บทที่ 2

ตรวจเอกสาร

ข้าวขาวดอกมะลิ 105

ข้าวดอกมะลิ เป็นชื่อของข้าวที่นิยมถูกเรียกแบบผิดๆ จากผู้บริโภค และผู้ประกอบการค้าข้าว ว่าข้าวหอมมะลิ ซึ่งอันที่จริงแล้วมีชื่อที่เป็นทางการว่า “ข้าวดอกมะลิ 105” ความหมายคือ ข้าวพันธุ์นี้จัดอยู่ในประเภทข้าวขาว เพราะเปลือกมีสีขาว หรือสีฟาง และมีกลิ่นหอมคล้ายกลิ่นของดอกมะลิ สำหรับหมายเลข 105 หมายถึง ขั้นตอนการปรับปรุงพันธุ์ (สุนทร, 2539)

ลักษณะที่สำคัญของข้าวดอกมะลิ คือ เมล็ดข้าวเปลือกเรียวได้มาตรฐานข้าวชั้นหนึ่ง เมื่อขัดสีเป็นข้าวสารจะได้เมล็ดที่เรียวยาว ขาว ใส เป็นเงาแกร่ง และมีท้องไข่น้อย เมื่อหุงสุกก็จะได้ข้าวที่มีความเลื่อมมัน อ่อนนุ่ม และมีกลิ่นหอม ข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 เป็นข้าวพันธุ์ที่มีความไวต่อช่วงแสง คือข้าวพันธุ์นี้จะออกดอกเฉพาะเดือนที่มีความยาวแสงของกลางวันน้อยกว่า 12 ชั่วโมง ดังนั้นจึงทำให้สามารถปลูกข้าวพันธุ์นี้ได้ปีละครั้งเท่านั้น (สถาบันวิจัยข้าว, 2550)

คุณภาพของเมล็ดข้าว

1. คุณภาพทางกายภาพ หมายถึง คุณสมบัติภายนอกของเมล็ดที่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่าหรือ ชั่ง ตวง วัด ได้ เช่น น้ำหนักเมล็ด (grain weight) สีข้าวเปลือก (hull color) สีข้าวกล้อง (pericarp color) ขนาดและรูปร่างเมล็ด (grain dimension) ลักษณะท้องไข่ (chalkiness) ความใสขุ่นของข้าวสาร (grain translucency) คุณภาพการสี (milling quality) เป็นต้น นอกจากนี้ยังรวมไปถึงความชื้นของเมล็ดข้าว ดังนั้นคุณภาพทางกายภาพส่วนใหญ่จึงนำมาใช้ประเมินราคาข้าวที่ซื้อขายกันในท้องตลาด เนื่องจากมีความชัดเจนและสามารถตรวจสอบได้รวดเร็ว

2. คุณภาพทางเคมี หมายถึง คุณสมบัติและส่วนประกอบต่างๆ ของเมล็ดที่มีผลต่อคุณภาพการหุงต้มโดยมีผลทำให้ข้าวสุกนั้น นุ่ม เหนียว หรือ ร่วนขึ้นหม้อ และมีผลต่อการนำไปแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ต่างๆ ซึ่งคุณภาพทางเคมี ได้แก่ ชนิดและปริมาณสตาร์ช โปรตีน ไขมัน และกลิ่นหอม เป็นต้น (วิสุณี, 2546)

3. คุณภาพการหุงต้ม และรับประทานของข้าว เป็นคุณภาพที่ผู้บริโภคใช้ในการตัดสินใจเลือกซื้อทั้งนี้เพราะความชอบของแต่ละคนแตกต่างกัน โดยข้าวแต่ละพันธุ์จะมีคุณภาพหุงต้มและ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

รับประทานต่างกัน เนื่องจากส่วนของเอนโดสเปิร์ม (endosperm) มีแป้งอยู่เป็นองค์ประกอบหลักอยู่ประมาณ 90 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนักแห้ง นอกจากนี้ปัจจัยที่ทำให้เมล็ดข้าวมีคุณสมบัติการหุงต้มและรับประทานต่างกัน ได้แก่ ความคงตัวของแป้งสุก อุณหภูมิในการเกิดเจล การยืดตัวของเมล็ดข้าวสุก คุณสมบัติทางด้านความหนืด เป็นต้น (Henry and Rettlewell, 1996)

องค์ประกอบทางเคมีของข้าว

องค์ประกอบเคมีในเมล็ดข้าวสารมีการรายงานไว้เป็นจำนวนมากและพบว่ามีความแตกต่างกันอย่างหลากหลาย แสดงได้ดังตารางที่ 2.1 ซึ่งความหลากหลายขององค์ประกอบเคมีนี้ปัจจัยหลักคือพันธุ์ข้าวและสภาพแวดล้อมที่ใช้ในการเพาะปลูกรวมไปถึงการดูแลรักษาต้นข้าวขณะเจริญเติบโตนอกจากนี้เทคนิคที่ใช้ในการวิเคราะห์ที่ต่างกันก็ส่งผลให้องค์ประกอบเคมีของงานวิจัยแต่ละงานแตกต่าง (ชนินันท์, 2542)

ส่วนองค์ประกอบส่วนที่ไม่ใช่สตาร์ช (nonstarch constituents) ซึ่งได้แก่ โปรตีน ไขมัน เส้นใย เถ้าของข้าวสาร ซึ่งองค์ประกอบเหล่านี้มีอยู่ในชั้นเยื่อหุ้มเนื้อเมล็ด ในปริมาณสูงกว่าในส่วนเนื้อเมล็ด พิจารณาได้จากตาราง 2.1 และ 2.2

ตารางที่ 2.1 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบเคมีของข้าวเจ้า

พันธุ์	ร้อยละโดยน้ำหนักต่อน้ำหนักแป้งแห้ง						
	โปรตีน	ไขมัน	เส้นใย	เถ้า	คาร์โบไฮเดรต	อะไมโลส	อะไมโลเพคติน
ก.วก.1	7.67	1.41	0.67	0.50	86.76	18.50	81.50
ขาวดอกมะลิ 105	7.85	2.21	0.56	0.28	89.10	18.70	81.30
ชัยนาท 1	8.55	2.63	0.33	0.36	88.13	29.64	70.36

ที่มา : ชนินันท์ (2542)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

1. สตาร์ช (starch) สามารถแบ่งได้เป็น 2 ชนิด คือ

1.1 อะไมโลส (amylose)

อะไมโลสเป็นสารประกอบเชิงซ้อนที่เกิดจากการรวมตัวของกลูโคสต่อกันเป็นเส้นตรงเป็นแนวยาว (linear chain) ด้วยพันธะ α -1, 4 glycosidic เมื่อย้อมสีด้วยน้ำยาไอโอดีนจะมีสีน้ำเงินเมื่อทำให้สุกในน้ำเดือด และทำให้เย็นจะเกิดกระบวนการคืนตัวเป็นของแข็ง (retrogradation)

ขึ้นทำให้ความสามารถในการละลายลดลง และมีผลทำให้ข้าวสุกร่วน และแข็งกระด้างมากขึ้น ในแป้งข้าวจะมีอะไมโลสเป็นส่วนรองโดยอยู่ปะปนกับอะไมโลเพคติน

1.2 อะไมโลเพคติน (amylopectin)

อะไมโลเพคตินเป็นสารประกอบเชิงซ้อนที่เกิดจากการรวมตัวของกลูโคสจำนวนมากและมีโครงสร้างเชื่อมต่อกันแบบกิ่งก้านสาขา (branched chain) ด้วยพันธะ α -1, 4 และ 1, 6 glycosidic เมื่อย้อมสีด้วยน้ำยาไอโอดีนจะเป็นสีน้ำตาลแดง เมื่อทำให้สุก (gelatinized) ในน้ำเดือดจะค่อนข้างคงสภาพเดิมไว้นานและเป็นส่วนที่ทำให้ข้าวสุกเหนียวติดกัน (งามชื่น, 2545)

ข้าวที่มีอะไมโลสสูงจะดูดน้ำและขยายปริมาตรในการหุงต้มได้ดีกว่าข้าวอะไมโลสต่ำมีผลทำให้ข้าวสุกขยายตัวตามปริมาตรได้มากหรือเรียกว่าหุงขึ้นหม้อ ดังนั้นสัดส่วนระหว่างอะไมโลสและอะไมโลเพคตินมีผลต่อคุณภาพการหุงต้ม กล่าวคือ อะไมโลเพคตินทำให้ข้าวสุกเหนียว ในขณะที่อะไมโลสทำให้ความเหนียวของข้าวสุกลดลง เช่น ข้าวเหนียวมีอะไมโลเพคตินสูงหรืออะไมโลสปนอยู่เพียงเล็กน้อยข้าวสุกจึงเหนียว ส่วนข้าวสารที่มีอะไมโลสสูงข้าวสุกมักร่วนและแข็งกว่าอะไมโลสปานกลาง และต่ำตามลำดับ (หยาดฝน, 2548)

การจัดแบ่งชนิดข้าวตามปริมาณอะไมโลส สามารถแบ่งเป็น 4 ประเภท ตามตาราง 2.2

ตารางที่ 2.2 การแบ่งประเภทข้าวตามปริมาณอะไมโลสในข้าวขาว

ประเภทข้าว	ปริมาณอะไมโลส (%)	ลักษณะข้าวสุก
ข้าวเหนียว	0 – 2	เหนียวมาก
ข้าวเจ้าอะไมโลสต่ำ	10 – 19	เหนียวนุ่ม
ข้าวเจ้าอะไมโลสปานกลาง	20 – 25	ค่อนข้างร่วนไม่แข็ง
ข้าวเจ้าอะไมโลสสูง	26 - 34	ร่วนแข็ง

ที่มา : งามชื่น (2545)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

2. โปรตีน (protein)

ในเมล็ดข้าวมีโปรตีนเฉลี่ยประมาณร้อยละ 8 ซึ่งมากเป็นอันดับสอง รองจากคาร์โบไฮเดรต โปรตีนส่วนใหญ่เป็นกลูเตลิน (glutelin) มีมากกว่าร้อยละ 80 เป็นโปรตีนที่ละลายในด่าง เมื่อวิเคราะห์หากรดอะมิโน ระหว่างข้าวเจ้าและข้าวเหนียวพบว่า ไม่มีความแตกต่างกัน แสดงว่าลักษณะยีนข้าวเจ้าหรือข้าวเหนียวไม่มีผลต่อโครงสร้างของโปรตีน (พีชยา, 2541) โปรตีนพบอยู่บริเวณของเม็ดแป้งหรือฝังอยู่ภายในเม็ดแป้ง การเกิดสารประกอบเชิงซ้อนของแป้งกับโปรตีน

เกี่ยวข้องกับอะไมโลสและโปรตีน waxy gene โดยมีรายงานไว้ว่า แป้งข้าวเจ้า indica มีปริมาณสารประกอบเชิงซ้อนของแป้งกับโปรตีนสูงกว่าข้าวเจ้า japonica ที่มีปริมาณอะไมโลสเท่ากัน ในข้าวสารมีปริมาณโปรตีนอยู่ร้อยละ 6.3-7.1 (ตารางที่ 2.3) โดยมีผลต่อคุณภาพการหุงต้มและรับประทาน คือ ข้าวที่มีปริมาณโปรตีนสูงทำให้การดูดซึมน้ำของเมล็ดช้าลงความนุ่ม ความเหนียวและความเลื่อมมันลดลง (ละมุล, 2541) มีการทดลองสกัดโปรตีนออกจากข้าวโดยใช้สารละลายถึง 18 ชนิด พบว่าไม่มีวิธีการสกัดโปรตีนด้วยสารละลายชนิดใดดีเท่ากับการสกัดโดยใช้ด่าง (alkali extraction) เนื่องจากโปรตีนหลักในแป้ง คือ โปรตีนกลูเตลินซึ่งละลายได้ดีในด่างและมีอยู่มากถึง 80% ของปริมาณโปรตีนทั้งหมด แต่เนื่องจาก โปรตีนเกาะเกี่ยวกับแป้งอย่างแน่นหนา ดังนั้นการสกัดโปรตีนออกให้เหลือน้อยกว่า 0.5% จึงเป็นเรื่องที่ทำได้ยาก นอกจากนี้มีการศึกษาสมบัติของโปรตีนภายในข้าวพบว่าโปรตีนมีลักษณะคล้ายโปรตีนถั่วเหลือง โดยข้าวมีโปรตีนประมาณ 8% ขององค์ประกอบทั้งหมดในเนื้อเมล็ด ทั้งยังพบว่าโปรตีนข้าวเป็นโปรตีนที่ไม่ก่อให้เกิดอาการแพ้ (hypoallergenicity protein) จึงสามารถนำข้าวมาผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ที่ไม่ก่อให้เกิดอาการแพ้ได้ เช่น ในสูตรอาหารเด็กอ่อน หรือในแป้งที่ใช้สำหรับทาผิว (ชนินันท์, 2542)

ตารางที่ 2.3 องค์ประกอบทางเคมีของข้าวเปลือกและส่วนต่างๆของเมล็ดข้าวที่มีความชื้นร้อยละ 14

ส่วนต่างๆ ของข้าว	โปรตีน (กรัม)	ไขมัน (กรัม)	คาร์โบไฮเดรต (กรัม)
ข้าวเปลือก	5.8-7.7	1.5-2.3	64-73
ข้าวกล้อง	7.1-8.3	1.6-2.8	73-87
ข้าวสาร	6.3-7.1	0.3-0.5	77-89
รำข้าว	11.3-14.9	15.0-19.7	34-62
เปลือกข้าว	2.0-2.8	0.3-0.8	22-34

ที่มา : Juliano (1985)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

3. ไขมัน (lipid)

ไขมันภายในเมล็ดจะเป็นหยดกลม (lipid droplets) พบอยู่ใน 2 ลักษณะ คือ อยู่รวมกับโปรตีน โดยแทรกอยู่ในชั้นแอลิวโรนหรืออยู่บริเวณผิวเม็ดแป้งหรืออยู่ขอบของเม็ดแป้ง ซึ่งเรียกไขมันชนิดนี้ว่า “nonstarch lipid หรือ surface lipid” นอกจากนี้ยังพบไขมันภายในเม็ดสตาร์ช

โดยจะเชื่อมพันธะอยู่กับโมเลกุลของอะไมโลส และพบไขมันอยู่อย่างอิสระภายในโมเลกุลแป้งซึ่งไขมันพวกนี้ถูกเรียกว่า “starch lipid หรือ internal lipid” (Chrastil, 1994) ไขมันเป็นองค์ประกอบที่มีอยู่เล็กน้อย คือ มีประมาณร้อยละ 0.3–0.5 ในข้าวสาร (ละมุล, 2541) ดังตาราง 2.3

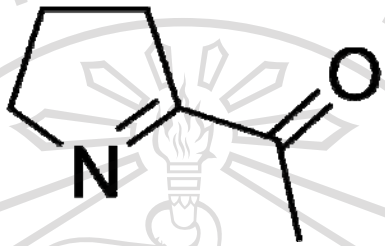
สำหรับในส่วนของเนื้อเมล็ดจะอยู่ร่วมกับกลุ่มโปรตีน และในเม็ดแป้งจะมีไขมันที่มีโครงสร้างร่วมกับสารอื่น (bound lipid) เมื่อนำไขมันที่สกัดจากส่วนต่าง ๆ มาวิเคราะห์องค์ประกอบและชนิดของไขมันพบว่าเป็นพวก neutral lipid 82-91 เปอร์เซ็นต์ (ไตรกลีเซอร์ไรด์ 73-82 เปอร์เซ็นต์ กรดไขมันอิสระ 13-17 เปอร์เซ็นต์ และ acyl sterol glycoside 2-4 เปอร์เซ็นต์) phospholipids ร้อยละ 7-10 และ glycolipid ร้อยละ 2-8 มีรายงานว่าการสกัดไขมันในเมล็ดข้าวมีผลต่อความนุ่มของแป้งข้าว คือแป้งที่สกัดไขมันออกจะมีความนุ่มกว่าแป้งข้าวที่ไม่ได้สกัดไขมันออก สำหรับองค์ประกอบของกรดไขมัน มีกรดปาลมิติก กรดโอเลอิกและกรดไลโนเลอิกเป็นส่วนใหญ่ ซึ่งปริมาณกรดไขมันแต่ละชนิดแตกต่างกันขึ้นอยู่กับพันธุ์ข้าวและการเปลี่ยนแปลงในระหว่างการเก็บรักษา (ละมุล, 2541)

4. กลิ่น (aroma)

ข้าวทั่วไปอาจมีสารระเหยหลายชนิด เคยมีผู้ทำการวิเคราะห์ไอที่ได้จากการหุงข้าว Koshihikai ของญี่ปุ่น พบว่า มีสารอยู่กว่าร้อยชนิด ซึ่งประกอบด้วยสาร hydrocarbon 13 ชนิด alcohol 13 ชนิด aldehyde 16 ชนิด ketone 14 ชนิด กรด 14 ชนิด ester 8 ชนิด phenol 5 ชนิด pyridine 3 ชนิดและ pyrazine 6 ชนิด ซึ่งสารแต่ละชนิดจะมีกลิ่นแตกต่างกัน เช่น สาร 2-acetylthiazole และ benzothiasole มีกลิ่นรำ สำหรับข้าวหอมมีสาร 2-acetyl-1-pyrroline มากกว่าข้าวทั่วไป สาร 2-acetyl-1-pyrroline นี้มีสูตรโครงสร้างดังแสดงในภาพที่ 2.1 (Buttery *et al.*, 1983) ในข้าวสารหอมหนึ่งกรัมอาจมีสารนี้ ประมาณ 0.04 ไมโครกรัม และในข้าวกล้องอาจมีปริมาณ 0.1-0.2 ไมโครกรัมต่อกรัม ดังตารางที่ 2.4 สารหอมชนิดนี้ยังพบมีปริมาณสูงมากในพืชตระกูลใบเตย (*Pandonus amaryllifolius* Roxb. Fragrant screw pine) ซึ่งมีอยู่ปริมาณสูงถึง 1 ไมโครกรัมต่อกรัม (Cagampang *et al.*, 1973)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ภาพที่ 2.1 สูตรโครงสร้างทางเคมีของสารหอม 2-acetyl-1-pyrroline (Buttery *et al.,* 1983)



ตารางที่ 2.4 ปริมาณของสาร 2-acetyl-1-pyrroline ในข้าวขาวและข้าวกล้องพันธุ์ที่มีกลิ่นหอมและไม่หอม

พันธุ์	ปริมาณของ 2–acetyl-1-pyrroline (ppm)	
	ข้าวขาว	ข้าวกล้อง
Malakit Sungsong	0.09	0.02
IR 841-76-1	0.07	0.20
Khao Dawk Mali 105	0.07	0.20
Milagrossa	0.07	-
Basmati 370	0.07	0.17
Seratus Malem	0.06	-
Azucena	0.04	0.16
Hiert	0.04	0.10
Texas long Grain**	<0.008	-
Carose**	<0.006	-

หมายเหตุ : ** ข้าวไม่หอม

ที่มา : (Buttery *et al.*, 1983)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

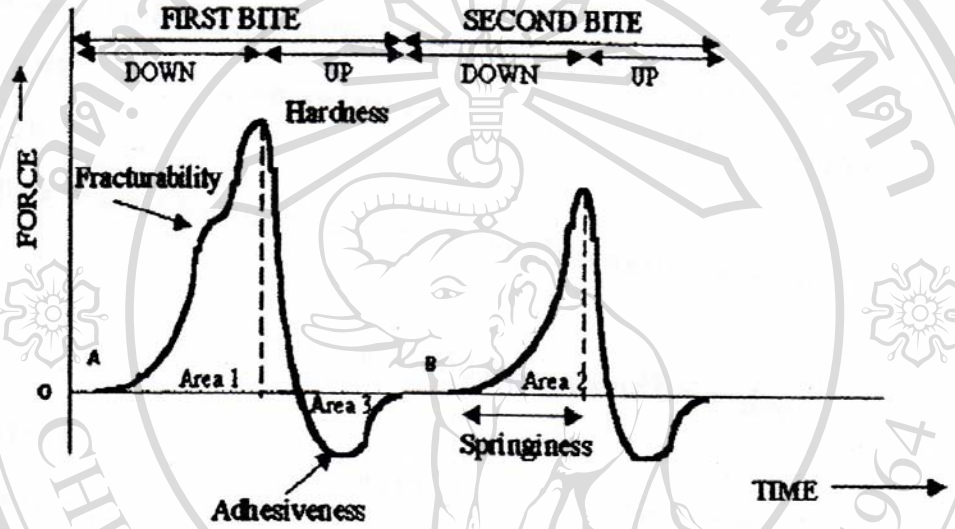
กลิ่นหอมของข้าวจะลดลงเมื่อเป็นข้าวเก่า เนื่องจากสารระเหยหอมค่อยๆ ระเหยหายไป ปัจจัยที่ส่งเสริมให้กลิ่นหอมเสื่อมเร็ว คือ ความร้อนและความชื้น ความร้อนจะช่วยส่งเสริมการระเหยของสารหอม แต่สำหรับความชื้นจะทำให้ข้าวเกิดกลิ่นเหม็นสาบ จะสามารถชะลอการสูญหายของกลิ่นหอม ในการเก็บข้าวเปลือกในสภาพความชื้นต่ำ และโรงเก็บไม่ควรร้อนอบอ้าว จากการศึกษาพบว่า การเก็บข้าวหอมในสภาพข้าวเปลือก และข้าวสารในห้องเย็น 15 องศาเซลเซียส ช่วยรักษาคุณภาพข้าวสุกได้ใกล้เคียงกับข้าวใหม่แม้จะเก็บนานถึง 10 เดือน การเก็บข้าวสารในสภาพเปิด หรือถุงพลาสติกที่อากาศผ่านได้ ไม่ควรเกิน 4 เดือน เพราะข้าวจะมีกลิ่นสาบ และกลิ่นหอมลดลง การเก็บข้าวในถุงพลาสติกชนิด laminated หลายชั้นเพื่อลดการซึมผ่านของอากาศ และปิดผนึกภายใต้สุญญากาศจะช่วยชะลอการเสื่อมคุณภาพได้ เทคโนโลยีการขัดมันช่วยกำจัดเศษรำที่เกาะอยู่ตามผิวเมล็ดซึ่งช่วยชะลอการเกิดกลิ่นหืนจากน้ำมันรำข้าว ทำให้กลิ่นหอมของข้าวหอมมะลิเด่นชัดขึ้น (งามชื่น, 2547) เมธินี และคณะ (2546) พบว่าการเก็บรักษาข้าวที่อุณหภูมิต่ำทำให้การลดลงของ สารหอม 2AP เกิดขึ้นอย่างช้าๆ ละมุล และคณะ (2550) รายงานว่าการเป่าลมที่อุณหภูมิ 14 องศาเซลเซียส ในระหว่างการเก็บรักษาข้าวเปลือกสามารถชะลอการลดลงของสารหอม 2AP ได้ดีที่สุด นอกจากนี้ บุญมี และคณะ (2548) รายงานว่า ข้าวที่ลดความชื้นด้วยการตากแดด และการลดความชื้นด้วยลมแห้งทำให้ข้าวมีกลิ่นหอมมากกว่าการใช้อุณหภูมิสูง

พัสกร (2545) รายงานว่า การเปลี่ยนแปลงปริมาณสารหอม 2-Acetyl-1-pyrroline (2AP) จากการเก็บรักษาข้าวเปลือกพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ที่อุณหภูมิ 10 15 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิห้อง (ประมาณ 30 องศาเซลเซียส) เป็นเวลา 6 เดือน ซึ่งบรรจุในถังสังกะสีปิดสนิทรูปทรงกระบอก หุ้มด้วยฉนวนใยแก้ว มีอากาศเย็นไหลผ่านด้านล่างของถัง พบว่าข้าวเปลือกที่เก็บที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิห้องมีการเปลี่ยนแปลงของสารหอม (2AP) เช่นเดียวกับข้าวเปลือกที่เก็บที่อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส คือ เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลานาน 6 เดือน ปริมาณสารหอมจะลดลงทุกอุณหภูมิของการเก็บรักษา และไม่มีรายงานว่าปริมาณสารหอม 2-Acetyl-1-pyrroline (2AP) จะเพิ่มขึ้นไม่ว่าจะเก็บที่อุณหภูมิใด

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ลักษณะเนื้อสัมผัสข้าวสุก (texture of cooked rice)

ลักษณะเนื้อสัมผัสของข้าวสุกสามารถวัดโดยเครื่อง texture analyzer ทำการวัดแบบ Texture Profile Analysis (TPA) จะได้ข้อมูลที่เป็นค่าตัวแปรทางเนื้อสัมผัสโดยจะแสดงผลออกมาดังภาพที่ 2.2



ภาพที่ 2.2 ตัวอย่างกราฟจากการวัด Texture Profile Analysis (TPA)
ที่มา : อรอนงค์ (2547)

จากภาพ Texture Profile Analysis (TPA) ต่างๆ สามารถบอกค่ากราฟ ดังต่อไปนี้ (Lyon *et al*., 2000)

ความแน่นแข็ง (hardness) คือ ความสูงของจุดสูงสุดของโค้งแรกของกราฟ

ความยืดหยุ่น (springiness) คือ อัตราส่วนของเส้นทางระหว่างเส้นทางการกดของหัวกดเส้นโค้งที่สอง และเส้นโค้งแรก

ความเกาะติดกัน (cohensiveness) คือ อัตราส่วนของพื้นที่ระหว่างเส้นโค้งสองกับเส้นโค้งแรก (Area2/Area1)

ความเหนียวติดกัน (gumminess) คือ ผลคูณระหว่างค่าความแน่นแข็งกับค่าความเกาะติด

การเคี้ยว (chewiness) คือ ผลคูณระหว่างค่าความเหนียวยึดติด กับความยืดหยุ่น

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ความเสียหายเนื่องมาจากแมลงในโรงเก็บ

ข้าวและผลิตภัณฑ์แปรสภาพของข้าว เมื่อเก็บไว้ระยะเวลาหนึ่งแล้วมักมีการเข้าทำลาย การทำลายของแมลงทำให้เกิดความเสียหายต่อข้าวทั้งในด้านปริมาณและคุณภาพ และมีผลเสียต่อชื่อเสียงของผู้ผลิตหรือผู้ประกอบการ ดังนั้นการเก็บรักษาข้าวให้ปลอดแมลงจึงเป็นสิ่งสำคัญและจำเป็นเพื่อที่จะให้ได้ข้าวที่มีคุณภาพ (กรมวิชาการเกษตร, 2545) แมลงศัตรูข้าวในโรงเก็บสร้างความเสียหายให้กับข้าวตั้งแต่ในช่วงที่เก็บรักษาเป็นข้าวเปลือก เช่น ด้วงงวงข้าว ผีเสื้อข้าวเปลือก และมอดข้าวเปลือกหรือมอดหัวป้อม ซึ่งเป็นแมลงที่ทำลายภายในเมล็ดข้าว กัดกินสร้างความเสียหายทั้งในแง่ปริมาณและคุณภาพ (Rees, 1996) นอกจากนี้ยังพบแมลงอีกหลายชนิดที่เข้าทำลายซ้ำ โดยเข้าทำลายหลังจากที่แมลงชุดแรกเข้าทำลายไปก่อน เช่น มอดอกฟันเลื่อย และผีเสื้อข้าวสาร

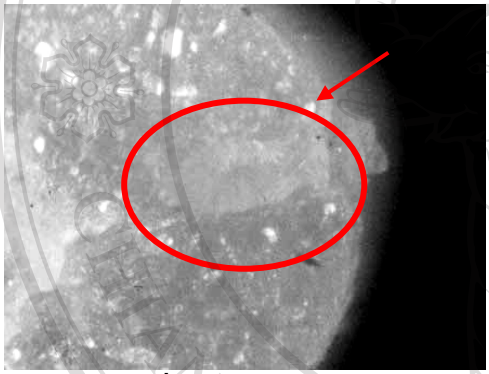
ด้วงงวงข้าว (Rice Weevil)

ด้วงงวงข้าว (Rice Weevil) หรือ มอดข้าวสาร Black weevil, Lesser Rice Weevil มีชื่อวิทยาศาสตร์ *Sitophilus oryzae* (L.) มีชื่อเดิมว่า *Calandra oryzae* (L.) อยู่ในวงศ์ Curculionidae อันดับ Coleoptera (ชูวิทย์ และคณะ, 2543) ด้วงงวงข้าวเป็นศัตรูที่สำคัญที่สุดที่ทำลายเมล็ดข้าวในโรงเก็บ จะสังเกตเห็นตัวเต็มวัยทำลายอยู่ภายในเมล็ด หรือภายนอกเมล็ดก็ได้ เมล็ดที่ถูกทำลายจะเป็นรู และข้างในเป็นโพรงเนื่องจากตัวอ่อนกัดกิน และเติบโตอยู่ภายในจนกระทั่งเป็นตัวเต็มวัย ในกรณีที่มีการเข้าทำลายสูงเมล็ดที่ถูกทำลายจะเหลือแต่เปลือกหรือผิวข้างนอก ข้างในเป็นโพรงเอาไปใช้ประโยชน์ต่อไปไม่ได้

ด้วงงวงข้าวมีรูปร่างลักษณะที่ตัวเต็มวัยมีสีน้ำตาลดำ มีความยาวประมาณ 2.0-3.0 มิลลิเมตร ส่วนหัวจะยาวยื่นออกมาเป็นงวง (snout หรือ rostrum) มีหนวดเป็นแบบข้อศอก มุมทั้ง 4 มุมบนปีกคู่แรก (elytra) จะมีจุดสีเหลืองอ่อนๆ อยู่มุมละจุด บางครั้งก็อาจเห็นไม่ค่อยชัด ตัวเต็มวัยสามารถบินไปทำความเสียหายกับผลผลิตในไร่นาได้ หรือบินจากโรงเก็บหนึ่งไปยังอีกโรงเก็บหนึ่งได้ ตัวเมียจะวางไข่ที่เมล็ดข้าวสาร หรือเมล็ดพืชในไร่ขณะเริ่มจะแก่ โดยใช้ปากซึ่งอยู่ส่วนปลายของงวง เจาะเมล็ดข้าวสารเป็นรูปทรงกระบอก วางไข่ประมาณ 4-6 ฟองต่อรู แล้วขับเมือกปิดปากรูไว้ แต่จะเหลือเพียงตัวเดียวเท่านั้นในแต่ละรู ตัวเมีย 1 ตัวสามารถวางไข่ได้ 300-400 ฟอง เมื่อเดินด้วงงวงข้าวจะยกหนวดขึ้นซึ่งเป็นลักษณะเป็นหนวดแบบหักข้อศอก และมีอุปนิสัยแกล้งทำเป็นตายเมื่อถูกสัมผัสหรือรบกวน โดยอยู่นิ่งและหดอวัยวะทุกส่วนเข้า และหลังจากนั้น 2-3 นาที จึงเคลื่อนไหว ไข่ของด้วงงวงข้าวมีขนาดเล็กมากไม่สามารถมองเห็นด้วยตาเปล่า ไข่จะฟักในระยะ 3-6 วัน (ภาพที่ 2.3) ตัวหนอนที่ฟักออกมาจากไข่ใหม่ๆ จะมีสีขาว รูปรีและนิ่ม มีหัวสีน้ำตาลปนเหลือง กรามมีลักษณะคล้ายเขี้ยว และมีสีน้ำตาลแก่จนเกือบดำ ลำตัวมีลักษณะป้อมและผิวหนังย่น

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ลำตัวยาวประมาณ 3.0 มิลลิเมตร และกว้างประมาณ 1.5 มิลลิเมตร (ภาพที่ 2.4) อาศัยกัดกิน และเจริญเติบโตอยู่ภายในเมล็ดพืช ระยะตัวหนอนประมาณ 20-30 วัน มี 4 วัย ก่อนเข้าดักแด้หนอนยืดลำตัวออก และหยุดนิ่งไม่กินอาหาร 1-2 วัน แล้วเข้าดักแด้อยู่ภายในเมล็ด ดักแด้ (ภาพที่ 2.5) เป็นแบบ exarate กล่าวคือ อวัยวะส่วนปาก หนวด ขา และปีกไม่แนบติดกับลำตัว แต่ยื่นออกจากลำตัวเห็นได้ชัด ระยะดักแด้ใช้เวลาประมาณเวลา 3-7 วัน จากนั้นตัวเต็มวัย (ภาพที่ 2.6) ฟักออกจากดักแด้และเจาะเมล็ดซึ่งเหลือแต่เปลือกหุ้มเมล็ดออกมา เมื่อเป็นตัวเต็มวัยแล้วสามารถผสมพันธุ์ และวางไข่ได้ทันที วงจรชีวิตของด้วงงวงข้าวใช้เวลาประมาณ 30-40 วัน ตัวเต็มวัยมีชีวิตได้นาน 1-2 เดือน สามารถผลิตลูกหลานได้ประมาณ 6-7 รุ่น (ชูวิทย์ และคณะ, 2543)



ภาพที่ 2.3 ระยะไข่

ภาพที่ 2.4 ระยะตัวหนอน

ภาพที่ 2.5 ระยะดักแด้

ภาพที่ 2.6 ระยะตัวเต็มวัย

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ด้วงงวงข้าวเป็นแมลงศัตรูพืชอันดับหนึ่งของเมล็ดธัญพืชในโรงเก็บ (บานชื่น, 2548) โดยเฉพาะเมล็ดข้าวที่ถูกทำลายมองเห็นเป็นรู ข้างในเป็นโพรง (ภาพที่ 2.7) เนื่องจากตัวหนอนกัดกิน และเจริญเติบโตอยู่ภายในเมล็ดข้าวจนกระทั่งเจริญเป็นตัวเต็มวัย (ภาพที่ 2.8) ในกรณีที่มีการทำลายมากเมล็ดถูกกินเหลือแต่เปลือกหรือผิวนอก ซึ่งนำไปใช้ประโยชน์ต่อไปไม่ได้ การทำลายของแมลงชนิดนี้ทำให้ความชื้นของผลิตผลเพิ่มขึ้น 5-6% (ชุมพล, 2533)

แมลงชนิดนี้แพร่กระจายทั่วโลก โดยเฉพาะอย่างยิ่งในแถบเอเชีย และแอฟริกา เนื่องจากว่าด้วงงวงข้าวชอบอากาศร้อน และอบอุ่น จึงไม่สามารถอยู่ได้ในที่มีอุณหภูมิต่ำกว่าจุดเยือกแข็ง สามารถแพร่กระจายไปได้ไกลทั้งจากการขนส่ง และการบินไปเองของด้วงงวงข้าว การระบาดของด้วงงวงข้าวสามารถระบาดได้ตลอดทั้งปี เพราะสามารถกินอาหารได้หลายชนิด ได้แก่ เมล็ดธัญพืชทุกชนิด คือ ข้าว ข้าวโพด ข้าวฟ่าง ข้าวโอ๊ต ข้าวบาร์เลย์ และเมล็ดพืชอื่นๆ ด้วงงวงข้าวชอบเมล็ดที่มีความชื้นสูง ความชื้นที่เหมาะสม คือ ความชื้น 14-16 เปอร์เซ็นต์ (Haque *et al*., 1996) ไม่ทำลายแป้ง เพราะตัวอ่อนไม่สามารถเจริญเติบโตในแป้งได้ พบว่าด้วงงวงข้าวเข้าทำลายในข้าวสารมากกว่าข้าวเปลือก กุสุมา และคณะ (2534) ได้ศึกษาเรื่องนี้ทำให้ทราบว่า ด้วงงวงข้าวทำลายข้าวเปลือกพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105, เหนียวสันป่าตอง, กข 1, กข 7 และ กข 13 ได้น้อยมาก เมื่อทำการทดลองซ้ำ พบว่า ด้วงงวงข้าวไม่ทำลายข้าวเปลือกทั้ง 5 สายพันธุ์ แต่ยังไม่สามารถสรุปได้ว่าข้าวเปลือกทั้ง 5 สายพันธุ์ ต้านทานต่อการทำลายของด้วงงวงข้าว การที่ด้วงงวงข้าวไม่เข้าทำลายอาจมีสาเหตุมาจากเปลือกเมล็ดข้าว โดย Peng *et al*. (1985) พบว่า เปลือกที่ห่อหุ้มเมล็ดข้าวสามารถป้องกันการเข้าทำลายของด้วงงวงข้าวได้

ภาพที่ 2.7 เมล็ดข้าวที่ด้วงงวงข้าวทำลาย

ภาพที่ 2.8 ตัวหนอนที่อาศัยในเมล็ดข้าว

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

การป้องกันกำจัด

ปัญหาที่เกิดจากด้วงงวงข้าวเข้าทำลายข้าวมีวิธีการป้องกันกำจัดได้หลายวิธี ได้แก่ สารรม (ฟอสฟีน) มีพิษสูงมากต่อสิ่งมีชีวิตทุกชนิด มีความพิษในช่วงที่ใช้รมสารเหล่านี้มีช่วงเวลาของความเป็นพิษสั้น ไม่มีพิษตกค้าง การรมเป็นการใช้ภาชนะ (ผ้าใบ) คลุมเมล็ดธัญพืช หรือผลิตผลทางการเกษตรให้มิดชิด แล้วจึงปล่อยสารรมไปในภาชนะนั้นในระยะเวลาหนึ่ง เพื่อทำลายแมลงศัตรูที่อยู่ในเมล็ดธัญพืชเหล่านั้น รวมทั้งด้วงงวงข้าว (บุษรา, 2546)

การใช้อุณหภูมิในการควบคุมแมลง ซึ่งการใช้ความร้อนเป็นกรรมวิธีที่ดีวิธีหนึ่ง สำหรับการใช้วิธีการป้องกันกำจัดที่ไม่มีสารปนเปื้อนที่ทำได้รวดเร็วและง่าย ปัจจุบันในระบบการใช้ความร้อนที่ทำลายแมลง โดยให้เมล็ดธัญพืชผ่านความร้อนที่อุณหภูมิ 63 องศาเซลเซียส เวลาประมาณ 1 นาที (Qaisrani and Banks, 2000) การใช้ความร้อนจะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการตรวจสอบการทำลายของหนอนด้วงงวงข้าวโดยใช้เครื่องตรวจสอบแบบการสะท้อนเสียง (acoustic detection) เมื่อทำให้เมล็ดธัญพืชร้อนขึ้น ตัวหนอนจะมีการเคลื่อนไหว เครื่องสามารถตรวจสอบได้ ทำให้ผลการทดลองมีประสิทธิภาพมากขึ้น เมื่อนำไปใช้กับเมล็ดธัญพืชที่เก็บอยู่ในสภาพที่เย็นแล้วนำมาให้ความร้อน (Mankin *et al*., 1999) การใช้อุณภูมิต่ำก็เช่นเดียวกัน Nakakita and Ikenaga (1997) ได้ทดลองลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็วจาก 30 องสาเซลเซียส เป็น 20 องศาเซลเซียส และลดอุณหภูมิระดับปานกลางจาก 15 องศาเซลเซียส เป็น 5 องศาเซลเซียส มีผลทำให้การหายใจของด้วงงวงข้าวลดลงอย่างมาก และที่ 10 องศาเซลเซียส การฟักไข่และการเจริญเติบโตของด้วงงวงข้าวหยุดชะงัก

การใช้วิธีกลโดยการขัดสีข้าวมีผลต่อการเจริญเติบโตของด้วงงวงข้าว จากการทดลอง โดยแบ่งเป็น 3 กลุ่ม คือ ข้าวที่ไม่มีการขัดสี ข้าวที่ถูกแมลงทำลายแล้วนำไปขัดสี และข้าวที่ขัดสีแล้วให้แมลงทำลาย พบว่า จำนวนลูกหลานของด้วงงวงข้าวเพิ่มมากกว่าในข้าวที่ไม่มีการขัดสี การขัดสีทำให้น้ำหนักหายไป 11 เปอร์เซ็นต์ และแมลงตายทันทีถึง 40 เปอร์เซ็นต์ ด้วงงวงข้าวที่ใช้ข้าวขัดสีเป็นอาหารใช้เวลาการเจริญเติบโตมากกว่า 1 สัปดาห์ และน้ำหนักของด้วงงวงข้าวแต่ละตัวที่ใช้ข้าวไม่ขัดสี ข้าวขัดสีแล้วให้แมลงทำลาย และข้าวที่ถูกทำลายแล้วขัดสี มีค่าเท่ากับ 1.93, 1.50 และ 1.49 มิลลิกรัม ตามลำดับ (Lucas and Riuduavet, 2002)

การใช้ศัตรูธรรมชาติ Choi *et al*. (2001) ได้ศึกษาพฤติกรรมการทำลายของแตนเบียน *Anisopteromas calandrae* Howard กับตัวหนอนของด้วงงวงข้าววัยที่ 3 (อายุ 13 วัน) และวัยที่ 4 (อายุ 20 วัน) ที่อุณหภูมิ 28 องศาเซลเซียส พบว่า แตนเบียนชอบกินแมลงอาศัยวัยที่ 3 เพื่อเป็นอาหารและวางไข่บนแมลงอาศัยวัยที่ 4 ในการตรวจสอบการทำลายของแตนเบียน *A. calandrae* Howard บนตัวหนอนของด้วงงวงข้าวที่ใช้ข้าวสาลีเป็นอาหาร

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

วัสดุในการทำบรรจุภัณฑ์

การบรรจุภัณฑ์ (packaging) หมายถึง การบรรจุห่อเพื่อรอการขนส่งและจำหน่าย ความรู้ที่ได้ในการพัฒนาบรรจุภัณฑ์ต้องใช้ความรู้หลายๆ สาขามาประยุกต์ใช้ เช่น บรรจุภัณฑ์อาหารต้องใช้เทคโนโลยีทางอาหาร เพื่อวิเคราะห์การเกิดปฏิกิริยาระหว่างอาหารกับบรรจุภัณฑ์ พร้อมทั้งศึกษาวิธีการถนอมอาหารให้ได้ตามกำหนดเวลาที่ต้องการ นอกจากนี้การกำหนดอายุขัยอาหารยังต้องใช้ความรู้ทางด้านการตลาด และการขนส่ง เพื่อประเมินเวลาที่สินค้าอาหารจะอยู่ในตลาดและสามารถบริโภคได้หมดก่อนอาหารจะแปลงสภาพจนบริโภคไม่ได้

พลาสติก เป็นวัสดุบรรจุภัณฑ์ที่นิยมกันมากตามท้องตลาด คุณสมบัติของพลาสติก คือ มีน้ำหนักเบา ป้องกันการซึมผ่านของอากาศและก๊าซได้ระดับหนึ่ง สามารถต่อต้านการทำลายของเชื้อราและแบคทีเรีย สามารถเลือกใช้กับงานที่เหมาะสม ฟิล์มพลาสติกที่ใช้ในอุตสาหกรรมบรรจุภัณฑ์มีอยู่หลายประเภท การศึกษาคุณสมบัติของฟิล์มพลาสติกแต่ละประเภทมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่จะทำให้บรรจุภัณฑ์พลาสติกที่เลือกใช้สามารถทำหน้าที่ได้อย่างสมบูรณ์ (ปุ่น และสมพร, 2541)

บรรจุภัณฑ์อาหารมีบทบาทสำคัญในขั้นตอนสุดท้ายที่จะช่วยรักษาคุณภาพอาหารซึ่งอาจทำให้เปลี่ยนแปลงไปโดยปัจจัยด้านสิ่งแวดล้อม วัตถุประสงค์หลักที่จัดว่าสำคัญมาก คือ การยืดอายุการเก็บของอาหารให้ยาวนานขึ้น และสามารถรักษาคุณภาพของอาหารให้คงอยู่จนกระทั่งบริโภคหมด ในแง่การขนส่งออกจำเป็นอย่างยิ่งที่บรรจุภัณฑ์ช่วยรักษาคุณภาพของความหอม รสชาติ และความอร่อยจนกระทั่งถึงมือผู้บริโภค ประเทศไทยเป็นประเทศที่มีผลผลิตทางด้านเกษตรมากมาย การส่งออกอาหารจากการแปรรูปผลผลิตเกษตรจะนำซึ่งเงินตราเข้าประเทศ แต่ต้องได้มาตรฐานของบรรจุภัณฑ์ด้วย บรรจุภัณฑ์พลาสติกที่นิยมใช้ในท้องตลาด คือ ถุงพอลิเอทิลีนเป็นฟิล์มพลาสติกที่มีการใช้มากที่สุด และราคาถูก พอลิเอทิลีน (PE) เกิดจากกระบวนการพอลิเมอไรเซชั่น (polymerization) ของก๊าซเอทิลีน (ethylene) ภายใต้ความดันและอุณหภูมิสูงในสภาวะปราศจากตัวเร่งปฏิกิริยาโลหะ (metal catalyst) (ปุ่นและสมพร, 2541)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ฟิล์มพลาสติกที่ใช้ทำบรรจุภัณฑ์

1. พลาสติกชนิดพอลิเอทิลีน (polyethylene)

ฟิล์มพอลิเอทิลีน (PE) มีหลายชนิด เช่น ชนิดที่มีความหนาแน่นต่ำจะมีลักษณะใส เหนียว ป้องกันการซึมผ่านของไอน้ำได้ดี ทนความร้อนได้สูง ใช้ทำถุงเย็นต่างๆ ทำฟิล์มหด (shrink film) สำหรับห่ออาหาร ส่วนชนิดความหนาแน่นสูง มีลักษณะใสน้อยกว่ามีความเหนียวและเนื้อแข็งกว่า ใช้ทำถุงร้อน ถุงบรรจุอาหาร ขนมขบเคี้ยว ใช้ประกบวัสดุอื่นทำภาชนะคงรูป เช่น ขวดนม ลังบรรจุ

น้ำอัดลม เนื่องจากมีชนิด และชั้นคุณภาพหลายลักษณะ ชนิดของพอลิเอทิลีนนิยมแบ่งตามความหนาแน่นดังนี้

HDPE (High-density polyethylene) มีความหนาแน่น 0.941-0.959 กรัม/ลูกบาศก์เซนติเมตร

MDPE (Medium-density polyethylene) มีความหนาแน่น 0.926-0.936 กรัม/ลูกบาศก์เซนติเมตร

LDPE (Low-density polyethylene) มีความหนาแน่น 0.910-0.925 กรัม/ลูกบาศก์เซนติเมตร

LLDPE (Linear-Low-density polyethylene) มีความหนาแน่น 0.910-0.925 กรัม/ลูกบาศก์เซนติเมตร

พอลิเอทิลีนเป็นพลาสติกที่มีคุณสมบัติป้องกันน้ำและความชื้นได้ สามารถใช้กับเครื่องจักรได้ดี ปิดผนึกด้วยความร้อนได้ ทนอุณหภูมิได้ทั้งร้อนทั้งเย็น เป็นพลาสติกที่ใช้มากที่สุดในปัจจุบันนี้ และราคาถูก สืบเนื่องมาจากพอลิเอทิลีนมีจุดหลอมเหลวต่ำเมื่อเทียบกับพลาสติกชนิดอื่นๆ ทำให้มีต้นทุนการผลิตต่ำ

คุณสมบัติของฟิล์มพอลิเอทิลีน (PE)

1. โปร่งแสง โดยทั่วไปพอลิเอทิลีนที่มีความหนาแน่นเพิ่มขึ้นความใสจะลดลง
2. นิ่มและยืดหยุ่น มีความเหนียวสูง
3. มีความทนทานต่อสารเคมีจำพวกกรด ด่างได้ดี
4. ดูดซึมน้ำได้ต่ำมาก และป้องกันการซึมผ่านของไอน้ำได้ดี
5. ป้องกันการซึมผ่านของก๊าซได้ต่ำ (HDPE ป้องกันได้ดีกว่า)
6. ป้องกันการซึมผ่านของไขมัน น้ำมันได้ต่ำ (HDPE ป้องกันได้ดีกว่า)
7. มีความคงรูปต่ำ (HDPE คงรูปได้ดีกว่า)
8. ปิดผนึกด้วยความร้อนได้ดี (ยกเว้น HDPE) ปิดผนึกที่ 122-55 องศาเซลเซียส
9. มีความปลอดภัย สามารถใช้กับอาหารและยาได้
10. สามารถใช้ร่วมกับวัสดุอื่น เช่น ฟิล์มพลาสติกต่างชนิดกัน กระดาษ และอลูมิเนียม ในลักษณะของการประกบ หรือรีดร่วมเพื่อเสริมคุณสมบัติ ในการใช้งานให้เหมาะสม

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

2. พลาสติกชนิดโพลีโพรพีลีนโพรไพลีน (polypropylene)

ฟิล์มโพลีโพรพีลีน เป็นฟิล์มที่จัดอยู่ในกลุ่มโพลีโอลีฟิน (polyolefin) เช่นเดียวกับพอลิเอทิลีน (PE) จึงมีคุณสมบัติและนำมาใช้ประโยชน์ที่คล้ายกัน การผลิตนิยมกระทำโดยวิธีการเป่าให้โมเลกุลมีการจัดเรียงตัวกัน 2 ทิศทาง คือ ในแนวขนานและแนวขวางเครื่อง จึงเรียกว่า Biaxial Orientation Polypropylene หรือ Oriented Polypropylene (BOPP หรือ OPP) แต่ถ้าผลิตโดยวิธีการหล่อจะเรียกว่า Cast Polypropylene (CPP)

ฟิล์มพอลิโพรไพลีนเป็นพลาสติกที่มีคุณสมบัติทนความร้อนได้สูงกว่าพอลิเอทิลีน ใช้ผลิตถุงที่บรรจุของร้อนที่ขายตามตลาดทั่วไป มีความใสเป็นเงา ไม่เป็นรอยขูดขีดง่าย ป้องกันไอน้ำได้ดี บรรจุภัณฑ์ขนส่งอีกประเภทหนึ่งที่มีการใช้โพลีโพรพีลีนเป็นอย่างมาก คือ ถุงพลาสติกสาน (woven sack)

คุณสมบัติของฟิล์มโพลีโพรพีลีน (PP)

1. มีความโปร่งใส และเป็นมันวาว ทำให้ฝุ่นไม่เกาะติดง่าย
2. มีความเหนียว และมีความสามารถในการดูดน้ำได้ต่ำมาก
3. มีความทนทานต่อสารเคมีได้ โดยเฉพาะสารประเภทกรด-ด่าง และตัวทำละลายต่างๆ
4. สามารถป้องกันการซึมผ่านของไอน้ำได้ดี โดยชนิด OPP จะดีกว่าชนิด CPP
5. สามารถป้องกันการซึมผ่านของไขมันหรือน้ำมันได้ดี
6. ป้องกันการซึมผ่านของก๊าซได้ต่ำ โดยชนิดของ OPP จะดีกว่าชนิด CPP
7. ชนิด CPP สามารถปิดผนึกด้วยความร้อนได้ที่อุณหภูมิ 135 ถึง 150 องศาเซลเซียส แต่ชนิดของ OPP ไม่สามารถปิดผนึกด้วยความร้อนได้เพราะฟิล์มจะหดตัว
8. ชนิด CPP ไม่ทนต่ออุณหภูมิจุดเยือกแข็ง โดยจะทำให้กรอบและแตก แต่ชนิด OPP สามารถ ทนได้ที่อุณหภูมิ -40 องศาเซลเซียส
9. มีความคงรูป และมีความปลอดภัย จึงสามารถใช้กับอาหารและยาได้

3. พลาสติกชนิดพอลิเอทธิลีนเทอเรพทาเลต (polyethylene terephthalate)

ฟิล์มพอลิเอทธิลีนเทอเรพทาเลต (PET) จัดเป็นฟิล์มในกลุ่มพอลิเอสเทอร์ เพราะมีเอสเทอร์ 2 กลุ่มขึ้นไป โดยเกิดจากปฏิกิริยาของเอทธิลีนไกลคอล (ethylene glycol) กับ ไดเมทธิลเทอเรพทาเลต (dimethyl terephthalate) ชนิดที่นิยมใช้จะต้องผ่านกระบวนการจัดเรียงโมเลกุลมา 2 ทิศทาง เพราะทำให้มีความโปร่งใส สามารถป้องกันไอน้ำ และก๊าซ และทนสารเคมีได้ดีกว่าชนิดธรรมดา

คุณสมบัติของฟิล์มพอลิเอทธิลีนเทอเรพทาเลต

1. มีความโปร่งใส และเหนียวมาก โดยเฉพาะค่าต้านแรงตึงขาด และค่าต้านแรงกระแทก

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

2. สามารถทนต่อสารเคมี โดยเฉพาะสารประเภทกรด และตัวทำละลาย แต่ไม่ทนต่อด่าง
3. มีอัตราการดูดซึมน้ำได้ต่ำ
4. ป้องกันการซึมผ่านของก๊าซได้ดีมาก
5. ป้องกันการซึมผ่านของไขมันหรือน้ำมันได้ดี
6. สามารถปิดผนึกได้ด้วยความร้อน แต่ต้องใช้อุณหภูมิ 220 ถึง 230 องศาเซลเซียส
7. ทนต่ออุณหภูมิร้อนจัด และเย็นจัด โดยสามารถใช้ได้ที่อุณหภูมิ 160 องศาเซลเซียส ถึง -40 องศาเซลเซียส
8. มีความปลอดภัย สามารถใช้กับอาหารและยาได้
9. ใช้ร่วมกับพลาสติกอื่น ในลักษณะของเคลือบ เพื่อทำเป็นถุงที่สามารถต้ม และถุงที่เข้าตู้อบได้ นอกจากนี้ยังนำฟิล์มที่เคลือบนี้มาประกบกับฟิล์มพลาสติกอื่นอีกชั้นเพื่อเสริมคุณสมบัติในการใช้งานได้ดีมากยิ่งขึ้น

4. พลาสติกชนิดเมททัลไลซ์พอลิเอทธิลีนเทอเลพทาเลต (MPET)

ฟิล์มชนิดเมททัลไลซ์ (metallized polyethylene terephthalate) เป็นพลาสติกที่ถูกเคลือบด้วยไอ หรือละอองของอลูมิเนียม ในรูปฟิล์มพลาสติกพอลิเอทธิลีนเทอเรพทาเลต (PET) โดยระบบสุญญากาศ เพื่อเพิ่มศักยภาพในการซึมผ่านของอากาศ และแสง ใช้กับบรรจุภัณฑ์ที่เป็นงานพิมพ์ระบบกราเวียร์ทั่วไป มีสีเงินเงา ช่วยสร้างความโดดเด่นสวยงาม ให้กับผลิตภัณฑ์ และช่วยยืดอายุผลิตภัณฑ์ มีคุณสมบัติในการป้องกันการซึมผ่านของก๊าซได้เป็นอย่างดี จึงมีการนำไปเคลือบหลายชั้นทำเป็นซองบรรจุอาหารที่มีความไวต่อก๊าซ เช่น อาหารขบเคี้ยว เป็นต้น นอกจากนี้ ฟิล์ม MPET ยังมีคุณสมบัติเด่นอีกหลายประการ เช่น ทนแรงยืดและแรงกระแทกเสียดสีได้ดี จุดหลอมเหลวสูง แต่ข้อด้อย คือ ไม่สามารถปิดผนึกด้วยความร้อน และฉีกเปิดยาก ทำให้โอกาสใช้ฟิล์ม MPET อย่างเดียวน้อยมาก แต่มักใช้เคลือบชั้นกับพลาสติกชนิดอื่นๆ

คุณสมบัติของฟิล์มเมททัลไลซ์

1. อายุการใช้งานยาว ผิวของอลูมิเนียมแข็งโดยธรรมชาติ และไม่เกิดปฏิกิริยากับก๊าซออกซิเจน และสัมผัสน้ำไม่เกิดปฏิกิริยาใดๆ เว้นแต่น้ำนั้นมีสารละลายเกลืออาจทำให้เกิดการกัดกร่อนได้
2. ราคาถูก และเป็นโลหะที่มีอยู่มากมายบริเวณเปลือกโลก
3. มีคุณสมบัติเด่นหลายประการ เช่น พับได้ เป็นตัวนำไฟฟ้า และความร้อนสูง ต้านทานการกัดกร่อนสูง ไม่เป็นพิษ น้ำหนักเบา เป็นเงา และสะท้อนแสง สกัดกั้นความชื้นได้ดีเลิศ และทนต่อไขมัน สารละลายอินทรีย์

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

4. อลูมิเนียมอาจเกิดรอยแตกได้ง่าย ทำให้มีช่องเปิด ดังนั้นหากประกบอลูมิเนียมกับวัสดุอื่นจะช่วยป้องกันไม่ให้เกิดรอยแตกได้ เพื่อให้สามารถทำหน้าที่คุ้มครองผลิตภัณฑ์ได้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

คุณสมบัติของก๊าซในการบรรจุภัณฑ์อาหาร

ในที่นี้จะกล่าวเฉพาะคุณสมบัติของก๊าซที่สำคัญในการบรรจุผลิตภัณฑ์อาหาร คือ ก๊าซออกซิเจน ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และก๊าซไนโตรเจน (Parry, 1993)

1. ก๊าซออกซิเจน ในอากาศมีก๊าซออกซิเจนประมาณร้อยละ 20.9 มีความสำคัญต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ และที่สำคัญคือแบคทีเรียที่ชอบอากาศ รวมทั้งสามารถทำปฏิกิริยาออกซิเดชันกับสารประกอบต่างๆ ในอาหาร เช่น ไขมัน วิตามิน เป็นต้น นอกจากนี้ยังทำให้เกิดปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาล (browning reaction) ในอาหาร ทำให้คุณภาพด้านสีของอาหารลดลง ดังนั้น การบรรจุอาหารในสภาพไร้ก๊าซออกซิเจนหรือมีก๊าซออกซิเจนต่ำกว่าร้อยละ 0.1 จะสามารถป้องกันการเสื่อมเสียของคุณภาพของอาหารจากการกระทำของจุลินทรีย์และป้องกันการเกิดปฏิกิริยาเหล่านี้ได้ นอกจากนั้น Kader (1992) ยังพบว่า การเสื่อมของผัก และผลไม้จะช้าลงเมื่อเก็บรักษาในสภาพที่ออกซิเจนต่ำ ($\leq$10 kPa) แต่อย่างไรก็ตาม Di-Pentima *et al.* (1995) พบว่าเมื่อเก็บรักษาผักในระดับออกซิเจนที่ต่ำเกินไป (<2 kPa) มีผลทำให้บล๊อคเคอลี่เกิดการพัฒนาของเมตตาบอลิซึม และรสชาติที่ผิดปกติ

2. ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ในอากาศปกติจะมีก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เพียงร้อยละ 0.03 ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ความเข้มข้นสูงๆ จะมีบทบาทสำคัญมากต่อการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์อาหารคุณสมบัติที่สำคัญของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ คือ

- ชะลออัตราการหายใจของพืช โดยทั่วไปเมื่อความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในบรรยากาศเพิ่มขึ้น อัตราการหายใจของพืชจะลดลงทำให้อายุการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น อย่างไรก็ตามความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เหมาะสมจะแตกต่างกันออกไปขึ้นอยู่กับชนิดของพืช การชะลออัตราการหายใจของพืชอาจจะได้ผลน้อยเมื่อใช้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ความเข้มข้นต่ำเกินไป ในขณะที่ความเข้มข้นสูงเกินอาจทำให้เซลล์พืชเป็นอันตรายอันเป็นเหตุให้เกิดการเน่าเสียเร็วยิ่งขึ้น

- ยับยั้งการเจริญเติบโตของแมลง และจุลินทรีย์บางชนิด อีกทั้งผลของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์นี้จะเพิ่มมากขึ้นเมื่ออุณหภูมิลดลง หรือเมื่อความดันบรรยากาศเพิ่มขึ้น โดยทั่วไปแล้วก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จะเป็นพิษต่อแมลงหลายชนิด แต่สำหรับด้วงงวงข้าวนั้นจะมีความทนทานได้มากกว่าแมลงชนิดอื่น จากการศึกษาของ Annis and Morton (1997) พบว่า การ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

กำจัดด้วงงวงข้าวที่สร้างความเสียหายภายในบรรจุภัณฑ์ทำได้ที่ 25 องศาเซลเซียส ที่ความชื้นสัมพัทธ์ (relative humidity) 60 เปอร์เซ็นต์ กับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ความเข้มข้น 15 ถึง 100 เปอร์เซ็นต์ ในอากาศที่สมดุล และยังพบอีกว่า การให้สารฟอสฟีนควบคู่ไปกับการเพิ่มก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ที่ความเข้มข้น 10 เปอร์เซ็นต์ และ 20 เปอร์เซ็นต์ ส่งผลทำให้ความสามารถในการต้านทานของด้วงงวงข้าวลดลงมากกว่าการใช้ฟอสฟีนเพียงอย่างเดียว (Athie *et al*., 1997) นอกจากนี้ Hodges and Surendro (1995) ยังรายงานว่า การเก็บรักษาข้าวสารด้วยวิธีการบรรจุก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ลงไปภายในถุงบรรจุภัณฑ์ พบว่า ถุงที่บรรจุก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จะไม่พบแมลง และความขาวของข้าวจะลดลง เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลานาน

- สามารถละลายได้ดีในน้ำและไขมัน และการละลายนี้จะเพิ่มมากขึ้นเมื่ออุณหภูมิลดลง สังเกตได้จากการยุบตัวของภาชนะบรรจุ เนื่องจากความดันภายในต่ำกว่าความดันบรรยากาศ

3. ก๊าซไนโตรเจน ในอากาศทั่วไปจะมีก๊าซไนโตรเจนประมาณร้อยละ 79 คุณสมบัติที่สำคัญที่นำมาใช้ในการบรรจุผลิตภัณฑ์คือ เป็นก๊าซเฉื่อยต่อปฏิกิริยาเคมีจึงมักใช้ในการแทนที่ก๊าซออกซิเจนเพื่อป้องกันการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน หรือปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลในอาหาร ไม่มีกลิ่น ไม่มีรส จึงสามารถใช้ได้กับผลิตภัณฑ์อาหารทุกชนิด ละลายในน้ำและไขมันได้น้อยมาก นอกจากนี้ยังนิยมใช้ก๊าซไนโตรเจนเพื่อรักษาระดับความดันภายในภาชนะบรรจุ ป้องกันการยุบตัวของภาชนะและการแตกหักเสียรูปทรงของผลิตภัณฑ์

ปัจจัยต่างๆ ที่ทำให้เกิดความเสียหายกับข้าวในขณะเก็บรักษา (เอกสงวน, 2544)

สิ่งสำคัญที่สุดที่ต้องคำนึงในการเก็บรักษาข้าวคือ ต้องรักษาคุณภาพและปริมาณของข้าวที่เก็บโดยไม่มีการเปลี่ยนแปลง หรือมีการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้นน้อยที่สุด ผลผลิตของข้าวที่เก็บรักษาไว้ในโรงเก็บส่วนใหญ่จะเกิดความเสียหายขึ้น โดยมีสาเหตุมาจากปัจจัยทางกายภาพ ได้แก่ อุณหภูมิในโรงเก็บ ความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศในโรงเก็บ ความชื้นของข้าวที่เก็บ และปัจจัยทางชีวภาพ ได้แก่ ข้าวที่เก็บ แมลงศัตรู จุลินทรีย์ต่างๆ และสัตว์ศัตรูโรงเก็บ เป็นต้น ซึ่งพอจะจำแนกออกได้ดังนี้

1. ข้าวที่นำเข้าเก็บรักษา ข้าวที่นำเข้ามาเก็บรักษาต้องมีสภาพที่เหมาะสมสำหรับการเก็บรักษา มิฉะนั้นจะเกิดความเสียหายขึ้นได้ในขณะเก็บรักษา สภาพที่เหมาะสมต่อการเก็บรักษาโดยทั่วไปหมายถึง ความชื้นต้องต่ำ สะอาด ปราศจากโรคและแมลงศัตรู และได้รับการปฏิบัติในขั้นตอนการเก็บเกี่ยว นวด ตาก ทำความสะอาดอย่างถูกต้องเหมาะสม

1.1 ความชื้นของข้าว ก่อนที่จะนำข้าวเข้าเก็บต้องตรวจสอบความชื้นก่อน ถ้าสูงเกินระดับที่ปลอดภัยต่อการเก็บรักษา ต้องลดความชื้นลงให้อยู่ในระดับที่ปลอดภัยจึงนำเข้าเก็บ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

รักษา โดยทั่วไปความชื้นของข้าวไม่ควรสูงเกินร้อยละ 14 ความชื้นเป็นปัจจัยสำคัญที่บ่งชี้ถึงคุณภาพของข้าว เพราะความชื้นเป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้เกิดความเสียหายขึ้นกับข้าว ผลผลิตบางชนิด เช่น เมล็ดข้าว ข้าวโพด ข้าวสาลี เป็นเมล็ดที่ยังมีชีวิต ขบวนการทางชีวเคมีภายในเมล็ดยังดำเนินอยู่ เช่น ขบวนการหายใจ ซึ่งเป็นขบวนการที่นำเอาออกซิเจนจากอากาศไปสันดาปกับโมเลกุลของสารประกอบคาร์โบไฮเดรต แล้วปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ น้ำ และความร้อนออกมา ดังสมการเคมี

$$C_6H_{12}O_6 + 6\,O_2 \longrightarrow 6\,CO_2 + 6\,H_2O + \text{Heat}$$

นอกจากนี้เมล็ดที่มีความชื้นสูงจะถูกแมลงศัตรูและจุลินทรีย์ต่างๆ เข้าทำลายได้ง่ายและรวดเร็วกว่าเมล็ดที่มีความชื้นต่ำ โดยทั่วไปถ้าความชื้นของข้าวต่ำกว่าร้อยละ 9 จะส่งผลให้แมลงศัตรูโรงเก็บส่วนใหญ่จะไม่ทำลายและไม่สามารถเจริญเติบโตแพร่พันธุ์ได้ ดังนั้นความชื้นของผลผลิตก่อนเก็บรักษาต้องต่ำ ไม่ควรเกินร้อยละ 13-14 สำหรับเมล็ดธัญพืช และไม่เกินร้อยละ 8-9 สำหรับเมล็ดพืชน้ำมัน

1.2 ความสะอาด ข้าวที่เก็บต้องสะอาดไม่มีสิ่งเจือปน เช่น เศษฟาง ตอซัง วัชพืช กรวด ดิน เพราะสิ่งเหล่านี้ดูดความชื้นได้ดีกว่าเมล็ดข้าว ทำให้ข้าวมีความชื้นเพิ่มสูงขึ้นได้ในขณะเก็บรักษา

1.3 ข้าวที่เก็บต้องปราศจากโรค และแมลงศัตรู ควรมีการตรวจสอบแมลงศัตรูในข้าวก่อนเก็บ ถ้าพบแมลงศัตรูปะปนไม่ว่าในระยะของการเจริญเติบโตใดๆ ต้องหาวิธีป้องกันกำจัดที่ถูกต้องเหมาะสม

1.4 มีการจัดการก่อนเก็บรักษาอย่างถูกต้องเหมาะสม การจัดการที่ถูกวิธีและเหมาะสมในระยะก่อนการเก็บรักษาย่อมมีผลทำให้ข้าวนั้นเกิดการสูญเสีย หรือเสื่อมคุณภาพในระหว่างการเก็บรักษาช้าลง เช่น การเก็บเกี่ยวข้าวในระยะเวลาที่เหมาะสม คือ ระยะสุกแก่ทางสรีระวิทยา (physiological maturity) ไม่เก็บเกี่ยวเร็วหรือช้าเกินไป เมื่อนำไปเก็บรักษาไว้ ข้าวจะมีคุณภาพการสีดีกว่าข้าวที่เก็บเกี่ยวเร็วหรือช้าเกินไป และในด้านคุณภาพเมล็ดพันธุ์ข้าวที่เก็บเกี่ยวในระยะเหมาะสมจะมีอายุการเก็บรักษาเป็นเมล็ดพันธุ์ได้นานกว่าข้าวที่เก็บเกี่ยวอ่อนหรือแก่เกินไป นอกจากนี้การเก็บเกี่ยวในระยะเหมาะสม ยังมีส่วนช่วยลดปัญหาเรื่องการเข้าทำลายของแมลงศัตรูในโรงเก็บลงอีกด้วย เพราะแมลงศัตรูในโรงเก็บส่วนใหญ่สามารถที่จะเข้าทำลายข้าวได้ตั้งแต่ระยะสุกแก่ของข้าวในแปลง การเก็บเกี่ยวล่าช้ากว่ากำหนดออกไป จะเป็นการเปิดโอกาสให้แมลงศัตรูเข้าทำลายและวางไข่ตั้งแต่ข้าวอยู่ในแปลงปลูกและจะติดมากับข้าวเมื่อเก็บเกี่ยวมา หลังจากนี้อาจ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ทำความเสียหายและเพิ่มจำนวนอย่างมากมายในระหว่างการเก็บรักษา การนวดข้าวอย่างไม่ถูกต้อง ทำให้เมล็ดข้าวเกิดความเสียหาย เช่น การตั้งเครื่องนวดให้มีจำนวนรอบของลูกนวดเร็วเกินไป เพื่อต้องการนวดให้เสร็จเร็ว จะทำให้เกิดเมล็ดข้าวแตกร้าวมาก ทำให้คุณภาพการสีลดลงแล้ว ยังเปิดโอกาสให้แมลงศัตรูข้าวบางชนิดเข้าทำลายได้ง่ายขึ้น นอกจากนี้การเตรียมสภาพของโรงเก็บก็มีความสำคัญที่จะต้องพิจารณาถึง ก่อนนำข้าวใหม่เข้าเก็บ ต้องทำความสะอาดโรงเก็บ กำจัดข้าวเก่าออกไปมิให้เป็นแหล่งหลบซ่อนของแมลง เมื่อโรงเก็บสะอาดแล้วถ้าเป็นไปได้ควรมีการฉีดพ่นสารเคมีฆ่าแมลง เพื่อป้องกันกำจัดแมลง บริเวณภายในผนังโรงเก็บ เพดาน และรอบๆ ผนังโรงเก็บด้านนอก ก่อนนำข้าวใหม่เข้าเก็บ

2. แมลงศัตรู จุลินทรีย์ต่างๆ และสัตว์ศัตรูในโรงเก็บ เป็นสาเหตุอีกประการหนึ่งที่ทำความเสียหายให้กับข้าวที่เก็บรักษาอย่างมากในแต่ละปี ประมาณกันว่าผลผลิตที่เก็บรักษาไว้จะถูกทำลายเสียหายเนื่องจากแมลงศัตรู นก หนู และจุลินทรีย์ต่างๆ สูงถึงร้อยละ 10-30

3. อุณหภูมิ และความชื้นสัมพัทธ์ภายในโรงเก็บ เป็นปัจจัยที่สำคัญอีกปัจจัยหนึ่งที่ทำให้ข้าวที่เก็บรักษาไว้มีความเสียหายเกิดขึ้นหรือไม่ ถ้าอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศภายในโรงเก็บสูงจะทำให้ข้าวมีการเสื่อมคุณภาพเกิดขึ้นเร็ว และช่วยให้แมลงศัตรูและจุลินทรีย์ต่างๆ ในโรงเก็บเจริญเติบโตและเข้าทำลายข้าวได้อย่างรวดเร็ว โดยปกติทั่วไปจุลินทรีย์ส่วนใหญ่จะเจริญเติบโตได้ดีสภาพที่มีอุณหภูมิ 20-40 องศาเซลเซียส และมีความชื้นสัมพัทธ์สูงกว่าร้อยละ 65 แมลงศัตรูในโรงเก็บส่วนใหญ่จะเจริญเติบโตได้ดีที่อุณหภูมิระหว่าง 21-35 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 65-80 ดังนั้น จึงต้องพยายามควบคุมอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศในโรงเก็บให้ต่ำกว่าระดับดังกล่าว ซึ่งในทางปฏิบัติเป็นไปได้ยาก นอกจากจะต้องมีการลงทุนที่สูงจึงจะทำได้ เพราะประเทศไทยตั้งอยู่ในเขตร้อนชื้น อุณหภูมิของอากาศและความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศโดยเฉลี่ยประมาณ 30 องศาเซลเซียสและร้อยละ 65 ตามลำดับ ซึ่งเป็นระดับที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์และแมลงศัตรูในโรงเก็บประกอบกับสภาพและลักษณะของโรงเก็บข้าวส่วนใหญ่ในประเทศไทยเป็นโรงเก็บที่ไม่มีการควบคุมอุณหภูมิหรือความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศ

4. ลักษณะ โรงเก็บและลักษณะการเก็บรักษา โรงเก็บที่ดีจะต้องตั้งอยู่บนที่ดอนและแห้ง มีการระเหยน้ำดี เพื่อป้องกันน้ำท่วมขังบ่อยๆ บริเวณโรงเก็บต้องสะอาด โล่งเตียน ไม่มีต้นไม้ใหญ่ขึ้นปกคลุม สภาพของตัวโรงเก็บต้องมีผนังปิดมิดชิด แน่นหนา มีหลังคากันแดด กันฝน น้ำค้างและควรยกพื้นสูงจากพื้นดิน 80 เซนติเมตร เพื่อให้มีการถ่ายเทอากาศด้านล่าง ตามช่องเปิดต่างๆ ควรมีตาข่ายป้องกันนก หนู และมีระบบระบายอากาศที่ดี

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

การบรรจุภัณฑ์ที่มีผลต่อคุณสมบัติของข้าวสาร

โดยทั่วไปแล้วการค้าข้าวนั้น ข้าวสารส่วนใหญ่จะถูกเก็บรักษาภายใต้การบรรจุภัณฑ์เป็นระยะเวลานานๆ เพื่อรอจำหน่ายหรือรอการบริโภค ซึ่งการเก็บรักษาข้าวสารไว้เป็นระยะเวลานานนั้นจะทำให้ข้าวที่เก็บรักษามีคุณสมบัติบางอย่างเปลี่ยนแปลงไป ทั้งเคมีและกายภาพ เช่น ปริมาณไขมัน โปรตีน อะไมโลส คุณภาพการหุงต้ม เป็นต้น (ภัทรพร, 2540) ข้าวสารที่นำมาจำหน่ายเพื่อรอการบริโภคนั้นปกติจะทำการใส่บรรจุภัณฑ์ในรูปแบบต่างๆ กัน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับผู้ผลิตข้าวสารออกจำหน่าย จากรายงานพบว่าการบรรจุภัณฑ์ มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติทางเคมี และกายภาพของข้าวตลอดอายุการเก็บรักษา (งามชื่น, 2542)

ภัทรพร (2540) รายงานว่า การเก็บรักษาข้าวสารในถุง 4 ชนิด คือ ถุงพลาสติกสาน ถุงพอลิเอทิลีน ถุงไนลอน และถุงอลูมิเนียมฟอยล์ และเก็บในสภาพที่ออกซิเจนต่ำ โดยการเก็บในถุงอลูมิเนียมฟอยล์ที่เป็นสุญญากาศ เป็นเวลา 6 เดือน พบว่า การเก็บในสภาพออกซิเจนต่ำ และที่อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส มีผลทำให้การเจริญของแมลง ซากลอกคราบของแมลงเกิดขึ้นน้อย ปริมาณกรดไขมันอิสระ และค่าเพอออกไซด์น้อยกว่าบรรจุภัณฑ์แบบอื่นๆ ส่วนค่าความแข็งของข้าวสุก และปริมาณเมล็ดเหลืองเพิ่มมากขึ้นเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้น อย่างไรก็ตามการเก็บรักษาข้าวสารในบรรจุภัณฑ์ภายใต้อุณหภูมิต่ำก็สามารถชะลอการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติทางเคมีของข้าวได้เช่นกัน พบว่า ไม่มีการเปลี่ยนแปลงในค่าความขาวของข้าวสาร อุณหภูมิแป้งสุก ปริมาณโปรตีน ไขมัน เถ้า สตาร์ช และอไมโลส ในทุกสภาพการเก็บ แต่พบปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์มากในถุงพลาสติกสาน เมื่อระยะเวลาการเก็บนานเพิ่มขึ้น การเปลี่ยนแปลงอัตราการขยายปริมาตรข้าวสุก ความหนืดสูงสุดของแป้งสุก ความคงตัวแป้งสุก ความแข็งของข้าวสุก และปริมาณเมล็ดเหลืองเพิ่มมากขึ้นทุกสภาพการเก็บรักษา พบปริมาณกรดไขมันอิสระมากที่สุดในข้าวสารที่เก็บในถุงพลาสติกสาน นอกจากนี้ พีชยา (2541) ยังรายงานว่าการเก็บรักษาข้าวกล้องในสภาวะบรรจุต่างๆ (ถุงกระดาษ, ถุงพลาสติกพอลิเอทิลีน และถุงอลูมินัมฟอยล์) เป็นเวลา 4 เดือน ความชื้นของข้าวกล้องมีการเปลี่ยนแปลงเล็กน้อย ยกเว้นที่บรรจุในถุงกระดาษจะเก็บได้เพียง 3 เดือน ข้าวจะเสื่อมเสียจากแมลงและเชื้อรา ทางด้านคุณภาพทางประสาทสัมผัส พบว่า ข้าวกล้องมะลิ 105 ที่บรรจุในถุงพลาสติกพอลิเอทิลีน เก็บที่อุณหภูมิห้อง นาน 6 เดือน มีการเปลี่ยนแปลงของกลิ่นหืนและกลิ่นรสมากในระดับที่ผู้บริโภคไม่ยอมรับ ดังนั้นจึงสรุปได้ว่า สภาวะการเก็บรักษาคุณภาพของข้าวกล้องคือ การบรรจุข้าวกล้องในถุงอลูมินัมฟอยล์สภาพสุญญากาศเก็บที่อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส

ที่ผ่านมาได้มีการศึกษาการเก็บรักษาข้าวภายใต้บรรจุภัณฑ์ชนิดต่างๆ โดยมีรายงานวิจัยว่าการเก็บรักษาข้าวมีผลทำให้โปรตีนและแป้งไม่มีการเปลี่ยนแปลงในระหว่างการเก็บรักษา มีการละลายของโปรตีนลดลง โดยเฉพาะการเก็บที่อุณหภูมิสูงมีผลทำให้น้ำหนักโมเลกุลของ oryzenin

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

เพิ่มขึ้น ในขณะที่น้ำหนักโมเลกุลของอะไมโลสลดลง (Chrastil, 1990) เนื่องจากพลังงานความร้อนจะทำลายพันธะไฮโดรเจนใน crystalline region ทำให้อะไมโลเพคตินสามารถเข้าไปในเม็ดแป้งมากยิ่งขึ้น ส่งผลให้เม็ดแป้งเกิดบวมอย่างรวดเร็ว ความหนาแน่นจะลดลง ยิ่งไปกว่านั้นผิวของเม็ดแป้งจะเปิดมากขึ้น จนเม็ดแป้งเกิดการแตกต่างฉับพลัน ทำให้อะไลโลสออกจากเม็ดแป้ง จึงทำให้น้ำหนักโมเลกุลของอะไมโลเพคตินเพิ่มขึ้น และงานวิจัยของ Sharp and Timme (1986) ได้มีการศึกษาเกี่ยวกับการเก็บข้าวกล้องในถุงพอลิเอทิลีน ถุงพอลิเอทิลีนที่เก็บรักษาในกระป๋อง และถุงพอลิเอทิลีนเจาะรูในกระป๋องสภาพสุญญากาศ ที่อุณหภูมิ 3 องศาเซลเซียส อุณหภูมิห้องและ 38 องศาเซลเซียส พบว่าที่อุณหภูมิต่ำมีการเปลี่ยนแปลงของกลิ่นน้อยกว่าการเก็บที่อุณหภูมิสูง การเก็บในถุงพอลิเอทิลีนพบปริมาณกรดไขมันอิสระน้อยกว่าการเก็บในกระป๋องและสุญญากาศ ปริมาณความชื้นมีค่าใกล้เคียงกันในทุกภาชนะในระหว่างการเก็บรักษา สอดคล้องกับงานวิจัยของละมุล (2541) ที่รายงานว่า ข้าวกล้องพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ที่บรรจุในถุงพลาสติกพอลิเอทิลีนแล้วเก็บที่อุณหภูมิ 25 และ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 7 เดือน พบว่า มีปริมาณกรดไขมันอิสระที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส สูงกว่าที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส

เพลงพิณ (2541) รายงานว่า การเก็บรักษาข้าวสารพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 เพื่อรอการจำหน่ายหรือรอรับประทานนั้นมีผลต่อคุณภาพของข้าวในด้านเคมี และด้านกายภาพ เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลานาน พบว่า การเก็บรักษาข้าวสารในถุงพลาสติกชนิดพอลิเอทิลีนนั้น อุณหภูมิ และระยะเวลาการเก็บรักษาไม่มีผลต่อปริมาณอะไมโลส กล่าวคือ ที่อุณหภูมิการเก็บรักษาที่ 25 และ 37 องศาเซลเซียส ปริมาณอะไมโลสไม่มีความแตกต่างกัน และพบว่าระยะเวลาในการเก็บรักษานานขึ้น ความคงตัวแป้งสุกเพิ่มขึ้น

พรชัย และวิรงรอง (2550) ได้ศึกษาเกี่ยวกับ ผลของสารดูดกลืนออกซิเจน และชนิดของบรรจุภัณฑ์ ได้แก่ ถุง PE, PP, PVDC (polyvinylidene chloride) และถุง Foil พบว่า บรรจุภัณฑ์ที่ป้องกันการซึมผ่านของก๊าซได้ดี (PVDC และ Foil) สามารถช่วยยืดอายุการเก็บรักษาข้าวซ้อมมือได้ และชนิดของบรรจุภัณฑ์ไม่มีผลต่อปริมาณความชื้นของข้าวซ้อมมือ อีกทั้งในการใช้สารดูดกลืนออกซิเจน (oxygen absorber) ร่วมกับถุง PVDC และ Foil สามารถยับยั้งการเจริญเติบโตตัวอ่อนของมอดแป้งที่มีอยู่ในข้าวซ้อมมือ และยืดอายุการเก็บรักษาข้าวซ้อมมือได้นานกว่า 180 วัน

นอกจากนั้น ยังมีงานวิจัยเกี่ยวกับการใช้บรรจุภัณฑ์เก็บรักษาข้าว โดยงามชื่น (2539) รายงานว่า การบรรจุข้าวสารในลักษณะต่างๆ ดังนี้ 1) ถุงกระสอบพลาสติก 2) ถุงพอลิเอทิลีนปิดผนึก 3) ถุงไนลอนลามิเนทปิดผนึก 4) ถุงไนลอนปิดผนึกสุญญากาศ 5) ถุงไนลอนพร้อมดูดออกซิเจนและปิดผนึก 6) ถุงอลูมินัมฟอยล์ชนิดประกับหลายชั้นปิดผนึก 7) ถุงอลูมินัมฟอยล์

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

พร้อมสารดูดออกซิเจนและปิดผนึก 8) ถุงอลูมินัมฟอยล์ปิดผนึกสุญญากาศและเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 เดือน สามารถสรุปได้ว่า การบรรจุภัณฑ์แบบสุญญากาศหรือการบรรจุพร้อมสารดูดออกซิเจนสามารถยับยั้งการพัฒนาของแมลงได้ ข้าวสารที่เก็บไว้ในทุกภาชนะบรรจุมีปริมาณเมล็ดเหลืองเพิ่มขึ้น ข้าวที่บรรจุในถุงไนลอนธรรมดามีเมล็ดเหลืองสูงกว่าข้าวที่บรรจุในถุงกระสอบพลาสติก การศึกษาครั้งนี้ยังพบว่าการบรรจุภัณฑ์มีความสัมพันธ์กับการเกิดกลิ่นเหม็นสาบ เมื่อเก็บไว้นาน 6 เดือน กล่าวคือ ถุงกระสอบพลาสติกมีกลิ่นเหม็นสาบมากที่สุด และถุงอลูมินัมฟอลย์ที่ปิดผนึกสุญญากาศไม่เกิดกลิ่นเหม็นสาบ ถุงที่บรรจุแบบสุญญากาศจะป้องกันการเกิดกลิ่นเหม็นสาบได้มากกว่าการบรรจุแบบอื่น ส่วนปริมาณกรดไขมันอิสระนั้นเพิ่มสูงขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษา แต่พบว่าการเก็บรักษาที่ห้องเย็นจะมีการพัฒนากรดไขมันอิสระช้ากว่าห้องปกติ การบรรจุภัณฑ์แบบถุงกระสอบพลาสติก เกิดการพัฒนากรดไขมันอิสระเร็วกว่าการบรรจุภัณฑ์แบบอื่น จากการทดลองสามารถสรุปได้ว่า การเก็บรักษาในสภาพห้องเย็น 15 องศาเซลเซียส และบรรจุแบบสุญญากาศ มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงต่อคุณภาพทางด้านเคมีน้อยกว่าการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง

Torres (1995) รายงานว่า การเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ข้าวเปลือกภายนอกโรงเก็บในภาชนะพลาสติกที่ปิดผนึกสนิท โดยการใช้พลาสติกชนิด PVC หนา 0.6 เมตร สำหรับการเก็บข้าวเปลือกภายนอกโรงเก็บชั่วคราว เป็นเวลา 109 วัน พบว่า ไม่มีความแตกต่างทางสถิติเกี่ยวกับความเสียหายระหว่างการเก็บรักษาที่เกิดขึ้นจากศัตรูผลผลิต (ด้วงทำลาย และมอด) หรือโรค และเปอร์เซ็นต์ความชื้นคงไว้ที่ 14 เปอร์เซ็นต์ ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา นอกจากนั้น การใช้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ร่วมกับการใช้ฟิล์มพลาสติกบรรจุในการควบคุมแมลงศัตรูพืช และคุณภาพของข้าวเปลือกพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 Photchanachai (2003) รายงานว่า ข้าวเปลือกที่มีความชื้น 10 เปอร์เซ็นต์ ถูกรมด้วยคาร์บอนไดออกไซด์ 100 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 5 วัน โดยเมล็ดที่ถูกรม และไม่รมจะถูกเก็บไว้ในบรรจุภัณฑ์ 2 ชนิด โดยชนิดแรกนั้น ถุงถูกเคลือบด้วยฟิล์มพอลิเอทิลีน (PE) แบบหลายชั้น และชนิดที่สอง ถุงถูกเคลือบด้วยพอลิเอทิลีนแบบชั้นเดียว ซึ่งฟิล์มที่ใช้มีความหนา 0.05 มิลลิเมตร เก็บไว้ที่อุณหภูมิ 30-35 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 65-80 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 6 เดือน พบว่า เมล็ดพันธุ์ที่ไม่มีการรมคาร์บอนไดออกไซด์จะพบแมลงทำลายผลิตผลมากกว่าเมล็ดที่รมด้วยคาร์บอนไดออกไซด์ และการใช้บรรจุภัณฑ์ชนิดเคลือบฟิล์มแบบหลายชั้นมีแนวโน้มการให้ผลที่ดีกว่าชนิดที่เคลือบเพียงชั้นเดียว ทางด้านคุณภาพเมล็ดพันธุ์ พบว่า เมล็ดที่มีการรม และไม่มีการรม ทั้ง 2 แบบ จะให้เปอร์เซ็นต์การงอกที่สูง (90-95%) และความชื้นของเมล็ดค่อนข้างคงที่อยู่ระหว่าง 10-11 เปอร์เซ็นต์ ตลอดระยะเวลาเก็บรักษา

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved