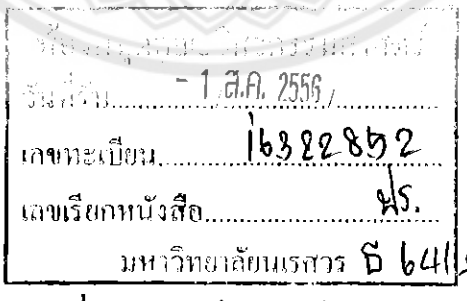
การปรับปรุงตู้ตากกล้วยของชาวบ้าน
กรณีศึกษา : บ้านตะโม่ อ.บางระกำ จ.พิษณุโลก

THE IMPROVEMENT OF DRIED BANANA OVEN
CASE STUDY OF BAN THAMO BANGRAKUM PHITSANULOK

นายธีรยุทธ หน่อแก้วมูล รหัส 51381863

นายสิทธิพร ดวงวิชัย รหัส 51381986

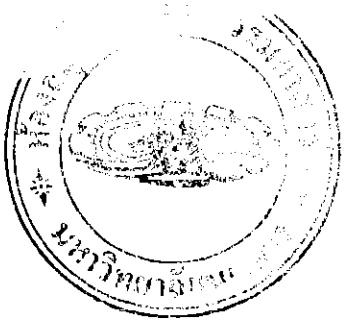


ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

ปีการศึกษา 2555



ใบรับรองปริญญานิพนธ์

ชื่อหัวข้อโครงงาน การปรับปรุงตู้ตากกล้วยของชาวบ้าน
กรณีศึกษา : บ้านตะโม่ อ.บางระกำ จ.พิษณุโลก

ผู้ดำเนินโครงงาน นายธีรยุทธ หน่อแก้วมูล รหัส 51381863
นายสิทธิพร ดวงวิชัย รหัส 51381968

ที่ปรึกษาโครงงาน อาจารย์วิสาข์ เจ่าสกุล

สาขาวิชา วิศวกรรมอุตสาหการ

ภาควิชา วิศวกรรมอุตสาหการ

ปีการศึกษา 2554

.....

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร อนุมัติให้ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ

.....ที่ปรึกษาโครงงาน
(อาจารย์วิสาข์ เจ่าสกุล)

.....กรรมการ
(ดร.ชัยธำรง พงศ์พัฒนศิริ)

.....กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ศิษฎา สิมารักษ์)

ชื่อหัวข้อโครงงาน	การปรับปรุงตู้ตากกล้วยของชาวบ้าน กรณีศึกษา : บ้านตะโม่ อ.บางระกำ จ.พิษณุโลก
ผู้ดำเนินโครงงาน	นายธีรยุทธ หน่อแก้วมูล รหัส 51381863 นายสิทธิพร ดวงวิชัย รหัส 51381968
ที่ปรึกษาโครงงาน	อาจารย์วิสาข์ เจ่าสกุล
สาขาวิชา	วิศวกรรมอุตสาหการ
ภาควิชา	วิศวกรรมอุตสาหการ
ปีการศึกษา	2554

.....

บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์นี้ เป็นการศึกษาเกี่ยวกับการตู้ตากกล้วยตากพลังงานแสงอาทิตย์ของชาวบ้านตะโม่ อ.บางระกำ จังหวัด พิษณุโลก เพื่อที่จะหาแนวทางในการพัฒนาศักยภาพและคุณภาพของกล้วยตากที่ได้นั้นให้ผ่านเกณฑ์การตรวจวิเคราะห์ทางจุลินทรีย์ตาม มอก. 586-2528 มาตรฐานผลิตภัณฑ์กล้วยอบ การศึกษาครั้งนี้ได้ดำเนินการวิเคราะห์หาข้อบกพร่องของตู้ตากแบบเดิมที่ชาวบ้านใช้กันและได้ใช้หลักการด้าน GMP มาปรับปรุงกระบวนการผลิตกล้วยตากและคุณภาพของกล้วยตากโดยการออกแบบกระบวนการผลิตที่ถูกต้องตามหลัก GMP เพื่อจะได้นำไปเป็นแนวทางในการดำเนินการต่อไป

จากการศึกษาและทดลองพบว่า ระยะเวลาของการตากกล้วยตากของตู้ตากแบบเดิมนั้นใช้เวลา 6 วัน ตู้ตากที่พัฒนาขึ้นใหม่นั้นใช้เวลา 5 วัน จะเห็นว่าระยะเวลาตากกล้วยลดลงร้อยละ 16.67 จากตู้ตากแบบเดิมของชาวบ้าน ประสิทธิภาพเชิงความร้อนของตู้ตากแบบเดิมคิดเป็นร้อยละ 17.67 ประสิทธิภาพเชิงความร้อนของตู้ตากแบบที่พัฒนาขึ้นใหม่คิดเป็นร้อยละ 21.60 ผลการตรวจวิเคราะห์กล้วยตากทางจุลินทรีย์จากศูนย์วิทยาศาสตร์การแพทย์ที่ 9 (พิษณุโลก) นั้นผ่านเกณฑ์กำหนดตาม มอก. 586-2528 มาตรฐานผลิตภัณฑ์กล้วยอบและตู้ตากที่ได้รับการปรับปรุงนั้นมีจุดคุ้มทุนอยู่ที่ประมาณ 21 รอบการผลิต โดยคิดเป็นเงินทุนทั้งหมดประมาณ 5,251 บาท ดังนั้นตู้ตากที่ปรับปรุงขึ้นใหม่นั้นเหมาะที่จะนำมาแทนตู้ตากแบบเดิมเพราะจะช่วยเพิ่มผลผลิตของกล้วยตากให้ดีขึ้นและยังสามารถช่วยให้ผลิตภัณฑ์กล้วยตากสะอาด ถูกสุขอนามัย ปลอดภัยต่อผู้บริโภค

กิตติกรรมประกาศ

การจัดทำปริญญานิพนธ์นี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดีเนื่องจากการได้รับความกรุณาของผู้มีพระคุณที่ให้การสนับสนุนส่งเสริม ข้อเสนอแนะนำต่างๆ ทางคณะผู้จัดทำจึงขอโอกาสนี้แสดงความขอบคุณบุคคลผู้มีพระคุณ ดังต่อไปนี้

ขอกราบขอบพระคุณ ท่านอาจารย์วิสาข์ เจ่าสกุล ซึ่งเป็นอาจารย์ปรึกษาโครงงานวิจัยนี้ได้ให้ความรู้และแนวทางอันเป็นประโยชน์ในการทำปริญญานิพนธ์ ทั้งเอาใจใส่ ดูแลตรวจสอบการดำเนินงานเป็นอย่างดี

ขอขอบพระคุณ คุณ วนิดา บุญมี และ คุณปทุม บุญมี ที่เอื้อเฟื้อตู้อบกล้วยตากเพื่อการนำมาศึกษาและพัฒนาปรับปรุงตู้อบให้มีประสิทธิภาพการใช้งานได้ดียิ่งขึ้น

ขอขอบพระคุณ คุณ วิเชียร ทองสัมฤทธิ์ เจ้าของโรงงานผลิตกล้วยตาก ที่ช่วยแนะนำเอื้อเฟื้อสถานที่เครื่องมือ ช่วยเหลือให้โครงการนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

ขอขอบพระคุณบิดามารดาที่ให้อุปการะทั้งด้านการเงิน และทางด้านการสนับสนุนส่งเสริมในเรื่องของการศึกษา และขอขอบคุณบุคคลซึ่งไม่อาจกล่าวนามในนี้ได้ทั้งหมด ที่ได้มาให้กำลังใจและแรงใจในการดำเนินงานครั้งนี้ตลอดมา

ประโยชน์และคุณค่าที่พึงมีขอปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ ขอมอบเป็นกตัญญูกตเวทิคุณแด่บุพอุการีบูรพาจารย์ และผู้มีพระคุณทุกท่านด้วยความเคารพอย่างสูง ไว้ ณ ที่นี้

ผู้ดำเนินโครงงาน
ธีรยุทธ หน่อแก้วมูล
สิทธิพร ดวงวิชัย

พฤษภาคม 2555

สารบัญ

หน้า

ใบรับรองปริญญานิพนธ์ ..... ก
บทคัดย่อภาษาไทย ..... ข
กิตติกรรมประกาศ ..... ค
สารบัญ ..... ง
สารบัญตาราง ..... ช
สารบัญรูป ..... ฌ

บทที่ 1 บทนำ 1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของโครงงาน 1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน 1
1.3 เกณฑ์ชี้วัดผลงาน 1
1.4 เกณฑ์ชี้วัดผลสำเร็จ 1
1.5 ขอบเขตในการดำเนินงาน 2
1.6 สถานที่ในการดำเนินโครงงาน 2
1.7 ระยะเวลาในการดำเนินโครงงาน 2
1.8 ขั้นตอนและแผนการดำเนินโครงงาน 3

บทที่ 2 งานวิจัยและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง 4
2.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 4
2.2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง 7
2.2.1 ข้อกำหนดมาตรฐานอุตสาหกรรมสำหรับกล้วยตาก 7
2.2.2 กระบวนการทำกล้วยตาก 8
2.2.3 การอบแห้งโดยใช้พลังงานจากแสงอาทิตย์ 9
2.2.4 การทำแห้ง 10
2.2.5 เครื่องมือที่ใช้ในการอบแห้ง 11
2.2.6 ระบบคุณภาพอาหาร 13
2.2.7 คุณภาพอาหารและการอบแห้ง 19
2.2.8 Water Activity (AW) 20
2.2.9 ทฤษฎีเรื่องความร้อน 23
2.2.10 การระบายอากาศ 24
2.2.11 จุลินทรีย์ที่ต้องตรวจตาม มอก.586-2528 25

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 3 การดำเนินโครงงาน 30

3.1 การสำรวจสภาพและการเก็บข้อมูลเบื้องต้นของตู้ตากแบบเดิมก่อนซ่อมแซม 30

3.2 การซ่อมแซมตู้ตากให้เป็นแบบเดิมของชาวบ้าน 30

3.3 การทดลองตากกล้วยและเก็บผลการทดลองของตู้ตากกล้วยแบบเดิมของชาวบ้าน 31

3.4 การสำรวจปัญหาที่เกิดขึ้นจากการทดลองตากและปัญหาจากกระบวนการผลิตกล้วยตากแบบเดิมของชาวบ้าน 32

3.5 การวิเคราะห์เพื่อการออกแบบตู้ตากแบบใหม่และปรับปรุงกระบวนการผลิตขึ้นใหม่ .. 32

3.6 การปรับปรุงตู้ตากที่ออกแบบใหม่ 32

3.7 การทดลองตากกล้วยและเก็บผลการทดลองของตู้ตากแบบชาวบ้านและแบบที่พัฒนาขึ้นใหม่ 33

3.8 การนำตัวอย่างของกล้วยตากของตู้ที่ออกแบบใหม่นั้นส่งตรวจวิเคราะห์ที่ศูนย์วิทยาศาสตร์การแพทย์เขต 9 จังหวัดพิษณุโลก 33

3.9 วิเคราะห์ผลและสรุปผล 33

บทที่ 4 ผลการทดลองและการวิเคราะห์ 35

4.1 สภาพของตู้ตากและข้อมูลเบื้องต้นของตู้ตากแบบเดิมก่อนที่จะทำการซ่อมแซม 35

4.2 ผลจากการซ่อมแซมตู้ตากให้เป็นแบบเดิม 36

4.3 ผลการทดลองตากกล้วยตากของตู้ตากแบบเดิมของชาวบ้าน 38

4.4 ผลจากการสำรวจปัญหาที่ได้จากการทดลองตากตู้ตากแบบเดิมของชาวบ้าน 39

4.5 ผลการวิเคราะห์ปัญหาเพื่อออกแบบตู้ตากใหม่และปรับปรุงกระบวนการผลิตใหม่ 42

4.6 ผลจากการปรับปรุงตู้ตากที่ออกแบบใหม่ 44

4.7 ผลการทดลองของตู้ตากแบบเดิมและแบบที่ออกแบบขึ้นใหม่ 53

4.8 ผลการตรวจวิเคราะห์จากการนำตัวอย่างของกล้วยตากของตู้ตากแบบใหม่จากศูนย์วิทยาศาสตร์การแพทย์เขต 9 พิษณุโลก 57

4.9 การวิเคราะห์ผลและสรุปผล 58

บทที่ 5 บทสรุปและข้อเสนอแนะ 65

5.1 สรุปผลการดำเนินโครงงาน 65

5.2 ปัญหาและอุปสรรคในการดำเนินโครงงาน 66

5.3 ข้อเสนอแนะ 66

5.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการทำโครงงาน 66

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

เอกสารอ้างอิง 67

ภาคผนวก ก ตารางบันทึกข้อมูลอุณหภูมิของการตากกล้วย 68
ภาคผนวก ข ตารางสรุปข้อมูลความเข้มรังสีดวงอาทิตย์รายวันเฉลี่ยต่อเดือนปี 2553 101
ภาคผนวก ค มาตรฐานผลิตภัณฑ์กล้วยอบ มอก. 586-2528 105
ภาคผนวก ง รายงานผลการตรวจวิเคราะห์กล้วยตากจากศูนย์วิทยาศาสตร์การแพทย์ที่ 9..... 123
ภาคผนวก จ พัดลมดูดอากาศ ยี่ห้อฮาตาริ รุ่นHB-VW15M2(N) ใบพัด 6 นิ้ว 129

ประวัติผู้ดำเนินโครงการ 132

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

1.1 ขั้นตอนและแผนการดำเนินงาน 3

2.1 ตารางแสดงคุณลักษณะมาตรฐานกล้วยตาก 7

2.2 ตารางเปรียบเทียบการอบแห้งด้วยแสงอาทิตย์และแหล่งความร้อน 9

2.3 ตารางแสดงสภาวะที่เหมาะสมในการอบผักและผลไม้ 20

4.1 ค่าเฉลี่ยในแต่ละช่วงเวลาของการผลิตตู้ตากแบบเดิมทั้ง 2 รอบการผลิต 38

4.2 ตารางวิเคราะห์คุณลักษณะของตู้ตากกล้วยจากหลักการทฤษฎีและงานวิจัยต่าง ๆ 39

4.3 ตารางวิเคราะห์คุณลักษณะมาตรฐานกล้วยตากตามข้อกำหนดมาตรฐานอุตสาหกรรม สำหรับกล้วยตาก 40

4.4 ตารางวิเคราะห์ปัญหาจากจ้อกำหนด GMP สุขลักษณะทั่วไป 6 ข้อ 41

4.5 ตารางรูปภาพขั้นตอนการเตรียมการตากกล้วยและการตากกล้วย 48

4.6 ค่าเฉลี่ยอุณหภูมิตู้ตากเดิมในช่วงเวลาตั้งแต่ 8.00 น.-17.00 น. 53

4.7 ค่าเฉลี่ยอุณหภูมิตู้ตากที่ปรับปรุงใหม่ในช่วงเวลาตั้งแต่ 8.00 น.-17.00 น. 54

4.8 ผลการตรวจวิเคราะห์จากการนำตัวอย่างของกล้วยตากของตู้ตากแบบใหม่จากศูนย์วิทยาศาสตร์การแพทย์เขต 9 พิษณุโลก 57

4.9 น้ำหนักของกล้วยทั้งก่อนและหลังตากแห้งของตู้ตากแบบเดิม 58

4.10 น้ำหนักของกล้วยทั้งก่อนและหลังตากแห้งของตู้ตากที่ปรับปรุงขึ้นใหม่ 58

4.11 การเปรียบเทียบผลการทดลองของตู้ตากทั้ง 2 ตู้ 59

4.12 การเปรียบเทียบลักษณะของกล้วยตากทั้งสองตู้ 59

4.13 ตารางแสดงค่าใช้จ่ายในการปรับปรุงตู้ตากกล้วย 62

5.1 ผลการตรวจวิเคราะห์คุณสมบัติทางจุลชีววิทยาในกล้วยตากของตู้ตากแบบใหม่ 65

สารบัญรูป

รูปที่ หน้า

2.1 แสดงพลังงานของดวงอาทิตย์นอกโลกและที่กระทบบนพื้นโลกที่ความยาวคลื่นต่าง 10
2.2 รูปขั้นตอนการทำเกี่ยวกับระบบคุณภาพ 13
2.3 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำกับ Water Activity 21
2.4 ปรากฏการณ์ความแตกต่างของปริมาณน้ำ 22
4.1 มุ้งลวดขาดเป็นรู 35
4.2 ตะแกรงตากกล้วยขึ้นราดำผุพัง 35
4.3 ผนังสังกะสีขึ้นสนิม 36
4.4 การติดมุ้งลวดใหม่ 37
4.5 การติดพลาสติกผืนใหม่และทาสีดำใหม่ 37
4.6 ตะแกรงตากกล้วยไม้ไผ่สาน 37
4.7 ปัญหาตะแกรงไม้ไผ่ขึ้นราดำ 41
4.8 บริเวณใต้ตู้ตากกล้วยแบบเดิม 42
4.9 รอยกัดของสัตว์ที่เข้าไปในตู้ 42
4.10 ช่องให้อากาศเข้าอยู่ด้านเดียวกัน 44
4.11 พัดลมดูดอากาศขนาด 6 นิ้ว 44
4.12 ตะแกรงตากกล้วยตะข่ายพลาสติกขอบอลูมิเนียม 45
4.13 สังกะสีปิดใต้ตู้ตากและช่องปล่อยอากาศเข้า 45
4.14 ตู้ตากแบบใหม่หลังจากเสร็จสมบูรณ์ 45
4.15 แบบตู้ตากกล้วยแบบเดิม 50
4.16 แบบตู้ตากกล้วยที่ปรับปรุง 51
4.17 แสดงตำแหน่งการวัดอุณหภูมิของตู้ตากในแต่ละจุด 52
4.18 กราฟแสดงอุณหภูมิเฉลี่ยในตู้ของตู้ตากเดิมของรอบการผลิตที่ 1 55
4.19 กราฟแสดงอุณหภูมิเฉลี่ยในตู้ของตู้ตากที่ปรับปรุงใหม่ของรอบการผลิตที่ 1 55
4.20 กราฟแสดงอุณหภูมิเฉลี่ยในตู้ของตู้ตากเดิมของรอบการผลิตที่ 2 56
4.21 กราฟแสดงอุณหภูมิเฉลี่ยในตู้ของตู้ตากที่ปรับปรุงของรอบการผลิตที่ 2 56
4.22 กราฟแสดงจุดคุ้มทุนในการตากกล้วยด้วยตู้ตากแบบที่ปรับปรุงใหม่ 63

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของโครงงาน

ประเทศไทยเป็นประเทศที่ทำการเกษตรกรรมมานาน มีทั้งการปลูกพืชไร่และพืชสวน ทำให้มีผลผลิตทางการเกษตรกรรมเป็นจำนวนมากและมีผลไม้มากมาย เนื่องจากผลไม้ที่มีมากมายและผลไม้ที่เป็นที่รู้จักกันดีชนิดหนึ่งก็คือกล้วยเพราะกล้วยเป็นผลไม้ที่ปลูกง่ายและขยายพันธุ์ง่าย จนปัจจุบันมีเกษตรกรหันมาปลูกกล้วยกันมากขึ้นทำให้มีกล้วยมากเกินกว่าความต้องการของผู้บริโภคจึงทำให้มีแนวคิดการถนอมอาหารเกิดขึ้นเพื่อสามารถเก็บกล้วยนั้นไว้ได้นานและมีรสชาติที่ดีขึ้น โดยการนำกล้วยมาตากและได้เริ่มมีวิวัฒนาการการพัฒนากระบวนการตากกล้วยให้มีความสะอาดน่าทานและมีรสชาติที่ดีขึ้น โดยปัจจุบันชาวบ้านหมู่บ้านตะโม่ อ.บางระกำ จ.พิษณุโลก ก็ได้มีการตากกล้วยกับตู้ตากกล้วยที่ได้สร้างขึ้นแต่ประสิทธิภาพของตู้ตากนั้นยังไม่ดีพอและยังวางไว้หลายตู้โดยไม่ได้เกิดประโยชน์อะไร จึงน่าจะมีการปรับปรุงเชิงพาณิชย์ได้และเพื่อทำให้การผลิตกล้วยตากนั้นมีความปลอดภัยทางด้านการปนเปื้อนสิ่งที่เป็นมลพิษทางอากาศและสัตว์พาหะต่างๆ รวมถึงการตากกล้วยที่มีประสิทธิภาพโดยการที่ตู้ตากสามารถมีอุณหภูมิเพิ่มขึ้นจากรุ่นเก่าและมีระบบการไหลเวียนของอากาศที่ดีขึ้นจึงจะทำให้เป็นการดีที่ตู้ตากกล้วยเหล่านั้นก่อเกิดประโยชน์ทำให้มีการพัฒนาของการทำกล้วยตากที่ดีต่อไป

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน

เพื่อปรับปรุงตู้ตากให้มีประสิทธิภาพและปรับปรุงคุณภาพของกล้วยตากให้ดีขึ้น

1.3 เกณฑ์ชี้วัดผลงาน (Output)

ได้ตู้ตากกล้วยตากแบบเดิมและปรับปรุงใหม่

1.4 เกณฑ์ชี้วัดผลสำเร็จ

1.4.1. ระยะเวลาในการตากกล้วยของตู้ตากที่ปรับปรุงใหม่ลดลงร้อยละ 10 จากตู้ตากเดิมโดยมีปัจจัยทางแสงเหมือนกัน

1.4.2 การตรวจวิเคราะห์กล้วยตากจากตู้ตากที่พัฒนาขึ้นใหม่นั้นผ่านเกณฑ์กำหนดทางจุลินทรีย์ตาม มอก. 586-2528 มาตรฐานผลิตภัณฑ์กล้วยอบ

1.5 ขอบเขตในการดำเนินงาน

วิเคราะห์และปรับปรุงตู้ตากกล้วยตากแบบเก่าที่บ้านคุณวนิดา บุญมี ให้เป็นไปตามวัตถุประสงค์ของโครงงาน

1.6 สถานที่ในการดำเนินโครงงาน

พื้นที่ท้ายโรงปฏิบัติการภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ

1.7 ระยะเวลาในการดำเนินโครงงาน

ระยะเวลาในการทำโครงงาน เดือน มิถุนายน 2554 – มีนาคม 2555

1.8 ขั้นตอนและแผนการดำเนินโครงงาน

ตารางที่1.1 ขั้นตอนและแผนการดำเนินงาน

ที่	กิจกรรมและขั้นตอนการดำเนินการ	ระยะเวลา(เดือน)									
		2554						2555			
		มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.
1	สำรวจตู้ตากกล้วยเก่าที่ หมู่บ้านตะโม่และบันทึกข้อมูล	←	→								
2	ทำการวิเคราะห์ข้อมูลที่จดบันทึกไว้		←	→							
3	ออกแบบปรับปรุงตู้อบกล้วยตากและหาแนวทางการปรับปรุง			←	→						
4	จัดการปรับปรุงตู้อบกล้วยตาก					←	→				
5	ทดสอบประสิทธิภาพเพื่อวัดผลของตู้อบกล้วยและปรับปรุงแก้ไขตามความเหมาะสม							←	→		
6	ประเมินผลการดำเนินการ							←		→	
7	สรุปและทำรายงานปริญญานิพนธ์									←	→

บทที่ 2
งานวิจัยและทฤษฎีเบื้องต้น

2.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

นุชจิรา ดีแจ้ง ศึกษาการหาประสิทธิภาพของเครื่องอบแห้งแบบฮีทปั๊มโดยการอบกล้วยชนิดบาง กำหนดอุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพันธ์ร้อยละ 60 และความเร็วลม 0.5 m/s จากผลการทดสอบการอบแห้งกล้วยแบบชิ้นบางให้ได้คุณภาพที่ดีที่สุดจะต้องทำการอบอย่างต่อเนื่องในการอบแห้งต้องกำหนดความชื้นสุดท้ายที่เหมาะสมลงในเครื่องพร้อมทั้งการเลือกใช้กล้วยที่ไม่สุกและดิบจนเกินไป ประสิทธิภาพทั้งระบบร้อยละ 38.4

วารุณี วาตะบุตร (2524) ทำการทดสอบกล่องอบแห้งซึ่งมีลักษณะเป็นไม้กล่องซึ่งทำด้วยไม้ยางทาสีดำ ด้านบนปิดด้วยกระจกใสเอียงทำมุมประมาณเท่ากับเส้นรุ้ง ด้านล่างเจาะเป็นช่องเพื่อให้อากาศเย็นออกจากภายนอกเข้า เมื่ออากาศรับเอาความชื้นจากวัสดุแล้ว จะไหลออกทางช่องระบายอากาศซึ่งอยู่ส่วนบนของด้านหลังกล่อง จากการทดลองอบแห้งผ้าสำลีชุบน้ำ พบว่ากล่องอบแห้งที่มีมุมเอียงของกระจก 14 องศา และช่องระบายอากาศขนาดร้อยละ 11 ของพื้นที่รับรังสีดวงอาทิตย์ให้ประสิทธิภาพของการอบแห้งสูงสุด โดยประสิทธิภาพเฉลี่ยมีค่าร้อยละ 48 และอัตราการอบแห้งมีค่าเฉลี่ย 3.2 kg/m^2 ต่อวันที่ค่าความเข้มแสงอาทิตย์เฉลี่ย 16.7 MJ/m^2 ต่อวัน อุณหภูมิสูงสุดที่วัดได้ภายในกล่องเท่ากับ 53 องศาเซลเซียส

น.ส.กานดา สุขแคว ภาควิชาฟิสิกส์ ได้ศึกษาอิทธิพลของสมบัติทางกายภาพบางประการที่มีผลต่อการเจริญเชื้อจุลินทรีย์ในขบวนผลิตกล้วยตาก โดยศึกษาอิทธิพลของอุณหภูมิ ค่า pH ค่าเฉลี่ย คน และร้อยละของความชื้น ที่มีผลต่อการเจริญของจุลินทรีย์ตรวจพบปริมาณมากถึง 42 ชนิด ในขบวนการผลิตกล้วยตากจากวิธีต่างๆ คือ

วิธีที่ 1 แบบชาวบ้านในบริเวณสวนที่ห่างไกลการคมนาคม

วิธีที่ 2 แบบชาวบ้านริมทางรถยนต์หรือริมทางรถไฟ อำเภอบางกระทุ่ม

วิธีที่ 3 แบบชาวบ้านในตู้อบขนาดเล็ก ที่อำเภอบางกระทุ่ม

วิธีที่ 4 โครงการวิจัยการพัฒนาเครื่องอบแห้งผลไม้ขนาดอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัย ศรีนครินวิโรฒ พิษณุโลก

การศึกษานี้จะพิจารณาทั้งกล้วยก่อนตากและกล้วยตาก ในระหว่างเดือนตุลาคม 2531 ถึงเดือนกุมภาพันธ์ 2532 พบว่า เชื้อราสามารถเจริญที่อุณหภูมิสูงได้ดีกว่ายีสต์และบักเตรี โดยพบเชื้อรา 1 ชนิดที่เจริญที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส ส่วนยีสต์และบักเตรีนั้นเป็นพวกเทอร์โมไฟล์ สามารถเจริญได้ที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส และจุลินทรีย์ต่างๆนี้สามารถเจริญได้สภาพกรดค่า pH 4.9 - 5.4 ส่วนการประมาณค่า aw มากกว่า 0.577 - 0.924 เมื่อพิจารณาถึงเปอร์เซ็นต์ความชื้นของตัวอย่างกล้วยจะพบว่า กล้วยตากโครงการวิจัยการพัฒนาเครื่องอบแห้งผลไม้ขนาดอุตสาหกรรมมีเปอร์เซ็นต์

ความชื้นน้อยที่สุด คือ 7.2754 ภาควิชาฟิสิกส์ มหาวิทยาลัยนเรศวร และโรงงานเกษตรพัฒนา ได้ทดลองสร้างตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์ แบบแยกแผงรับรังสีความร้อนขนาดใหญ่ ปี พ.ศ. 2529 ซึ่งอบได้ครั้งละ 500 กิโลกรัม การตากกล้วยด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ได้รับความนิยม และผลิตภัณฑ์กล้วยตากที่ตากจากตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์ได้รับการยอมรับในเชิงการค้า จึงพยายามสร้างตู้ราคาถูก ตากได้จำนวนมาก เพื่อผลิตในเชิงการค้า โดยโรงงานเกษตรพัฒนาได้สร้างตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์แบบเฮ้าส์ ในปี พ.ศ. 2529 ซึ่งตากได้ครั้งละ 120 กิโลกรัม แต่อุณหภูมิในตู้ต่ำความชื้นสัมพัทธ์ยังสูงแม้ว่าตู้ทุกแบบจะตากได้ผล แต่ประสบปัญหาในฤดูฝนเพราะความชื้นสูง แห้งช้า อุณหภูมิต่ำ กล้วยตากเกิดการเสียหาย เกิดรา เนื่องจากอุณหภูมิต่ำไม่สามารถฆ่าหนอนในแมลงวันที่ติดมากับลูกกล้วยได้

ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร ได้สร้างตู้อบพลังงานความร้อนจากถ่านไฟฟ้าและแสงอาทิตย์ในตู้เดียวกัน ในปี พ.ศ. 2529 (วัฒนพงษ์และคณะ : 2530) ตากได้ครั้งละ 50 กิโลกรัม ผลวิจัยสามารถใช้ตากกล้วยในฤดูฝนและฤดูหนาวได้ แต่ใช้พลังงานไฟฟ้าในราคาสูงมาก ต้นทุนการผลิตหวีละ 1 บาท จากการตากด้วยตู้อบไฟฟ้าครั้งละ 50 กิโลกรัม เพิ่มต้นทุนการผลิต 50 บาท/ครั้ง โดยใช้การอบเวลา 2 วัน อุณหภูมิในการควบคุม 50 องศาเซลเซียส ในวันแรกและวันที่ 2 ควบคุม 60 องศาเซลเซียส

สุขฤดี สุขใจ ทำการศึกษาการอบแห้งกล้วยน้ำว้าด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ เนื่องประเมินสมรรถนะของเครื่องอบแห้งเมื่อใช้พลังงานแสงอาทิตย์ และ LPG รวมทั้งการพัฒนาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของระบบอบแห้งกล้วยน้ำว้า ด้วยแสงอาทิตย์และประเมินความเหมาะสมในทางเศรษฐกิจจากการทดสอบตัวรับรังสีระหว่างเวลา 9.00-16.00 น. รังสีรวมแสงอาทิตย์มีค่าเฉลี่ย 706 w/m^2 (337-840 w/m^2) อัตราการไหลของอากาศมีค่า 0.27 kg/s อุณหภูมิอากาศแวดล้อมมีค่าเฉลี่ย 37.6 องศาเซลเซียส (28-37.6 องศาเซลเซียส) ประสิทธิภาพของตัวรับรังสีมีค่าเฉลี่ยร้อยละ 24.7 ซึ่งต่ำกว่าค่าที่ได้จากทฤษฎี เมื่อทดลองอบกล้วยน้ำว้าพบว่า ประสิทธิภาพกฎข้อที่ 1 ของระบบอบแห้งด้วยแสงอาทิตย์และ LPG แปรตามความชื้นเฉลี่ยของกล้วยและอัตราการไหลจำเพาะอากาศในลักษณะเชิงเส้น เมื่อทดลองอบ 2 วิธีพบว่า การอบแบบต่อเนื่องมีความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะสูงกว่าการอบแห้งแบบหมุนเวียน จากการประเมินความเหมาะสมทางเศรษฐศาสตร์พบว่า การอบแห้งแบบหมุนเวียนให้อัตราผลตอบแทนในการลงทุนร้อยละ 46.5 ซึ่งต่ำกว่าการอบแห้งแบบต่อเนื่องร้อยละ 58.8 การอบแห้งแบบต่อเนื่องร้อยละ 58.8 การอบแห้งแบบต่อเนื่องสามารถคุ้มทุนได้ภายในเวลา 2 ปี ซึ่งการอบแห้งแบบหมุนเวียนใช้เวลา 3 ปีจึงจะคุ้มทุน

จงจิตร์ หิรัญลาภ (2535) ได้ศึกษาเทคนิคและความเป็นไปได้ในการอบแห้งผลไม้ โดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์เป็นส่วน ในทำการออกแบบและพัฒนาตู้ตากแห้ง จากนั้น ทดสอบสมรรถนะของตู้ตาก โดยใช้กล้วยน้ำว้า โดยพิจารณาอิทธิพลของตัวแปรต่าง ๆ ที่มี ผลต่ออัตราการตากแห้งเช่น อุณหภูมิของอากาศร้อนภายในตู้ อัตราการไหลจำเพาะ ของอากาศ อัตราการไหลเวียนกลับของอากาศ โดยพิจารณาในแง่คุณภาพที่ได้ เวลา ที่ใช้ในการตากแห้งและพลังงานที่ใช้จากนั้นวิเคราะห์ความเหมาะสมทางด้าน เศรษฐศาสตร์ จากการทดลองพบว่า เมื่ออุณหภูมิภายในตู้มีค่าประมาณ 55-

60 องศา อัตราการไหลจำเพาะของอากาศประมาณ 10 กิโลกรัมอากาศแห้งต่อชั่วโมงต่อกิโลกรัมกล้วยแห้ง อัตราการไหลเวียนของอากาศประมาณร้อยละ 80 ของมวลอากาศภายในตู้ทั้งหมด/นาที จะได้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพดี และเวลาที่ใช้ในการตากแห้งสั้น

จากการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์พบว่า ระบบนี้มีความเหมาะสม โดยมีจุดคุ้มทุน 3.6 ปี ที่ความแตกต่างของราคากล้วยที่อบแห้งในตู้และตากกลางแจ้งเท่ากับ 3 บาทต่อกิโลกรัม

ภาควิชาฟิสิกส์ มหาวิทยาลัยนเรศวร และโรงงานเกษตรพัฒนา ได้ทดลองสร้างตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์ แบบแยกแผงรับรังสีความร้อนขนาดใหญ่ ปี พ.ศ. 2529 ซึ่งอบได้ครั้งละ 500 กิโลกรัม การตากกล้วยด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ได้รับความนิยม และผลิตภัณฑ์กล้วยตากที่ตากจากตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์ได้รับการยอมรับในเชิงการค้า จึงพยายามสร้างตู้ราคาถูก ตากได้จำนวนมาก เพื่อผลิตในเชิงการค้า โดยโรงงานเกษตรพัฒนาได้สร้างตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์แบบเฮ้าส์ ในปี พ.ศ. 2529 ซึ่งตากได้ครั้งละ 120 กิโลกรัม แต่อุณหภูมิในตู้ต่ำความชื้นสัมพัทธ์ยังสูงแม้ว่าตู้ทุกแบบจะตากได้ผล แต่ประสบปัญหาในฤดูฝนเพราะความชื้นสูง แห้งช้า อุณหภูมิต่ำ กล้วยตากเกิดการเสียหายเกิดรา เนื่องจากอุณหภูมิต่ำไม่สามารถฆ่าหนอนในแมลงวันที่ติดมากับลูกกล้วยได้ ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร ได้สร้างตู้อบพลังงานความร้อนจากถ่านไฟฟ้าและแสงอาทิตย์ในตู้เดียวกัน ในปี พ.ศ. 2529 (วัฒนพงษ์และคณะ : 2530) ตากได้ครั้งละ 50 กิโลกรัม ผลวิจัยสามารถใช้ตากกล้วยในฤดูฝนและฤดูหนาวได้ แต่ใช้พลังงานไฟฟ้าในราคาสูงมาก ต้นทุนการผลิตหวีละ 1 บาท จากการตากด้วยตู้อบไฟฟ้าครั้งละ 50 กิโลกรัม เพิ่มต้นทุนการผลิต 50 บาท/ครั้ง โดยใช้การอบเวลา 2 วัน อุณหภูมิในการควบคุม 50 องศาเซลเซียส ในวันแรกและวันที่ 2 ควบคุม 60 องศาเซลเซียส

2.2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.2.1 ข้อกำหนดมาตรฐานอุตสาหกรรมสำหรับกล้วยตาก

กล้วยอบหรือกล้วยตาก เป็นผลิตภัณฑ์หนึ่งที่ได้กำหนดคุณภาพไว้ให้เป็นไปตามมาตรฐานอุตสาหกรรม โดยกำหนดคุณลักษณะผลิตภัณฑ์ที่สำคัญดังนี้

ตารางที่ 2.1 ตารางแสดงคุณลักษณะมาตรฐานกล้วยตาก

สี	ต้องมีสีตามธรรมชาติของกล้วยอบ
กลิ่นรส	ต้องมีกลิ่นรสตามธรรมชาติของกล้วยอบหรือส่วนประกอบที่ใช้ปรุงแต่งกลิ่นรส เช่น น้ำเชื่อม น้ำผึ้ง หรือเครื่องปรุงแต่งกลิ่นรสอื่น
ลักษณะเนื้อ	เนื้อต้องนุ่ม ไม่แข็งกระด้าง ไม่เละ ไม่ยุ่ย และไม่มีเมล็ด
ปราศจากสิ่งสกปรก	แมลง และรอยกัด หรือรอยแทะซึ่งเกิดจากแมลงและสัตว์อื่นๆ
ขนาดผล	มีความสม่ำเสมอ ของขนาดผล น้ำหนักของกล้วยอบผลที่เล็กที่สุดและกล้วยอบผลที่ใหญ่ที่สุดในภาชนะที่บรรจุเดียวกัน จะต่างกันได้ไม่เกินร้อยละ 20 ของกล้วยอบผลที่ใหญ่ที่สุด สำหรับผลปริแตกมีได้ไม่เกินร้อยละ 10 ของจำนวนผล
ความชื้น	ไม่เกินร้อยละ 21 โดยน้ำหนัก
วัตถุเจือปน	ห้ามใช้วัตถุเจือปนอาหารทุกชนิด
ปริมาณจุลินทรีย์	มีได้ไม่เกินเกณฑ์ที่กำหนดตามข้อที่ 6.2 ในภาคผนวก ค

หมายเหตุ : ค้นหาข้อมูลและรายเอียดต่างๆเพิ่มเติมเกี่ยวกับมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมกล้วยอบอยู่ในภาคผนวก ค

ที่มา : มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมกล้วยอบ (มอก. 586-2528)

2.2.2 กระบวนการทำกล้วยตาก

2.2.2.1 การคัดเลือกพันธุ์กล้วย

เริ่มจากการคัดพันธุ์กล้วย จะต้องเป็นกล้วยน้ำว้าพันธุ์มะลิอ่อง ซึ่งปลูกกันมากในท้องถิ่นนั้นอยู่แล้ว สังเกตได้โดยลักษณะผลโตไส้ขาว ไม่มีเมล็ด

2.2.2.2 การบ่มกล้วย

ตัดกล้วยทั้งเครือเมื่อแก่ได้ที่แล้ว โดยสังเกตจากสีของกล้วยจะมีสีเขียวเกือบเหลืองสุก และชำแหละกล้วยเป็นหวี บ่มกล้วยให้สุก

หลังจากนั้นคลุมกล้วยด้วยผ้าพลาสติก 1 วันและเปิดผ้าพลาสติกออกทิ้งไว้อีก 3 วัน สังเกตจากใช้นิ้วมือปลิดที่ปลายลูกกล้วยจะหลุดออกโดยง่าย (ควรคุมไว้สูงจากพื้นประมาณ 60-65 เซนติเมตร)

2.2.2.3 การปอกกล้วย

เมื่อกล้วยสุกได้ที่แล้วเริ่มปอกเปลือกกล้วยตั้งแต่เช้าเวลาประมาณ 04.00 น. ลอกเส้นใยข้างกล้วยออกให้หมด และใช้มีดตัดปลายลูกเล็กน้อยป้องกันไม่ให้เกิดสีดำใส่กะละมังไว้และนำไปเรียงในตู้ตากกล้วยเวลาประมาณ 08.00 น. เพื่อที่จะได้แดดแรก

2.2.2.4 การตากกล้วย

แดดที่ 1 เริ่มตั้งแต่เวลา 08.00 น. นำกล้วยที่ปอกไว้ในกะละมังไปวางเรียงบนแผง ตากทิ้งไว้จนเย็นจนแดดหมด โดยไม่มีการจับกล้วยเพราะจะทำให้กล้วยช้ำ จากนั้นเอาผ้าพลาสติกคลุมกล้วยไว้เพื่อกันความชื้นจากน้ำค้างลง

แดดที่ 2 เปิดผ้าคลุมออกตากทิ้งไว้จนเย็น จากนั้นใช้มือเกลี่ยๆรวมกันไว้เป็นกองเสร็จแล้วเอาผ้าพลาสติกคลุมไว้เหมือนเดิม (ทำแบบนี้จะทำให้กล้วยมีน้ำหวานซุ่มออกมา)

แดดที่ 3 ทำเหมือนแดดที่ 2

แดดที่ 4 เปิดผ้าคลุมตากกล้วยอีกครั้งในตอนเช้า และตอนบ่ายเก็บกล้วยที่ตากบนแผงนำมาแบน ส่วนกล้วยที่ไม่ได้นำมาแบนก็ตากต่อไปจนถึงแดดที่ 6

2.2.2.5 วิธีการแบนกล้วย

ก. นำแผ่นไม้มาวางแล้วนำผ้าพลาสติกมาวางทับแผ่นไม้

ข. นำกล้วยตากที่เก็บตอนบ่ายมาวางบนผ้าพลาสติกที่รองด้วยแผ่นไม้ทีละลูก

ค. ใช้มือชุบน้ำเกลือแล้วกดด้วยอุ้งมือลงไปที่กล้วย

ง. นำกล้วยที่แบนแล้วเรียงใส่กะละมัง แล้วนำกล้วยไปเรียงตากบนแผงจนเย็นแล้วนำผ้าพลาสติกมาคลุมไว้

แดดที่ 5 ตอนเช้าเปิดผ้าพลาสติกท่คลุมไว้ และตากทิ้งไว้จนเย็นนำผ้าพลาสติกมาคลุม

แดดที่ 6 ตอนเช้าเปิดผ้าพลาสติกที่คลุมไว้ และตากทิ้งไว้จนกล้วยแห้ง จึงทำการเก็บกล้วย เป็นอันเสร็จขั้นตอน

2.2.2.6 การบรรจุกล้วย

นำกะละมังไปใส่กล้วยที่ตากจนแห้งแล้วนำมากองไว้เพื่อรอการคัดสรรเลือกขนาดและคุณภาพ จากนั้นก็บรรจุใส่ถุงพลาสติก

หมายเหตุ : ระยะเวลาในการตากจะมากหรือน้อยจะขึ้นอยู่กับสภาพอากาศและสภาพแวดล้อมด้วย

2.2.3 การอบแห้งโดยใช้พลังงานจากแสงอาทิตย์

เนื่องจากประเทศไทยอยู่บริเวณศูนย์สูตร ซึ่งมีศักยภาพด้านการใช้ประโยชน์จากพลังงานแสงอาทิตย์ค่อนข้างสูง คือ ประมาณ 18.2 MJ/m^2-day และสืบเนื่องจากประเทศไทยเป็นประเทศเกษตรกรรม พืชผลทางการเกษตรมากมาย ส่วนหนึ่งก็จำหน่ายในรูปของสด และบางส่วนก็ทำการอบแห้ง หรือตากแห้ง เพื่อเพิ่มมูลค่า ยืดอายุการจัดเก็บ หรือความสะดวกต่อการขนส่ง การอบแห้งหรือตากแห้งด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ก็เป็นทางเลือกที่ของเกษตรกรหรือผู้ประกอบการเลือกใช้เนื่องจาก ต้นทุนต่ำ และง่าย มีอุปกรณ์ไม่ยุ่งยากซับซ้อน ปัจจุบันประเทศไทย หลายหน่วยงานทั้งภาครัฐและเอกชน ได้ให้ความสำคัญกับการใช้เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์มากขึ้น เนื่องจากกระแสการอนุรักษ์พลังงาน และลดการใช้พลังงานจากเชื้อเพลิงฟอสซิล การพัฒนาเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์มีรูปแบบพัฒนาหลายรูปแบบด้วยกัน เช่น เครื่องอบแห้งแบบธรรมชาติ แบบบังคับ หรือแบบมีตัวรับรังสี แต่ยังไม่ได้รับความนิยมมากนักในระดับเกษตรกร ครัวเรือน หรือระดับชุมชนเนื่องจากปริมาณการอบยังมีปริมาณน้อย ขาดการถ่ายทอดเทคโนโลยีที่เหมาะสม และความไม่แน่นอนของปริมาณแสงอาทิตย์ แต่อย่างไรก็ตาม การอบแห้งด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ ก็ยังข้อดีกว่าการใช้แหล่งความร้อนจากเชื้อเพลิงอื่น ๆ ซึ่งสามารถแสดงในตารางที่ 2.2

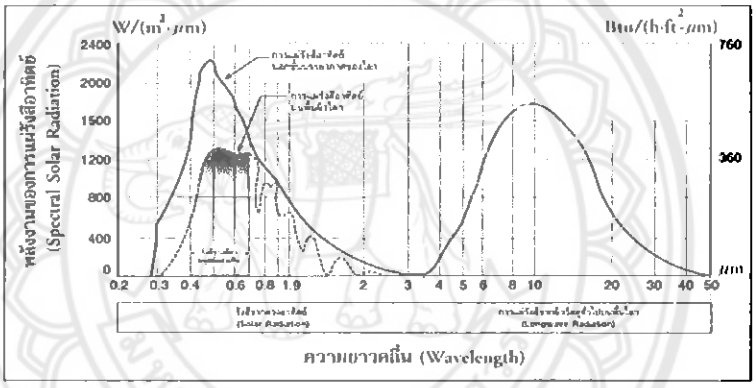
ตารางที่ 2.2 ตารางเปรียบเทียบการใช้การอบแห้งด้วยแสงอาทิตย์และแหล่งความร้อนจากเชื้อเพลิงอื่น

รายการ	ความร้อนจากแสงอาทิตย์	เชื้อเพลิงน้ำมันเตา	ไฟฟ้า
ค่าใช้จ่ายด้านพลังงาน	ไม่มี	ราคาถูก (แนวโน้มเพิ่มขึ้น)	ราคาแพง
เงินลงทุนเครื่องอบแห้ง	ราคาแพง	ราคาปานกลาง	ราคาต่ำ
ระยะเวลาในการคุ้มทุน	ระยะเวลายาว แต่คุ้มค่า	ปานกลาง	ต่ำ
อายุการใช้งาน	ยาวนาน	ปานกลาง	ต่ำ
ค่าความร้อน/หน่วย	ต่ำ	สูง	ปานกลาง
ความสะดวกในการใช้งาน	ง่าย และสะดวก	ปานกลาง	สะดวก
การประหยัดพลังงาน	ไม่มีค่าใช้จ่าย	ปานกลาง	ไม่ประหยัด
พื้นที่ในการติดตั้ง	ใช้พื้นที่มาก การติดตั้งยาก	ปานกลาง	น้อย
ผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อม	ไม่มีผลกระทบ (สะอาด)	ปานกลาง	น้อย

ที่มา : http://thailandindustry.com/guru/view.php?id=13208&section=9&rcount=Y

กระบวนในการอบแห้งหรือตากแห้งเป็นการระเหยน้ำที่อยู่ในผลิตภัณฑ์ออกไปให้เหลือปริมาณที่เหมาะสมซึ่งผลิตภัณฑ์แต่ละชนิดจะมีค่าความชื้นสุดท้ายไม่เท่ากัน โดยอาศัยพลังงานความร้อนเพื่อทำให้น้ำระเหย หรืออาจกล่าวได้ว่า พลังงานจากดวงอาทิตย์มีความร้อนอยู่ในแสงอาทิตย์ โดยปกติแสงอาทิตย์ที่ตกกระทบบนพื้นโลกจะประกอบด้วยรังสีต่าง ๆ 3 ช่วง คือ อัลตราไวโอเลต (UV) เป็นช่วงรังสีที่ฆ่าเชื้อโรคบางชนิดได้ ทำให้เกิดโรคมะเร็งได้ และจะทำให้สีซีดจาง อัตราไวโอเลตมีประมาณร้อยละ 3 ของแสงแดด

ช่วงที่สอง คือ แสงสว่าง ทำให้เราสามารถมองเห็นสิ่งต่าง ๆ ได้ และช่วงสุดท้าย คือ อินฟราเรด (Infrared) เป็นช่วงที่มีความสำคัญต่อการอบแห้งหรือตากแห้ง เพราะช่วงนี้จะทำให้เกิดความร้อนขึ้น ซึ่งมีปริมาณมากถึงร้อยละ 53 ของแสงแดด พลังงานที่ปลดปล่อยจากดวงอาทิตย์และเคลื่อนที่มายังบรรยากาศนอกโลกอันที่จริงมีปริมาณสูงมากแต่จะถูกบรรยากาศเหนือพื้นโลกดูดซับบางส่วนและเหลือประมาณ 800-1000 วัตต์ต่อตารางเมตร ดังแสดงในรูป



รูปที่ 2.1 แสดงพลังงานของดวงอาทิตย์นอกโลกและที่กระทบบนพื้นโลกที่ความยาวคลื่นต่าง
ที่มา : http://thailandindustry.com/guru/view.php?id=13208&section=9&rcount=Y

2.2.4 การทำแห้ง

การทำแห้งเป็นวิธีในการถนอมอาหารที่เก่าแก่ พบว่ามีการนำเนื้อสัตว์และปลาไปตากแดดตั้งแต่อดีตกาลซึ่งไม่มีการบันทึกไว้ว่าเริ่มใช้วิธีดังกล่าวในปีใด ส่วนในปัจจุบันนี้กระบวนการทำแห้งอาหารมีความสำคัญเนื่องจากเป็นวิธีถนอมอาหารที่ทำให้เราสามารถเก็บอาหารได้นาน โดยปราศจากการเน่าเสีย สาเหตุที่ทำให้อาหารเก็บได้นานขึ้นเมื่ออาหารนั้นผ่านการทำแห้งก็เพราะ การที่น้ำที่เหล่าจุลินทรีย์ใช้ในการดำรงชีวิตมีไม่พอเพียงต่อกิจกรรมภายในเซลล์ ช่วยชะลอกิจกรรมต่างๆ ไม่ว่าจะเป็นการเจริญเติบโต การแบ่งเซลล์ นอกจากนั้นยังช่วยเอนไซม์หลายชนิดที่ไม่ต้องการซึ่งมีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างเคมีของสารอาหารได้

เหตุผลหลักในการทำแห้งก็คือ เพื่อยืดอายุการเก็บรักษา แต่การทำแห้งนั้นยังกลายในด้านกระบวนการแปรรูปอาหารด้วย เช่น การอบขนมปัง เป็นการประยุกต์ใช้ความร้อนจากลมร้อนไปทำให้ทำให้โครงสร้างของโปรตีนและสตาร์ชเปลี่ยนแปลงไป ทำให้ตัวโดสามารถเก็บรักษาแก๊สได้

ในบางสถานการณ์การสูญเสียความชื้นกลับเป็นสิ่งที่ไม่ต้องการ ยกตัวอย่างเช่น ในระหว่างการเก็บรักษาเนยแข็ง และเนื้อสัตว์สด หรือที่ผ่านการแช่แข็ง และรวมไปถึงอาหารอื่นๆที่สัมผัสกับอาหารร้อนการทำแห้งอาหารเป็นการขจัดน้ำออกจากชิ้นอาหาร ซึ่งน้ำส่วนใหญ่ในอาหารจะระเหยออกจากอาหารด้วยความร้อนแฝง ดังนั้นจึงควรมีการควบคุมปัจจัยสำคัญ 2 ตัว ในการทำแห้งดังต่อไปนี้

การถ่ายโอนความร้อนจะต้องครอบคลุมปริมาณความร้อนแฝงในการระเหย

การเคลื่อนที่ของน้ำและเปลี่ยนสถานะไปเป็นไอผ่านเนื้ออาหาร และผลจากการที่น้ำถูกขจัดออกไปจากอาหารสภาวะการทำแห้ง สามารถจำแนกได้ออกเป็น 3 กรณีดังนี้

การทำแห้งภายใต้ความดันบรรยากาศด้วยอากาศร้อน และเครื่องทำแห้งชนิดสัมผัสความร้อนจะถูกถ่ายโอนเข้าไปในอาหารจากลมร้อน หรือผิวสัมผัสร้อน แล้วน้ำจะถูกดึงออกไปด้วยอากาศที่ไม่อิ่มตัว

การทำแห้งภายใต้สุญญากาศ ข้อดีคือเกิดการดึงน้ำออกได้อย่างรวดเร็วภายใต้ความดันที่ต่ำว่าวิธีที่ 1 ลักษณะการถ่ายโอนความร้อนที่เกิดขึ้นมักเกิดแบบการพา บางครั้งเกิดร่วมกับการฉายรังสี

การทำแห้งแบบเยือกแข็ง แตกต่างจาก 2 วิธีแรกตรงที่น้ำที่อยู่สถานะน้ำแข็งจะกลายเป็นไอโดยการระเหิด ลักษณะโครงสร้างของอาหารจึงยังมีสภาพที่ดีกว่า แต่มีต้นทุนการผลิตสูงและได้ผลผลิตน้อย

ลักษณะการทำแห้งมี 3 แบบดังนี้

2.2.4.1 การทำแห้งแบบลูกกลิ้ง (Drum dryer หรือ Roller dryer) การอบแห้งโดยให้วัตถุดิบข้นสัมผัสผิวหน้าของลูกกลิ้งร้อน

2.2.4.2 การทำแห้งแบบเยือกแข็ง (Freeze dryer) กำจัดความชื้นในวัตถุดิบในสภาพที่ทำน้ำให้เป็นน้ำแข็งแล้วกลายเป็นไอในห้องสุญญากาศซึ่งเป็นการทำให้วัตถุดิบแห้งแบบเยือกแข็ง

2.2.4.3 การทำแห้งโดยใช้ไมโครเวฟ (Microwave) หลักในการทำวัตถุดิบให้แห้ง ลดความชื้นในวัตถุดิบคือจะต้องไล่น้ำหรือความชื้นที่มีอยู่ในผลิตผลการเกษตรออกไป แต่จะยังมีความชื้นเหลืออยู่ในผลิตภัณฑ์มากน้อยแล้วแต่ชนิด

2.2.5 เครื่องมือที่ใช้ในการอบแห้ง

เครื่องมือที่ใช้ในการอบอาหารจำนวนมากใน คราวเดียวกันให้แห้งนั้นมีหลายแบบและแต่ละแบบก็มีหลายขนาด ดังนั้น ต้องเลือกใช้ให้เหมาะสมกับสภาพของอาหารที่จะทำการอบและคุณสมบัติที่ต้องการของผลิตภัณฑ์อบแห้ง ซึ่งพอจะยก ตัวอย่างเครื่องมือที่มีการใช้กันอย่างแพร่หลาย

2.2.5.1 ตู้อบหรือโรงอบที่ใช้ความร้อนจากแสงอาทิตย์

การทำอาหารให้แห้งในสมัยโบราณมักจะ ตากแดดซึ่งไม่สามารถควบคุมความร้อนและคุณภาพของผลิตภัณฑ์ได้ ดังนั้น จึงได้มีการคิดค้นสร้างตู้อบ หรือโรงอบ ที่ใช้ความร้อนจากแสง อาทิตย์ เพื่อทำอาหารให้แห้ง ข้อดีสำหรับการใช้ ตู้อบที่ใช้ความร้อนจากแสงอาทิตย์นี้ คือ

ก. ได้ผลิตภัณฑ์สีสวย และสม่ำเสมอ

ข. สะอาดเพราะสามารถควบคุมไม่ให้ฝุ่นละอองหรือแมลงเข้าไปได้

ค. ใช้เวลาน้อยกว่าการตาก แดดตามธรรมชาติ ทำให้ประหยัดเวลาในการตากได้ประมาณหนึ่งในสาม

ง. ประหยัดพื้นที่ ในการตากเพราะในตู้อบสามารถวางถาดที่จะใส่ผลิตผลได้หลายถาดหรือหลายชั้น

จ. ประหยัด แรงงานในการที่ไม่ต้องเก็บอาหารที่กำลังตากเข้า ที่ร่มในตอนเย็นและเอาออกตากในตอนเช้าเหมือนสมัยก่อนซึ่งมีผลทำให้ต้นทุนในการ ผลิตอาหารแห้งลดลง

2.2.5.2 เครื่องอบแห้งที่ใช้ความร้อนจากแหล่งอื่น

ความร้อนที่ใช้กับเครื่องอบประเภทนี้ ส่วนมากจะได้จากกระแสไฟฟ้าหรือก๊าซซึ่งสร้างขึ้น เพื่อใช้อบอาหารให้แห้งในระบบอุตสาหกรรมมี หลายแบบหลายขนาดโดยใช้หลักการที่แตกต่างกัน เช่น

ก. เครื่องอบแห้งด้วยลมร้อนแบบตู้หรือถาด มีลักษณะเป็นตู้ที่บุด้วยวัสดุที่เป็นฉนวน มีถาดสำหรับวางอาหารที่จะอบ ความร้อนกระจายภายในตู้โดยแผงที่ช่วยการไหลเวียนของลมร้อนหรือโดยพัดลม เครื่องมือชนิดนี้จะใช้อบอาหารที่ มีปริมาณน้อย หรือสำหรับงานทดลอง

ข. เครื่องอบแห้งด้วยลมร้อนแบบต่อเนื่อง มีลักษณะคล้ายอุโมงค์ นำอาหารที่ต้องการอบ แห้งวางบนสายพานที่เคลื่อนผ่านลมร้อนในอุโมงค์เมื่ออาหารเคลื่อนออกจากอุโมงค์ก็จะแห้งพอดีทั้ง นี้ขึ้นอยู่กับการปรับอุณหภูมิของลมร้อน และความเร็วของสายพานที่เคลื่อนผ่านลมร้อนใน อุโมงค์ ตัวอย่างอาหารเช่น ผักหรือผลไม้อบแห้ง

ค. เครื่องอบแห้งแบบพ่นฝอย การทำงานของเครื่องอบแบบนี้ คือ ของเหลวที่ต้องการทำให้แห้งต้องฉีดพ่นเป็นละอองเข้าไปในตู้ที่มีลมร้อนผ่านเข้ามา เมื่อละอองของอาหารและลมร้อนสัมผัสกันจะทำให้น้ำระเหยออกไป แล้วอนุภาคที่แห้งจะลอยกระจายในกระแสลมเข้าสู่เครื่องแยกเป็นผงละเอียด แล้วนำอาหารผงนั้นบรรจุในภาชนะต่อไป เช่น กาแฟผงสำเร็จรูป ไข่ผง น้ำ ผลไม้ผง ซุปผง เป็นต้น

ง. เครื่องอบแห้งแบบลูกกลิ้ง ประกอบ ด้วยลูกกลิ้งทำด้วยเหล็กไร้สนิม อาจเป็นแบบลูกกลิ้งคู่หรือลูกกลิ้งเดี่ยวก็ได้ ภายในมีลักษณะกลวงและทำให้ร้อนด้วยไอน้ำหรือไฟฟ้า อาหารที่จะทำแห้งต้องมีลักษณะเละ ๆ ป้อนเข้าเครื่อง ตรงผิวนอกของลูกกลิ้งเป็นแผ่นฟิล์มบาง ๆ แผ่น ฟิล์มของอาหารที่แห้งติดบนผิวหน้าของลูกกลิ้ง แซะออกโดยใบมีดที่ติดให้ขนานกับผิวหน้าของ ลูกกลิ้งจะได้ผลิตภัณฑ์อบแห้งที่เป็นแผ่นบาง ๆ และกรอบเป็นเกล็ดหรือเป็นผง

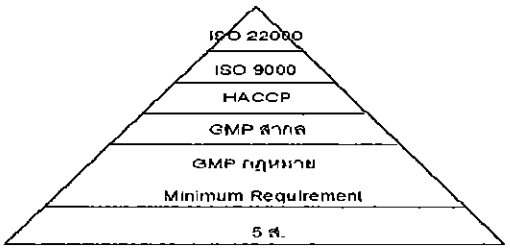
จ. เครื่องอบแห้งแบบเยือกแข็ง ประกอบด้วย เครื่องที่ทำให้อาหารเย็นจัด แผ่นให้ความร้อน และตู้สุญญากาศ หลักการในการทำแห้ง แบบนี้ คือ การไล่น้ำจากอาหารออกไปในสภาพที่น้ำเป็นน้ำแข็งแล้วกลายเป็นไอ หรือที่เรียกว่า เกิดการระเหิดขึ้นภายในตู้สุญญากาศ ผลิตภัณฑ์เยือกแข็งจะวางอยู่ในถาด และถาดวางอยู่บนแผ่นให้ความร้อน ถ้าใช้ไมโครเวฟในกระบวนการอบแห้งร่วมกับการทำแห้งแบบเยือกแข็ง จะช่วยลด เวลาของการทำแห้งลงไปในถึงหนึ่งในสิบ ตัวอย่าง ผลิตภัณฑ์ที่ประสบความสำเร็จมากที่สุด คือ กาแฟผงสำเร็จรูป

ฉ. ตู้อบแห้งแบบที่ใช้ไมโครเวฟ ขณะนี้ได้มีการใช้ไมโครเวฟคลื่นความถี่ 13x106 ไซเกิลเพื่อลดความชื้นของผัก เช่น กะหล่ำปลี จากร้อยละ 90-95 เหลือความชื้นเพียงร้อยละ 5-7 เมื่อเปรียบเทียบกับการอบแห้งแบบใช้ลมร้อน จะช่วยลดเวลาเหลือเพียงหนึ่งในห้า ซึ่งจะทำให้ลดค่าใช้จ่าย และผลิตภัณฑ์ที่จะมีคุณคุณภาพดี และมีสีสวย

2.2.6 ระบบคุณภาพอาหาร (Quality System) : GMP/HACCP

ระบบคุณภาพ (Quality System) หรือบางครั้งเรียกว่า ระบบประกันคุณภาพ (Quality assurance system) เป็นการดำเนินการเพื่อให้สถานที่ผลิตมีมาตรฐาน โดยคำนึงถึงทุกขั้นตอนของการผลิตรวมทั้งปัจจัยต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง ซึ่งจะต้องถูกควบคุมตรวจสอบอย่างเป็นระบบต่อเนื่อง และสม่ำเสมอเพื่อให้ผลิตภัณฑ์ขั้นสุดท้ายมีคุณภาพและปลอดภัยมากยิ่งขึ้น หากระบบมีการดำเนินการถูกต้องแล้วจะสามารถช่วยตรวจสอบกลับถึงสาเหตุได้เมื่อผลิตภัณฑ์มีปัญหา แต่อย่างไรก็ตาม ระบบนี้เป็นระบบที่เน้นการป้องกันมากกว่าการแก้ไขปัญหาในระดับสากล ระบบคุณภาพในอุตสาหกรรมอาหาร ได้แก่ GMP และ HACCP ซึ่งปัจจุบันมีความสำคัญและมีการดำเนินการมากขึ้นในประเทศไทย โดยเฉพาะอุตสาหกรรมขนาดใหญ่และอุตสาหกรรมส่งออก เนื่องจากกระแสความต้องการการบริโภคอาหารภายในประเทศ และกระแสการค้าโลกที่มีการแข่งขันในเรื่องคุณภาพมาตรฐานและความปลอดภัยของอาหารมากยิ่งขึ้น

เส้นทางและลำดับขั้นตอนของระบบคุณภาพอาหารที่ดี ในประเทศไทยมิใช่เริ่มต้นในเรื่อง GMP และ HACCP ได้เลย แต่ควรมีการดำเนินการตั้งแต่ขั้นพื้นฐานจนถึงลำดับสุดท้าย ดังนี้



รูปที่ 2.2 รูปขั้นตอนการทำเกี่ยวกับระบบคุณภาพ

ที่มา : กองควบคุมอาหาร สำนักคณะกรรมการอาหารและยา

2.2.6.1 หลักเกณฑ์ขั้นต่ำในการดำเนินการสถานที่ผลิตอาหาร (Minimum Requirement)

หลักเกณฑ์ขั้นต่ำในการดำเนินการสถานที่ผลิตอาหาร (Minimum Requirement) เป็นหลักเกณฑ์ที่จัดขึ้นโดยสำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา ตั้งแต่ปี 2523 มีวัตถุประสงค์เพื่อให้ผู้ผลิตจัดสถานที่ เครื่องจักรอุปกรณ์ และให้มีการดำเนินการในหลักการขั้นต่ำในเรื่องสุขาภิบาลและสุขลักษณะเบื้องต้น ทั้งนี้ ผู้ผลิตจะได้มีแนวทางในการดำเนินการที่ถูกต้องก่อนที่จะบริโภคอาหาร และปัจจุบันกระทรวงสาธารณสุขได้มีการพัฒนาการควบคุมสถานที่ผลิตและกระบวนการผลิต โดยใช้หลักเกณฑ์และวิธีการที่ดีในการผลิต หรือที่เรียกว่า GMP แต่หลักเกณฑ์นี้ยังสามารถนำไปใช้กับกลุ่มอาหารที่นอกเหนือจากที่ควบคุมด้วย GMP ซึ่งจะสอดคล้องกับกฎกระทรวง

2.2.6.2 หลักเกณฑ์วิธีการที่ดีในการผลิตอาหาร (GMP : Good Manufacturing Practice)

GMP ที่นำมาเป็นมาตรการบังคับใช้เป็นกฎหมายนั้น ได้นำแนวทางข้อกำหนดเป็นไปตาม Codex ซึ่งเป็นที่ยอมรับของสากล แต่มีการปรับรายละเอียดเป็นบางประเด็นหรือเป็นการปรับให้ง่ายขึ้น (Simplify) เพื่อให้เหมาะสมกับศักยภาพของผู้ผลิตอาหารภายในประเทศ ซึ่งสามารถปฏิบัติได้จริง แต่ยังมีข้อกำหนดที่เป็นหลักการที่สำคัญเหมือนกับของ Codex แต่สามารถนำไปใช้ได้กับสถานประกอบการทุกขนาด ทุกประเภท ทุกผลิตภัณฑ์ ตามสถานการณ์ของประเทศไทย นอกจากนี้ยังเป็นการพัฒนามาตรฐานสูงขึ้นมาจากหลักเกณฑ์ขั้นพื้นฐาน (Minimum Requirement) ที่สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยาใช้ในการพิจารณาอนุญาตผลิตเป็นเกณฑ์ ซึ่งทั้งผู้ประกอบการและเจ้าหน้าที่รู้จักคุ้นเคยกันดีและปฏิบัติกันอยู่แล้ว เพียงแต่จะต้องมีการปฏิบัติในรายละเอียดบางประเด็นที่เคร่งครัดและจริงจังมากขึ้น ซึ่งอาจกล่าวได้ว่า GMP สุขลักษณะทั่วไปนี้ผู้ประกอบการสามารถนำไปปฏิบัติตามได้ ในขณะที่กฎระเบียบข้อบังคับของหลักการสำคัญก็มีความน่าเชื่อถือในระดับสากล

สำหรับ GMP เฉพาะผลิตภัณฑ์ (Specific GMP) นั้น สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยาได้กำหนดให้น้ำบริโภคเป็นผลิตภัณฑ์แรกที่ผู้ประกอบการจะต้องปฏิบัติตาม GMP เฉพาะ เนื่องจากการผลิตมีกระบวนการที่ไม่ซับซ้อนและลงทุนไม่มาก ประกอบกับในยุคเศรษฐกิจปัจจุบันมีผู้ผลิตเพิ่มขึ้นเป็นจำนวนมาก จากการตรวจสอบจำนวนผู้ประกอบการที่ได้รับอนุญาตจากสำนักงานคณะกรรมการอาหารและยาและสำนักงานสาธารณสุขจังหวัดทั่วประเทศ ในปี 2546 มีประมาณ 4,000 รายทั่วประเทศ ซึ่งส่วนใหญ่ผู้ประกอบการรายย่อยมีการผลิตโดยไม่คำนึงถึงความปลอดภัยของผู้บริโภค สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยาจึงเห็นว่าจำเป็นที่จะต้องมีมาตรการและหาวิธีการป้องกันในเรื่องนี้อย่างจริงจังมากขึ้น ทั้งนี้ให้เน้นการควบคุมสถานที่และกระบวนการผลิต โดยใช้หลักการของ GMP เฉพาะผลิตภัณฑ์เข้ามาเป็นเกณฑ์บังคับทางกฎหมาย เพื่อให้ผู้ผลิตนำบริโภคตระหนัก มีการควบคุม ตรวจสอบ และเห็นความสำคัญเรื่องคุณภาพมาตรฐานและความปลอดภัยของผลิตภัณฑ์ หลักการของ GMP น้ำบริโภคใช้แนวทางของกฎหมายอเมริกา ที่กำหนดใน

Code of Federal Regulation title ที่ 21 part 129 Processing and Bottling of Bottled Drinking Water และ มาตรฐานสากล Codex (Code of Hygiene Practice Bottled/Packaged Drinking Waters) ซึ่งสอดคล้องกับ GMP สุขลักษณะทั่วไปที่เป็นกฎหมาย เพียงแต่มีการขยายเนื้อหาในหมวดที่เกี่ยวกับกระบวนการผลิตให้เป็นไปตามขั้นตอนที่ถูกต้องของผลิตภัณฑ์นำบริโภคเพื่อให้ผู้ผลิตสามารถควบคุมได้ครบถ้วนทุกจุดของการผลิตมากยิ่งขึ้น

2.2.6.3 มาตรการ GMP

มาตรการ GMP เป็นการปรับเปลี่ยนระบบโดยใช้กฎหมายเป็นมาตรการรองรับ ซึ่งจะเป็นวิธีที่จะทำให้เกิดผลสัมฤทธิ์ในรูปธรรมได้อย่างแท้จริง แต่การเปลี่ยนแปลงในลักษณะดังกล่าว ในระยะเริ่มแรกซึ่งเป็นระยะการปรับตัวของระบบ ย่อมก่อให้เกิดผลกระทบหรือปัญหาอุปสรรคแก่ผู้ที่เกี่ยวข้อง โดยเฉพาะอย่างยิ่งตัวผู้ประกอบด้านอาหารทั้งหมดของประเทศ ดังนั้น จึงได้มีการกำหนดให้มีระยะเวลาผ่อนผันเพื่อประโยชน์ในการปรับตัวและเตรียมความพร้อมของสถานประกอบการ

2.2.6.4 หลักการของGMP (Good Manufacturing Practice)

GMP (Good Manufacturing Practice) หมายถึง หลักเกณฑ์วิธีการที่ดีในการผลิตอาหารเป็นเกณฑ์หรือข้อกำหนดขั้นพื้นฐานที่จำเป็นในการผลิตและควบคุมเพื่อให้ผู้ผลิตปฏิบัติตามและทำให้สามารถผลิตอาหารได้อย่างปลอดภัย โดยเน้นการป้องกันและขจัดความเสี่ยงที่อาจจะทำให้อาหารเป็นพิษเป็นอันตรายหรือเกิดความไม่ปลอดภัยแก่ผู้บริโภค GMP มี 2 ประเภทดังนี้

ก. GMP สุขลักษณะทั่วไป หรือ General GMP เป็นหลักเกณฑ์ที่นำไปใช้ปฏิบัติสำหรับอาหารทุกประเภท

ข. GMP เฉพาะผลิตภัณฑ์ หรือ Specific GMP เป็นข้อกำหนดที่เพิ่มเติมจาก GMP ทั่วไปเพื่อมุ่งเน้นในเรื่องความเสี่ยง และความปลอดภัยของแต่ละผลิตภัณฑ์อาหารเฉพาะมากยิ่งขึ้น

2.2.6.5 GMP (Good Manufacturing Practice) ในประเทศไทย

สำหรับประเทศไทย สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา (อย.) นับเป็นหน่วยงานที่มีหน้าที่ในการตรวจรับรองระบบ GMP อาหารในประเทศไทย รวมทั้งมีหน้าที่ในการตรวจติดตามการปฏิบัติของผู้ประกอบการอาหารและน้ำดื่มไทย ให้มีการปฏิบัติให้สอดคล้องกับ GMP ที่บังคับใช้ตามกฎหมายระบบ GMP อาหารเข้ามาในประเทศ และเป็นที่รู้จักครั้งแรกในปี พ.ศ. 2529 ภายใต้แผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติฉบับที่ 6 และตลอดระยะเวลาเกือบ 20 ปีที่ผ่านมา สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยาได้ดำเนินการเกี่ยวกับระบบ GMP ดังนี้ เริ่มจากการอบรมทั้งกับผู้ประกอบการและเจ้าหน้าที่ภาครัฐให้เข้าใจหลักการของระบบ จัดทำโครงการยกระดับมาตรฐานการผลิตอาหารประเภทต่างๆสำนักงานคณะกรรมการอาหารและยาได้นำระบบ GMP มาใช้พัฒนาสถานที่ผลิตอาหารของประเทศเป็นครั้งแรกในลักษณะส่งเสริมและยกระดับมาตรฐานการผลิตในอุตสาหกรรมอาหารแก่ผู้ประกอบการแบบสมัครใจภายใต้แผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ

ฉบับที่ 6 และตลอดระยะเวลาเกือบ 20 ปีที่ผ่านมาสำนักงานคณะกรรมการอาหารและยาได้ดำเนินการในเรื่องนี้เป็นขั้นตอนตามลำดับกล่าวคือ เริ่มจากจัดทำโครงการฯเสนอเพื่อให้สภาวิจัยฯให้ความเห็นชอบร่างหลักเกณฑ์ GMP ของประเทศต่างๆโดยจัดลำดับความสำคัญของผลิตภัณฑ์ที่มีต่อการบริโภคและต่อเศรษฐกิจของประเทศเช่นน้ำบริโภคเครื่องดื่มนมพร้อมดื่มและอาหารกระป๋องเป็นต้น จัดการฝึกอบรมให้กับผู้ประกอบการ และเจ้าหน้าที่ภาครัฐให้เข้าใจในหลักการของระบบ นอกจากนั้นมีการตรวจสอบก่อนและหลังการอบรมให้ความรู้พร้อมทั้งมีการประเมินผลและออกใบเกียรติบัตรให้เพื่อเป็นแรงจูงใจซึ่งการดำเนินการครั้งนั้นทั้งหมดเพื่อประเมินและกระตุ้นผู้ประกอบการให้มีความสนใจที่จะพัฒนาสถานที่ผลิตเป็นระยะอย่างต่อเนื่อง หลังจากนั้นในปี 2535 เป็นต้นมาสำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา โดยกองควบคุมอาหารได้มีมาตรการให้การรับรองระบบ GMP (Certificate GMP) แก่ผู้ประกอบการในลักษณะสมัครใจ

ก. หลักการของ GMP จะครอบคลุมตั้งแต่สถานที่ตั้งของสถานประกอบการ โครงสร้างอาคารระบบการผลิตที่ดีมีความปลอดภัย และมีคุณภาพได้มาตรฐานทุกขั้นตอน นับตั้งแต่เริ่มต้นวางแผนการผลิตระบบควบคุมตั้งแต่วัตถุดิบระหว่างการผลิตผลิตภัณฑ์สำเร็จรูปการจัดเก็บการควบคุมคุณภาพและการขนส่งจนถึงผู้บริโภค มีระบบบันทึกข้อมูล ตรวจสอบและติดตามผลคุณภาพผลิตภัณฑ์รวมถึงระบบการจัดการที่ดีในเรื่องสุขอนามัย (Sanitation และHygiene) เพื่อให้ผลิตภัณฑ์ขั้นสุดท้ายมีคุณภาพและความปลอดภัยเป็นที่มั่นใจเมื่อถึงมือผู้บริโภค ทั้งนี้ GMP ยังเป็นระบบประกันคุณภาพขั้นพื้นฐานก่อนที่จะพัฒนาไปสู่ระบบประกันคุณภาพอื่นๆต่อไปเช่นระบบ HACCP (Hazards Analysis and Critical Control Points) และ ISO 9000 อีกด้วย

ข. ข้อกำหนด GMP สุขลักษณะทั่วไปมี 6 ข้อกำหนดดังนี้

ข.1 สถานทั้งและอาคารผลิต

ข.2 เครื่องมือเครื่องจักรและอุปกรณ์การผลิต

ข.3 การควบคุมกระบวนการผลิต

ข.4 การสุขาภิบาล

ข.5 การบำรุงรักษาและการทำความสะอาด

ข.6 บุคลากรและสุขลักษณะ

ในแต่ละข้อกำหนดมีวัตถุประสงค์หลักเพื่อให้ผู้ผลิตมีมาตรการป้องกันการปนเปื้อนอันตรายทั้งทางด้านจุลินทรีย์เคมีและกายภาพ ลงสู่ผลิตภัณฑ์ซึ่งอาจมาจากสิ่งแวดล้อมตัวอาคารเครื่องจักรอุปกรณ์ที่ใช้ การดำเนินงานในแต่ละขั้นตอนการผลิตรวมถึงการจัดการในด้านสุขอนามัยทั้งในส่วนของความสะอาดการบำรุงรักษาและผู้ปฏิบัติงาน

2.2.6.6 HACCP (Hazard Analysis and Critical Control Point System)

ระบบการวิเคราะห์อันตรายและจุดวิกฤตที่ต้องควบคุมในการผลิตอาหาร เป็นระบบการจัดการ เพื่อความปลอดภัยของอาหาร โดยใช้การควบคุมจุดวิกฤตที่ต้องควบคุม (CCP) ของการผลิต ซึ่งระบบดังกล่าวผู้ประกอบการอุตสาหกรรมอาหารสามารถนำไปปฏิบัติได้โดยตลอดในวงจร

ของโซ่อาหารตั้งแต่ผู้ผลิตเบื้องต้น จนถึงผู้บริโภคขั้นสุดท้าย เพื่อสร้างความมั่นใจในความปลอดภัยของผลิตภัณฑ์ นอกจากนี้ยังลดการกีดกันทางการค้าของประเทศนำเข้าอีกด้วย ระบบ HACCP ยึดหลักเกณฑ์ตามโครงการมาตรฐานอาหารระหว่างประเทศ (Codex) ซึ่งสามารถป้องกันอันตราย หรือสิ่งปนเปื้อนทางชีวภาพ เคมีและกายภาพของอาหารได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยจะเน้นการควบคุมพนักงาน / เทคนิคการตรวจติดตามอย่างต่อเนื่องที่จุดวิกฤตที่ต้องควบคุมและลดความสำคัญของการตรวจสอบผลิตภัณฑ์สุดท้ายระบบ HACCP เป็นระบบควบคุมซึ่งเน้นการป้องกันอันตรายในกระบวนการมากกว่าการทดสอบที่ผลิตภัณฑ์ขั้นสุดท้าย ซึ่งสามารถทำให้ท่านสามารถบริหารความเสี่ยงได้อย่างมีประสิทธิภาพ ทั้งความปลอดภัยทางด้านอาหาร และความมีประสิทธิผลในด้านค่าใช้จ่าย

ก. หลักการที่จะนำ HACCP มาใช้ในโรงงานอุตสาหกรรมได้อย่างมีประสิทธิภาพ โรงงานจำเป็นต้องมีการจัดทำโปรแกรมพื้นฐานด้านสุขลักษณะการผลิตอาหาร หรือ GMP (Good Manufacturing Practices System) ของโรงงานมีความสะดวกต่อการดำเนินการให้มีประสิทธิภาพ ดังนั้น โรงงานยังไม่ได้นำระบบ HACCP มาใช้ควรเตรียมความพร้อมตั้งแต่เนิ่นๆ ส่วนโรงงานที่มีการนำระบบ GMP มาใช้ในโรงงานอยู่ จะสามารถนำระบบ HACCP ไปประยุกต์ใช้ให้ประสบผลสำเร็จยิ่งขึ้น

ข. HACCP ได้ให้หลักการพื้นฐานซึ่งมีการประยุกต์ใช้กับกิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับอาหาร ดังนั้นไม่ว่าอุตสาหกรรมของท่านจะเกี่ยวข้องการการจัดเก็บ บริการ ขนส่ง ทำการผลิต ทำการเตรียม ท่านสามารถทำการประยุกต์ใช้ระบบ HACCP ได้

ค. หลักการของระบบ HACCP

ค.1 ดำเนินการวิเคราะห์อันตราย

ค.2 หาจุดวิกฤตที่ต้องควบคุม

ค.3 กำหนดค่าวิกฤต

ค.4 กำหนดระบบเพื่อตรวจติดตามการควบคุมจุดวิกฤตที่ต้องควบคุม

ค.5 กำหนดวิธีการแก้ไข เมื่อตรวจพบว่าจุดวิกฤตที่ต้องควบคุมเฉพาะจุดใดจุดหนึ่งที่ไม่อยู่ภายใต้การควบคุม

ค.6 กำหนดวิธีการทวนสอบเพื่อยืนยันประสิทธิภาพการดำเนินงานของระบบ HACCP

ค.7 กำหนดวิธีการจัดเก็บเอกสารที่เกี่ยวข้องกับวิธีการปฏิบัติและบันทึกข้อมูลต่างๆ ที่เหมาะสมตามหลักการเหล่านี้และการประยุกต์ใช้

2.2.6.7 มาตรฐาน ISO 9000 มาตรฐานระบบการบริหารงานคุณภาพ

ISO 9000 มาตรฐานระบบการบริหารงานคุณภาพ เป็นมาตรฐานระบบการบริหารงานขององค์กร ซึ่งมุ่งเน้นด้านคุณภาพ ที่ประเทศต่าง ๆ ทั่วโลกให้การยอมรับและนำไปใช้อย่างแพร่หลาย กำหนดขึ้นโดย องค์การระหว่างประเทศว่าด้วยการมาตรฐาน (International

Organization for Standardization-ISO) ซึ่งมีคณะกรรมการวิชาการคณะที่ 176 (ISO/TC 176 : Quality Management and Quality Assurance) เป็นผู้จัดทำมาตรฐานดังกล่าวประกาศใช้ครั้งแรกเมื่อปี 2530 (ค.ศ.1987) และมีการแก้ไขมาตรฐาน 2 ครั้ง ในปี 2537 (ค.ศ.1994) และปี 2543 (ค.ศ. 2000)ประเทศไทยโดยสำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (สมอ.) ได้นำมาตรฐานดังกล่าว มาประกาศใช้เป็นครั้งแรกในปี 2534 ในชื่อ "อนุกรมมาตรฐานระบบการบริหารงานคุณภาพ มอก. - ISO 9000" โดยมีเนื้อหาเหมือนกันทุกประการ กับอนุกรมมาตรฐานระบบการบริหารงานคุณภาพของ ISOนับตั้งแต่มีการประกาศกำหนดมาตรฐาน ISO 9000 เป็นต้นมา องค์กรต่าง ๆ ทั้งภาคเอกชนและภาครัฐได้นำมาตรฐานดังกล่าว ไปใช้อย่างกว้างขวาง ในการจัดระบบให้สอดคล้องกับข้อกำหนด เพื่อให้ได้รับการรับรอง ระบบการบริหารงานคุณภาพขององค์กร อันจะเป็นสิ่งที่แสดงให้ลูกค้าเห็นว่า องค์กรมีระบบการบริหารงานที่มีประสิทธิภาพ สามารถสนองตอบความต้องการ ของลูกค้าได้อย่างสม่ำเสมอ เพื่อสร้างความมั่นใจให้แก่ลูกค้า

ก. มอก. 9001-2544 (ISO 9001 : 2000) เป็นระบบการบริหารงานคุณภาพซึ่งมีข้อกำหนดหลัก 4 หัวข้อใหญ่ๆ คือ

ก.1 ระบบการจัดการคุณภาพ

ก.2 ความรับผิดชอบด้านการผลิต/บริการ

ก.3 การจัดการทรัพยากร

ก.4 การผลิต (และ/หรือการบริการ)

2.2.6.8 ระบบการจัดการความปลอดภัยของอาหารตามมาตรฐาน ISO 22000

ISO 22000 เป็นระบบคุณภาพที่ต่อยอดในเรื่อง ความปลอดภัยอาหาร เป็นการรวมเอาระบบ GMP ซึ่งเป็นระบบพื้นฐานของอุตสาหกรรมอาหารกับระบบ HACCP ซึ่งเป็นระบบวิเคราะห์จุดอันตรายแต่ละขั้นตอนการผลิตและมีการผนวก ISO 9001 เข้าไปเสริมในเรื่องการจัดการและระบบเอกสารทำให้ระบบนี้เหมาะกับอุตสาหกรรมอาหาร ทั้งนี้เพื่อให้อาหารที่ผลิตมีความปลอดภัยมากยิ่งขึ้น ข้อกำหนดของระบบมาตรฐานนี้ใช้สำหรับระบบการจัดการความปลอดภัยของอาหารสำหรับองค์กรต่างๆ ในห่วงโซ่อาหารซึ่งต้องจัดให้มีกลไกสามารถควบคุมอันตรายที่เกิดขึ้นเพื่อให้อาหารมีความปลอดภัยต่อการบริโภคข้อกำหนดนี้สามารถประยุกต์ใช้กับทุกองค์กรโดยไม่จำกัดขนาด ซึ่งองค์กรนั้นจะเกี่ยวข้องในห่วงโซ่อาหาร และการนำไปใช้เพื่อผลิตผลิตภัณฑ์ที่ปลอดภัย เช่น โรงงานที่ผลิตภาชนะบรรจุ สารเคมี ผู้ขนส่ง ผู้ให้บริการจัดเก็บและการกระจายสินค้าที่มีความเกี่ยวข้องทั้งทางตรงและทางอ้อมกับห่วงโซ่อาหารก็สามารถนำระบบนี้ไปใช้ได้อย่างเหมาะสม

ISO 22000 : 2005 เป็นระบบสากลที่เพิ่งนำมาใช้ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อเป็นการจัดการระบบอาหารปลอดภัยตลอดห่วงโซ่อาหาร เป็นระบบที่เชื่อมโยงระหว่าง ISO 9001 กับ ระบบ HACCP โดยมีหัวข้อหลักใหญ่ๆ คือ

ก. ระบบการจัดการอาหารปลอดภัย

ข. ความรับผิดชอบด้านการจัดการ

ค. ทรัพยากรมนุษย์

ง. การวางแผนและการคำนึงถึงผลิตภัณฑ์ที่ปลอดภัย

จ. การทวนสอบและปรับปรุงระบบการจัดการอาหารปลอดภัย

2.2.7 คุณภาพอาหารและการอบแห้ง

การอบแห้งมีผลกระทบต่อคุณภาพอาหาร ทั้งนี้เนื่องจากอาหารมีการสูญเสียน้ำและได้รับความร้อน อาหารแข็งอาจมีโครงสร้างแบบเซลล์ ซึ่งมีน้ำอยู่ระหว่างเซลล์และจนเกินขีดจำกัดความยืดหยุ่นขึ้นอาหารก็จะไม่สามารถกลับไปสู่รูปร่างเดิมได้ การเปลี่ยนแปลงที่เห็นได้อย่างชัดเจนระหว่างการอบแห้งได้แก่ การหดตัวของชิ้นอาหาร ซึ่งสามารถเกิดขึ้นได้ในอาหารทั้งที่มีโครงสร้างแบบเซลล์และไม่ใช่

การอบแห้งโดยใช้อุณหภูมิค่อนข้างสูงอาจทำให้ผิวของชั้นอาหารแข็งตัวอย่างรวดเร็ว และขัดขวางการแพร่ของน้ำจากภายในชิ้นมาสู่ผิว เป็นผลให้อัตราการอบแห้งลดลงอย่างรวดเร็ว ปัญหาเช่นนี้มักเกิดกับผลิตภัณฑ์อาหารแช่อิ่ม หรือผลิตภัณฑ์อาหารที่แช่ในสารละลายอื่นๆ เช่น สารละลายเกลือเป็นไปได้ว่าสารละลายซึมตามหลอดรูเล็ก ในอาหารมายังผิว เมื่อน้ำระเหยไปแล้วก็จะเหลือแต่ตัวละลายเกาะตามผิว ซึ่งขัดขวางการเคลื่อนที่ของน้ำมายังผิว การแก้ปัญหานี้ทำได้ง่ายโดยการลดอุณหภูมิของการอบแห้งและควบคุมไม่ให้อัตราการอบแห้งสูงเกินไป

ปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลมักเกิดขึ้นระหว่างการอบแห้งผลิตภัณฑ์อาหาร ส่วนใหญ่แล้วจะไม่เป็นที่ต้องการ เพราะอาจทำให้รสชาติไม่ดี ลักษณะภายนอกไม่น่าดูการเกิดสีน้ำตาลในอาหารมี 2 แบบคือ เกิดจากปฏิกิริยาที่มีเอนไซม์เกี่ยวข้องและปฏิกิริยาที่ไม่มีเอ็นไซม์เกี่ยวข้อง กรณีแรกเกิดจากการที่เอ็นไซม์เกี่ยวข้องและปฏิกิริยาที่ไม่มีเอ็นไซม์เกี่ยวข้องกรณีแรกเกิดจากเอ็นไซม์ที่ยังคง active อยู่ เมื่อถูกกับอากาศจะเกิดเป็นสีน้ำตาล เอ็นไซม์ที่เกี่ยวข้องกับการเกิดสีน้ำตาลในผักและผลไม้เป็นกลุ่มเอ็นไซม์ ซึ่งอาจเรียกรวมว่าฟีนอลเลส การใช้ความร้อนหรือสารเคมีบางอย่างอาจช่วยเอ็นไซม์ไม่ active อีกต่อไปซึ่งช่วยลดการเปลี่ยนสีได้ รัชนี ตัณฑะพานิชกุล (2533) ได้อธิบายรายละเอียดของการเกิดสีน้ำตาลเกี่ยวข้องด้วย อาจแบ่งได้เป็นปฏิกิริยาคาราเมไลเซชันซึ่งเป็นปฏิกิริยาที่เกิดเมื่อได้รับความร้อนสูงมากเกินไปและไม่มีสารประกอบไนโตรเจนอยู่ ซึ่งเกิดเมื่อได้รับความร้อนสูงเช่นเดียวกัน มีผู้พบว่าปฏิกิริยาเมลลาร์ดเกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว ในช่วงที่ผลิตภัณฑ์อาหารมีความชื้นลดลงในช่วงร้อยละ 20 หรือ 15 เมื่อความชื้นลดลงต่ำกว่านี้ปฏิกิริยาจะลดลง ดังนั้นอาจสามารถลดปฏิกิริยาเมลลาร์ลดลงได้ ถ้าสามารถลดระยะเวลาของการอบแห้งในช่วงความชื้นดังกล่าวให้เหลือน้อยที่สุด

ตารางที่ 2.3 ตารางแสดงสภาวะที่เหมาะสมในการอบผักและผลไม้

ชนิดผักและผลไม้	ความชื้นเริ่มต้น	ความชื้นสุดท้าย	อุณหภูมิในตู้อบ
ผักคะน้า	90.5	5.5	55-60
ผักคื่นไช่	90.0	4.5	55
ฟังทอง	89.5	6.47	55-60
แครอท	81.36	6.14	55-60
ตะไคร้	77.68	8.63	55-60
กล้วย	85.0	25-30	55
ขนุน	76.0	17	55
สับปะรด	90.0	15-18	55
ลำไย	-	10.65-12.18	55

ที่มา : หนังสือกรรมวิธีการผลิตผัก และผลไม้อบแห้ง รศ.กุลยา จันทร์อรุณ, 2540

จากตารางพบว่า อุณหภูมิที่เหมาะสมในการอบแห้ง เท่ากับ 55 องศา C ซึ่งขึ้นอยู่กับชนิดและขนาดของวัสดุที่ต้องการอบแห้ง

2.2.8 Water Activity (AW)

เมื่อ ค.ศ. 1953 นักวิทยาศาสตร์ชื่อ Scott เป็นผู้ริเริ่มศึกษาและเป็นคนแรกที่เสนอคำว่า "Water Activity" ซึ่งหมายถึง "ความชื้นที่เชื้อจุลินทรีย์ต้องการใช้ในการเจริญเติบโต" ต่อมาได้ให้คำจำกัดความเป็น "อัตราส่วนของความดันไอของสารละลายในอาหาร (P) ต่อความดันไอของน้ำบริสุทธิ์ที่อุณหภูมิเดียวกัน (P0) ค่า AW=P/P0 เป็นการประมาณปริมาณน้ำที่ไม่ใช่ Bound Water ที่มีอยู่ในอาหารนั้นaw ของอาหารมีค่าอยู่ระหว่าง 0 ถึง 1 ส่วนน้ำบริสุทธิ์มี AW เท่ากับ 1 การที่อาหารมีค่า AW น้อยกว่า 1เนื่องจากในอาหารมีตัวถูกละลาย (Solute) อยู่ภายในเนื้อเยื่ออาหาร นั่นหมายความว่า ตัวถูกละลายจะลด Activity ของน้ำเนื้อเยื่ออาหารจำเป็นต้องมีสารละลาย (ตัวถูกละลาย + น้ำ) อยู่ภายในเซลล์เพราะทำให้เนื้อเยื่ออาหารคงความกรอบและความเต่ง

ความสัมพันธ์ของ Water Activity กับ Equilibrium Relative Humidity (ERH)

ERH= (ความดันไอของความชื้นในอากาศ/ความดัน) x 100

AW= (ความดันไอของสารละลายในอาหาร/ความดันไอของน้ำบริสุทธิ์ที่อุณหภูมิเดียวกัน)

นั่นคือ ERH = AW x 100

2.2.8.1 การจำแนกประเภทของอาหารโดยใช้ค่า Water activity

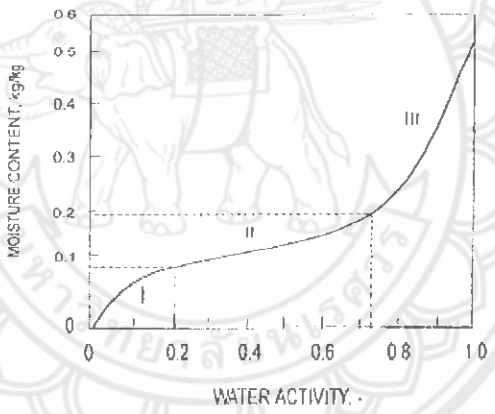
ก. อาหารที่มีความชื้นสูง (High Moisture Food, HMF) เป็นอาหารที่มีค่า AW อยู่ในช่วง 0.85 – 100 เช่น เนื้อสัตว์ผักและผลไม้ไส้กรอก เนย น้ำส้ม

ข. อาหารที่มีความชื้นปานกลาง (Intermediate Moisture Food, IMF) เป็นอาหารที่มีค่า AW อยู่ในช่วง0.65 - 0.85 เช่น นมข้นหวาน ลูกกวาด ปลาเค็ม ผลไม้แห้ง น้ำเชื่อม

ค. อาหารที่มีความชื้นต่ำ (Low Moisture Food, LMF) เป็นอาหารที่มีค่า aw อยู่ในช่วง 0.01 - 0.65 เช่น ช็อคโกแลต น้ำผึ้ง ขนมฉาบน้ำตาล ไข่ผง ขนมปังกรอบ นมผง ผักแห้ง อาหารที่มี Water Activity ต่อ จะมีน้ำที่เป็นประโยชน์ในการทำปฏิกิริยาทางเคมีและเพื่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์เพียงเล็กน้อยเท่านั้น ฉะนั้นอาหารจึงมีคุณสมบัติในการคงตัวดี

2.2.8.2 Water sorption isotherm ของอาหาร

เป็นกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง “ปริมาณน้ำกับ Water Activity” ของอาหารแต่ละชนิด มีประโยชน์ในการแสดงคุณสมบัติของอาหาร กราฟนี้มักจะเป็นเส้นโค้งรูป S (Sigmoid Shape) ดังแสดงในรูป



รูปที่ 2.3 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำกับWater Activity
ที่มา : ศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว

2.2.8.3 การสร้าง Sorption Isotherms

นำอาหารไปวางในบริเวณที่มีอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์คงที่ (เช่นในระบบที่มีไออิ่มตัวของสารละลายเกลือ) อาหารจะเข้าสู่สมดุลกับสภาวะแวดล้อมที่บริเวณนั้น โดยที่ถ้าอาหารเริ่มต้นนั้นเป็นอาหารสด เช่น ผักและผลไม้สด อาหารนั้นจะสูญเสียความชื้นให้แก่บรรยากาศทำให้ผักและผลไม้เหี่ยวลง แต่ถ้าอาหารเริ่มต้นนั้นเป็นอาหารแห้ง เช่น ขนมปังกรอบ ขนมขบเคี้ยวอาหารนั้นจะดูดความชื้นจากบรรยากาศ ทำให้อาหารนุ่ม ไม่กรอบอีกต่อไป หรือเริ่มมีการเจริญเติบโตของเชื้อราและแบคทีเรียขึ้น ท้ายที่สุดอาหารจะอยู่ที่จุดสมดุลมวลสารกับสภาพแวดล้อม นำอาหารที่จุดสมดุลนี้ไปหา “ปริมาณความชื้นในอาหารที่จุดสมดุล” (Equilibrium Moisture Content) และ Water

Activity ทำการทดลองที่ความชื้นสัมพัทธ์หลายๆ ค่า แล้วเขียนกราฟระหว่างปริมาณความชื้นกับ Water Activity

Sorption Isotherms สามารถแบ่งเส้นกราฟออกเป็น 3 ส่วนคือที่ RH เท่ากับร้อยละ 0 – 20 ที่ RH เท่ากับร้อยละ 20 - 80 และที่ RH มากกว่าร้อยละ 80

จากรูปที่น้ำในส่วน I ของ Isotherm คือน้ำที่ถูกอาหารดูดซับไว้รอบๆ อาหารเป็นฟิล์มบางๆเพียงชั้นเดียว (Monolayer) เท่านั้น น้ำในส่วนนี้มีสมบัติเป็นส่วนหนึ่งของอาหารที่มีความคงตัวดีมากไม่ว่าที่อุณหภูมิใดๆ ก็ตามไม่สามารถทำให้น้ำส่วนนี้แข็งตัวได้น้ำส่วนนี้ถูกดูดยึดแน่นมาก และไม่มีประโยชน์หรือมีประโยชน์น้อยมากในการทำปฏิกิริยาต่างๆ

น้ำในส่วน II หมายถึงน้ำที่อาหารดูดซึมเพิ่มชั้นมากขึ้นจาก Monolayer เป็นน้ำที่เกาะตัวกันอย่างหลวมๆ มีการดูดยึดกันน้อยกว่าน้ำในส่วน I ของ isotherm

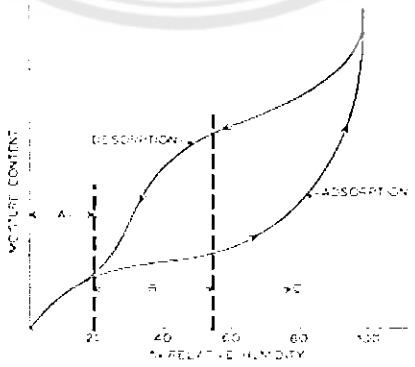
น้ำในส่วน III เป็นน้ำที่รวมตัวกันอยู่ตามช่องว่างระหว่างสารประกอบของอาหารจุลินทรีย์สามารถนำไปใช้ในการเจริญเติบโต หรือเกิดปฏิกิริยาการเปลี่ยนแปลงได้แข็งตัวเป็นน้ำแข็งได้และมีความดันไอใกล้เคียงกับน้ำบริสุทธิ์

2.2.8.4 Hysteresis

วิธีการเตรียมอาหารให้มี Water Activity ตามที่ต้องการมี 2 วิธีคือ

ก. Desorption เป็นวิธีการเตรียมอาหารแบบดึงน้ำออกจากอาหาร จนกระทั่งอาหารมีค่า AW ตามที่ต้องการ เช่น การอบแห้งผักและผลไม้

ข. Adsorption เป็นการดึงน้ำออกจากอาหารจนกระทั่งอาหารแห้งสนิทก่อนแล้วจึงให้อาหารดูดความชื้นกลับเข้าสู่อาหารใหม่จนกระทั่งอาหารมีค่า AW ตามที่ต้องการอาหารที่เตรียมจาก 2 วิธีดังกล่าวถ้านำมาวัด AW แล้วเท่ากัน แต่อาหารทั้ง 2 จะมีปริมาณความชื้นไม่เท่ากัน โดยอาหารที่เตรียมด้วยวิธี Desorption จะมีปริมาณความชื้นมากกว่าอาหารที่เตรียมด้วยวิธี Adsorption ปรากฏการณ์ความแตกต่างของปริมาณน้ำนี้เรียกว่า Hysteresis ดังแสดงในรูป



รูปที่ 2.4 ปรากฏการณ์ความแตกต่างของปริมาณน้ำ

ที่มา : ศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว

2.2.9 ทฤษฎีเรื่องความร้อน

พลังงานที่ส่งถ่ายระหว่างระบบกับสิ่งแวดล้อมเนื่องจากความแตกต่างของอุณหภูมิการส่งผ่านความร้อนมีอยู่3ชนิดคือ

วิธีที่ 1 การนำความร้อน (Heat Conduction) เป็นการถ่ายเทความร้อนจากโมเลกุลหนึ่งซึ่งติดกันไปเรื่อยๆจากอุณหภูมิสูงไปสู่อุณหภูมิต่ำ

วิธีที่ 2 การพาความร้อน (Heat Convection) เป็นการถ่ายเทความร้อนโดยการเคลื่อนที่ของอะตอมและโมเลกุลของสสารซึ่งมีสถานะเป็นของเหลวและก๊าซ

วิธีที่ 3 การแผ่รังสีความร้อน (Heat Radiation) เป็นการถ่ายเทความร้อนออกรอบตัวทุกทิศทุกทาง โดยมิต้องอาศัยตัวกลางในการส่งผ่านพลังงาน

2.2.9.1 ความจุความร้อน (Heat Capacity)

โดยทั่วไปแล้วอุณหภูมิของระบบจะเพิ่มขึ้นเมื่อผ่านความร้อนเข้าไปในระบบ ค่าปริมาณของความร้อนที่ให้เข้าไป (q) เมื่อเทียบกับการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิ (DT) 1K เรียกว่า ค่าความจุความร้อน (C) ซึ่งมีค่าแตกต่างกันและเป็นค่าจำเพาะสำหรับแต่ละระบบสมการที่แสดงนิยามของ C คือ

$$C = q / DT \qquad (2.1)$$

หมายเหตุ : ค่า C ส่วนใหญ่จะรายงานเป็นค่าต่อโมล(n)หรือต่อมวล(m)เป็นกรัมของสารที่อยู่ในระบบ ซึ่งค่านี้เป็นค่าคงที่สำหรับสารแต่ละชนิด ดังนั้นค่า q จากสมการที่ 1 จะเขียนได้ในรูปขอของ $q = mcDT$ หรือ $q = ncDT$ สมการนี้จะเป็นสมการที่คุ้นเคยที่ใช้ในการหาความร้อนจากการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของระบบต่างๆ

2.2.9.2 ความร้อนจำเพาะ (SpecificHeat)

เมื่อสารได้รับความร้อนอุณหภูมิจะเพิ่มขึ้นอยู่เสมอ และถ้าได้รับปริมาณความร้อนมากพอจะมีผลทำให้สารเกิดการเปลี่ยนสถานะ (Phase) ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความจุความร้อนของสารแต่ละชนิดซึ่งไม่เท่ากัน ความร้อนจำเพาะ (Specific Heat; c) เป็นปริมาณของพลังงานความร้อนที่ทำให้อุณหภูมิที่ให้กับสารใดๆเพิ่มขึ้น 1 องศาเซลเซียสต่อหน่วยมวล ถ้าปริมาณความร้อน Q หน่วยถูกถ่ายเทมวล m กับสิ่งแวดล้อมแล้วทำให้อุณหภูมิเปลี่ยนไป DT สามารถเขียนปริมาณความร้อน Q จะได้ว่า

$$Q = mcDT \qquad (2.2)$$

2.2.9.3 ความร้อนแฝง (Latent Heat)

สารต่างๆจะมีการเปลี่ยนอุณหภูมิเสมอเมื่อมีการถ่ายเทความร้อนระหว่างสารนั้นกับสิ่งแวดล้อม มีบางปรากฏการณ์ที่การเปลี่ยนแปลงความร้อนไม่มีผลทำให้อุณหภูมิของสาร

เปลี่ยนแปลง ปรากฏการณ์นี้จะเกิดขึ้นเมื่อคุณภาพเฉพาะทางกายภาพของสารเปลี่ยนแปลงจากรูป จากรูปหนึ่งไปสู่อีกรูปหนึ่ง เรียกว่า "การเปลี่ยนสถานะ" (Phase Change) ซึ่งความร้อน (Q) ที่ใช้ในการเปลี่ยนสถานะของสารบริสุทธิ์มวล m กำหนดให้เป็น

$$Q = mL \qquad (2.3)$$

2.2.10 การระบายอากาศ

คำนิยามที่เกี่ยวข้องกับการระบายอากาศ

หลักการระบายอากาศ คือการนำอากาศที่ร้อนหรือที่สารปนเปื้อนออกจากสิ่งแวดล้อมการทำงานและนำอากาศที่เย็นกว่าหรือสะอาดกว่าเข้ามาแทนที่ ดังนั้น การเข้าใจความหมายของคำที่เกี่ยวข้องกับการระบายอากาศและก๊าซจะช่วยให้สามารถเข้าเรื่องที่กล่าวถึงต่อไปนี้ได้ง่ายขึ้นคำนิยามดังกล่าว มีดังนี้

ก.ความหนาแน่นของอากาศ (ρ) คือมวล/หนึ่งหน่วยปริมาตรในที่นี้จะใช้หน่วย lbm/ft^3 (pound mass/ft^3) ซึ่งที่ความดันบรรยายกาศปกติ (14.7 psia) อุณหภูมิห้อง (70 F) และไอน้ำในอากาศ = 0 แล้ว $\rho = 0.075\ lbm/ft^3$

$$\text{จาก } P = \rho RT \qquad (2.4)$$

เมื่อ P = ความดัน(ปอนด์/ลบ.ฟุต, psfa)

ρ = ความหนาแน่น(lbm/ft^3)

R = gas constant สำหรับอากาศ = 53.55 (ft – lb/lbm – $^\circ R$)

T = องศา สัมบูรณ์ ($^\circ R$) = $^\circ F + 459.7$

จะเห็นว่าความหนาแน่นของอากาศแปรผกผันกับอุณหภูมิเมื่อความดันคงที่ฉะนั้นในกรณีของอากาศแห้ง

$$\rho T = (\rho T)_{STD} \qquad (2.5)$$

ข. ความถ่วงจำเพาะของก๊าซ (Specific Gravity) คือสัดส่วนของมวลก๊าซหรือไอระเหยใดๆ ต่อมวลของอากาศที่มีปริมาตรเท่ากันเช่นความถ่วงจำเพาะของก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) = 0.968 หมายความว่า CO มีมวลเป็นร้อยละ 96.8 ของอากาศ

ค. น้ำหนักโมเลกุล (Molecular Weight, M.W.) น้ำหนักโมเลกุลของอากาศมีค่าประมาณ 29.0

ง. สภาวะมาตรฐานของอากาศ (Standard Condition for Air) ในที่นี้กำหนดมาตรฐานของอากาศคือ อุณหภูมิ 75 องศาฟาเรนไฮต์ ความดันบรรยากาศ 29.92 นิ้วปรอท ความชื้นสัมพัทธ์ (RH) = 50

จ. ความดันบรรยากาศ (Air Pressure) ความดันคือแรงที่กดลงบนพื้นที่หนึ่งหน่วยที่ระดับน้ำทะเลความดันบรรยากาศ = 14.7 ปอนด์/ตร.นิ้ว หรือ psia หมายถึงอากาศที่มีพื้นที่หน้าตัด 1 ตารางนิ้วมีความสูงตั้งแต่ ระดับผิวน้ำทะเลขึ้นไปจนถึงจุดสูงสุดของชั้นบรรยากาศมีน้ำหนักเท่ากับ 14.7 ปอนด์ซึ่งเท่ากับแท่งน้ำซึ่งมีพื้นที่หน้าตัด 1 ตารางนิ้ว สูง 407 นิ้วและเท่ากับแท่งของปรอทสูง 29.92 นิ้ว สำหรับหน่วยในระบบSI ความดันบรรยากาศ มีค่าเท่ากับ 1.03 กก./ตร.ซม. ซึ่งเท่ากับ 760 mm.Hg และ 10.3 เมตรน้ำ

ฉ. อัตราการไหลของอากาศโดยปริมาตร (Volumetric Flow Rate) หรือนิยมเรียกว่าอัตราการไหลของอากาศหมายถึง ปริมาตรหรือปริมาณอากาศที่เคลื่อนที่ผ่านจุดใดจุดหนึ่งในหนึ่งหน่วยเวลา อัตราการไหลของอากาศ สัมพันธ์กับความเร็วเฉลี่ยของอากาศ และพื้นที่หน้าตัดของจุดที่อากาศเคลื่อนที่ผ่านซึ่งความสัมพันธ์ดังกล่าวสามารถแสดงได้ด้วยสมการต่อไปนี้

$$Q = AV \qquad (2.6)$$

เมื่อ Q = อัตราการไหลของอากาศ (ลบ.ฟุต/นาที)
A = พื้นที่หน้าตัดของจุดที่อากาศเคลื่อนที่ผ่าน (ตร.ฟุต)

2.2.11 จุลินทรีย์ที่ต้องตรวจตามเกณฑ์กำหนดทางจุลินทรีย์ตาม มอก. 586-2528

2.2.11.1 **จุลินทรีย์ หรือ จุลชีวัน หรือ จุลชีพ (Microorganism)** เป็นสิ่งมีชีวิตขนาดเล็ก ที่ไม่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่าจึงจำเป็นต้องใช้กล้องจุลทรรศน์ ได้แก่ แบคทีเรียอาร์เคีย รา และ ยีสต์ เป็นต้น เราสามารถพบจุลินทรีย์ได้ทุกสภาวะแวดล้อม แม้แต่ในสภาวะแวดล้อมที่สิ่งมีชีวิตอื่นอยู่ไม่ได้ แต่จุลินทรีย์บางชนิดสามารถปรับตัวอาศัยอยู่ได้ เช่น ในน้ำพุร้อนบริเวณภูเขาไฟใต้ทะเลลึก หรือภูเขาไฟธรรมดา ใต้มหาสมุทรที่มีความกดดันของน้ำสูงๆ ในน้ำแข็งที่มีอุณหภูมิเย็นจัด บริเวณที่มีสภาพความเป็นกรดด่างสูง หรือแม้กระทั่งในบริเวณที่ไม่มีออกซิเจนส่วนใหญ่หมายถึงสิ่งมีชีวิตเซลล์เดียว หรือหลายๆเซลล์ โดยแต่ละเซลล์เป็นอิสระจากกัน

ก. ประเภทของจุลินทรีย์

ก.1 ไวรัส (Virus) เป็นจุลินทรีย์ที่ขนาดเล็กที่สุดต้องใช้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนที่มีกำลังขยายเป็นหมื่นเท่าจึงจะมองเห็นได้ เรายังไม่สามารถเพาะเลี้ยงเชื้อไวรัสได้ในอาหารเพาะเลี้ยง เชื้อไวรัสเจริญเพิ่มจำนวนได้เมื่ออยู่ในเซลล์ของสิ่งมีชีวิตเท่านั้น ตัวอย่างโรคที่เกิดจากเชื้อไวรัส ได้แก่ ไข้ทรพิษ พิษสุนัขบ้า ไขสันหลังอักเสบหรือโปลิโอ หัด คางทูม และอีสุกอีใส เป็นต้น

ก.2 แบคทีเรีย (Bacteria) มีขนาดใหญ่กว่าเชื้อไวรัส สามารถมองเห็นได้เมื่อส่องขยายด้วยกล้องจุลทรรศน์ธรรมดา ส่วนมากทำหน้าที่เป็นผู้ย่อยสลายในธรรมชาติ แต่อาจมีบางชนิดที่สามารถสังเคราะห์แสงได้

ก.3 สาหร่ายเซลล์เดียว (Blue Green Aglae) เป็นจุลินทรีย์ที่สามารถสังเคราะห์แสงเองได้ เพราะมีรงค์วัตถุเพื่อการสังเคราะห์แสงอยู่ในเซลล์ จัดเป็นผู้ผลิตเริ่มต้นของห่วงโซ่อาหาร)

ก.4 โพรโทซัว (Protozoa) เป็นยูคาริโอตเซลล์เดียว มีความแตกต่างกันทั้งรูปร่าง ลักษณะโภชนาการ และสรีรวิทยา มีบทบาทแตกต่างกันในธรรมชาติ

ก.5 รา (Mold) มีขนาดใหญ่กว่าเชื้อบัคเตรี พบว่ามีรูปร่าง 2 แบบ คือ ราแบบรูปกลม เรียกว่า ยีสต์ และราแบบเป็นสาย เรียกว่า สายรา ราบางชนิดจะมีรูปร่างได้ทั้ง 2 แบบขึ้นอยู่กับสิ่งแวดล้อมในธรรมชาติ เราอาจมองเห็นกลุ่มของเชื้อราได้ด้วยตาเปล่า ราบางชนิดจะสร้างสปอร์สำหรับสืบพันธุ์เกิดเป็นเห็ดขึ้น

ข. การดำเนินชีวิตของจุลินทรีย์

ข.1 อุณหภูมิ จุลินทรีย์ส่วนใหญ่เจริญได้ดีที่อุณหภูมิปานกลาง (20-45 เซลเซียส) แต่บางชนิดเจริญได้ที่อุณหภูมิต่ำ (ต่ำกว่า 0-15 เซลเซียส) บางชนิดเจริญที่อุณหภูมิสูง (มากกว่า45 เซลเซียส)

ข.2 แก๊สออกซิเจน จุลินทรีย์ส่วนใหญ่เจริญได้ดีในสภาพที่มีแก๊สออกซิเจน บางชนิดเจริญได้ในที่แก๊สออกซิเจนน้อย บางชนิดเจริญได้ในที่ที่ไม่มีออกซิเจน

ข.3 ปริมาณเกลือแกง ความเป็นกรดเบส และความดัน จุลินทรีย์ส่วนใหญ่เจริญได้ดีเมื่อมีปริมาณเกลือมากกว่าร้อยละ 13 ความเป็นกรดเบสค่อนข้างเป็นกลาง (pH 6-7) และจุลินทรีย์สามารถเจริญได้ที่ความดันมากกว่า 9,000 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว

2.2.11.2 รา หรือเชื้อรา (Mold หรือ Mould)

จุลินทรีย์ในกลุ่มฟังไจ (Fungi) ราเติบโตในภาวะที่มีอากาศเท่านั้น (Obligate Arobe) จึงพบเจริญเติบโตบริเวณผิวหน้าของอาหาร ราเป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้อาหารเสื่อมเสีย (Microbial Spoilage) แต่ในอุตสาหกรรมอาหารก็นำรามาใช้ประโยชน์เพื่อการหมัก (Fermentation) เช่น ซีอิ้ว (Fermented Soy Sauce)เต้าเจี้ยว มิโสะ เนยแข็ง เป็นต้น

2.2.11.3 ซาลโมเนลลา (Salmonella)

เป็นชื่อสกุล (Genus) ของแบคทีเรียในวงศ์ Enterobacteriaceae ซึ่งก่อให้เกิดโรค (Pathogen) ซึ่งมีอาหารเป็นสื่อกลาง ซาลโมเนลลา มีรูปร่างเป็นท่อน (Rod Shape) ย้อมติดสีแกรมลบ (Gram Negative Bacteria) จัดอยู่ในกลุ่ม Facultative Anaerobe คือเจริญได้ทั้งในสภาวะที่มีอากาศ และไม่มีอากาศ แต่ในสภาวะที่มีอากาศ จะเจริญได้ดีกว่า ไม่สร้างสปอร์

ก.โรคและอาการของโรค ทำให้เกิดโรค ซาลโมเนลโลซีส (Salmonellosis) ซึ่งเป็นโรคที่เกิดจาก การติดเชื้อ (Infection) ในระบบทางเดินอาหาร ทำให้เกิดอาการลำไส้อักเสบ (Gastroenteritis)

ข. ปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญเติบโต

ข.1 Salmonella เป็นแบคทีเรียที่เจริญได้ดีที่อุณหภูมิปานกลาง (Mesophilic Bacteria) และเจริญได้ในอุณหภูมิร่างกายของมนุษย์และสัตว์เลือดอุ่น อุณหภูมิที่เหมาะสมในการเจริญเติบโต คือ 30-45 องศาเซลเซียส อุณหภูมิต่ำสุดที่เจริญ ได้คือ 5.2 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิสูงสุดที่เคยมีรายงานการเจริญเติบโตคือ 54 องศาเซลเซียส

ข.2 ค่า Water Activity ต่ำสุด ที่เจริญได้ คือ 0.94

ข.3 ช่วง pH ที่เจริญได้ อยู่ระหว่าง 3.7-9.5

ข.4 เจริญได้ทั้งภาวะที่มีอากาศและไม่มีอากาศจึงพบได้ในอาหารที่บรรจุในบรรจุภัณฑ์สุญญากาศ (Vacuum Packaging)

2.2.11.4 สตาฟิโลค็อกคัส ออเรียส (Staphylococcus Aureus)

Staphyloccus Aureus เป็นแบคทีเรียก่อโรค (Pathogen) ที่สำคัญในอาหาร แบคทีเรียนี้ ย้อมติดสีแกรมบวก (Gram Positive Bacteria) มีรูปร่างเป็นทรงกลม (Cocus) อยู่รวมกันเป็นพวงคล้ายพวงองุ่นไม่สร้างสปอร์ (Non Spore Forming Bacteria ด้วย) ไม่เคลื่อนไหว ส่วนใหญ่ไม่มีแคปซูลให้ผลบวกในการทดสอบ Catalase และในภาวะที่ไม่มีออกซิเจนจะสลายน้ำตาลกลูโคสให้กรด

จัดอยู่ในกลุ่ม Facultative Anaerobe คือ เจริญได้ในที่มีอากาศและไม่มีอากาศแต่เจริญได้ดีกว่าในสภาวะที่มีอากาศ

Staphylococcus Aureus ทำให้เกิดโรคอาหารเป็นพิษ Intoxication ซึ่งเกิดจากบริโภคอาหารที่มีสารพิษ Enterotoxin ที่เชื้อสร้างขึ้น ปนเปื้อนในปริมาณน้อยกว่า 1 ไมโครกรัมจะสามารถทำให้เกิดอาการเจ็บป่วยได้ มีอาการคลื่นไส้ อาเจียน วิงเวียน เป็นตะคริวในช่องท้องและอ่อนเพลีย ผู้ป่วยบางรายอาจมีอาการปวดหัว เป็นตะคริวที่กล้ามเนื้อ และมีการเปลี่ยนแปลงความดันโลหิตเป็นระยะ ๆ รวมทั้งอาจมีการเต้นของชีพจรผิดปกติซึ่งโดยทั่วไป อาการจะดีขึ้นภายใน 2-3 วัน ทั้งนี้จะขึ้นอยู่กับสภาพความต้านทานสารพิษของร่างกาย ปริมาณการปนเปื้อนของเชื้อในอาหารและปริมาณสารพิษที่สร้างขึ้นในอาหาร รวมทั้งสภาพร่างกายโดยทั่วไปของผู้ที่ได้รับเชื้อด้วย

ก. ปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของ Staphylococcus Aureus

Staphylococcus Aureus เจริญได้ในช่วงอุณหภูมิ 6-46 องศาเซลเซียส โดยมีช่วงอุณหภูมิที่เหมาะสมคือ 30-37 องศาเซลเซียส สร้างสารพิษที่อุณหภูมิมากกว่า 10 องศาเซลเซียส ค่า เจริญได้อยู่ในช่วงpH 4.0-10.0 โดยมีช่วงที่เหมาะสมคือ 7.0-7.5

วอเตอร์แอคทิวิตี้(Water Activity, aw) ต่ำสุดที่ Staphylococcus Aureus สามารถเจริญได้ (ดู Minimum Aw) คือ 0.85 แต่ถ้าค่า aw น้อยกว่า 0.94 จะเจริญได้อย่างช้าๆ สามารถทนเกลือสูงถึง 15-18 ทนต่อการฉายรังสี (Food Irradiation)

ข. อาหารที่เกี่ยวข้อง

เนื้อสุกร เนื้อหอยแมลงภู่ กุ้งแห้ง กุ้งจ่อม เนื้อวัว ไก่ ปลา อาหารทะเลปรุงสุก ขนมจีน นมและผลิตภัณฑ์นมจากวัวและละแพะที่เป็นโรคเต้านมอักเสบ ขนมและอาหารที่ใช้มือหยิบจับ

2.2.11.5 Escherichia coli หรือเรียกโดยย่อว่า E. coli (อี. โคไล)

เป็นแบคทีเรียในกลุ่มโคลิฟอร์ม เป็นตัวชี้การปนเปื้อนของอุจจาระในน้ำ มีอยู่ตามธรรมชาติในลำไส้ใหญ่ของสัตว์และมนุษย์ แบคทีเรียชนิดนี้ทำให้เกิดอาการท้องเสียบ่อยที่สุดทั้งในเด็กและผู้ใหญ่ ทำให้ถ่ายอุจจาระเหลว หรือเป็นน้ำ แต่อาการมักไม่รุนแรง เพราะทั้งเด็ก และผู้ใหญ่มักมีภูมิต้านทานอยู่บ้างแล้ว เนื่องจาก ได้รับเชื้อนี้เข้าไปทีละน้อยอยู่เรื่อยๆ เชื้อนี้มักปนเปื้อนมากับอาหาร น้ำ หรือ มือของผู้ประกอบอาหาร ปกติเชื้อเหล่านี้อาจพบในอุจจาระได้อยู่แล้วแม้จะไม่มีอาการอะไร มีถิ่นกำเนิดในเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ เช่น พม่า ไทย ลาว กัมพูชา อินโดนิเซีย เป็นต้น

2.2.11.6 Clostridium perfringens เป็นแบคทีเรียในสกุล Clostridium ซึ่งเป็นแบคทีเรีย ก่อโรค (Pathogen) มีลักษณะสำคัญคือ

ย้อมติดสีแกรมบวก (Gram Positive Bacteria)
รูปร่างเป็นท่อน (Rod Shape)
สร้างสปอร์ (Spore Forming Bacteria)
เจริญได้ในที่ไม่มีอากาศ (Anaerobic Bacteria)
สร้างสารพิษ (Toxin)

ก. โรคและอาการที่เกิดจาก Clostridium Perfringens

Clostridium Perfringens ทำให้เกิดโรคอาหารเป็นพิษ (Food Poisoning) ที่เกิดจากการบริโภคอาหารที่มีการปนเปื้อนของสารพิษที่เชื้อสร้าง (Intoxication) ทำให้มี อาการคลื่นไส้ ปวดท้อง ท้องร่วง ไม่อาเจียน เกิดอาการใน 8 - 22 ชั่วโมง ระยะโรค 12 - 48 ชั่วโมง

ข. แหล่งที่พบ Clostridium Perfringens

Clostridium Perfringens พบได้ทั่วไปในธรรมชาติ ดิน น้ำ ทางเดินอาหารของสัตว์และมนุษย์ และเนื่องจากเชื้อแบคทีเรียชนิดนี้ สร้างสปอร์ (Bacterial Spore) ซึ่งทนความแห้งแล้งได้ดี สปอร์จึงพบได้ทั่วไปในฝุ่น ควัน และ ปะปนมากับอาหารแห้ง เช่น เครื่องเทศ (Spice) มักพบปนเปื้อนข้าม (Cross Contamination) จากเชื้อในทางเดินอาหารของสัตว์ที่ถูกฆ่าแล้ว ไปยังเนื้อสัตว์ ในโรงฆ่าสัตว์ (Slaughter)

ค. ปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของ Clostridium Perfringens

ค.1 ออกซิเจน เป็นแบคทีเรียที่ไม่ต้องการอากาศ (Anaerobic Bacteria) เติบโตได้ดีในสภาพที่ไม่มีออกซิเจน

ค.2 อุณหภูมิ เป็นแบคทีเรียในกลุ่ม Mesophile ช่วงอุณหภูมิการเติบโตอยู่ระหว่าง 20-50 องศาเซลเซียส อุณหภูมิที่เหมาะสมการอยู่ระหว่าง 37-45 องศาเซลเซียส มี Generation Time ในสภาวะอุณหภูมิที่เหมาะสม(45 องศาเซลเซียส) เพียง 7 นาที การทนความร้อนของสปอร์แบคทีเรีย (Bacterial Spore) ค่อนข้างสูง และแตกต่างกันมาก ขึ้นกับสภาวะแวดล้อม สายพันธ์ที่พบระบาด (Out Break Stain) มีค่า D value ที่อุณหภูมิ 100 ซ (D_{100}) มากกว่า 40 นาที

ค.3 pH ที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของเชื้อชนิดนี้อยู่ระหว่าง 5-8.5

ค.4 วอเตอร์แอคทิวิตี้ (Water Activity ,a_w) ที่เหมาะสมกับการเจริญค่อนข้างสูง คือมากกว่า 0.95 ไม่เจริญในสภาวะที่มีเกลือ NaCl มากกว่าร้อยละ 10

ง. อาหารที่เกี่ยวข้องกับ Clostridium Perfringens

อาหารที่มีเนื้อสัตว์เป็นส่วนประกอบ เช่น เนื้อวัว ไก่ หมู ปลา อาหารที่ปรุงสุกพร้อมรับประทาน (Ready to Eat Food) อาหารแห้ง สมุนไพร เครื่องเทศ (Spice) เชื้อชนิดนี้มักพบก่อปัญหากับการบริการอาหาร (Food Survice) ที่ต้องเตรียมอาหารจำนวนมาก ล่วงหน้าเป็นเวลานาน เช่น โรงเรียน ร้านอาหาร ภัตตาคาร

บทที่ 3
การดำเนินโครงงาน

3.1 การสำรวจสภาพและการเก็บข้อมูลเบื้องต้นของตู้ตากแบบเดิมก่อนที่จะการซ่อมแซม

3.1.1 การสำรวจสภาพเบื้องต้นของตู้ตากว่ามีอะไรเสียหายตรงไหนบ้าง

3.1.2 ทำการเก็บข้อมูลเบื้องต้นของตู้ตาก วัดขนาดของตู้ตาก ขนาดของช่องระบายอากาศ วัดขนาดหน้าต่างเปิด – ปิด ตู้ตากกล้วย

3.2 การซ่อมแซมตู้ตากให้เป็นแบบเดิมของชาวบ้าน

ทำการซ่อมแซมตู้ตากให้เป็นแบบเดิมของชาวบ้านโดยซ่อมแซมตามการสำรวจสภาพเบื้องต้นที่เสียหายให้ใช้งานได้

3.2.1 การทำความสะอาดผิวของเหล็กโครงสร้างและสังกะสีทั้งตู้ตากกล้วย

3.2.1.1 ใช้น้ำสะอาดล้างคราบฝุ่นรวมทั้งคราบอื่น ๆ ของตู้ตากกล้วยให้สะอาด

3.2.1.2 ใช้ผ้าสะอาดเช็ดน้ำให้แห้งแล้วนำตู้มาตากแดดให้แห้งสนิท

3.2.1.3 ใช้แปรงขัดสนิมและกระดาษทรายขัดสนิมให้ทั่วทั้งตู้รวมทั้งสังกะสีด้วยขัดเสร็จแล้วก็นำผ้าแห้งสะอาดมาเช็ดเอาฝุ่นสนิมออก

3.2.2 การทำสีตู้ตากกล้วย

3.2.2.1 ทาสีกันสนิมให้ทั่วทั้งตู้ตากกล้วยทิ้งไว้จนกว่าสีจะแห้งสนิทโดยทิ้งไว้ 1 วัน

3.2.2.2 ทาสีดำรอบที่ 1 โดยทาให้ทั่วทั้งตู้ตากกล้วยแล้วทิ้งไว้ให้แห้ง 1 วัน

3.2.2.3 ทาสีดำรอบที่ 2 โดยทาให้ทั่วทั้งตู้ตากกล้วยแล้วทิ้งไว้ให้แห้ง 1 วัน

3.2.3 การติดมุ้งลวดช่องระบายอากาศ

3.2.3.1 วัดความกว้างและความยาวของช่องระบายอากาศแล้วตัดเผื่อให้ยึดได้ตามขนาดที่ 25 เซนติเมตร x 45 เซนติเมตร

3.2.3.2 ใช้รีเวทยึดระหว่างมุ้งลวดกับสังกะสีเข้าด้วยกันจนแน่น

3.2.4 การนำพลาสติกใสมาติดประกอบเข้ากับหน้าต่างเปิด-ปิดของตู้ตาก

3.2.4.1 วัดขนาดของหน้าต่างตู้ตากกล้วยเพื่อนำมาตัดพลาสติกใสให้ได้ขนาดตามความกว้างและความยาวแต่ต้องเผื่อระยะพับไว้

3.2.4.2 ใช้เทปใสยึดพลาสติกใสให้ติดกับโครงหน้าต่างของตู้ตากกล้วยไว้

3.2.5 การทำตะแกรงตากกล้วยจากไม้ไผ่

3.2.5.1 นำไม้ไผ่มาตัดให้มีความยาว 1.95 เมตร และ 1.45 เมตร

3.2.5.2 นำไม้ไผ่ที่ตัดเสร็จมาเหลาเอาผิวข้างนอกออก

3.2.5.3 ฝ่าไม้ไผ่ออกหนาประมาณ 2-3 เซนติเมตร แล้วปอกเอาผิวชั้นในของไม้ไผ่ออก

3.2.5.4 นำไม้ไผ่ผ่าออกให้มีความหนาประมาณ 2-3 มิลลิเมตร

3.2.5.5 นำไม้ไผ่ที่ผ่าเสร็จมาสานเป็นตะแกรงโดยมีความกว้างและความยาว 1.45 เมตร และ 1.95 เมตร ตามลำดับและให้รูตาสานมีขนาดประมาณ 2.5 เซนติเมตร x 2.5 เซนติเมตร

3.2.5.6 ฝ่าไม้ไผ่ให้มีหน้ากว้างประมาณ 2-3 เซนติเมตรนำมาทำขอบของตะแกรงสานให้มีความแข็งแรงขึ้นโดยใช้ยึดกับตะแกรงสาน

3.3 การทดลองตากกล้วยและเก็บผลการทดลองของตู้ตากกล้วยแบบเดิมของชาวบ้าน

3.3.1 ทำการทดลองตากโดยลอกเลียนแบบกระบวนการผลิตกล้วยตากแบบเดิมของชาวบ้าน

3.3.1.1 การบ่มกล้วย

นำกล้วยมาบ่มด้วยถุงพลาสติกมาบ่มด้วยผ้าคลุมพลาสติก ปล่อยทิ้งไว้ 1 คืนและเปิดผ้าคลุมออกและปล่อยทิ้งไว้จนกล้วยสุก

3.3.1.2 การปอกกล้วย

จะเริ่มปอกกล้วยตั้งแต่เช้ามืดประมาณตี 5 หรืออาจจะก่อนแล้วแต่ปริมาณกล้วย โดยใช้มีดปอกกล้วยสุขที่บ่มหรือใช้มือบิดปลายกล้วยและลอกเปลือกกล้วยออกและนำไปตากต่อไปในเวลา 8.00 น.

3.3.1.3 การตากกล้วย

จะใช้เวลาประมาณ 6-7 วัน หรือ 6-7 แดดในการตากกล้วยดังนี้

แดดที่ 1 เมื่อปอกเสร็จจะเริ่มตากที่เวลา 8.00 น. โดยนำกล้วยที่ปอกทิ้งไว้มาตากลงบนตระแกรงพลาสติกตากทิ้งไว้จนแดดหมดโดยไม่มีการจับกล้วยเพราะจะทำให้กล้วยช้ำจากนั้นเอาถุงพลาสติกคลุมไว้

แดดที่ 2 ในตอนเช้าเปิดพลาสติกที่คลุมออกและตากทิ้งไว้จนแดดหมดหลังจากนั้นก็ใช้มือเกลี่ยกล้วยในแผงมารวมกันไว้เป็นกองๆแล้วเอาพลาสติกคลุมไว้เหมือนเดิม

แดดที่ 3 ทำเหมือนแดดที่ 2 จนถึงแดดที่ 4

แดดที่ 4 นำกล้วยมาเรียงตากอีกครั้งในตอนเช้าพอตกเย็นก็เก็บกล้วยมาแบนและนำไปตากในแดดที่ 5 ต่อไป

3.3.1.4 วิธีแบนกล้วย

ใช้มือชุบน้ำเกลือแล้วกดลงไปที่กล้วย

แดดที่ 5 นำกล้วยที่แบนเสร็จมาเรียงตากบนแผงอีกครั้งในตอนเช้าพอตกเย็นก็คลุมด้วยพลาสติกส่วนกล้วยที่ไม่แบนก็ทำเหมือนเดิมจนถึงแดดที่ 6

3.3.2 ทำการเก็บอุณหภูมิของอากาศบริเวณตู้ตากกล้วย 3 จุด ดังนี้ คือ

จุดที่ 1 คือ อุณหภูมิใต้ตู้ตาก (T_1)

จุดที่ 2 คือ อุณหภูมิภายในตู้ตาก (T_2)

จุดที่ 3 คือ อุณหภูมิหลังช่องระบายอาศ (T_3)

3.4 การสำรวจปัญหาที่เกิดขึ้นจากการทดลองตากและปัญหาจากกระบวนการผลิตกล้วยตากแบบเดิมของชาวบ้าน

สำรวจสภาพปัญหาต่างๆที่ได้จากการทดลองตากกล้วยตากโดยนำผลการทดลองมาเทียบกับงานวิจัยเกี่ยวกับตู้ตากกล้วยที่ดีจากกงานวิจัยของเดิมที่มีอยู่และนำกล้วยตากที่ได้มาจากการทดลองมาเทียบกับข้อกำหนดมาตรฐานอุตสาหกรรมสำหรับกล้วยตาก ว่าลักษณะกล้วยที่ได้จากการทดลองนั้นมีปัญหาอะไร และสำรวจกระบวนการผลิตของกล้วยตากตั้งแต่เริ่มต้นและปัจจัยแวดล้อมอื่น ๆ ว่าตรงกับข้อกำหนด GMP สุขลักษณะทั่วไปหรือไป

3.5 การวิเคราะห์ปัญหาเพื่อการออกแบบตู้ตากแบบใหม่และปรับปรุงกระบวนการผลิตขึ้นใหม่

การออกแบบตู้ตากขึ้นใหม่นั้นจะต้องนำจุดบกพร่องต่าง ๆ ของตู้ตากแบบเดิมที่ได้จากการทดลองมาแก้ไขปรับปรุงให้จุดบกพร่องนั้นไม่มีและการออกแบบและปรับปรุงกระบวนการผลิตนั้นจะต้องดูว่ากระบวนการไหนดีอยู่แล้วก็คงไว้ กระบวนการไหนควรเพิ่มเติมอะไรเข้าไปก็เพิ่มเข้าไปเพื่อคงจุดดีและแก้ไขจุดบกพร่องเพื่อให้กระบวนการผลิตดีขึ้น คุณภาพของกล้วยตากดีขึ้น โดยอาศัยการเปรียบเทียบกับหลักการต่าง ๆ ที่กล่าวมาก่อนหน้านี้

3.6 การปรับปรุงตู้ตากที่ออกแบบใหม่

ในการปรับปรุงตู้ตากกล้วยที่ออกแบบขึ้นใหม่นั้นจะต้องปรับปรุงให้ตรงตามสภาพปัญหาที่พบจากการสำรวจสภาพปัญหาต่าง ๆ ที่ได้จากการทดลองตาก เพื่อให้ตู้ตากนั้นออกมาไม่พบข้อบกพร่องของตู้ตากแบบเดิมและจะได้ตรงตามวัตถุประสงค์ของโครงงาน

3.7 การทดลองตากกล้วยและเก็บผลการทดลองของตู้ตากแบบชาวบ้านและแบบที่พัฒนาขึ้นใหม่

3.7.1 กระบวนการตากกล้วยของตู้ตากแบบชาวบ้านให้ใช้วิธีการตากแบบเดิมที่ชาวบ้านใช้กันอยู่

3.7.2 กระบวนการตากกล้วยของตู้ตากแบบออกแบบใหม่นั้นให้ใช้กระบวนการที่ออกแบบขึ้นใหม่

3.7.3 ทำการวัดอุณหภูมิทั้ง 3 จุดของทั้งสองตู้ จากเครื่องมือวัดอุณหภูมิที่เรียกว่า Data Logger

จุดที่ 1 คือ อุณหภูมิใต้ตู้ตาก (T_1)

จุดที่ 2 คือ อุณหภูมิภายในตู้ตาก (T_2)

จุดที่ 3 คือ อุณหภูมิหลังช่องระบายอากาศ (T_3)

3.8 การนำตัวอย่างของกล้วยตากของตู้ที่ออกแบบใหม่นั้นส่งตรวจวิเคราะห์ที่ศูนย์วิทยาศาสตร์การแพทย์เขต 9 จังหวัดพิษณุโลก

3.8.1 การนำตัวอย่างส่งตรวจหาความชื้นของกล้วย

3.8.2 การนำตัวอย่างส่งตรวจหาจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดต่อตัวอย่าง 1 กรัม

3.8.3 การนำตัวอย่างส่งตรวจหาจำนวนยีสต์และราทั้งหมดต่อตัวอย่าง 1 กรัม

3.8.4 การนำตัวอย่างส่งตรวจหาจำนวน Escherichia Coli ต่อตัวอย่าง 1 กรัม

3.8.5 การนำตัวอย่างส่งตรวจหาจำนวน Salmonella ใน 1 กรัมของตัวอย่าง

3.8.6 การนำตัวอย่างส่งตรวจหาจำนวน Staphylococcus Aureus ต่อตัวอย่าง 1 กรัม

3.8.7 การนำตัวอย่างส่งตรวจหาจำนวน Clostridium Perfringens ต่อตัวอย่าง 1 กรัม

3.9 วิเคราะห์ผลและสรุปผล

ทำการวิเคราะห์ผลการทดลองของตู้ตากกล้วยทั้งสองตู้แล้วเปรียบเทียบ ค่าที่ได้จากการคำนวณของทั้งสองตู้และตรวจวิเคราะห์ดูว่าอุณหภูมิจุดต่าง ๆ ความชื้นของเนื้อกล้วย จำนวนจุลินทรีย์จำนวนยีสต์และรา จำนวน Escherichia Coli จำนวน Salmonella จำนวน Staphylococcus Aureus จำนวน Clostridium Perfringens และรวมไปถึงเรื่องของจุดคุ้มทุนด้วยว่าเป็นไปตามวัตถุประสงค์ของโครงงานหรือไม่ หลังจากนั้นก็ทำการสรุปเพื่อจัดทำรูปเล่มโครงงานต่อไป

3.10 แผนผัง Flow Chart แสดงการดำเนินงานวิจัย

บทที่ 4
ผลการทดลองและการวิเคราะห์

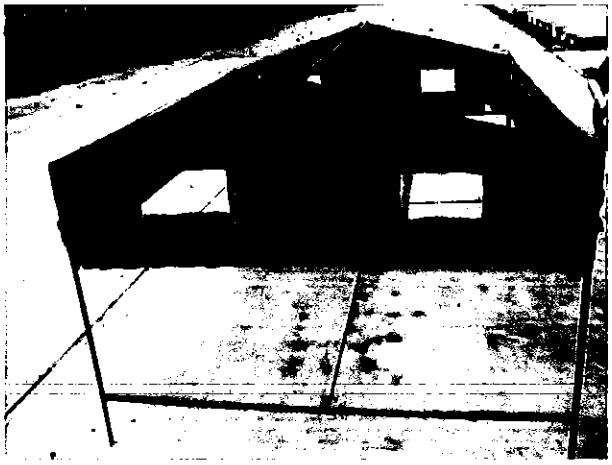
4.1 สภาพของตู้ตากและข้อมูลเบื้องต้นของตู้ตากแบบเดิมก่อนที่จะทำการซ่อมแซม

4.1.1 สภาพของตู้ตากแบบเดิมก่อนที่จะซ่อมแซม

สภาพตู้ตากกล้วยยังไม่มีการปรับปรุงให้อยู่ในสภาพที่สมบูรณ์ตัวผนังตู้ สังกะสีขึ้นสนิม พลาสติกคลุมหน้าต่างตู้ตากฉีกขาด มุ้งลวดขาดเป็นรูใหญ่ โครงสร้างเหล็กของตู้ถูกสนิมขึ้นและตะแกรงตากกล้วยที่ทำด้วยไม้ไผ่ขึ้นราผุพังไปหมดแล้ว

รูปที่ 4.1 มุ้งลวดขาดเป็นรู

รูปที่ 4.2 ตะแกรงตากกล้วยขึ้นราดำผุพัง



รูปที่ 4.3 ผนังสังกะสีขึ้นสนิม

4.1.2 ข้อมูลเบื้องต้นของตู้ตากกล้วยแบบเดิมของชาวบ้านก่อนซ่อมแซม

4.1.2.1 การวัดขนาดของตู้ตากกล้วย

ก. ตู้ตากมีความกว้าง x ความยาว x ความสูง เท่ากับ 1.5 เมตร x 2 เมตร x 1 เมตร

ข. ตะแกรงตากของตู้มีความกว้าง x ความยาว 1.5 เมตร x 2 เมตร

ค. ตู้ตากกล้วยมีช่องระบายอากาศด้านข้าง 4 ช่อง โดยแต่ละช่องมีความกว้าง x ความยาว เท่ากับ 20 เซนติเมตร x 40 เซนติเมตร

ง. หน้าต่างเปิด – ปิด ตู้ตาก 2 บานมีขนาดความกว้าง x ความยาว เท่ากับ 0.85 เมตร x 2 เมตร

4.1.2.2 การเก็บข้อมูลเพื่อการซ่อมแซมตู้ตากกล้วยให้เป็นแบบเดิมของชาวบ้าน

ก. ตะแกรงตากกล้วยที่ทำจากไม้ไผ่สานเพราะพุพังเก่าใช้งานไม่ได้แล้ว

ข. มุ้งลวดเพราะหลุดขาดไปหมดแล้ว

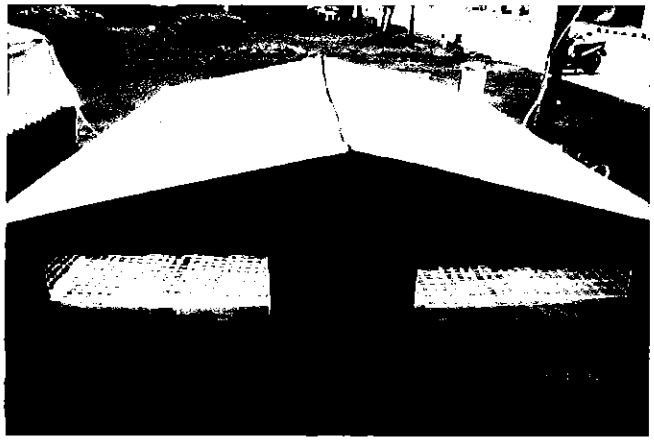
ค. พลาสติกใสที่ใช้ทำหน้าตากเปิด – ปิด ของตู้ตากกล้วยเพราะของเดิมนั้นได้ขาดไปหมดแล้ว

ง. สีกันสนิมเพราะตู้ตากสามรถถูกสนิมขึ้นได้

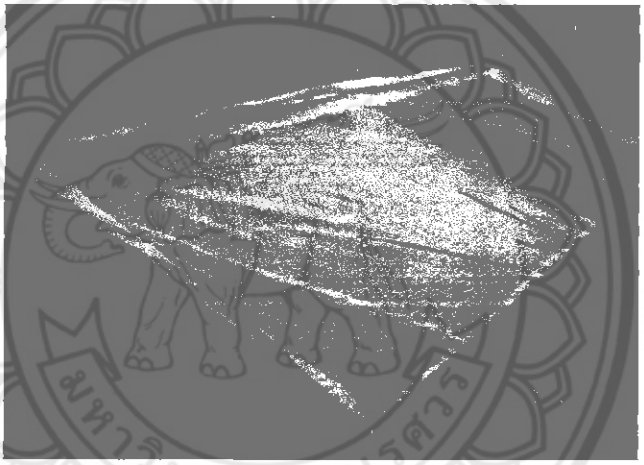
จ. สีดำเอาไว้ทาทับสีกันสนิมเพราะตู้ต้องเป็นสีดำ

4.2 ผลจากการซ่อมแซมตู้ตากให้เป็นแบบเดิม

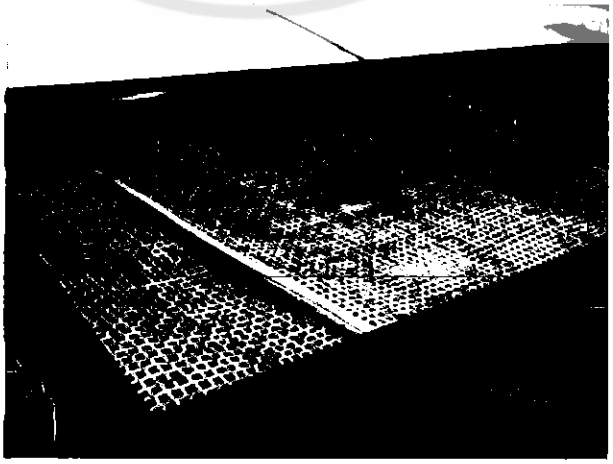
สภาพตู้ตากกล้วยถูกซ่อมแซมโดยการขัดสนิมทาสีใหม่ เปลี่ยนพลาสติกใสคลุมหน้าต่างตู้ ติดมุ้งลวดและทำตะแกรงตากกล้วยจากไม้ไผ่สานขึ้นใหม่



รูปที่ 4.4 การติดมุ้งลวดใหม่



รูปที่ 4.5 การติดพลาสติกผืนใหม่และทาสีดำใหม่



รูปที่ 4.6 ตะแกรงตากกล้วยไม้ไผ่สาน

4.3 ผลการทดลองตากกล้วยตากของตู้ตากแบบเดิมของชาวบ้าน

เป็นการนำเอาค่าข้อมูลที่ได้จากการวัดอุณหภูมิของอากาศภายในตู้มาวิเคราะห์โดยการตากกล้วยนั้นเป็นวันที่มีแสงแดดปกติอากาศปลอดโปร่งเพื่อนำมาวิเคราะห์และทำการออกแบบตู้ตากใหม่ให้เป็นไปตามวัตถุประสงค์ของโครงงานโดยมีข้อมูลในการวิเคราะห์ดังนี้

ค่าอุณหภูมิเฉลี่ยของตู้ตากแบบเดิม (ในวันที่แสงแดดปกติ)

ตารางที่ 4.1 ค่าเฉลี่ยในแต่ละช่วงเวลาของการผลิตตู้ตากแบบเดิมทั้ง 2 รอบการผลิต

ช่วงเวลา	T_1(°C)	T_2(°C)	T_3(°C)
8.00 น.	24.4	25.1	24.1
8.30 น.	25.3	28.1	25.5
9.00 น.	26.6	30.4	27.1
9.30 น.	28.1	33.0	28.3
10.00 น.	29.5	36.0	30.2
10.30 น.	30.4	37.9	30.5
11.00 น.	31.4	39.1	31.5
11.30 น.	32.1	39.4	32.5
12.00 น.	32.9	40.4	32.8
12.30 น.	33.1	41.3	33.5
13.00 น.	33.1	42.7	34.3
13.30 น.	33.4	43.6	34.7
14.00 น.	33.5	43.1	33.7
14.30 น.	33.8	43.1	34.9

ตารางที่ 4.1 (ต่อ) ค่าเฉลี่ยในแต่ละช่วงเวลาของการผลิตตู้ตากแบบเดิมทั้ง 2 รอบการผลิต

ช่วงเวลา	T_1(°C)	T_2(°C)	T_3(°C)
15.00 น.	33.4	41.1	34.7
15.30 น.	32.7	39.3	34.0
16.00 น.	32.1	38.3	33.8
16.30 น.	31.3	34.8	32.4
17.00 น.	30.7	33.5	30.6
ค่าเฉลี่ย	30.9	37.4	31.5

หมายเหตุ : จากข้อมูลอุณหภูมิในตารางเป็นค่าเฉลี่ยในการทดลองตู้ตากเดิมในช่วงที่เปลี่ยนฤดูกาลโดยอุณหภูมิที่ได้สูงสุดเท่ากับ 43.6 องศาเซลเซียส อยู่ในช่วงเวลาประมาณ 13.30 น.

ระยะเวลาในการตากคือ 6 วัน รอบการผลิตที่ 1 คือวันที่ 16 มกราคม 2555 - 21 มกราคม 2555 และรอบการผลิตที่ 2 คือ 1 กุมภาพันธ์ 2555 – 6 กุมภาพันธ์ 2555

- ให้ T_1 คืออุณภูมิใต้ตู้หรือสภาพแวดล้อมรอบตู้ T_2 คืออุณหภูมิภายในตู้ T_3 คืออุณหภูมิทางช่องระบายอากาศ

4.4 ผลจากการสำรวจปัญหาที่ได้จากการทดลองตากตู้ตากแบบเดิมของชาวบ้าน

ตารางที่ 4.2 ตารางวิเคราะห์คุณลักษณะของตู้ตากกล้วยจากหลักการทฤษฎีและงานวิจัยต่าง ๆ

คุณลักษณะที่ดี	ผลจากการทดลองของตู้ตากเดิม	สาเหตุของปัญหา(ถ้ามี)
1.อุณหภูมิเฉลี่ยภายในตู้ตากต้องอยู่ที่ประมาณ 55 องศาเซลเซียส	อุณหภูมิเฉลี่ยภายในตู้อยู่ที่ 37.4 องศาเซลเซียส	ตู้ตากแบบเดิมใช้สังกะสีแผ่นหยักและบริเวณใต้ตู้นั้นปล่อยโล่งไว้ทำให้ภายในตู้มีการเก็บสะสมความร้อนได้น้อยมาก
2.อัตราการถ่ายเทของมวลอากาศภายในตู้นั้นที่ประมาณร้อยละ 80 ของมวลอากาศทั้งหมดภายในตู้/นาที	การไหลเวียนของอากาศภายในตู้มีทิศทางที่ไม่แน่นอน	มีช่องว่างให้อากาศไหลเวียนเข้าออกมากจนเกินไปโดยเฉพาะบริเวณใต้ตู้ตาก
3. ตู้ตากกล้วยที่ความมิดชิดสัตว์พาหะหรือแมลงไม่สามารถเข้าไปภายในตู้ตากได้	กล้วยตากที่ได้จากการทดลองมีรอยกัดของสัตว์ที่สามารถเข้าไปภายในตู้ได้	ตู้ตากแบบเดิมใช้สังกะสีแผ่นหยักและบริเวณใต้ตู้นั้นปล่อยโล่งทำให้มีช่องให้สัตว์เข้ามาภายในตู้ได้ง่าย

ตารางที่ 4.3 ตารางวิเคราะห์คุณลักษณะตามข้อกำหนดมาตรฐานอุตสาหกรรมสำหรับกล้วยตาก

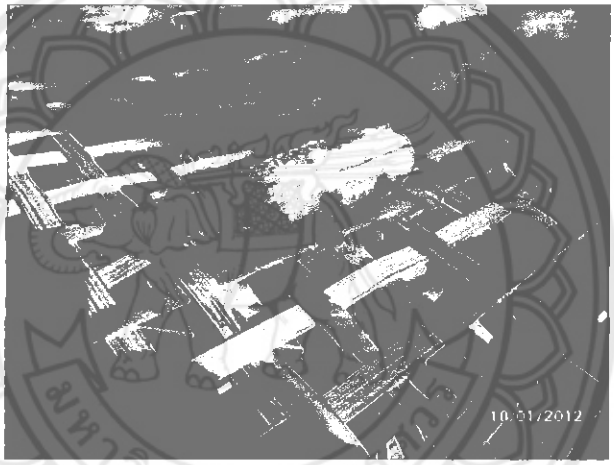
คุณลักษณะ	ผลที่ได้จากการทดลอง	สาเหตุของปัญหา(ถ้ามี)
1. สี ต้องมีสีตามธรรมชาติของกล้วยอบ	สีของเนื้อกล้วยมีลักษณะคล้ำบ้าง ซีดบ้าง	เกิดจากตะแกรงตากกล้วยตากที่ทำจากไม้ไผ่นั้นมีคราบราดำขึ้นทำให้มีสีคล้ำและสีกล้วยที่ซีดเกิดจากไม้ไผ่ดูดเอาความชื้นของกล้วยออกไปทำให้กล้วยมีสีซีด
2. กลิ่นรส ต้องมีกลิ่นรสตามธรรมชาติของกล้วยอบหรือส่วนประกอบที่ใช้ปรุงแต่งกลิ่นรส เช่น น้ำเชื่อม น้ำผึ้ง หรือเครื่องปรุงแต่งกลิ่นรสอื่น	มีกลิ่นรสตามธรรมชาติของกล้วยอบแต่กลิ่นยังหอมไม่เข้มข้นพอ	ไม่มีการหมักกล้วยรวมกันทำให้น้ำต้อยของกล้วยออกมาน้อย และตะแกรงตากกล้วยดูดเอาความชื้นของกล้วยออกไปทำให้กลิ่นรสไม่เป็นธรรมชาติ
3. ลักษณะเนื้อ เนื้อต้องนุ่ม ไม่แข็งกระด้าง ไม่เละ ไม่ยุ่ย และไม่มีเมล็ด	เนื้อของกล้วยที่ได้จากการทดลองส่วนใหญ่มีลักษณะดีแต่มีบางส่วนที่มีความแข็งกระด้าง	ตะแกรงดูดความชื้นออกไปทำให้เนื้อตรงนั้นไม่มีน้ำต้อยและไม่มีการกระตุ้นทำให้น้ำต้อยออกมาจากกล้วยมากขึ้น
4. ปราศจากสิ่งสกปรก แมลง และรอยกัด หรือรอยแทะซึ่งเกิดจากแมลงและสัตว์อื่นๆ	มีคราบดำติดอยู่บางส่วนของเนื้อกล้วย มีรอยกัดของสัตว์และบริเวณเนื้อกล้วยพบว่ามีคราบรอยนิ้วมือ	ตะแกรงตากที่ทำจากไม้ไผ่ ใต้ตู้ตากที่ปล่อยโล่งไว้ และการไม่สวมถุงมือในการหยิบจับกล้วย
5.ขนาดผล มีความสม่ำเสมอของขนาดผล น้ำหนักของกล้วยอบผลที่เล็กที่สุดและกล้วยอบผลที่ใหญ่ที่สุดในภาชนะที่บรรจุเดียวกัน จะต่างกันได้ไม่เกินร้อยละ 20 ของกล้วยอบผลที่ใหญ่ที่สุด สำหรับผลปริแตกมีได้ไม่เกินร้อยละ 10 ของจำนวนผล	ขนาดของผลมีความสม่ำเสมอกันดี และผลปริแตกมีจำนวนน้อย	ไม่พบปัญหา
6.ความชื้น ไม่เกินร้อยละ 22 โดยน้ำหนัก	มีความชื้นประมาณ 17.53 โดยน้ำหนัก	ไม่พบปัญหา
7.วัตถุเจือปน ห้ามใช้วัตถุเจือปนอาหารทุกชนิด	ไม่มีวัตถุเจือปนอาหารทุกชนิด	ไม่พบปัญหา
8. ปริมาณจุลินทรีย์ มีได้ไม่เกินเกณฑ์ที่กำหนดตามข้อ 6.2 ในภาคผนวก ค	ไม่ได้นำกล้วยไปตรวจวิเคราะห์ปริมาณจุลินทรีย์ตามเกณฑ์ที่กำหนดข้อที่ 6.2 ในภาคผนวก ค	กระบวนการผลิตไม่สะอาดและไม่มีการสวมถุงมืออนามัยในกระบวนการทำการผลิต

ตารางที่ 4.4 ตารางวิเคราะห์ปัญหาจากข้อกำหนด GMP สุขลักษณะทั่วไป 6 ข้อ

ข้อกำหนด GMP สุขลักษณะทั่วไป	จากการสำรวจปัญหา	สาเหตุของปัญหา(ถ้ามี)
1. สถานที่ตั้งและอาคารผลิต	สถานที่ตั้งอยู่ในทำเลที่ดีมีความสะอาด	ไม่พบปัญหา
2. เครื่องมือเครื่องจักรและอุปกรณ์การผลิต	คราบสีดำที่ตะแกรงตากกล้วยและตู้ตากไม่มีความมิดชิดพอ	ตะแกรงตากกล้วยที่ทำให้มีคราบสีดำติดที่เนื้อของกล้วยตากและบริเวณใต้ตู้ตากนั้นโล่งทำให้สัตว์นั้นเข้าไปกัดกินกล้วยภายในตู้ได้
3. การควบคุมกระบวนการผลิต	การมีฝุ่นหรือสิ่งสกปรกบริเวณผิวกล้วยที่นำมาบ่มไม่สะอาดไม่มีการป้องกันการปนเปื้อนซ้ำจากกระบวนการผลิต	ไม่มีการนำกล้วยมาทำความสะอาดก่อนนำไปบ่มและเกิดจากการไม่สวมถุงมืออนามัยขณะทำการผลิต
4. การสุขาภิบาล	สิ่งแวดล้อมที่เป็นพิษในการทดลองตากนั้นไม่มีทำให้ไม่มีปัญหาเรื่องสุขาภิบาล	ไม่พบปัญหา
5. การบำรุงรักษาและการทำความสะอาด	ตู้ตากมีการบำรุงรักษาและทำความสะอาดทุกรอบการผลิตทำให้ไม่มีปัญหาเรื่องนี้	ไม่พบปัญหา
บุคลากรและสุขลักษณะ	การใช้มือเปล่าหยิบจับกล้วยระหว่างกระบวนการผลิต	การใช้มือหยิบจับโดยตรงนั้นจะทำให้มีการปนเปื้อนขึ้นได้

รูปที่ 4.7 ปัญหาตะแกรงไม้ไผ่ขึ้นราดำ

รูปที่ 4.8 บริเวณใต้ตู้ตากกล้วยแบบเดิม



รูปที่ 4.9 รอยกัดของสัตว์ที่เข้าไปในตู้

4.5 ผลการวิเคราะห์ปัญหาเพื่อการออกแบบตู้ตากแบบใหม่และปรับปรุงกระบวนการผลิตใหม่

จากการสำรวจสภาพปัญหาต่าง ๆ มาจากสาเหตุที่ซ้ำกันจึงสามารถรวบรวมปัญหาและวิธีการแก้ปัญหา

4.5.1 ปัญหาข้อที่ 1 การใช้สังกะสีแผ่นหยักและการที่ใต้ตู้ตากโล่งไม่มีสังกะสีปิดกันไว้ทำให้ไม่สามารถเก็บสะสมความร้อนทำให้อุณหภูมิเฉลี่ยภายในตู้ตากอยู่ที่ 55 องศาเซลเซียสได้ (ตารางที่ 4.2 ข้อที่ 1) ทำให้ตู้ตากขาดความมิดชิด สัตว์และแมลงเข้าไปภายในตู้เพื่อกัดกินเนื้อกล้วยตากได้ (ตารางที่ 4.2 ข้อที่ 3 , ตารางที่ 4.3 ข้อที่ 4 และตารางที่ 4.4 ข้อที่ 2)

วิธีการแก้ปัญหา

4.5.1.1 เปลี่ยนใช้สังกะสีแผ่นเรียบทำผนังตู้ตากทั้งหมดแทนผนังแผ่นหยัก

4.5.1.2 นำสังกะสีแผ่นเรียบมาติดใต้ตู้ตากพร้อมทั้งเจาะช่องให้อากาศไหลเข้าขนาด 30x60 เซนติเมตร จำนวน 2 ช่อง เพื่อทำการติดมุ้งลวดเข้าไป

4.5.2 ปัญหาข้อที่ 2 การมีช่องให้อากาศไหลเวียนที่ไม่สมดุลกับมวลอากาศภายในตู้และทำให้ไม่สามารถควบคุมการไหลเวียนของอากาศให้อยู่ที่ประมาณร้อยละ 80 ของมวลอากาศภายในตู้ทั้งหมด/นาที ได้ (ตารางที่ 4.2 ข้อที่ 2)

วิธีการแก้ไขปัญหา

4.5.2.1 ออกแบบตู้ตากกล้วยให้มี ช่องให้อากาศไหลเข้ารวมกันทั้งหมดประมาณ 0.8 ตารางเมตร ให้อยู่ในด้านเดียวกันของตู้ตากและตรงกันข้ามกับพัดลมดูดอากาศ

4.5.2.2 นำพัดลมดูดอากาศขนาด 6 นิ้ว มีกำลังดูดอากาศ 1.5 ลูกบาศก์เมตร/นาที เพื่อดูดอากาศออก จะทำให้มวลอากาศไหลออกประมาณร้อยละ 85-90 ของอากาศภายในตู้ทั้งหมด/นาที

4.5.3 ปัญหาข้อที่ 3 ตะแกรงตากกล้วยที่ทำจากไม้ไผ่นั้นทำให้กล้วยเกิดสีคล้ำจากราดำและสีชืดเมื่อถูกไม้ไผ่ดูดความชื้นภายในตัวกล้วยออกไป และการถูกดูดความชื้นออกไปนั้นจะทำให้กลิ่นรสไม่เป็นธรรมชาติและลักษณะเนื้อแข็งกระด้างมีคราบสีดำของตะแกรงติดอยู่ที่เนื้อกล้วยตาก (ตารางที่ 4.3 ข้อที่ 1,2,3,4 และตารางที่ 4.4 ข้อที่ 2)

วิธีการแก้ปัญหา

4.5.3.1 นำอลูมิเนียมมาทำโครงตะแกรงตากกล้วยเพราะเป็นวัสดุที่ไม่ขึ้นสนิมและมีความแข็งแรงพอที่จะรับน้ำหนักได้

4.5.3.2 นำตะแกรงพลาสติกมายึดติดกับโครงอลูมิเนียมเพื่อทำตะแกรงตากกล้วย เหตุที่ใช้ตะแกรงพลาสติกนั้นเพราะพลาสติกไม่ดูดความชื้น ไม่ขึ้นราทำให้ไม่มีคราบราดำติดที่เนื้อกล้วยและยังมีราคาที่สมเหตุสมผล

4.5.4 ปัญหาข้อที่ 4 กระบวนการผลิตก่อนการบ่มกล้วยไม่มีการทำความสะอาดกล้วยทำให้กล้วยไม่สะอาดไม่มีการควบคุมกระบวนการผลิต (ตารางที่ 4.4 ข้อที่ 3)

วิธีการแก้ปัญหา

4.5.4.1 ก่อนจะนำกล้วยมาบ่มนั้นต้องนำกล้วยมาล้างน้ำสะอาดผสม ด้างทับทิมให้กล้วยสะอาดก่อน

4.5.4.2 นำไปผึ่งลมโดยใช้ลี่คลุมทิ้งไว้จนแห้ง แล้วถึงจะนำไปบ่มได้

4.5.5 ปัญหาข้อที่ 5 ไม่มีการช่วยกระตุ้นให้กล้วยให้น้ำต้อยภายในออกมาช่วยทำให้กลิ่นรสมีความหอมตามธรรมชาติของกล้วยอบและลักษณะเนื้อนุ่ม ไม่แข็งกระด้าง ไม่เละ ไม่ยุ่ย และไม่มีเมล็ด

วิธีการแก้ปัญหา

เพิ่มกระบวนการหมักกล้วยเข้าไปในขั้นตอนการผลิตกล้วยตาก หลังจากตากกล้วยจนแสงแดดหมดแล้วให้นำกล้วยมาเก็บใส่ถุงพลาสติกไว้ทุก ๆ วันที่มีการตากกล้วยเพื่อให้น้ำต้อยในกล้วยนั้นออกมาคลุกเคล้าเพิ่มความชุ่มช่ำให้เนื้อกล้วยทุกลูกทำให้กล้วยมีกลิ่นรสที่เป็นธรรมชาติของกล้วยอบมากขึ้นและเนื้อกล้วยนุ่ม ไม่แข็งกระด้าง ไม่เละ ไม่ยุ่ย และไม่มีเมล็ด

4.5.6 ปัญหาข้อที่ 6 การใช้มือเปล่าหยิบจับกล้วยระหว่างกระบวนการผลิตกล้วยตากนั้นทำให้เพิ่มการปนเปื้อนของกล้วยตากและทำให้มีคราบรอยนิ้วมือติดที่เนื้อกล้วยด้วย

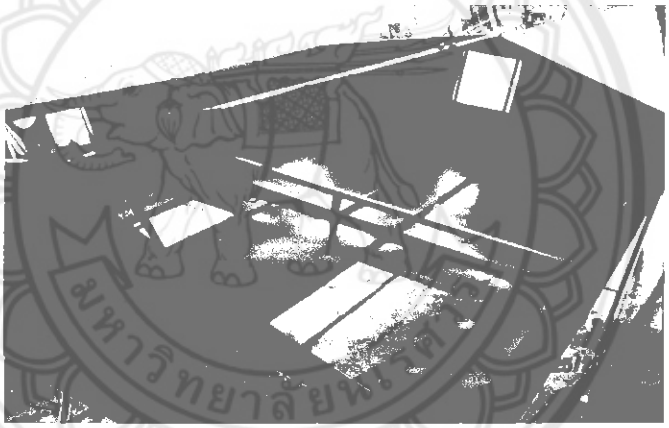
วิธีการแก้ปัญหา

4.5.6.1 ล้างมือด้วยน้ำสะอาดด้วยสบู่ทุกครั้งที่ทำการผลิตกล้วยตากทุกขั้นตอน

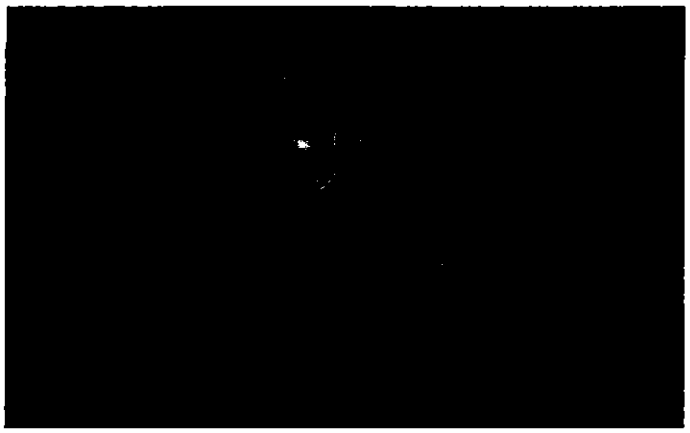
4.5.6.2 สวมถุงมืออนามัยทุกครั้งที่ทำการผลิตกล้วยตากทุกขั้นตอน

4.6 ผลจากการปรับปรุงตู้ตากที่ออกแบบใหม่

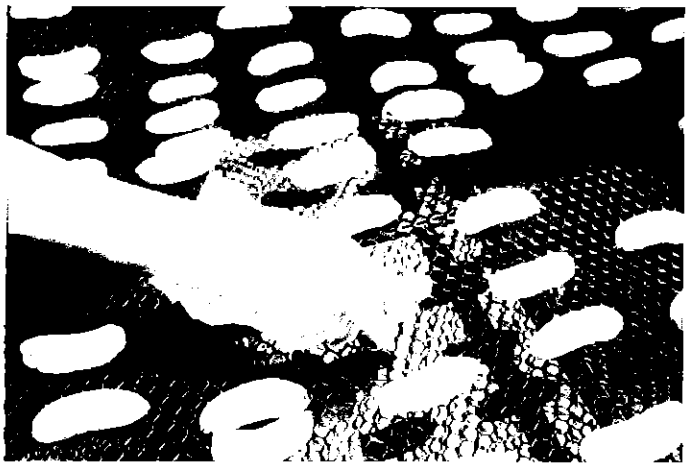
สภาพตู้ตากกล้วยแบบใหม่ มีการติดพัดลมช่วยดูดอากาศขนาด 6 นิ้ว สามารถดูดอากาศได้ 1.5 ลูกบาศก์เมตร/นาที เจาะช่องให้อากาศเข้ามาภายในตู้มีพื้นที่รวมทั้งหมดประมาณ 0.8 ตารางเมตร โดยให้ช่องอากาศเข้านั้นอยู่ด้านเดียวกัน ทาสีตู้ตากทั้งภายในและภายนอกด้วยสีดำ ตะแกรงตากกล้วยทำจากตะแกรงพลาสติกโครงสร้างทำจากอลูมิเนียม



รูปที่ 4.10 ช่องให้อากาศเข้าอยู่ด้านเดียวกัน



รูปที่ 4.11 พัดลมดูดอากาศขนาด 6 นิ้ว



รูปที่ 4.12 ตะแกรงตากกล้วยตะข่ายพลาสติกขอบอลูมิเนียม

รูปที่ 4.13 สังกะสีปิดใต้ตู้ตากและช่องปล่อยอากาศเข้า

รูปที่ 4.14 ตู้ตากแบบใหม่หลังจากเสร็จสมบูรณ์

4.6.1 กระบวนการผลิตกล้วยตากของตู้ตากกล้วยทั้ง 2 ตู้

มีการดำเนินการตากกล้วยของตู้เดิมโดยมีการตากแบบวิธีตากแบบชาวบ้านและตู้ตากที่ปรับปรุงจะดำเนินการตากโดยใช้หลัก GMP เข้ามาช่วยเพื่อให้ได้ตรงตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมกล้วยอบ มอก. 586-2528 โดยมีปัจจัยแสงที่เหมือนกันในการตากทั้ง 2 ตู้ โดยมีกระบวนการตากกล้วยดังนี้

4.6.1.1 กระบวนการผลิตกล้วยตากแบบชาวบ้าน (ที่แสงแดดปกติ)

ก. การบ่มกล้วย

นำกล้วยมาบ่มด้วยถุงพลาสติกมาบ่มด้วยผ้าคลุมพลาสติก ปล่อยทิ้งไว้ 1 คืน และเปิดผ้าคลุมออกและปล่อยทิ้งไว้จนกล้วยสุก

ข. การปอกกล้วย

จะเริ่มปอกกล้วยตั้งแต่เช้ามืดประมาณตี 5 หรืออาจจะก่อนแล้วแต่ปริมาณกล้วย โดยใช้มีดปอกกล้วยสุขที่บ่มหรือใช้มือบิดปลายกล้วยและลอกเปลือกกล้วยออกและนำไปตากต่อไปในเวลา 8.00 น.

ค. การตากกล้วย

จะใช้เวลาประมาณ 6-7 วันหรือ 6-7 แดดในการตากกล้วยดังนี้

แดดที่ 1 เมื่อปอกเสร็จจะเริ่มตากที่เวลา 8.00 น. โดยนำกล้วยที่ปอกทิ้งไว้มาตากลงบนตระแกรงพลาสติกตากทิ้งไว้จนแดดหมดโดยไม่มีการจับกล้วยเพราะจะทำให้กล้วยช้ำจากนั้นเอาถุงพลาสติกคลุมไว้

แดดที่ 2 ในตอนเช้าเปิดพลาสติกที่คลุมออกและตากทิ้งไว้จนแดดหมดหลังจากนั้นก็ใช้มือเกลี่ยกล้วยในแผงมารวมกันไว้เป็นกองๆแล้วเอาพลาสติกคลุมไว้เหมือนเดิม

แดดที่ 3 ทำเหมือนแดดที่ 2 จนถึงแดดที่ 4

แดดที่ 4 นำกล้วยมาเรียงตากอีกครั้งในตอนเช้าพอตกเย็นก็เก็บกล้วยมาแบนและนำไปตากในแดดที่ 5 ต่อไป

ง. วิธีแบนกล้วย

ใช้มือชุบน้ำเกลือแล้วกดลงไปที่กล้วย

แดดที่ 5 นำกล้วยที่แบนเสร็จมาเรียงตากบนแผงอีกครั้งในตอนเช้าพอตกเย็นก็คลุมด้วยพลาสติกส่วนกล้วยที่ไม่แบนก็ทำเหมือนเดิมจนถึงแดดที่ 6

4.6.1.2 กระบวนการผลิตกล้วยตากแบบ GMP (ที่แสงแดดดีปกติ)

ก. การล้างกล้วย

นำกล้วยน้ำว้าดิบมาล้างด้วยน้ำผสมด่างทับทิมเพื่อชำระล้างสิ่งสกปรกที่ปนเปื้อนมาอาจเป็นแหล่งเพาะจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรคได้หลังจากนั้นนำไปผึ่งลมทิ้งไว้แล้วทำการบ่มต่อไป

ข. ผึ่งลม

เมื่อล้างด้วยน้ำผสมด่างทับทิมแล้วนำไปผึ่งลมทิ้งไว้จนผิวกล้วยแห้งและนำไปบ่มต่อไป

ค. การบ่มกล้วย

เรียงกล้วยเป็นกองๆรวมกันไว้ สูงจากพื้นประมาณ 60-70 เซนติเมตร จากนั้นเอาผ้าพลาสติกหรือถุงพลาสติกที่สามารถคลุมกล้วยทั้งกองได้ คลุมไว้ 1 คืนหรือ 24 ชั่วโมง เอาพลาสติกที่คลุมออกแล้วใช้ตาข่ายลี่คลุมไว้กันแมลงทิ้งไว้จนกล้วยสุก

ง. การปอกกล้วย

จะเริ่มปอกกล้วยตั้งแต่เช้ามืดประมาณตี 5 หรือก่อนเวลานี้แล้วแต่ปริมาณกล้วย โดยใช้มีดปอกกล้วยสุขที่บ่มหรือใช้มือบิดปลายกล้วยและลอกเปลือกกล้วยออกโดยสวมถุงมือเพื่อความสะอาดของกล้วยและนำไปตากต่อไปในเวลา 8.00 น.

จ. การตากกล้วย

แดดที่ 1 เมื่อปอกกล้วยเสร็จจะเริ่มตากเวลา 8.00 น.โดยนำกล้วยที่ปอกไว้มาเรียงไว้บนตระแกรงพลาสติกทิ้งไว้ครึ่งวันหลังจากนั้นก็พลิกกล้วย 1 ครั้ง เพื่อให้จะได้โดนแดดทั้งสองด้าน พอตกเย็นแดดหมดก็นำกล้วยเก็บใส่ถุงพลาสติกไว้รวมกัน

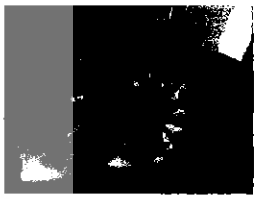
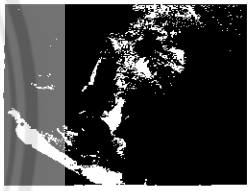
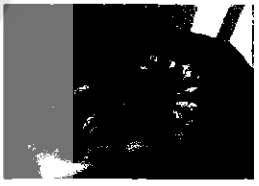
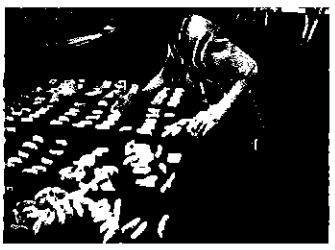
แดดที่ 2 ในตอนเช้านำกล้วยที่รวมกันไว้มาตากเรียงไว้บนตระแกรงพลาสติกทิ้งไว้ครึ่งวันหลังจากนั้นก็พลิกกล้วย 1 ครั้ง เพื่อให้จะได้โดนแดดทั้งสองด้าน พอตกเย็นแดดหมดก็นำกล้วยเก็บใส่ถุงพลาสติกไว้รวมกัน

แดดที่ 3 ในตอนเช้านำกล้วยแดดที่ 2 มาเรียงตากไว้บนตระแกรงพลาสติกทิ้งไว้ครึ่งวันหลังจากนั้นก็พลิกกล้วย 1 ครั้ง เพื่อให้จะได้โดนแดดทั้งสองด้าน พอตกเย็นแดดหมดก็นำกล้วยเก็บใส่ถุงพลาสติกไว้รวมกัน

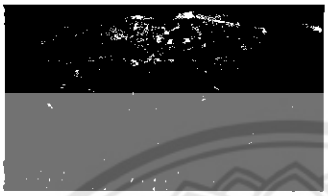
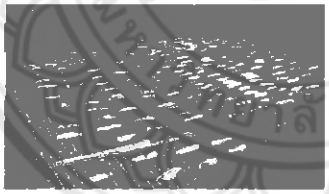
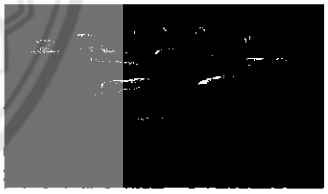
แดดที่ 4 ในตอนเช้านำกล้วยแดดที่ 2 มาเรียงตากไว้บนตระแกรงพลาสติกทิ้งไว้ครึ่งวันหลังจากนั้นก็พลิกกล้วย 1 ครั้ง เพื่อให้จะได้โดนแดดทั้งสองด้าน พอตกเย็นแดดหมดก็นำกล้วยเก็บใส่ถุงพลาสติกไว้รวมกัน หลังจากเก็บกล้วยหมดแล้วก็นำกล้วยมาทำการแบนโดยการแบนกล้วยอาจจะใช้ฝ่ามือและสวมถุงมือเพื่อความสะอาดชุบน้ำเกลือเล็กน้อยเพื่อไม่ให้เนื้อกล้วยแตกออกจากกันหรือทับด้วยไม้หนีบที่รองด้วยพลาสติกใสเสร็จแล้วเก็บใส่ถุงพลาสติกรอไปตากแดดที่ 5

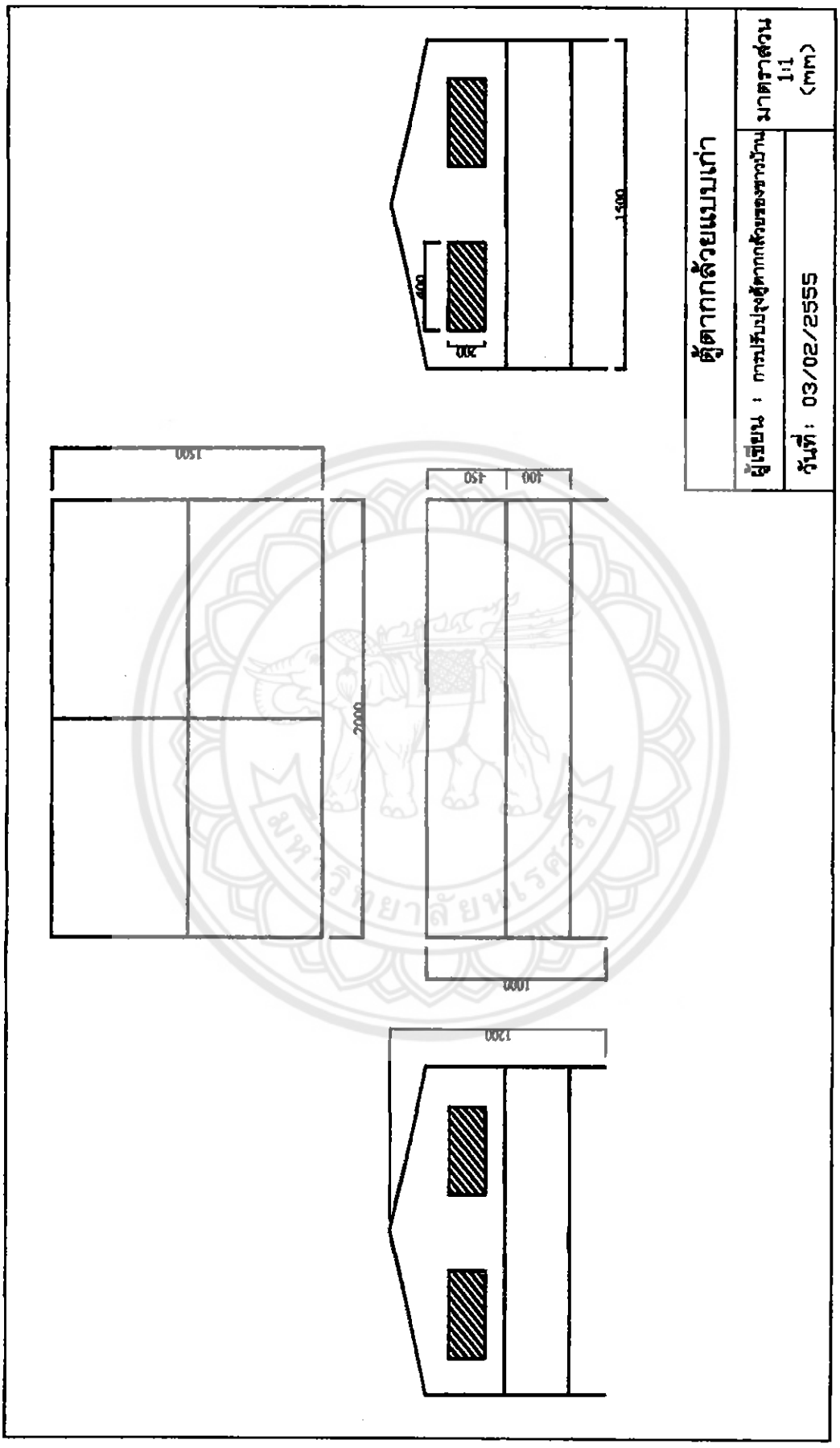
แดดที่ 5 ในตอนเช้านำกล้วยที่แบนเสร็จแล้วมาเรียงอีกครั้งจนแห้งได้ที่แล้ว (ประมาณครึ่งวัน) ก็เก็บกล้วยตากเป็นอันเสร็จการตากกล้วย

ตารางที่ 4.5 ตารางรูปภาพขั้นตอนการเตรียมการตากกล้วยและการตากกล้วย

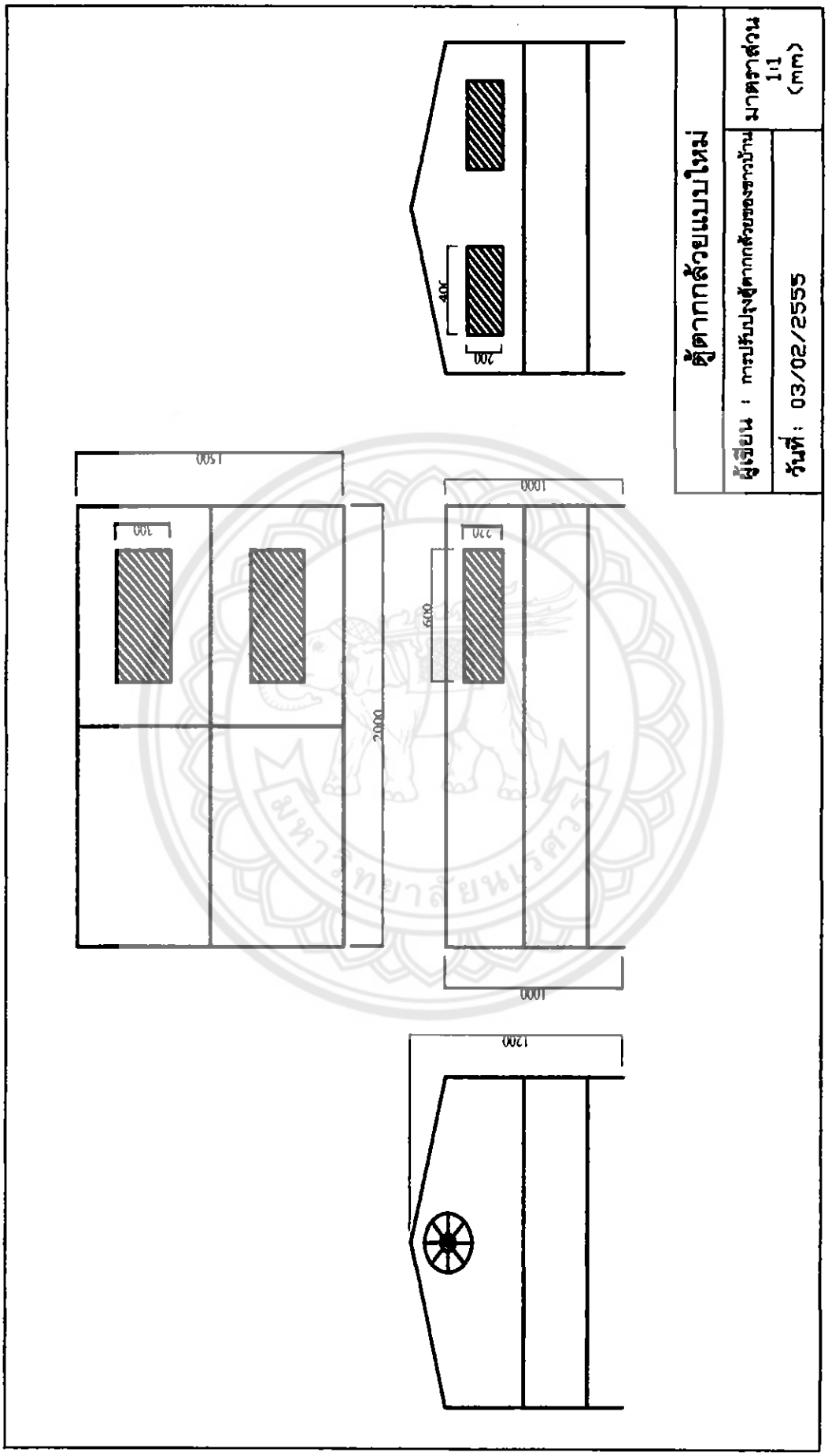
แบบเดิมของชาวบ้าน	แบบที่ปรับปรุงขึ้นใหม่
ไม่มี	ขั้นตอนที่ 1 การล้างกล้วยด้วยน้ำผสมด่างทับทิม
ไม่มี	ขั้นตอนที่ 2 ผึ่งลมบนโต๊ะสูงไม่ต่ำกว่า 60 ซม. 
ขั้นตอนที่ 1 การบ่มกล้วย	ขั้นตอนที่ 3 การบ่มคลุมกล้วยด้วยพลาสติกใสเป็นเวลา 24 ชม. 
ไม่มี	ขั้นตอนที่ 4 การคลุมด้วยลี่ทิ้งไว้ 3-4 วัน เพื่อให้กล้วยสุกพร้อมกัน 
ขั้นตอนที่ 2 การปอกกล้วย ไม่สวมถุงมืออนามัยในการปอกกล้วย	ขั้นตอนที่ 5 การปอกกล้วยด้วยการล้างมือก่อนแล้วใส่ถุงมืออนามัยปอกกล้วยเพื่อลดการปนเปื้อน
ขั้นตอนที่ 3 การตากกล้วย แดดที่ 1	ขั้นตอนที่ 6 การตากกล้วย แดดที่ 1 

ตารางที่ 4.5 (ต่อ) ตารางรูปภาพขั้นตอนการเตรียมการตากกล้วยและการตากกล้วย

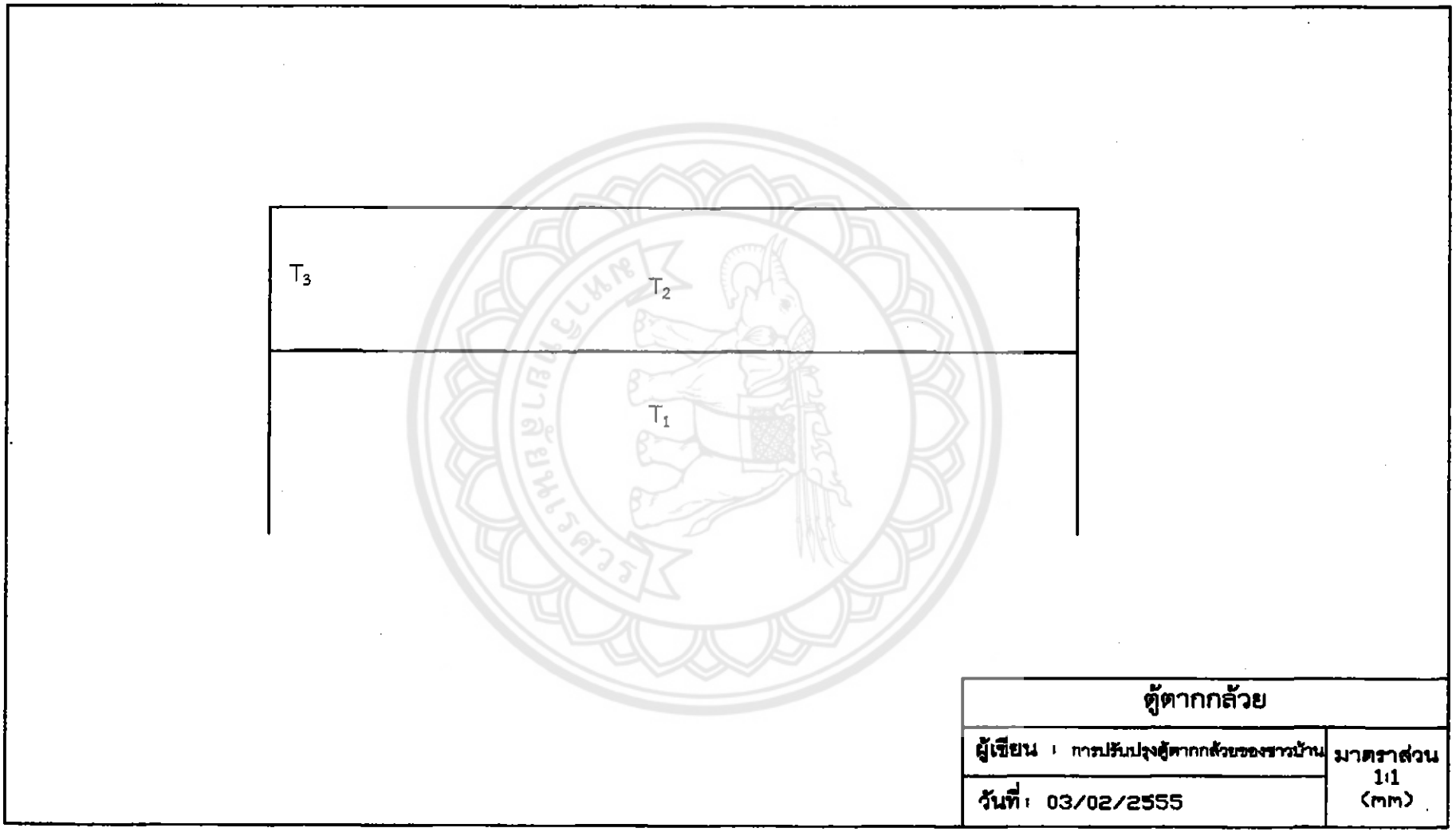
แบบชาวบ้าน	แบบ GMP
ขั้นตอนที่ 4 การพลิกกล้วยทุกครึ่งวันที่มีทำการตากกล้วย	ขั้นตอนที่ 7 การพลิกกล้วยทุกครึ่งวันที่มีทำการตากกล้วย
ขั้นตอนที่ 5 การคลุมกล้วยด้วยพลาสติกใสในทุกเย็นของการตากกล้วย 	ไม่มี
ไม่มี	ขั้นตอนที่ 8 การหมักกล้วยด้วยการเก็บกล้วยใส่ถุงหลังจากแดดหมดทำทุกวันที่ตากกล้วย
ขั้นตอนที่ 6 การตากกล้วยแดดที่ 2,3,4 	ขั้นตอนที่ 9 การตากกล้วยแดดที่ 2,3,4 
ขั้นตอนที่ 7 การแบนกล้วย	ขั้นตอนที่ 10 การแบนกล้วย
ขั้นตอนที่ 8 การตากกล้วยแดดที่ 5,6 และเก็บกล้วยในเวลา 17.00 น.	ขั้นตอนที่ 11 การตากกล้วยแดดที่ 5 เก็บกล้วย 16.00 น. เพื่อให้ความร้อนระอุอยู่ภายใน



รูปที่ 4.15 แบบตู้ตากกล้วยแบบเดิม



รูปที่ 4.16 แบบตู้ตากกล้วยที่ปรับปรุง



รูปที่ 4.17 แสดงตำแหน่งการวัดอุณหภูมิของตู้ตากในแต่ละจุด

4.7 ผลการทดลองของตู้ตากแบบเดิมและแบบที่ออกแบบขึ้นใหม่

4.7.1 อุณหภูมิเฉลี่ยของตู้ตากกล้วยแบบเดิม

การตากกล้วยด้วยตู้ตากแบบเดิม ได้ทำการทดลองโดยการตากเฉพาะกลางวันซึ่งมีแดดดี โดยมีการรับพลังงานจากแสงอาทิตย์โดยตรง จากการทดลองนี้ได้ทำการทดลองเป็นเวลา 9 ชั่วโมงต่อวันโดยจะเริ่มตากตั้งแต่เวลา 8.00 น.–17.00 น. โดยใช้ Data Logger เป็นตัววัดค่าของอุณหภูมิภายในตู้

ตารางที่ 4.6 ค่าเฉลี่ยอุณหภูมิตู้ตากเดิมในช่วงเวลาตั้งแต่ 8.00 น.-17.00 น.

รอบการผลิต ที่/วันที่	T_1 (°C)	T_2 (°C)	T_3 (°C)
1/30 มี.ค. 55	36.9	41.5	39.7
1/31 มี.ค. 55	33	38	35.5
1/1 เม.ย. 55	31.3	37.0	33.2
1/2 เม.ย. 55	32.6	39.2	36.1
1/3 เม.ย. 55	33.5	40.6	36.4
1/4 เม.ย. 55	33.5	40.0	36.1
2/6 เม.ย. 55	32.7	39.2	35.4
2/7 เม.ย. 55	37.6	38.3	35.7
2/8 เม.ย. 55	37.6	42.8	40.4
2/9 เม.ย. 55	34.1	41.9	36.7
2/10 เม.ย. 55	33.0	36.8	37.1
2/11 เม.ย. 55	33.5	38.1	36.8
เฉลี่ยรวม	**34.1**	**39.5**	**36.6**

หมายเหตุ : ในช่วงเวลาการตากมีแดดดีทั้ง 6 วันของรอบการผลิตที่ 1 และ 2

ในวันที่ 31 มีฝนตกในช่วง 16.00 - 17.00 น. ทำให้ได้ค่าเฉลี่ยอุณหภูมิของช่วงเวลาดังกล่าวเพียงแค่ 5 วัน

ในวันที่ 7 เมษายนเก็บค่าอุณหภูมิตั้งแต่เวลา 11.00 น. – 17.00 น.เพราะสภาพอากาศไม่เอื้ออำนวย

4.7.2 อุณหภูมิเฉลี่ยของตู้ตากกล้วยที่ปรับปรุงใหม่

ทำการทดลองตากเหมือนตู้ตากแบบเดิมและทำการวัดค่าอุณหภูมิภายในตู้ของตู้ตากที่ปรับปรุงใหม่และเก็บค่าอุณหภูมิที่ได้หาค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิในแต่ละวันโดยใช้ Data Logger เป็นตัววัดค่าของอุณหภูมิภายในตู้

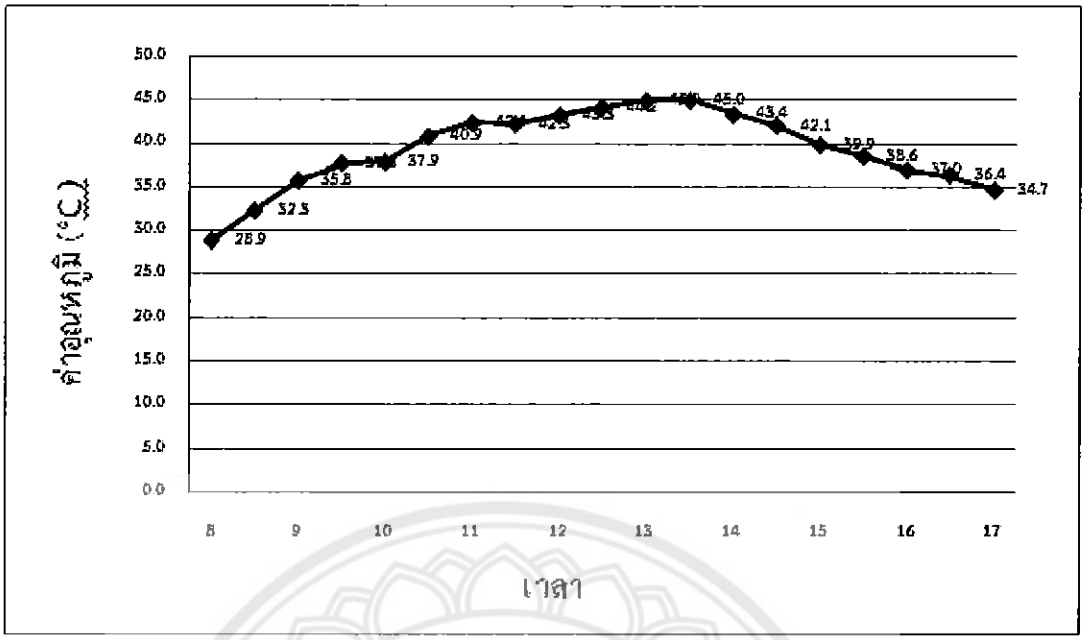
ตารางที่ 4.7 ค่าเฉลี่ยอุณหภูมิตู้ตากที่ปรับปรุงใหม่ในช่วงเวลาตั้งแต่ 8.00 น.-17.00 น.

รอบการผลิต ที่/วันที่	T_1 (°C)	T_2 (°C)	T_3 (°C)
1/30 มี.ค. 55	36.6	43.3	41.6
1/31 มี.ค. 55	32.5	42.5	40.1
1/1 เม.ย. 55	31.7	42.2	36.1
1/2 เม.ย. 55	32.4	40.1	37.9
1/3 เม.ย. 55	33.8	47.4	42.7
2/6 เม.ย. 55	32.8	42.6	36.5
2/7 เม.ย. 55	31.6	40.3	36.4
2/8 เม.ย. 55	32.2	44.9	38
2/9 เม.ย. 55	33.1	43.2	38.9
2/10 เม.ย. 55	32.4	39.1	41.8
เฉลี่ยรวม	**32.9**	**42.6**	**39**

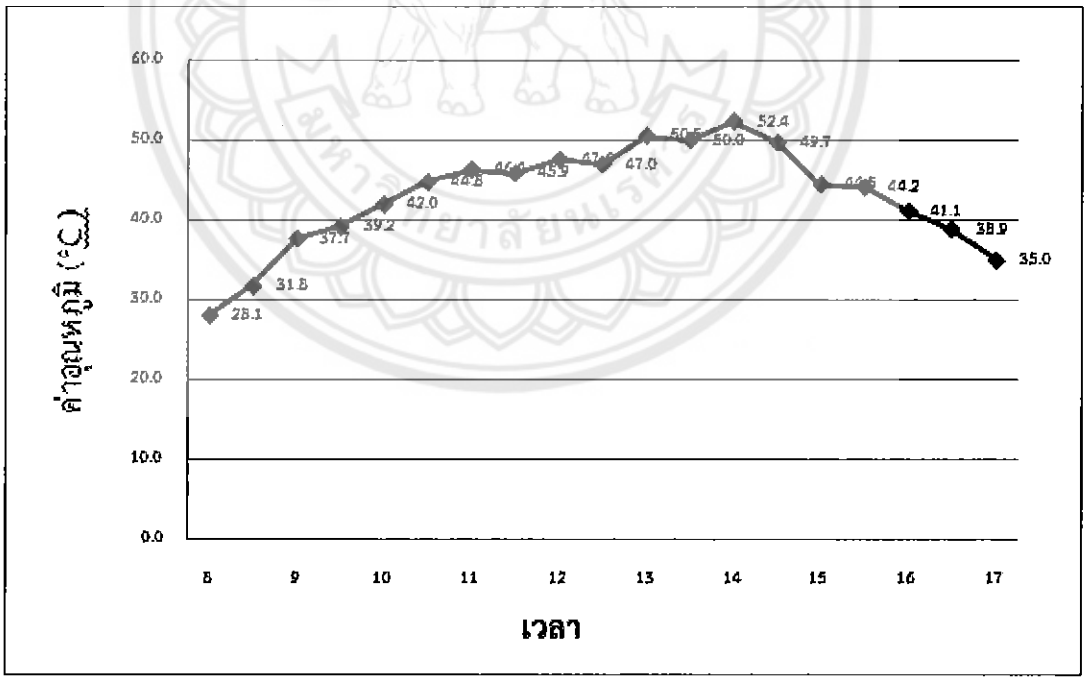
หมายเหตุ : ตากในช่วงเวลาที่แดดดีทั้ง 2 รอบการผลิต

ในวันที่ 7 เมษายนเก็บค่าอุณหภูมิตั้งแต่เวลา 11.00 น. – 17.00 น.

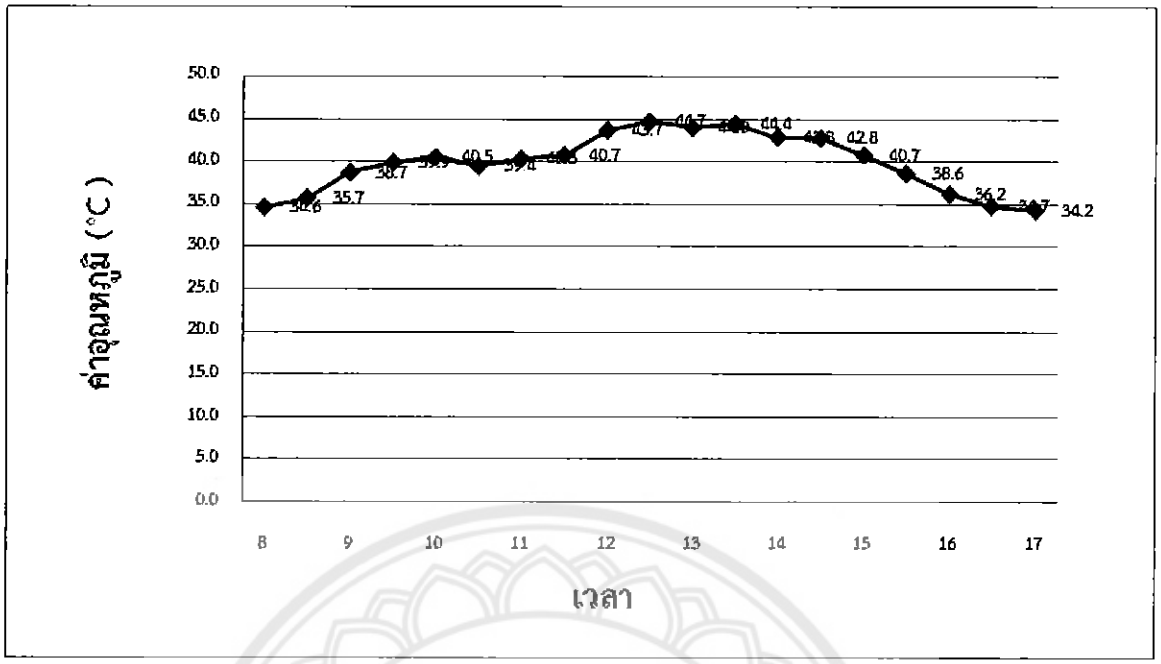
ให้ T_1 คือ อุณหภูมิใต้ตู้ T_2 คือ อุณหภูมิภายในตู้ T_3 คืออุณหภูมิช่องระบายอากาศ



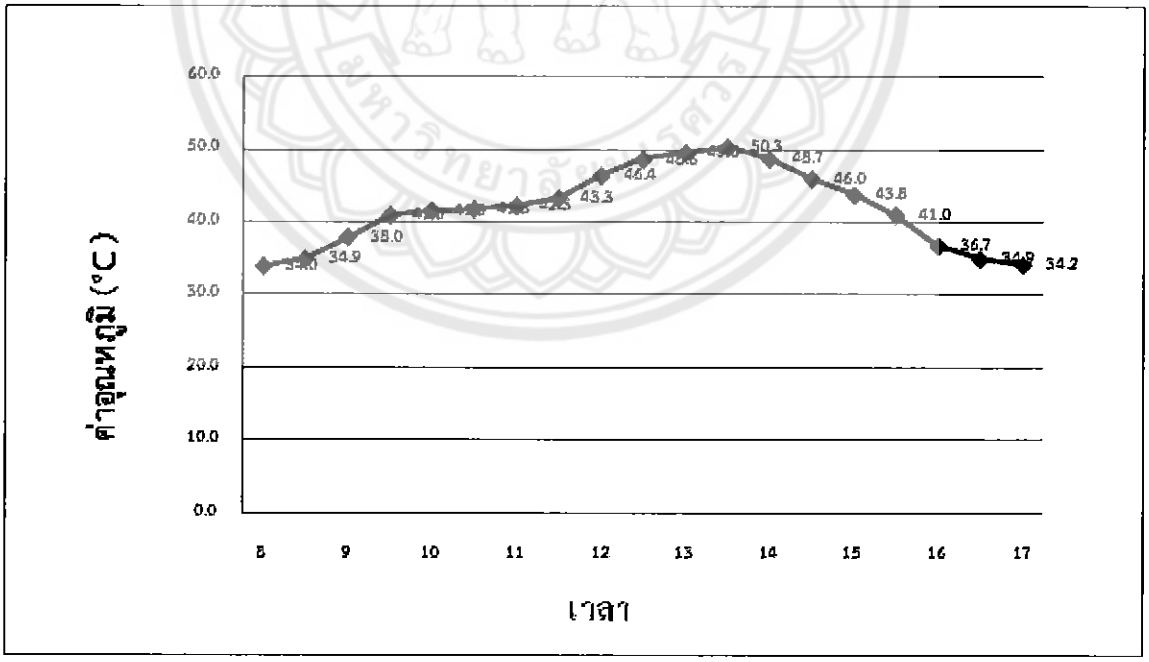
รูปที่ 4.18 กราฟแสดงอุณหภูมิเฉลี่ยในตู้ของตู้ตากเดิมของรอบการผลิตที่ 1



รูปที่ 4.19 กราฟแสดงอุณหภูมิเฉลี่ยในตู้ของตู้ตากที่ปรับปรุงใหม่ของรอบการผลิตที่ 1



รูปที่ 4.20 กราฟแสดงอุณหภูมิเฉลี่ยในตู้ของตู้ตากเดิมของรอบการผลิตที่ 2



รูปที่ 4.21 กราฟแสดงอุณหภูมิเฉลี่ยในตู้ของตู้ตากที่ปรับปรุงของรอบการผลิตที่ 2

จากกราฟแสดงอุณหภูมิเฉลี่ยในตู้ของตู้ตากแบบเดิมและแบบที่ปรับปรุงของทั้งสองรอบการผลิต จะเห็นว่ากราฟอุณหภูมิของตู้ที่ออกแบบใหม่นั้นมีอุณหภูมิสูงกว่าตู้ตากแบบเดิมในเกือบทุกๆ ช่วงเวลาเพราะตู้ตากแบบที่ออกแบบใหม่นั้นสามารถเก็บความร้อนได้ดีกว่าตู้ตากแบบเดิมและอุณหภูมิภายในตู้จะมีอุณหภูมิสูงสุดเวลาประมาณ 13.00-14.00 น. ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าตู้ที่ปรับปรุงใหม่นั้นมีสามารถเก็บความร้อนได้ดีกว่าตู้แบบเดิม

4.8 ผลการตรวจวิเคราะห์จากการนำตัวอย่างของกล้วยตากของตู้ตากแบบใหม่จากศูนย์วิทยาศาสตร์การแพทย์เขต 9 พิษณุโลก

ตารางที่ 4.8 ผลการตรวจวิเคราะห์จากการนำตัวอย่างของกล้วยตากของตู้ตาก**แบบใหม่จากศูนย์วิทยาศาส**ตร์การแพทย์เขต 9 พิษณุโลก

รายการตรวจวิเราะห์	จำนวนที่พบ
ความชื้น	21.52
จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด/กรัม	1,400
จำนวนยีสต์และเชื้อรา	30
MPN E.Coli/กรัม	น้อยกว่า 3
Salmonella spp.25/กรัม	ไม่พบ
S. aureus/0.1กรัม	ไม่พบ
C. Perfringens/0.1กรัม	ไม่พบ

ที่มา : ศูนย์วิทยาศาสตร์การแพทย์ที่ 9 (พิษณุโลก)

4.9 การวิเคราะห์ผลและสรุปผล

4.9.1 การเปรียบเทียบระหว่างตู้ตากเดิมและตู้ตากที่ออกแบบขึ้นใหม่

ตารางที่ 4.9 น้ำหนักของกล้วยทั้งก่อนและหลังตากแห้งของตู้ตากแบบเดิม

รอบการผลิตที่	น้ำหนักก่อนตาก (Kg)	น้ำหนักหลังตาก (Kg)	มวลน้ำที่ระเหย (Kg)
1	8.10 (ร้อยละ 81)	4.10 (ร้อยละ 41)	4.00 (ร้อยละ 40)
2	7.65 (ร้อยละ 80.5)	3.83 (ร้อยละ 40.3)	3.82 (ร้อยละ 40.2)
ค่าเฉลี่ย	7.88 (ร้อยละ 80.75)	3.97 (ร้อยละ 40.65)	3.91 (ร้อยละ 40.1)

ตารางที่ 4.10 น้ำหนักของกล้วยทั้งก่อนและหลังตากแห้งของตู้ตากที่ปรับปรุงขึ้นใหม่

รอบการผลิตที่	น้ำหนักก่อนตาก (Kg)	น้ำหนักหลังตาก (Kg)	มวลน้ำที่ระเหย (Kg)
1	8.10 (ร้อยละ 81)	3.98 (ร้อยละ 39.8)	4.12 (ร้อยละ 41.2)
2	7.65 (ร้อยละ 80.5)	3.75 (ร้อยละ 39.46)	3.90 (ร้อยละ 41.04)
ค่าเฉลี่ย	7.88 (ร้อยละ 80.75)	3.87 (ร้อยละ 39.63)	4.01 (ร้อยละ 41.12)

หมายเหตุ : ในรอบการผลิตที่ 1 ทั้ง 2 ตู้น้ำหนักของกล้วยทั้งหมด 10 กิโลกรัมปอกเปลือกกล้วยออกน้ำหนักก่อนตากเหลือ 8.1 กิโลกรัมคิดเป็นร้อยละ 81 ของน้ำหนักทั้งหมด

ในรอบการผลิตที่ 2 ทั้ง 2 ตู้น้ำหนักของกล้วยทั้งหมด 9.5 กิโลกรัมปอกเปลือกกล้วยออกน้ำหนักก่อนตากเหลือ 7.65 กิโลกรัมคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักกล้วยร้อยละ 80.5 ของน้ำหนักทั้งหมด

จากผลการทดลองทั้ง 2 ตู้จะได้ค่าเฉลี่ยของน้ำหนักกล้วยของตู้ตากเดิมประมาณร้อยละ 40.65 และตู้ตากที่ปรับปรุงขึ้นใหม่นั้นอยู่ที่ประมาณร้อยละ 39.63 ของน้ำหนักกล้วยทั้งหมดก่อนที่จะทำการตากโดยมีมวลน้ำที่ระเหยออกจากกล้วยตากของตู้ตากแบบเดิมอยู่ที่ร้อยละ 40.1 และตู้ตากที่ปรับปรุงขึ้นอยู่ที่ร้อยละ 41.12 จากการทดลองนี้จะเห็นได้ว่าตู้ตากที่ปรับปรุงขึ้นใหม่มีมวลน้ำที่ระเหยได้มากกว่าตู้ตากแบบเดิมซึ่งจะส่งผลให้ค่าความชื้นของกล้วยตากที่ได้ตรงตามมอก. 586-2528 ได้ไวขึ้นจะทำให้รอบของการผลิตในตู้ตากใหม่นั้นสามารถลดระยะเวลาที่ใช้ในการตากแบบเดิมได้เร็วขึ้น

ตารางที่ 4.11 การเปรียบเทียบผลการทดลองของตู้ตากทั้ง 2 ตู้

รายการ	แบบเดิม	แบบปรับปรุง
1. ค่าอุณหภูมิเฉลี่ยภายในตู้ตากกล้วยที่สูงที่สุด	45 °c	51.4 °c
2. อัตราการไหลเชิงมวลของอากาศ	0.02 Kg/s	0.01 Kg/s
3. เวลาที่ใช้ในการตาก	6 วัน	5 วัน
4. ประสิทธิภาพเชิงความร้อนของตู้ตาก	ร้อยละ 17.67	ร้อยละ 21.6
5. มวลน้ำที่ระเหยจากกล้วยตาก	ร้อยละ 40.1	ร้อยละ 41.12
6. ความชื้นของกล้วยตากหลังจากตากเสร็จ	ร้อยละ 17.53	ร้อยละ 21.52

หมายเหตุ : ค่าความชื้นที่ได้มามาจากการนำกล้วยไปส่งตรวจที่ศูนย์วิทยาศาสตร์การแพทย์เขต 9 จังหวัดพิษณุโลก

ตารางที่ 4.12 การเปรียบเทียบลักษณะของกล้วยตากทั้งสองตู้

ตู้ตากแบบเดิม	ตู้ตากที่ปรับปรุง
1. สีผิวของกล้วยมีลักษณะเข้มกว่าทั้งนี้เป็นเพราะอาจจะมีแมลงมากัดแทะและดูดน้ำหวานจากกล้วยออกมามากจึงทำให้น้ำต้อยซึมออกมาก	กล้วยมีลักษณะสีอ่อนกว่า มันวาวกว่าเนื่องจากมีการหมักน้ำเชื่อมของกล้วย (น้ำต้อย) ให้ซึมเข้ากัน
2. เนื้อกล้วยจะแข็งกว่าเล็กน้อยเนื่องจากผิวของกล้วยจะแห้งเพราะไม่มีการหมักกล้วยให้น้ำต้อยของกล้วยซึมถึงกัน	เนื้อกล้วยจะอ่อนนิ่มกว่าเนื่องจากเนื่องจากมีการหมักกล้วยหลังจากการตากเสร็จใน 1 วันและมีการปอกกล้วยเริ่มตากด้วยการเช็คปลายนมกล้วยว่าเปื่อยนิ่มบิดง่ายหรือไม่
3. กลิ่นของกล้วยตากในตู้จะหอมน้อยกว่าเนื่องจากมีการซึมของน้ำต้อยบนเนื้อกล้วยน้อย	กลิ่นของกล้วยในตู้ตากใหม่จะมีกลิ่นหอมฟุ้งกระจายนานกว่าเนื่องจากมีน้ำต้อยซึมออกจากเนื้อกล้วยมากกว่า
4. ส่วนมากจะมีตำหนิรอยดำเกิดขึ้นผิวของเนื้อกล้วยไม่น่าทาน	การไม่มีตำหนิลอยดำหรืออาจจะมีแค่ส่วนน้อยเกิดจากการปรับปรุงระบบ GMP

4.9.2 อัตราการไหลเชิงมวลของอากาศ

ความร้อนที่แฝงที่ใช้ในการระเหยน้ำจากผลิตภัณฑ์เท่ากับความสัมพันธ์ของอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงเมื่อไหลผ่านผลิตภัณฑ์นั้น (วัฒนพงษ์, 2536) ซึ่งเขียนเป็นสมการได้ดังนี้

$$m_w h_{fg} = m_g C_p (T_o - T_i)$$

เมื่อ m_w = มวลของน้ำที่ระเหย (Kg)

h_{fg} = ความร้อนแฝงของการระเหยน้ำในวัสดุ (2,500 KJ/Kg $^{\circ}$C)

C_p = ความจุความร้อนของอากาศที่ความดันคงที่ (1 KJ/Kg $^{\circ}$C)

T_i = อุณหภูมิอากาศร้อนไหลเข้าตู้ตาก $^{\circ}$C

T_o = อุณหภูมิอากาศร้อนไหลออกตู้ตาก $^{\circ}$C

$\dot{m}_g$ = อัตราการไหลเชิงมวลของอากาศ (Kg/s)

m_g = ปริมาณการไหลของอากาศ (Kg)

4.9.2.1 การคำนวณค่าอัตราการไหลเชิงมวลอากาศในตู้ตากเดิม

m_w = 3.91 Kg

T_i = 34.1 $^{\circ}$C

T_o = 36.6 $^{\circ}$C

จาก $m_w h_{fg} = m_g C_p (T_i - T_o)$

3.91 Kg x 2,500 KJ/Kg $^{\circ}$C = m_g x 1KJ/Kg $^{\circ}$C (36.6-34.1)

m_g = 3910 Kg

เวลาที่ใช้ในการตาก (54 ชั่วโมง) = 54 x 3600 = 194,400 วินาที

$$\dot{m}_g = \frac{3910 \text{ Kg}}{194{,}400 \text{ s}} = 0.02 \text{ Kg/s}$$

4.9.2.2 การคำนวณค่าอัตราการไหลเชิงมวลอากาศในตู้ตากที่ปรับปรุงขึ้นใหม่

m_w = 4.01 Kg

T_i = 32.9 $^{\circ}$c

T_o = 39 $^{\circ}$c

จาก $m_w h_{fg} = m_g C_p (T_i - T_o)$

4.78 Kg x 2,500 KJ/Kg $^{\circ}$C = m_g x 1KJ/Kg $^{\circ}$C (39-32.9)

m_g = 1643.44 Kg

เวลาที่ใช้ในการตาก (45 ชั่วโมง) = 45 x 3600 = 162,000 วินาที

$$\dot{m}_g = \frac{1643.44\ Kg}{162{,}000\ s} = 0.01\ Kg/s$$

4.9.3 ประสิทธิภาพเชิงความร้อนของตู้ตากกล้วย

$$\eta = (m_w\, h_{fg} / G_T\, A_c) \times 100$$

เมื่อ η= ประสิทธิภาพเชิงความร้อนของตู้ตากแห้ง (ร้อยละ)

G_T= ค่ารังสีดวงอาทิตย์ที่ตกกระทบบนตัวรับรังสี (KJ/m^2 Day)

4.9.3.1 การคำนวณประสิทธิภาพเชิงความร้อนของตู้ตากแบบเดิม

G_T = 18.44 MJ/m^2 day

$$\eta = \frac{(3.91\ Kg) \times (2500\ KJ/m^2\ day)}{(18.44\ MJ/m^2\ day) \times (3\ m^2)} \times 100$$

η = ร้อยละ 17.67

4.9.3.2 การคำนวณประสิทธิภาพเชิงความร้อนของตู้ตากที่ปรับปรุงขึ้นใหม่

G_T = 18.44 MJ/m^2 day

$$\eta = \frac{(4.78\ Kg) \times (2500\ KJ/m^2}{(18.44\ MJ/m^2\ day) \times (3\ m^2)} \times 100$$

η = ร้อยละ 21.6

หมายเหตุ : ค่ารังสีของดวงอาทิตย์ที่ตกกระทบบนตัวรับรังสีได้มาจากผลการวัดของ**ปีที่ผ่านมาซึ่งเป็นช่วงเวลาที่**ใกล้เคียงโดยค่าของรังสีแสดงในภาคผนวก ข

4.9.4 การคำนวณหาจุดคุ้มทุน

การคำนวณหาจุดคุ้มทุนของตู้ตากกล้วยที่ปรับปรุง

ตารางที่ 4.13 ตารางแสดงค่าใช้จ่ายในการปรับปรุงตู้ตากกล้วย

ลำดับ	รายการ	จำนวน	หน่วย	ราคา	รวม
1	เหล็กเส้นแบนรีด	6	เส้น	60	360
2	เหล็กเส้นกล่อง	2	เส้น	120	240
3	สังกะสีแผ่นเรียบ	4	แผ่น	180	720
4	บูท	4	ลูก	15	60
5	ดอกรีเวท	10	ถุง	18	180
6	รีเวต 44 สีชา 100 ตัว	1	ชุด	40	40
7	มือจับ	2	ตัว	10	20
8	ผ้ายาง	1	ผืน	200	200
9	เส้นมุ้งลวดอะลูมิเนียมสีชาไม่มีริม	2	เส้น	120	240
10	ฉากสี่หุนอะลูมิเนียมสีชาหนา	2	เส้น	70	140
11	ทินเนอร์	1	แกลลอน	140	140
12	ลี่	1	ผืน	76	76
13	พัดลมระบายอากาศ 6 นิ้ว	1	ตัว	650	650
14	ตะแกรงพลาสติก 90x500 cm	1	ผืน	200	200
15	สีดำด้าน	1	ถัง	485	485
รวม					**3751**

รวมค่าใช้จ่ายวัสดุในการปรับปรุงตู้ตากกล้วยทั้งหมด 3751 บาท บวกค่าแรง 150 บาท รวม เป็น 5251 บาท

ค่าใช้จ่ายในการซื้อวัตถุดิบ (กล้วยน้ำว้า) หวีละ 5 บาท

ปริมาณกล้วยดิบ 10 กิโลกรัม

เวลาที่ใช้ในการตากตู้ที่ปรับปรุง 5 วัน

เวลาที่ใช้ในการตากตู้ตากเดิม 6 วัน

จากข้อมูลเบื้องต้น

ค่าใช้จ่ายในการปรับปรุงทั้งหมด 5251 บาท

ค่าใช้จ่ายในการดำเนินการ

ค่ากล้วยดิบหวีละ 5 บาท /กิโลกรัม

ราคาขายต่อหน่วย 80 บาท /กิโลกรัม (สำรวจจากราคาขายตามท้องตลาด)

ปริมาณกล้วยตากที่ได้หลังจากการตากเสร็จ 3.87 กิโลกรัม

หาจุดคุ้มทุน

จากสูตร N = (F/p - t)

เมื่อ F = ต้นทุนคงที่

p = ราคาขายต่อหน่วย

t = ต้นทุนแปรผันต่อหน่วย

ต้นทุนแปรผัน – ค่ากล้วยหวีละ 5 บาท ใช้ 10 หวีต่อรอบ = 50 บาท/รอบ

รายได้ที่ได้จากการขาย = ราคาขายต่อกิโลกรัม x น้ำหนักของกล้วยตากที่ได้ต่อรอบการผลิต

รายได้ที่ได้จากการขาย = 80 บาท/กิโลกรัม x 3.87 กิโลกรัม/รอบ = 309.6 บาท/รอบ หรือประมาณ 310 บาท/รอบการผลิต

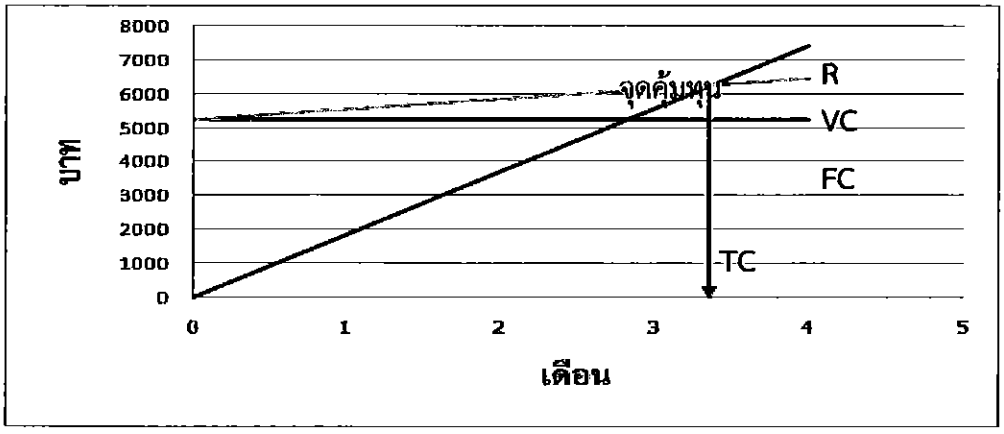
การคำนวณจุดคุ้นทุน

$$N = \frac{5{,}251 \text{ บาท}}{(310 \text{ บาท/รอบ} - 50 \text{ บาท/รอบ})}$$

= 20.2 รอบ หรือประมาณ 101 วัน หรือประมาณ 3.4 เดือน

ดังนั้น จำนวนวันของจุดคุ้มทุนเท่ากับ 101 วัน หรือประมาณ 3 เดือน 11 วัน

กราฟแสดงจุดคุ้มทุนในการผลิตกล้วยตาก



รูปที่ 4.22 กราฟแสดงจุดคุ้มทุนในการตากกล้วยด้วยตู้ตากแบบที่ปรับปรุงใหม่

R คือ Revenue (รายได้หรือยอดขาย)

TC คือ Total Cost (ต้นทุนรวมของการลงทุนทั้งหมด)

FC คือ Fix Cost (ต้นทุนคงที่) เป็นค่าใช้จ่ายที่ไม่ผันแปรไปตามจำนวนหน่วยผลิตหรือขาย ต้นที่คงที่รวมจะคงที่ตลอดเวลา

VC คือ Variable Cost (ต้นทุนผันแปร) เป็นค่าใช้จ่ายที่ผันแปรไปตามจำนวนหน่วยผลิตหรือขายถ้าปริมาณการผลิตหรือขายมากต้นทุนผันแปรก็จะมากตาม

หมายเหตุ : ต้นทุนผันแปรคิดเฉพาะค่ากล้วยจะไม่รวมค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานเนื่องจากลงมือทำเองไม่มีค่าจ้าง

บทที่ 5
บทสรุปและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการดำเนินโครงงาน

5.1.1 จากผลการทดลองจะเห็นได้ว่าตู้ตากกล้วยที่ปรับปรุงขึ้นสามารถลดเวลาในการตากกล้วยตากจาก 6 วัน เหลือ 5 วันได้โดยที่มีปัจจัยทางแสงเท่ากันซึ่งระยะเวลาที่ลดลงคิดเป็นร้อยละ16.67 ของเวลาเดิมซึ่งผ่านตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้คือร้อยละ 10 ของระยะเวลาตากกล้วยของตู้ตากแบบเดิม

5.1.2 จากการคำนวณเปรียบเทียบประสิทธิภาพเชิงความร้อนของตู้ตากกล้วยที่มีรังสีของแสงอาทิตย์ที่เหมือนกันประสิทธิภาพเชิงความร้อนของตู้ตากแบบเดิมมีค่าสูงสุดร้อยละ 17.67 และประสิทธิภาพเชิงความร้อนของตู้ตากที่ปรับปรุงขึ้นมีค่าสูงสุดเท่ากับร้อยละ 21.6 โดยตู้ตากที่ปรับปรุงสามารถกักเก็บความร้อนไว้ภายในตู้ได้มากกว่าตู้เดิมเนื่องจากเป็นตู้ที่ปิดทึบมีช่องทางการระบายอากาศไหลออกทางเดียวซึ่งส่งผลให้อุณหภูมิของตู้ตากมีค่าสูงขึ้นกว่าตู้ตากเดิมร้อยละ 18.2

5.1.3 ในการตากกล้วยตากในตู้ตากที่ปรับปรุงขึ้นใหม่จะทำให้ได้กล้วยตากที่ถูกต้องตามหลัก GMP และผลการตรวจเกณฑ์กำหนดทางจุลินทรีย์นั้นผ่านตามมาตรฐานอุตสาหกรรมของกล้วยอบ (มอก. 586/2528)

ตารางที่ 5.1 ผลการตรวจวิเคราะห์คุณสมบัติทางจุลชีววิทยาที่พบในกล้วยตากของตู้ตากที่ปรับปรุง

ชนิดจุลินทรีย์	จำนวนจุลินทรีย์ที่ยอมให้มีได้	จำนวนจุลินทรีย์ที่ยอมให้มีได้สูงสุด	จำนวนจุลินทรีย์ที่พบ
จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด/กรัม	10^3	10^4	1,400
จำนวนยีสต์และเชื้อรา	10	10^2	30
MPN E.Coli/กรัม	น้อยกว่า 3	3	น้อยกว่า 3
Salmonella spp.25/กรัม	ต้องไม่พบ	ต้องไม่พบ	ไม่พบ
S. aureus/0.1กรัม	ต้องไม่พบ	ต้องไม่พบ	ไม่พบ
C. Perfringens/0.1กรัม	ต้องไม่พบ	ต้องไม่พบ	ไม่พบ

ที่มา : ศูนย์วิทยาศาสตร์การแพทย์ที่ 9 (พิษณุโลก)

5.2 ปัญหาและอุปสรรคในการดำเนินโครงงาน

5.2.1 ไม่มีเงินทุนค่าดำเนินโครงการให้ดังนั้นจึงจำเป็นต้องออกเองซึ่งจะทำให้การดำเนินงานต้องล่าช้าเนื่องจากขาดแคลนทรัพยากรด้านการลงทุน

5.2.2 กล้วยขาดแคลนในช่วงที่เกิดอุทกภัยหรือน้ำท่วมทำให้กล้วยที่จะนำมาทำการทดลองขาดตลาด หาซื้อยาก

5.2.3 ความถี่ของรูตระแกรงยังไม่ถี่พอแมลงหรือสัตว์ตัวเล็กๆ สามารถเข้าไปได้

5.3 ข้อเสนอแนะ

5.3.1 เนื่องจากการทดลองในช่วงเดือนมีนาคม – เมษายนจะเป็นช่วงของการเปลี่ยนฤดูอาจจะมีฝนตกลงมาทำให้เกิดน้ำค้างในตอนเช้า ดังนั้นจำเป็นต้องนำแผ่นพลาสติกทึบมาคลุมฝาเปิดตู้ไว้และทางเข้าของอากาศในเวลาหลังการตากเสร็จเพื่อป้องกันน้ำค้างที่จะเกิดขึ้น

5.3.2 ในช่วงการเปิดพัดลมระบายอากาศควรจะเปิดในในช่วงตอนเช้าเพื่อไล่ความชื้นภายในตู้ออกและปิดพัดลมในช่วงที่แดดดีเพื่อให้ตู้เก็บความร้อนได้มากขึ้น

5.3.3 ตู้ตากนี้สามารถใช้ตากกับผลิตภัณฑ์อื่นได้นอกจากกล้วยซึ่งสามารถนำไปทอลองและขยายผลต่อยอดได้

5.3.4 ตู้ตากนี้ยังต้องติดตั้งอุปกรณ์เสริมและปรับปรุงพัฒนาต่อไป เช่น ล้อลาก เสริมตาข่ายมุ้งลวดให้หนาขึ้น ปรับปรุงเปลี่ยนโครงฝาเหล็กให้เป็นพลาสติกเพื่อป้องกันความร้อน

5.4 ประโยชน์ที่ได้รับจากการทำโครงงาน

5.4.1 ได้เรียนรู้ถึงกระบวนการตากกล้วยแบบชาวบ้านและการพัฒนาการตากกล้วยสู่ระบบ GMP

5.4.2 ได้รู้จักการแบ่งงานและการทำงานเป็นทีม

5.4.3 ได้รู้จักการวางแผนการเตรียมการล่วงหน้า ในการแก้ไขปัญหาเฉพาะหน้าเมื่อเกิดเหตุไม่คาดคิด เช่น ตากกล้วยตอนเช้า แล้วมีฝนตกลงมาในตอนบ่าย

5.4.4 ได้เรียนรู้ในการจัดทำระบบ GMP อย่างเป็นขั้นตอน

5.4.5 ได้เรียนรู้เกี่ยวกับการใช้ Data Logger ในการใช้วัดค่าอุณหภูมิและค่าความชื้นภายในตู้

เอกสารอ้างอิง

ณัฐพล สินไพศาลสกุล และอนันต์ จัดของ. (2545). **การปรับปรุงร้านตากกล้วยแบบชาวบ้าน.** รายงานการวิจัย. ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร.

พนาไพร มีสติ. (2549). **การศึกษาการปรับปรุงกระบวนการผลิตกล้วยตากให้ถูกหลัก GMP กรณีศึกษาโรงงานกล้วยตากแม่ตะเพียน.** ปริญญานิพนธ์ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร.

วิสาข์ เจ่าสกุล และคณะ. (2545). **โครงการเพิ่มผลผลิตกล้วยตาก.** รายงานการวิจัย. คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร.

สุภวัฒน์ ตรงต่อธรรม และคณะ. (2544). การผลิตตู้ตากกล้วยพลังงานแสงอาทิตย์เชิงพานิชย์. รายงานการวิจัย. คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร.

สุขฤดี สุขใจ. (2530). **การศึกษาคุณภาพกล้วยตากที่ได้จากตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์ขนาดใหญ่.** ปริญญานิพนธ์. ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

เอกพงษ์ ทะจะกัน, ธงชัย ขอนพันธ์ และนัฐพงศ์ ชาญพฤติ. (2553). **ศึกษาวิเคราะห์โรงอบกล้วยตากพลังงานแสงอาทิตย์แบบกรีนเฮาส์ กรณีศึกษา บริษัท ศิริวานิช (เอส แอนด์ ดับเบิ้ลยู) จำกัด.** รายงานการวิจัย. ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร.

ภาคผนวก ก

ตารางบันทึกข้อมูลอุณหภูมิของการตากกล้วย

ตารางบันทึกอุณหภูมิวันที่ 16 / 01 / 55

ช่วงเวลา	T_1(°C)	T_2(°C)	T_3(°C)
8.00 น.	22.8	24.0	23.5
8.30 น.	23.2	24.6	23.6
9.00 น.	24.1	30.7	23.9
9.30 น.	25.0	31.4	25.2
10.00 น.	27.3	34.6	27.1
10.30 น.	28.9	33.7	28.7
11.00 น.	28.8	38.9	29.3
11.30 น.	30.7	39.4	29.9
12.00 น.	32.1	39.8	31.8
12.30 น.	33.7	42	33.1
13.00 น.	33.9	43.2	33.5
13.30 น.	34.3	46.8	34
14.00 น.	34.6	45.7	35.3
14.30 น.	35.1	45.1	34.8
15.00 น.	33.4	45.4	34.3
15.30 น.	33.1	42.7	33.8
16.00 น.	32.3	41.2	32.7
16.30 น.	31.0	40.5	31.7
17.00 น.	30.2	33.8	30.8

ตารางบันทึกอุณหภูมิวันที่ 17 / 01 / 55

ช่วงเวลา	T_1(°C)	T_2(°C)	T_3(°C)
8.00 น.	22.5	24.0	23.0
8.30 น.	22.9	24.8	23.2
9.00 น.	23.8	30.4	23.6
9.30 น.	25.1	31.1	25.5
10.00 น.	26.2	34.3	26.4
10.30 น.	28.6	33.1	28.2
11.00 น.	28.8	38.5	29.1
11.30 น.	29.8	38.6	29.7
12.00 น.	31.4	38.7	31.6
12.30 น.	33.1	41.8	32.3
13.00 น.	32.9	41.9	32.7
13.30 น.	33.7	46.4	33.1
14.00 น.	34.1	45.9	34.5
14.30 น.	32.9	45.1	33.1
15.00 น.	33.4	45.5	32.8
15.30 น.	32.9	43.5	32.7
16.00 น.	32.9	42.9	32.2
16.30 น.	32.2	41.2	31.9
17.00 น.	30.6	33.1	30.8

ตารางบันทึกอุณหภูมิวันที่ 18 / 01 / 55

ช่วงเวลา	T_1(°C)	T_2(°C)	T_3(°C)
8.00 น.	22.1	24.0	22.2
8.30 น.	22.3	24.5	22.4
9.00 น.	24.6	30.0	24.7
9.30 น.	24.1	30.6	23.9
10.00 น.	26.9	33.1	27.1
10.30 น.	28.6	37.3	28.5
11.00 น.	29.4	39.8	29.8
11.30 น.	31.1	42.1	31.5
12.00 น.	31.3	42.3	31.7
12.30 น.	33.5	44.0	33.2
13.00 น.	33.3	45.8	33.2
13.30 น.	33.6	45.5	33.9
14.00 น.	34.9	44.9	34.2
14.30 น.	34.4	47.2	34.8
15.00 น.	35.0	44.9	35.2
15.30 น.	33.3	41.6	33.8
16.00 น.	34.0	40.9	34.5
16.30 น.	31.4	35.7	31.8
17.00 น.	30.2	31.3	31.1

ตารางบันทึกอุณหภูมิวันที่ 19 / 01 / 55

ช่วงเวลา	T_1(°C)	T_2(°C)	T_3(°C)
8.00 น.	22.2	22.4	22.2
8.30 น.	22.6	22.8	22.7
9.00 น.	24.6	26.9	24.6
9.30 น.	24.7	27.3	25.0
10.00 น.	26.7	33.1	27.1
10.30 น.	28.3	37.2	28.5
11.00 น.	28.7	36.3	29.1
11.30 น.	28.8	35.9	28.9
12.00 น.	29.2	34.9	29.7
12.30 น.	30.5	39.5	30.2
13.00 น.	31.4	39.0	31.7
13.30 น.	32.5	40.6	33.0
14.00 น.	33.1	42.2	33.2
14.30 น.	32.9	41.6	31.8
15.00 น.	32.6	40.3	32.8
15.30 น.	32.8	39.0	32.8
16.00 น.	31.9	35.7	31.7
16.30 น.	31.0	34.0	31.8
17.00 น.	29.8	29.8	29.2

ตารางบันทึกอุณหภูมิวันที่ 20 / 01 / 55

ช่วงเวลา	T_1(°C)	T_2(°C)	T_3(°C)
8.00 น.	24.8	25.6	24.8
8.30 น.	25.2	26.3	25.4
9.00 น.	26.8	30.3	26.5
9.30 น.	28.5	32.8	28.8
10.00 น.	30.1	36.6	30.2
10.30 น.	32.1	39.9	31.8
11.00 น.	33.9	42.5	32.7
11.30 น.	33.9	39.2	34.1
12.00 น.	32.9	38.8	32.8
12.30 น.	32.9	36.9	32.9
13.00 น.	30.8	33.4	31.1
13.30 น.	27.9	30.3	28.1
14.00 น.	28.9	31.9	28.4
14.30 น.	32.0	40.8	32.2
15.00 น.	32.3	40.3	32.1
15.30 น.	28.7	29.7	28.9
16.00 น.	27.4	32.8	27.6
16.30 น.	29.3	38.4	29.6
17.00 น.	29.0	32.6	28.8

ตารางบันทึกอุณหภูมิวันที่ 21 / 01 / 55

ช่วงเวลา	T_1(°C)	T_2(°C)	T_3(°C)
8.00 น.	T0	T1	T2
8.30 น.	25.2	26.3	25.4
9.00 น.	26.8	30.3	26.5
9.30 น.	28.5	32.8	28.8
10.00 น.	30.1	36.6	30.2
10.30 น.	32.1	39.9	31.8
11.00 น.	33.9	42.5	32.7
11.30 น.	33.9	39.2	34.1
12.00 น.	32.9	38.8	32.8
12.30 น.	32.9	36.9	32.9
13.00 น.	30.8	33.4	31.1
13.30 น.	27.9	30.3	28.1
14.00 น.	28.9	31.9	28.4
14.30 น.	32.0	40.8	32.2
15.00 น.	32.3	40.3	32.1
15.30 น.	28.7	29.7	28.9
16.00 น.	27.4	32.8	27.6
16.30 น.	29.3	38.4	29.6
17.00 น.	29.0	32.6	28.8

ตารางบันทึกอุณหภูมิวันที่ 01 / 02 / 55

ช่วงเวลา	T_1(°C)	T_2(°C)	T_3(°C)
8.00 น.	24.9	25.4	24.3
8.30 น.	25.4	26.7	24.7
9.00 น.	25.7	27.2	25.2
9.30 น.	25.7	26.9	25.2
10.00 น.	26.3	29.0	26.4
10.30 น.	27.5	32.3	27.6
11.00 น.	30.1	37.7	29.8
11.30 น.	30.5	38.2	31.4
12.00 น.	32.4	40.9	32.6
12.30 น.	31.8	41.8	34.8
13.00 น.	32.8	42.1	35.7
13.30 น.	33.8	45.1	36.3
14.00 น.	33.2	42.4	33.2
14.30 น.	33.6	44.3	35.4
15.00 น.	33.9	41.9	34.4
15.30 น.	33.7	40.5	33.7
16.00 น.	33.4	40.7	37.5
16.30 น.	32.6	35.9	33.6
17.00 น.	31.0	32.3	30.4

ตารางบันทึกอุณหภูมิวันที่ 02 / 02 / 55

ช่วงเวลา	T_1(°C)	T_2(°C)	T_3(°C)
8.00 น.	25.0	25.1	24.3
8.30 น.	25.2	26.3	25.7
9.00 น.	26.4	28.3	27.9
9.30 น.	27.6	30.1	27.8
10.00 น.	28.9	34.5	30.6
10.30 น.	29.7	33.7	30.0
11.00 น.	30.3	34.7	31.0
11.30 น.	32.1	41.5	34.3
12.00 น.	33.2	39.6	32.6
12.30 น.	33.7	44.4	34.9
13.00 น.	34.2	44.8	35.4
13.30 น.	34.5	45.3	35.7
14.00 น.	34.7	42.6	35.2
14.30 น.	33.4	41.3	34.9
15.00 น.	34.9	40.4	35.4
15.30 น.	34.2	40.8	36.8
16.00 น.	34.0	38.1	35.5
16.30 น.	31.6	33.8	33.1
17.00 น.	31.3	32.1	31.6

ตารางบันทึกอุณหภูมิวันที่ 03 / 02 / 55

ช่วงเวลา	T_1(°C)	T_2(°C)	T_3(°C)
8.00 น.	26.1	25.4	24.3
8.30 น.	26.5	26.5	25.3
9.00 น.	28.7	32.1	28.9
9.30 น.	30.1	35.2	31.8
10.00 น.	30.6	33.1	29.4
10.30 น.	31.3	34.0	28.7
11.00 น.	31.3	37.3	31.3
11.30 น.	33.3	37.9	32.2
12.00 น.	32.4	35.8	30.7
12.30 น.	33.9	39.3	32.9
13.00 น.	33.4	38.1	33.6
13.30 น.	33.9	43.8	38.7
14.00 น.	32.8	39.2	33.5
14.30 น.	33.2	43.2	38.1
15.00 น.	32.7	38.6	33.6
15.30 น.	32.6	38.1	34.1
16.00 น.	31.9	37.1	35.1
16.30 น.	31.4	33.9	31.9
17.00 น.	31.0	32.2	31.0

ตารางบันทึกอุณหภูมิวันที่ 04 / 02 / 55

ช่วงเวลา	T_1(°C)	T_2(°C)	T_3(°C)
8.00 น.	25.6	25.6	25.0
8.30 น.	26.0	26.5	26.0
9.00 น.	27.8	32.2	29.5
9.30 น.	29.1	34.5	29.5
10.00 น.	30.1	40.3	31.1
10.30 น.	31.0	42.8	33.9
11.00 น.	32.1	43.4	32.6
11.30 น.	31.6	42.9	33.3
12.00 น.	31.1	39.0	31.0
12.30 น.	32.4	44.0	31.4
13.00 น.	33.1	45.8	35.2
13.30 น.	33.3	42.8	32.9
14.00 น.	33.2	43.7	33.3
14.30 น.	33.6	44.4	37.9
15.00 น.	33.8	44.6	37.5
15.30 น.	33.2	39.0	34.9
16.00 น.	33.1	37.3	34.1
16.30 น.	31.6	35.0	33.0
17.00 น.	30.2	31.3	30.0

ตารางบันทึกอุณหภูมิวันที่ 05 / 02 / 55

ช่วงเวลา	T_1(°C)	T_2(°C)	T_3(°C)
8.00 น.	24.7	25.6	24.8
8.30 น.	25.4	27.6	27.9
9.00 น.	27.7	32.0	31.1
9.30 น.	29.3	33.0	29.6
10.00 น.	30.4	39.1	32.7
10.30 น.	31.8	37.7	31.6
11.00 น.	32.5	39.6	33.6
11.30 น.	33.0	38.8	34.2
12.00 น.	34.7	45.3	38.1
12.30 น.	35.1	41.4	33.7
13.00 น.	34.7	43.6	35.4
13.30 น.	36.0	42.6	35.4
14.00 น.	35.9	42.9	34.7
14.30 น.	36.0	43.2	36.5
15.00 น.	35.8	43.1	37.6
15.30 น.	35.2	42.9	38.0
16.00 น.	34.9	41.3	40.6
16.30 น.	34.3	40.6	39.9
17.00 น.	32.9	34.4	32.6

ตารางบันทึกอุณหภูมิวันที่ 06 / 02 / 55

ช่วงเวลา	T_1(°C)	T_2(°C)	T_3(°C)
8.00 น.	25.4	25.5	24.6
8.30 น.	26.3	28.3	27.9
9.00 น.	27.9	30.2	27.8
9.30 น.	29.5	32.4	29.0
10.00 น.	31.3	38.2	35.6
10.30 น.	32.3	38.3	32.6
11.00 น.	32.8	38.3	32.3
11.30 น.	33.7	39.4	33.1
12.00 น.	34.4	41.1	33.7
12.30 น.	35.0	44.5	39.5
13.00 น.	35.7	48.7	43.0
13.30 น.	36.0	50.1	44.2
14.00 น.	35.4	44.8	38.8
14.30 น.	36.3	43.4	36.9
15.00 น.	36.5	47.7	43.5
15.30 น.	36.4	46.9	42.7
16.00 น.	35.9	42.2	38.1
16.30 น.	34.5	39.4	37.5
17.00 น.	32.9	34.4	32.9

ตารางบันทึกอุณหภูมิวันที่ 30 / 03 / 55

ตู้ตากแบบเดิม

ช่วงเวลา	T1	T2	T3	ค่าอุณหภูมิ
8.00 น.	29.8	31.1	32.3	℃
8.30 น.	30.7	32.9	34.1	℃
9.00 น.	32.2	34.5	34.7	℃
9.30 น.	34	37.8	36.1	℃
10.00 น.	35.6	39.7	37.7	℃
10.30 น.	36.4	40.5	37.5	℃
11.00 น.	37.7	43.2	39.8	℃
11.30 น.	38.2	45.7	45.4	℃
12.00 น.	38	42.9	41.2	℃
12.30 น.	39	47.6	41.8	℃
13.00 น.	39.4	47.8	45.5	℃
13.30 น.	39.3	49	45.5	℃
14.00 น.	40.1	45.5	42.4	℃
14.30 น.	39.3	45.5	44.3	℃
15.00 น.	40.9	45.4	43.4	℃
15.30 น.	39.9	43.8	40.4	℃
16.00 น.	38.4	41.8	39.6	℃
16.30 น.	37.5	38.3	37.5	℃
17.00 น.	35.5	36	35.6	℃

ตู้ตากที่ปรับปรุงขึ้น

ช่วงเวลา	T1	T2	T3	ค่าอุณหภูมิ
8.00 น.	29.6	29.5	33.1	℃
8.30 น.	29.9	29.6	33.7	℃
9.00 น.	31.1	35.9	35.2	℃
9.30 น.	33.7	38	37.1	℃
10.00 น.	34.8	40.3	38.6	℃
10.30 น.	36.8	41	38.5	℃
11.00 น.	37.4	42.5	40.8	℃
11.30 น.	38	44.9	43.3	℃
12.00 น.	37.8	42.3	39	℃
12.30 น.	39.1	41	41.2	℃
13.00 น.	38.6	55.5	51.7	℃
13.30 น.	39.1	56.4	50.3	℃
14.00 น.	40.1	51.8	45.8	℃
14.30 น.	39.1	55	51.4	℃
15.00 น.	41.2	51.2	46.8	℃
15.30 น.	39.5	50.1	47.5	℃
16.00 น.	37.8	44.6	43.2	℃
16.30 น.	37.2	38.2	38	℃
17.00 น.	34.7	35.2	35.9	℃

ตารางบันทึกอุณหภูมิวันที่ 31 / 03 / 55

ตู้ตากแบบเดิม

ช่วงเวลา	T1	T2	T3	ค่าอุณหภูมิ
8.00 น.	28.2	29.2	28.3	℃
8.30 น.	27.7	29.5	28.3	℃
9.00 น.	29.6	34.5	32.1	℃
9.30 น.	30.6	34.5	32.3	℃
10.00 น.	31.8	37.7	34.4	℃
10.30 น.	33.7	41.7	37.9	℃
11.00 น.	34.2	39.9	36.2	℃
11.30 น.	34.9	41.7	38.7	℃
12.00 น.	34.9	41	38.1	℃
12.30 น.	35.5	44.9	42.3	℃
13.00 น.	37.1	45	42.3	℃
13.30 น.	36.2	41.7	37.8	℃
14.00 น.	37.1	45.2	42.4	℃
14.30 น.	35.7	41.8	39.9	℃
15.00 น.	34.7	36.8	33.9	℃
15.30 น.	31.9	33.4	31.9	℃
16.00 น.	27.1	28.2	27.5	℃
16.30 น.				℃
17.00 น.				℃

ตู้ตากที่ปรับปรุงขึ้น

ช่วงเวลา	T1	T2	T3	ค่าอุณหภูมิ
8.00 น.	27.2	29.4	29.2	℃
8.30 น.	27.1	31.1	30.5	℃
9.00 น.	28.7	37.3	36.4	℃
9.30 น.	29.9	38.4	37.3	℃
10.00 น.	31.8	42.1	42.4	℃
10.30 น.	33.7	47.2	47.4	℃
11.00 น.	34	45.5	41.6	℃
11.30 น.	33.9	48	46.8	℃
12.00 น.	34.3	46.9	43.5	℃
12.30 น.	35	51.1	50.3	℃
13.00 น.	36.1	52.9	51.3	℃
13.30 น.	36	49.4	39.6	℃
14.00 น.	36.3	52.8	47.4	℃
14.30 น.	35.9	45.7	43.1	℃
15.00 น.	33.1	40.5	35.4	℃
15.30 น.	31.4	33.9	31.4	℃
16.00 น.	28.7	29.5	28.9	℃
16.30 น.				℃
17.00 น.				℃

หมายเหตุ เวลาในช่วงประมาณ 16.30 – 17.00 มีฝนตกทำให้รีบเก็บผลการทดลองจึงไม่สามารถทำการวัดค่าอุณหภูมิได้

ตารางบันทึกอุณหภูมิวันที่ 01 / 04 / 55

ตู้ตากแบบเดิม

ช่วงเวลา	T1	T2	T3	ค่าอุณหภูมิ
8.00 น.	25.2	26.1	25.2	℃
8.30 น.	26.4	29.2	28.1	℃
9.00 น.	28.3	33.4	31.4	℃
9.30 น.	30	37.5	35	℃
10.00 น.	30.5	38.0	34.2	℃
10.30 น.	30.6	37.2	33.2	℃
11.00 น.	32.6	40.2	35.2	℃
11.30 น.	31	35.2	32.6	℃
12.00 น.	33.2	43.2	35.9	℃
12.30 น.	32.9	38.1	32.8	℃
13.00 น.	33.6	40.4	36.1	℃
13.30 น.	33.9	43.4	37.7	℃
14.00 น.	33.5	40.1	34.1	℃
14.30 น.	33.9	41.5	37	℃
15.00 น.	32.5	36.9	32.5	℃
15.30 น.	32.7	37.7	32.4	℃
16.00 น.	32.1	37.5	32.4	℃
16.30 น.	31.6	35	32.4	℃
17.00 น.	30.8	33.1	31.8	℃

ตู้ตากที่ปรับปรุงขึ้น

ช่วงเวลา	T1	T2	T3	ค่าอุณหภูมิ
8.00 น.	24.7	24.9	25.1	℃
8.30 น.	27	28.8	29.3	℃
9.00 น.	29.1	37.5	36.6	℃
9.30 น.	29.6	38.6	38	℃
10.00 น.	30	42.2	39.5	℃
10.30 น.	30.8	46.6	39	℃
11.00 น.	32.6	49.5	41.3	℃
11.30 น.	31.1	42	34.4	℃
12.00 น.	32.9	53.9	38.1	℃
12.30 น.	32.7	46.5	34	℃
13.00 น.	33.6	49.4	34.7	℃
13.30 น.	33.5	38.1	36.1	℃
14.00 น.	35.1	49.9	37.8	℃
14.30 น.	33.7	51.5	46.9	℃
15.00 น.	34.3	43.5	35.5	℃
15.30 น.	33.9	44.6	36.1	℃
16.00 น.	33.2	41.8	36.7	℃
16.30 น.	32.9	37.9	33.2	℃
17.00 น.	31.5	34.7	33.2	℃

ตารางบันทึกอุณหภูมิวันที่ 02 / 04 / 55

ตู้ตากแบบเดิม

ช่วงเวลา	T1	T2	T3	ค่าอุณหภูมิ
8.00 น.	26.3	28.7	27.6	℃
8.30 น.	27.6	31.6	30.5	℃
9.00 น.	29.4	36.5	33.9	℃
9.30 น.	31.3	38	34.2	℃
10.00 น.	31.1	39.4	36.6	℃
10.30 น.	32.6	42.8	36.7	℃
11.00 น.	33.6	43.3	38.6	℃
11.30 น.	34.3	46	41.4	℃
12.00 น.	34.5	43.9	36.8	℃
12.30 น.	35.4	44.4	39.9	℃
13.00 น.	35.8	43.8	40.7	℃
13.30 น.	34.7	44.7	40.5	℃
14.00 น.	34.2	42.9	39	℃
14.30 น.	33.5	40.1	36.4	℃
15.00 น.	33.7	39.7	36.8	℃
15.30 น.	33.1	39	34.1	℃
16.00 น.	32.3	36	33.1	℃
16.30 น.	31.9	34.6	32.8	℃
17.00 น.	31.4	33.5	32.2	℃

ตู้ตากที่ปรับปรุงขึ้น

ช่วงเวลา	T1	T2	T3	ค่าอุณหภูมิ
8.00 น.	25.9	29.2	28.2	℃
8.30 น.	26.9	32	31.4	℃
9.00 น.	29	37.2	35.7	℃
9.30 น.	29.8	39.5	35.2	℃
10.00 น.	30.8	40.5	37.3	℃
10.30 น.	31.7	43.9	36.9	℃
11.00 น.	33.3	44.5	37.7	℃
11.30 น.	33.6	46.9	39.9	℃
12.00 น.	34	45	36.4	℃
12.30 น.	33.9	46.2	36.8	℃
13.00 น.	33.6	47.2	39.8	℃
13.30 น.	34.4	48.6	41.1	℃
14.00 น.	36	52.1	47.1	℃
14.30 น.	35	47.7	44.8	℃
15.00 น.	34.7	46.1	44.7	℃
15.30 น.	34.5	45.4	38.1	℃
16.00 น.	33.3	39.8	37.7	℃
16.30 น.	32.3	36.8	35.2	℃
17.00 น.	31.8	34.6	33.9	℃

ตารางบันทึกอุณหภูมิวันที่ 06 / 04 / 55

ตู้ตากแบบเดิม

ช่วงเวลา	T1	T2	T3	ค่าอุณหภูมิ
8.00 น.	27.8	30	28.8	℃
8.30 น.	28.3	30.5	28.8	℃
9.00 น.	30	34.9	33.7	℃
9.30 น.	31.3	36.8	33.9	℃
10.00 น.	31.4	37.6	32.9	℃
10.30 น.	31.1	37	32.5	℃
11.00 น.	33.3	42.3	37.4	℃
11.30 น.	33.8	41.8	37.2	℃
12.00 น.	33.2	42.2	37.6	℃
12.30 น.	35	47.8	38.8	℃
13.00 น.	34.8	47.3	38.9	℃
13.30 น.	35.9	50.1	42.9	℃
14.00 น.	35.5	42.9	39	℃
14.30 น.	35.5	42.8	39.7	℃
15.00 น.	34	39.1	34.1	℃
15.30 น.	32.6	35.4	34.2	℃
16.00 น.	33.6	37.7	35.5	℃
16.30 น.	32.4	34.6	33.3	℃
17.00 น.	32.5	34.6	33.5	℃

ตู้ตากที่ปรับปรุงขึ้น

ช่วงเวลา	T1	T2	T3	ค่าอุณหภูมิ
8.00 น.	27.9	35.5	31.5	℃
8.30 น.	27.3	30.2	30.2	℃
9.00 น.	29.9	35.2	34.5	℃
9.30 น.	29.9	36.7	36.2	℃
10.00 น.	32.1	39.6	35.7	℃
10.30 น.	33.4	40	33.2	℃
11.00 น.	34.8	44	38.9	℃
11.30 น.	35.6	47.5	36.9	℃
12.00 น.	34.4	48.3	37.5	℃
12.30 น.	33.9	51.1	41.3	℃
13.00 น.	33.4	52.9	37	℃
13.30 น.	34.8	55.5	40.8	℃
14.00 น.	36.1	53.5	41.8	℃
14.30 น.	36.3	49	43.4	℃
15.00 น.	33.3	45.3	36	℃
15.30 น.	32.4	39.4	34.5	℃
16.00 น.	33.1	37.6	36.5	℃
16.30 น.	32.3	35.5	34.1	℃
17.00 น.	32.1	33.2	33.8	℃

ตารางบันทึกอุณหภูมิวันที่ 07 / 04 / 55

ตู้ตากแบบเดิม

ช่วงเวลา	T1	T2	T3	ค่าอุณหภูมิ
8.00 น.				℃
8.30 น.				℃
9.00 น.				℃
9.30 น.				℃
10.00 น.				℃
10.30 น.				℃
11.00 น.				℃
11.30 น.	31.6	39.4	35.5	℃
12.00 น.	33.4	43.5	39.1	℃
12.30 น.	35.5	44.5	39.6	℃
13.00 น.	37.7	44.5	39.6	℃
13.30 น.	38.1	42.9	40.3	℃
14.00 น.	38.9	39	37.2	℃
14.30 น.	39.1	36.8	34.9	℃
15.00 น.	39	37.2	34.7	℃
15.30 น.	40	37.2	34.5	℃
16.00 น.	39	32.3	31.5	℃
16.30 น.	39.4	32.3	31.6	℃
17.00 น.	39.1	30.4	29.7	℃

ตู้ตากที่ปรับปรุงขึ้น

ช่วงเวลา	T1	T2	T3	ค่าอุณหภูมิ
8.00 น.				℃
8.30 น.				℃
9.00 น.				℃
9.30 น.				℃
10.00 น.				℃
10.30 น.				℃
11.00 น.				℃
11.30 น.	28.9	42.8	39.2	℃
12.00 น.	30.8	45.4	39.6	℃
12.30 น.	33.1	47.8	40.8	℃
13.00 น.	31.9	46.4	38.8	℃
13.30 น.	33.8	44.4	39.3	℃
14.00 น.	33.2	40.8	38.1	℃
14.30 น.	32.4	38.9	36.1	℃
15.00 น.	31.8	39.2	34	℃
15.30 น.	32.1	39.2	36.9	℃
16.00 น.	30.8	35.8	31.9	℃
16.30 น.	30.4	33.1	31.6	℃
17.00 น.	29.6	29.8	30	℃

หมายเหตุ เวลาในช่วงประมาณ 8.00 – 11.00 น. มีฝนตกทำให้ต้องเลื่อนการทดลองออกไปจนมีแดดดีในช่วง 11.30 น.

ตารางบันทึกอุณหภูมิวันที่ 08 / 04 / 55

ตู้ตากแบบเดิม

ช่วงเวลา	T1	T2	T3	ค่าอุณหภูมิ
8.00 น.	31.1	36.8	29.9	℃
8.30 น.	32.3	39.3	39.3	℃
9.00 น.	33.8	41.8	42.5	℃
9.30 น.	35	46.1	46.9	℃
10.00 น.	35.8	43.7	44.4	℃
10.30 น.	36.9	43	46.1	℃
11.00 น.	37.7	39.8	42.3	℃
11.30 น.	37.8	43.9	40.2	℃
12.00 น.	38.9	49.8	38.3	℃
12.30 น.	39.3	47.1	40.5	℃
13.00 น.	39.7	47.5	38.5	℃
13.30 น.	40.3	45.8	42.1	℃
14.00 น.	41	49.1	39.8	℃
14.30 น.	41.2	46.9	40.1	℃
15.00 น.	40.8	41.9	42.3	℃
15.30 น.	39.6	40.8	41.8	℃
16.00 น.	38.8	36.6	38.7	℃
16.30 น.	37.9	36.2	38	℃
17.00 น.	37.3	37.2	36.4	℃

ตู้ตากที่ปรับปรุงขึ้น

ช่วงเวลา	T1	T2	T3	ค่าอุณหภูมิ
8.00 น.	28	32.5	25.7	℃
8.30 น.	28.1	38.2	27.5	℃
9.00 น.	28	42.1	30.1	℃
9.30 น.	30.2	48.4	28	℃
10.00 น.	30.1	42.8	32.1	℃
10.30 น.	31.6	45.2	34.2	℃
11.00 น.	31.3	41.2	41.4	℃
11.30 น.	32.4	44.2	39.6	℃
12.00 น.	33.4	52.4	35.2	℃
12.30 น.	33.6	53.9	40.1	℃
13.00 น.	34.7	54.2	38.2	℃
13.30 น.	34.2	56.9	44.7	℃
14.00 น.	33.8	53.5	42.7	℃
14.30 น.	35.6	49.1	40.7	℃
15.00 น.	33.8	44.8	45.4	℃
15.30 น.	34.2	41.4	45.8	℃
16.00 น.	32.8	37.5	44.6	℃
16.30 น.	32.8	37	44	℃
17.00 น.	32.5	38.7	42.6	℃

ตารางบันทึกอุณหภูมิวันที่ 09 / 04 / 55

ตู้ตากแบบเดิม

ช่วงเวลา	T1	T2	T3	ค่าอุณหภูมิ
8.00 น.	29.2	36.5	34.6	℃
8.30 น.	30.6	38.2	34.2	℃
9.00 น.	32.9	42.8	39.8	℃
9.30 น.	32.7	42.6	39	℃
10.00 น.	33.4	45.6	42.2	℃
10.30 น.	34.6	43.8	38.3	℃
11.00 น.	34.3	43.8	37	℃
11.30 น.	35.2	44.9	39.5	℃
12.00 น.	34.9	42	34.7	℃
12.30 น.	36.1	45.4	35.5	℃
13.00 น.	35.9	42.6	37.9	℃
13.30 น.	35.9	45.3	36	℃
14.00 น.	35.8	43.9	35.2	℃
14.30 น.	35.9	45.8	39.4	℃
15.00 น.	35.8	44.9	37.2	℃
15.30 น.	34.9	40.6	34.5	℃
16.00 น.	34.2	36.7	34.1	℃
16.30 น.	32.9	35.1	33.3	℃
17.00 น.	33.4	35.7	34.1	℃

ตู้ตากที่ปรับปรุงขึ้น

ช่วงเวลา	T1	T2	T3	ค่าอุณหภูมิ
8.00 น.	29.5	33.9	38.8	℃
8.30 น.	30.1	35.9	38.1	℃
9.00 น.	31.6	38.2	43.1	℃
9.30 น.	32.3	42	43.1	℃
10.00 น.	32.1	45.9	42.4	℃
10.30 น.	32.6	44.9	42.2	℃
11.00 น.	32.6	43.9	39.3	℃
11.30 น.	34.4	45.1	42.2	℃
12.00 น.	34.1	43.4	36.5	℃
12.30 น.	34.4	46.7	37.6	℃
13.00 น.	33.8	50.6	40.3	℃
13.30 น.	34.9	54.2	38	℃
14.00 น.	34.6	52.2	37.8	℃
14.30 น.	33.8	49.2	40.6	℃
15.00 น.	34.7	47.2	38.7	℃
15.30 น.	34.2	43.3	36.4	℃
16.00 น.	33.4	35.3	35.2	℃
16.30 น.	32.9	33.9	33.9	℃
17.00 น.	33.1	34.2	34.3	℃

ตารางบันทึกอุณหภูมิวันที่ 10 / 04 / 55

ตู้ตากแบบเดิม

ช่วงเวลา	T1	T2	T3	ค่าอุณหภูมิ
8.00 น.	27.9	34.9	30.1	℃
8.30 น.	29.9	34.7	32.2	℃
9.00 น.	30.6	35.2	33.5	℃
9.30 น.	31.4	34	34.7	℃
10.00 น.	21.8	35.0	35.7	℃
10.30 น.	32.2	33.9	36.3	℃
11.00 น.	33.1	35.2	37.2	℃
11.30 น.	33	33.7	37.1	℃
12.00 น.	35.2	40.9	38	℃
12.30 น.	36.1	38.8	39	℃
13.00 น.	36.4	38	40.5	℃
13.30 น.	35.4	38	39.8	℃
14.00 น.	35.1	39.3	39.1	℃
14.30 น.	35.7	41.5	38.5	℃
15.00 น.	35.2	40.6	39.4	℃
15.30 น.	34.9	38.8	38.8	℃
16.00 น.	35.2	37.5	39.1	℃
16.30 น.	35	35.4	38.5	℃
17.00 น.	33.1	33.1	37.7	℃

ตู้ตากที่ปรับปรุงขึ้น

ช่วงเวลา	T1	T2	T3	ค่าอุณหภูมิ
8.00 น.	27.6	34	30.4	℃
8.30 น.	29	35.4	33.9	℃
9.00 น.	29.8	36.3	35.3	℃
9.30 น.	29.3	36.8	37.7	℃
10.00 น.	31.1	38.1	40.6	℃
10.30 น.	30.8	37.2	40.1	℃
11.00 น.	31.4	39.9	45.8	℃
11.30 น.	30.8	36.7	38.8	℃
12.00 น.	33.2	42.5	46.7	℃
12.30 น.	33.7	43.5	46.8	℃
13.00 น.	34.5	43.9	50.5	℃
13.30 น.	33.9	40.4	43.4	℃
14.00 น.	34.7	43.5	47.2	℃
14.30 น.	35.1	43.8	47.6	℃
15.00 น.	34.6	42.3	45.9	℃
15.30 น.	34.6	41.9	45	℃
16.00 น.	34.5	37.5	42.2	℃
16.30 น.	33.9	35.1	38.6	℃
17.00 น.	33.7	35	38.4	℃

ตารางบันทึกอุณหภูมิวันที่ 11 / 04 / 55

ตู้ตากแบบเดิม

ช่วงเวลา	T1	T2	T3	ค่าอุณหภูมิ
8.00 น.	27.4	34.4	30.1	℃
8.30 น.	28.9	35.7	32.2	℃
9.00 น.	30.2	36.3	33.8	℃
9.30 น.	31.8	35.5	34.5	℃
10.00 น.	32.0	36.5	35.2	℃
10.30 น.	32.4	34.5	36.3	℃
11.00 น.	33.4	36.2	37.3	℃
11.30 น.	34.1	35.6	37.5	℃
12.00 น.	36.2	40.7	38.2	℃
12.30 น.	37.1	39.2	39	℃
13.00 น.	36.7	43.2	40.2	℃
13.30 น.	35.6	45.6	39.4	℃
14.00 น.	35.2	39.5	38.8	℃
14.30 น.	36.2	41.8	39.2	℃
15.00 น.	34.7	40.7	38.3	℃
15.30 น.	33.8	39.8	37.8	℃
16.00 น.	34.2	38.3	38	℃
16.30 น.	34	36	36.9	℃
17.00 น.	33.3	34.2	35.7	℃

ภาคผนวก ข

ตารางสรุปข้อมูลความเข้มรังสีดวงอาทิตย์รายวันเฉลี่ยต่อเดือน ปี 2553

สถานีวัดความเข้มรังสีดวงอาทิตย์			ม.ค.	กพ	มีค	เมย	พค	มิย	กค	สค	กย	ตค	พย	ธค
1 สถานีกรุงเทพมหานคร	พพ.	กรุงเทพฯ	14.01	18.52	20.70	22.37	19.16	20.74	17.02	15.56	15.48	13.31	14.72	14.85
2 สถานีนครสวรรค์	สถานีอุตุนิยมวิทยานครสวรรค์	อำเภอเมือง จังหวัดนครสวรรค์	14.02	18.55	19.01	22.65	21.75	22.04	18.69	16.58	16.94	14.60	16.67	15.29
3 สถานีลพบุรี	สถานีอุตุนิยมวิทยาอุทกบัวชุม	อำเภอชัยบาดาล จังหวัดลพบุรี	15.29	18.83	19.78	22.35	20.91	21.35	18.98	16.85	18.61	15.63	17.58	17.74
4 สถานีทองผาภูมิ	สถานีอุตุนิยมวิทยาทองผาภูมิ	อำเภอทองผาภูมิ จังหวัดกาญจนบุรี	16.92	20.62	20.15	23.34	21.86	19.79	18.74	15.08	19.07	15.09	17.31	16.73
5 สถานีตราด	สถานีอุตุนิยมวิทยาตราด	อำเภอคลองใหญ่ จังหวัดตราด	19.61	21.12	20.70	23.14	20.72	16.28	17.33	4.68	17.75	15.10	16.66	17.85
6 สถานีปราจีนบุรี	สถานีอุตุนิยมวิทยาปราจีนบุรี	อำเภอเมือง จังหวัดปราจีนบุรี	14.50	16.98	19.09	20.24	18.83	19.71	20.06	15.97	19.34	15.69	17.17	16.43
7 สถานีประจวบคีรีขันธ์	สถานีอุตุนิยมวิทยาประจวบคีรีขันธ์	อำเภอเมือง จังหวัดประจวบคีรีขันธ์	18.29	22.14	22.59	24.00	21.30	19.48	18.69	16.73	19.55	15.05	16.64	17.14
8 สถานีเชียงใหม่	ศูนย์ทดลองวิชาการฯ จ.เชียงใหม่	อำเภอสันทราย จังหวัดเชียงใหม่	16.27	19.32	17.27	21.13	22.21	20.74	19.08	16.02	18.71	16.05	18.56	14.78
9 สถานีเชียงราย	ศูนย์สำรวจอุทกวิทยาที่ 5 (เชียงราย)	อำเภอเมือง จังหวัดเชียงราย	14.96	17.14	14.54	19.74	21.61	19.83	17.56	16.18	17.28	13.46	16.63	13.41
10 สถานีแม่ฮ่องสอน	โรงไฟฟ้าพลังน้ำแม่สะงา	อำเภอเมือง จังหวัดแม่ฮ่องสอน	15.75	17.80	14.73	17.43	19.48	17.25	15.62	14.24	17.13	15.49	16.47	14.69
11 สถานีน่าน	สถานีอุตุนิยมวิทยาน่าน	อำเภอเมือง จังหวัดน่าน	15.22	17.71	16.67	20.16	21.37	20.25	18.06	16.41	18.21	16.50	17.73	13.93
12 สถานีตาก	สถานีตรวจอากาศดอยมูเซอ	อำเภอเมือง จังหวัดตาก	15.82	21.83	20.67	24.11	21.15	18.98	15.96	12.22	16.06	11.90	18.09	15.81
13 สถานีเพชรบูรณ์	สถานีอุตุนิยมวิทยาเพชรบูรณ์	อำเภอเมือง จังหวัดเพชรบูรณ์	14.81	18.20	19.41	22.60	21.13	20.31	17.76	14.87	17.69	16.86	17.45	16.05
14 สถานีพิษณุโลก	ศูนย์ทดลองวิชาการฯ จ.พิษณุโลก	อำเภอเมือง จังหวัดพิษณุโลก	14.73	17.21	18.44	22.69	22.80	20.87	16.96	14.93	16.94	13.82	17.27	14.37
15 สถานีหนองคาย	ศูนย์สำรวจอุทกวิทยาหนองคาย	อำเภอเมือง จังหวัดหนองคาย	15.14	18.69	18.64	21.44	21.65	19.32	18.50	16.07	17.46	15.92	18.02	15.82
16 สถานีขอนแก่น	สถานีเรดาร์ตรวจอากาศขอนแก่น	อำเภอเมือง จังหวัดขอนแก่น	15.63	18.11	19.69	21.97	21.11	20.92	19.33	16.65	17.44	16.57	17.85	16.63
17 สถานีนครพนม	สถานีอุตุนิยมวิทยานครพนม	อำเภอธาตุพนม จังหวัดนครพนม	15.62	15.39	18.53	18.62	17.65	17.91	17.26	14.12	16.65	15.33	16.45	16.50
18 สถานีสุรินทร์	สถานีอากาศเกษตรสุรินทร์	อำเภอเมือง จังหวัดสุรินทร์	14.92	17.22	19.93	20.86	20.59	20.13	20.65	17.24	17.54	15.39	16.15	15.17
19 สถานีสระแก้ว	สถานีอุตุนิยมวิทยาสระแก้ว	อำเภออรัญประเทศ จังหวัดสระแก้ว	14.83	17.37	19.84	21.23	20.63	19.02	18.55	16.75	17.54	15.57	16.98	15.98
20 สถานีนครราชสีมา	สถานีอุตุนิยมวิทยานครราชสีมา	อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา	15.27	17.96	20.06	21.60	21.12	20.70	18.62	16.44	15.80	13.98	17.11	16.61
21 สถานีระนอง	สถานีอุตุนิยมวิทยาระนอง	อำเภอเมือง จังหวัดระนอง	16.74	20.86	20.35	21.09	17.66	15.79	15.61	14.67	16.50	13.06	10.66	13.56
22 สถานีเกาะสมุย	สถานีตรวจอากาศเกาะสมุย	อำเภอเกาะสมุย จังหวัดสุราษฎร์ธานี	17.43	22.19	21.61	24.16	21.67	18.81	17.48	18.50	18.60	15.15	12.02	14.03
23 สถานีภูเก็ต	ศูนย์อุตุนิยมวิทยาภาคใต้ฝั่งตะวันตก	อำเภอถลาง จังหวัดภูเก็ต	20.28	23.25	23.62	22.96	19.16	16.33	16.43	16.62	17.74	14.49	14.95	14.10
24 สถานีสงขลา	ศูนย์ทดลองวิชาการฯ จ.สงขลา	อำเภอหอยโข่ง จังหวัดสงขลา	16.23	20.00	21.32	19.85	22.03	20.38	19.49	20.64	20.32	17.65	14.81	12.88
25 สถานีนราธิวาส	สถานีอุตุนิยมวิทยานราธิวาส	อำเภอเมือง จังหวัดนราธิวาส	17.24	22.17	22.97	22.88	21.20	19.21	18.49	19.99	19.86	-	15.26	11.61

26 สถานีแม่สะเรียง	สถานีพร [illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
27 สถานีแพร่	สถานีอุตุนิยมวิทยาแพร่	อำเภอเมือง จังหวัดแพร่	15.19	18.24	17.57	21.96	22.24	21.24	18.47	16.42	18.61	15.08	17.74	14.70
28 สถานีเลย	สถานีอุตุนิยมวิทยาเลย	อำเภอเมือง จังหวัดเลย	13.65	17.49	17.66	19.35	19.24	18.44	17.30	15.83	17.66	14.29	16.83	14.89
29 สถานีกาญจนบุรี	สถานีอุตุนิยมวิทยากาญจนบุรี	อำเภอเมือง จังหวัดกาญจนบุรี	15.59	19.59	20.17	23.47	22.51	21.64	20.33	17.26	20.40	15.63	15.21	15.57
30 สถานีชุมพร	สถานีอุตุนิยมวิทยาชุมพร	อำเภอเมือง จังหวัดชุมพร	17.43	21.36	21.95	23.37	17.61	15.80	15.69	15.50	17.92	13.19	10.26	15.77
31 สถานีสุราษฎร์ธานี	สถานีอุตุนิยมวิทยาสุราษฎร์ธานี	อำเภอพุนพิน จังหวัดสุราษฎร์ธานี	17.46	22.36	21.96	21.33	18.04	16.73	16.42	17.60	17.39	14.63	10.74	13.41
32 สถานีตรัง	สถานีอุตุนิยมวิทยาตรัง	อำเภอเมือง จังหวัดตรัง	18.78	22.76	-	-	19.62	14.95	15.56	17.16	16.44	15.27	13.07	11.72
33 สถานีชลบุรี	สถานีอุตุนิยมวิทยาชลบุรี	อำเภอเมือง จังหวัดชลบุรี	15.51	17.85	20.67	21.58	18.03	19.65	17.95	17.15	17.01	15.39	15.94	15.55
34 สถานีร้อยเอ็ด	สถานีตรวจอากาศเกษตรร้อยเอ็ด	อำเภอเมือง จังหวัดร้อยเอ็ด	16.50	17.84	20.24	21.64	20.55	20.36	20.50	17.57	17.98	16.91	18.16	17.52
35 สถานีดอยอินทนนท์ 1	ศูนย์บริการนักท่องเที่ยว (น้ำตกแม่กลาง)	อำเภอจอมทอง จังหวัดเชียงใหม่	16.78	20.80	18.31	19.68	19.16	17.46	16.12	13.76	17.37	14.11		
36 สถานีดอยอินทนนท์ 2	ที่ทำการอุทยานแห่งชาติดอยอินทนนท์	อำเภอจอมทอง จังหวัดเชียงใหม่	14.67	21.51	19.31	21.23	18.68	16.03	-	10.79	14.49	9.72	16.56	14.37
37 สถานีดอยอินทนนท์ 3	ศูนย์ควบคุมและรายงานดอยอินทนนท์	อำเภอจอมทอง จังหวัดเชียงใหม่	19.98	24.82	21.74	23.19	15.67	14.74	12.14	11.07	13.35	13.35	19.35	18.90
38 สถานีอุบลราชธานี	สถานีอุตุนิยมวิทยาอุบลราชธานี	อำเภอสว่างวีรวงศ์ จังหวัดอุบลราชธานี	17.42	18.14	19.91	20.60	19.08	19.54	19.21	14.50	16.89	16.18	17.06	17.83

ที่มา: กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงานกระทรวงพลังงาน

ภาคผนวก ค

มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมกล้วยอบ มอก. 586-2528

มอก. ๕๘๖–๒๕๒๘

UDC 664.854.771

มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

กล้วยอบ

STANDARD FOR DRIED BANANAS

กระทรวงอุตสาหกรรม

ISBN 974-8117-72-3

มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

กล้วยอบ

มอก. ๕๘๖–๒๕๒๘

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม
กระทรวงอุตสาหกรรม ถนนพระรามที่ ๖ กรุงเทพฯ ๑๐๔๐๐
โทรศัพท์ ๒๘๒๓๘๒๐, ๒๘๐๗๕๕๕, ๒๘๐๗๕๕๗–๕

มหาวิทยาลัยนเรศวร

ประกาศในราชกิจจานุเบกษาฉบับพิเศษ เล่ม ๑๐๒ ตอนที่ ๑๓๓
วันที่ ๒๕ กันยายน พุทธศักราช ๒๕๒๘

คณะกรรมการวิชาการคณะที่ ๓๕๒
มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมกล้วยอบ

ประธานกรรมการ	
นางปรียา วิบูลย์เศรษฐ์	ผู้แทนกรมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
กรรมการ	
นางสาวสุจินต์ เพียรดี	ผู้แทนกรมวิทยาศาสตร์บริการ
นางมาลินี จันพรัศมี	ผู้แทนสำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา
นางสาวอัญชนีย์ อุทัยพัฒนาชีพ	ผู้แทนกรมวิชาการเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
นายอุดม กาญจนปกรณ์ชัย	ผู้แทนสถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร
นางชลิดาพรรณ ไทยเทศ	ผู้แทนสภาสตรีแห่งชาติ ในพระบรมราชินูปถัมภ์
นายวิชัย สุขอนันต์	ผู้แทนร้านกล้วยอบน้ำผึ้งบุญพิพย์
นางประไพพิศ สุขอนันต์	
นายอุรัสน์ สุขอนันต์	
กรรมการและเลขานุการ	
นางสาวสุเมธ สุรชาติชัยฤทธิ์	ผู้แทนสำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

กล้วยอบเป็นผลิตภัณฑ์ที่สามารถเก็บไว้บริโภคได้นาน และนิยมบริโภคกันมาก เพื่อส่งเสริมอุตสาหกรรมชนิดนี้และเพื่อคุ้มครองผู้บริโภค จึงกำหนดมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม กล้วยอบ ขึ้น

มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้กำหนด คุณลักษณะที่ต้องการ ตามผลการวิเคราะห์กล้วยอบของกรมวิทยาศาสตร์บริการ กำหนดสุขลักษณะ และการชักตัวอย่างและเกณฑ์ตัดสินทางจุลชีววิทยา ตาม

The International Commission on Microbiological Specifications for Food (ICMSF) of the International Association of Microbiological Societies, Micro-Organism in Food 2, Sampling for microbiological analysis: Principles and specifications. University of Toronto Press, Canada, 1974

คณะกรรมการมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมได้พิจารณามาตรฐานนี้แล้ว จึงสมควรเสนอรัฐมนตรีประกาศตามมาตรา ๑๕ แห่งพระราชบัญญัติมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม พ.ศ. ๒๕๑๑

ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม

ฉบับที่ ๕๕๖ (พ.ศ. ๒๕๒๙)

ออกตามความในพระราชบัญญัติมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

พ.ศ. ๒๕๑๑

เรื่อง กำหนดมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

กล้วยอบ

อาศัยอำนาจตามความในมาตรา ๑๕ แห่งพระราชบัญญัติมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม พ.ศ. ๒๕๑๑ รัฐมนตรีว่าการกระทรวงอุตสาหกรรมออกประกาศกำหนดมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม กล้วยอบ มาตรฐานเลขที่ มอก. ๕๘๖-๒๕๒๙ ไว้ ดังมีรายการละเอียดต่อท้ายประกาศนี้

ประกาศ ณ วันที่ ๓๐ สิงหาคม พ.ศ. ๒๕๒๙

จิรายุ อิศรางกูร ณ อยุธยา

รัฐมนตรีช่วยว่าการฯ ปฏิบัติราชการแทน

รัฐมนตรีว่าการกระทรวงอุตสาหกรรม

มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม
กล้วยอบ

1. ขอบข่าย

1.1 มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้กำหนด ส่วนประกอบ คุณลักษณะที่ต้องการ วัตถุเจือปนอาหาร สุขลักษณะ ภาชนะบรรจุ ปริมาณเครื่องหมายและฉลาก การชักตัวอย่างและเกณฑ์ตัดสิน และการตรวจสอบและการวิเคราะห์กล้วยอบ

2. บทนิยาม

ความหมายของคำที่ใช้ในมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้ มีดังต่อไปนี้

2.1 กล้วย หมายถึง ผลไม้ที่ชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า มูซา ซาเปียนตุม ลินน์. (Musa sapientum Linn.) เช่น กล้วยน้ำว้า กล้วยไข่ กล้วยหอม กล้วยหักมุก

2.2 กล้วยอบ หรือที่เรียกกันทั่วไปว่ากล้วยตาก หมายถึง ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการนำกล้วยที่แก่และสุกพอดี ปอกเปลือกแล้วทำให้แห้งโดยใช้ความร้อนช่วย (อบ) หรือวิธีธรรมชาติ (ตาก) จนได้ปริมาณความชื้นที่เหมาะสม

–●–

3. ส่วนประกอบ

ส่วนประกอบที่ใช้ในการทำกล้วยอบ ต้องมีสมบัติเหมาะสมต่อการบริโภคและไม่เป็นอันตรายต่อสุขภาพ

3.1 ส่วนประกอบหลัก

3.1.1 กล้วย

3.2 ส่วนประกอบอื่นที่อาจมีได้ เช่น น้ำเชื่อม น้ำผึ้ง หรือเครื่องปรุงแต่งกลิ่นรสอื่น

4. คุณลักษณะที่ต้องการ

4.1 ลักษณะทั่วไป

4.1.1 สี ต้องมีสีตามธรรมชาติของกล้วยอบ

4.1.2 กลิ่นรส ต้องมีกลิ่นรสตามธรรมชาติของกล้วยอบหรือส่วนประกอบที่ใช้ปรุงแต่งกลิ่นรส (ถ้ามี) ปราศจากกลิ่นรสที่น่ารังเกียจอื่นใด เมื่อตรวจสอบโดยวิธีให้คะแนนตามข้อ 11.1 แล้วต้องได้คะแนนเฉลี่ยจากผู้ตรวจสอบทุกคนไม่น้อยกว่า 3 คะแนน และต้องไม่ได้ 1 คะแนนจากผู้ตรวจสอบแต่ละคน

4.1.3 ลักษณะเนื้อ เนื้อต้องนุ่ม ไม่แข็งกระด้าง ไม่เละ ไม่ยุ่ย และไม่มีเมล็ด เมื่อตรวจสอบโดยวิธีให้คะแนนตามข้อ 11.1 แล้วต้องได้คะแนนเฉลี่ยจากผู้ตรวจสอบทุกคนไม่น้อยกว่า 3 คะแนน และต้องไม่ได้ 1 คะแนนจากผู้ตรวจสอบแต่ละคน

4.1.4 ปราศจากสิ่งสกปรก แมลง และรอยกัดหรือรอยแทะซึ่งเกิดจากแมลงและสัตว์อื่น ๆ

4.2 ความสม่ำเสมอของขนาด น้ำหนักของกล้วยอบผลที่เล็กที่สุด และกล้วยอบผลที่ใหญ่ที่สุดในภาชนะบรรจุเดียวกันจะต่างกันได้ไม่เกินร้อยละ 20 ของกล้วยอบผลที่ใหญ่ที่สุด

การตรวจสอบให้ปฏิบัติตามข้อ 11.2

4.3 ข้อบกพร่องที่ยอมให้มีได้ในภาชนะบรรจุเดียวกัน

4.3.1 สีไม่สม่ำเสมอ มีได้ไม่เกินร้อยละ 10 ของจำนวนผล

4.3.2 ผลปริแตก มีได้ไม่เกินร้อยละ 10 ของจำนวนผล

การตรวจสอบให้ปฏิบัติตามข้อ 11.3

4.4 ความชื้น ต้องไม่เกินร้อยละ 21 โดยน้ำหนัก

การวิเคราะห์ให้ปฏิบัติตามข้อ 11.4.1

5. วัตถุเจือปนอาหาร

5.1 ห้ามใช้วัตถุเจือปนอาหารทุกชนิด

การวิเคราะห์ให้ปฏิบัติตามข้อ 11.4.2

6. สุขลักษณะ

6.1 สุขลักษณะในการทำกล้วยอบให้เป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม กำหนดสุขลักษณะสำหรับผลไม้แห้ง มาตรฐานเลขที่ มอก. 62

6.2 กล้วยอบจะมีจุลินทรีย์ได้ไม่เกินเกณฑ์ที่กำหนดในตารางที่ 1 การวิเคราะห์ให้ปฏิบัติตามข้อ 11.4.3 ถึงข้อ 11.4.7

ตารางที่ 1 เกณฑ์กำหนดทางจุลินทรีย์

(ข้อ 6.2)

ชนิดจุลินทรีย์	จำนวนจุลินทรีย์ที่ยอมให้มีได้ (m)	จำนวนจุลินทรีย์ที่ยอมให้มีได้สูงสุด (M)
จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด โคโลนี ต่อตัวอย่าง 1 กรัม	10^3	10^4
ซาลโมเนลลา (Salmonella) ใน 1 กรัม ของตัวอย่าง	ต้องไม่พบ	ต้องไม่พบ
สตาฟิโลค็อกคัส ออเรียส (Staphylococcus aureus) ใน 1 กรัม ของตัวอย่าง	ต้องไม่พบ	ต้องไม่พบ
ยีสต์และรา โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 กรัม	10	10^2
เอสเคอริเชีย โคไล (Escherichia coli) โดยวิธี MPN ต่อตัวอย่าง 1 กรัม	น้อยกว่า 3	3
คลอสตริเดียม เพอร์ฟริงเจนส์ (Clostridium perfringens) ใน 1 กรัม ของตัวอย่าง	ต้องไม่พบ	ต้องไม่พบ

7. ภาชนะบรรจุ

7.1 ภาชนะบรรจุต้องสะอาด ปิดได้สนิท และผิวภายในของภาชนะต้องไม่ทำปฏิกิริยากับกล้วยอบ และไม่ขัดต่อประกาศกระทรวงสาธารณสุข ว่าด้วยเรื่องภาชนะบรรจุอาหาร

8. ปริมาณ

8.1 น้ำหนักสุทธิของกล้วยอบต้องไม่น้อยกว่าที่ระบุไว้ที่ฉลาก

9. เครื่องหมายและฉลาก

9.1 ที่ภาชนะบรรจุกล้วยอบทุกหน่วย อย่างน้อยต้องมีเลข อักษร หรือเครื่องหมายแจ้งรายละเอียดต่อไปนี้ให้เห็นได้ง่าย ชัดเจน

(1) ชื่อผลิตภัณฑ์ (ระบุคำว่า "กล้วยอบ" หรือ "กล้วยตาก" ตามกรรมวิธีการผลิต)

(2) ส่วนประกอบ

(3) น้ำหนักสุทธิ เป็นกรัมหรือกิโลกรัม

(4) ชื่อผู้ทำหรือโรงงานที่ทำ หรือชื่อผู้บรรจุ หรือชื่อผู้จัดจำหน่าย พร้อมสถานที่ตั้ง หรือเครื่องหมายการค้า

(5) เดือน ปี ที่ทำ

(6) ประเทศที่ทำ

ในกรณีที่ใช้ภาษาต่างประเทศ ต้องมีความหมายตรงกับภาษาไทยที่กำหนดไว้ข้างต้น

9.2 ผู้ทำผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมที่เป็นไปตามมาตรฐานนี้ จะแสดงเครื่องหมายมาตรฐานกับผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนั้นได้ ต่อเมื่อได้รับใบอนุญาตจากคณะกรรมการมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแล้ว

10. การชักตัวอย่างและเกณฑ์ตัดสิน

10.1 ความหมายของคำที่ใช้ มีดังต่อไปนี้

10.1.1 รุ่น หมายถึง กล้วยอบที่ทำขึ้นในคราวเดียวกัน มีส่วนประกอบในการทำหมือนกัน บรรจุในภาชนะประเภทและขนาดเดียวกัน

10.2 การชักตัวอย่างและเกณฑ์ตัดสิน ให้เป็นไปตามแผนการชักตัวอย่างที่กำหนดต่อไปนี้ หรืออาจใช้แผนการชักตัวอย่างอื่นที่เทียบเท่ากันทางวิชาการกับแผนที่กำหนดไว้

10.2.1 การชักตัวอย่างสำหรับการตรวจสอบลักษณะทั่วไป ความสม่ำเสมอของขนาด ข้อบกพร่องที่ยอมให้มีได้ในภาชนะบรรจุเดียวกัน ภาชนะบรรจุ ปริมาณ และเครื่องหมายและฉลาก

10.2.1.1 ให้ชักตัวอย่างโดยวิธีสุ่มจากรุ่นเดียวกันตามจำนวนที่กำหนดในตารางที่ 2

10.2.1.2 จำนวนผลิตภัณฑ์บกพร่องต้องไม่เกินเลขจำนวนที่ยอมรับที่กำหนดไว้ในตารางที่ 2 จึงจะถือว่ากล้วยอบรุ่นนั้นเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด

ตารางที่ 2 แผนการชักตัวอย่างสำหรับการตรวจสอบลักษณะทั่วไป ความน่าเชื่อถือของขนาด ข้อบกพร่องที่ยอมให้มีได้ในภาชนะบรรจุเดียวกัน ภาชนะบรรจุ ปริมาณ และเครื่องหมายและฉลาก

(ข้อ 10.2.1)

ขนาดรุ่น หน่วยภาชนะบรรจุ	ขนาดตัวอย่าง หน่วยภาชนะบรรจุ	เลขจำนวนที่ยอมรับ
ไม่เกิน 50	2	0
51 ถึง 150	8	1
151 ถึง 500	13	2
มากกว่า 500	20	3

10.2.2 การชักตัวอย่างสำหรับการวิเคราะห์ ความชื้น และวัตถุเจือปนอาหาร

10.2.2.1 ให้สุ่มตัวอย่างที่ผ่านการตรวจสอบตามข้อ 10.2.1 แล้ว จากแต่ละภาชนะบรรจุในปริมาณเท่า ๆ กัน ให้ได้น้ำหนักรวมไม่น้อยกว่า 200 กรัม บดให้เข้ากัน

10.2.2.2 ผลการวิเคราะห์ตัวอย่าง ต้องเป็นไปตามข้อ 4.4 และข้อ 5.1 จึงจะถือว่ากล้วยอบรุ่นนั้นเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด

10.2.3 การชักตัวอย่างสำหรับการวิเคราะห์ทางจุลินทรีย์

10.2.3.1 ให้ชักตัวอย่างเพิ่มขึ้นอีก 5 ตัวอย่างจากรุ่นเดียวกันนั้น และให้ตรวจสอบทุกหน่วยของตัวอย่าง

10.2.3.2 ถ้าตัวอย่างทุกตัวอย่างมีจุลินทรีย์น้อยกว่าหรือเท่ากับจำนวนจุลินทรีย์ที่ยอมให้มีได้ (m) ให้ถือว่ากล้วยอบรุ่นนั้นเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด

10.2.3.3 ตัวอย่างที่มีจุลินทรีย์มากกว่าจำนวนจุลินทรีย์ที่ยอมให้มีได้ (m) แต่ไม่เกินจำนวนจุลินทรีย์ที่ยอมให้มีได้สูงสุด (M) ต้องไม่เกิน 2 ตัวอย่างจาก 5 ตัวอย่าง จึงจะถือว่ากล้วยอบรุ่นนั้นเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด

10.2.3.4 ถ้ามีตัวอย่างใดมีจุลินทรีย์เกินจำนวนจุลินทรีย์ที่ยอมให้มีได้สูงสุด (M) ให้ถือว่ากล้วยอบรุ่นนั้นไม่เป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด

10.3 เกณฑ์ตัดสิน

ตัวอย่างต้องเป็นไปตามข้อ 10.2.1.2 ข้อ 10.2.2.2 ข้อ 10.2.3.2 และข้อ 10.2.3.3 ทุกข้อ จึงจะถือว่ากล้วยอบรุ่นนั้นเป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้

11. การตรวจสอบและการวิเคราะห์

11.1 กลิ่นรสและลักษณะเนื้อ

11.1.1 คณะผู้ตรวจสอบประกอบด้วย ผู้ที่มีความชำนาญในการตรวจสอบกล้วยอบอย่างน้อย 5 คน ทุกคนจะแยกกันตรวจ และให้คะแนนโดยอิสระ

11.1.2 หลักเกณฑ์การให้คะแนนให้เป็นไปตามตารางที่ 3

ตารางที่ 3 หลักเกณฑ์การให้คะแนน

(ข้อ 11.1.2)

รายการที่ตรวจสอบ	ระดับการตัดสิน	คะแนนที่ได้
กลิ่นรส	กลิ่นรสหอมหวาน ตามธรรมชาติและชนิดของกล้วยอบหรือส่วนประกอบที่ใช้ปรุงแต่งกลิ่นรส (ถ้ามี)	4
	กลิ่นรสค่อนข้างหอมหวาน ตามธรรมชาติและชนิดของกล้วยอบหรือส่วนประกอบที่ใช้ปรุงแต่งกลิ่นรส (ถ้ามี)	3
	กลิ่นรสไม่ดี อันเกิดจากปฏิกิริยาของการหมัก	2
	มีกลิ่นรสที่น่ารังเกียจ	1
ลักษณะเนื้อ	เนื้อนุ่ม ไม่แข็งกระด้าง ไม่เละ ไม่ยุ่ย	4
	เนื้อค่อนข้างนุ่ม ไม่แข็งกระด้าง ไม่เละ ไม่ยุ่ย	3
	เนื้อค่อนข้างแข็ง หรือค่อนข้างยุ่ย เละ	2
	เนื้อแข็งกระด้าง หรือยุ่ย เละ	1

11.2 ความสม่ำเสมอของขนาด

11.2.1 เครื่องมือ

11.2.1.1 เครื่องชั่งที่ชั่งได้ละเอียดถึงทศนิยม ๔ ตำแหน่ง

11.2.2 วิธีตรวจสอบ

11.2.2.1 ชั่งตัวอย่างแต่ละผลที่อยู่ในภาชนะบรรจุเดียวกัน บันทึกค่าน้ำหนักไว้

11.2.3 วิธีคำนวณ

$$\text{ความสม่ำเสมอของขนาด ร้อยละ} = \frac{100(W_1 - W_0)}{W_1}$$

เมื่อ W_1 คือ น้ำหนักของกล้วยอบผลที่มีน้ำหนักมากที่สุด เป็นกรัม

W_0 คือ น้ำหนักของกล้วยอบผลที่มีน้ำหนักน้อยที่สุด เป็นกรัม

11.3 ข้อบกพร่องที่ยอมให้มีได้ในภาชนะบรรจุเดียวกัน

11.3.1 สีไม่สม่ำเสมอ

11.3.1.1 วิธีตรวจสอบ

วางกล้วยอบในแต่ละภาชนะบรรจุให้กระจายบนถาดโดยให้เห็นได้ทั่วทุกผล แล้วนับจำนวนผลของกล้วยอบทั้งหมด (N_0) และจำนวนผลของกล้วยอบที่มีสีต่างจากกล้วยอบในภาชนะบรรจุเดียวกัน (N_1)

11.3.1.2 วิธีคำนวณ

$$\text{สีไม่สม่ำเสมอ ร้อยละ} = \frac{100\,N_1}{N_0}$$

เมื่อ N_1 คือ จำนวนกล้วยอบที่มีสีต่างจากกล้วยอบในภาชนะบรรจุเดียวกัน เป็นผล

N_0 คือ จำนวนกล้วยอบทั้งหมดในภาชนะบรรจุ เป็นผล

11.3.2 ผลปริแตก

11.3.2.1 การตรวจสอบ

หลังจากนับจำนวนกล้วยอบที่มีสีไม่สม่ำเสมอแล้ว นับจำนวนผลของกล้วยอบที่ปริแตกในภาชนะบรรจุเดียวกัน

11.3.2.2 วิธีคำนวณ

$$\text{ผลปริแตก ร้อยละ} = \frac{100\,N_1}{N_0}$$

เมื่อ N_1 คือ จำนวนกล้วยอบผลที่ปริแตก เป็นผล

N_0 คือ จำนวนกล้วยอบทั้งหมดในภาชนะบรรจุ เป็นผล

11.4 การวิเคราะห์ความชื้น วัตถุเจือปนอาหาร และจุลินทรีย์ ให้ปฏิบัติตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม วิธีวิเคราะห์อาหารในระหว่างที่ยังมิได้มีการประกาศกำหนดมาตรฐานดังกล่าว ให้ใช้วิธีวิเคราะห์ดังต่อไปนี้

11.4.1 ความชื้น ให้วิเคราะห์ตามวิธีที่กำหนดใน AOAC (1980) ข้อ 22.013

11.4.2 วัตถุเจือปนอาหาร ให้วิเคราะห์ตามวิธีที่กำหนดใน AOAC (1980) ข้อ 20.106 ถึงข้อ 20.108

11.4.3 จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์และรา ให้วิเคราะห์ตามวิธีที่กำหนดใน AOAC (1980) ข้อ 46.015

11.4.4 ซาลโมเนลลา ให้วิเคราะห์ตามวิธีที่กำหนดใน AOAC (1980) ข้อ 46.071

11.4.5 สตาฟิโลค็อกคัส ออเรียส ให้วิเคราะห์ตามวิธีที่กำหนดใน AOAC (1980) ข้อ 46.017

11.4.6 เอสเคอริเชีย โคไล ให้วิเคราะห์ตามวิธีที่กำหนดใน AOAC (1980) ข้อ 46.016

11.4.7 คลอสตริเดียม เพอร์ฟริงเจนส์ ให้วิเคราะห์ตามวิธีที่กำหนดใน AOAC (1980) ข้อ 46.031 ถึงข้อ 46.036

ภาคผนวก ง
รายงานผลการตรวจวิเคราะห์กล้วยตาก

เล่มที่ 409

ใบเสร็จรับเงิน

เลขที่ 19

ในราชการกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ กระทรวงสาธารณสุข

วันที่ 17 เดือน เมษายน พ.ศ. 2555

ได้รับเงินจาก คุณชัยยศ หน่อแก้วมูล

รายการ	จำนวนเงิน
ค่าตรวจวิเคราะห์หาสารกลุ่มพลังแสงอาทิตย์	3,000 -
ค่าตรวจหาโลหะหนัก (ตู้ปืนและตู้เก่า)	

จำนวนเงิน (สามพันบาทถ้วน) 3,000 -

(ตัวอักษร)

ไว้เป็นการถูกต้องแล้ว

(ลงชื่อ) ..... ผู้รับเงิน

(นางวัฒนา ปอมสกุล)

(ตำแหน่ง) เจ้าพนักงานการเงินและบัญชีชำนาญงาน

2553

ด่วนที่สุด

ศูนย์วิทยาศาสตร์การแพทย์พิษณุโลก
ศูนย์ราชการตำบลหัวรอ หมู่ 5 ตำบลหัวรอ
อำเภอเมือง จังหวัดพิษณุโลก 65000
โทรศัพท์ 0 5524 7581-2
ที่ สธ 0612.02/1114

ชำระค่าฝากส่งเป็นรายเดือน
ใบอนุญาตที่ 128/2528
ปณจ. พิษณุโลก

เรียน

เลขที่รายงาน.....

ด่วนที่สุด

ที่ สธ ๐๖๑๒.๐๒/๑๑๑๔

ศูนย์วิทยาศาสตร์การแพทย์ที่ ๙
ศูนย์ราชการตำบลหัวรอ หมู่ ๕ ตำบลหัวรอ
อำเภอเมือง จังหวัดพิษณุโลก ๖๕๐๐๐

๑ พฤษภาคม ๒๕๕๕

เรื่อง รายงานผลการตรวจวิเคราะห์

เรียน นายธีรยุทธ หน่อแก้วมูล

อ้างถึง แบบรับตัวอย่างอาหาร (กรณีเอกชนส่ง) ลงวันที่ ๑๗ เมษายน ๒๕๕๕

สิ่งที่ส่งมาด้วย ๑. รายงานผลการตรวจวิเคราะห์ รายงานเลขที่ ๑๗๔๘/๕๕ จำนวน ๑ หน้า
๒. รายงานผลการตรวจวิเคราะห์ รายงานเลขที่ ๑๗๔๙/๕๕ จำนวน ๒ หน้า

ตามหนังสือที่อ้างถึง นายธีรยุทธ หน่อแก้วมูล ส่งตัวอย่างให้ศูนย์วิทยาศาสตร์การแพทย์ที่ ๙ ทำการตรวจวิเคราะห์ นั้น ศูนย์ฯ ดำเนินการเรียบร้อยแล้ว ดังสิ่งที่ส่งมาด้วย

จึงเรียนมาเพื่อโปรดทราบ

ขอแสดงความนับถือ

(นางอังคณา หิรัญสาลี)
ผู้อำนวยการศูนย์วิทยาศาสตร์การแพทย์ที่ ๙

ฝ่ายบริหารทั่วไป
โทรศัพท์ ๐ ๕๕๓๒ ๒๘๒๔-๖ ต่อ ๑๑๘
โทรสาร ๐ ๕๕๓๒ ๒๘๒๔-๖ ต่อ ๑๒๑

ศูนย์วิทยาศาสตร์การแพทย์ที่ ๙ (พิษณุโลก)

กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ กระทรวงสาธารณสุข

ศูนย์ราชการตำบลหัวรอ หมู่ที่ ๕ ตำบลหัวรอ อำเภอเมือง จังหวัดพิษณุโลก ๖๕๐๐๐

ศัพท์ ๐ ๕๕๓๒ ๒๘๒๔-๖ โทรสาร ๐ ๕๕๓๒ ๒๘๒๔-๖ ต่อ ๑๒๑ http://www.dmsc.moph.go.th/webroot/phitsanulok/web/index.html

รายงานผลการตรวจวิเคราะห์

ยงานเลขที่ 1748/55 หน้าที่ 1 ของ 1 หน้า

ายเลขตัวอย่าง 365501338001

เที่รับตัวอย่าง 17 เมษายน 2555 ลูกค้า นายธีรยุทธ หน่อแก้วมูล

เที่ตรวจวิเคราะห์ 17 เมษายน 2555 ที่อยู่ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

เที่ออกรายงาน 1 พ.ค. 2555 ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ

จังหวัดพิษณุโลก 65000

งตัวอย่าง กล้วยตากตู้เดิม

ฤประสงค์ ตรวจคุณภาพทางเคมี

าษณะตัวอย่าง กล้วยตาก บรรจุถุงพลาสติก น้ำหนัก 1 กิโลกรัม จำนวน 1 ถุง

ยละเอียด กล้วยตากตู้เดิม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ อำเภอเมือง จังหวัดพิษณุโลก

การตรวจวิเคราะห์	ผลการตรวจวิเคราะห์	วิธีตรวจวิเคราะห์
ามชื้น (ร้อยละของน้ำหนัก)	17.53	In house method base on AOAC 968.11; 18th ed: 2005

ชื่อ ..... ผู้ตรวจวิเคราะห์
(นางวาลีย์ ทองทา)
นักวิทยาศาสตร์การแพทย์ชำนาญการ

ลงชื่อ ..... ผู้รับรองรายงาน
(นางสาวพลับพลึง เทพวิทักษ์กิจ)
นักวิทยาศาสตร์การแพทย์ชำนาญการ

รายงานฉบับนี้รับรองผลเฉพาะตัวอย่างที่ได้รับเท่านั้น

ห้ามนำไปคัดลอกหรือทำสำเนาเฉพาะบางส่วนโดยไม่ได้รับอนุญาตเป็นลายลักษณ์อักษร

ศูนย์วิทยาศาสตร์การแพทย์ที่ ๙ (พิษณุโลก)

กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ กระทรวงสาธารณสุข

ศูนย์ราชการตำบลหัวรอ หมู่ที่ ๕ ตำบลหัวรอ อำเภอเมือง จังหวัดพิษณุโลก ๖๕๐๐๐

เศัพท์ ๐ ๕๕๓๒ ๒๘๒๔-๖ โทรสาร ๐ ๕๕๓๒ ๒๘๒๔-๖ ต่อ ๑๒๑ http://www.dmsc.moph.go.th/webroot/phitsanulok/web/index.html

รายงานผลการตรวจวิเคราะห์

เยงานเลขที่ 1749/55 หน้าที่ 1 ของ 2 หน้า

มายเลขตัวอย่าง 365501339001

มที่รับตัวอย่าง 17 เมษายน 2555 ลูกค้า นายธีรยุทธ หน่อแก้วมูล

มที่ตรวจวิเคราะห์ 17 เมษายน 2555 ที่อยู่ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

มที่ออกรายงาน 1 พ.ค. 2555 ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ

จังหวัดพิษณุโลก 65000

อตัวอย่าง กล้วยตากพลังงานแสงอาทิตย์ (ตู้ใหม่)

ตถุประสงค์ ตรวจคุณภาพทางจุลชีววิทยาและเคมี

ษณะตัวอย่าง กล้วยตาก บรรจุถุงพลาสติก น้ำหนัก 1 กิโลกรัม จำนวน 1 ถุง

ยละเอียด กล้วยตากพลังงานแสงอาทิตย์ (ตู้ใหม่) ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร อ.เมือง จ.พิษณุโลก

ยการตรวจวิเคราะห์	ผลการตรวจวิเคราะห์	วิธีตรวจวิเคราะห์
ามชื้น (ร้อยละของน้ำหนัก)	21.52	In house method base on AOAC 968.11; 18th ed: 2005
<u>สมบัติทางจุลชีววิทยา</u>		
นวนจุลินทรีย์ทั้งหมด/กรัม	1,400	BAM 2001, Chapter 3
นวนยีสต์และเชื้อรา/กรัม	30	BAM 2001, Chapter 18
PN *E. coli*/กรัม	น้อยกว่า 3	BAM 2002, Chapter 4
almonella spp./25 กรัม	ไม่พบ	ISO 6579, 2002

รายงานฉบับนี้รับรองผลเฉพาะตัวอย่างที่ได้รับเท่านั้น

ห้ามนำไปคัดลอกหรือทำสำเนาเฉพาะบางส่วนโดยไม่ได้รับอนุญาตเป็นลายลักษณ์อักษร

ศูนย์วิทยาศาสตร์การแพทย์ที่ ๙ (พิษณุโลก)

กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ กระทรวงสาธารณสุข

ศูนย์ราชการตำบลหัวรอ หมู่ที่ ๕ ตำบลหัวรอ อำเภอเมือง จังหวัดพิษณุโลก ๖๕๐๐๐

ศัพท์ ๐ ๕๕๓๒ ๒๘๒๙-๖ โทรสาร ๐ ๕๕๓๒ ๒๘๒๙-๖ ต่อ ๑๒๑ http://www.dmsc.moph.go.th/webroot/phitsanulok/web/index.html

รายงานผลการตรวจวิเคราะห์

ยงานเลขที่ 1749/66 หน้าที่ 1 ของ 2 หน้า

ายเลขตัวอย่าง 365501339001

การตรวจวิเคราะห์	ผลการตรวจวิเคราะห์	วิธีตรวจวิเคราะห์
aureus/0.1กรัม	ไม่พบ	BAM 2001, Chapter 12
perfringens/0.1กรัม	ไม่พบ	BAM 2001, Chapter 16

งชื่อ ..... ผู้ตรวจวิเคราะห์
(นางสาวเสาวนิตย์ บุณพัฒนศักดิ์)
นักวิทยาศาสตร์การแพทย์ชำนาญการ

ลงชื่อ ..... ผู้ตรวจวิเคราะห์
(นางวาลีย์ ทองทา)
นักวิทยาศาสตร์การแพทย์ชำนาญการ

ลงชื่อ ..... ผู้รับรองรายงาน
(นางสาวพลับพลึง เทพวิทักษ์กิจ)
นักวิทยาศาสตร์การแพทย์ชำนาญการ

รายงานฉบับนี้รับรองผลเฉพาะตัวอย่างที่ได้รับเท่านั้น

ห้ามนำไปคัดลอกหรือทำสำเนาเฉพาะบางส่วนโดยไม่ได้รับอนุญาตเป็นลายลักษณ์อักษร

ภาคผนวก จ

พัดลมดูดอากาศ ฮาตาริ รุ่น HB-VW15M2(N) ใบพัด 6 นิ้ว พร้อมวงกบ

พัดลมดูดอากาศ HATARI ฮาตาริ HB-VW15M2(N) ใบพัด 6 นิ้ว พร้อมวงกบติดตั้ง

ใบพัด 6 นิ้ว พร้อมวงกบติดตั้ง

ใบพัดขนาด 6 นิ้ว

ระบบการทำงานด้วยสวิตช์อัตโนมัติ (AUTOMATIC SHUTTER) ทนทานเป็นเลิศ

ประสิทธิภาพเป็นเยี่ยม ด้วยมอเตอร์ระบบ FULL PROTECTION เสริมด้วยระบบหล่อลื่นอัตโนมัติ มอเตอร์จึงทำงานได้คล่องตัวและเต็มพลังทุกครั้งที่ใช้งาน พร้อมมีวงกบติดตั้งสำเร็จรูป จึงติดตั้งง่ายและสะดวกยิ่งขึ้น

รุ่น HB-VW15M2(N)

ขนาดใบพัด (นิ้ว) 6

แรงดันไฟฟ้า (โวลท์/เฮิร์ตซ์) 220/50

กำลังไฟฟ้า (วัตต์) 29

กระแสไฟฟ้า (แอมป์) 0.13

ความเร็วรอบ (รอบ/นาที) 2500

อัตราการระบายลม (ลบ.ม./นาที) 2.00

อัตราความเร็วของอากาศที่ดูด 1.8-2.0

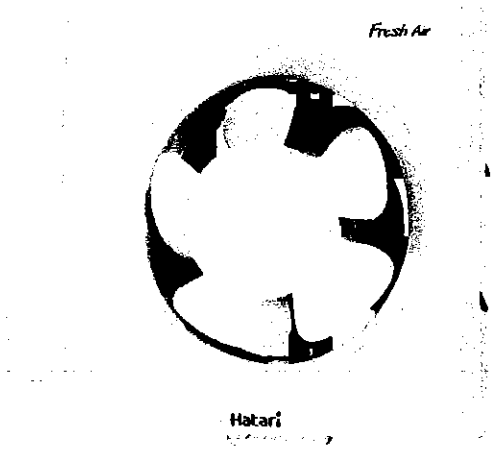
ระบบการระบายอากาศ ออก

น้ำหนักบรรจุภัณฑ์/เครื่อง (กก.) 2.1

ขนาดบรรจุภัณฑ์/เครื่อง (ซม.) (ก x ย x ส) 30.5x30.5x22.5

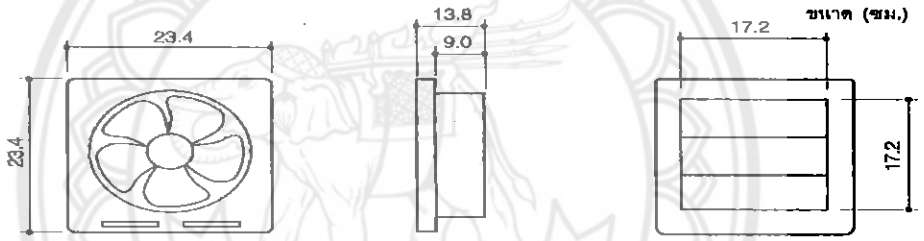
น้ำหนักบรรจุภัณฑ์รวม (จำนวนเครื่อง) 8

ขนาดบรรจุภัณฑ์รวม (ซม.) (ก x ย x ส) 62.5x62.5x45.5



รูปแสดงตัวพัดลม

HB-VW15M2(N)

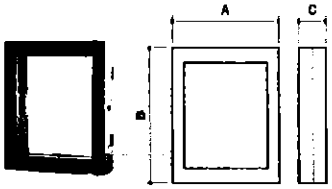


รูปแสดงขนาดพัดลมและวงกบพัดลม

สวยกลมกลืนอย่างมีสไตล์ ด้วยพัดลมระบายอากาศติดผนัง

- มีหลายรุ่น หลายขนาด ครบทุกความต้องการให้เลือกสรร
- ทนทานเป็นเยี่ยม ด้วยมอเตอร์ระบบ FULL PROTECTION เสริมด้วยระบบหล่อลื่นอัตโนมัติจึงระบายอากาศได้เต็มประสิทธิภาพ ลดปัญหาความอับชื้น กลิ่นอับ และควันได้อย่างดี
- ระบบการทำงานด้วยสวิตช์อัตโนมัติ (AUTOMATIC SHUTTER) พร้อมวงกบสำเร็จรูป จึงติดตั้งได้สะดวกมากขึ้น
- **เพิ่มความลงตัวในการตกแต่งยิ่งขึ้น ด้วยหน้ากากพัดลมที่สวยลงตัวกับทุกๆมุมติดตั้ง** *(เฉพาะรุ่น HA-VW20M2(G)). (HA-VW25M2(G))*

พร้อมวงกบสำเร็จรูป
เพื่อความสะดวกในการติดตั้ง



รุ่น	A	B	C
HB-VW15M2(N)	23.0 ซม.	23.0 ซม.	8.5 ซม.
HA-VW20M2(G)	30.0 ซม.	30.0 ซม.	8.5 ซม.
HB-VW20M2(N)	30.0 ซม.	30.0 ซม.	8.5 ซม.
HA-VW25M2(G)	35.0 ซม.	35.0 ซม.	8.5 ซม.
HB-VW25M2(N)	35.0 ซม.	35.0 ซม.	8.5 ซม.
HB-VW30M2(N)	40.0 ซม.	40.0 ซม.	8.5 ซม.

ประวัติผู้ดำเนินโครงงาน

ชื่อ นายธีรยุทธ หน่อแก้วมูล
ภูมิลำเนา 80 หมู่ 4 ต. ชมพู อ.เมือง จ.ลำปาง
ประวัติการศึกษา

- จบระดับมัธยมศึกษาจากโรงเรียนมัธยมวิทยา จ. ลำปาง
- ปัจจุบันกำลังศึกษาในระดับปริญญาตรีชั้นปีที่ 4 สาขาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

E-mail: birdbusza@hotmail.com

ชื่อ นายสิทธพร ดวงวิชัย
ภูมิลำเนา 140 หมู่ 9 ต. บ้านต๋ำ อ. เมือง จ. พะเยา
ประวัติการศึกษา

- จบระดับมัธยมศึกษาจากโรงเรียนพะเยาประสาธน์วิทย์ จ. พะเยา
- ปัจจุบันกำลังศึกษาในระดับปริญญาตรีชั้นปีที่ 4 สาขาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

E-mail: sitthiphon_bet@hotmail.com