

บทที่ 4

ผลการวิจัยและวิจารณ์

การศึกษาผลของบรรจุภัณฑ์ที่มีต่อคุณภาพของกาแฟคั่วบดในระหว่างการเก็บรักษา โดยใช้บรรจุภัณฑ์ 3 ชนิด ได้แก่ ถุงออลูมิเนียมฟอยล์ ถุงออลูมิเนียมฟอยล์พร้อมซองบรรจุสารดูดซับแก๊สออกซิเจน และถุงออลูมิเนียมฟอยล์เจาะรูแล้วปิดทับด้วยสติ๊กเกอร์ใส เปรียบเทียบกับชุดควบคุมซึ่งไม่ใช้บรรจุภัณฑ์ ในช่วงระยะเวลาเก็บรักษา 0 4 8 12 16 20 และ 24 สัปดาห์ ได้ผลดังนี้

1. การตรวจสอบประสิทธิภาพของบรรจุภัณฑ์

1.1 ผลของบรรจุภัณฑ์และระยะเวลาเก็บรักษาที่มีต่อปริมาณแก๊สออกซิเจนภายในบรรจุภัณฑ์

ชนิดของบรรจุภัณฑ์และระยะเวลาเก็บรักษามีผลต่อความแตกต่างกันของปริมาณแก๊สออกซิเจนภายในบรรจุภัณฑ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) และมีปฏิริยาสัมพันธ์กันระหว่างชนิดของบรรจุภัณฑ์และระยะเวลาเก็บรักษาดังตารางที่ 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 = ถุงออลูมิเนียมฟอยล์

A3 = ถุงออลูมิเนียมฟอยล์พร้อมซองบรรจุสารดูดซับแก๊สออกซิเจน

A4 = ถุงออลูมิเนียมฟอยล์เจาะรูแล้วปิดทับรูด้วยสติ๊กเกอร์ใส

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

บรรยากาศแวดล้อมของกาแฟแก้วบดที่ไม่ใช้บรรจุภัณฑ์มีปริมาณแก๊สออกซิเจนโดยเฉลี่ยร้อยละ 20.05 ซึ่งเป็นปริมาณแก๊สออกซิเจนในสภาพบรรยากาศปกติ ซึ่งสูงกว่าปริมาณแก๊สออกซิเจนภายในบรรจุภัณฑ์อีก 3 ชนิด กล่าวคือภายในถุงออลูมิเนียมฟอยล์และถุงออลูมิเนียมฟอยล์เจาะรูแล้วปิดทับรูด้วยสติ๊กเกอร์ใส มีแก๊สออกซิเจนเฉลี่ยร้อยละ 13.50 และ 13.47 ตามลำดับ ขณะที่ภายในถุงออลูมิเนียมฟอยล์พร้อมซองบรรจุสารดูดซับแก๊สออกซิเจนมีปริมาณแก๊สออกซิเจนเฉลี่ยร้อยละ 6.43 แสดงว่าสารดูดซับแก๊สออกซิเจนสามารถลดปริมาณแก๊สออกซิเจนลงได้อีกประมาณร้อยละ 7.04 ถึง 7.07 และตลอดระยะเวลาเก็บรักษา 24 สัปดาห์ พบว่าบรรจุภัณฑ์ทุกชนิดมีปริมาณแก๊สออกซิเจนโดยเฉลี่ยใกล้เคียงกันในช่วงร้อยละ 11.86 ถึง 12.38 ซึ่งต่ำกว่าปริมาณแก๊สออกซิเจนในบรรยากาศ

จากการเปรียบเทียบปริมาณแก๊สออกซิเจนภายในบรรจุภัณฑ์แต่ละชนิดที่ระยะเวลาเก็บรักษาต่างๆ พบว่าแก๊สออกซิเจนภายในบรรจุภัณฑ์มีปริมาณค่อนข้างคงที่ในช่วงระยะเวลาเก็บรักษา 4 ถึง 24 สัปดาห์ แสดงว่าถุงออลูมิเนียมฟอยล์เป็นวัสดุประเภทที่สามารถป้องกันการซึมผ่านของแก๊สได้ดี โดยภายในถุงออลูมิเนียมฟอยล์และถุงออลูมิเนียมฟอยล์เจาะรูแล้วปิดทับรูด้วยสติ๊กเกอร์ใสมีปริมาณแก๊สออกซิเจนใกล้เคียงกันตลอดระยะเวลาเก็บรักษาในช่วงร้อยละ 11.90 ถึง 12.99 และร้อยละ 11.88 ถึง 12.90 ตามลำดับ ภายในถุงออลูมิเนียมฟอยล์พร้อมซองบรรจุสารดูดซับแก๊สออกซิเจนมีปริมาณแก๊สออกซิเจนในช่วงร้อยละ 3.52 ถึง 4.97 และที่ระยะเวลาเท่ากันภายในถุงออลูมิเนียมฟอยล์พร้อมซองบรรจุสารดูดซับแก๊สออกซิเจนมีปริมาณแก๊สออกซิเจนต่ำกว่าภายในบรรจุภัณฑ์ชนิดอื่นๆ

1.2 ผลของบรรจุภัณฑ์และระยะเวลาเก็บรักษาที่มีต่อปริมาณแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ภายในบรรจุภัณฑ์

ชนิดของบรรจุภัณฑ์และระยะเวลาเก็บรักษามีผลต่อความแตกต่างกันของปริมาณแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ภายในบรรจุภัณฑ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) และมีปฏิริยาสัมพันธ์กันระหว่างชนิดของบรรจุภัณฑ์และระยะเวลาเก็บรักษาดังตารางที่ 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 = ถุงออลูมิเนียมฟอยล์

A3 = ถุงออลูมิเนียมฟอยล์พร้อมซองบรรจุสารดูดซับแก๊สออกซิเจน

A4 = ถุงออลูมิเนียมฟอยล์เจาะรูแล้วปิดทับด้วยสติ๊กเกอร์ใส

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 ภายในถุงออลูมิเนียมฟอยล์พร้อมซองสารดูดซับแก๊สออกซิเจนมีปริมาณแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์เฉลี่ยสูงสุดร้อยละ 6.07 ขณะที่ภายในถุงออลูมิเนียมฟอยล์และถุงออลูมิเนียมฟอยล์เจาะรูแล้วปิดทับรูด้วยสติ๊กเกอร์ใสมีปริมาณแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์โดยเฉลี่ยร้อยละ 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 แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ภายในบรรจุภัณฑ์มีปริมาณต่ำสุดร้อยละ 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) โดยแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ภายในถุงออลูมิเนียมฟอยล์มีปริมาณในช่วงร้อยละ 2.07 ถึง 6.84 ถุงออลูมิเนียมฟอยล์พร้อมซองบรรจุสารดูดซับแก๊สออกซิเจนมีปริมาณในช่วงร้อยละ 5.11 ถึง 8.76 และถุงออลูมิเนียมฟอยล์เจาะรูแล้วปิดทับรูด้วยสติ๊กเกอร์ใส มีปริมาณในช่วงร้อยละ 1.57 ถึง 8.21 และสังเกตพบว่าภายในถุงออลูมิเนียมฟอยล์พร้อมซองบรรจุสารดูดซับแก๊สออกซิเจนมีปริมาณแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์สูงกว่าภายใน

บรรจุภัณฑ์อีก 2 ชนิดตลอดระยะเวลาเก็บรักษาซึ่งอาจเป็นผลมาจากปริมาณแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ และปริมาณแก๊สออกซิเจนมีความสัมพันธ์ในเชิงผกผันกัน 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 = ถุงอลูมิเนียมฟอยล์เจาะรูแล้วปิดทับรูด้วยสติ๊กเกอร์ใส

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 **

ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรที่เหมือนกันในคอลัมน์และแถวเดียวกันแสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมี

นัยสำคัญทางสถิติ 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 สังกัดพบว่าชนิดของบรรจุภัณฑ์มีผลต่อความชื้นอย่างชัดเจน 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 สัปดาห์ อาจจะมีโอกาสทำให้ความชื้นของกาแฟคั่วบดที่ไม่ใช้บรรจุภัณฑ์เพิ่มขึ้นจนกระทั่งเกินมาตรฐาน

2.2 ผลของบรรจุภัณฑ์และระยะเวลาเก็บรักษาที่มีต่อปริมาณน้ำอิสระของกาแฟคั่วบด

ชนิดของบรรจุภัณฑ์และระยะเวลาเก็บรักษามีผลต่อความแตกต่างกันของปริมาณน้ำอิสระในกาแฟคั่วบดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) และมีปฏิริยาสัมพันธ์กันระหว่างชนิดของบรรจุภัณฑ์และระยะเวลาดังตารางที่ 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 = ถุงออลูมิเนียมฟอยล์

A3 = ถุงออลูมิเนียมฟอยล์พร้อมซองบรรจุสารดูดซับแก๊สออกซิเจน

A4 = ถุงออลูมิเนียมฟอยล์เจาะรูแล้วปิดทับด้วยสติ๊กเกอร์ใส

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

กาแฟคั่วบดภายในบรรจุภัณฑ์ทุกชนิดมีปริมาณน้ำอิสระเฉลี่ยในช่วง 0.392 ถึง 0.395 ซึ่งแตกต่างจากกาแฟคั่วบดที่ไม่ใช้บรรจุภัณฑ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยกาแฟคั่วบดที่ไม่ใช้บรรจุภัณฑ์มีปริมาณน้ำอิสระเฉลี่ย 0.471 เนื่องจากกาแฟคั่วบดที่ไม่ใช้บรรจุภัณฑ์มีความชื้นสูงกว่ากาแฟคั่วบดในบรรจุภัณฑ์ชนิดต่างๆ จึงส่งผลให้ปริมาณน้ำอิสระมีค่าสูงกว่าตามลำดับ และปริมาณน้ำอิสระมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตลอดระยะเวลาเก็บรักษา โดยในช่วงระยะเวลาเก็บรักษา 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

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

จากการวิเคราะห์ความชื้นและปริมาณน้ำอิสระแสดงให้เห็นว่าบรรจุภัณฑ์ต่างๆ ที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้สามารถป้องกันการซึมผ่านของไอน้ำได้ดี เนื่องจากปริมาณความชื้นและปริมาณน้ำอิสระมีค่าคงที่ในระหว่างการเก็บรักษา 24 สัปดาห์ หากระยะเวลาเก็บรักษาเพิ่มขึ้นก็ไม่น่าส่งผลให้ปริมาณความชื้นและปริมาณน้ำอิสระของกาแฟคั่วบดในบรรจุภัณฑ์เพิ่มขึ้น เนื่องจากถุงอลูมิเนียมฟอยล์เป็นวัสดุประเภทที่มีวัสดุหลักคือ อลูมิเนียมซึ่งสามารถป้องกันการซึมผ่านของไอน้ำได้ดี (ปริญา, 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 ค่าสีของกาแฟแก้วบด

ชนิดของบรรจุภัณฑ์และระยะเวลาเก็บรักษามีผลต่อความแตกต่างกันของค่า L และค่า b ของกาแฟแก้วบดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) และมีปฏิริยาสัมพันธ์กันระหว่างชนิดของบรรจุภัณฑ์และระยะเวลาเก็บรักษาดังตารางที่ 7 และ 9 แต่ชนิดของบรรจุภัณฑ์และระยะเวลาเก็บรักษาไม่มีผลต่อความแตกต่างกันของค่า a อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) แต่มีปฏิริยาสัมพันธ์กันระหว่างชนิดของบรรจุภัณฑ์และระยะเวลาเก็บรักษาดังตารางที่ 8

ตารางที่ 7 ผลของบรรจุภัณฑ์และระยะเวลาเก็บรักษาที่มีต่อค่า L ของกาแฟแก้วบด

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 = ถุงออลูมิเนียมฟอยล์
 A3 = ถุงออลูมิเนียมฟอยล์พร้อมซองบรรจุสารดูดซับแก๊สออกซิเจน
 A4 = ถุงออลูมิเนียมฟอยล์เจาะรูแล้วปิดทับรูด้วยสติ๊กเกอร์ใส

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 = ถุงอูมิเนียมพอยล์

A3 = ถุงอูมิเนียมพอยล์พร้อมซองบรรจุสารดูดซับแก๊สออกซิเจน

A4 = ถุงอูมิเนียมพอยล์เจาะรูแล้วปิดทับด้วยสติ๊กเกอร์ใส

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 **

ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรที่เหมือนกันในคอลัมน์และแถวเดียวกันแสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมี

นัยสำคัญทางสถิติ 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 = ถุงออลูมิเนียมฟอยล์

A3 = ถุงออลูมิเนียมฟอยล์พร้อมซองบรรจุสารดูดซับแก๊สออกซิเจน

A4 = ถุงออลูมิเนียมฟอยล์เจาะรูแล้วปิดทับรูด้วยสติ๊กเกอร์ใส

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 ($p \leq 0.05$) แต่ค่า s ที่แสดงความแตกต่างอย่างชัดเจน 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 สัปดาห์ กาแฟคั่วบดมีค่า L เฉลี่ยเท่ากับ 17.35 ขณะที่ค่า b ของกาแฟคั่วบดมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น โดยที่ระยะเวลาเก็บรักษา 0 สัปดาห์ กาแฟคั่วบดมีค่า b เฉลี่ยเท่ากับ 2.39 แต่ที่ระยะเวลาเก็บรักษา 24 สัปดาห์ กาแฟคั่วบดมีค่า b เฉลี่ยเท่ากับ 3.27

จากการเปรียบเทียบค่า s ของกาแฟคั่วบดในบรรจุภัณฑ์แต่ละชนิดที่ระยะเวลาเก็บรักษาต่างๆ 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 จากการทดลองพบว่าระยะเวลาเก็บรักษาที่เพิ่มขึ้นส่งผลให้ค่า s ของกาแฟคั่วบดที่ไม่ใช้บรรจุภัณฑ์เปลี่ยนแปลง โดยค่า L มีแนวโน้มลดลง (กาแฟมีสีเข้มขึ้น) ในขณะที่กาแฟคั่วบดมีความชื้นเพิ่มขึ้นในระหว่างเก็บรักษา ซึ่งความชื้นที่เพิ่มขึ้นเป็นปัจจัยที่ช่วยเร่งการเกิดปฏิกิริยาเมลลาร์ด (นิธิยา, 2545) ทำให้กาแฟคั่วบดมีสีน้ำตาลเข้มขึ้นส่งผลให้ค่า L ของกาแฟคั่วบดลดลง และค่า b ของกาแฟคั่วบดเพิ่มขึ้น ขณะที่กาแฟคั่วบดในบรรจุภัณฑ์ทุกชนิดมีสีค่อนข้างคงที่ในระหว่างการเก็บรักษาซึ่งก็พบว่าปริมาณความชื้นในกาแฟคั่วบดที่บรรจุในบรรจุภัณฑ์แต่ละชนิดมีค่าค่อนข้างคงที่เช่นกัน

2.3.2 ค่า s ของกาแฟซองสำเร็จ

ชนิดของบรรจุภัณฑ์และระยะเวลาเก็บรักษาไม่มีผลต่อความแตกต่างกันของค่า L ของกาแฟซองสำเร็จอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) และไม่มีปฏิกิริยาสัมพันธ์กันระหว่างชนิดของบรรจุภัณฑ์และระยะเวลากเก็บรักษาดังตารางที่ 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 ($p>0.05$) และมีปฏิกริยาสัมพันธ์กันระหว่างชนิดของบรรจุภัณฑ์ และระยะเวลาเก็บรักษาดังตารางที่ 12

ตารางที่ 10 ผลของบรรจุภัณฑ์และระยะเวลาเก็บรักษาที่มีต่อค่า L ของกาแฟซองสำเร็จ

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 = ถุงออลูมิเนียมฟอยล์
 A3 = ถุงออลูมิเนียมฟอยล์พร้อมซองบรรจุสารดูดซับแก๊สออกซิเจน
 A4 = ถุงออลูมิเนียมฟอยล์เจาะรูแล้วปิดทับรูด้วยสติ๊กเกอร์ใส

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 ของกาแฟขงสำเร็จ

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 = ถุงอลูมิเนียมฟอยล์เจาะรูแล้วปิดทับด้วยสติ๊กเกอร์ใส

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 ของกาแฟขงสำเร็จ

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 = ถุงออลูมิเนียมฟอยล์

A3 = ถุงออลูมิเนียมฟอยล์พร้อมซองบรรจุสารดูดซับแก๊สออกซิเจน

A4 = ถุงออลูมิเนียมฟอยล์เจาะรูแล้วปิดทับรูด้วยสติ๊กเกอร์ใส

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

กาแฟขงสำเร็จมีค่า L ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) ในช่วง 33.38 ถึง 33.71 แต่ชนิดของบรรจุภัณฑ์มีผลต่อความแตกต่างกันของค่า a และค่า b อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq 0.05$) และมีปฏิริยาสัมพันธ์กันระหว่างชนิดของบรรจุภัณฑ์และระยะเวลาเก็บรักษาต่อค่า a และค่า b อย่างไรก็ตามความแตกต่างที่เกิดขึ้นไม่แสดงผลอย่างชัดเจน โดยกาแฟขงสำเร็จมีค่า a ในช่วง 33.50 ถึง 34.21 และค่า b ในช่วง 21.47 ถึง 22.93 ขณะที่ระยะเวลาเก็บรักษาไม่มีผลต่อความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) ของค่า a และค่า b แม้ว่าสีของกาแฟขงจะแตกต่างกันในระหว่างการเก็บรักษา แต่ไม่ส่งผลต่อค่าสีของกาแฟขงสำเร็จ เนื่องจากความเข้มของสีเจือจางลง

2.4 ผลของบรรจุภัณฑ์และระยะเวลาเก็บรักษาที่มีต่อปริมาณกรดทั้งหมดของกาแฟขง

ปริมาณกรดทั้งหมดคือผลรวมของปริมาณกรดที่ระเหยได้และปริมาณกรดที่ระเหยไม่ได้ (ดังภาคผนวก ง) งานวิจัยครั้งนี้รายงานปริมาณกรดทั้งหมดในรูปจำนวนมิลลิตรของสารละลายต่างมาตรฐานความเข้มข้น 0.1 นอร์มัล ที่ทำปฏิริยาพอดีกับกรดที่มีอยู่ในตัวอย่าง 100 กรัม จากการวิจัยพบว่าชนิดของบรรจุภัณฑ์และระยะเวลาเก็บรักษามีผลต่อความแตกต่างกันของปริมาณกรดทั้งหมดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq 0.05$) แต่ไม่มีปฏิริยาสัมพันธ์กันระหว่างชนิดของบรรจุภัณฑ์และระยะเวลาดังตารางที่ 13

ตารางที่ 13 ผลของบรรณรักษ์และระยะเวลาเก็บรักษาที่มีต่อปริมาณกรดทั้งหมดยกเว้นกรด

ปริมาณกรดทั้งหมด (มิลลิกรัมของด่างมาตรฐานต่อตัวอย่าง 100 กรัม)							
บรรณรักษ์ (A)	ระยะเวลาเก็บรักษา (B)						
	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7เฉลี่ย
A1	102.07	104.33	107.42	106.95	103.52	103.44	102.32 ^A
A2	102.73	103.59	103.21	101.12	102.67	100.56	99.96 ^B
A3	102.51	102.67	102.92	101.36	99.64	99.23	100.65 ^B
A4	101.42	102.96	101.61	102.57	101.43	99.54	100.33 ^B
เฉลี่ย	102.18 ^{abc}	103.39 ^{ab}	103.79 ^a	103.00 ^{ab}	101.82 ^{bc}	100.69 ^c	100.81 ^d

หมายเหตุ: บรรณรักษ์ (A) A1 = การไม่ใช้บรรณรักษ์ A2 = อุณหภูมิเย็นพอใส่ ระยะเวลาเก็บรักษา (B) B1 = 0 สัปดาห์ B5 = 16 สัปดาห์
A3 = อุณหภูมิเย็นพอใส่พร้อมซองบรรจุสารดูดซับแก๊สออกซิเจน B2 = 4 สัปดาห์ B6 = 20 สัปดาห์
A4 = อุณหภูมิเย็นพอใส่แล้วปิดทับด้วยสติ๊กเกอร์ B3 = 12 สัปดาห์ B7 = 24 สัปดาห์
B4 = 16 สัปดาห์

F-test A ** B ** A×B ns

ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรที่เหมือนกัน ในคอลัมน์และแถวเดียวกันแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

กาแฟคั่วบดที่ไม่ใช้บรรจุภัณฑ์มีปริมาณกรดทั้งหมดโดยเฉลี่ย 104.29 มิลลิลิตรของค่ามาตรฐานต่อตัวอย่าง 100 กรัม ซึ่งปริมาณกรดทั้งหมดสูงกว่ากาแฟคั่วบดในบรรจุภัณฑ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ปริมาณกรดทั้งหมดของกาแฟคั่วบดในบรรจุภัณฑ์ชนิดต่างๆ ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) โดยมีปริมาณกรดทั้งหมดในช่วง 101.28 ถึง 101.76 มิลลิลิตรของค่ามาตรฐานต่อตัวอย่าง 100 กรัม และช่วงระยะเวลาเก็บรักษา 4 ถึง 20 สัปดาห์กาแฟคั่วบดมีปริมาณกรดทั้งหมดโดยเฉลี่ยไม่แตกต่างจากปริมาณเริ่มต้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) แต่ที่ระยะเวลาเก็บรักษา 24 สัปดาห์ กาแฟคั่วบดมีปริมาณกรดทั้งหมด 100.44 มิลลิลิตรของค่ามาตรฐานต่อตัวอย่าง 100 กรัม ซึ่งลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณกรดทั้งหมดที่ระยะเวลาเก็บรักษา 0 สัปดาห์ จากการเปรียบเทียบปริมาณกรดทั้งหมดที่ระยะเวลาเก็บรักษาต่างๆ พบว่ากาแฟคั่วบดในบรรจุภัณฑ์ทุกชนิดมีค่าค่อนข้างคงที่ โดยมีปริมาณกรดทั้งหมดในช่วง 99.23 ถึง 103.59 มิลลิลิตรของค่ามาตรฐานต่อตัวอย่าง 100 กรัม แต่ระยะเวลาเก็บรักษามีผลทำให้ปริมาณกรดทั้งหมดของกาแฟคั่วบดที่ไม่ใช้บรรจุภัณฑ์มีความแตกต่างกัน โดยปริมาณกรดทั้งหมดของกาแฟคั่วบดที่ไม่ใช้บรรจุภัณฑ์มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในช่วง 8 สัปดาห์ ซึ่งเพิ่มจาก 102.07 เป็น 107.42 มิลลิลิตรของค่ามาตรฐานต่อตัวอย่าง 100 กรัม อาจเป็นผลมาจากกาแฟคั่วบดที่ไม่ใช้บรรจุภัณฑ์มีโอกาสสัมผัสกับแก๊สออกซิเจนสูงถึงร้อยละ 20.05 (จากตารางที่ 3) ส่งผลให้มีโอกาสเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันเพิ่มขึ้น 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-ด่างของกาแฟคั่วบดจะเตรียมตัวอย่างกาแฟในรูปแบบของกาแฟซองสำเร็จ ซึ่งการเตรียมตัวอย่างรายงานไว้ในภาคผนวก ก จากการวิจัยพบว่าชนิดของบรรจุภัณฑ์และระยะเวลาเก็บรักษามีผลต่อความแตกต่างกันของความเป็นกรด-ด่าง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) และมีปฏิสัมพันธ์ระหว่างชนิดของบรรจุภัณฑ์และระยะเวลาเก็บรักษาดังตารางที่ 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 = ถุงอลูมิเนียมฟอยล์เจาะรูแล้วปิดทับรูด้วยสติ๊กเกอร์ใส

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

บรรจุภัณฑ์มีผลต่อความแตกต่างกันของความชื้นเป็นกรด-ด่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยกาแฟคั่วบดมีค่าความชื้นเป็นกรด-ด่างเฉลี่ยใกล้เคียงกันในช่วง 5.28 ถึง 5.31 และระยะเวลาเก็บรักษามีผลต่อความแตกต่างกันของความชื้นเป็นกรด-ด่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยกาแฟคั่วบดมีค่าความชื้นเป็นกรด-ด่างเฉลี่ยใกล้เคียงกันในช่วง 5.25 ถึง 5.32

จากตารางที่ 14 พบว่าความชื้นเป็นกรด-ด่างของกาแฟคั่วบดมีค่าค่อนข้างใกล้เคียงกันและค่อนข้างคงที่ระหว่างการเก็บรักษา ยกเว้นกาแฟคั่วบดที่ไม่ใช้บรรจุภัณฑ์ที่ระยะเวลาเก็บรักษา 8 และ 20 สัปดาห์ มีความชื้นเป็นกรด-ด่างต่ำที่สุด ซึ่งเป็นผลมาจากที่ระยะเวลาเก็บรักษาดังกล่าว กาแฟคั่วบดที่ไม่ใช้บรรจุภัณฑ์มีปริมาณกรดทั้งหมดค่อนข้างสูง

อย่างไรก็ตามแม้ว่าปริมาณกรดทั้งหมดของกาแฟคั่วบดในบรรจุภัณฑ์แต่ละชนิดมีค่าแตกต่างกันและเกิดการเปลี่ยนแปลงในระหว่างการเก็บรักษา แต่ความชื้นเป็นกรด-ด่างของกาแฟคั่วบดที่เปลี่ยนแปลงแตกต่างกันน้อยมาก ซึ่งไม่น่าจะส่งผลกระทบต่อความรู้สึกของผู้บริโภค โดยกาแฟคั่วบดมีความชื้นเป็นกรด-ด่างในช่วง 5.17 ถึง 5.33 ซึ่งใกล้เคียงกับความชื้นเป็นกรด-ด่างของกาแฟคั่วบดในงานวิจัยของ Duarte *et al.* (2005) ที่มีความชื้นเป็นกรด-ด่างในช่วง 5.07 ถึง 5.20

Rothstien (2005) รายงานว่า เครื่องดื่มจากกาแฟคั่วเป็นเครื่องดื่มที่มีความชื้นเป็นกรดต่ำ โดยมีความชื้นเป็นกรด-ด่าง ประมาณ 5.0 ถึง 5.1 ซึ่งเทียบเท่ากับน้ำที่มีคาร์บอนหรือเครื่องดื่มชนิดอัดแก๊ส คาร์บอนไดออกไซด์ ความชื้นเป็นกรด-ด่างของกาแฟคั่วบดอาจเป็นผลเนื่องจากการละลายของแก๊ส คาร์บอนไดออกไซด์ที่สะสมในกาแฟคั่วลงไปในพื้นที่ใช้ชงกาแฟ ซึ่งแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์เมื่อละลายแล้วเกิดเป็นกรดคาร์บอนิกได้ แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ในกาแฟคั่วจึงน่าจะเป็นปัจจัยหนึ่งที่มีผลต่อปริมาณกรดและความชื้นเป็นกรด-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 ($p \leq 0.05$) และมีปฏิริยาสัมพันธ์ระหว่างชนิดของบรรจุภัณฑ์และระยะเวลาเก็บรักษาดังตารางที่ 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 = ถุงอลูมิเนียมฟอยล์เจาะรูแล้วปิดทับรูด้วยสติ๊กเกอร์ใส

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

กาแฟคั่วบดในถุงอูมิเนียมฟอยล์พร้อมซองบรรจุสารดูดซับแก๊สออกซิเจนมีค่าเปอร์ออกไซด์ค่อนข้างคงที่ตลอดระยะเวลาเก็บรักษาโดยมีค่าในช่วง 3.42 ถึง 3.92 มิลลิกรัมสมมูลต่อน้ำมัน 1,000 กรัม ขณะที่กาแฟคั่วบดในถุงอูมิเนียมฟอยล์และถุงอูมิเนียมฟอยล์เจาะรูแล้วปิดทับรูด้วยสติ๊กเกอร์ใสมีค่าเปอร์ออกไซด์เพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อยในระหว่างการเก็บรักษา 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 ซึ่งเป็นช่วงที่อัตราการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันต่ำที่สุดในอาหารทั่วไป (นิธิยา, 2545) และในกาแฟคั่วบดยังมีสารด้านการเกิดออกซิเดชันตามธรรมชาติ เช่น กรดคลอโรจีนิก 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 เนื่องจากกาแฟคั่วบดมีสารด้านการเกิดออกซิเดชันดังกล่าวข้างต้น และปฏิกิริยาออกซิเดชันจะเกิดขึ้นได้ดีเมื่ออาหารมีปริมาณน้ำอิสระในช่วง 0.00 ถึง 0.30 หากปริมาณน้ำอิสระเพิ่มขึ้นส่งผลให้อัตราการเกิดปฏิกิริยาลดลง เนื่องจากน้ำสามารถรวมตัวกับสารประกอบไฮโดรเปอร์ออกไซด์ ทำให้สารประกอบมีความคงตัวมากขึ้น และมีส่วนช่วยให้อนุมูลอิสระต่างๆ รวมตัวกัน ทำให้อัตราการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันช้าลง (Nelson and Labuza, 1994)

2.7 ผลของบรรจุภัณฑ์และระยะเวลาเก็บรักษาที่มีต่อปริมาณน้ำตาลทั้งหมดของกาแฟคั่วบด

ชนิดของบรรจุภัณฑ์และระยะเวลาเก็บรักษาไม่มีผลต่อความแตกต่างกันของปริมาณน้ำตาลทั้งหมดของกาแฟคั่วบดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) และไม่มีปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างชนิดของบรรจุภัณฑ์และระยะเวลากับรักษาดังตารางที่ 16

ตารางที่ 16 ผลของบรรจุภัณฑ์และระยะเวลาเก็บรักษาที่มีต่อปริมาณน้ำตาลทั้งหมดของกาแฟ
คั่วบด

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 = ถุงอลูมิเนียมฟอยล์เจาะรูแล้วปิดทับรูด้วยสติ๊กเกอร์ใส

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

การทดสอบลักษณะทางประสาทสัมผัสของกาแฟคั่วบดจะเตรียมตัวอย่างในรูปของกาแฟซองสำเร็จ ซึ่งการเตรียมตัวอย่างกาแฟซองสำเร็จสำหรับการทดสอบทางประสาทสัมผัสรายงานไว้ในภาคผนวก ก

3.1 ผลของบรรจุภัณฑ์และระยะเวลาเก็บรักษาที่มีต่อสีน้ำตาลของกาแฟซองสำเร็จ

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

ตารางที่ 17 ผลของบรรจุภัณฑ์และระยะเวลาเก็บรักษาที่มีต่อสีน้ำตาลของกาแฟสำเร็จ

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 = ถุงอูมิเนียมฟอยล์

A3 = ถุงอูมิเนียมฟอยล์พร้อมซองบรรจุสารดูดซับแก๊สออกซิเจน

A4 = ถุงอูมิเนียมฟอยล์เจาะรูแล้วปิดทับรูด้วยสติ๊กเกอร์ใส

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

สื่อน้ำตาลของกาแฟผงสำเร็จที่เตรียมจากกาแฟคั่วบดที่ไม่ใช้บรรจุภัณฑ์และกาแฟคั่วบดในบรรจุภัณฑ์ชนิดต่างๆ มีความเข้มข้นใกล้เคียงกันตลอดระยะเวลาเก็บรักษา โดยสื่อน้ำตาลมีความเข้มข้นในช่วง 11.44 ถึง 12.70 ซึ่งเป็นระดับความเข้มข้นที่ค่อนข้างสูงเมื่อเทียบกับความยาวของสเกลซึ่งเท่ากับ 15 เซนติเมตร แม้ว่าสีของผงกาแฟคั่วบดมีค่าแตกต่างกัน แต่เมื่อเตรียมเป็นกาแฟผงสำเร็จทำให้ความเข้มข้นของสีเจือจางลง จึงไม่ส่งผลต่อการรับรู้ทางประสาทสัมผัสของผู้ทดสอบชิม

3.2 ผลของบรรจุภัณฑ์และระยะเวลาเก็บรักษาที่มีต่อกลิ่นหอมของกาแฟผงสำเร็จ

กลิ่นหอมของกาแฟคั่วเกิดจากความร้อนในระหว่างการคั่วซึ่งนอกจากทำให้เกิดสารสีน้ำตาลยังให้สารที่มีกลิ่นรสเฉพาะตัวของกาแฟคั่วซึ่งเป็นสารที่ระเหยได้หลายชนิด เช่น กรดแอลกอฮอล์ อัลดีไฮด์ ไคอะเซทิล เฟอพิวราล ไฮโดรเจนซัลไฟด์ ทีโตน และเมอร์แคปแทน เป็นต้น (Czerny *et al.*, 1999; Hofmann and Schieberle, 2002) จากการวิจัยพบว่าชนิดของบรรจุภัณฑ์และระยะเวลาเก็บรักษามีผลต่อความแตกต่างกันของกลิ่นหอมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) และมีปฏิกิริยาสัมพันธ์กันระหว่างชนิดของบรรจุภัณฑ์และระยะเวลาเก็บรักษาดังตารางที่ 18

ตารางที่ 18 ผลของบรรจุภัณฑ์และระยะเวลาเก็บรักษาที่มีต่อกลิ่นหอมของกาแฟสำเร็จ

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 = ถุงอูมิเนียมฟอยล์

A3 = ถุงอูมิเนียมฟอยล์พร้อมซองบรรจุสารดูดซับแก๊สออกซิเจน

A4 = ถุงอูมิเนียมฟอยล์เจาะรูแล้วปิดทับด้วยสติ๊กเกอร์ใส

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

กาแฟซึ่งสำเร็จที่เตรียมจากกาแฟคั่วบดในถุงออลูมิเนียมฟอยล์และถุงออลูมิเนียมฟอยล์เจาะรู แล้วปิดทับด้วยสติ๊กเกอร์ใสมีกลิ่นหอมเฉลี่ยเข้มข้นที่สุดเท่ากับ 10.87 และ 10.77 กาแฟคั่วบดที่บรรจุในถุงออลูมิเนียมฟอยล์พร้อมซองบรรจุสารดูดซับแก๊สออกซิเจนมีกลิ่นหอมเฉลี่ยรองลงมาเท่ากับ 9.60 และกาแฟคั่วบดที่ไม่ใช้บรรจุภัณฑ์มีกลิ่นหอมเฉลี่ยน้อยที่สุดเท่ากับ 8.85 เนื่องจากสารให้กลิ่นของกาแฟคั่วเป็นสารที่ระเหยได้ กาแฟคั่วบดที่ไม่ใช้บรรจุภัณฑ์จึงปล่อยสารให้กลิ่นออกสู่บรรยากาศแวดล้อม จึงทำให้กลิ่นหอมของกาแฟคั่วลดลง นอกจากนั้นกาแฟคั่วบดมีสมบัติในการดูดซับกลิ่นต่างๆ จากสิ่งแวดล้อมได้ดี ส่งผลกาแฟคั่วบดมีกลิ่นผิดแปลกไป ผู้ทดสอบจึงรู้สึกว่าการแฟซึ่งสำเร็จที่เตรียมจากกาแฟคั่วบดที่ไม่ใช้บรรจุภัณฑ์มีกลิ่นหอมลดลง (ปริญญา, 2542) และระยะเวลาเก็บรักษาที่เพิ่มขึ้นส่งผลให้กาแฟมีกลิ่นหอมเฉลี่ยลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ดังรายงานการศึกษาของ Kallio *et al.* (1990) ซึ่งทดลองเก็บกาแฟคั่วบดในถุงประเภทระหว่างโพลีเอสเตอร์ แผ่นเปลวอลูมิเนียมแลโพลิเอทิลีน ที่ระดับอุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 เดือน แล้วศึกษาการแพร่กระจายของสารให้กลิ่นรสของกาแฟคั่วบดที่อยู่บริเวณช่องว่างเหนืออาหาร พบว่าสารประกอบหลายชนิด เช่น บิวทานิดิน ไรโอฟิน 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 นอกจากนั้น แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ที่ปลดปล่อยออกจากกาแฟคั่วยังเป็นส่วนช่วยในการห่อหุ้มสารให้กลิ่นรส จึงส่งผลให้กาแฟที่ไม่ใช้บรรจุภัณฑ์มีกลิ่นหอมรสลง ขณะที่การใช้บรรจุภัณฑ์สามารถป้องกันการแพร่กระจายของกลิ่นหอมออกสู่ภายนอกได้ และแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ที่ปล่อยออกจากกาแฟยังมีโอกาสดูดซับกลับเข้าสู่กาแฟคั่วบดได้เนื่องจากกาแฟคั่วมีโครงสร้างที่เป็นรูพรุน (Schenker *et al.*, 2000; Pittia *et al.*, 2001) จึงส่งผลให้กาแฟคั่วบดในบรรจุภัณฑ์มีความเข้มข้นของกลิ่นหอมมากกว่า และกลิ่นหอมของกาแฟคั่วบดในบรรจุภัณฑ์ลดลงค่อนข้างน้อยในระหว่างการเก็บรักษา และจากการวิจัยยังพบว่ากาแฟคั่วบดในถุงออลูมิเนียมฟอยล์พร้อมซองบรรจุสารดูดซับแก๊สออกซิเจนมีกลิ่นหอมน้อยกว่ากาแฟคั่วบดในถุงออลูมิเนียมฟอยล์และถุงออลูมิเนียมฟอยล์เจาะรูแล้วปิดทับด้วยสติ๊กเกอร์ใสในช่วงระยะเวลาเก็บรักษา 12 ถึง 24 สัปดาห์ ทั้งที่การใช้สารดูดซับแก๊สออกซิเจนน่าจะช่วยป้องกันการเปลี่ยนแปลงกลิ่นรสของกาแฟคั่วบดได้ดีกว่า เนื่องจากสามารถลดแก๊สออกซิเจน

ภายในบรรจุภัณฑ์ได้ จึงสันนิษฐานว่าปฏิกิริยาออกซิเดชันอาจไม่ได้ส่งผลให้เกิดกลิ่นหืนเพียงอย่างเดียว แต่กลิ่นรสของกาแฟคั่วบดซึ่งเป็นเรื่องที่เกี่ยวข้องกับช้ำช้อนอาจเกิดจากการออกซิไดซ์ของสารภายในองค์ประกอบของกาแฟคั่วเกิดเป็นสารให้กลิ่นหอมเฉพาะตัว เมื่อบรรจุของบรรจุสารดูดซับแก๊สออกซิเจนลงในบรรจุภัณฑ์ส่งผลให้กลิ่นหอมของกาแฟคั่วบดลดลง

3.3 ผลของบรรจุภัณฑ์และระยะเวลาเก็บรักษาที่มีต่อกลิ่นใหม่ของกาแฟสำเร็จ

กลิ่นใหม่ของกาแฟอาจเกิดจากความไม่สม่ำเสมอของขนาดกาแฟเมล็ด ส่งผลให้เมล็ดกาแฟสุกไม่พร้อมกัน ซึ่งเป็นลักษณะที่ไม่พึงประสงค์ของกาแฟคั่ว จากการวิจัยพบว่าชนิดของบรรจุภัณฑ์ไม่มีผลต่อความแตกต่างกันของกลิ่นใหม่อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) แต่ระยะเวลาเก็บรักษามีผลต่อความแตกต่างของกลิ่นใหม่อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยไม่มีปฏิกิริยาสัมพันธ์กันระหว่างชนิดของบรรจุภัณฑ์และระยะเวลาเก็บรักษาดังตารางที่ 19

ตารางที่ 19 ผลของบรรจุกัญท์และระยะเวลาเก็บรักษาที่มีต่อกลิ้นไหม้ของกาแฟงสำเร็จ

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

หมายเหตุ: บรรจุกัญท์ (A)

A1 = การไม่ใช้บรรจุกัญท์ A2 = ถุงอลูมิเนียมฟอยล์

A3 = ถุงอลูมิเนียมฟอยล์พร้อมซองบรรจุสารดูดซับแก๊สออกซิเจน

A4 = ถุงอลูมิเนียมฟอยล์เจาะรูแล้วปิดทับด้วยสติ๊กเกอร์ใส

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

กลิ่นใหม่ของกาแฟที่ไม่ใช่บรรจุภัณฑ์และกาแฟในบรรจุภัณฑ์ทุกชนิดมีค่าใกล้เคียงกัน และมีแนวโน้มลดลงในทิศทางเดียวกันระหว่างการเก็บรักษา โดยกลิ่นใหม่ที่ตรวจพบมีความเข้มข้นน้อยกว่า เนื่องจากในกระบวนการผลิตกาแฟเมล็ดมีการคัดเลือกผลกาแฟที่มีขนาดใกล้เคียงกัน ส่งผลให้กาแฟเมล็ดมีขนาดใกล้เคียงกัน เมื่อนำมาคั่วจึงได้กาแฟคั่วที่มีความสม่ำเสมอ กลิ่นใหม่ที่ตรวจพบจึงค่อนข้างน้อย กลิ่นใหม่ที่ตรวจพบอาจเกิดจากการเปลี่ยนแปลงของสารประกอบซัลไฟด์ในกาแฟเมื่อได้รับความร้อนจากการคั่ว (Sivetz and Foote, 1963; Clarke and Vitzthum, 2001)

9.4 ผลของบรรจุภัณฑ์และระยะเวลาเก็บรักษาที่มีต่อกลิ่นหืนของกาแฟสำเร็จ

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

ตารางที่ 20 ผลของบรรจุกัญท์และระยะเวลาเก็บรักษาที่มีต่อกลิ่นหืนของกาแฟขี้ผึ้งสำเร็จ

		ความเข้มข้นของกลิ่นหืน						
บรรจุภัณฑ์	ระยะเวลาเก็บรักษา (B)							
	(A)	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7
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 ^c	1.96 ^d	2.62 ^c	2.98 ^c	3.24 ^{ab}	3.52 ^a	

หมายเหตุ: บรรจุกัญท์ (A)

A1 = การไม่ใช้บรรจุกัญท์

A2 = ถุงอลูมิเนียมฟอยล์

A3 = ถุงอลูมิเนียมฟอยล์พร้อมซองบรรจุสารดูดซับแก๊สออกซิเจน

A4 = ถุงอลูมิเนียมฟอยล์เจาะรูแล้วปิดทับรูด้วยสติ๊กเกอร์ได้

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 **

ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรที่เหมือนกันในคอลัมน์และแถวเดียวกันแสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมี

นัยสำคัญทางสถิติ เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

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

จากตารางที่ 20 สังเกตพบว่าระยะเวลาเก็บรักษาที่เพิ่มขึ้นส่งผลให้กลิ่นหืนของกาแฟคั่วบดที่ไม่ใช้บรรจุภัณฑ์เพิ่มขึ้น โดยเพิ่มจาก 0.39 เป็น 6.41 ซึ่งเป็นผลเนื่องมาจากการเกิดเปอร์ออกไซด์ ขณะที่กาแฟคั่วบดในบรรจุภัณฑ์ชนิดต่างๆ มีกลิ่นหืนเพิ่มขึ้นเล็กน้อย และที่ระยะเวลาเก็บรักษาเท่ากันกาแฟคั่วบดในบรรจุภัณฑ์ทั้ง 3 ชนิดมีกลิ่นหืนเล็กน้อยที่ระดับความเข้มใกล้เคียงกัน ดังนั้นการใช้บรรจุภัณฑ์ที่สามารถป้องกันการซึมผ่านของแก๊สได้ก็น่าจะเพียงพอต่อการป้องกันการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของน้ำมันในกาแฟคั่วบด

3.5 ผลของบรรจุภัณฑ์และระยะเวลาเก็บรักษาที่มีต่อรสชาติของกาแฟสำเร็จ

รสชาติเกิดจากผลของปฏิกิริยาเมลลาร์ดให้สารสีน้ำตาลและมีรสขม (นิธิยา, 2545) เมื่อสกัดกาแฟด้วยน้ำร้อนจะให้เครื่องดื่มที่มีรสชาติขมเข้ม จากผลการทดลองพบว่าชนิดของบรรจุภัณฑ์ไม่มีผลต่อความแตกต่างกันของรสชาติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) แต่ระยะเวลาเก็บรักษามีผลต่อความแตกต่างกันของรสชาติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) และไม่มีปฏิกิริยาสัมพันธ์กันระหว่างชนิดของบรรจุภัณฑ์และระยะเวลาเก็บรักษาดังตารางที่ 21

ตารางที่ 21 ผลของบรรจุภัณฑ์และระยะเวลาเก็บรักษาที่มีรสขมของกาแฟสำเร็จ

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 = ถุงออลูมิเนียมฟอยล์

A3 = ถุงออลูมิเนียมฟอยล์พร้อมซองบรรจุสารดูดซับแก๊สออกซิเจน

A4 = ถุงออลูมิเนียมฟอยล์เจาะรูแล้วปิดทับด้วยสติ๊กเกอร์ใส

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

รสนิยมของกาแฟมีค่าค่อนข้างใกล้เคียงกัน และมีความเข้มคงที่ในระหว่างการเก็บรักษา โดยมีความเข้มในช่วง 9.56 ถึง 11.44 เนื่องจากสารสีน้ำตาลจากปฏิกิริยาเมลลาร์ดซึ่งเป็นสาเหตุของรสนิยมในกาแฟคั่วบดเป็นสารที่ค่อนข้างคงตัวไม่ละลายน้ำที่อุณหภูมิปกติ (นิธิยา, 2545) แม้ว่ากาแฟคั่วบดที่ไม่ใช้บรรจุภัณฑ์จะมีความชื้นเพิ่มขึ้นในระหว่างการเก็บรักษา ก็ไม่ส่งผลให้รสนิยมของกาแฟเจือจางลง

3.6 ผลของบรรจุภัณฑ์และระยะเวลาเก็บรักษาที่มีต่อรสเปรี้ยวของกาแฟสำเร็จ

กาแฟคั่วมีกรดเป็นองค์ประกอบจึงส่งผลให้เครื่องดื่มจากกาแฟคั่วมีรสเปรี้ยว แต่เครื่องดื่มจากกาแฟคั่วที่มีรสชาติดีไม่ควรจะมีรสเปรี้ยวที่สูงมาก จากการวิจัยพบว่าชนิดของบรรจุภัณฑ์และระยะเวลาเก็บรักษามีผลต่อความแตกต่างกันของรสเปรี้ยวแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) และมีปฏิกิริยาสัมพันธ์กันระหว่างชนิดของบรรจุภัณฑ์และระยะเวลาดังตารางที่ 22

ตารางที่ 22 ผลของบรรจุภัณฑ์และระยะเวลาเก็บรักษาที่มีต่อรสเปรี้ยวของกาแฟสำเร็จ

ความเข้มของรสเปรี้ยว								
บรรจุภัณฑ์	ระยะเวลาเก็บรักษา (B)							
	(A)	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7
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 = ถุงอูมิเนียมฟอยล์

A3 = ถุงอูมิเนียมฟอยล์พร้อมซองบรรจุสารดูดซับแก๊สออกซิเจน

A4 = ถุงอูมิเนียมฟอยล์เจาะรูแล้วปิดทับด้วยสติ๊กเกอร์ใส

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 โดยรสเปรี้ยวของกาแฟมีความเข้มข้นในช่วง 3.13 ถึง 3.72 เนื่องจากน้ำที่เติมลงไปในการชงกาแฟมีผลให้กรดในกาแฟเจือจางลง โดยรสเปรี้ยวของกาแฟในบรรจุภัณฑ์ทุกชนิดมีความเข้มข้นที่ และไม่แตกต่างกันเนื่องจากผลของบรรจุภัณฑ์เมื่อระยะเวลาเก็บรักษาเปลี่ยนแปลง แต่รสเปรี้ยวของกาแฟที่ไม่ใช้บรรจุภัณฑ์มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ตลอดระยะเวลาเก็บรักษา 24 สัปดาห์ เมื่อพิจารณาปริมาณกรดทั้งหมดที่ระยะเวลาเก็บรักษา 12 ถึง 24 สัปดาห์ พบว่าปริมาณกรดทั้งหมดของกาแฟคั่วบดที่ไม่ใช้บรรจุภัณฑ์มีปริมาณลดลง ในขณะที่ผู้ทดสอบชิมรับรู้รสเปรี้ยวเพิ่มขึ้น ซึ่งอาจเป็นผลเนื่องมาจากกลิ่นรสคั่วอื่นของกาแฟลดลงจึงส่งผลให้สามารถรับรู้รสเปรี้ยวได้เพิ่มขึ้น อย่างไรก็ตามรสเปรี้ยวที่ตรวจพบมีค่าค่อนข้างน้อยเมื่อเปรียบเทียบกับรสชาติคั่วอื่น เช่น รสขม รสชาติคั่วคั่ว เป็นต้น

Clarke and Vitzthum (2001) แนะนำว่าควรเตรียมเครื่องคั่วจากกาแฟคั่วให้เพียงพอต่อการคั่วในแต่ละครั้ง เนื่องจากการอุ่นกาแฟไวนบนเครื่องชงที่มีแผ่นให้ความร้อนจะส่งผลให้กาแฟมีรสเปรี้ยวเพิ่มขึ้น เนื่องจากสารควินิกแอซิดแลคโตน (quinic acid lactones) จะสลายตัวกลายเป็นกรดควินิก (quinic acid)

3.7 ผลของบรรจุภัณฑ์และระยะเวลาเก็บรักษาที่มีต่อรสชาติคั่วของกาแฟสำเร็จ

ชนิดของบรรจุภัณฑ์ไม่มีผลต่อความแตกต่างกันของรสชาติคั่วอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) แต่ระยะเวลาเก็บรักษามีผลต่อความแตกต่างกันของรสชาติคั่วอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) และไม่มีปฏิกริยาสัมพันธ์กันระหว่างชนิดของบรรจุภัณฑ์และระยะเวลาเก็บรักษาดังตารางที่ 23

ตารางที่ 23 ผลของบรรจุภัณฑ์และระยะเวลาเก็บรักษาที่มีต่อรสชาติตกค้างของกาแฟสำเร็จ

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 = ถุงอลูมิเนียมฟอยล์เจาะรูแล้วปิดทับด้วยสติ๊กเกอร์ใส

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 พบว่าที่ระยะเวลาเก็บรักษาเท่ากันกาแฟขงสำเร็จที่เตรียมจากกาแฟั่วบคที่ไม่ใช่บรรจุภัณฑ์และกาแฟั่วบคในบรรจุภัณฑ์ชนิดต่างๆ มีรสชาติคค้างไม่แตกต่างกัน แต่เมื่อระยะเวลาเก็บรักษาเพิ่มขึ้น รสชาติคค้างของกาแฟที่ไม่ใช่บรรจุภัณฑ์และที่บรรจุในบรรจุภัณฑ์ทุกชนิดลดลงเล็กน้อย อาจเป็นผลเนื่องมาจากกลิ่นรสต่างๆ ของกาแฟั่วบคเจือจางลงจึงส่งผลให้รสชาติคค้างหลังจากการคั่วกาแฟน้อยลงตามลำดับ

3.8 ผลของบรรจุภัณฑ์และระยะเวลาเก็บรักษาที่มีต่อความชอบโดยรวมของกาแฟขงสำเร็จ

ชนิดของบรรจุภัณฑ์และระยะเวลาเก็บรักษามีผลต่อความแตกต่างกันของความชอบโดยรวมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) และมีปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างชนิดของบรรจุภัณฑ์และระยะเวลาเก็บรักษาดังตารางที่ 24

ตารางที่ 24 ผลของบรรจุภัณฑ์และระยะเวลาเก็บรักษาที่มีต่อความชอบโดยรวมของกาแฟซองสำเร็จ

บรรจุภัณฑ์	คะแนน							
	ระยะเวลาเก็บรักษา (B)							
	(A)	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7
A1		11.68	8.71	8.02	7.37	5.39	5.92	4.73
A2		11.47	10.31	10.54	10.22	9.69	10.21	9.13
A3		11.47	10.30	8.97	9.02	8.37	8.64	8.29
A4		11.46	10.47	10.49	10.07	9.45	10.18	9.51
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 = ถุงอูมิเนียมฟอยล์

A3 = ถุงอูมิเนียมฟอยล์พร้อมซองบรรจุสารดูดซับแก๊สออกซิเจน

A4 = ถุงอูมิเนียมฟอยล์เจาะรูแล้วปิดทับรูด้วยสติ๊กเกอร์ใส

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 ($p \leq 0.05$) โดยผู้ทดสอบชิมรู้สึกชอบกาแฟที่บรรจุในถุงอลูมิเนียมฟอยล์และถุงอลูมิเนียมฟอยล์เจาะรูแล้วปิดทับรูด้วยสติ๊กเกอร์ใสมากที่สุด 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 กาแฟคั่วบดในถุงอลูมิเนียมฟอยล์และถุงอลูมิเนียมฟอยล์เจาะรูแล้วปิดทับรูด้วยสติ๊กเกอร์ใส 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 รสขมและรสชาติติดค้าง มีค่าค่อนข้างคงที่ในระหว่างเก็บรักษา 24 สัปดาห์ และไม่แตกต่างกันอย่างชัดเจนระหว่างกาแฟคั่วบดที่ไม่ใช้บรรจุภัณฑ์และกาแฟคั่วบดที่บรรจุในบรรจุภัณฑ์ต่างๆ