ำอิสระมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นระหว่างการเก็บรักษา โดยที่ระยะเวลาเก็บรักษา 24 สัปดาห์มีค่าสูงถึง 0.582 หากระยะเวลาเก็บรักษาเพิ่มขึ้นน่าจะส่งผลปริมาณน้ำอิสระเพิ่มขึ้นจนถึงระดับที่จุลินทรีย์สามารถเจริญได้ ซึ่งกาแฟคั่วบดอาจจะไม่ปลอดภัยต่อการบริโภค

จากการวิเคราะห์ความชื้นและปริมาณน้ำอิสระแสดงให้เห็นว่าบรรจุภัณฑ์ต่างๆ ที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้สามารถป้องกันการซึมผ่านของไอน้ำได้ดี เนื่องจากปริมาณความชื้นและปริมาณน้ำอิสระมีค่าคงที่ในระหว่างการเก็บรักษา 24 สัปดาห์ หากระยะเวลาเก็บรักษาเพิ่มขึ้นก็ไม่น่าส่งผลให้ปริมาณความชื้นและปริมาณน้ำอิสระของกาแฟคั่วบดในบรรจุภัณฑ์เพิ่มขึ้น เนื่องจากถุงอลูมิเนียมฟอยล์เป็นวัสดุประกบที่มีวัสดุหลักคือ อลูมิเนียมซึ่งสามารถป้องกันการซึมผ่านของไอน้ำได้ดี (ปริญญา, 2542; Brown, 1992)

2.3 ผลของบรรจุภัณฑ์และระยะเวลาเก็บรักษาที่มีต่อค่าสี

สีเป็นลักษณะหนึ่งที่บ่งชี้คุณภาพซึ่งมีผลต่อลักษณะปรากฏภายนอก การวิจัยครั้งนี้วัดค่าสีของกาแฟทั้งในลักษณะกาแฟคั่วบดและกาแฟชงสำเร็จ ซึ่งการเตรียมตัวอย่างกาแฟชงสำเร็จรายงานไว้ในภาคผนวก ก ระบบวัดสีที่ใช้ในการวิจัยคือระบบ Hunter ซึ่งแสดงค่าในรูปค่า L ค่า a และ

ค่า b โดยค่า L คือ ค่าความสว่าง มีค่าจาก 0 คือ สีดำ ถึง 100 คือสีขาว ค่า a คือ ค่าที่บอกความเป็นสีเขียว-สีแดง ถ้า a มีค่าบวกแสดงความเป็นสีแดง และ a มีค่าลบแสดงความเป็นสีเขียว ค่า b คือ ค่าที่บอกความเป็นสีเหลือง-สีน้ำเงิน ถ้า b มีค่าบวกแสดงความเป็นสีเหลือง และ b มีค่าลบแสดงความเป็นสีน้ำเงิน (สุคนธ์ชื่น และวรรณวิบูลย์, 2546)

2.3.1 ค่าสีของกาแฟคั่วบด

ชนิดของบรรจุภัณฑ์และระยะเวลาเก็บรักษามีผลต่อความแตกต่างกันของค่า L และค่า b ของกาแฟคั่วบดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) และมีปฏิกิริยาสัมพันธ์กันระหว่างชนิดของบรรจุภัณฑ์และระยะเวลาเก็บรักษาดังตารางที่ 7 และ 9 แต่ชนิดของบรรจุภัณฑ์และระยะเวลาเก็บรักษาไม่มีผลต่อความแตกต่างกันของค่า aอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) แต่มีปฏิกิริยาสัมพันธ์กันระหว่างชนิดของบรรจุภัณฑ์และระยะเวลาเก็บรักษาดังตารางที่ 8

ตารางที่ 7 ผลของบรรจุภัณฑ์และระยะเวลาเก็บรักษาที่มีต่อค่า L ของกาแฟคั่วบด

	ค่า L							
บรรจุภัณฑ์	ระยะเวลาเก็บรักษา (B)							
(A)	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	เฉลี่ย
A1	18.99	18.79	16.76	16.21	15.82	15.13	15.02	16.68 ^{C}
A2	19.02	18.59	18.68	18.27	18.25	18.65	18.27	18.53 ^{A}
A3	18.99	18.85	18.84	18.07	18.30	18.80	18.27	18.58 ^{A}
A4	19.15	19.09	18.29	17.98	17.95	17.90	17.73	18.30 ^{B}
เฉลี่ย	19.02 ^{a}	18.83 ^{a}	18.14 ^{b}	17.63 ^{c}	17.58 ^{c}	17.59 ^{c}	17.35 ^{d}	

หมายเหตุ: ค่า L หมายถึง ค่าความสว่าง มีค่าจาก 0 คือ สีดำ ถึง 100 คือ สีขาว

บรรจุภัณฑ์ (A) A1 = การไม่ใช้บรรจุภัณฑ์ A2 = ถุงอลูมิเนียมฟอยล์
A3 = ถุงอลูมิเนียมฟอยล์พร้อมซองบรรจุสารดูดซับแก๊สออกซิเจน
A4 = ถุงอลูมิเนียมฟอยล์เจาะรูแล้วปิดทับรูด้วยสติกเกอร์ใส

ระยะเวลาเก็บรักษา (B) B1 = 0 สัปดาห์ B5 = 16 สัปดาห์
B2 = 4 สัปดาห์ B6 = 20 สัปดาห์
B3 = 8 สัปดาห์ B7 = 24 สัปดาห์
B4 = 12 สัปดาห์

F-test A **
B **
A×B **

ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรที่เหมือนกันในคอลัมน์และแถวเดียวกันแสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ตารางที่ 8 ผลของบรรจุภัณฑ์และระยะเวลาเก็บรักษาที่มีต่อค่า a ของกาแฟคั่วบด

ค่า a								
บรรจุภัณฑ์	ระยะเวลาเก็บรักษา (B)							
(A)	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	เฉลี่ย
A1	6.33	6.17	6.06	6.13	6.27	6.28	6.56	6.26
A2	6.12	6.41	6.08	6.01	6.02	6.02	6.48	6.06
A3	6.10	6.32	6.14	6.02	5.98	6.15	6.27	6.14
A4	5.98	5.94	6.76	6.30	6.04	6.03	5.84	6.13
เฉลี่ย	6.13	6.21	6.26	6.11	6.08	6.19	6.26	

หมายเหตุ: ค่า a หมายถึง ค่าที่บอกความเป็นสีเขียว-สีแดง a (+) แสดงความเป็นสีแดง และ a (-) แสดงความเป็นสีเขียว

บรรจุภัณฑ์ (A) A1 = การไม่ใช้บรรจุภัณฑ์ A2 = ถุงอลูมิเนียมฟอยล์
A3 = ถุงอลูมิเนียมฟอยล์พร้อมซองบรรจุสารดูดซับแก๊สออกซิเจน
A4 = ถุงอลูมิเนียมฟอยล์เจาะรูแล้วปิดทับรูด้วยสติกเกอร์ใส

ระยะเวลาเก็บรักษา (B) B1 = 0 สัปดาห์ B5 = 16 สัปดาห์
B2 = 4 สัปดาห์ B6 = 20 สัปดาห์
B3 = 8 สัปดาห์ B7 = 24 สัปดาห์
B4 = 12 สัปดาห์

F-test A ns
B ns
A×B **

ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรที่เหมือนกันในคอลัมน์และแถวเดียวกันแสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ตารางที่ 9 ผลของบรรจุภัณฑ์และระยะเวลาเก็บรักษาที่มีต่อค่า b ของกาแฟคั่วบด

ค่า b								
บรรจุภัณฑ์	ระยะเวลาเก็บรักษา (B)							
(A)	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	เฉลี่ย
A1	2.45	2.45	2.82	3.35	3.40	3.25	3.46	3.03 ^{A}
A2	2.35	2.48	2.28	3.45	3.34	2.86	3.18	2.84 ^{B}
A3	2.37	2.52	2.43	3.07	2.94	3.07	3.28	2.81 ^{B}
A4	2.41	2.47	2.97	3.54	2.96	3.20	3.19	2.96 ^{A}
เฉลี่ย	2.39 ^{c}	2.48 ^{d}	2.62 ^{c}	3.34 ^{a}	3.16 ^{b}	3.10 ^{b}	3.27 ^{a}	

หมายเหตุ: ค่า b หมายถึง ค่าที่บอกความเป็นสีเหลือง-น้ำเงิน b (+) แสดงความเป็นสีเหลือง และ b (-) แสดงความเป็นสีน้ำเงิน

บรรจุภัณฑ์ (A) A1 = การไม่ใช้บรรจุภัณฑ์ A2 = ถุงอลูมิเนียมฟอยล์
A3 = ถุงอลูมิเนียมฟอยล์พร้อมซองบรรจุสารดูดซับแก๊สออกซิเจน
A4 = ถุงอลูมิเนียมฟอยล์เจาะรูแล้วปิดทับรูด้วยสติกเกอร์ใส

ระยะเวลาเก็บรักษา (B) B1 = 0 สัปดาห์ B5 = 16 สัปดาห์
B2 = 4 สัปดาห์ B6 = 20 สัปดาห์
B3 = 8 สัปดาห์ B7 = 24 สัปดาห์
B4 = 12 สัปดาห์

F-test A **
B **
A×B **

ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรที่เหมือนกันในคอลัมน์และแถวเดียวกันแสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ชนิดของบรรจุภัณฑ์มีผลต่อความแตกต่างกันของค่า L และค่า b อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) แต่ค่าสีที่แสดงความแตกต่างอย่างชัดเจน คือ ค่า L ขณะที่ค่า b ของกาแฟคั่วบดมีค่าเฉลี่ยใกล้เคียงกันในช่วง 2.81 ถึง 3.03 โดยกาแฟคั่วบดที่ไม่ใช้บรรจุภัณฑ์มีค่า L เฉลี่ยต่ำสุดเท่ากับ 16.68 แสดงว่ากาแฟคั่วบดที่ไม่ใช้บรรจุภัณฑ์มีความสว่างน้อยที่สุด ขณะที่กาแฟคั่วบดในบรรจุภัณฑ์ชนิดต่างๆ มีค่า L เฉลี่ยใกล้เคียงกันในช่วง 18.30 ถึง 18.53 ระหว่างการเก็บรักษาค่า L และค่า b เฉลี่ยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยค่า L มีแนวโน้มลดลงเมื่อระยะเวลาเก็บรักษาเพิ่มขึ้น โดยที่ระยะเวลาเก็บรักษา 0 สัปดาห์ กาแฟคั่วบดมีค่า L เฉลี่ยเท่ากับ 19.02 แต่ที่ระยะเวลาเก็บรักษา 24 สัปดาห์กาแฟคั่วบดมีค่า L เฉลี่ยเท่ากับ 17.35 ขณะที่ค่า b ของกาแฟคั่วบดมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น โดยที่ระยะเวลาเก็บรักษา 0 สัปดาห์ กาแฟคั่วบดมีค่า b เฉลี่ยเท่ากับ 2.39 แต่ที่ระยะเวลาเก็บรักษา 24 สัปดาห์ กาแฟคั่วบดมีค่า b เฉลี่ยเท่ากับ 3.27

จากการเปรียบเทียบค่าสีของกาแฟคั่วบดในบรรจุภัณฑ์แต่ละชนิดที่ระยะเวลาเก็บรักษาต่างๆ พบว่ากาแฟคั่วบดใหม่หรือกาแฟคั่วบดที่ระยะเวลาเก็บรักษา 0 สัปดาห์ มีค่า L ในช่วง 18.99 ถึง 19.15 ค่า a ในช่วง 5.98 ถึง 6.33 และค่า b ในช่วง 2.35 ถึง 2.45 ซึ่งใกล้เคียงกับการทดลองของ Anderson *et al.* (2003) ที่ทดลองคั่วกาแฟที่อุณหภูมิ 235 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 นาที ได้กาแฟคั่วที่มีค่า L ค่า a และค่า b เท่ากับ 18.9 8.4 และ 8.5 ตามลำดับ จากการทดลองพบว่าระยะเวลาเก็บรักษาที่เพิ่มขึ้นส่งผลให้ค่าสีของกาแฟคั่วบดที่ไม่ใช้บรรจุภัณฑ์เปลี่ยนแปลง โดยค่า L มีแนวโน้มลดลง (กาแฟมีสีเข้มขึ้น) ในขณะที่กาแฟคั่วบดมีความชื้นเพิ่มขึ้นในระหว่างเก็บรักษา ซึ่งความชื้นที่เพิ่มขึ้นเป็นปัจจัยที่ช่วยเร่งการเกิดปฏิกิริยาเมลลาร์ด (นิธิยา, 2545) ทำให้กาแฟคั่วบดมีสีน้ำตาลเข้มขึ้นส่งผลให้ค่า L ของกาแฟคั่วบดลดลง และค่า b ของกาแฟคั่วบดเพิ่มขึ้น ขณะที่กาแฟคั่วบดในบรรจุภัณฑ์ทุกชนิดมีสีค่อนข้างคงที่ในระหว่างการเก็บรักษาซึ่งก็พบว่าปริมาณความชื้นในกาแฟคั่วบดที่บรรจุในบรรจุภัณฑ์แต่ละชนิดมีค่าค่อนข้างคงที่เช่นกัน

2.3.2 ค่าสีของกาแฟชงสำเร็จ

ชนิดของบรรจุภัณฑ์และระยะเวลาเก็บรักษาไม่มีผลต่อความแตกต่างกันของค่า L ของกาแฟชงสำเร็จอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) และไม่มีปฏิกิริยาสัมพันธ์กันระหว่างชนิดของบรรจุภัณฑ์และระยะเวลาเก็บรักษาดังตารางที่ 10 แต่ชนิดของบรรจุภัณฑ์มีผลต่อความแตกต่างกันของค่า a อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) แต่ระยะเวลาเก็บรักษาไม่มีผลต่อความแตกต่างกันของค่า a อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) และไม่มีปฏิกิริยาสัมพันธ์กันระหว่างชนิดของบรรจุภัณฑ์และระยะเวลาเก็บรักษาดังตารางที่ 11 นอกจากนั้นชนิดของบรรจุภัณฑ์ยังมีผลต่อความแตกต่างกันของค่า b อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยที่ระยะเวลาเก็บรักษาไม่มีผลต่อความแตกต่างกัน

ของค่า a อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) และมีปฏิกิริยาสัมพันธ์กันระหว่างชนิดของบรรจุภัณฑ์และระยะเวลาเก็บรักษาดังตารางที่ 12

ตารางที่ 10 ผลของบรรจุภัณฑ์และระยะเวลาเก็บรักษาที่มีต่อค่า L ของกาแฟชงสำเร็จ

	ค่า L							
บรรจุภัณฑ์	ระยะเวลาเก็บรักษา (B)							
(A)	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	เฉลี่ย
A1	34.20	33.23	33.35	33.38	33.65	34.57	33.62	33.71
A2	33.62	33.93	32.66	33.52	34.34	34.10	32.70	33.55
A3	33.65	32.93	33.48	34.39	33.72	33.69	33.58	33.63
A4	34.32	32.82	33.74	34.06	32.11	33.92	32.66	33.38
เฉลี่ย	33.95	33.23	33.84	33.45	33.45	34.07	33.14	

หมายเหตุ: ค่า L หมายถึง ค่าความสว่าง มีค่าจาก 0 คือ สีดำ ถึง 100 คือ สีขาว

บรรจุภัณฑ์ (A) A1 = การไม่ใช้บรรจุภัณฑ์ A2 = ถุงอลูมิเนียมฟอยล์
A3 = ถุงอลูมิเนียมฟอยล์พร้อมซองบรรจุสารดูดซับแก๊สออกซิเจน
A4 = ถุงอลูมิเนียมฟอยล์เจาะรูแล้วปิดทับรูด้วยสติกเกอร์ใส

ระยะเวลาเก็บรักษา (B) B1 = 0 สัปดาห์ B5 = 16 สัปดาห์
B2 = 4 สัปดาห์ B6 = 20 สัปดาห์
B3 = 8 สัปดาห์ B7 = 24 สัปดาห์
B4 = 12 สัปดาห์

F-test A ns
B ns
A×B ns

ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรที่เหมือนกันในคอลัมน์และแถวเดียวกันแสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ตารางที่ 11 ผลของบรรจุภัณฑ์และระยะเวลาเก็บรักษาที่มีต่อค่า a ของกาแฟชงสำเร็จ

ค่า a								
บรรจุภัณฑ์	ระยะเวลาเก็บรักษา (B)							
(A)	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	เฉลี่ย
A1	33.40	34.76	34.78	34.84	33.31	33.99	33.56	34.09 ^{A}
A2	33.43	34.42	33.32	33.88	33.37	32.96	33.09	33.50 ^{B}
A3	33.52	33.57	34.57	33.21	34.22	34.02	33.66	33.82 ^{AB}
A4	34.82	34.35	34.86	33.51	33.52	33.63	34.78	34.21 ^{A}
เฉลี่ย	33.79	34.28	34.38	33.86	33.61	33.65	33.77	

หมายเหตุ: ค่า a หมายถึง ค่าที่บอกความเป็นสีเขียว-สีแดง a (+) แสดงความเป็นสีแดง และ a (-) แสดงความเป็นสีเขียว

บรรจุภัณฑ์ (A) A1 = การไม่ใช้บรรจุภัณฑ์ A2 = ถุงอลูมิเนียมฟอยล์
A3 = ถุงอลูมิเนียมฟอยล์พร้อมซองบรรจุสารดูดซับแก๊สออกซิเจน
A4 = ถุงอลูมิเนียมฟอยล์เจาะรูแล้วปิดทับรูด้วยสติกเกอร์ใส

ระยะเวลาเก็บรักษา (B) B1 = 0 สัปดาห์ B5 = 16 สัปดาห์
B2 = 4 สัปดาห์ B6 = 20 สัปดาห์
B3 = 8 สัปดาห์ B7 = 24 สัปดาห์
B4 = 12 สัปดาห์

F-test A *
B ns
A×B *

ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรที่เหมือนกันในคอลัมน์และแถวเดียวกันแสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ตารางที่ 12 ผลบรรจุภัณฑ์และระยะเวลาเก็บรักษาที่มีต่อค่า b ของกาแฟชงสำเร็จ

ค่า b								
บรรจุภัณฑ์	ระยะเวลาเก็บรักษา (B)							
(A)	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	เฉลี่ย
A1	21.87	22.31	22.35	22.35	21.48	21.28	22.36	22.93 ^{A}
A2	22.16	20.91	22.19	22.12	23.48	21.65	22.57	22.15 ^{A}
A3	21.55	20.88	21.89	21.89	22.53	21.67	20.54	21.47 ^{B}
A4	22.15	21.96	21.94	22.34	21.42	22.04	22.15	22.00 ^{A}
เฉลี่ย	21.93	21.51	22.09	22.12	21.96	21.65	21.96	

หมายเหตุ: ค่า b หมายถึง ค่าที่บอกความเป็นสีเหลือง-น้ำเงิน b (+) แสดงความเป็นสีเหลือง และ b (-) แสดงความเป็นสีน้ำเงิน

บรรจุภัณฑ์ (A) A1 = การไม่ใช้บรรจุภัณฑ์ A2 = ถุงอลูมิเนียมฟอยล์
A3 = ถุงอลูมิเนียมฟอยล์พร้อมซองบรรจุสารดูดซับแก๊สออกซิเจน
A4 = ถุงอลูมิเนียมฟอยล์เจาะรูแล้วปิดทับรูด้วยสติกเกอร์ใส

ระยะเวลาเก็บรักษา (B) B1 = 0 สัปดาห์ B5 = 16 สัปดาห์
B2 = 4 สัปดาห์ B6 = 20 สัปดาห์
B3 = 8 สัปดาห์ B7 = 24 สัปดาห์
B4 = 12 สัปดาห์

F-test A *
B ns
A×B **

ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรที่เหมือนกันในคอลัมน์และแถวเดียวกันแสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

กาแฟชงสำเร็จมีค่า L ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) ในช่วง 33.38 ถึง 33.71 แต่ชนิดของบรรจุภัณฑ์มีผลต่อความแตกต่างกันของค่า a และค่า b อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) และมีปฏิกิริยาสัมพันธ์กันระหว่างชนิดของบรรจุภัณฑ์และระยะเวลาเก็บรักษาต่อค่า a และค่า b อย่างไรก็ตามความแตกต่างที่เกิดขึ้นไม่แสดงผลอย่างชัดเจน โดยกาแฟชงสำเร็จมีค่า a ในช่วง 33.50 ถึง 34.21 และค่า b ในช่วง 21.47 ถึง 22.93 ขณะที่ระยะเวลาเก็บรักษาไม่มีผลต่อความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) ของค่า a และค่า b แม้ว่าสีของกาแฟคั่วบดจะแตกต่างกันในระหว่างการเก็บรักษา แต่ไม่ส่งผลต่อค่าสีของกาแฟชงสำเร็จ เนื่องจากความเข้มของสีเจือจางลง

2.4 ผลของบรรจุภัณฑ์และระยะเวลาเก็บรักษาที่มีต่อปริมาณกรดทั้งหมดของกาแฟคั่วบด

ปริมาณกรดทั้งหมดคือผลรวมของปริมาณกรดที่ระเหยได้และปริมาณกรดที่ระเหยไม่ได้ (ดังภาคผนวก ง) งานวิจัยครั้งนี้รายงานปริมาณกรดทั้งหมดในรูปจำนวนมิลลิลิตรของสารละลายด่างมาตรฐานความเข้มข้น 0.1 นอร์มัล ที่ทำปฏิกิริยาพอดีกับกรดที่มีอยู่ในตัวอย่าง 100 กรัม จากการวิจัยพบว่าชนิดของบรรจุภัณฑ์และระยะเวลาเก็บรักษามีผลต่อความแตกต่างกันของปริมาณกรดทั้งหมดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) แต่ไม่มีปฏิกิริยาสัมพันธ์กันระหว่างชนิดของบรรจุภัณฑ์และระยะเวลาเก็บรักษาดังตารางที่ 13

ตารางที่ 13 ผลของบรรจุภัณฑ์และระยะเวลาเก็บรักษาที่มีต่อปริมาณกรดทั้งหมดของกาแฟคั่วบด

ปริมาณกรดทั้งหมด (มิลลิลิตรของด่างมาตรฐานต่อตัวอย่าง 100 กรัม)								
บรรจุภัณฑ์	ระยะเวลาเก็บรักษา (B)							
(A)	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	เฉลี่ย
A1	102.07	104.33	107.42	106.95	103.52	103.44	102.32	104.29 ^{A}
A2	102.73	103.59	103.21	101.12	102.67	100.56	99.96	101.98 ^{B}
A3	102.51	102.67	102.92	101.36	99.64	99.23	100.65	101.28 ^{B}
A4	101.42	102.96	101.61	102.57	101.43	99.54	100.33	101.41 ^{B}
เฉลี่ย	102.18 ^{abc}	103.39 ^{ab}	103.79 ^{a}	103.00 ^{ab}	101.82 ^{bc}	100.69 ^{c}	100.81 ^{d}	

หมายเหตุ: บรรจุภัณฑ์ (A) A1 = การไม่ใช้บรรจุภัณฑ์ A2 = ถุงอลูมิเนียมฟอยล์
A3 = ถุงอลูมิเนียมฟอยล์พร้อมซองบรรจุสารดูดซับแก๊สออกซิเจน
A4 = ถุงอลูมิเนียมฟอยล์เจาะรูแล้วปิดทับรูด้วยสติกเกอร์

ระยะเวลาเก็บรักษา (B) B1 = 0 สัปดาห์ B5 = 16 สัปดาห์
B2 = 4 สัปดาห์ B6 = 20 สัปดาห์
B3 = 12 สัปดาห์ B7= 24 สัปดาห์
B4 = 16 สัปดาห์

F-test A ** B ** A×B ns

ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรที่เหมือนกันในคอลัมน์และแถวเดียวกันแสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

กาแฟคั่วบดที่ไม่ใช้บรรจุภัณฑ์มีปริมาณกรดทั้งหมดโดยเฉลี่ย 104.29 มิลลิลิตรของด่างมาตรฐานต่อตัวอย่าง 100 กรัม ซึ่งปริมาณกรดทั้งหมดสูงกว่ากาแฟคั่วบดในบรรจุภัณฑ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ปริมาณกรดทั้งหมดของกาแฟคั่วบดในบรรจุภัณฑ์ชนิดต่างๆ ไม่มีความแตกต่างกันอย่างนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) โดยมีปริมาณกรดทั้งหมดในช่วง 101.28 ถึง 101.76 มิลลิลิตรของด่างมาตรฐานต่อตัวอย่าง 100 กรัม และช่วงระยะเวลาเก็บรักษา 4 ถึง 20 สัปดาห์กาแฟคั่วบดมีปริมาณกรดทั้งหมดโดยเฉลี่ยไม่แตกต่างจากปริมาณเริ่มต้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) แต่ที่ระยะเวลาเก็บรักษา 24 สัปดาห์ กาแฟคั่วบดมีปริมาณกรดทั้งหมด 100.44 มิลลิลิตรของด่างมาตรฐานต่อตัวอย่าง 100 กรัม ซึ่งลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณกรดทั้งหมดที่ระยะเวลาเก็บรักษา 0 สัปดาห์ จากการเปรียบเทียบปริมาณกรดทั้งหมดที่ระยะเวลาเก็บรักษาต่างๆ พบว่ากาแฟคั่วบดในบรรจุภัณฑ์ทุกชนิดมีค่าค่อนข้างคงที่ โดยมีปริมาณกรดทั้งหมดในช่วง 99.23 ถึง 103.59 มิลลิลิตรของด่างมาตรฐานต่อตัวอย่าง 100 กรัม แต่ระยะเวลาเก็บรักษามีผลทำให้ปริมาณกรดทั้งหมดของกาแฟคั่วบดที่ไม่ใช้บรรจุภัณฑ์มีความแตกต่างกัน โดยปริมาณกรดทั้งหมดของกาแฟคั่วบดที่ไม่ใช้บรรจุภัณฑ์มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในช่วง 8 สัปดาห์ ซึ่งเพิ่มจาก 102.07 เป็น 107.42 มิลลิลิตรของด่างมาตรฐานต่อตัวอย่าง 100 กรัม อาจเป็นผลมาจากกาแฟคั่วบดที่ไม่ใช้บรรจุภัณฑ์มีโอกาสสัมผัสกับแก๊สออกซิเจนสูงถึงร้อยละ 20.05 (จากตารางที่ 3) ส่งผลให้มีโอกาสเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชั่นเพิ่มขึ้น ทำให้อัลดีไฮด์สูญเสียไฮโดรเจนไอออนเกิดเป็นกรดคาร์บอกซิลิก (บัญชา, 2548; Clarke and Vitzthum, 2001) ซึ่งอาจส่งผลให้กาแฟคั่วบดที่ไม่ใช้บรรจุภัณฑ์มีปริมาณกรดเพิ่มขึ้นและมีปริมาณสูงกว่ากาแฟคั่วบดในบรรจุภัณฑ์ชนิดต่างๆ ที่ระยะเวลาเก็บรักษาเท่ากัน แต่ในช่วงระยะเวลาเก็บรักษา 16 ถึง 24 สัปดาห์ พบว่าปริมาณกรดทั้งหมดของกาแฟคั่วบดที่ไม่ใช้บรรจุภัณฑ์กลับมีแนวโน้มลดลง ซึ่งน่าจะเป็นผลมาจากการเพิ่มขึ้นของความชื้นในกาแฟคั่วบดที่ไม่ใช้บรรจุภัณฑ์ซึ่งมีค่าเพิ่มขึ้นจากร้อยละ 3.70 เป็นร้อยละ 4.35 จึงน่าจะเป็นปัจจัยหนึ่งซึ่งส่งผลให้ปริมาณกรดทั้งหมดของกาแฟคั่วบดเจือจางลง

2.5 ผลของบรรจุภัณฑ์และระยะเวลาเก็บรักษาที่มีต่อความเป็นกรด-ด่างของกาแฟคั่วบด

การวัดความเป็นกรด-ด่างของกาแฟคั่วบดจะเตรียมตัวอย่างกาแฟในรูปของกาแฟชงสำเร็จ ซึ่งการเตรียมตัวอย่างรายงานไว้ในภาคผนวก ก จากการวิจัยพบว่าชนิดของบรรจุภัณฑ์และระยะเวลาเก็บรักษามีผลต่อความแตกต่างกันของความเป็นกรด-ด่าง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) และมีปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างชนิดของบรรจุภัณฑ์และระยะเวลาเก็บรักษาดังตารางที่ 14

ตารางที่ 14 ผลของบรรจุภัณฑ์และระยะเวลาเก็บรักษาที่มีต่อความเป็นกรด-ด่างของกาแฟคั่วบด

	ความเป็นกรด-ด่าง							
บรรจุภัณฑ์	ระยะเวลาเก็บรักษา (B)							
(A)	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	เฉลี่ย
A1	5.33	5.30	5.17	5.20	5.25	5.25	5.30	5.26 ^{C}
A2	5.32	5.30	5.27	5.25	5.28	5.25	5.28	5.28 ^{B}
A3	5.33	5.30	5.30	5.31	5.28	5.30	5.31	5.31 ^{A}
A4	5.32	5.30	5.26	5.28	5.26	5.25	5.29	5.28 ^{B}
เฉลี่ย	5.32 ^{a}	5.30 ^{b}	5.25 ^{d}	5.26 ^{cd}	5.27 ^{c}	5.26 ^{cd}	5.29 ^{b}	

หมายเหตุ: บรรจุภัณฑ์ (A) A1 = การไม่ใช้บรรจุภัณฑ์ A2 = ถุงอลูมิเนียมฟอยล์

A3 = ถุงอลูมิเนียมฟอยล์พร้อมซองบรรจุสารดูดซับแก๊สออกซิเจน

A4 = ถุงอลูมิเนียมฟอยล์เจาะรูแล้วปิดทับรูด้วยสติกเกอร์ใส

ระยะเวลาเก็บรักษา (B) B1 = 0 สัปดาห์ B5 = 16 สัปดาห์

B2 = 4 สัปดาห์ B6 = 20 สัปดาห์

B3 = 8 สัปดาห์ B7 = 24 สัปดาห์

B4 = 12 สัปดาห์

F-test A **

B **

A×B **

ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรที่เหมือนกันในคอลัมน์และแถวเดียวกันแสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

บรรจุภัณฑ์มีผลต่อความแตกต่างกันของความเป็นกรด-ด่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยกาแฟคั่วบดมีค่าความเป็นกรด-ด่างเฉลี่ยใกล้เคียงกันในช่วง 5.28 ถึง 5.31 และระยะเวลาเก็บรักษามีผลต่อความแตกต่างกันของความเป็นกรด-ด่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยกาแฟมีค่าความเป็นกรด-ด่างเฉลี่ยใกล้เคียงกันในช่วง 5.25 ถึง 5.32

จากตารางที่ 14 พบว่าความเป็นกรด-ด่างของกาแฟคั่วบดมีค่าค่อนข้างใกล้เคียงกันและค่อนข้างคงที่ระหว่างการเก็บรักษา ยกเว้นกาแฟคั่วบดที่ไม่ใช้บรรจุภัณฑ์ที่ระยะเวลาเก็บรักษา 8 และ 20 สัปดาห์ มีความเป็นกรด-ด่างต่ำที่สุด ซึ่งเป็นผลมาจากที่ระยะเวลาเก็บรักษาดังกล่าว กาแฟคั่วบดที่ไม่ใช้บรรจุภัณฑ์มีปริมาณกรดทั้งหมดค่อนข้างสูง

อย่างไรก็ตามแม้ว่าปริมาณกรดทั้งหมดของกาแฟคั่วบดในบรรจุภัณฑ์แต่ละชนิดมีค่าแตกต่างกันและเกิดการเปลี่ยนแปลงในระหว่างการเก็บรักษา แต่ความเป็นกรด-ด่างของกาแฟคั่วบดที่เปลี่ยนแปลงแตกต่างกันน้อยมาก ซึ่งไม่น่าจะส่งผลต่อความรู้สึกของผู้บริโภค โดยกาแฟคั่วบดมีความเป็นกรด-ด่างในช่วง 5.17 ถึง 5.33 ซึ่งใกล้เคียงกับความเป็นกรด-ด่างของกาแฟคั่วบดในงานวิจัยของ Duarte *et al.* (2005) ที่มีความเป็นกรด-ด่างในช่วง 5.07 ถึง 5.20

Rothstien (2005) รายงานว่า เครื่องดื่มจากกาแฟคั่วเป็นเครื่องดื่มที่มีความเป็นกรดต่ำ โดยมีความเป็นกรด-ด่าง ประมาณ 5.0 ถึง 5.1 ซึ่งเทียบเท่ากับน้ำที่มีคาร์บอเนตหรือเครื่องดื่มชนิดอัดแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ ความเป็นกรด-ด่างของกาแฟคั่วบดอาจเป็นผลเนื่องจากการละลายของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ที่สะสมในกาแฟคั่วลงไปในน้ำที่ใช้ชงกาแฟ ซึ่งแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์เมื่อละลายแล้วเกิดเป็นกรดคาร์บอนิกได้ แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ในกาแฟคั่วจึงน่าจะเป็นปัจจัยหนึ่งที่มีผลต่อปริมาณกรดและความเป็นกรด-ด่างของกาแฟคั่วบด

2.6 ผลของบรรจุภัณฑ์และระยะเวลาเก็บรักษาที่มีต่อค่าเปอร์ออกไซด์ของกาแฟคั่วบด

การวิเคราะห์เปอร์ออกไซด์เป็นการวัดปริมาณเปอร์ออกไซด์ที่มีอยู่ในไขมันหรือน้ำมัน เปอร์ออกไซด์จะเกิดขึ้นในไขมันหรือน้ำมันอย่างช้าๆ ขณะที่ไขมันหรือน้ำมันสัมผัสกับอากาศ ทำให้เกิดการหืนแบบ oxidative rancidity ที่พันธะคู่ของกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัว ค่าเปอร์ออกไซด์ที่เพิ่มขึ้นบ่งบอกว่าน้ำมันเกิดการหืนแบบ oxidative rancidity เพิ่มขึ้น โดยทั่วไปหากเทียบกับน้ำมันที่ใช้ปรุงอาหาร น้ำมันใหม่ต้องมีค่าเปอร์ออกไซด์ไม่เกิน 10 มิลลิกรัมสมมูลต่อน้ำมัน 1,000 กรัม หากน้ำมันมีค่าเปอร์ออกไซด์มากกว่า 20 มิลลิกรัมสมมูลต่อน้ำมัน 1,000 กรัม แสดงว่าเริ่มตรวจพบการเหม็นหืน (ลักขณา และนิธิยา, 2533) จากการวิจัยพบว่าชนิดของบรรจุภัณฑ์และระยะเวลาเก็บรักษามีผลต่อความแตกต่างกันของค่าเปอร์ออกไซด์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) และมีปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างชนิดของบรรจุภัณฑ์และระยะเวลาเก็บรักษาดังตารางที่ 15

ตารางที่ 15 ผลของบรรจุภัณฑ์และระยะเวลาเก็บรักษาที่มีต่อค่าเปอร์ออกไซด์ของกาแฟคั่วบด

ค่าเปอร์ออกไซด์ (มิลลิกรัมสมมูลต่อน้ำมัน 1,000 กรัม)								
บรรจุภัณฑ์	ระยะเวลาเก็บรักษา (B)							
(A)	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	เฉลี่ย
A1	3.36	4.45	5.26	5.85	6.05	7.04	7.97	5.71 ^{A}
A2	3.31	3.70	4.14	4.11	3.73	4.16	4.23	3.91 ^{B}
A3	3.45	3.42	3.46	3.75	3.92	3.64	3.71	3.62 ^{B}
A4	3.41	3.36	3.96	4.15	3.67	4.61	4.18	3.91 ^{B}
เฉลี่ย	3.38 ^{c}	3.73 ^{de}	4.20 ^{cd}	4.46 ^{bc}	4.35 ^{bc}	4.86 ^{ab}	5.02 ^{a}	

หมายเหตุ: บรรจุภัณฑ์ (A) A1 = การไม่ใช้บรรจุภัณฑ์ A2 = ถุงอลูมิเนียมฟอยล์
A3 = ถุงอลูมิเนียมฟอยล์พร้อมซองบรรจุสารดูดซับแก๊สออกซิเจน
A4 = ถุงอลูมิเนียมฟอยล์เจาะรูแล้วปิดทับรูด้วยสติกเกอร์ใส

ระยะเวลาเก็บรักษา (B) B1 = 0 สัปดาห์ B5 = 16 สัปดาห์
B2 = 4 สัปดาห์ B6 = 20 สัปดาห์
B3 = 8 สัปดาห์ B7 = 24 สัปดาห์
B4 = 12 สัปดาห์

F-test A **
B **
A×B **

ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรที่เหมือนกันในคอลัมน์และแถวเดียวกันแสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

กาแฟคั่วบดในถุงอลูมิเนียมฟอยล์พร้อมซองบรรจุสารดูดซับแก๊สออกซิเจนมีค่าเปอร์ออกไซด์ค่อนข้างคงที่ตลอดระยะเวลาเก็บรักษาโดยมีค่าในช่วง 3.42 ถึง 3.92 มิลลิกรัมสมมูลต่อน้ำมัน 1,000 กรัม ขณะที่กาแฟคั่วบดในถุงอลูมิเนียมฟอยล์และถุงอลูมิเนียมฟอยล์เจาะรูแล้วปิดทับรูด้วยสติกเกอร์ใสมีค่าเปอร์ออกไซด์เพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อยในระหว่างการเก็บรักษา ซึ่งมีค่าในช่วง 3.31 ถึง 4.23 และ 3.36 ถึง 4.61 มิลลิกรัมสมมูลต่อน้ำมัน 1,000 กรัม ตามลำดับ แม้ว่าภายในบรรจุภัณฑ์ยังมีแก๊สออกซิเจนหลงเหลืออยู่ เนื่องจากกาแฟคั่วบดมีปริมาณน้ำอิสระต่ำ โดยกาแฟคั่วบดในบรรจุภัณฑ์มีค่าปริมาณน้ำอิสระในช่วง 0.370 ถึง 0.408 ซึ่งเป็นช่วงที่อัตราการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชั่นต่ำที่สุดในอาหารทั่วไป (นิธิยา, 2545) และในกาแฟคั่วบดยังมีสารต้านการเกิดออกซิเดชั่นตามธรรมชาติ เช่น กรดคลอโรจินิก กรดคาเฟอิก และกรดควินิก เป็นต้น (Clarke and Vitzthum, 2001; International Coffee Organization, 2005) แต่กาแฟคั่วบดที่ไม่ใช้บรรจุภัณฑ์มีค่าเปอร์ออกไซด์ของเพิ่มขึ้นตลอดระยะเวลาเก็บรักษา โดยเพิ่มขึ้นจาก 3.36 เป็น 7.97 มิลลิกรัมสมมูลต่อน้ำมัน 1,000 กรัม เนื่องจากกาแฟคั่วบดที่ไม่ใช้บรรจุภัณฑ์มีโอกาสในการสัมผัสกับแก๊สออกซิเจนในสภาพแวดล้อมได้สูงขึ้นจึงส่งผลให้เปอร์ออกไซด์มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตลอดระยะเวลาเก็บรักษาดังตารางที่ 15 อย่างไรก็ตามค่าเปอร์ออกไซด์ของกาแฟคั่วบดที่ไม่ใช้บรรจุภัณฑ์ไม่ได้เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว เนื่องจากกาแฟคั่วบดมีสารต้านการเกิดออกซิเดชั่นดังกล่าวข้างต้น และปฏิกิริยาออกซิเดชั่นจะเกิดขึ้นได้ดีเมื่ออาหารมีปริมาณน้ำอิสระในช่วง 0.00 ถึง 0.30 หากปริมาณน้ำอิสระเพิ่มขึ้นส่งผลให้อัตราการเกิดปฏิกิริยาลดลง เนื่องจากน้ำสามารถรวมตัวกับสารประกอบไฮโดรเปอร์ออกไซด์ ทำให้สารประกอบมีความคงตัวมากขึ้น และมีส่วนช่วยให้อนุมูลอิสระต่างๆ รวมตัวกัน ทำให้อัตราการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชั่นช้าลง (Nelson and Labuza, 1994)

2.7 ผลของบรรจุภัณฑ์และระยะเวลาเก็บรักษาที่มีต่อปริมาณน้ำตาลทั้งหมดของกาแฟคั่วบด

ชนิดของบรรจุภัณฑ์และระยะเวลาเก็บรักษาไม่มีผลต่อความแตกต่างกันของปริมาณน้ำตาลทั้งหมดของกาแฟคั่วบดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) และไม่มีปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างชนิดของบรรจุภัณฑ์และระยะเวลาเก็บรักษาดังตารางที่ 16

ตารางที่ 16 ผลของบรรจุภัณฑ์และระยะเวลาเก็บรักษาที่มีต่อปริมาณน้ำตาลทั้งหมดของกาแฟคั่วบด

ปริมาณน้ำตาลทั้งหมด (ร้อยละ)								
บรรจุภัณฑ์	ระยะเวลาเก็บรักษา (B)							
(A)	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	เฉลี่ย
A1	20.07	19.12	19.34	19.35	19.94	20.56	19.62	19.72
A2	19.79	20.29	18.50	19.69	20.11	20.21	18.81	19.63
A3	19.65	19.11	19.48	20.49	19.62	19.71	19.64	19.67
A4	20.32	18.82	19.74	20.06	18.11	19.92	18.66	19.38
เฉลี่ย	19.96	19.34	19.26	19.90	19.45	20.10	19.18	

หมายเหตุ: บรรจุภัณฑ์ (A) A1 = การไม่ใช้บรรจุภัณฑ์ A2 = ถุงอลูมิเนียมฟอยล์
A3 = ถุงอลูมิเนียมฟอยล์พร้อมซองบรรจุสารดูดซับแก๊สออกซิเจน
A4 = ถุงอลูมิเนียมฟอยล์เจาะรูแล้วปิดทับรูด้วยสติกเกอร์ใส

ระยะเวลาเก็บรักษา (B) B1 = 0 สัปดาห์ B5 = 16 สัปดาห์
B2 = 4 สัปดาห์ B6 = 20 สัปดาห์
B3 = 8 สัปดาห์ B7 = 24 สัปดาห์
B4 = 12 สัปดาห์

F-test A ns
B ns
A×B ns

ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรที่เหมือนกันในคอลัมน์และแถวเดียวกันแสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ปริมาณน้ำตาลทั้งหมดของกาแฟคั่วบดที่ไม่ใช้บรรจุภัณฑ์และในบรรจุภัณฑ์แต่ละชนิดมีค่าเฉลี่ยใกล้เคียงกันในช่วงร้อยละ 19.38 ถึง 19.72 และระยะเวลาเก็บรักษาไม่มีผลต่อความแตกต่างกันของปริมาณน้ำตาลทั้งหมดของกาแฟคั่วบด โดยกาแฟคั่วบดในระหว่างการเก็บรักษามีปริมาณน้ำตาลทั้งหมดเฉลี่ยในช่วงร้อยละ 19.18 ถึง 20.10

ปริมาณน้ำตาลทั้งหมดของกาแฟคั่วบดไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) โดยมีค่าในช่วงร้อยละ 18.11 ถึง 20.56 เนื่องจากน้ำตาลเกิดการสลายตัวได้ก็ต่อเมื่อมีความร้อนเข้ามาเกี่ยวข้อง ซึ่งในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องปริมาณน้ำตาลทั้งหมดของกาแฟคั่วบดจึงมีค่าคงที่

3. การตรวจสอบผลของบรรจุภัณฑ์ต่อผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของกาแฟคั่วบดระหว่างการเก็บรักษา

การทดสอบลักษณะทางประสาทสัมผัสของกาแฟคั่วบดจะเตรียมตัวอย่างในรูปของกาแฟชงสำเร็จ ซึ่งการเตรียมตัวอย่างกาแฟชงสำเร็จสำหรับการทดสอบทางประสาทสัมผัสรายงานไว้ในภาคผนวก ก

3.1 ผลของบรรจุภัณฑ์และระยะเวลาเก็บรักษาที่มีต่อสีน้ำตาลของกาแฟชงสำเร็จ

สีน้ำตาลของกาแฟคั่วเกิดจากความร้อนจากการคั่วกาแฟส่งผลให้เกิดสารสีน้ำตาล เมื่อนำกาแฟคั่วบดมาสกัดด้วยน้ำร้อนทำให้ได้เครื่องดื่มที่มีสีน้ำตาลเข้ม จากการวิจัยพบว่าชนิดของบรรจุภัณฑ์และระยะเวลาเก็บรักษาไม่มีผลต่อความแตกต่างกันของสีน้ำตาลของกาแฟชงสำเร็จอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) และไม่มีปฏิกิริยาสัมพันธ์กันระหว่างชนิดของบรรจุภัณฑ์และระยะเวลาเก็บรักษาดังตารางที่ 17

ตารางที่ 17 ผลของบรรจุภัณฑ์และระยะเวลาเก็บรักษาที่มีต่อสีน้ำตาลของกาแฟชงสำเร็จ

	ความเข้มของสีน้ำตาล							
บรรจุภัณฑ์	ระยะเวลาเก็บรักษา (B)							
(A)	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	เฉลี่ย
A1	12.04	12.08	12.19	12.42	12.09	12.36	12.19	12.20
A2	11.58	11.44	11.48	11.80	11.93	12.27	11.99	11.78
A3	11.88	11.89	11.84	12.37	12.23	11.98	12.53	12.10
A4	11.62	12.70	12.22	11.74	12.22	11.51	11.94	11.99
เฉลี่ย	11.78	12.02	11.93	12.08	12.12	12.03	12.16	

หมายเหตุ: บรรจุภัณฑ์ (A) A1 = การไม่ใช้บรรจุภัณฑ์ A2 = ถุงอลูมิเนียมฟอยล์
A3 = ถุงอลูมิเนียมฟอยล์พร้อมซองบรรจุสารดูดซับแก๊สออกซิเจน
A4 = ถุงอลูมิเนียมฟอยล์เจาะรูแล้วปิดทับรูด้วยสติกเกอร์ใส

ระยะเวลาเก็บรักษา (B) B1 = 0 สัปดาห์ B5 = 16 สัปดาห์
B2 = 4 สัปดาห์ B6 = 20 สัปดาห์
B3 = 8 สัปดาห์ B7 = 24 สัปดาห์
B4 = 12 สัปดาห์

F-test A ns
B ns
A×B ns

ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรที่เหมือนกันในคอลัมน์และแถวเดียวกันแสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

สีน้ำตาลของกาแฟชงสำเร็จที่เตรียมจากกาแฟคั่วบดที่ไม่ใช้บรรจุภัณฑ์และกาแฟคั่วบดในบรรจุภัณฑ์ชนิดต่างๆ มีความเข้มใกล้เคียงกันตลอดระยะเวลาเก็บรักษา โดยสีน้ำตาลมีความเข้มในช่วง 11.44 ถึง 12.70 ซึ่งเป็นระดับความเข้มที่ค่อนข้างสูงเมื่อเทียบกับความยาวของสเกลซึ่งเท่ากับ 15 เซนติเมตร แม้ว่าสีของผงกาแฟคั่วบดมีค่าแตกต่างกัน แต่เมื่อเตรียมเป็นกาแฟชงสำเร็จทำให้ความเข้มของสีเจือจางลง จึงไม่ส่งผลต่อการรับรู้ทางประสาทสัมผัสของผู้ทดสอบชิม

3.2 ผลของบรรจุภัณฑ์และระยะเวลาเก็บรักษาที่มีต่อกลิ่นหอมของกาแฟชงสำเร็จ

กลิ่นหอมของกาแฟคั่วเกิดจากความร้อนในระหว่างการคั่วซึ่งนอกจากทำให้เกิดสารสีน้ำตาลยังให้สารที่มีกลิ่นรสเฉพาะตัวของกาแฟคั่วซึ่งเป็นสารที่ระเหยได้หลายชนิด เช่น กรด แอลกอฮอล์ อัลดีไฮด์ ไดอะเซทิล เฟอฟิวราล ไฮโดรเจนซัลไฟด์ คีโตน และเมอร์แคพแทน เป็นต้น (Czerny *et al*., 1999; Hofmann and Schieberle, 2002) จากการวิจัยพบว่าชนิดของบรรจุภัณฑ์และระยะเวลาเก็บรักษามีผลต่อความแตกต่างกันของกลิ่นหอมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) และมีปฏิกิริยาสัมพันธ์กันระหว่างชนิดของบรรจุภัณฑ์และระยะเวลาเก็บรักษาดังตารางที่ 18

ตารางที่ 18 ผลของบรรจุภัณฑ์และระยะเวลาเก็บรักษาที่มีต่อกลิ่นหอมของกาแฟชงสำเร็จ

	ความเข้มของกลิ่นหอม							
บรรจุภัณฑ์	ระยะเวลาเก็บรักษา (B)							
(A)	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	เฉลี่ย
A1	12.80	11.09	8.64	7.61	8.93	6.28	6.59	8.85 ^{C}
A2	12.16	11.46	11.33	9.97	10.69	10.14	10.31	10.87 ^{A}
A3	12.54	11.02	10.16	8.63	8.40	8.90	7.53	9.60 ^{B}
A4	12.42	10.51	10.88	10.74	10.61	10.17	10.06	10.77 ^{A}
เฉลี่ย	12.48 ^{a}	11.02 ^{b}	10.25 ^{c}	9.24 ^{dc}	9.66 ^{d}	8.87 ^{ef}	8.62 ^{f}	

หมายเหตุ: บรรจุภัณฑ์ (A) A1 = การไม่ใช้บรรจุภัณฑ์ A2 = ถุงอลูมิเนียมฟอยล์
A3 = ถุงอลูมิเนียมฟอยล์พร้อมซองบรรจุสารดูดซับแก๊สออกซิเจน
A4 = ถุงอลูมิเนียมฟอยล์เจาะรูแล้วปิดทับรูด้วยสติกเกอร์ใส

ระยะเวลาเก็บรักษา (B) B1 = 0 สัปดาห์ B5 = 16 สัปดาห์
B2 = 4 สัปดาห์ B6 = 20 สัปดาห์
B3 = 8 สัปดาห์ B7 = 24 สัปดาห์
B4 = 12 สัปดาห์

F-test A **
B **
A×B **

ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรที่เหมือนกันในคอลัมน์และแถวเดียวกันแสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

กาแฟชงสำเร็จที่เตรียมจากกาแฟคั่วบดในถุงอลูมิเนียมฟอยล์และถุงอลูมิเนียมฟอยล์เจาะรูแล้วปิดทับรูด้วยสติกเกอร์ใสมีกลิ่นหอมเฉลี่ยเข้มที่สุดเท่ากับ 10.87 และ10.77 กาแฟคั่วบดที่บรรจุในถุงอลูมิเนียมฟอยล์พร้อมซองบรรจุสารดูดซับแก๊สออกซิเจนมีกลิ่นหอมเฉลี่ยรองลงมาเท่ากับ 9.60 และกาแฟคั่วบดที่ไม่ใช้บรรจุภัณฑ์มีกลิ่นหอมเฉลี่ยน้อยที่สุดเท่ากับ 8.85 เนื่องจากสารให้กลิ่นของกาแฟคั่วเป็นสารที่ระเหยได้ กาแฟคั่วบดที่ไม่ใช้บรรจุภัณฑ์จึงปล่อยสารให้กลิ่นออกสู่บรรยากาศแวดล้อม จึงทำให้กลิ่นหอมของกาแฟคั่วลดลง นอกจากนั้นกาแฟคั่วบดมีสมบัติในการดูดซับกลิ่นต่างๆ จากสิ่งแวดล้อมได้ดี ส่งผลกาแฟคั่วบดมีกลิ่นผิดแปลกไป ผู้ทดสอบจึงรู้สึกว่ากาแฟชงสำเร็จที่เตรียมจากกาแฟคั่วบดที่ไม่ใช้บรรจุภัณฑ์มีกลิ่นหอมลดลง (ปริญญา, 2542) และระยะเวลาเก็บรักษาที่เพิ่มขึ้นส่งผลให้กาแฟมีกลิ่นหอมเฉลี่ยลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ดังรายงานการศึกษาของ Kallio *et al.* (1990) ซึ่งทดลองเก็บกาแฟคั่วบดในถุงประกบระหว่างโพลิเอสเตอร์ แผ่นเปลวอลูมิเนียมแลโพลิเอทิลีน ที่ระดับอุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 เดือน แล้วศึกษาการแพร่กระจายของสารให้กลิ่นรสของกาแฟคั่วบดที่อยู่บริเวณช่องว่างเหนืออาหาร พบว่าสารประกอบหลายชนิด เช่น บิวทานิดีน ไธโอฟีน 2-เมทิลฟิวราน โพรพานาล และอะซิโตน เพิ่มขึ้นตลอดระยะเวลาเก็บรักษา 4 เดือน แสดงว่าในระหว่างการเก็บรักษากาแฟคั่วบดสูญเสียกลิ่นรสตลอดเวลา

จากตารางที่ 18 ยังสังเกตพบว่ากลิ่นหอมของกาแฟคั่วบดที่ไม่ใช้บรรจุภัณฑ์มีแนวโน้มลดลงตลอดระยะเวลาเก็บรักษาและมีกลิ่นหอมน้อยที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับกาแฟคั่วบดในบรรจุภัณฑ์ชนิดต่างๆ ที่ระยะเวลาเก็บรักษาเท่ากัน เนื่องจากสารให้กลิ่นหอมของกาแฟคั่วเป็นสารระเหยได้ (Kallio *et al.*, 1990; Czerny *et al.*, 1999; Hofmann and Schieberle, 2002) กาแฟคั่วบดที่ไม่ใช้บรรจุภัณฑ์จึงปล่อยสารให้กลิ่นหอมออกสู่สิ่งแวดล้อมตลอดระยะเวลาเก็บรักษา นอกจากนั้นแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ที่ปลดปล่อยออกจากกาแฟคั่วยังเป็นส่วนช่วยในการห่อหุ้มสารให้กลิ่นรสจึงส่งผลให้กาแฟที่ไม่ใช้บรรจุภัณฑ์มีกลิ่นหอมรสลง ขณะที่การใช้บรรจุภัณฑ์สามารถป้องกันการแพร่กระจายของกลิ่นหอมออกสู่ภายนอกได้ และแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ที่ปล่อยออกจากกาแฟยังมีโอกาสดูดซับกลับเข้าสู่กาแฟคั่วบดได้เนื่องจากกาแฟคั่วมีโครงสร้างที่เป็นรูพรุน (Schenker *et al.*, 2000; Pittia *et al.*, 2001) จึงส่งผลให้กาแฟคั่วบดในบรรจุภัณฑ์มีความเข้มของกลิ่นหอมมากกว่าและกลิ่นหอมของกาแฟคั่วบดในบรรจุภัณฑ์ลดลงค่อนข้างน้อยในระหว่างการเก็บรักษา และจากการวิจัยยังพบว่ากาแฟคั่วบดในถุงอลูมิเนียมฟอยล์พร้อมซองบรรจุสารดูดซับแก๊สออกซิเจนมีกลิ่นหอมน้อยกว่ากาแฟคั่วบดในถุงอลูมิเนียมฟอยล์และถุงอลูมิเนียมฟอยล์เจาะรูแล้วปิดทับด้วยสติกเกอร์ใสในช่วงระยะเวลาเก็บรักษา 12 ถึง 24 สัปดาห์ ทั้งที่การใช้สารดูดซับแก๊สออกซิเจนน่าจะช่วยป้องกันการเปลี่ยนแปลงกลิ่นรสของกาแฟคั่วบดได้ดีกว่า เนื่องจากสามารถลดแก๊สออกซิเจน

ภายในบรรจุภัณฑ์ได้ จึงสันนิษฐานว่าปฏิกิริยาออกซิเดชั่นอาจไม่ได้ส่งผลให้เกิดกลิ่นหืนเพียงอย่างเดียว แต่กลิ่นรสของกาแฟคั่วบดซึ่งเป็นเรื่องที่ค่อนข้างซับซ้อนอาจเกิดจากการออกซิไดซ์ของสารภายในองค์ประกอบของกาแฟคั่วเกิดเป็นสารให้กลิ่นหอมเฉพาะตัว เมื่อบรรจุซองบรรจุสารดูดซับแก๊สออกซิเจนลงในบรรจุภัณฑ์ส่งผลให้กลิ่นหอมของกาแฟคั่วบดลดลง

3.3 ผลของบรรจุภัณฑ์และระยะเวลาเก็บรักษาที่มีต่อกลิ่นไหม้ของกาแฟชงสำเร็จ

กลิ่นไหม้ของกาแฟอาจเกิดจากความไม่สม่ำเสมอของขนาดกาแฟเมล็ด ส่งผลให้เมล็ดกาแฟสุกไม่พร้อมกัน ซึ่งเป็นลักษณะที่ไม่พึงประสงค์ของกาแฟคั่ว จากการวิจัยพบว่าชนิดของบรรจุภัณฑ์ไม่มีผลต่อความแตกต่างกันของกลิ่นไหม้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) แต่ระยะเวลาเก็บรักษามีผลต่อความแตกต่างของกลิ่นไหม้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) โดยไม่มีปฏิกิริยาสัมพันธ์กันระหว่างชนิดของบรรจุภัณฑ์และระยะเวลาเก็บรักษาดังตารางที่ 19

ตารางที่ 19 ผลของบรรจุภัณฑ์และระยะเวลาเก็บรักษาที่มีต่อกลิ่นไหม้ของกาแฟชงสำเร็จ

บรรจุภัณฑ์	ความเข้มของกลิ่นไหม้							
	ระยะเวลาเก็บรักษา (B)							
(A)	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	เฉลี่ย
A1	4.63	3.73	3.91	3.47	3.73	3.13	2.64	3.61
A2	4.26	4.04	4.42	3.27	3.51	3.06	2.77	3.62
A3	4.57	4.03	4.36	3.11	3.54	3.26	3.26	3.73
A4	4.20	4.08	3.88	3.09	3.47	3.13	3.13	3.60
เฉลี่ย	4.47 ^{a}	3.97 ^{ab}	4.14 ^{ab}	3.23 ^{c}	3.56 ^{bc}	3.14 ^{c}	2.95 ^{c}	

หมายเหตุ: บรรจุภัณฑ์ (A) A1 = การไม่ใช้บรรจุภัณฑ์ A2 = ถุงอลูมิเนียมฟอยล์
A3 = ถุงอลูมิเนียมฟอยล์พร้อมซองบรรจุสารดูดซับแก๊สออกซิเจน
A4 = ถุงอลูมิเนียมฟอยล์เจาะรูแล้วปิดทับรูด้วยสติกเกอร์ใส

ระยะเวลาเก็บรักษา (B) B1 = 0 สัปดาห์ B5 = 16 สัปดาห์
B2 = 4 สัปดาห์ B6 = 20 สัปดาห์
B3 = 8 สัปดาห์ B7 = 24 สัปดาห์
B4 = 12 สัปดาห์

F-test A ns
B **
A×B ns

ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรที่เหมือนกันในคอลัมน์และแถวเดียวกันแสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

กลิ่นไหม้ของกาแฟที่ไม่ใช้บรรจุภัณฑ์และกาแฟในบรรจุภัณฑ์ทุกชนิดมีค่าใกล้เคียงกัน และมีแนวโน้มลดลงในทิศทางเดียวกันระหว่างการเก็บรักษา โดยกลิ่นไหม้ที่ตรวจพบมีความเข้มค่อนข้างน้อย เนื่องจากในกระบวนการผลิตกาแฟเมล็ดมีการคัดเลือกผลกาแฟที่มีขนาดใกล้เคียงกัน ส่งผลให้กาแฟเมล็ดมีขนาดใกล้เคียงกัน เมื่อนำมาคั่วจึงได้กาแฟคั่วที่มีความสม่ำเสมอ กลิ่นไหม้ที่ตรวจพบจึงค่อนข้างน้อย กลิ่นไหม้ที่ตรวจพบอาจเกิดจากการเปลี่ยนแปลงของสารประกอบซัลไฟด์ในกาแฟเมื่อได้รับความร้อนจากการคั่ว (Sivetz and Foote, 1963; Clarke and Vitzthum, 2001)

9.4 ผลของบรรจุภัณฑ์และระยะเวลาเก็บรักษาที่มีต่อกลิ่นหืนของกาแฟชงสำเร็จ

กลิ่นหืนเกิดขึ้นเนื่องจากปฏิกิริยาออกซิเดชั่นของไขมันซึ่งเป็นองค์ประกอบของกาแฟคั่ว จากการทดลองพบว่าชนิดของบรรจุภัณฑ์และระยะเวลาเก็บรักษามีผลต่อความแตกต่างกันของกลิ่นหืนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) และปฏิกิริยาสัมพันธ์กันระหว่างชนิดของบรรจุภัณฑ์และระยะเวลาเก็บรักษาดังตารางที่ 20

ตารางที่ 20 ผลของบรรจุภัณฑ์และระยะเวลาเก็บรักษาที่มีต่อกลิ่นหืนของกาแฟชงสำเร็จ

	ความเข้มของกลิ่นหืน							
บรรจุภัณฑ์	ระยะเวลาเก็บรักษา (B)							
(A)	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	เฉลี่ย
A1	0.39	3.01	3.26	4.61	5.15	5.68	6.41	4.07 ^{A}
A2	0.38	1.12	1.78	2.09	2.50	2.77	2.70	1.90 ^{B}
A3	0.38	0.70	1.00	1.66	1.84	1.83	2.07	1.35 ^{C}
A4	0.34	1.12	1.82	2.13	2.43	2.69	2.91	1.92 ^{B}
เฉลี่ย	0.37 ^{f}	1.49 ^{e}	1.96 ^{d}	2.62 ^{c}	2.98 ^{c}	3.24 ^{ab}	3.52 ^{a}	

หมายเหตุ: บรรจุภัณฑ์ (A) A1 = การไม่ใช้บรรจุภัณฑ์ A2 = ถุงอลูมิเนียมฟอยล์
A3 = ถุงอลูมิเนียมฟอยล์พร้อมซองบรรจุสารดูดซับแก๊สออกซิเจน
A4 = ถุงอลูมิเนียมฟอยล์เจาะรูแล้วปิดทับรูด้วยสติกเกอร์ใส

ระยะเวลาเก็บรักษา (B) B1 = 0 สัปดาห์ B5 = 16 สัปดาห์
B2 = 4 สัปดาห์ B6 = 20 สัปดาห์
B3 = 8 สัปดาห์ B7 = 24 สัปดาห์
B4 = 12 สัปดาห์

F-test A **
B **
A×B **

ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรที่เหมือนกันในคอลัมน์และแถวเดียวกันแสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

กาแฟคั่วที่ไม่ใช้บรรจุภัณฑ์มีกลิ่นหืนเฉลี่ยเท่ากับ 4.07 ซึ่งสูงกว่ากาแฟคั่วบดในบรรจุภัณฑ์อย่างชัดเจน ขณะที่กาแฟคั่วบดในถุงอลูมิเนียมฟอยล์พร้อมซองบรรจุสารดูดซับแก๊สออกซิเจนมีกลิ่นหืนน้อยที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับกาแฟคั่วบดในถุงอลูมิเนียมฟอยล์และอลูมิเนียมฟอยล์เจาะรูแล้วปิดทับด้วยสติกเกอร์ใส พบว่าความแตกต่างไม่แสดงผลอย่างชัดเจนเมื่อเปรียบเทียบจากสเกล 15 เซนติเมตร และระยะเวลาเก็บรักษาที่เพิ่มขึ้นส่งผลให้กลิ่นหืนของกาแฟคั่วบดมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ที่ระยะเวลาเก็บรักษา 0 สัปดาห์ กาแฟคั่วบดในบรรจุภัณฑ์มีกลิ่นหืนเฉลี่ยน้อยมากเท่ากับ 0.37 ในช่วงระยะเวลาเก็บรักษา 24 สัปดาห์กาแฟคั่วบดมีกลิ่นหืนเฉลี่ยเพิ่มขึ้นเป็น 3.52 ความเข้มของกลิ่นหืนที่เพิ่มขึ้นไม่สูงมากนักเมื่อเปรียบเทียบกับระดับสเกล 15 เซนติเมตร ซึ่งการตรวจพบกลิ่นหืนโดยผู้ทดสอบมีความสัมพันธ์กับการเพิ่มขึ้นของค่าเปอร์ออกไซด์

จากตารางที่ 20 สังเกตพบว่าระยะเวลาเก็บรักษาที่เพิ่มขึ้นส่งผลให้กลิ่นหืนของกาแฟคั่วบดที่ไม่ใช้บรรจุภัณฑ์เข้มขึ้นโดยเพิ่มจาก 0.39 เป็น 6.41 ซึ่งเป็นผลเนื่องมาจากการเกิดเปอร์ออกไซด์ ขณะที่กาแฟคั่วบดในบรรจุภัณฑ์ชนิดต่างๆ มีกลิ่นหืนเพิ่มขึ้นเล็กน้อย และที่ระยะเวลาเก็บรักษาเท่ากันกาแฟคั่วบดในบรรจุภัณฑ์ทั้ง 3 ชนิดมีกลิ่นหืนเล็กน้อยที่ระดับความเข้มใกล้เคียงกัน ดังนั้นการใช้บรรจุภัณฑ์ที่สามารถป้องกันการซึมผ่านของแก๊สได้ก็น่าจะเพียงพอต่อการป้องกันการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชั่นของน้ำมันในกาแฟคั่วบด

3.5 ผลของบรรจุภัณฑ์และระยะเวลาเก็บรักษาที่มีต่อรสขมของกาแฟชงสำเร็จ

รสขมเกิดจากผลของปฏิกิริยาเมลลาร์ดให้สารสีน้ำตาลและมีรสขม (นิธิยา, 2545) เมื่อสกัดกาแฟด้วยน้ำร้อนจะให้เครื่องดื่มที่มีรสชาติขมเข้ม จากผลการทดลองพบว่าชนิดของบรรจุภัณฑ์ไม่มีผลต่อความแตกต่างกันของรสขมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) แต่ระยะเวลาเก็บรักษามีผลต่อความแตกต่างกันของรสขมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) และไม่มีปฏิกิริยาสัมพันธ์กันระหว่างชนิดของบรรจุภัณฑ์และระยะเวลาเก็บรักษาดังตารางที่ 21

ตารางที่ 21 ผลของบรรจุภัณฑ์และระยะเวลาเก็บรักษาที่มีรสขมของกาแฟชงสำเร็จ

ความเข้มของรสขม								
บรรจุภัณฑ์	ระยะเวลาเก็บรักษา (B)							
(A)	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	เฉลี่ย
A1	10.49	11.01	10.69	10.20	9.56	10.36	10.19	10.36
A2	10.39	10.68	11.30	10.57	9.68	9.92	9.81	10.36
A3	10.37	10.73	11.44	10.43	10.47	10.01	10.36	10.52
A4	10.83	10.43	10.16	10.72	10.68	9.98	10.06	10.41
เฉลี่ย	10.52 ^{ab}	10.71 ^{ab}	10.90 ^{a}	10.48 ^{ab}	10.09 ^{b}	10.07 ^{b}	10.10 ^{b}	

หมายเหตุ: บรรจุภัณฑ์ (A) A1 = การไม่ใช้บรรจุภัณฑ์ A2 = ถุงอลูมิเนียมฟอยล์
A3 = ถุงอลูมิเนียมฟอยล์พร้อมซองบรรจุสารดูดซับแก๊สออกซิเจน
A4 = ถุงอลูมิเนียมฟอยล์เจาะรูแล้วปิดทับรูด้วยสติกเกอร์ใส

ระยะเวลาเก็บรักษา (B) B1 = 0 สัปดาห์ B5 = 16 สัปดาห์
B2 = 4 สัปดาห์ B6 = 20 สัปดาห์
B3 = 8 สัปดาห์ B7 = 24 สัปดาห์
B4 = 12 สัปดาห์

F-test A ns
B **
A×B **

ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรที่เหมือนกันในคอลัมน์และแถวเดียวกันแสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

รสขมของกาแฟมีค่าค่อนข้างใกล้เคียงกัน และมีความเข้มคงที่ในระหว่างการเก็บรักษา โดยมีความเข้มในช่วง 9.56 ถึง 11.44 เนื่องจากสารสีน้ำตาลจากปฏิกิริยาเมลลาร์ดซึ่งเป็นสาเหตุของรสขมในกาแฟคั่วบดเป็นสารที่ค่อนข้างคงตัวไม่ละลายน้ำที่อุณหภูมิปกติ (นิธิยา, 2545) แม้ว่ากาแฟคั่วบดที่ไม่ใช้บรรจุภัณฑ์จะมีความชื้นเพิ่มขึ้นในระหว่างการเก็บรักษา ก็ไม่ส่งผลให้รสขมของกาแฟเจือจางลง

3.6 ผลของบรรจุภัณฑ์และระยะเวลาเก็บรักษาที่มีต่อรสเปรี้ยวของกาแฟชงสำเร็จ

กาแฟคั่วมีกรดเป็นองค์ประกอบจึงส่งผลให้เครื่องดื่มจากกาแฟคั่วมีรสเปรี้ยว แต่เครื่องดื่มจากกาแฟคั่วที่มีรสชาติดีไม่ควรมีรสเปรี้ยวที่สูงมาก จากการวิจัยพบว่าชนิดของบรรจุภัณฑ์และระยะเวลาเก็บรักษามีผลต่อความแตกต่างกันของรสเปรี้ยวแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) และมีปฏิกิริยาสัมพันธ์กันระหว่างชนิดของบรรจุภัณฑ์และระยะเวลาเก็บรักษาดังตารางที่ 22

ตารางที่ 22 ผลของบรรจุภัณฑ์และระยะเวลาเก็บรักษาที่มีต่อรสเปรี้ยวของกาแฟชงสำเร็จ

ความเข้มของรสเปรี้ยว								
บรรจุภัณฑ์	ระยะเวลาเก็บรักษา (B)							
(A)	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	เฉลี่ย
A1	3.03	3.30	3.68	3.92	4.62	4.13	4.44	3.72 ^{A}
A2	3.02	3.01	3.10	3.10	3.37	3.31	3.27	3.28 ^{B}
A3	3.20	3.06	3.01	3.16	3.03	3.25	3.22	3.13 ^{B}
A4	3.21	3.36	3.01	3.20	3.38	3.29	3.42	3.28 ^{B}
เฉลี่ย	3.12 ^{d}	3.18 ^{cd}	3.22 ^{bcd}	3.29 ^{bcd}	3.69 ^{a}	3.44 ^{abc}	3.51 ^{ab}	

หมายเหตุ: บรรจุภัณฑ์ (A) A1 = การไม่ใช้บรรจุภัณฑ์ A2 = ถุงอลูมิเนียมฟอยล์
A3 = ถุงอลูมิเนียมฟอยล์พร้อมซองบรรจุสารดูดซับแก๊สออกซิเจน
A4 = ถุงอลูมิเนียมฟอยล์เจาะรูแล้วปิดทับรูด้วยสติกเกอร์ใส

ระยะเวลาเก็บรักษา (B) B1 = 0 สัปดาห์ B5 = 16 สัปดาห์
B2 = 4 สัปดาห์ B6 = 20 สัปดาห์
B3 = 8 สัปดาห์ B7 = 24 สัปดาห์
B4 = 12 สัปดาห์

F-test A **
B **
A×B **

ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรที่เหมือนกันในคอลัมน์และแถวเดียวกันแสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

กาแฟคั่วบดที่ไม่ใช้บรรจุภัณฑ์มีรสเปรี้ยวเฉลี่ยสูงสุด ซึ่งพบว่ารสเปรี้ยวมีความสัมพันธ์กับปริมาณกรดทั้งหมด แต่ความแตกต่างที่เกิดขึ้นแสดงผลไม่ชัดเจนเมื่อเปรียบเทียบจากสเกล 15 เซนติเมตร โดยรสเปรี้ยวของกาแฟมีความเข้มในช่วง 3.13 ถึง 3.72 เนื่องจากน้ำที่เติมลงไปในการชงกาแฟมีผลให้กรดในกาแฟเจือจางลง โดยรสเปรี้ยวของกาแฟในบรรจุภัณฑ์ทุกชนิดมีความเข้มคงที่ และไม่แตกต่างกันเนื่องจากผลของบรรจุภัณฑ์เมื่อระยะเวลาเก็บรักษาเปลี่ยนแปลง แต่รสเปรี้ยวของกาแฟที่ไม่ใช้บรรจุมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ตลอดระยะเวลาเก็บรักษา 24 สัปดาห์ เมื่อพิจารณาปริมาณกรดทั้งหมดที่ระยะเวลาเก็บรักษา 12 ถึง 24 สัปดาห์ พบว่าปริมาณกรดทั้งหมดของกาแฟคั่วบดที่ไม่ใช้บรรจุภัณฑ์มีปริมาณลดลง ในขณะที่ผู้ทดสอบชิมรับรู้รสเปรี้ยวเพิ่มขึ้น ซึ่งอาจเป็นผลเนื่องมาจากกลิ่นรสด้านอื่นของกาแฟลดลงจึงส่งผลให้สามารถรับรู้รสเปรี้ยวได้เพิ่มขึ้น อย่างไรก็ตามรสเปรี้ยวที่ตรวจพบมีค่าค่อนข้างน้อยเมื่อเปรียบเทียบกับรสชาติด้านอื่น เช่น รสขม รสชาติตกค้าง เป็นต้น

Clarke and Vitzthum (2001) แนะนำว่าควรเตรียมเครื่องดื่มจากกาแฟคั่วให้เพียงพอต่อการดื่มในแต่ละครั้ง เนื่องจากการอุ่นกาแฟไว้บนเครื่องชงที่มีแผ่นให้ความร้อนจะส่งผลให้กาแฟมีรสเปรี้ยวเพิ่มขึ้น เนื่องจากสารควินิกแอซิดแลคโตน (quinic acid lactones) จะสลายตัวกลายเป็นกรดควินิก (quinic acid)

3.7 ผลของบรรจุภัณฑ์และระยะเวลาเก็บรักษาที่มีต่อรสชาติตกค้างของกาแฟชงสำเร็จ

ชนิดของบรรจุภัณฑ์ไม่มีผลต่อความแตกต่างกันของรสชาติตกค้างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) แต่ระยะเวลาเก็บรักษามีผลต่อความแตกต่างกันของรสชาติตกค้างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) และไม่มีปฏิกิริยาสัมพันธ์กันระหว่างชนิดของบรรจุภัณฑ์และระยะเวลาเก็บรักษาดังตารางที่ 23

ตารางที่ 23 ผลของบรรจุภัณฑ์และระยะเวลาเก็บรักษาที่มีต่อรสชาติตกค้างของกาแฟซองสำเร็จ

ความเข้มของรสชาติตกค้าง								
บรรจุภัณฑ์	ระยะเวลาเก็บรักษา (B)							
(A)	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	เฉลี่ย
A1	9.57	9.04	9.59	8.40	9.16	8.87	8.26	8.98
A2	9.29	9.50	9.76	9.58	8.81	8.92	8.61	9.21
A3	9.59	9.70	9.30	9.22	9.02	8.72	8.36	9.23
A4	9.53	9.39	9.21	9.33	8.91	9.17	8.67	9.17
เฉลี่ย	9.51 ^{ab}	9.41 ^{ab}	9.62 ^{a}	9.13 ^{abc}	8.98 ^{abc}	8.92 ^{bc}	8.47 ^{c}	

หมายเหตุ: บรรจุภัณฑ์ (A) A1 = การไม่ใช้บรรจุภัณฑ์ A2 = ถุงอลูมิเนียมฟอยล์
A3 = ถุงอลูมิเนียมฟอยล์พร้อมซองบรรจุสารดูดซับแก๊สออกซิเจน
A4 = ถุงอลูมิเนียมฟอยล์เจาะรูแล้วปิดทับรูด้วยสติกเกอร์ใส

ระยะเวลาเก็บรักษา (B) B1 = 0 สัปดาห์ B5 = 16 สัปดาห์
B2 = 4 สัปดาห์ B6 = 20 สัปดาห์
B3 = 8 สัปดาห์ B7 = 24 สัปดาห์
B4 = 12 สัปดาห์

F-test A ns
B **
A×B ns

ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรที่เหมือนกันในคอลัมน์และแถวเดียวกันแสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

จากตารางที่ 23 พบว่าที่ระยะเวลาเก็บรักษาเท่ากันกาแฟชงสำเร็จที่เตรียมจากกาแฟคั่วบดที่ไม่ใช้บรรจุภัณฑ์และกาแฟคั่วบดในบรรจุภัณฑ์ชนิดต่างๆ มีรสชาติตกค้างไม่แตกต่างกัน แต่เมื่อระยะเวลาเก็บรักษาเพิ่มขึ้น รสชาติตกค้างของกาแฟที่ไม่ใช้บรรจภัณฑ์และที่บรรจุในบรรจุภัณฑ์ทุกชนิดลดลงเล็กน้อย อาจเป็นผลเนื่องมาจากกลิ่นรสต่างๆ ของกาแฟคั่วบดเจือจางลงจึงส่งผลให้รสชาติตกค้างหลังจากการดื่มกาแฟน้อยลงตามลำดับ

3.8 ผลของบรรจุภัณฑ์และระยะเวลาเก็บรักษาที่มีต่อความชอบโดยรวมของกาแฟชงสำเร็จ

ชนิดของบรรจุภัณฑ์และระยะเวลาเก็บรักษามีผลต่อความแตกต่างกันของความชอบโดยรวมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) และมีปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างชนิดของบรรจุภัณฑ์และระยะเวลาเก็บรักษาดังตารางที่ 24

ตารางที่ 24 ผลของบรรจุภัณฑ์และระยะเวลาเก็บรักษาที่มีต่อความชอบโดยรวมของกาแฟชงสำเร็จ

	คะแนน							
บรรจุภัณฑ์	ระยะเวลาเก็บรักษา (B)							
(A)	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	เฉลี่ย
A1	11.68	8 71	8.02	7.37	5.39	5.92	4.73	7.40 ^{C}
A2	11.47	10.31	10.54	10.22	9.69	10.21	9.13	10.23 ^{A}
A3	11.47	10.30	8.97	9.02	8.37	8.64	8.29	9.29 ^{B}
A4	11.46	10.47	10.49	10.07	9.45	10.18	9.51	10.23 ^{A}
เฉลี่ย	11.52 ^{a}	9.95 ^{b}	9.51 ^{bc}	9.17 ^{cd}	8.23 ^{ef}	8.74 ^{de}	7.92 ^{f}	

หมายเหตุ: บรรจุภัณฑ์ (A) A1 = การไม่ใช้บรรจุภัณฑ์ A2 = ถุงอลูมิเนียมฟอยล์
A3 = ถุงอลูมิเนียมฟอยล์พร้อมซองบรรจุสารดูดซับแก๊สออกซิเจน
A4 = ถุงอลูมิเนียมฟอยล์เจาะรูแล้วปิดทับรูด้วยสติกเกอร์ใส

ระยะเวลาเก็บรักษา (B) B1 = 0 สัปดาห์ B5 = 16 สัปดาห์
B2 = 4 สัปดาห์ B6 = 20 สัปดาห์
B3 = 8 สัปดาห์ B7 = 24 สัปดาห์
B4 = 12 สัปดาห์

F-test A **
B **
A×B **

ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรที่เหมือนกันในคอลัมน์และแถวเดียวกันแสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ชนิดของบรรจุภัณฑ์มีผลต่อความแตกต่างกันของความชอบโดยรวมของผู้ทดสอบชิมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยผู้ทดสอบชิมรู้สึกชอบกาแฟที่บรรจุในถุงอลูมิเนียมฟอยล์และถุงอลูมิเนียมฟอยล์เจาะรูแล้วปิดทับรูด้วยสติกเกอร์ใสมากที่สุด ซึ่งคะแนนความชอบโดยรวมเฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 10.23 รองลงมาคือกาแฟคั่วบดในถุงอลูมิเนียมฟอยล์พร้อมซองบรรจุสารดูดซับแก๊สออกซิเจน ซึ่งคะแนนความชอบโดยรวมเฉลี่ยเท่ากับ 9.29 และคะแนนความชอบโดยรวมของกาแฟที่ไม่ใช้บรรจุภัณฑ์มีค่าเฉลี่ยน้อยที่สุดเท่ากับ 7.40 ซึ่งต่ำกว่าระดับกลางของสเกล บ่งบอกว่าผู้ทดสอบค่อนข้างไม่ชอบกาแฟที่ไม่ใช้บรรจุภัณฑ์ และเมื่อระยะเวลาเก็บรักษาที่เพิ่มขึ้น คะแนนความชอบโดยรวมเฉลี่ยมีแนวโน้มลดลง โดยคะแนนความชอบโดยรวมต่อกาแฟใหม่มีค่าเฉลี่ย 11.52 ซึ่งค่อนข้างสูงเมื่อเทียบกับระดับสเกลเต็ม 15 เซนติเมตร เมื่อระยะเวลาเก็บรักษาผ่านไป 24 สัปดาห์ คะแนนความชอบโดยรวมเฉลี่ยมีค่า 7.92 ซึ่งเกือบต่ำกว่าครึ่งหนึ่งของสเกล นอกจากนั้นคะแนนความชอบโดยรวมของกาแฟคั่วบดที่ไม่ใช้บรรจุภัณฑ์มีแนวโน้มลดลงตลอดระยะเวลาเก็บรักษา และมีคะแนนความชอบโดยรวมน้อยที่สุดตลอดระยะเวลาเก็บรักษาเมื่อเปรียบเทียบกับกาแฟคั่วบดในบรรจุภัณฑ์ชนิดต่างๆ ที่ระยะเวลาเก็บรักษาเท่ากัน กาแฟคั่วบดในถุงอลูมิเนียมฟอยล์และถุงอลูมิเนียมฟอยล์เจาะรูแล้วปิดทับรูด้วยสติกเกอร์ใส มีคะแนนความชอบโดยรวมใกล้เคียงกันตลอดระยะเวลาเก็บรักษาในช่วง 9.13 ถึง 11.47 และ 9.45 ถึง 11.46 ตามลำดับ โดยคะแนนความชอบโดยรวมลดลงเล็กน้อยในระหว่างเก็บรักษา ขณะที่กาแฟที่บรรจุในถุงอลูมิเนียมฟอยล์พร้อมซองบรรจุสารดูดซับแก๊สออกซิเจนมีคะแนนในช่วง 8.29 ถึง 11.47 ซึ่งต่ำกว่าบรรจุภัณฑ์อีก 2 ชนิดเล็กน้อย

จากการทดสอบทางประสาทสัมผัสพบว่าลักษณะที่น่าจะมีผลต่อความชอบของผู้ทดสอบที่มีต่อกาแฟคั่วบดมากที่สุด คือ กลิ่นหอม พิจารณาจากลักษณะด้านอื่นๆ เช่น สีน้ำตาล กลิ่นไหม้ รสเปรี้ยว รสขมและรสชาติตกค้าง มีค่าค่อนข้างคงที่ในระหว่างเก็บรักษา 24 สัปดาห์ และไม่แตกต่างกันอย่างชัดเจนระหว่างกาแฟคั่วบดที่ไม่ใช้บรรจุภัณฑ์และกาแฟคั่วบดที่บรรจุในบรรจุภัณฑ์ต่างๆ

บทที่ 5
สรุปและข้อเสนอแนะ

สรุป

กาแฟคั่วบดที่ไม่ใช้บรรจุภัณฑ์มีแนวโน้มการเสื่อมเสียเพิ่มขึ้นตลอดระยะเวลาเก็บรักษา 24 สัปดาห์ โดยกลิ่นรสของกาแฟคั่วบดซึ่งเป็นสารระเหยได้เจือจางลงอย่างรวดเร็ว กาแฟคั่วบดมีโอกาสสัมผัสกับแก๊สออกซิเจนตลอดระยะเวลาเก็บรักษา ส่งผลให้กาแฟเกิดกลิ่นหืน และยังมีความชื้นเพิ่มขึ้นส่งผลให้ปริมาณน้ำอิสระมีค่าเพิ่มขึ้น ซึ่งหากระยะเวลาเก็บรักษาที่เพิ่มขึ้นนานกว่า 24 สัปดาห์มีแนวโน้มว่าผลิตภัณฑ์อาจไม่ปลอดภัยต่อการบริโภคเนื่องการเจริญของจุลินทรีย์

การใช้บรรจุภัณฑ์ประเภทถุงอลูมิเนียมฟอยล์สามารถรักษาคุณภาพของกาแฟคั่วบดให้มีคุณภาพใกล้เคียงกาแฟคั่วบดใหม่ได้ในช่วงระยะเวลาเก็บรักษา 24 สัปดาห์ เนื่องจากอลูมิเนียมฟอยล์สามารถป้องกันการซึมผ่านของไอน้ำและแก๊สซึ่งเป็นสาเหตุของการเสื่อมเสียได้ดี การใช้สารดูดซับแก๊สออกซิเจนดูเหมือนว่ายังไม่แสดงผลอย่างเด่นชัดว่ามีความเหนือกว่าการใช้ถุงอลูมิเนียมฟอยล์ธรรมดา การเจาะรูแล้วปิดทับด้วยสติกเกอร์ใสซึ่งเป็นแนวคิดจากการผลิตระดับอุตสาหกรรมขนาดเล็กไม่แสดงผลว่าจะช่วยระบายแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ออกจากบรรจุภัณฑ์ได้ ดังนั้นการใช้ถุงอลูมิเนียมฟอยล์ธรรมดาก็น่าจะเพียงพอต่อการรักษาคุณภาพของกาแฟคั่วบด ซึ่งน่าจะเหมาะสมสำหรับผลิตกาแฟคั่วบดในอุตสาหกรรมขนาดเล็กที่มีต้นทุนการผลิตค่อนข้างจำกัด

ข้อเสนอแนะ

1. ในขั้นตอนการพักกาแฟคั่ว ควรจะศึกษาระยะเวลาที่เหมาะสมสำหรับการพักกาแฟคั่วก่อนการบรรจุทั้งในลักษณะเมล็ดและกาแฟคั่วบด เนื่องจากการพักกาแฟคั่วที่น้อยเกินไป หลังการบรรจุแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ที่กาแฟคั่วปล่อยออกมาอาจทำให้ความดันภายในบรรจุภัณฑ์สูงขึ้นจนเกิดความเสียหายได้ แต่การพักกาแฟคั่วบดที่นานเกินไปทำให้กาแฟสูญเสียกลิ่นรส และอาจเกิดกลิ่นหืนได้

2. การผลิตในระดับอุตสาหกรรมอาจจะศึกษาหาสัดส่วนที่เหมาะสมระหว่างปริมาณการบรรจุและช่องว่างบริเวณเหนืออาหารภายในบรรจุภัณฑ์ เพื่อให้มีบริเวณที่เพียงพอสำหรับแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ที่กาแฟคั่วบดปล่อยออกมา และปริมาณการบรรจุไม่น้อยจนเกินไป ซึ่งจะส่งผลให้ต้นทุนการผลิตสูงขึ้น

บรรณานุกรม

กระทรวงสาธารณสุข. 2543. **ประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 197 เรื่อง กาแฟ**. กรุงเทพฯ: กระทรวงสาธารณสุข.

กาญจนา ทุมมานนท์. 2545 กระป๋องโลหะบรรจุภัณฑ์ชั้นเยี่ยมสำหรับกาแฟ. **การบรรจุภัณฑ์**. 10(4): 27.

กาญจน์มุนี ศรีวิศาลภพ, ณรงค์ชัย ปัญญานนทชัย และ ธนรัฐ สวัสดิชัย. 2546. **คุณรู้เรื่องกาแฟดีแค่ไหน...?**. กรุงเทพฯ: ดอกหญ้า. 110 น.

กล้า อิศราภิรมย์. 2532. แคฟเฟอีนในชาและกาแฟที่จำหน่ายในท้องตลาด. **โภชนาการสาร**. 23(4): 190-200.

งามทิพย์ ภู่วโรดม. 2538. **ก๊าซกับการบรรจุผลิตภัณฑ์อาหาร**. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ: ลินคอร์นโปรโมชั่น. 173 น.

จักรพงษ์ ไพบูลย์. 2548. **สารต้านอนุมูลอิสระ**. [ระบบออนไลน์]. แหล่งข้อมูล http://www.siamdental.com/antioxidant.html (25 ธันวาคม 2548).

เจริญ นาครสรรค์. 2546. **เทคโนโลยีเบื้องต้นทางพลาสติก**. กรุงเทพฯ: โฟร์เพซ. 210 น.

โจเซฟ เอส. จี. 2546. **กาแฟร้งให้เป็นดื่มให้อร่อย**. พิมพ์ครั้งที่ 8. เชียงใหม่: นพบุรีการพิมพ์. 142 น.

นิธิยา รัตนาปนนท์. 2545. **เคมีอาหาร**. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์. 487 น.

บัญชา พูลโภคา. 2548. **แอลกอฮอล์ II: ปฏิกิริยาของแอลกอฮอล์**. [ระบบออนไลน์]. แหล่งข้อมูล http://192.207.64.23/course-info/2302265/Alcohol-II. pdf (25 ธันวาคม 2548).

ปริญญา ขำสาธร. 2542. การบรรจุภัณฑ์กาแฟ ชา และเครื่องเทศ. **การบรรจุภัณฑ์**. 7(4): 4-7.

พงษ์ศักดิ์ อังกสิทธิ์ และ บัณฑูรย์ วาฤทธิ์. 2542. **การปลูกและผลิตกาแฟอาราบิก้าบนที่สูง**. พิมพ์ครั้งที่ 2. เชียงใหม่: มิ่งเมือง. 229 น.

พัชนี สุวรรณวิศาลกิจ. 2541. รู้จักกับกาแฟสดกันหน่อยเถอะ. **เคหการเกษตร**. 22(6): 149-156.

_____. 2545. กาแฟคั่ว. **อาหาร**. 32(1): 17-22.

พัตรเพ็ญ เพ็ญจำรัส. 2547. **การศึกษาอายุการเก็บรักษาของกาแฟคั่วบดในภาชนะบรรจุที่ต่างกัน**. ปัญหาพิเศษปริญญาโท. มหาวิทยาลัยแม่โจ้. 72 น.

ลักขณา รุจนะไกรกานต์ และ นิธิยา รัตนาปนนท์. 2533. **หลักการวิเคราะห์อาหาร**. พิมพ์ครั้งที่ 2. เชียงใหม่: ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. 270 น.

วิไล รังสาดทอง. 2547. **เทคโนโลยีการแปรรูปอาหาร**. พิมพ์ครั้งที่ 4. กรุงเทพฯ: เท็กซ์ แอนด์ เจอร์นัลพับลิเคชั่น. 500 น.

สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย. 2546. **คู่มือการใช้โลหะเพื่อการหีบห่อ**. กรุงเทพฯ: กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. 153 น.

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. 2527. กาแฟคั่ว. มอก. 522-2527.

_____. 2528. **กาแฟเมล็ด**. มอก. 585-2528.

สุคนธ์ชื่น ศรีงาม และ วรรณวิบูลย์ กาญจนกุญชร. 2546. อาหารและการควบคุม. หน้า 237-240. ใน คณาจารย์ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. **วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร**. พิมพ์ครั้งที่ 4. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

Anderson, B. A., E. Shimoni, C. Cardelli. and T. P. Labuza. 2001. **Physical chemistry of roasted and ground coffee shelf life improvement for flexible packaging**. [Online]. Available http://fscn.che.umn.edu/Ted_Labuza/tpl.html (15 December 2003).

Anderson, B. A., E. Shimoni, R. Liardon and T. P. Labuza. 2003. The diffusion kinetics of carbon dioxide in fresh roasted and ground coffee. **Journal of Food Engineering**. 59(1): 71-78.

AOAC. 1995. **Official Method of Analysis of AOAC International**. Virginia: AOAC. International.

Brody, A. L., and K. S. Marsh. 1997. **The Wiley Encyclopedia of Packaging Technology**. 2nd ed. New York: John Wiley & Sons. 1023 p.

Brown, W. E. 1992. **Plastic in Food Packaging**. New York: Marcel Dekker. 539 p.

Cardelli, C., and T. P. Labuza. 2001. Application of Weibull Hazard Analysis to the determination of the shelf life of roasted and ground coffee. **Food Science and Technology**. 34: 273-278.

Clarke, C. J., and R. Macrae. 1958. Coffee Volume I: Chemistry. New York: Elsevier Applied Science. อ้างโดย พัรนี สุวรรณวิศาลกิจ. 2545. กาแฟคั่ว. **อาหาร**. 32(1): 17-22.

Clarke, R. J., and O. G. Vitzthum, (eds.). 2001. **Coffee Recent Development**. Oxford: Blackwell Science. 257 p.

Czerny, M., F. Mayer and W. Grosch. 1999. Sensory study on the character impact odorants of roasted Arabica coffee. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**. 47(2): 695-699.

Dietmar, R. 1985. Flexible packaging of ground roasted coffee. **Journal of Plastic Film and Sheeting**. 1(4): 275-284.

Duarte, S. M., C. M. P. Abreu and C. D. Menezes. 2005. **Effect of processing and roasting on the antioxidant activity of coffee brew**. [Online]. Available http://www.supramatic.com/brew.htm (25 December 2005).

Fischer, M., S. Reimann, V. Trovato, and R. J. Redwell. 2001. Polysaccharides of green Arabica and Robusta coffee beans. **Carbohydrate Research**. 330: 93-101.

Fresco-CO System U.S.A., INC. 1978. **Valve**. [Online]. Available http://www.fresco.com/valves.html (18 August 2005).

Hirsch, A. 1991. **Flexible Food Packaging**. New York: Van Nostrand ReinHold. 217 p.

Hofmann, T., and P. Schieberle 2002. Chemical interactions between odor-active thiols and melanoidins involved in the aroma staling of coffee beverages. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**. 50: 319-326.

Hootman, R. C., (ed.). 1992. Quantitative Descriptive Analysis (QDA). **Manual on Descriptive Analysis Test for Sensory Evaluation**. Baltimore: American Society for Testing and Material. 52 p.

Illy, E. 2005. **The complexity of coffee**. [Online)]. Available www.illyusa.com/pr/coffee.pdf (25 December 2005).

International Coffee Organization. 2005. **Positively coffee**. [Online]. Available www.positivelycoffee.org/docs/public/newsletters/NewsletterIssue1.pdf (29 December 2005).

Jenkins, W. A., and J. P. Harrington. 1991. **Packaging Foods with Plastics**. Pennsylvania: Technomic Publishing. 326 p.

Kallio, H., M. Leino, K. Koullias, S. Kallio and J. Kaitaranta. 1990. Headspace of ground coffee as an indicator of storage time. **Food Chemistry**. 36: 135-148.

Koniecko, E. S. 1979. **Handbook for Meat Chemists**. Wesport, Connecticut: Avery Publishing. 277 p.

Leino, L., J. Kaitaranta and H. Kallio. 1992. Comparison of changes in headspace volatiles of some coffee blends during storage. **Food Chemistry**. 43: 35-40.

Lyon, D. H., M. A. Fracombe, T. A. Hasdell and K. Lawson. 1992. **Guidelines for Sensory Analysis in Food Product Development and Quality Control**. London: Chapman and Hall. 131 p.

Maria, C. A. D., L. C. Trugo, F. A. A, Neto, R. F. A. Moreira and C. S. Alviano. 1996. Composition of green coffee water-soluble fraction and identification of volatiles formed during roasting. **Food Chemistry**. 55(3): 203-207.

Monte, M. D., E. Padoano and D. Pozzetto. 2005. Alternative coffee packaging: an analysis from a life cycle point of view. **Journal of Food Engineering**. 66: 405-411.

Nawar, W. W. 1996. Lipids in Food Chemistry. 3rd ed. New York: Marcel Dekker. อ้างโดย นิธิยา รัตนาปนนท์ 2545. **เคมีอาหาร**. กรุงเทพฯ: โอเดียนสโตร์.

Nelson, K. A., and T. P. Labuza. 1994. Water activity and food polymer science: implications of state on Arrhenius ar.d WLF models in predicting shelf life. **Journal of Food Engineering**. 22: 271-289.

Oosterveld, A., J. S. Harmsen, A. G. J. Voragen and H. A. Schols. 2003. Extraction and characterization of polysaccharides from green and roasted coffee Arabica beans. **Carbohydrate Polymers**. 52: 285-296.

Park, C. 2003. **1aaa American green coffee beans**. [Online]. Available http//www.coffeeresearch. org/science/sourmain.htm (7 August 2004).

Peet's Coffee & Tea. 2003. **Freshness in coffee**. [Online]. Available http://www.peets.com/ images/site/freshness.pdf (10 November 2003).

Pittia, P., M. D. Rosa and C. R. Lerioi. 2001. Textural changes on coffee bean as affected by roasting conditions. **Food Science and Technology**. 34: 168-175.

Redgwell, R. J., V. Trovato, D. Curti and M. Fischer. 2002. Effect of roasting on degradation and structural features of polysaccharides in Arabica coffee beans. **Carbohydrate Research**. 337: 421-431.

Robertson, G. L. 1993. **Food Packaging: Principles and Practice**. New York: Marcel Dekker. 676 p.

Rothstein, S. 2005. **Coffee and health**. [Online]. Available http://www.thecoffeefaq.com/7health. html (26 October 2005).

Schenker, S., S. Handschin, B. Frey, R. Derren and F. Escher. 2000. Pore structure of coffee beans affected by roasting conditions. **Journal of Food Science**. 65(30): 452-457.

Sivetz, M., and H. F. Foote, (eds.). 1963. **Coffee Processing Technology Volume One**. Wesport, Connecticut: Avery Publishing. 379 p.

Yamashita, M. 1990. About new packages for canned regular coffee. อ้างโดย งามทิพย์ ภู่วโรดม. 2538. **ก๊าซกับการบรรจุผลิตภัณฑ์อาหาร**. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ: ลินคอร์นโปรโมชั่น.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

วิธีการวิเคราะห์ทางเคมี กายภาพ และประสาทสัมผัส

วิธีการวิเคราะห์ทางเคมี กายภาพ และประสาทสัมผัส

1. การวัดปริมาณแก๊สออกซิเจนและแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ภายในบรรจุภัณฑ์

อุปกรณ์

เครื่องวัดปริมาณแก๊สออกซิเจนและแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ (Quantek Instrument model 902D, U.S.A.)

วิธีการ

ก่อนการใช้งานควรอุ่นเครื่องอย่างน้อย 2 ถึง 3 นาที แล้วปรับเทียบเครื่องโดยการกดสวิตซ์ค้างไว้ประมาณ 4 ถึง 6 วินาที เพื่อสูบอากาศเข้าเครื่อง อ่านค่าปริมาณแก๊สออกซิเจนและแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ โดยทั่วไปเครื่องที่ประสิทธิภาพดีต้องสามารถอ่านปริมาณแก๊สออกซิเจนอยู่ในช่วงร้อยละ 20.70 ถึง 21.10 และแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ควรอยู่ในช่วงร้อยละ 0.00 ถึง 0.20

วัดปริมาณแก๊สภายในบรรจุภัณฑ์ โดยการเสียบเข็มวัดผ่านบรรจุภัณฑ์ แล้วกดสวิตซ์เพื่อดูดอากาศจากภายในบรรจุภัณฑ์เข้าสู่เครื่องวัด เพื่อป้องกันการรั่วซึมของแก๊สที่อาจเกิดจากการเสียบเข็มวัด ควรใช้แผ่นยืดหยุ่นติดบนบรรจุภัณฑ์บริเวณจุดที่จะวัด แล้วเสียบเข็มวัดผ่านแผ่นยืดหยุ่น อ่านปริมาณแก๊สที่ตรวจพบภายในบรรจุภัณฑ์

2. การวัดปริมาณความชื้น (AOAC., 1995)

อุปกรณ์

1. เครื่องชั่งน้ำหนักความละเอียดทศนิยม 4 ตำแหน่ง (Sartorius model BP 610, Germany)
2. ตู้อบสุญญากาศ (WTB Binder model VD, Germany)

วิธีการ

อบจานโลหะพร้อมฝาที่ระดับอุณหภูมิ 100 ถึง 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง ทำให้เย็นในโถดูดความชื้น แล้วชั่งน้ำหนัก จดน้ำหนักความละเอียดทศนิยม 4 ตำแหน่ง ชั่งตัวอย่างให้ทราบน้ำหนักประมาณ 3 กรัมใส่ลงในจานโลหะที่อบและทราบน้ำหนักที่แน่นอน ปิดฝาและชั่งน้ำหนักอีกครั้ง ระหว่างรอชั่งตัวอย่างต่อไปนำใส่ไว้ในโถดูดความชื้นจนกระทั่งครบทุกตัวอย่าง แล้วจึงนำไปอบในตู้อบสุญญากาศ ที่ระดับอุณหภูมิ 70 ± 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 16 ± 0.5 ชั่วโมง ขณะอบให้เปิดฝาจานโลหะ คำนวณปริมาณความชื้นทั้งหมดจากสูตร

$$\text{ปริมาณความชื้นทั้งหมด (ร้อยละ)} = \frac{(M_1-M_2)\times 100}{(M_1-M_0)}$$

M_0 หมายถึง น้ำหนักของจานโลหะพร้อมฝา (กรัม)

M_1 หมายถึง น้ำหนักของจานโลหะพร้อมฝาและตัวอย่างก่อนอบ (กรัม)

M_2 หมายถึง น้ำหนักของจานโลหะพร้อมฝาและตัวอย่างหลังอบ (กรัม)

3. การวัดปริมาณน้ำอิสระ

อุปกรณ์

เครื่องวัดปริมาณน้ำอิสระ (Novasina, Switzerland)

วิธีการ

นำตัวอย่างกาแฟคั่วบดใส่ในเซลล์ที่ใช้สำหรับการตรวจสอบ อ่านค่าจากเครื่องที่ผ่านการปรับเทียบจากตัวอย่างมาตรฐาน โดยตัวอย่างที่รอการตรวจสอบ ต้องอยู่ในบรรจุภัณฑ์ที่ปิดสนิท

4. การวัดค่าสีตามระบบฮันเตอร์

อุปกรณ์

เครื่องวัดค่าสี (Juki Instrument model JC 801, Japan)

4.1 การวัดค่าสีของกาแฟคั่วบด

วิธีการ

ใส่ตัวอย่างกาแฟคั่วบดในเซลล์สำหรับวัดค่าสีของวัตถุผง วัดค่าสีโดยเลือกใช้หลักการสะท้อนของแสง บันทึกค่า L ค่า a และค่า b

4.2 การวัดค่าสีของกาแฟชงสำเร็จ

วิธีการ

เตรียมตัวอย่างกาแฟชงสำเร็จโดยใช้กาแฟ 4 ช้อนชา (ประมาณ 4.5 กรัม) ต่อน้ำ 150 มิลลิลิตร นำตัวอย่างใส่ในเซลล์สำหรับวัดค่าสีของสารละลาย วัดค่าสีโดยเลือกใช้หลักการส่องผ่านของแสง บันทึกค่า L ค่า a และ ค่า b

5. การวิเคราะห์ปริมาณกรดทั้งหมด (AOAC., 1995)

อุปกรณ์

เครื่องเขย่า (New Brunswick Sciencetific Innova 4340, U.S.A.)

สารเคมี

1. สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) ความเข้มข้น 0.1 นอร์มัล

การเตรียม

ชั่งสารโซเดียมไฮดรอกไซด์ประมาณ 4 กรัม ละลายในน้ำกลั่นแล้วปรับปริมาตรให้ครบ 1,000 มิลลิลิตรในขวดปรับปริมาตร

การหาความเข้มข้นที่แน่นอน

หาความเข้มข้นที่แน่นอนสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์โดยไตเตรทกับสารละลายปฐมภูมิโพแทสเซียมไฮโดรเจนทาเลต [potassium hydrogen phthalate, $KH(C_8H_4O_4)$]

ชั่งสารโพแทสเซียมไฮโดรเจนทาเลตประมาณ 0.4 กรัมใส่ขวดรูปชมพู่ ละลายด้วยน้ำกลั่นแล้วเติมฟีนอล์ฟธาลีน 2 ถึง 3 หยดเพื่อเป็นอินดิเคเตอร์ ไตเตรทสารละลายปฐมภูมิด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์จนถึงจุดยุติ คือ สารละลายเปลี่ยนจากใสเป็นสีชมพู คำนวณหาความเข้มข้นที่แน่นอนจากสูตร

ความเข้มข้นสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์

$$= \frac{\text{น้ำหนักของ } KH(C_8H_4O_4) \text{ (กรัม)} \times 1{,}000}{\text{น้ำหนักโมเลกุลของ } KH(C_8H_4O_4) \times \text{ปริมาตรของ NaOH (มิลลิลิตร)}}$$

2. ฟีนอล์ฟธาลีน

3. แอลกอฮอล์ความเข้มข้นร้อยละ 95 แล้วเจือจางให้ได้ความเข้มข้นร้อยละ 80

วิธีการ

ชั่งตัวอย่างประมาณ 10 กรัม ลงในขวดรูปชมพู่ขนาด 250 มิลลิลิตร เติมแอลกอฮอล์ความเข้มข้นร้อยละ 80 ปริมาตร 75 มิลลิลิตร ปิดฝาแล้วนำไปเขย่าต่อเนื่อง 16 ชั่วโมง กรองผ่านกระดาษกรองเบอร์ 4 นำของเหลวที่กรองได้ปริมาตร 10 มิลลิลิตรใส่ลงในขวดปรับปริมาตรขนาด 100 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นในขวดปรับปริมาตร เติมฟีนอล์ฟธาลีน 2 ถึง 3 หยดเพื่อเป็นอินดิเคเตอร์ แล้วไตเตรทด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 0.1 นอร์มัล จนถึงจุดยุติ สารละลายเปลี่ยนเป็นสีชมพูอ่อน พร้อมทั้งทำการทดสอบไร้ตัวอย่าง (blank test) โดยใช้น้ำกลั่น คำนวณปริมาณกรดทั้งหมดจากสูตร

ปริมาณกรดทั้งหมด (มิลลิลิตรของด่างมาตรฐานต่อตัวอย่าง 100 กรัม)

$$= \frac{(V_1 - V_2) \times N \times V_3 \times 100}{\text{น้ำหนักตัวอย่าง (กรัม)}}$$

V_1 หมายถึง ปริมาตรของ NaOH (มิลลิลิตร) ที่ใช้ไตเตรทตัวอย่าง

V_2 หมายถึง ปริมาตรของ NaOH (มิลลิลิตร) ที่ใช้ไตเตรทการทดสอบไร้ตัวอย่าง

V_3 หมายถึง ปริมาตรของสารละลายกาแฟ 100 มิลลิลิตร

N หมายถึง ความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (นอร์มัล)

6. การวัดความเป็นกรด-ด่าง

อุปกรณ์

เครื่องวัดความเป็นกรด-ด่าง (Metrohm model 744, Switzerland)

วิธีการ

ก่อนการวัดให้ปรับเทียบเครื่องวัดโดยใช้สารละลายบัฟเฟอร์ เตรียมตัวอย่างเช่นเดียวกับการวัดค่าสีกาแฟชงสำเร็จ แล้วนำตัวอย่างใส่บีกเกอร์ขนาด 100 มิลลิลิตร จุ่มอิเล็คโทรดลงในตัวอย่าง อ่านค่าความเป็นกรด-ด่างของตัวอย่างจากเครื่องวัด

7. การวิเคราะห์ค่าเปอร์ออกไซด์ (ดัดแปลงจาก AOAC., 1995)

อุปกรณ์

1. อ่างควบคุมอุณหภูมิ (Memmert, Germany)
2. เครื่องเขย่า (New Brunswick Sciencetific Innova 4340, U.S.A.)

สารเคมี

1. คลอโรฟอร์ม
2. กรดอะซิติก
3. สารละลายโพแทสเซียมไอโอไดด์อิ่มตัว

เตรียมโดยใช้น้ำกลั่น 5 มิลลิลิตร เติมสารโพแทสเซียมไอโอไดด์ลงไปเรื่อยๆ จนไม่ละลาย

4. น้ำแป้งความเข้มข้นร้อยละ 1

ชั่งสตาร์ช 1 กรัม ละลายในน้ำเล็กน้อย ต้มจนน้ำแป้งใส วางไว้ให้เย็น ปรับปริมาตรเป็น 100 มิลลิลิตร

5. สารละลายมาตรฐานโซเดียมไธโอซัลเฟตความเข้มข้น 0.002 นอร์มัล

เตรียมสารละลายมาตรฐานโซเดียมไธโอซัลเฟตความเข้มข้น 0.002 นอร์มัลทุกครั้งที่ทดลองจาก standard stock ของสารละลายมาตรฐานโซเดียมไธโอซัลเฟตความเข้มข้น 0.1 นอร์มัล

การเตรียมสารละลายมาตรฐานโซเดียมไธโอซัลเฟตความเข้มข้น 0.1 นอร์มัล

ชั่งสารโซเดียมไธโอซัลเฟต 13 กรัม ละลายในน้ำกลั่น ปรับปริมาตรให้ครบ 500 มิลลิลิตร ในขวดปรับปริมาตร

การหาความเข้มข้นที่แน่นอนของสารละลายมาตรฐานโซเดียมไธโอซัลเฟต

1) อบสารโพแทสเซียมไดโครเมท ($K_2Cr_2O_7$) ประมาณ 0.4 กรัม ที่ระดับอุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง ละลายในน้ำกลั่น 100 มิลลิลิตร

2) ชั่งสารโพแทสเซียมไอโอไดด์ 1 กรัม ในน้ำกลั่น 80 มิลลิลิตร

3) กรดซัลฟิวริกเข้มข้น 1 มิลลิลิตร

4) เติมสารละลายที่เตรียมจาก ข้อ 1) 10 มิลลิลิตร จะได้สีน้ำตาลเข้ม วางไว้ในที่มืด 6 นาที

5) ไตเตรทด้วยสารละลายมาตรฐานโซเดียมไธโอซัลเฟต จนได้สีเหลือง เติมน้ำแป้งความเข้มข้นร้อยละ 0.5 ปริมาตร 1 มิลลิลิตร ไตเตรทต่อจนได้สารละลายสีฟ้า

6) คำนวณความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานโซเดียมไธโอซัลเฟตจากสูตร

$$\text{ความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานโซเดียมไธโอซัลเฟต} = \frac{W \times 1{,}000 \times 6}{294.19 \times V}$$

W หมายถึง น้ำหนักของ $K_2Cr_2O_7$ (กรัม)

V หมายถึง ปริมาตรของโซเดียมไธโอซัลเฟตที่ใช้ในการไตเตรท (มิลลิลิตร)

การสกัดน้ำมันจากกาแฟคั่วบด (ดัดแปลงจาก Koniecko, 1979)

ชั่งกาแฟ 25 กรัม ใส่ในขวดรูปชมพู่ขนาด 250 มิลลิลิตร เติมคลอโรฟอร์ม 100 มิลลิลิตรเขย่าต่อเนื่องประมาณ 2 ชั่วโมง เพื่อสกัดน้ำมัน จากนั้นนำมากรอง และวัดปริมาตรสารละลายที่ได้จากการกรอง เขย่าผสม แล้วแบ่งเป็น 4 ส่วนเท่ากัน นำสารละลาย 2 ส่วนไปไตเตรทหาค่าเปอร์ออกไซด์ และสารละลายอีก 2 ส่วนใส่ในภาชนะที่ทราบน้ำหนักแน่นอนแล้วนำไประเหยคลอโรฟอร์มบนอ่างควบคุมอุณหภูมิที่ระดับอุณหภูมิประมาณ 65 ถึง 70 องศาเซลเซียส จนกระทั่งคลอโรฟอร์มระเหยออกไปจนหมด พิจารณาจากกลิ่นคลอโรฟอร์มที่หมดไป สารที่คงเหลือจากการระเหยคือน้ำมันที่สกัดได้ บันทึกน้ำหนักน้ำมันที่ได้ซึ่งเทียบเท่ากับน้ำหนักน้ำมันอีก 2 ส่วน ที่ใช้ในการไตเตรท

วิธีการ

นำสารละลายที่ได้จากการแบ่ง 4 ส่วน มาเติมกรดอะซิติก ในสัดส่วนระหว่าง สารละลาย (ซึ่งเทียบเท่ากับปริมาตรของคลอโรฟอร์มที่ได้จากการแบ่ง 4 ส่วน) ต่อ กรดอะซิติก เท่ากับ 2 ต่อ 3

เขย่าให้เข้ากัน แล้วเติมสารละลายโพแทสเซียมไอโอไดด์อิ่มตัว 0.5 มิลลิลิตร วางไว้ในที่มืด 1 นาที แล้วเติมน้ำกลั่น 30 มิลลิลิตรเพื่อหยุดปฏิกิริยา จากนั้นเติมน้ำแป้งความเข้มข้นร้อยละ 1 ปริมาตร 0.5 มิลลิลิตร แล้วไตเตรทด้วยสารละลายมาตรฐานโซเดียมไธโอซัลเฟตความเข้มข้น 0.002 นอร์มัล สังเกตจุดยุติ คือสารละลายเปลี่ยนจากสีน้ำเงินเป็นไม่มีสี ทำการทดสอบไร้ตัวอย่างโดยใช้กลั่นแล้ว คำนวณค่าเปอร์ออกไซด์ (มิลลิกรัมสมมูลต่อน้ำมัน 1,000 กรัม) จากสูตร

$$\text{ค่าเปอร์ออกไซด์} = \frac{(V-V_b)\times N\times 1{,}000}{W}$$

V หมายถึง สารละลายมาตรฐานโซเดียมไธโอซัลเฟตที่ใช้ไตเตรทตัวอย่าง (มิลลิลิตร)

V_b หมายถึง สารละลายมาตรฐานโซเดียมไธโอซัลเฟตที่ใช้ไตเตรทในการทดสอบไร้ตัวอย่าง (มิลลิลิตร)

N หมายถึง ความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานโซเดียมไธโอซัลเฟต

W หมายถึง น้ำหนักของน้ำมัน (กรัม)

8. ปริมาณน้ำตาลทั้งหมดโดยวิธี Lane and Eynon (AOAC., 1995)

สารเคมี

1. สารละลาย Carez I: ละลาย zinc acetate dihydrate [$Zn(CH_3COO)_2 2H_2O$] 21.9 กรัม ในน้ำกลั่นที่มีกรดอะซิติก 3 กรัม ปรับปริมาตรให้ครบ 100 มิลลิลิตรด้วยน้ำกลั่นในขวดปรับปริมาตร

2. สารละลาย Carez II: ละลาย potassium ferrocyannide trihydrate [$K_4Fe(CN)_6 3H_2O$] 10.6 กรัม ในน้ำกลั่นปรับปริมาตรให้ครบด้วยน้ำกลั่นในขวดปรับปริมาตร

3. สารละลาย Fehling I: ละลาย copper sulphate pentahydrate ($Cu_2SO_4 5H_2O$) 34.639 กรัม ในน้ำกลั่น ปรับปริมาตรให้ครบ 100 มิลลิลิตรด้วยน้ำกลั่นในขวดปรับปริมาตร

4. สารละลาย Fehling II: ละลาย sodium hydroxide (NaOH) 50 กรัม และ sodium potassium tartrate ($KNaC_4O_6 4H_2O$) 73 กรัม ในน้ำกลั่น ปรับปริมาตรให้ครบ 500 มิลลิลิตรด้วยน้ำกลั่นในขวดปรับปริมาตร

วิธีการ

การวิเคราะห์หาน้ำตาลรีดิวซ์ก่อนอินเวอร์ชั่น

ชั่งตัวอย่างประมาณ 10 กรัม เติมสารละลาย Carez I และ Carez II ลงไปอย่างละ 5 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากันดี ปรับปริมาตรให้ครบ 1,000 มิลลิลิตร ด้วยน้ำกลั่นในขวดปรับปริมาตร วางทิ้งไว้

ประมาณ 20 นาที แล้วกรอง เก็บสารละลายที่กรองได้ไว้ใช้วิเคราะห์หาปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ก่อนอินเวอร์ชั่น ซึ่งค่าที่ได้เป็นปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ที่มีอยู่ในตัวอย่าง ที่ไม่รวมน้ำตาลซูโครส

preliminary titration

นำสารละลายที่กรองได้ใส่ในบิวเรตขนาด 50 มิลลิลิตร ไล่ฟองอากาศในบิวเรตออกให้หมด ปิเปตสารละลาย mixed Fehling's Reagents มา 10 มิลลิลิตร (อย่างละ 5 มิลลิลิตร) ใส่ในขวดรูปชมพู่ขนาด 125 มิลลิลิตร เติมลูกแก้ว (glass bead) ลงไปเพื่อกันการล้นของสารละลาย นำไปต้มจนเดือด ไตไตรทจนสีฟ้าหายไป เหลือตะกอนสีส้มแดงของคิวปรัสออกไซด์ บันทึกปริมาตรของสารละลายน้ำตาลที่ใช้

accurate titration

เมื่อเตรียมสารละลายตัวอย่างให้มีความเข้มข้นที่เหมาะสมในการไตเตรทแล้ว ไตเตรทซ้ำเช่นเดียวกับ preliminary titration โดยปิเปต mixed Fehling's Reagents มา 10 มิลลิลิตร ใส่ในขวดรูปชมพู่ขนาด 125 มิลลิลิตร เติมลูกแก้วเพื่อป้องกันการเดือด แล้วเติมสารละลายน้ำตาลจากบิวเรตลงไปในขวดรูปชมพู่ทันที โดยใช้ปริมาตรน้อยกว่าที่ใช้ในการทำ preliminary titration ประมาณ 1 ถึง 2 หยด ไตเตรทจนสีฟ้าจางหายไปหมดเหลือแต่ตะกอนสีส้มแดงของคิวปรัสออกไซด์ บันทึกปริมาตรของสารละลายน้ำตาลที่ใช้ นำไปเทียบหาปริมาณน้ำตาลในสารละลายตัวอย่างจากตาราง แล้วคำนวณหาร้อยละน้ำตาลก่อนอินเวอร์ชั่น (D1)

การวิเคราะห์หาน้ำตาลรีดิวซ์หลังอินเวอร์ชั่น

การวิเคราะห์หาปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์หลังอินเวอร์ชั่น ใช้สารละลายน้ำตาลเดิมที่เหลือจากการไตเตรทหาค่า D1 แล้ว โดยแบ่งมาจำนวนหนึ่งให้ทราบปริมาตรที่แน่นอนเพื่อใช้ประโยชน์ในการคำนวณ สำหรับการทดลองนี้ใช้ 100 มิลลิลิตร ใส่ในขวดปรับปริมาตรขนาด 250 มิลลิลิตร แล้วเติมกรดเกลือเข้มข้น 5 มิลลิลิตร นำไปอุ่นในอ่างควบคุมอุณหภูมิที่ระดับ 70 องศาเซลเซียส ประมาณ 10 นาที ทำให้เย็นอย่างรวดเร็ว ปรับให้ส่วนผสมเป็นกลางด้วยด่าง (NaOH ความเข้มข้น 5 นอร์มัล) แล้วปรับปริมาตรให้ครบ 250 มิลลิลิตรด้วยน้ำกลั่น ผสมให้เข้ากัน แล้วนำไปใส่ในบิวเรตเพื่อไตเตรทกับสารละลาย mixed Fehling's Reagents มา 10 มิลลิลิตร ทำเช่นเดียวกับการหาค่า D1 บันทึกปริมาตรของน้ำตาลที่ใช้ นำไปหาค่า D2 ซึ่งเป็นร้อยละน้ำตาลทั้งหมดหลังการอินเวอร์ชั่น

ร้อยละน้ำตาลซูโครส (S) = 0.95 (D2-D1)

ร้อยละน้ำตาลทั้งหมด = D1+ S

9. การทดสอบลักษณะทางประสาทสัมผัส โดยวิธีการวิเคราะห์ประสาทสัมผัสเชิงพรรณนาและปริมาณ (Quantitative descriptive analysis, QDA) (ดัดแปลงจาก Hootman, 1992)

การวิเคราะห์ประสาทสัมผัสเชิงพรรณนาและปริมาณเป็นวิธีที่สามารถวิเคราะห์ธรรมชาติและความเข้มของลักษณะทางประสาทสัมผัสโดยรวมของผลิตภัณฑ์อาหาร แต่เป็นวิธีการที่ค่อนข้างซับซ้อน จึงต้องใช้ผู้ทดสอบที่ผ่านการคัดเลือกและฝึกฝน เพื่อให้ผลการทดสอบที่น่าเชื่อถือ ซึ่ง Hootman (1992) แบ่งขั้นตอนการทดสอบเป็น 4 ขั้นตอน ได้แก่ การคัดเลือกผู้ทดสอบ การคิดค้นคำศัพท์ การฝึกฝนการให้คะแนน และการประเมินตัวอย่าง

9.1 การคัดเลือกผู้ทดสอบ

Lyon *et al.* (1992) รายงานว่าวิธีการนี้ต้องใช้ผู้ทดสอบชิมอย่างน้อยที่สุด 8 คน ที่ผ่านการคัดเลือกจากผู้ทดสอบทั้งหมด 25 คน หรือเรียกว่า กลุ่มเป้าหมาย กลุ่มเป้าหมายทั้ง 25 คน ผ่านการพิจารณาลักษณะพื้นฐานโดยใช้แบบสอบถาม (ภาคผนวก ข แบบทดสอบหากลุ่มเป้าหมาย) ซึ่งกลุ่มเป้าหมายทั้งหมดสำหรับงานวิจัยครั้งนี้ คือนักศึกษาชั้นปีที่ 3 และ 4 สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะวิศวกรรมและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ จากนั้นผู้ทดสอบทั้ง 25 คน ผ่านขั้นตอนพื้นฐานของการคัดเลือกดังนี้

9.1.1 การสร้างความคุ้นเคยกับผลิตภัณฑ์

ตัวอย่าง กาแฟคั่วบดที่ระยะเวลาเก็บรักษาต่างกัน 3 ระยะ ได้แก่

(1) กาแฟสดใหม่ หมายถึง กาแฟที่คั่วบดใหม่

(2) กาแฟสดปานกลาง หมายถึง กาแฟคั่วบดที่เก็บในถุงอลูมิเนียมฟอยล์เป็นเวลาประมาณ 3 เดือน

(3) กาแฟเก่า หมายถึง กาแฟคั่วบดที่เก็บในถุงอลูมิเนียมฟอยล์เป็นเวลาประมาณ 6 เดือน

หมายเหตุ: กาแฟคั่วบดในขั้นตอนการสร้างความคุ้นเคยได้จากการศึกษาปัญหาพิเศษของพัตรเพ็ญ (2547)

การเตรียมตัวอย่าง

ชงกาแฟผ่านเครื่องชงโดยใช้กาแฟคั่วบด 4 ช้อนชา ต่อน้ำ 150 มิลลิลิตร นำกาแฟเทใส่แก้วชิมชนิดใสที่สามารถบรรจุร้อนได้ ปริมาตรประมาณ 30 มิลลิลิตร เสิร์ฟตัวอย่างพร้อมขนมปังจืด น้ำเปล่า โถบ้วนปาก และกระดาษเช็ดปาก

การทดสอบ

ผู้ทดสอบชิมตัวอย่างกาแฟที่ได้ที่ละตัวอย่าง ก่อนชิมตัวอย่างต่อไปผู้ทดสอบต้องเคี้ยวขนมปังจืดและล้างปากด้วยน้ำเปล่า เพื่อชะล้างรสชาติตกค้างบนต่อมรับรส

ในขั้นตอนของการสร้างความคุ้นเคยกับผลิตภัณฑ์ ผู้นำการทดสอบจะระบุชนิดของตัวอย่างให้ผู้ทดสอบทราบ เพื่อให้ผู้ทดสอบจดจำลักษณะของกาแฟคั่วบดที่ระยะเวลาการเก็บต่างกัน และเพื่อสร้างความคุ้นเคยกับผลิตภัณฑ์จึงทดสอบทั้งหมด 5 ซ้ำ โดยทดสอบวันละ 1 ซ้ำ ติดต่อกัน 5 วัน

9.1.2 การทดสอบความสามารถในการจำแนกผลิตภัณฑ์

เมื่อผู้ทดสอบเริ่มคุ้นเคยกับผลิตภัณฑ์กาแฟคั่วบดแล้ว ขั้นตอนต่อไปจะทดสอบความสามารถในการจำแนกความสดของกาแฟ โดยใช้ตัวอย่างและเตรียมตัวอย่างเช่นเดียวกับ 9.1.1 ผู้ทดสอบเรียงลำดับความสดของกาแฟโดยระบุในใบประเมิน (ภาคผนวก ข ใบประเมินการทดสอบโดยวิธีการ ranking test) ทดสอบทั้งหมด 4 ซ้ำ เพื่อไม่ให้ผู้ทดสอบเกิดความอ่อนล้า จึงทดสอบครั้งละ 2 ซ้ำ และหยุดพักประมาณ 10 นาที ก่อนการทดสอบซ้ำที่ 2

9.1.3 การคัดเลือก

ผู้ทดสอบที่ผ่านการคัดเลือกคือผู้ทดสอบที่สามารถเรียงลำดับความสดของกาแฟคั่วบดได้ถูกต้องอย่างน้อยร้อยละ 50 (2 ครั้ง) ซึ่งผลการทดสอบมีผู้ผ่านการคัดเลือกจำนวน 9 คน

9.2 การคิดค้นคำศัพท์

การคิดค้นคำศัพท์เป็นขั้นตอนการค้นหาคำศัพท์ที่ใช้อธิบายลักษณะของผลิตภัณฑ์ ผู้ทดสอบต้องอธิบายลักษณะของตัวอย่างอย่างเป็นอิสระ ไม่ปรึกษากันลงในใบประเมิน (ภาคผนวก ข ใบประเมินการทดสอบเชิงพรรณนาสำหรับการคิดค้นคำศัพท์) จากนั้นจึงประชุมร่วมกันเพื่อพิจารณาคำศัพท์ที่เหมาะสมเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์กาแฟคั่วบด ในการคิดค้นคำศัพท์ใช้ตัวอย่างกาแฟคั่วบด 2 ชุด

ชุดที่ 1 กาแฟคั่วบดเช่นเดียวกับขั้นตอน 9.1.1

ชุดที่ 2 กาแฟคั่วบดที่จำหน่ายทางการค้า ได้แก่ กาแฟคั่วบดที่ผลิตจากโครงการศูนย์วิจัยและพัฒนากาแฟบนที่สูง มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ กาแฟคั่วบดตราคอฟฟี่บีน และกาแฟคั่วบดตราซูซูกิ

จากการทดสอบทั้ง 2 ชุด สามารถคัดเลือกคำศัพท์ที่เหมาะสมสำหรับกาแฟคั่วบด ดังนี้ สีน้ำตาล กลิ่นหอม กลิ่นไหม้ กลิ่นหืน รสขม รสเปรี้ยว รสชาติตกค้าง และความชอบโดยรวม

9.3 การฝึกฝนการให้คะแนน

วิธีการให้คะแนนที่ใช้สำหรับการทดลองคือ การใช้สเกล เนื่องจากค่าที่ได้ค่อนข้างละเอียดและสามารถป้องกันอคติที่อาจเกิดจากการให้คะแนนแบบตัวเลข โดยเลือกใช้สเกลแบบเส้นตรงความยาว 15 เซนติเมตร

ตัวอย่าง

กาแฟคั่วบดที่จำหน่ายทางการค้า ได้แก่ กาแฟคั่วบดที่ผลิตจากโครงการศูนย์วิจัยและพัฒนากาแฟบนที่สูง มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ กาแฟคั่วบดตราดอฟฟี่บีน และกาแฟคั่วบดตราซูซูกิ

การฝึกฝน

ผู้นำการทดสอบเสนอตัวอย่างแก่ผู้ทดสอบแบบสุ่ม จากนั้นผู้ทดสอบให้คะแนนความเข้มของลักษณะต่างๆ โดยทำเครื่องหมายลงบนสเกลในใบประเมิน (ภาคผนวก ข ใบประเมินการทดสอบเชิงพรรณนา)

การทดสอบแต่ละครั้งผู้ทดสอบจะทำการทดสอบ 3 ซ้ำ และหยุดพักประมาณ 10 นาที ก่อนเริ่มทดสอบซ้ำต่อไป จากนั้นผู้นำการทดสอบเปลี่ยนผลการทดสอบเป็นตัวเลขโดยวัดค่าจากด้านหัวสเกล แล้วนำค่าจากแต่ละซ้ำมาตรวจสอบความเที่ยงตรงของผู้ทดสอบ โดยตัวอย่างกาแฟจากผู้ผลิตเดียวกันควรมีคะแนนในแต่ละซ้ำใกล้เคียงกัน

สำหรับขั้นตอนการฝึกการให้คะแนนใช้เวลาฝึกฝนทั้งหมด 5 ครั้ง จนกระทั่งผู้ทดสอบเริ่มให้คะแนนค่อนข้างเที่ยงตรง จึงสิ้นสุดการฝึกฝน

9.4 การประเมินตัวอย่าง

ผู้ทดสอบประเมินตัวอย่างลงในใบประเมิน (ภาคผนวก ข ใบประเมินการทดสอบเชิงพรรณนา) โดยทดสอบอย่างอิสระ ไม่มีการปรึกษากัน จากนั้นผู้นำการทดสอบเปลี่ยนผลเป็นตัวเลข เพื่อนำผลมาวิเคราะห์ทางสถิติต่อไป

ภาคผนวก ข

แบบทดสอบทางประสาทสัมผัส

แบบทดสอบทางประสาทสัมผัส

1. แบบทดสอบหากลุ่มเป้าหมาย

1. คุณดื่มกาแฟหรือไม่ ☐ ดื่ม ☐ ไม่ดื่ม
2. คุณเคยดื่มกาแฟชนิดใดบ้าง
   - ☐ กาแฟสด
   - ☐ กาแฟสำเร็จรูปชนิดที่ผลิตจากเมล็ดกาแฟโดยไม่ผ่านการปรุงแต่งด้วยสารประกอบอื่น เช่น กาแฟดำ เป็นต้น
   - ☐ กาแฟสำเร็จรูปชนิดที่ผลิตจากเมล็ดกาแฟและมีการปรุงแต่งด้วยส่วนประกอบอื่น เช่น คาราเมล เป็นต้น
   - ☐ กาแฟสำเร็จรูปชนิด three in one
   - ☐ กาแฟสำเร็จรูปชนิดสกัดกาแฟอีน
3. คุณชอบกาแฟชนิดใดมากที่สุด กรุณาระบุ.....
4. คุณดื่มกาแฟเมื่อใด
   - ☐ ฉันดื่มกาแฟทุกๆ โอกาสที่มี
   - ☐ ฉันดื่มกาแฟบ่อยครั้งมาก
   - ☐ ฉันดื่มกาแฟบ่อย
   - ☐ ฉันดื่มกาแฟและต้องการดื่มขณะนี้
   - ☐ ฉันดื่มกาแฟไม่บ่อยครั้งนัก ถ้ามีก็ดื่ม ถ้าไม่มีก็ไม่ดื่ม
   - ☐ ฉันไม่ชอบดื่มกาแฟ แต่ดื่มได้เป็นบางโอกาส
   - ☐ ฉันแทบจะไม่ดื่มกาแฟเลย
   - ☐ ฉันจะดื่มกาแฟก็ต่อเมื่อไม่มีเครื่องดื่มชนิดอื่นให้ดื่ม
   - ☐ ฉันจะดื่มกาแฟก็ต่อเมื่อถูกบังคับเท่านั้น
5. คุณสนใจที่จะเข้าร่วมเป็นส่วนหนึ่งของการทดสอบทางประสาทสัมผัสในกาแฟหรือไม่
   ☐ สนใจ ☐ ไม่สนใจ (ถ้าสนใจกรุณาทำข้อต่อไป)
6. กรุณาทำเครื่องหมาย / หน้าข้อความต่อไปนี้ตามความเป็นจริง
   - ☐ คุณไม่เป็นโรคโพรงจมูกอักเสบชนิดเรื้อรัง
   - ☐ คุณไม่เป็นโรคไข้หวัดเรื้อรัง

☐ คุณไม่เป็นโรคภูมิแพ้

☐ คุณไม่เป็นโรคตาบอดสี

7. กรุณาระบุรายละเอียดดังต่อไปนี้

ชื่อ.....นามสกุล.....

รหัส.....สาขา.....

โทรศัพท์.....

ระบุวันเวลาที่สะดวกในการเข้าร่วมทดสอบ.....

2. ใบประเมินการทดสอบโดยวิธี ranking test

วันที่ทดสอบ.....

หมายเลขผู้ทดสอบ.....

กรุณาประเมินตัวอย่างตามลำดับจากซ้ายไปขวา เพื่อจัดลำดับความสดของกาแฟจากใหม่ไปเก่า ก่อนประเมินตัวอย่างต่อไปให้ผู้ทดสอบเคี้ยวขนมปังจืดและล้างปากด้วยน้ำเปล่า

	กาแฟสดใหม่	กาแฟสดปานกลาง	กาแฟเก่า
ใส่รหัสตัวอย่าง	.....	.....	.....

3. ใบประเมินการทดสอบเชิงพรรณนาสำหรับการคิดค้นคำศัพท์

วันที่ทดสอบ.....

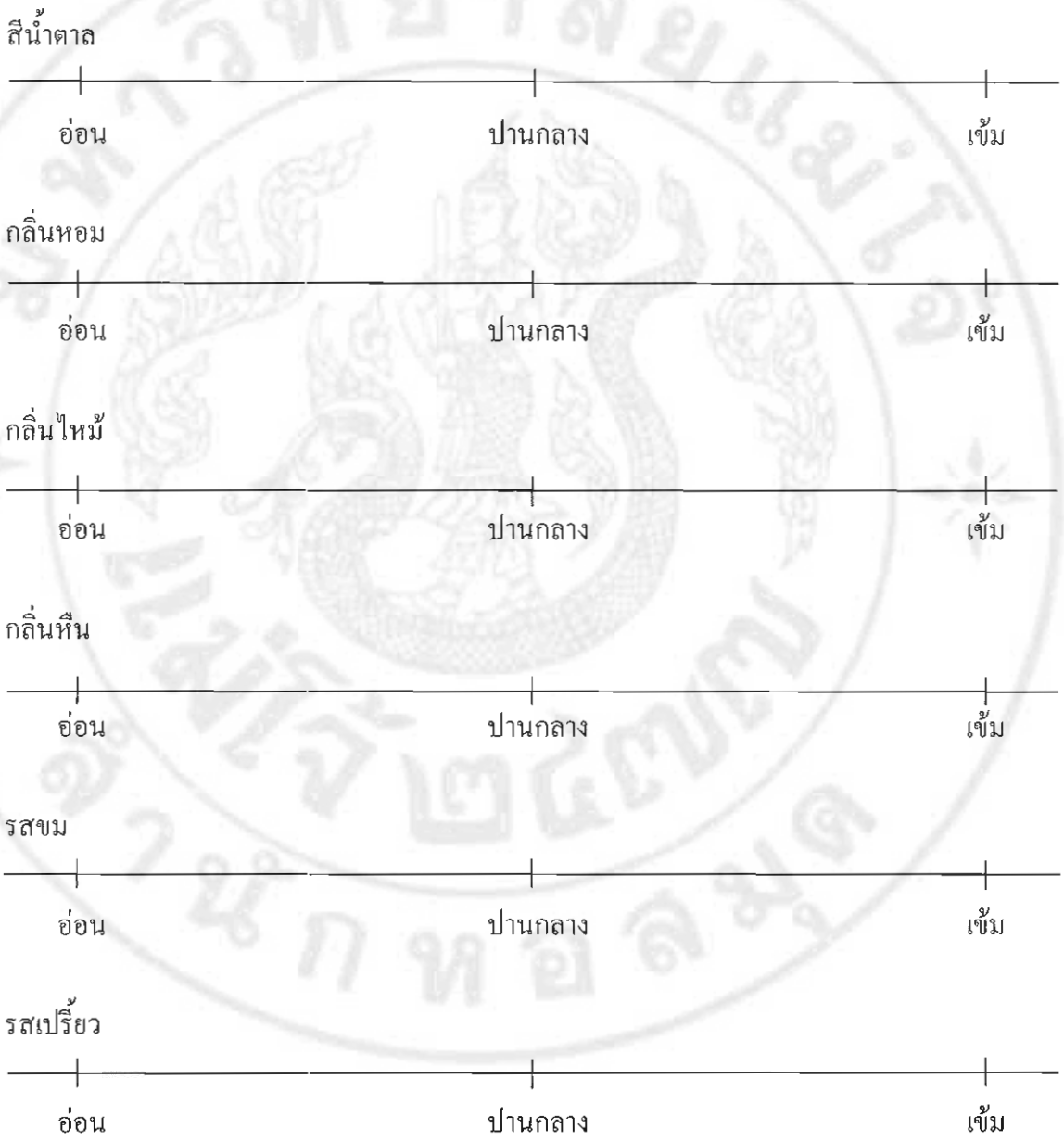
หมายเลขผู้ทดสอบ.....

กรุณาประเมินตัวอย่างตามลำดับจากซ้ายไปขวา โดยเขียนบรรยายลักษณะที่ตรวจพบได้ ก่อนประเมินตัวอย่างต่อไปให้ผู้ทดสอบเคี้ยวขนมปังจืดและล้างปากด้วยน้ำเปล่า โปรดให้สัญญาณถ้าต้องการตัวอย่างเพิ่มหรือต้องการความช่วยเหลือ

รหัส.....	รหัส.....	รหัส.....

4. ใบประเมินการทดสอบเชิงพรรณนา

กรุณาประเมินตัวอย่างตามลำดับจากซ้ายไปขวา โดยทำเครื่องหมายลงบนสเกล ก่อนประเมินตัวอย่างต่อไปให้ผู้ทดสอบเคี้ยวขนมปังจืดและล้างปากด้วยน้ำเปล่า



รสชาติตกค้าง

อ่อน ปานกลาง เข้ม

ความชอบโดยรวม

น้อย ปานกลาง มาก

มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ๒๕๗๗ สำนักหอสมุด

ภาคผนวก ค

สมบัติของแผ่นเปลวอลูมิเนียม

สมบัติของแผ่นเปลวอลูมิเนียม

ตารางที่ 25 แสดงสมบัติทางกายภาพของแผ่นเปลวอลูมิเนียม

สมบัติ	รายละเอียด
ความหนาแน่น	2.7 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร
ความถ่วงจำเพาะ	2.7 (โดยประมาณ)
ช่วงหลอมเหลว	643-657 องศาเซลเซียส
การนำความร้อน	53 วัตต์ต่อ (เมตร.เคลวิน)
สัมประสิทธิ์ความร้อนในการขยายตัว	23.6×10^{-6} ต่อองศาเซลเซียส
การสะท้อนกลับของแสงสีขาว (ตะเกียงทังสเตน)	ร้อยละ 85-88
การสะท้อนกลับสำหรับรังสีความร้อน จากตัวกำเนิดที่ 37.8 องศาเซลเซียส	ร้อยละ 95 (โดยประมาณ)
สภาพเปล่งรังสีที่ 37.8 องศาเซลเซียส	ร้อยละ 5 (โดยประมาณ)
เลขอะตอมิก	13
น้ำหนักเชิงอะตอม	26.98
วาเลนซ์	3
ความร้อนจำเพาะที่ 20 องศาเซลเซียส	0.21-0.23
จุดเดือด	1,760 องศาเซลเซียส
สัมประสิทธิ์อุณหภูมิของความต้านทาน	
- ที่ 20 องศาเซลเซียส	0.0040-0.0036
- ที่ 100 องศาเซลเซียส	0.0031-0.0028
สมบัติที่อุณหภูมิต่ำ	มีความแข็งแรงเพิ่มขึ้น และดึงเป็นเส้นได้ แม้อุณหภูมิต่ำถึง (-195.6) องศาเซลเซียส

ที่มา: ดัดแปลงจากสถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย (2456)

ตารางที่ 26 แสดงสมบัติในการใช้งานของแผ่นเปลวอลูมิเนียม

สมบัติ	รายละเอียด
รูปแบบ	เป็นม้วนหรือแผ่น
ความหนา	4.3-150 ไมครอน (0.00017-0.0059 นิ้ว)
ความกว้างสูงสุด	1.7 เมตร (68 นิ้ว) สำหรับอลูมิเนียมบาง 1.8 เมตร (72 นิ้ว) สำหรับอลูมิเนียมหนา
การซึมผ่านของไอน้ำ	- ความหนามากกว่า 25.4 ไมครอน (0.001นิ้ว) ไอน้ำซึมผ่านไม่ได้ - ความหนา 8.9 ไมครอน (0.00035 นิ้ว) อัตราการซึมผ่านของไอน้ำมีค่าไม่เกิน 0.02 กรัมต่อ 0.065 ตารางเมตรต่อ 24 ชั่วโมง ที่ 37.8 องศาเซลเซียส
ความทนทานต่อการกัดกร่อน	สารออกไซด์ที่ฉาบผิวหน้าตามธรรมชาติของอลูมิเนียมจะช่วยป้องกันการกัดกร่อน
การใช้กับอาหาร	ไม่มีพิษและมีความต้านทานต่อการกัดกร่อนของสารประกอบในสภาพของสารละลายหลายชนิด
การทำเป็นรูปร่าง	สามารถพับแบนได้
การดูดซึมของเหลว	ป้องกันน้ำและของเหลวได้หลายชนิด
การป้องกันไขมัน	ไม่ดูดซึมไขมัน
ผลของการฆ่าเชื้อต่อวัสดุ	ความร้อนและความชื้นที่ใช้ในการฆ่าเชื้อไม่มีผลเสียต่อโลหะ
ผลกระทบต่อกลิ่นและรส	ไม่ทำให้กลิ่นหรือรสของผลิตภัณฑ์เปลี่ยนแปลง
การส่องผ่านของแสง	แสงผ่านไม่ได้
การปิดผนึก	ให้รอยพับที่สนิทและเกาะติดกับสารประกอบที่ช่วยในการปิดผนึกหลายชนิด
การเกิดประกายไฟ	ใช้กับสารระเหยที่ลุกเป็นไฟได้ โดยอลูมิเนียมไม่เกิดประกายไฟ

ที่มา: ดัดแปลงจากสถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย (2456)

ภาคผนวก ง

ตัวอย่างกรดที่พบในกาแฟคั่ว

ตัวอย่างกรดที่พบในกาแฟคั่ว

ตารางที่ 27 ตัวอย่างกรดที่พบในกาแฟคั่ว

ชนิดของกรด	ปริมาณ (กรัมต่อกิโลกรัมตัวอย่าง)
กรดมาลิก (malic acid)	2.16
กรดควินิก (quinic acid)	7.93
กรดซิตริก (citric acid)	6.72
กรด 2-ฟิวราโนอิก (2-furanoic acid)	0.14
กรดมาลิอิก (maleic acid)	0.09
กรดฟอสฟอริก (phosphoric acid)	1.78
กรด 3,4-ไดไฮดรอกซีเบนโซอิก (3,4-dihydroxybenzoic acid)	0.08
กรด 2,5-ไดไฮดรอกซีเบนโซอิก (2,5-dihydroxybenzoic acid)	0.23
กรดฟอร์มิก (formic acid)	2.01
กรดคลอโรจินิก (chlorogenic acid)	21.40
กรดอะซิติก (acetic acid)	5.15
กรดไกลโคลิก (glycolic acid)	1.32
กรดเมซาโคนิก (mesaconic acid)	0.08
กรดไพโรกลูตามิก (pyroglutamic acid)	0.87
กรดซักซินิก (succinic acid)	0.07
กรดซิตราโคนิก (citraconic acid)	0.54
กรดฟิวมาริก (fumaric acid)	0.12
กรดอิตาโคนิก (itaconic acid)	0.16
กรดแลคติก (lactic acid)	0.88
กรดทาทาริก (tataric acid)	0.04

ที่มา: ดัดแปลงจาก Clarke and Vitzthum (2001)

ภาคผนวก จ

ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ

ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ

ตารางที่ 28 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณแก๊สออกซิเจนภายในบรรจุภัณฑ์

Source	df	Sum of Squares	Mean square	F	F-table	
					0.05	0.01
Treatment	27	8,723.435	323.090	278.519	1.490	1.745
A	3	5,845.073	1,948.358	1,679.576	2.600	3.780
B	6	1,894.074	315.679	272.130	2.100	2.800
A×B	18	984.287	54.683	47.139	1.610	1.944
Error	224	259.847	1.160			
Total	251	8,983.281				

หมายเหตุ: A หมายถึง ชนิดของบรรจุภัณฑ์ B หมายถึง ระยะเวลาเก็บรักษา

ตารางที่ 29 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ภายในบรรจุภัณฑ์

Source	df	Sum of Squares	Mean square	F	F-table	
					0.05	0.01
Treatment	27	2,179.042	80.705	93.042	1.490	1.745
A	3	1,118.235	372.745	429.721	2.600	3.780
B	6	617.087	102.848	118.569	2.100	2.800
A×B	18	443.298	24.651	28.419	1.610	1.944
Error	224	194.300	0.867			
Total	251	2,373.342				

หมายเหตุ: A หมายถึง ชนิดของบรรจุภัณฑ์ B หมายถึง ระยะเวลาเก็บรักษา

ตารางที่ 30 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของความชื้นของกาแฟคั่วบด

Source	df	Sum of Squares	Mean square	F	F-table	
					0.05	0.01
Treatment	27	51.519	1.908	176.640	1.490	1.745
A	3	31.323	10.441	966.556	2.600	3.780
B	6	4.924	0.821	75.973	2.100	2.800
A×B	18	15.272	0.848	78.543	1.610	1.944
Error	224	2.420	1.080×10^{-2}			
Total	251	53.939				

หมายเหตุ: A หมายถึง ชนิดของบรรจุภัณฑ์ B หมายถึง ระยะเวลาเก็บรักษา

ตารางที่ 31 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณน้ำอิสระของกาแฟคั่วบด

Source	df	Sum of Squares	Mean square	F	F-table	
					0.05	0.01
Treatment	27	5,873.838	217.550	374.944	1.490	1.745
A	3	2,867.055	955.685	1,647.113	2.600	3.780
B	6	1,334.934	222.489	383.458	2.100	2.800
A×B	18	1,671.849	92.880	160.079	1.610	1.944
Error	224	129.969	0.580			
Total	251	6,003.807				

หมายเหตุ: A หมายถึง ชนิดของบรรจุภัณฑ์ B หมายถึง ระยะเวลาเก็บรักษา

ตารางที่ 32 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่า L ของกาแฟคั่วบด

Source	df	Sum of Squares	Mean square	F	F-table 0.05	F-table 0.01
Treatment	27	327.885	12.144	106.659	1.490	1.745
A	3	154.631	51.544	452.708	2.600	3.780
B	6	95.534	15.922	139.846	2.100	2.800
A×B	18	77.719	4.318	37.923	1.610	1.944
Error	224	25.504	0.114			
Total	251	353.389				

หมายเหตุ: ค่า L หมายถึง ค่าความสว่าง มีค่าจาก 0 คือ สีดำ ถึง 100 คือ สีขาว

A หมายถึง ชนิดของบรรจุภัณฑ์ B หมายถึง ระยะเวลาเก็บรักษา

ตารางที่ 33 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่า a ของกาแฟคั่วบด

Source	df	Sum of Squares	Mean square	F	F-table 0.05	F-table 0.01
Treatment	27	10.308	0.382	2.710	1.490	1.745
A	3	0.641	0.214	1.517	2.600	3.780
B	6	1.448	0.241	1.712	2.100	2.800
A×B	18	8.219	0.457	3.241	1.610	1.944
Error	224	31.560	0.141			
Total	251	41.868				

หมายเหตุ: ค่า a หมายถึง ค่าที่บอกความเป็นสีเขียว-สีแดง a (+) แสดงความเป็นสีแดง และ a (-) แสดงความเป็นสีเขียว

A หมายถึง ชนิดของบรรจุภัณฑ์ B หมายถึง ระยะเวลาเก็บรักษา

ตารางที่ 34 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่า b ของกาแฟดั่วบด

Source	df	Sum of Squares	Mean square	F	F-table 0.05	F-table 0.01
Treatment	27	41.237	1.527	40.375	1.490	1.745
A	3	1.988	0.663	17.522	2.600	3.780
B	6	34.395	5.733	151.544	2.100	2.800
A×B	18	4.853	0.270	7.128	1.610	1.944
Error	224	8.473	3.783×10^{-2}			
Total	251	49.710				

หมายเหตุ: ค่า b หมายถึง ค่าที่บอกความเป็นสีเหลือง-น้ำเงิน b (+) แสดงความเป็นสีเหลือง และ b (-) แสดงความเป็นสีน้ำเงิน

A หมายถึง ชนิดของบรรจุภัณฑ์ B หมายถึง ระยะเวลาเก็บรักษา

ตารางที่ 35 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่า L ของกาแฟชงสำเร็จ

Source	df	Sum of Squares	Mean square	F	F-table 0.05	F-table 0.01
Treatment	27	88.169	3.266	1.253	1.490	1.745
A	3	3.917	1.306	0.501	2.600	3.780
B	6	30.482	5.080	1.950	2.100	2.800
A×B	18	53.770	2.987	1.147	1.610	1.944
Error	224	583.600	2.605			
Total	251	671.769				

หมายเหตุ: ค่า L หมายถึง ค่าความสว่าง มีค่าจาก 0 คือ สีดำ ถึง 100 คือ สีขาว

A หมายถึง ชนิดของบรรจุภัณฑ์ B หมายถึง ระยะเวลาเก็บรักษา

ตารางที่ 36 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่า a ของกาแฟชงสำเร็จ

Source	df	Sum of Squares	Mean square	F	F-table 0.05	F-table 0.01
Treatment	27	91.951	3.406	1.934	1.490	1.745
A	3	19.015	6.338	3.600	2.600	3.780
B	6	19.903	3.317	1.884	2.100	2.800
A×B	18	53.033	2.946	1.674	1.610	1.944
Error	224	394.359	1.761			
Total	251	486.310				

หมายเหตุ: ค่า a หมายถึง ค่าที่บอกความเป็นสีเขียว-สีแดง a (+) แสดงความเป็นสีแดง และ a (-) แสดงความเป็นสีเขียว

A หมายถึง ชนิดของบรรจุภัณฑ์ B หมายถึง ระยะเวลาเก็บรักษา

ตารางที่ 37 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่า b ของกาแฟชงสำเร็จ

Source	df	Sum of Squares	Mean square	F	F-table 0.05	F-table 0.01
Treatment	27	88.117	3.264	1.981	1.490	1.745
A	3	16.174	5.391	3.273	2.600	3.780
B	6	11.094	1.849	1.122	2.100	2.800
A×B	18	60.850	3.381	2.052	1.610	1.944
Error	224	368.977	1.647			
Total	251	457.094				

หมายเหตุ: ค่า b หมายถึง ค่าที่บอกความเป็นสีเหลือง-น้ำเงิน b (+) แสดงความเป็นสีเหลือง และ b (-) แสดงความเป็นสีน้ำเงิน

A หมายถึง ชนิดของบรรจุภัณฑ์ B หมายถึง ระยะเวลาเก็บรักษา

ตารางที่ 38 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณกรดทั้งหมดของกาแฟคั่วบด

Source	df	Sum of Squares	Mean square	F	F-table	
					0.05	0.01
Treatment	27	919.201	34.044	2.940	1.490	1.745
A	3	371.108	123.703	10.681	2.600	3.780
B	6	321.013	53.502	4.620	2.100	2.800
A×B	18	227.079	12.615	1.089	1.610	1.944
Error	224	2,594.302	11.582			
Total	251	3,513.502				

หมายเหตุ: A หมายถึง ชนิดของบรรจุภัณฑ์ B หมายถึง ระยะเวลาเก็บรักษา

ตารางที่ 39 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของความเป็นกรด-ด่างของกาแฟคั่วบด

Source	df	Sum of Squares	Mean square	F	F-table	
					0.05	0.01
Treatment	27	0.347	1.285×10^{-2}	10.372	1.490	1.745
A	3	7.988×10^{-2}	2.663×10^{-2}	21.488	2.600	3.780
B	6	0 158	2.613×10^{-2}	21.233	2.100	2.800
A×B	18	0 109	6.070×10^{-3}	4.898	1.610	1.944
Error	224	0 278	1.239×10^{-3}			
Total	251	0 625				

หมายเหตุ: A หมายถึง ชนิดของบรรจุภัณฑ์ B หมายถึง ระยะเวลาเก็บรักษา

ตารางที่ 40 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเปอร์ออกไซด์ของกาแฟคั่วบด

Source	df	Sum of Squares	Mean square	F	F-table	
					0.05	0.01
Treatment	27	322.311	11.937	10.170	1.490	1.745
A	3	173.962	57.987	49.402	2.600	3.780
B	6	73.494	12.249	10.435	2.100	2.800
A×B	18	74.855	4.159	3.543	1.610	1.944
Error	224	262.930	1.174			
Total	251	585.241				

หมายเหตุ: A หมายถึง ชนิดของบรรจุภัณฑ์ B หมายถึง ระยะเวลาเก็บรักษา

ตารางที่ 41 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณน้ำตาลทั้งหมดของกาแฟคั่วบด

Source	df	Sum of Squares	Mean square	F	F-table	
					0.05	0.01
Treatment	27	92.081	3.410	1.345	1.490	1.745
A	3	4.332	1.444	0.573	2.600	3.780
B	6	30.438	5.073	2.015	2.100	2.800
A×B	18	57.311	3.184	1.264	1.610	1.944
Error	224	564.054	2.518			
Total	251	656.135				

หมายเหตุ: A หมายถึง ชนิดของบรรจุภัณฑ์ B หมายถึง ระยะเวลาเก็บรักษา

ตารางที่ 42 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของสีน้ำตาลของกาแฟชงสำเร็จ

Source	df	Sum of Squares	Mean square	F	F-table	
					0.05	0.01
Treatment	27	25.865	0.958	1.117	1.490	1.745
A	3	6.104	2.035	2.372	2.600	3.780
B	6	3.582	0.597	0.696	2.100	2.800
A×B	18	16.179	0.899	1.048	1.610	1.944
Error	224	192.164	0.858			
Total	251	218.030				

หมายเหตุ: A หมายถึง ชนิดของบรรจุภัณฑ์ B หมายถึง ระยะเวลาเก็บรักษา

ตารางที่ 43 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของกลิ่นหอมของกาแฟชงสำเร็จ

Source	df	Sum of Squares	Mean square	F	F-table	
					0.05	0.01
Treatment	27	715.509	26.500	22.161	1.490	1.745
A	3	178.087	59.362	49.642	2.600	3.780
B	6	400.535	66.756	55.824	2.100	2.800
A×B	18	136.888	7.605	6.360	1.610	1.944
Error	224	267.863	1.196			
Total	251	983.372				

หมายเหตุ: A หมายถึง ชนิดของบรรจุภัณฑ์ B หมายถึง ระยะเวลาเก็บรักษา

ตารางที่ 44 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของกลิ่นไหม้ของกาแฟชงสำเร็จ

Source	df	Sum of Squares	Mean square	F	F-table 0.05	F-table 0.01
Treatment	27	77.286	2.862	1.475	1.490	1.745
A	3	0.728	0.243	0.125	2.600	3.780
B	6	69.943	11.657	6.008	2.100	2.800
A×B	18	6.615	0.367	0.189	1.610	1.944
Error	224	434.636	1.940			
Total	251	511.921				

หมายเหตุ: A หมายถึง ชนิดของบรรจุภัณฑ์ B หมายถึง ระยะเวลาเก็บรักษา

ตารางที่ 45 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของกลิ่นหืนของกาแฟชงสำเร็จ

Source	df	Sum of Squares	Mean square	F	F-table 0.05	F-table 0.01
Treatment	27	607.003	22.482	38.890	1.490	1.745
A	3	272.759	90.920	157.278	2.600	3.780
B	6	267.519	44.587	77.128	2.100	2.800
A×B	18	66.725	3.707	6.412	1.610	1.944
Error	224	129.491	0.578			
Total	251	736.493				

หมายเหตุ: A หมายถึง ชนิดของบรรจุภัณฑ์ B หมายถึง ระยะเวลาเก็บรักษา

ตารางที่ 46 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของรสขมของกาแฟชงสำเร็จ

Source	df	Sum of Squares	Mean square	F	F-table 0.05	F-table 0.01
Treatment	27	48.252	1.787	0.972	1.490	1.745
A	3	1.190	0.397	0.216	2.600	3.780
B	6	23.707	3.951	2.148	2.100	2.800
A×B	18	23.356	1.298	0.705	1.610	1.944
Error	224	411.989	1.839			
Total	251	460.241				

หมายเหตุ: A หมายถึง ชนิดของบรรจุภัณฑ์ B หมายถึง ระยะเวลาเก็บรักษา

ตารางที่ 47 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของรสเปรี้ยวของกาแฟชงสำเร็จ

Source	df	Sum of Squares	Mean square	F	F-table 0.05	F-table 0.01
Treatment	27	43.226	1.601	5.301	1.490	1.745
A	3	22.657	7.552	25.007	2.600	3.780
B	6	8.555	1.426	4.721	2.100	2.800
A×B	18	12.013	0.667	2.210	1.610	1.944
Error	224	67.650	0.302			
Total	251	110.875				

หมายเหตุ: A หมายถึง ชนิดของบรรจุภัณฑ์ B หมายถึง ระยะเวลาเก็บรักษา

ตารางที่ 48 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของรสชาติตกค้างของกาแฟชงสำเร็จ

Source	df	Sum of Squares	Mean square	F	F-table	
					0.05	0.01
Treatment	27	49.701	1.841	1.020	1.490	1.745
A	3	2.494	0.831	0.461	2.600	3.780
B	6	34.761	5.793	3.210	2.100	2.800
A×B	18	12.446	0.691	0.383	1.610	1.944
Error	224	404.269	1.805			
Total	251	453.970				

หมายเหตุ: A หมายถึง ชนิดของบรรจุภัณฑ์ B หมายถึง ระยะเวลาเก็บรักษา

ตารางที่ 49 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของความชอบโดยรวมของกาแฟชงสำเร็จ

Source	df	Sum of Squares	Mean square	F	F-table	
					0.05	0.01
Treatment	27	765.963	28.369	18.836	1.490	1.745
A	3	335.284	111.761	74.204	2.600	3.780
B	6	315.899	52.650	34.957	2.100	2.800
A×B	18	114.573	6.377	4.234	1.610	1.944
Error	224	337.373	1.506			
Total	251	1,103.337				

หมายเหตุ: A หมายถึง ชนิดของบรรจุภัณฑ์ B หมายถึง ระยะเวลาเก็บรักษา

ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ-สกุล นางสาวพัตรเพ็ญ เพ็ญจำรัส

เกิดเมื่อ 17 กันยายน 2522

ประวัติการศึกษา พ.ศ. 2540 มัธยมศึกษาตอนปลาย โรงเรียนหาดใหญ่วิทยาลัย จังหวัดสงขลา

พ.ศ. 2545 วิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีอุตสาหกรรมอาหาร คณะวิศวกรรมและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ จังหวัดเชียงใหม่