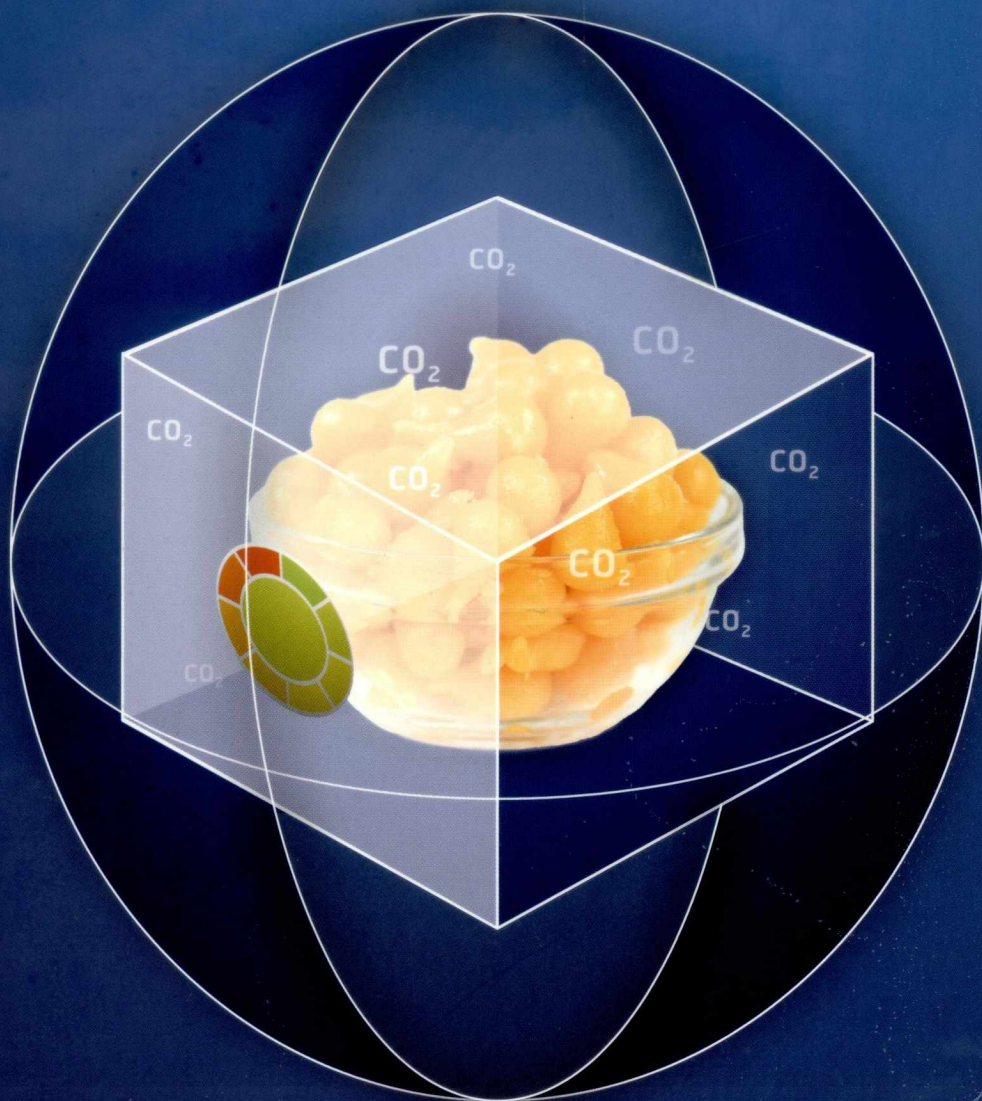


การบรรจุแบบแอคทีฟและอินเทลลิเจนต์: การปลดปล่อยและวินิจฉัย

Active and Intelligent Packaging: Release and Diagnostic



ภาณุวัฒน์ สรรพกุล

โครงการเพิ่มศาสตราจารย์แบบก้าวหน้า มหวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญ

บทที่ 1 บทนำสู่การบรรจุ	1
1.1. การวิวัฒนาการทางประวัติศาสตร์ของการบรรจุ	2
1.2. นิยาม	3
1.3. หน้าที่ของบรรจุภัณฑ์	10
1.3.1. หน้าที่หลักของบรรจุภัณฑ์	10
1.3.2. หน้าที่รองของบรรจุภัณฑ์	12
1.4. ประเภทของบรรจุภัณฑ์	13
1.4.1. ประเภทของบรรจุภัณฑ์ตามตำแหน่ง	14
1.4.2. ประเภทของบรรจุภัณฑ์ตามความคงรูป	14
1.4.3. ประเภทของบรรจุภัณฑ์ตามวัสดุ	15
1.5. ประเภทของการบรรจุ	18
1.5.1. การบรรจุแบบแพสซีฟ	19
1.5.2. การบรรจุแบบสไมร์ต	26
เอกสารอ้างอิง	31
บทที่ 2 การปลดปล่อยและการวินิจฉัย	35
2.1. การปลดปล่อย	36
2.1.1. คุณลักษณะของการปลดปล่อย	36
2.1.2. ประเภทของการปลดปล่อย	51
2.2. การวินิจฉัย	53
2.2.1. คุณลักษณะของการวินิจฉัย	53
2.2.2. ประเภทของการวินิจฉัย	60
เอกสารอ้างอิง	60
บทที่ 3 วัสดุเอกทึฟสำหรับการปลดปล่อย	63
3.1. หน้าที่ของวัสดุเอกทึฟสำหรับการปลดปล่อย	64
3.1.1. การต้านจุลินทรีย์	64
3.1.2. การต้านออกซิเดชัน	65
3.1.3. การขัดขวางเอทิลีน	65

3.1.4. การไล่แมลง	66	3.8.1. เงิน	98
3.2. กรดอินทรีย์และอนุพันธ์	66	3.8.2. ทองแดง	99
3.2.1. กรดซอร์บิกและอนุพันธ์	67	3.8.3. ไทเทเนียม	100
3.2.2. กรดเบนโซอิกและอนุพันธ์	67	3.8.4. สังกะสี	101
3.2.3. กรดพริกอบิกและอนุพันธ์	68	3.8.5. แกรฟีน	102
3.2.4. กรดแอสติกและอนุพันธ์	69	3.9. สารประกอบฟีนอล	103
3.2.5. กรดแอสคอร์บิกและอนุพันธ์	69	3.9.1. กรดคาเฟอิกและอนุพันธ์	105
3.3. โคโคแซน	70	3.9.2. เคอควมิน	105
3.4. ตัวขัดขวางเอทิลีน	72	3.9.3. ทอโคเฟอร์รอล	106
3.5. น้ำมันหอมระเหย	74	3.9.4. บิวทิลเฮกไซดรอคซีแอนนิซอล	106
3.5.1. น้ำมันกระชาย	77	3.9.5. บิวทิลเฮกไซดรอคซีโทลูอิน	107
3.5.2. น้ำมันกานพลู	77	3.9.6. เทอร์-บิวทิลไฮโดรควิโนน	107
3.5.3. น้ำมันข่า	79	3.9.7. ฟลาโวนอยด์	107
3.5.4. น้ำมันพลู	80	3.10. เอนไซม์	113
3.5.5. น้ำมันยูคาลิปตัส	80	3.10.1. แล็กโตเพอรอกซิเดส	113
3.5.6. น้ำมันโรสแมรี	81	3.10.2. ไลโซไซม์	114
3.5.7. น้ำมันสะเดา	82	เอกสารอ้างอิง	115
3.5.8. น้ำมันโหระพา	83	บทที่ 4 วัสดุอินเทลลิเจนต์สำหรับการวินิจฉัย	131
3.5.9. น้ำมันอบเชย	84	4.1. หน้าที่ของวัสดุอินเทลลิเจนต์สำหรับการวินิจฉัย	132
3.5.10. น้ำมันออริกาน	85	4.1.1. การตรวจวัดการเน่าเสียของอาหาร	132
3.6. เพปไทด์	86	4.1.2. การตรวจวัดการสุกของผลไม้	133
3.6.1. เพปไทด์จากแบคทีเรีย	87	4.1.3. การตรวจวัดแก๊ส	133
3.6.2. เพปไทด์จากสัตว์	91	4.1.4. การตรวจวัดความพร้อมในการเสิร์ฟ	134
3.7. โพรตีนไฮโดรไลเซต	95	4.1.5. การตรวจวัดเวลาและอุณหภูมิ	134
3.7.1. โพรตีนข้าวโพดไฮโดรไลเซต	95	4.2. โคโคแซน	135
3.7.2. โพรตีนถั่วเหลืองไฮโดรไลเซต	95	4.3. แท่งโลหะนาโน	135
3.7.3. โพรตีนนมไฮโดรไลเซต	96	4.3.1. แท่งทองคำนาโน	135
3.7.4. โพรตีนเมล็ดทานตะวันไฮโดรไลเซต	97	4.3.2. แท่งเงินนาโน	136
3.7.5. โพรตีนไข่ขาวไฮโดรไลเซต	97	4.4. พอลิเมอร์ตอบสนองต่อสิ่งเร้า	137
3.8. โลหะและอโลหะ	98	4.4.1. พอลิไดออกไซด์ซิลิน	137

4.4.2. พอลิเอนิลีน	139
4.5. เมทัลโลโพรตีน	140
4.6. สีย้อม	141
4.6.1. สีย้อมลิวโคเทอร์มอโครม	142
4.6.2. สีย้อมพีเอช	143
4.6.3. สีย้อมรีดอกซ์	149
4.6.4. สีย้อมวาแวงแสง	153
4.6.5. สีย้อมแอซิโดโครม	154
4.6.6. สีย้อมไวแสง	155
4.7. สารประกอบโคออร์ดิเนชัน	155
4.7.1. โมห์ซอลต์	159
เอกสารอ้างอิง	161
บทที่ 5 วัสดุพอลิเมอร์สำหรับการเปลี่ยนรูป	167
5.1. วัสดุพอลิเมอร์สำหรับการเติมแต่ง	168
5.1.1. วัสดุฐานพอลิโอลิฟิน	171
5.1.2. วัสดุฐานพอลิเอสเทอร์	175
5.1.3. วัสดุฐานพอลิเอไมด์	175
5.2. วัสดุพอลิเมอร์สำหรับการเคลือบ	176
5.2.1. วัสดุฐานพอลิแซ็กคาไรด์	178
5.2.2. วัสดุฐานโพรตีน	180
5.2.3. วัสดุฐานลิกนิน	181
5.2.4. วัสดุฐานวัสดุประกอบ	182
5.3. วัสดุพอลิเมอร์สำหรับการตรึง	184
เอกสารอ้างอิง	189
บทที่ 6 การบรรจุแบบปลดปล่อย	192
6.1. นิยาม	192
6.2. แนวคิดและประเภทของการบรรจุแบบปลดปล่อย	193
6.3. การบรรจุด้านจุลินทรีย์	194
6.3.1. นิยาม	194
6.3.2. จุลินทรีย์ที่ก่อโรคและการเสื่อมเสียในอาหาร	

6.3.3. รูปแบบของการบรรจุด้านจุลินทรีย์	196
6.4. การบรรจุด้านออกซิเดชัน	211
6.4.1. นิยาม	212
6.4.2. อนุมูลอิสระและกลไกการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน	212
6.4.3. รูปแบบของการบรรจุด้านออกซิเดชัน	215
6.5. การบรรจุขัดขวางเอทิลีน	224
6.5.1. นิยาม	226
6.5.2. ชีวิตหลังการเก็บเกี่ยวของพืช	226
6.5.3. รูปแบบของการบรรจุขัดขวางเอทิลีน	232
6.6. การบรรจุไล่แมลง	236
6.6.1. นิยาม	236
6.6.2. แมลงที่ก่อความเสียหายกับบรรจุภัณฑ์และผลิตภัณฑ์อาหาร	237
6.6.3. รูปแบบการบรรจุไล่แมลง	238
เอกสารอ้างอิง	246
บทที่ 7 การบรรจุแบบวินิจฉัย	257
7.1. นิยาม	259
7.2. แนวคิดและประเภทของการบรรจุแบบวินิจฉัย	259
7.3. ตัวชี้วัดการเน่าเสียของอาหาร	261
7.3.1. นิยาม	261
7.3.2. การเน่าเสียของอาหาร	261
7.3.3. ดัชนีการเน่าเสียของอาหาร	266
7.3.4. รูปแบบของตัวชี้วัดการเน่าเสียของอาหาร	272
7.4. ตัวชี้วัดการสุกของผลไม้	286
7.4.1. นิยาม	286
7.4.2. พัฒนาการของการสุกของผลไม้	286
7.4.3. ดัชนีการสุกของผลไม้	287
7.4.4. รูปแบบของตัวชี้วัดการสุกของผลไม้	292
7.5. ตัวชี้วัดแก๊ส	301
7.5.1. นิยาม	302
7.5.2. รอยร้าวกับคุณภาพและความปลอดภัยผลิตภัณฑ์	302

7.5.3. สารกึ่งตัวนำและการเร่งปฏิกิริยาด้วยแสง	303
7.5.4. รูปแบบของตัวชี้วัดแก๊ส	305
7.6. ตัวชี้วัดความพร้อมในการเสิร์ฟ	315
7.6.1. นิยาม	316
7.6.2. ดัชนีความพร้อมในการเสิร์ฟ	316
7.6.3. รูปแบบของตัวชี้วัดความพร้อมในการเสิร์ฟ	318
7.7. ตัวชี้วัดเวลาและอุณหภูมิ	322
7.7.1. นิยาม	324
7.7.2. แนวคิดด้านตัวชี้วัดเวลาและอุณหภูมิ	326
7.7.3. รูปแบบของตัวชี้วัดเวลาและอุณหภูมิ	326
เอกสารอ้างอิง	345
บทที่ 8 เทคนิคการเปลี่ยนรูปวัสดุสมาร์ตและวัสดุพอลิเมอร์	359
8.1. การห่อหุ้มวัสดุสมาร์ต	360
8.1.1. การห่อหุ้มทางเคมี	360
8.1.2. การห่อหุ้มทางกายภาพ	363
8.2. การดัดแปรพื้นผิววัสดุพอลิเมอร์	365
8.2.1. การดัดแปรทางเคมี	366
8.2.2. การดัดแปรทางกายภาพ	367
8.3. การเติมแต่งวัสดุสมาร์ตกับวัสดุพอลิเมอร์	370
8.3.1. การอัดรีด	370
8.3.2. การอัดรีดผสม	371
8.4. การเคลือบวัสดุสมาร์ตกับวัสดุพอลิเมอร์	373
8.4.1. การเคลือบหล่อ	373
8.4.2. การเคลือบลูกกลิ้ง	374
8.4.3. การเคลือบพ่นฝอย	375
8.4.4. การเคลือบจุ่ม	375
8.4.5. การเคลือบหมักพ่น	375
8.5. การตรึงวัสดุสมาร์ตกับวัสดุพอลิเมอร์	377
8.6. การก่อกำเนิดชั้นวัสดุสมาร์ตกับวัสดุพอลิเมอร์	377
8.7. การปั่นและพ่นฝอยไฟฟ้าวัสดุสมาร์ตกับวัสดุพอลิเมอร์	378

8.8. การตอกรังด้วยแสงวัสดุสมาร์ตกับวัสดุพอลิเมอร์	379
เอกสารอ้างอิง	380
บทที่ 9 ปัจจัยที่ควรพิจารณาสำหรับการออกแบบการบรรจุ	385
9.1. กิจกรรมจำเพาะของวัสดุแอททีฟและสภาพไวของวัสดุอินเทลลิเจนต์	386
9.2. การควบคุมและกลไกของวัสดุสมาร์ต	388
9.3. ธรรมชาติทางเคมีของอาหารและสิ่งแวดล้อมกับวัสดุสมาร์ต	389
9.4. สถานะการเก็บรักษาการจัดจำหน่ายและการขนส่ง	391
9.5. สถานะของกระบวนการเปลี่ยนรูปวัสดุทางการบรรจุ	391
9.6. สมบัติของบรรจุภัณฑ์สมาร์ต	391
9.7. ลักษณะทางประสาทสัมผัสของวัสดุสมาร์ต	392
9.8. ข้อกำหนดหรือข้อบังคับ	393
เอกสารอ้างอิง	395
บทที่ 10 จลนพลศาสตร์ปลดปล่อยและวินิจฉัย	397
10.1. จลนพลศาสตร์ปฏิกิริยาเคมีของอาหาร	398
10.1.1. แบบจำลองทำนายจำนวนจุลินทรีย์	400
10.1.2. แบบจำลองที่ขึ้นกับอุณหภูมิ	404
10.1.3. แบบจำลองที่ขึ้นกับวอเตอร์แอคทิวิตี	410
10.1.4. แบบจำลองที่ขึ้นกับเวลา	412
10.2. จลนพลศาสตร์ปลดปล่อยวัสดุแอททีฟ	412
10.2.1. กลไกควบคุมการปลดปล่อย	413
10.2.2. แบบจำลองทางคณิตศาสตร์	414
10.3. จลนพลศาสตร์วินิจฉัยวัสดุอินเทลลิเจนต์	424
10.3.1. กลไกควบคุมการวินิจฉัย	425
10.3.2. แบบจำลองทางคณิตศาสตร์	427
10.4. ปัจจัยที่ส่งผลต่อจลนพลศาสตร์ปลดปล่อยและวินิจฉัย	435
10.4.1. มวลโมเลกุลของวัสดุแอททีฟ	437
10.4.2. สภาพไวของวัสดุอินเทลลิเจนต์	437
10.4.3. อันตรกิริยาเคมีกับวัสดุพอลิเมอร์	437
10.4.4. สันฐานวิทยาของวัสดุพอลิเมอร์	439
10.4.5. ภาวะการเปลี่ยนรูป	439

10.4.6. คุณลักษณะของแบบจำลองอาหารและอาหาร	440
10.4.7. อุณหภูมิการเก็บรักษา	442
เอกสารอ้างอิง	443
บทที่ 11 การประยุกต์และประโยชน์การบรรจุแบบปลดปล่อยและวินิจัย	451
11.1. การประยุกต์การบรรจุแบบปลดปล่อย	452
11.1.1. การประยุกต์การบรรจุแบบด้านจุลินทรีย์	452
11.1.2. การประยุกต์การบรรจุแบบด้านออกซิเดชัน	456
11.1.3. การประยุกต์การบรรจุแบบขัดขวางเอทิลีน	456
11.1.4. การประยุกต์การบรรจุแบบไล่แมลง	457
11.2. การประยุกต์การบรรจุแบบวินิจัย	458
11.2.1. การประยุกต์ตัวชี้วัดการเน่าเสียของอาหาร	458
11.2.2. การประยุกต์ตัวชี้วัดการสุกของผลไม้	459
11.2.3. การประยุกต์ตัวชี้วัดแก๊ส	459
11.2.4. การประยุกต์ตัวชี้วัดความพร้อมในการเสิร์ฟ	459
11.2.5. การประยุกต์ตัวชี้วัดเวลาและอุณหภูมิ	462
11.3. ประโยชน์การบรรจุแบบปลดปล่อยและวินิจัย	462
เอกสารอ้างอิง	463
ภาคผนวก: อักษรย่อและอภินามศัพท์	467
ภาพสี	479
ดัชนีภาษาไทย	499