MAEJO
UNIVERSITY
ARCHIVES

สำนักวิจัยและส่งเสริมวิชาการการเกษตร
สถาบันเทคโนโลยีการเกษตรแม่โจ้ เชียงใหม่

รายงานการวิจัย

เรื่อง

การแปรรูปลิ้นจี่อบแห้ง ระดับหมู่บ้านเกษตรกร

DEVELOPMENT OF A SMALL SCALE PROCESSING SYSTEM FOR LYCHEE BY DRYING

โดย

สิงหนาท พวงจันทน์แดง

2533

MAEJO UNIVERSITY ARCHIVES

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยครั้งนี้ ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยประจำปี 2533 จากสำนักวิจัยและส่งเสริมวิชาการการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีการเกษตรแม่โจ้ ผู้วิจัยขอขอบพระคุณอย่างสูงต่อคณะกรรมการวิจัยทุกท่าน ที่ได้พิจารณาให้ทุนวิจัยและสนับสนุนโครงการนี้ตลอดมา

ขอขอบพระคุณอาจารย์สินธนา สุคันธา หัวหน้าภาควิชาอุตสาหกรรมการเกษตรและ ผศ. วิชัย ตันวัฒนากูล คณบดีคณะธุรกิจการเกษตร ที่ได้ให้ความสะดวกในการใช้สถานที่และสนับสนุนการวิจัยครั้งนี้เป็นอย่างดี ขอขอบคุณอาจารย์สมจิตต์ กิจรุ่งเรือง , คุณสนิท สิทธิ และเจ้าหน้าที่กองแผนงาน ที่ช่วยเหลือวิเคราะห์ข้อมูลทางด้านสถิติ

นอกจากนี้ผู้วิจัยขอขอบคุณ อาจารย์นพดล จรัสสัมฤทธิ์ ที่ได้ช่วยจัดหาลิ้นจี่สายพันธุ์ฮงฮวย ที่ใช้ในการวิจัย ขอขอบคุณ คุณอรรณพ เดชะพันธุ์ ที่ได้ช่วยวิเคราะห์คุณภาพของลิ้นจี่สดและลิ้นจี่อบแห้ง ขอขอบคุณคุณวัลยา โมลาสุช และคุณประพัฒน์ กุนากา ที่ได้ช่วยจัดหาอุปกรณ์ต่าง ๆ ให้กับการวิจัย

หนังสือรายงานฉบับนี้ได้จัดทำเป็นรูปเล่มสมบูรณ์ด้วยความช่วยเหลือของเจ้าหน้าที่ฝ่ายวิจัย สำนักวิจัยและส่งเสริมวิชาการการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีการเกษตรแม่โจ้ ผู้วิจัยขอขอบพระคุณไว้ ณ ที่นี้ด้วย

MAEJO UNIVERSITY ARCHIVES

การแปรรูปลิ้นจี่อบแห้ง ระดับหมู่บ้านเกษตรกร
Development of a Small Scale Processing System for lychee by Drying.

สิงหนาท พวงจันทน์แดง

ภาควิชาอุตสาหกรรมการเกษตร
คณะธุรกิจการเกษตร
สถาบันเทคโนโลยีการเกษตรแม่โจ้ เชียงใหม่ 50290

บทคัดย่อ

การศึกษาขบวนการแปรรูปผลผลิตทางการเกษตร ได้แก่ ลิ้นจี่ ได้คำนึงถึงการขนถ่ายผลผลิตตลอดจนการเก็บรักษา เพื่อสามารถรักษาคุณภาพของผลผลิต ไว้ได้มากที่สุดโดยการอบแห้ง อันประกอบด้วยการออกแบบถังอบ การทดสอบประสิทธิภาพของถังอบ การทดสอบการอบแห้ง เพื่อหาสภาวะที่เหมาะสมที่จะสามารถเก็บรักษาลิ้นจี่อบแห้งให้มีคุณภาพดี การเปรียบเทียบการใช้เชื้อเพลิงพบว่าถังอบมีอัตราการใช้เชื้อเพลิงต่ำกว่าการอบด้วยตู้อบไฟฟ้า

ลิ้นจี่จะถูกนำมาผ่านขบวนการก่อนการแปรรูป โดยการลวกด้วยวิธีการต่าง ๆ ก่อนการอบแห้ง การทดสอบการอบแห้ง แบบชั้นบางที่อุณหภูมิ 60,70 และ80 องศาเซลเซียส ข้อมูลการอบแห้งสามารถอธิบายด้วยสมการเอกซ์โปเนนเชียล ซึ่งได้ค่าคงที่เพียงค่าเดียว การตรวจสอบทางเคมี , ทางกายภาพ และการประเมินผลทางประสาทสัมผัส พบว่า ลิ้นจี่อบแห้งที่ผ่านการลวกในน้ำเดือดที่มีสารเคมีและผ่านการรมควันกำมะถันที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ได้รับการยอมรับสูงสุด

MAEJO UNIVERSITY ARCHIVES

Abstract

A village level processing system to help solving the problems of keeping excess fruits such as lychee in the growing destrict of the Northern Thailand is discussed in this study. The system include the design , construction and testing of bin drying machine. Drying was proposed a method to store the excess production under village level the drying characteristics of fresh lychees was tested under differrent pretreatments and drying temperature.The energy consumtion of bin drying machine was less economical than electrical tray drying machine.

Lychees were pretreated by different blanching methods prior to drying in a single layer under three temperatures of 60 c , 70 c and 80 c. The drying data was fitted to an exponential drying model which gave one empirical drying parameters mamely the empirical drying constant. Quality evalution such as chemical ,phydical propreties and sensory evalution showed best quality for lychees pretreated by blanching with chemical and sulphuring and dried at 60 c.

คำนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหาที่ทำการวิจัย

ปัจจุบันประเทศไทยสามารถปลูกลิ้นจี่ได้หลายภูมิภาค และได้รับการส่งเสริมให้ทำการปลูกโดยเฉพาะในเขตภาคเหนือตอนบน ซึ่งมีอากาศหนาวเย็น ได้แก่จังหวัดเชียงราย และเชียงใหม่ ยังสามารถส่งเสริมให้มีการปลูกบนภูเขา ซึ่งเป็นที่อยู่ของชาวไทยภูเขา เพื่อเป็นการทดแทนการทำไร่เลื่อนลอย

ผลผลิตที่ได้ส่วนใหญ่ส่งขายตลาดในรูปลิ้นจี่สด ซึ่งมักมีปัญหาขึ้นภายหลังการเก็บเกี่ยว ในเรื่องของการขนส่ง ลิ้นจี่ที่มากจนล้นตลาด และลิ้นจี่ผลร่วงจากก้าน ทำให้ราคาลิ้นจี่ตกต่ำและเน่าเสีย นอกจากนี้ ลิ้นจี่จะออกผลตามฤดูกาลเพียงระยะสั้น ราวเดือนมีนาคม-พฤษภาคม ถ้ามีการศึกษาการแปรรูปโดยการอบแห้ง จะสามารถรักษาลิ้นจี่เหล่านี้ไว้ได้ และยังสามารถเก็บไว้บริโภคนอกฤดูกาล หรือส่งเป็นสินค้าขาออกของประเทศ จะเป็นการเพิ่มมูล

MAEJO UNIVERSITY ARCHIVES

ค่าของผลผลิตและเพิ่มรายได้อีกทางหนึ่งด้วย

ปัจจุบันนอกจากเกษตรกรจะประสบปัญหาการนำเทคโนโลยีด้านการอบแห้งมาใช้แล้ว ยังขาดเทคโนโลยีด้านการสร้างตู้อบ โดยใช้เชื้อเพลิงที่มีราคาถูก สามารถประยุกต์ใช้ได้กับเกษตรกรระดับครอบครัวได้ ดังนั้น ในการวิจัยครั้งนี้ จึงทำขึ้นเพื่อศึกษาการออกแบบตู้อบแห้งที่เหมาะสมในการถนอมลิ้นจี่ โดยการอบแห้ง ซึ่งจะเป็นประโยชน์ต่อเกษตรกรที่จะได้ทำการพัฒนาลิ้นจี่อบแห้งในอนาคตต่อไป

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ

1. เพื่อออกแบบถังอบ โดยใช้แก๊สหุงต้มเป็นเชื้อเพลิง โดยพัฒนาให้สามารถอบแห้งแบบชั้นบางและอบแห้งในปริมาณมากได้
2. เพื่อทดสอบอัตราการใช้เชื้อเพลิงระหว่างถังอบ และตู้อบไฟฟ้า
3. เพื่อศึกษาผลของขบวนการก่อนการอบแห้ง และอุณหภูมิต่อคุณภาพของลิ้นจี่อบแห้ง
4. เพื่อศึกษาการประเมินผลทางประสาทสัมผัส ในด้านสี , กลิ่น , รสชาติ , เนื้อสัมผัส และความชอบรวม
5. เพื่อศึกษาอายุการเก็บรักษาของลิ้นจี่อบแห้ง

1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. เพื่อลดปัญหาการเน่าเสียของลิ้นจี่ในฤดูกาลที่มีผลผลิตมาก
2. เพื่อเพิ่มมูลค่าให้กับลิ้นจี่ โดยการแปรรูปเป็นลิ้นจี่อบแห้ง เพื่อจำหน่ายนอกฤดูกาล และส่งเสริมให้เป็นสินค้าส่งออก เป็นการเพิ่มรายได้ให้กับเกษตรกร
3. สามารถนำถังอบที่ออกแบบไว้นี้ไปใช้ในการอบแห้ง ผลผลิตอื่นที่มีปัญหาการเน่าเสีย เช่นเดียวกันนี้ เช่น ลำไย , พริกฯ

การตรวจเอกสาร

1. ประวัติความเป็นมาของลิ้นจี่

ลิ้นจี่มีชื่อทางวิทยาศาสตร์คือ **Litchi chinensis** Sonn. สกุล Nephelium วงศ์ Sapindaceae ลิ้นจี่มีชื่อสามัญเรียกกันได้หลายอย่างได้แก่ Litchi , Laichi , Leechee และ Lychee ลิ้นจี่เป็นไม้ผลที่มีแหล่งปลูกดั้งเดิมอยู่ทางตอนใต้ของประเทศจีน แถบมณฑลกวางเจา เสฉวน และยูนาน ซึ่งชาวจีนแถบนั้นรู้จักการปลูกลิ้นจี่กันมาไม่ต่ำกว่า 2,000 ปี มาแล้ว แต่การแพร่กระจายออกไปจากถิ่นเดิมมีน้อยมาก และค่อนข้างช้ากว่าไม้ผลชนิดอื่น ๆ ซึ่งยังคงแพร่หลายกันแต่ในประเทศจีนเท่านั้น

MAEJO UNIVERSITY ARCHIVES

ในอินเดีย มีการปลูกลิ้นจี่กันมานานแล้ว เช่นกัน แต่ความนิยมไม่แพร่หลายมาก เหมือนในประเทศจีน

ในประเทศไทยลิ้นจี่เป็นผลไม้ที่ประชาชนกำลังให้ความนิยมสูงขึ้น ซึ่งลิ้นจี่ที่ปลูกกันอย่างแพร่หลายในภาคเหนือของประเทศไทยส่วนมากเป็นพันธุ์ที่มาจากประเทศจีน เช่น พันธุ์ฮงฮวย, พันธุ์แก้มแดง , พันธุ์โอเฮียะ , พันธุ์จุดปี่ และพันธุ์หน่อมีจือ มีรายงานที่บ้านทุ่งโฮเตล อำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่ มีลิ้นจี่พันธุ์ฮงฮวยที่มีเส้นผ่าศูนย์กลางลำต้น 80 เซนติเมตร ซึ่งมีอายุไม่ต่ำกว่า 60 ปี และที่อำเภอสันทราย จังหวัดเชียงใหม่ มีลิ้นจี่พันธุ์ฮ่องกง ซึ่งมีอายุประมาณ 30 ปี

จากการสำรวจต้นลิ้นจี่ต่าง ๆ ในแถบภาคเหนือ พอจะประมาณได้ว่า มีพันธุ์ลิ้นจี่เข้ามาปลูกในภาคเหนือเมื่อประมาณปี พ.ศ. 2444 สำหรับหน่วยราชการนายเริ่ม บูรณฤกษ์ หัวหน้ากองการค้นคว้าและทดลอง กรมกสิกรรมได้นำลิ้นจี่พันธุ์ต่าง ๆ จากภาคกลางของประเทศไทยและจากต่างประเทศ เช่น ฮาวาย และไต้หวัน มาปลูกที่สถานีกสิกรรมแม่โจ้ และสถานีกสิกรรมฝาง เมื่อปี พ.ศ. 2500 พันธุ์ลิ้นจี่ที่นำมาปลูกในครั้งนี้ ได้แก่ บริวสเตอร์ , มอริชัส, หน่อมีจือ ฯลฯ

ปัจจุบันเกษตรกรภาคเหนือนิยมปลูกลิ้นจี่พันธุ์ฮงฮวยกันมากที่สุด รองลงมาได้แก่ พันธุ์โอเฮียะ , พันธุ์จักรพรรดิ์ และกวางเจา ตามลำดับ (ศรีมูล , 2528)

2. ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของลิ้นจี่

ลำต้น

ต้นลิ้นจี่มีความสูงประมาณ 35-40 ฟุต เป็นไม้ผลขนาดใหญ่ มีกิ่งก้านสาขาแผ่ไปไกล ลำต้นแข็งแรง เปลือกลำต้นมีสีน้ำตาลเทาเรียบไม่ขรุขระ ทรงพุ่มแน่นสวย การเจริญเติบโตสม่ำเสมอดี ไม่ผลัดใบ

ใบ

ใบเป็นใบประกอบ มีตั้งแต่ 2-4 คู่ ปลายใบย่อยและใบค่อนข้างแหลม ใบสีเขียวเข้มเป็นมัน ท้องใบเข้มอมเทา

ผล

เนื้อของผลจะมีสีขาว รูปไข่ สีน้ำตาลเป็นมัน บางครั้งเม็ดลีบ ลิ้นจี่ 1 ผล มีเมล็ดอยู่หนึ่งเมล็ดเท่านั้น

ดอก

ดอกลิ้นจี่ที่เกิดปลายยอดหรือปลายกิ่ง เป็นดอกช่อ มีสีเหลืองออมเขียวอ่อน ช่อแต่ละช่อติดผล 3-20 ผล (กรมส่งเสริมการเกษตร , 2519)

MAEJO UNIVERSITY ARCHIVES

3. พันธุ์ลิ้นจี่

พันธุ์ฮงฮวย เป็นพันธุ์ที่ปลูกมากที่สุด ติดผลเกือบทุกปี ลิ้นจี่พันธุ์นี้จะแบ่งตามลักษณะของผลที่แตกต่างกันแล้วจะมีสองสายพันธุ์คือ ฮงฮวยที่ปลูกกันมากด้วยเมล็ด อีกสายหนึ่งคือ ฮงฮวยที่มาจากกิ่งตอนแผ่นดินใหญ่ ลิ้นจี่พันธุ์นี้จะติดผลในราวกลางเดือนพฤษภาคม

ต้นจะเป็นพุ่มกว้างใหญ่ กิ่งห่าง เปราะง่าย เปลือกบาง ผิวเปลือกของต้นหม่น ตกกระสีขาว รูปทรงของผลกลมรีรูปไข่ ไหล่กว้าง ผลโตปานกลาง ใน 1 กิโลกรัมจะมีผลประมาณ 30-40 ผล หนามของผลห่าง ถ้าแก่จัดหนามจะเป็นตุ่มสั้น ๆ กว่าตอนยังไม่แก่ เปลือกสีเหลืองแกมชมพู หรือแดงระเรื่อ เปลือกบางช้ำง่าย เนื้อหนา ปานกลาง สีของเนื้อสีขาวขุ่น เนื้อตรงส่วนที่สัมผัสกับเมล็ด(เนื้อชั้นในสุด) ตรงรอยประสานระหว่างเนื้อกับเมล็ด เยื่อหุ้มมีสีน้ำตาลเป็นเส้น มีกลิ่นหอม ถ้าไม่แก่จัดจะอมฝาดเล็กน้อย เมล็ดในใหญ่ยาว สีน้ำตาล หัวจุกโตปานกลาง

พันธุ์กวางเจาหรือพันธุ์ยักษ์ รูปของผลกลมใหญ่สูง หนามไม่แหลม เวลาแก่จัดหนามจะหายไป สีของเปลือกแดงจัด จุดเด่นของพันธุ์นี้คือ เมล็ดในมักจะลีบ เนื้อมาก ใน 1 ก.ก. จะมีผลประมาณ 25-30 ผล เนื้อหนา รสหวานนิ่ม วัดสารละลายของแข็งเฉลี่ยได้ 15.4 องศาบริกซ์

พันธุ์โอเฮียะ สีของเปลือกแดง หนามลุ่ยรูปหัวใจ ผลโตปานกลาง เนื้อนิ่มมีน้ำมาก กลิ่นหอมชวนรับประทาน ใน 1 ก.ก. จะมี 40-50 ผล มีเนื้อมากแต่เละ มีสัดส่วนระหว่างเมล็ดกับเนื้อเป็น 1 ต่อ 2.5 หรือเนื้อมากเป็นสองเท่าครึ่งของเมล็ด วัดสารละลายของแข็งโดยเฉลี่ยได้ 18.5 องศาบริกซ์

พันธุ์กิมเจง เปลือกมีสีแดง หนามลุ่ยรูปหัวใจ ใน 1 ก.ก. มีผลประมาณ 40-50 ผล ผลเล็กเมล็ดลีบ เนื้อนิ่มไม่เละ วัดสารละลายของแข็งโดยเฉลี่ยได้ 18 องศาบริกซ์

พันธุ์สีรามัญ ผลแก่ประมาณกลางเดือนมีนาคมถึงเดือนเมษายน รูปทรงกลมผลเล็กมาก เส้นผ่าศูนย์กลางผลประมาณ 2.5 เซนติเมตร ใน 1 ก.ก. จะมีประมาณ 130-150 ผล เมล็ดในใหญ่สีน้ำตาลอ่อน หัวจุกในเนื้อบางและแฉะ วัดสารละลายของแข็งโดยเฉลี่ยได้ 13.5 องศาบริกซ์

พันธุ์ลูกลาย ผลกลมรีรูปไข่ ขนาดของผลปานกลาง น้ำหนัก 1 ก.ก. จะมีจำนวน 40-50 ผล หนามของผลสีแดง วัดสารละลายของแข็งโดยเฉลี่ยจาก 3 ตัวอย่างได้ 18.5 องศาบริกซ์

MAEJO UNIVERSITY ARCHIVES

พันธุ์ย่องกง รูปทรงของผลกลมรี รูปไข่ ขนาดของผลป่านกลาง ใน 1 ก.ก. นับผลได้ 50-60 ผล หนามผลแหลม สีน้ำตาลเข้ม หัวจุกใหญ่ เนื้อหนาไม่เละ รสชาติขณะผลสุกจะฝาดเมื่อแก่จัดรสฝาดจะหายไป ผลสีแดง วัดสารละลายของแข็งโดยเฉลี่ยจาก 3 ตัวอย่างได้ 17.7 องศาบริกซ์

พันธุ์เชียวหวาน รูปทรงผลกลม ยาวรีรูปไข่ ขนาดของผลเวลาแก่จัดใหญ่เปลือกบาง ใน 1 ก.ก. จะมีผลประมาณ 40-50 ผล หนามผลห่างสีแดง เมล็ดในยาวรี พื้นผิวของเปลือกสีเหลือง วัดสารละลายของแข็งโดยเฉลี่ยจาก 10 ตัวอย่างได้ 17.8 องศาบริกซ์

พันธุ์บริวสเตอร์ รูปทรงผลรูปไข่ กลมรี ขนาดของผลน้ำหนัก 1 ก.ก. มีผล 40-50 ผล ผลมีสีแดงจัด เมล็ดในใหญ่สีน้ำตาล วัดสารละลายของแข็งโดยเฉลี่ยจาก 10 ตัวอย่าง มีค่าเฉลี่ย 18.8 องศาบริกซ์

พันธุ์ค่อม-หอมลำเจียก-ค่อมพันธุ์พิเศษ ผลมีขนาดใหญ่ เนื้อหา รสหวานหอม ใน 100 ผล หนักประมาณ 2 ก.ก.

พันธุ์กระโถนท้องพระโรง ผลใหญ่มาก มีลักษณะเป็นรูปหัวใจ เปลือกผิวมีสีน้ำหมาก หนามห่าง เนื้อหนาแห้ง รสหวานอมเปรี้ยว ฝาดเล็กน้อย เป็นพันธุ์ใบใหญ่ ตกผลภายใน 4-5 ปี ใน 100 ผล หนักประมาณ 2.5 ก.ก.

พันธุ์ไทยใหญ่ ผลขนาดกลางช่อยาว เนื้อหนา รสหวาน เปลือกมีสีหมากแห้ง หนามยาว เป็นพันธุ์ใบขนาดกลาง ใน 100 ผล หนักประมาณ 1.5 ก.ก.

พันธุ์ไทยธรรมดา ผลมีขนาดกลาง เนื้อหนาแห้งกรอบ รสหวานอมฝาด เป็นพันธุ์ใบเล็ก ใน 100 ผล หนักประมาณ 1.5 ก.ก.

พันธุ์ช่อระกำ ผลขนาดกลาง เป็นพวงคล้ายระกำหรืออองุ่น เนื้อหนา รสหวานปานกลาง เมล็ดมีขนาดใหญ่ รูปหัวใจ ผิวสีแดงแกมเขียว เป็นพันธุ์ใบขนาดกลาง ใน 100 ผล หนักประมาณ 1.5 ก.ก.

พันธุ์จักรพรรดิ์ (ฮ่องเต้) ลักษณะต้นเป็นพุ่มกว้างใบเล็กยาวกว่าพันธุ์โอเฮียะ สีเขียวเข้มจัด กิ่งถี่ ผลโตที่สุดหนึ่งกิโลกรัมมี 20-30 ผล (ผลเท่ามะนาว) ผลแก่ปลายเดือนมิถุนายนถึงเดือนกรกฎาคม (ศรีมูล, 2527)

4. ส่วนประกอบของลิ้นจี่ (Composition of Lychee)

ความชื้น(Moisture)

โดยทั่วไปลิ้นจี่มีความชื้นประมาณ 77-83 % Wenkam และ Miller (1965) รายงานว่า ลิ้นจี่มีความชื้น 81.0 % และ 77.6 % ตามลำดับ Brewster และ K wai

MAEJO UNIVERSITY ARCHIVES

Mi Leung (1961) รายงานว่าลิ้นจี่ มีความชื้น 83.1 % อย่างไรก็ตาม Mathew และ Pushpa (1964) พบว่าลิ้นจี่พันธุ์ Indian 6 สายพันธุ์มีความชื้นสูงถึง 83-87 %

โปรตีน (Protein)

ลิ้นจี่เป็นผลไม้ที่ไม่ใช่แหล่งของโปรตีน จากการวิเคราะห์โปรตีนในลิ้นจี่โดยทั่วไปมีโปรตีนเพียง 0.8-0.9 % (Wenkam และ Miller , 1965 ; Watt และ Merrill , 1963 , Leung , 1961) จากรายงานปริมาณโปรตีนของลิ้นจี่ The National Science development Board ในฟิลิปปินส์ (1964) มีค่าสูงที่สุดถึง 1.5 %

ไขมัน (Fat)

พบว่าลิ้นจี่มีปริมาณไขมันต่ำมาก รายงานทั้งหมดพบว่ามีปริมาณน้อยกว่า 1 % (Watt และ Merrill , 1963 ; Wenkam และ Miller , 1965 ; Leung , 1961 ; Natl. Sci.Dev.Brd , 1964)

น้ำตาลและอินเวอร์เทส (Sugar and Invertase)

ปริมาณน้ำตาลจะแตกต่างกันขึ้นกับสายพันธุ์ลิ้นจี่ Miller etal.(1957) รายงานว่า ในพันธุ์ K wai Mi มีน้ำตาล 20.6 % แต่พันธุ์ Hak Ip. มีปริมาณน้ำตาลเพียง 11.8 % พันธุ์ Indian ส่วนใหญ่มีน้ำตาล 10-13 % อย่างไรก็ตาม พันธุ์ Pyazi มีน้ำตาลเพียง 6.7 % (Singh และ Singh , 1954) Chadha และ Pajpoot (1969) รายงานว่าสายพันธุ์ Calcutta Late และ Seedless No.1 มีสารละลายของแข็ง 18 %

ลิ้นจี่ที่ปลูกในรัฐฟลอริดา มีปริมาณน้ำตาล 12.9-14.12 % (Stahl , 1935) Marloth (1934) รายงานว่าลิ้นจี่ไม่ระบุสายพันธุ์มีปริมาณสารละลายของแข็งสูงถึง 17.6-18.4 % Chanetal (1975) พบว่า ลิ้นจี่พันธุ์ Brewster ที่ปลูกในฮาวายมีสารละลายของแข็ง 16.7 % เนื่องจากลิ้นจี่เป็นผลไม้ประเภท non-climacteric ดังนั้น หลังเก็บเกี่ยวปริมาณสารละลายของแข็งจะไม่เพิ่มขึ้น (Akamine และ Goo , 1973) Akahoshi และ Ito (1978) พบว่าร้อยละของสารละลายของแข็งในลิ้นจี่ที่เก็บเกี่ยวระยะกึ่งสุกจะมีปริมาณมากกว่าในลิ้นจี่ที่สุกแล้ว ดังแสดงในตารางที่ 1

Higgin (1917) รายงานว่าปริมาณน้ำตาลในลิ้นจี่ 15.3 % ประกอบด้วยน้ำตาลรีดิวส์ 81.7 % และน้ำตาลซูโครส 18.3 % Likewise , Mathew และ Pushpa (1964) พบว่าปริมาณน้ำตาลรีดิวส์มีปริมาณสูง เมื่อทำการวิเคราะห์ลิ้นจี่พันธุ์ Indian 6 สายพันธุ์ เขาพบว่ามีน้ำตาลทั้งหมด 55.93-61.37 % ในรูปน้ำหนักแห้ง (dry basis) และมีปริมาณน้ำตาลรีดิวส์ประมาณ 41.52-43.45 % ในรูปน้ำหนักแห้ง จะเห็นว่ามีปริมาณน้ำตาลรีดิวส์ 70 % ของน้ำตาลทั้งหมด อย่างไรก็ตาม Stahl (1935) และ Chan และคณะ (1975) รายงานว่าในลิ้นจี่มีสัดส่วนของน้ำตาลซูโครสมากกว่าถึง 49 และ 51 % ของน้ำตาล

MAEJO UNIVERSITY ARCHIVES

ทั้งหมดตามลำดับ ค่าที่มีความแตกต่างกันนี้เนื่องจากในลิ้นจี่มีเอนไซม์อินเวอร์เทส (Chan และคณะ , 1975) ถ้าไม่ทำลายเอนไซม์นี้ก่อนการวิเคราะห์ มันจะไปเร่งปฏิกิริยาอินเวอชั่นของน้ำตาลซูโครส ซึ่งจะทำให้มีปริมาณน้ำตาลรีดิวส์มากขึ้น

Chan และคณะ (1975) ได้รายงานคุณสมบัติของเอนไซม์อินเวอร์เทสในลิ้นจี่ว่าเมื่อสกัดเอนไซม์ออกมาวัดกำมันตภาพจำเพาะ (Specific activity) มีค่า 0.188 อินเวอร์เทส หน่วย/มก. โปรตีนความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ที่เหมาะสมในการทำงานของเอนไซม์คือ 2.6 ซึ่งมีค่าต่ำกว่าเอนไซม์อินเวอร์เทสชนิดอื่น และมีค่าต่ำกว่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ของลิ้นจี่ อุณหภูมิที่เหมาะสมในการทำงานของเอนไซม์คือ 55 องศาเซลเซียส

ตารางที่ 1 แสดงความสุกในรูปของปริมาณกรดที่ไตเตรทและสารละลายของแข็งในลิ้นจี่สายพันธุ์ต่าง ๆ

สายพันธุ์	ความสุก (degree of ripeness)	ปริมาณกรดที่ไตเตรท (Titratable acidity ; %)	สารละลายของแข็ง (Soluble solid; %)
Kwaimi(Tong)	Half-color	0.70	20.4
	ripe	0.31	18.3
Heung Lai	Half-color	0.84	19.5
	ripe	0.50	21.9
Brewster	half-color	0.62	20.6
	ripe	0.47	19.4

ที่มา : Akahoshi และ Ito (1978)

ปริมารกรด (acidity)

ปริมาณกรดในลิ้นจี่ จะแปรผันไปตามชนิดสายพันธุ์ของลิ้นจี่ Singh และ Singh (1954) รายงานปริมาณกรดในลิ้นจี่สายพันธุ์ Indian จำนวน 12 สายพันธุ์ มีค่า 0.20-0.64 % ปริมาณกรดในลิ้นจี่ที่ไม่ระบุสายพันธุ์ที่ปลูกในอาฟริกาใต้มีปริมาณกรดสูงถึง 1.1% (Marloth , 1934)

MAEJO UNIVERSITY ARCHIVES

ปริมาณกรดในลิ้นจี่สุกจะลดลง (Joubert , 1970) Akahoshi และ Ito ก็พบว่าปริมาณกรดจะลดลงเมื่อลิ้นจี่สุก หลังจากเก็บเกี่ยวปริมาณกรดจะลดลง (Huang , 1966) อัตราส่วนของบริกซ์/กรด จะมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อลิ้นจี่สุกและระหว่างการเก็บรักษา และอาจจะมีค่าสูงถึง 80 % ก่อนการเน่าเสีย (Joubert , 1970) อย่างไรก็ตามโดยปรกติแล้ว อัตราส่วนบริกซ์/กรด จะมีค่าต่ำกว่านี้

Chan และ Kwok (1974) ได้พบกรดที่ไม่ระเหยในลิ้นจี่สายพันธุ์ Brewster และยังพบว่า กรดที่มีปริมาณมากในลิ้นจี่คือกรดมาลิค ส่วนที่เหลืออีก 20 % ประกอบด้วยกรดซิตริค , ซัคซินิค , ลีวูลินิค , ฟอสพอริค , กลูทาริค , มาโลนิค และ แลคติค Mathew และ Pushpa (1964) ยังพบว่า กรดมาลิคเป็นกรดที่มีปริมาณมากในลิ้นจี่อีกด้วย

<u>ไวตามินซี</u> (Vitamin C)

ลิ้นจี่จัดเป็นผลไม้ที่เป็นแหล่งของไวตามินซี อย่างไรก็ตามปริมาณไวตามินซีมีค่าแตกต่างกัน Wenkam และ Miller (1965) พบว่าลิ้นจี่สายพันธุ์ Kwai Mai มีปริมาณไวตามินซี 40.2 มก./100 กรัม และสายพันธุ์ Brewster มีปริมาณ 80.8 มก./100 กรัม Chadha และ Rajpoot (1969) รายงานว่าสายพันธุ์ Calcutta Late มีไวตามินซี 44 มก./100 กรัม Thompson (1955) พบว่าลิ้นจี่ไม่ระบุสายพันธุ์มีปริมาณไวตามินซี 90 มก./100 กรัม เมื่อนำมาเปรียบเทียบกับผลไม้บางชนิดที่มีปริมาณไวตามินซีสูง พบว่า ลิ้นจี่มีปริมาณไวตามินซีสูง มะละกอและส้มมีปริมาณไวตามินซี 84 มก./100 กรัม และ 50.5 มก./100 กรัม ตามลำดับ (Wenkam และ Miller , 1965)

<u>สารอาหารอื่น ๆ</u> (Other Nutrients)

ลิ้นจี่ไม่เป็นแหล่งของไธอะมีน , ไรโบฟลาวิน , แคลเซี่ยม , ฟอสฟอรัส และเหล็ก ลิ้นจี่ไม่มีโปรไวตามินเอ อย่างไรก็ตาม Wenkam และ Miller (1965) พบว่าลิ้นจี่สายพันธุ์ Kwai Mi เป็นแหล่งของไนอะซิน แต่ไม่พบในสายพันธุ์ Brewster แหล่งข้อมูลอื่น (Leung 1961 ; Natl . Sci . Dev . Brd , 1964) รายงานว่า ลิ้นจี่ไม่ระบุสายพันธุ์ มีปริมาณไนอะซินน้อยกว่าที่ Wenkam และ Miller รายงาน ดังนั้นจะเห็นว่าลิ้นจี่เป็นแหล่งของไวตามินซี

<u>สารสี</u> (Pigments)

ลิ้นจี่กระป๋องต้องมีเนื้อสีขาว แต่บางครั้งมักเกิดการเปลี่ยนเป็นสีชมพู เนื่องจากผ่านขบวนการแปรรูปด้วยอุณหภูมิสูง Wu (1970) พบว่าเมื่อวิเคราะห์สีชมพูที่เกิดขึ้นโดยวิธีซิน-เลเยอร์โครมาโตแกรม มีค่า Rf ของสารไซยานิดิน สารแทนนินจะค่อย ๆ เปลี่ยนเป็นคาทีชินและลิวโคแอนโธไซยานิน ซึ่งลิวโคแอนโธไซยานินจะค่อย ๆ เปลี่ยนเป็นแอนโธไซยานิน การผันแปรนี้เกิดขึ้นในสภาพที่เป็นกรด และมีอุณหภูมิสูง

MAEJO UNIVERSITY ARCHIVES

เพกทิน (Pectin)

ปริมาณเพกทินในลิ้นจี่มีเพียงเล็กน้อย Fong (1966) พบว่ามีเพียง 0.424 %

5. พื้นที่เพาะปลูกและผลผลิตลิ้นจี่

พื้นที่เพาะปลูกลิ้นจี่ของจังหวัดเชียงใหม่ในปี พ.ศ. 2526 มีพื้นที่เพาะปลูกทั้งสิ้นประมาณ 22,888 ไร่ โดยสวนลิ้นจี่ให้ผลผลิตในพื้นที่ 14,094 ไร่ ผลผลิตรวมทั้งสิ้น 19,027,000 ล้าน ก.ก. เฉลี่ยแล้วต้นลิ้นจี่ ให้ผลผลิต เท่ากับ 67 ก.ก./ต้น หรือ 1,350 ก.ก./ ไร่ (สำนักงานพาณิชย์จังหวัดเชียงใหม่ , 2531)

กรมส่งเสริมการเกษตร (2530) รายงานว่า พื้นที่เพาะปลูกลิ้นจี่ของประเทศไทย ปี 2530 มีพื้นที่เพาะปลูกทั่วประเทศ 51,328 ไร่ ได้ผลผลิตรวม 14,211,630 ก.ก. ผลผลิตเฉลี่ย 450 ก.ก./ไร่/ปี (ดังแสดงในตารางที่ 2) ซึ่งพื้นที่การปลูกลิ้นจี่ในปี พ.ศ. 2529 และ 2530 จะเห็นว่ามีการกระจายอยู่ทุกทิศของประเทศยกเว้นภาคใต้

จะเห็นได้ว่า ภาคที่มีการปลูกลิ้นจี่กันมากที่สุดคือภาคเหนือ ซึ่งจังหวัดที่มีการปลูกลิ้นจี่มากที่สุดคือ จังหวัดเชียงใหม่ ซึ่งตัวเลขในปี พ.ศ. 2530 รายงานว่า ปลูก 22,888 ไร่ ผลผลิตรวม 5,581,224 ก.ก. ผลผลิตเฉลี่ย 396 ก.ก./ไร่/ปี

MAEJO UNIVERSITY ARCHIVES

ตารางที่ 2 แสดงการปลูกสิ้นจี่ทั่วประเทศ ปี พ.ศ.2530

ภาค	พื้นที่เพาะปลูกทั้งหมด(ไร่)			พื้นที่เสียหายโดยสิ้นเชิง			พื้นที่เพาะปลูกคงเหลือ			ผลผลิตรวม ก.ก./ (ก.ก.)	ไร่/ ปี
	ให้ผลแล้ว	ยังไม่ให้ผล	รวม	ให้ผลแล้ว	ยังไม่ให้ผล	รวม	ให้ผลแล้ว	ยังไม่ให้ผล	รวม		
รวมทั้งประเทศ	31,575	19,752	51,328	-	-	-	31,575	19,752	51,328	14,221,630	450
1.ภาคเหนือ	26,925	17,407	44,332	-	-	-	26,925	17,407	44,332	11,676,331	436
2.ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ	59	572	631	-	-	-	59	572	631	15,179	257
3.ภาคกลาง	1,236	91	1,327	-	-	-	1,236	91	1,327	671,880	543
4.ภาคตะวันออก	129	159	228	-	-	-	129	159	228	35,020	271
5.ภาคตะวันตก	3,226	1,524	4,750	-	-	-	3,226	1,524	4,750	1,823,220	565
6.ภาคใต้	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

ที่มา : ฝ่ายวิเคราะห์ข้อมูลส่งเสริมการเกษตร กองแผนงานและโครงการพิเศษกรมส่งเสริมการเกษตร ,2530

MAEJO UNIVERSITY ARCHIVES

6. การเก็บเกี่ยวลิ้นจี่

การที่ช่อดอกของลิ้นจี่ในต้นเดียวกัน บานไม่พร้อมกัน ทำให้การแก่ของผลไม่พร้อมกันด้วย ดังนั้นเวลาเก็บผลลิ้นจี่ ต้องเก็บเฉพาะช่อที่แก่จัด โดยดูจากสีผิวของผลจะแดงจัดหรือบางพันธุ์แดงจนคล้ำ ถ้ายังมีสีอมเขียวอยู่มากหรือสีไม่จัดจะเปรี้ยว การเก็บคงทยอยเก็บ 2-3 วันต่อครั้ง การเก็บควรตัดด้วยกรรไกรให้ติดก้านช่อลงมาด้วย แล้วนำมาแต่งอีกครั้งโดยตัดก้านแห้งและลูกเล็กทิ้ง ภาชนะที่ใส่ลิ้นจี่ควรเป็นตะกร้า เข่งที่ไม่ลึกนัก คือไม่ลึกเกิน 10 นิ้วฟุต เพื่อป้องกันไม่ให้ลิ้นจี่ทับแน่นจนเกินไป ถ้าจะเก็บให้สีของลิ้นจี่อยู่ได้นาน ควรเก็บใส่ถุงพลาสติกและเก็บไว้ในที่เย็นจะดีกว่าปล่อยให้ลมโกรก (สำนักงานส่งเสริมการเกษตรภาคเหนือ เชียงใหม่ , 2531)

บรรจง (2527) รายงานว่า ผลลิ้นจี่หากเก็บเมื่อยังไม่แก่จัดเกินไปจะมีรสเปรี้ยว ปรกติลิ้นจี่ที่แก่พร้อมจะตัดชายนั้น จะมีกลิ่นหอมจากผล โดยเฉพาะถ้าเข้าไปใต้ต้นลิ้นจี่จะมีกลิ่นเหมือนกับลิ้นจี่กระป๋องเข้าจมูก เมื่อถึงระยะนี้แล้วให้ทำการตัดช่อผลได้ แต่ต้องตัดช่วงสาย ๆ ให้น้ำค้างแห้งเสียก่อน เนื่องจากถ้าน้ำค้างยังไม่แห้ง จะทำให้ผลด้านและเน่าเสียง่าย ผลลิ้นจี่ที่แก่จะเป็นสีแดงเข้ม แดงหรือแดงปนชมพูแล้วแต่พันธุ์

การแก่จะไม่แก่พร้อมกันทั้งต้น คือทยอยเก็บไปประมาณ 15-25 วันจึงจะหมดต้น การตัดให้ใช้กรรไกรตัดช่อผล โดยตัดลึกเข้าไปในกิ่งจากข้อช่อผลประมาณ 1-2 คืบ ผลลิ้นจี่ที่มีก้านติดอยู่ด้วยจะสดได้นานกว่า แล้วค่อยทำการแต่งช่ออีกครั้ง

ไพศาล (2527) รายงานว่า ลิ้นจี่แม้ดูจะมีเปลือกหนา แต่ก็ไม่สามารถจะป้องกันการระเหยของน้ำออกจากผลได้ดีเท่าที่ควร ซึ่งการระเหยของน้ำออกจากผลทำให้เปลือกแตกและแห้งเป็นสีน้ำตาล รอยแตกที่ผลก็ทำให้เกิดการเน่าเสียได้ง่าย

ตามปรกติน้ำจะระเหยจากผลลิ้นจี่ประมาณ 10 % ต่อ 7 วัน การป้องกันการระเหยนี้โดยการบรรจุลงในถุงพลาสติกกลับก่อให้เกิดความเสียหายมากขึ้น เพราะเกิดเหงื่อขึ้นภายในถุง และโอกาสที่เชื้อราเข้าทำลายได้ง่ายขึ้น

ข้อมูลจาก Rural Research : a CSTRD quaterly (116) sping , 1982 ; 28-19 ผลการทดลองของประเทศออสเตรเลีย ปรากฏว่าวิธีที่ดีที่สุดคือ นำผลลิ้นจี่แช่ลงใน "เบโนมิล (benomyl)" ซึ่งเรารู้จักกันทั่วไปว่า "เบ็นเลท" 0.05 % ที่อุ่นให้ร้อนถึง 52 องศาเซลเซียส นาน 12 นาที จะช่วยไม่ให้เปลือกลิ้นจี่เปลี่ยนสีและป้องกันเชื้อราได้

การห่อหุ้มลิ้นจี่ด้วยพลาสติก จะต้องใช้พลาสติกที่บางที่สุด เพื่อให้ความชื้นระเหยออกไปได้บ้าง แต่ก็ยังมีความชื้นเหลืออยู่ภายในผลมากพอที่เปลือกไม่แตก หรือเปลี่ยนสี ซึ่ง

MAEJO UNIVERSITY ARCHIVES

การทดลองนี้ได้ทำทั้งภาคพื้นดินและอากาศ โดยไม่มีการควบคุมอุณหภูมิเป็นเวลา 9 วัน จากเริ่มทำการขนส่งปรากฏว่าลิ้นจี่ที่แช่ในเบโนมิลมีรสชาติไม่แตกต่างกับที่ไม่แช่ในเบโนมิล ลิ้นจี่ที่ไม่แช่จะเริ่มเน่า เปลือกเป็นสีน้ำตาลและแข็งเปราะ ในขณะที่ลิ้นจี่ที่จุ่มในเบโนมิลมีเปลือกสีแดงสดตามปรกติ ส่วนปัญหาด้านสารพิษที่ตกค้างบนเปลือกนั้น จากข้อมูลดังกล่าวได้พิสูจน์ว่า ไม่มีอันตรายแก่ผู้บริโภค

7. ประโยชน์ของลิ้นจี่

ลิ้นจี่นิยมใช้บริโภคสด อย่างไรก็ตามสามารถแปรรูปลิ้นจี่ได้หลายวิธี ได้แก่ลิ้นจี่อบแห้ง ซึ่งเรียกว่า "Lichi nuts" หรือ "Lychee nuts" ในระหว่างการอบแห้งเปลือกลิ้นจี่จะเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลและเปราะ แต่ยังคงรูปร่างเดิม เนื้อลิ้นจี่จะหดตัวติดอยู่รอบเมล็ด ลิ้นจี่แห้งมีรสชาติดี และเนื้อสัมผัสคล้ายองุ่นแห้ง

ลิ้นจี่สดนิยมนำมาทำลิ้นจี่ในน้ำเชื่อมกระป๋อง นอกจากนี้ยังสามารถนำมาทำเยลลี่ (Kuhn , 1962) Shaw และคณะ (1955) นำลิ้นจี่มาทำเชอร์เบทกระป๋องและไวส์ครีม

วิธีแปรรูปลิ้นจี่ในลักษณะสด โดยการแช่แข็งทั้งผลหรือปอกเปลือกหรือคว้านเมล็ดออกแล้วแช่ลิ้นจี่ในน้ำเชื่อมก่อนนำไปแช่แข็ง การปอกเปลือกโดยใช้คนงาน อย่างไรก็ตาม Chan และ Cavaletto (1973) สามารถปอกเปลือกลิ้นจี่โดยใช้วิธีการจุ่มในสารละลายด่างร้อน และใช้เครื่องปอกควบคู่กัน

Huang (1966) ได้นำลิ้นจี่มาหมักทำยาจีน หรืออาจจะใช้ในการทำไวน์ก็ได้

8. การขนถ่ายและการเก็บรักษาลิ้นจี่สด (Handling and Storage of fresh fruit)

การรักษาสภาพลิ้นจี่ในท้องตลาดให้สด เป็นเรื่องยุ่งยาก เนื่องจากมีการขนส่งลิ้นจี่มาจากแหล่งปลูกเป็นระยะทางไกล ๆ เมื่อลิ้นจี่มีความชื้นลดลง เปลือกจะเปลี่ยนจากสีแดงเป็นสีน้ำตาลอย่างรวดเร็ว สภาพเช่นนี้ในทางการค้าถือว่าใช้ไม่ได้ ถ้าเก็บลิ้นจี่ไว้โดยไม่บรรจุในภาชนะที่อุณหภูมิห้อง จะสามารถรักษาสภาพลิ้นจี่สดได้ไม่เกิน 72 ชั่วโมง (Macfie , 1954)

Akamine (1960) กล่าวว่า การที่เปลือกลิ้นจี่เปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลเนื่องจากเอนไซม์ ซึ่งน่าจะเกิดจากปฏิกิริยาการเติมอากาศของสารโพลีฟีนอล ในสภาพที่ลิ้นจี่มีความชื้นต่ำ เขายังแสดงให้เห็นว่าสีเปลือกลิ้นจี่จะไม่คล้ำเมื่อนำไปเก็บไว้ในสภาพสูญญากาศสูงหรือนำไปแช่ในสารละลายกรดแอสคอบิค เปลือกลิ้นจี่จะมีสีคล้ำเมื่อนำไปให้ความร้อนในสภาพที่สัมผัสกับอากาศ Akamine ยังพบว่าเปลือกลิ้นจี่จะมีสีดำคล้ำยิ่งขึ้นเมื่อสัมผัสกับอากาศ Campbell (1959) และ Akamine (1960) ยังพบว่าการเปลี่ยนสีน้ำตาลจะลดลงเมื่อเก็บรักษาลิ้นจี่ไว้ในถุงโพลี-เอธีลิน แล้วนำไปแช่เย็นโดยสามารถเก็บรักษาลิ้นจี่ไว้ที่อุณหภูมิ 2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 สัปดาห์

MAEJO UNIVERSITY ARCHIVES

การเน่าเสียเป็นปัญหาที่เกิดขึ้นระหว่างการเก็บรักษา เมื่อทำความสะอาดด้วยคลอรีน แล้วบรรจุในถุงโพลีเอธีลีน และเก็บไว้ที่ 10 องศาเซลเซียส จะสามารถยืดอายุการเก็บรักษาออกไปได้ (Macfie , 1954) ในการเก็บลิ้นจี่ในสภาพที่อากาศเข้าออกไม่ได้บางครั้งทำให้เปลือกชีดได้ Akamine (1960) กล่าวว่า การชีดของเปลือก จะแปรผันตามปริมาณออกซิเจน และอัตราการเกิดการชีดของเปลือกจะแปรผันตามปริมาณออกซิเจนที่คงเหลือสารสีในเปลือกน่าจะเป็นแอนโธไซยานิน ถึงแม้ว่ายังไม่ได้มีผลยืนยันจากการทดลอง

Akamine แนะนำว่า สภาพการเก็บรักษาลิ้นจี่ที่เหมาะสมที่สุดโดยการบรรจุในถุงโพลีเอธีลีนและเก็บรักษาไว้ที่ 2 องศาเซลเซียส

9. การอบแห้ง

ปัจจุบันการทำลิ้นจี่แห้งยังอาศัยแสงแดดในการตากแห้ง ซึ่งมักประสบปัญหาการเน่าเสียเป็นจำนวนมาก ตู้อบที่ใช้อบแห้งยังมีค่าใช้จ่ายสูงในการก่อสร้าง

จรรยาและพิพัฒน์ (2523) ได้ทำการทดลองอบกล้วยโดยใช้ตู้อบแสงแดด ซึ่งออกแบบโดยลาวัลย์ (2518) ในการอบกล้วย (Musa sapientum Linn , a racea) การอบใช้เวลา 3 วัน ในการอบกล้วยสุก ซึ่งมีสารละลายของแข็ง 15-20 % ในตู้อบ ส่วนการตากแดดจะทำให้กล้วยมีคุณภาพดีสะอาดถูกสุขลักษณะ

สมยศ (2530) ได้ทำการอบมะม่วงแช่อิ่มในเครื่องอบแห้งแบบลดความชื้น โดยใช้ตู้อบขนาดสูง 12 นิ้ว ยาว 53 นิ้ว และกว้าง 32 นิ้ว หุ้มด้วยแผ่นสังกะสีบุด้วยใยแก้วเพื่อป้องกันมิให้ความร้อนและความเย็นเข้าออกได้ ที่อบมีขนาดสูง 22 นิ้ว ยาว 34 นิ้ว และกว้าง 32 นิ้ว หรือมีปริมาณ 0.39 ลูกบาศก์เมตร ซึ่งแบ่งออกเป็น 6 ชั้น มีประตูปิดเปิดได้ ส่วนภายในมีคอยล์เย็นคอยล์ร้อน และที่กระจายอากาศร้อนมีพัดลมภายนอกมีคอมเพรส-เซอร์ เพื่อลดน้ำยา และมีมอเตอร์พัดลมร้อนใช้ในการอบมะม่วงแช่อิ่มที่อุณหภูมิ 40 องศาเซล-เซียส ใช้ค่าไฟฟ้าประมาณ 33 สตางค์ต่อ 1 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ค่าใช้จ่ายทุกอย่างในการทำตู้อบประมาณ 18,000 บาท และได้มะม่วงแช่อิ่มมีสีดีน่ารับประทาน

สิงหนาท และคณะ (2533) ได้ทำการอบผักกาดหงส์ ผักกะหล่ำปลี และผักกาดแม้ว ในตู้อบแห้งแบบถาด โดยใช้แก๊สหุงต้มเป็นเชื้อเพลิง มีขนาดกว้าง 0.80 เมตร ลึก 0.60 เมตร และสูง 1.03 เมตร ผนังด้านบนและด้านข้างบุด้วยใยแก้ว ด้านบนและด้านข้างมีช่องระบายอากาศโดยอาศัยการพาตามธรรมชาติ ด้านในแบ่งออกเป็น 3 ชั้น มีประตูปิดเปิดได้ ด้านล่างติดตั้งเตาแก๊สแบบหัวกะโหลก บนเตามีแผ่นเหล็ก เพื่อส่งถ่ายความร้อนให้กระจายไปทั่วตู้ สามารถอบผักต่าง ๆ ดังกล่าวให้แห้งที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส โดยมีสีและคุณภาพดี

MAEJO UNIVERSITY ARCHIVES

การอบแห้งเป็นวิธีการที่จะดึงน้ำในอาหารออกไปด้วยความร้อน โดยจะมีการถ่ายเทความชื้นและการเทความร้อนตามลำดับ การถ่ายเทความร้อนในการอบแห้งมี 3 วิธีคือ การนำความร้อน การพาความร้อน และการแผ่รังสีความร้อน อย่างไรก็ตามการถ่ายเทความร้อนทั้ง 3 วิธีนี้ จะมีเพียงวิธีเดียวที่มีบทบาทต่ออัตราการอบแห้ง

วิชัย (2518) กล่าวว่า การถนอมอาหารโดยการอบแห้ง คือการดึงน้ำออกจากอาหารให้มากเพียงพอที่อาหารนั้นสามารถเก็บรักษาอยู่ได้โดยไม่เน่าเสีย เนื่องจากจุลินทรีย์อาหารแต่ละชนิดที่นำมาทำแห้งทำให้น้ำเหลืออยู่ภายในอาหารได้มากน้อยไม่เท่ากัน ขึ้นอยู่กับองค์ประกอบนั้นเป็นสำคัญ ผักมีส่วนประกอบของน้ำตาลอยู่ต่ำมาก จึงสามารถทำให้แห้งสนิท ความชื้นจะต้องต่ำกว่า 5 % ซึ่งแต่กต่างจากผลไม้ซึ่งมีน้ำตาลอยู่สูง จึงไม่สามารถทำให้แห้งสนิทได้ ความชื้นจึงอยู่ระหว่าง 10-15 %

10. อัตราการอบแห้ง

อัตราการอบแห้ง ประกอบด้วยอัตราการอบแห้งคงที่และอัตราการอบแห้งลดลง ในการดึงน้ำออกจากอาหาร Charm (1978) พบว่า อัตราการดึงน้ำออกจากอาหารจะคงที่อยู่ระยะหนึ่ง ซึ่งจะเสร็จสิ้นลงเมื่ออัตราการระเหยน้ำค่อย ๆ ลดลง ซึ่งเรียกว่าอัตราการอบแห้งลดลง

การอบแห้งผลผลิตทางการเกษตร ในการอบแห้งความชื้นที่ดึงออกจากอาหารจะขึ้นกับเวลา ในงานวิจัยส่วนมากรายงานอัตราการอบแห้งเป็นปริมาณความชื้นที่ระเหยไปต่อเวลา (Moisture ratio and time) มีผู้คิดโมเดลทางคณิตศาสตร์ สำหรับการอบแห้งแบบชั้นบาง (Thin layer drying)ของเมล็ดธัญญพืช และนิยมใช้เป็นสมการอบแห้ง ผลผลิตทางการเกษตรโดยเฉพาะอย่างยิ่งเมล็ดธัญญพืช และนิยมใช้ในการอบแห้งแบบชั้นบาง (Hunkil, 1977) ดังนี้

$$\frac{dM}{dt} = -k\,(M-Me) \qquad \ldots\ldots(1)$$

Handerson และ Pabis (1961) ได้เสนอสมการไว้ดังนี้

$$MR = \exp(-kt) \qquad \ldots\ldots(2)$$

Thomson และคณะ(1968) ได้เสนอสมการอบแห้งดังนี้

$$t = A \ln MR + B\,(\ln MR)^2 \qquad \ldots\ldots(3)$$

Overhults และคณะ(1973) ได้ศึกษาการอบแห้งถั่วเหลืองโดยใช้ถั่วเหลืองที่มีความชื้น 20-33 % อากาศร้อนที่ใช้อบแห้งมีอุณหภูมิ 140 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิที่จุดน้ำค้างแข็ง (Dew point) มีค่า 8 องศาเซลเซียส และได้ใช้สมการของ Page's drying equation ในการวิเคราะห์ข้อมูลดังนี้

MAEJO UNIVERSITY ARCHIVES

$$MR = \frac{M-Me}{Mo-Me} = \exp(-kt)^n \quad .....(4)$$

โดย

MR = อัตราส่วนความชื้น (Moisture ratio)

M = ความชื้น (ร้อยละของน้ำหนักแห้ง)ที่เวลา ใด ๆ

Mo = ความชื้นสมดุล (Equilibrium moisture content) (ร้อยละของน้ำหนักแห้ง)

t = เวลา (ชม.)

k = Empirical drying constant , h^{-1}

n = Empirical drying exponent

A,B = ค่าคงที่

$\frac{dM}{dt}$ = ปริมามความชื้นที่สูญเสียไปต่อเวลา

Singhanat (1986) ได้ศึกษาการอบแห้งถั่วลันเตาโดยนำถั่วลันเตาไปลวกในน้ำเดือดที่มีโซเดียมเมตะไบซัลไฟต์ 0.5 % ผสมกับแมกนีเซียมออกไซด์ 0.1 % และโซเดียมไบคาร์บอเนต 0.1 % เป็นเวลา 2 นาที แล้วนำไปอบแห้งในตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 50 , 60 และ 70 องศาเซลเซียส พบว่า การใช้อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียสในการอบถั่วลันเตาอบแห้งมีคุณภาพดีที่สุดและได้เสนอสมการการอบแห้งถั่วลันเตาดังนี้

$$\ln k = a + \frac{b}{Ta}$$

$$\ln k = 11.07683 - \frac{6718.038}{Ta} \; ; \; (R^2 = 0.993)$$

โดย Ta = อุณหภูมิสัมบูรณ์ของอากาศในตู้อบ (องศาโรเมอร์)

11. ผลของอุณหภูมิต่อคุณภาพของอาหารแห้ง

การทำแห้งโดยทั่วไปของอาหารจำพวก Dehydrated food จะใช้อากาศเป็นตัวกลางในการพาความร้อนไปถึงอาหาร น้ำบริเวณผิวอาหารจะระเหยออกมาก่อน ทำให้ความเข้มข้นของเซลล์บริเวณผิวสูงขึ้น ทำให้เกิดความแตกต่างของค่าแรงดันออสโมติกระหว่างเซลผิวกับเซลที่อยู่ถัดไปด้านใน ดังนั้นน้ำจากเซลที่อยู่ถัดไปก็จะซึมออกสู่บริเวณผิวนอกและสัมผัสกับความร้อน ก็จะระเหยออกไปเรื่อย ๆ เมื่อมีการระเหยของน้ำออกจากเซลล์ ก็จะมีผลให้แรงเต่งของเซลล์เปลี่ยนไป การลดแรงเต่งของเซลล์ไม่เท่ากันทุกเซลล์ จึงทำให้อาหารมีลักษณะเหี่ยวย่น ในอาหารแห้งการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์จะเกิดน้อยกว่าปกติ ทั้งนี้ เนื่องมา

MAEJO UNIVERSITY ARCHIVES

จากอาหารอบแห้งนั้นมีปริมาณน้ำที่เป็นประโยชน์ต่อการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ต่ำกว่าในอาหารสด ตามปกตินั้นน้ำในอาหารสดจะมีความชื้นปริมาณร้อยละ 75-90 (อรวินทร์ และประชา , 2522) และมีค่าความถ่วงจำเพาะอยู่ในช่วง 0.95-1.00 ในอาหารที่ระเหยเอาน้ำออก (Dehydrated food) จะมีความชื้นอยู่เพียงร้อยละ 15-30 และมีค่าความถ่วงจำเพาะอยู่ในช่วง 0.65-0.85 (ไพโรจน์ , 2526) นอกจากปริมาณความชื้นจะลดลงแล้ว ยังทำให้อาหารเกิดการเปลี่ยนแปลงทางเคมี ในระหว่างการอบแห้งและการเก็บรักษา

12. การเกิดสีน้ำตาลในผักผลไม้ (Browning)

การเกิดสีน้ำตาลเนื่องจากความร้อนระหว่างการอบแห้ง (Caramellization) จะเป็นผลของเวลาและอุณหภูมิที่ใช้ในการอบแห้งควบคู่กัน ถ้าใช้อุณหภูมิสูงและใช้เวลานานจะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงเป็นสีน้ำตาลเกิดขึ้นได้ ซึ่งพอสันนิษฐานได้ว่าเกิดการไหม้ของน้ำตาลขึ้น การเกิดสีน้ำตาลจากความร้อนถ้าเกิดสูงขึ้นทำให้รสชาติเปลี่ยนไปและเป็นเหตุให้ปริมาณของวิตามินซีสูญเสียไป และสาเหตุอีกอันหนึ่งเกิดสีน้ำตาลเนื่องจากปฏิกิริยาเคมีที่เรียกว่าเมลลาด (Maillard reaction) ซึ่งเกิดจากการเปลี่ยนแปลงทางเคมีของกลุ่มพวกอัลดีไฮด์ (Aldehyde) หรือคีโตน (Ketone) กับสารประกอบอะมิโน ซึ่งก่อให้เกิดสารประกอบที่มีโมเลกุลใหญ่สีน้ำตาลขึ้น

Stadtman และคณะ (1948) แสดงให้เห็นว่าเอปริคอทอบแห้งจะเปลี่ยนเป็นสีคล้ำลงถ้าสัมผัสกับออกซิเจน อันเป็นผลเนื่องจากเอนไซม์(Enzymatic browning reaction) เมื่อทำการสกัดสารที่ทำให้เกิดสีน้ำตาลโดยใช้สารเอทธิลอะซีเตท พบว่าสามารถสกัดสารเฟอฟูรอลดีไฮด์ (furfuraldehyde) ออกมาในระหว่างการสกัด จะไม่เกิดปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลและเมื่อหยุดการสกัดจะเกิดสีน้ำตาลขึ้นมาอีก เมื่อวิเคราะห์ส่วนประกอบในส่วนที่สกัดได้ พบว่ามีสารประกอบพวกเฟอฟูรอลดีไฮด์ และไฮดรอกซีเมทธิลเฟอฟูรอล (Hydroxy Methyfurfural) และเมื่อเติมสารเฟอฟูรอลลงไปในน้ำเอปริคอท จะทำให้อัตราเกิดสีน้ำตาลเร็วขึ้น

ถึงแม้ว่าการเกิดสีน้ำตาลจากปฏิกิริยาเมลลาด (Maillard reaction) จะไม่มากแต่ก็มีผลต่อการยอมรับของผู้บริโภค เพราะทำให้คุณค่าอาหารลดลง สารประกอบที่ให้สีน้ำตาลส่วนใหญ่จะเป็นพวก Unsaturated Polycarboxylic acid และสารประกอบที่ให้สีเหล่านี้มักก่อให้เกิดสารระเหยที่มีคุณสมบัติให้กลิ่นคือ Substituted pyrazines ซึ่งจะให้กลิ่นผิดปกติไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค (ไพโรจน์ , 2526)

MAEJO UNIVERSITY ARCHIVES

การใช้ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในการเก็บรักษาสีของอาหารนั้น นิยมใช้ในการผลิตผลไม้แห้งเพื่อป้องกันการเกิดสีน้ำตาล โดยทั่วไปจะใช้ปริมาณ 1,500-2,000 ส่วนในล้านส่วน (ศิริลักษณ์ , 2525) ในผักจะใช้ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ภายหลังจากการนึ่ง ก่อนทำแห้งในรูปของโซเดียมซัลไฟต์ ในการป้องกันการเสื่อมคุณภาพของอาหารระหว่างการทำแห้งและระหว่างการเก็บรักษา กล่าวคือ จะช่วยในการรักษาสีธรรมชาติของอาหารและป้องกันการสูญเสียวิตามินซีและโปรวิตามินเอ

อุปกรณ์และวิธีการ

1. ตู้อบแห้ง

โดยการศึกษาการอบแห้งลิ้นจี่ในตู้อบไฟฟ้าและถังอบโดยออกแบบให้ใช้แก๊สหุงต้มเป็นเชื้อเพลิง

1.1 ตู้อบไฟฟ้า

ตู้อบแบบถาด (Cabinet Tray dryer) มีขนาดกว้าง 1.22 เมตร สูง 1.68 เมตรและลึก 0.79 เมตรมีปริมาตร 1.62 ลูกบาศก์เมตร ช่วงอุณหภูมิสูงสุด 200 องศาเซลเซียส ประกอบด้วยเทอร์โมสแตท สามารถตั้งเวลาทำงานของขดลวดความร้อนได้ ด้านในตู้มีตะแกรงโปร่ง 6 ชั้น เพื่อวางผลไม้ที่จะอบแห้ง มีพัดลมกระจายความร้อนด้วยอัตรา 3.82 ลบ.เมตร/นาที หรือมีความเร็วลม 311.5 เมตร/นาที ด้านบนมีช่องระบายความชื้นออกจากตู้อบ ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 12.5 ซม. การอ่านอุณหภูมิจากหน้าปัทม์สามารถปรับตัดอุณหภูมิได้โดยวิธีใช้เทอร์โมสแตท ตู้อบเป็นรุ่น TYPE HA40 , V 380 , pH 3PH.4LING , HPSH.P3.5A , A6 , W5,000

1.2 ถังอบลิ้นจี่ (Bin Dryer)

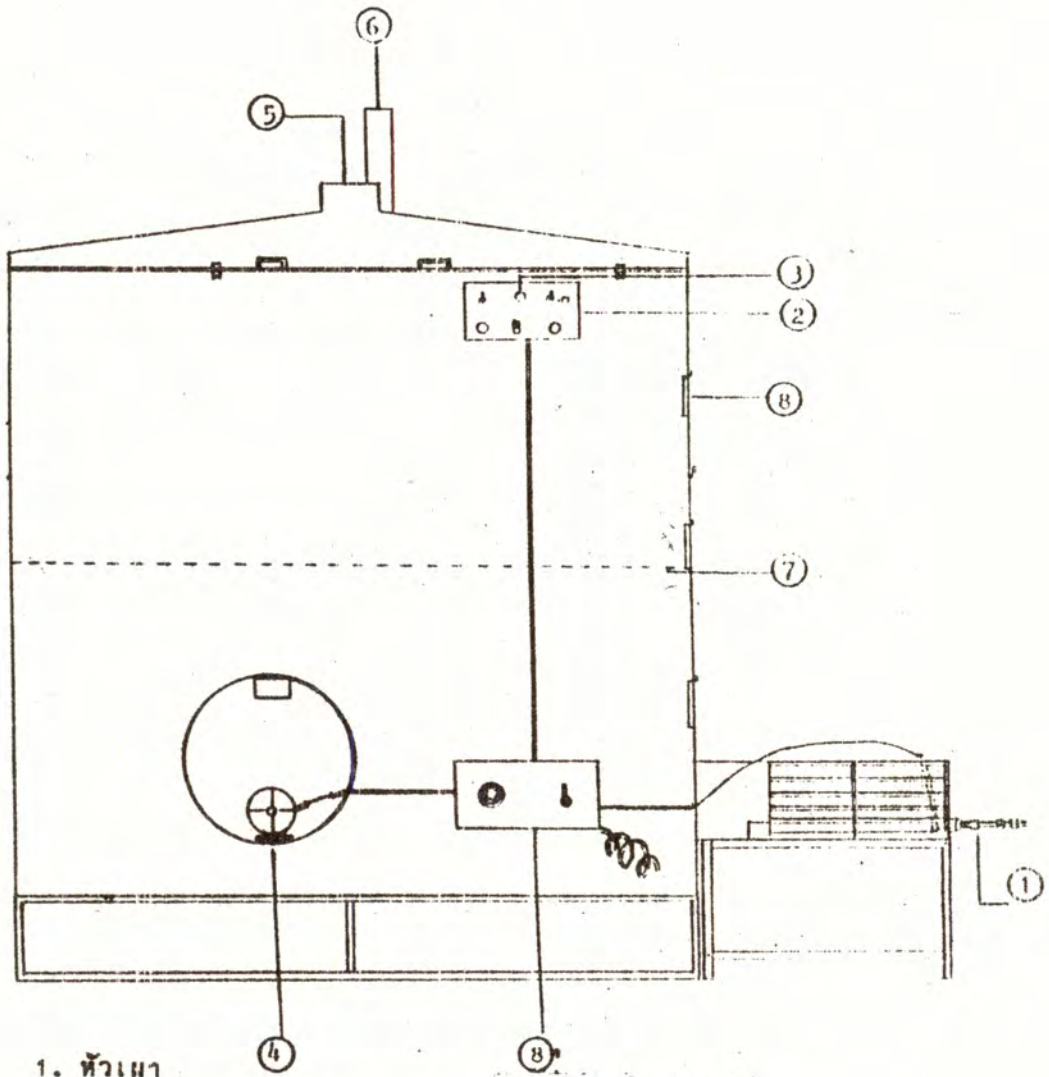
ในการออกแบบสร้างถังอบลิ้นจี่ประกอบด้วยส่วนสำคัญ 3 ส่วนคือ ถังอบ (Bin) หัวเผา (Burner) และ พัดลม (Fan) รายละเอียดและส่วนประกอบของถังอบดังแสดงในรูปที่ 1

1.2.1 ถังอบ (Bin) ถังอบเป็นรูปทรงกระบอกมีเส้นผ่าศูนย์กลาง 1.2 เมตร สูง 0.8 เมตร ภายในมีตะแกรงทำด้วยเหล็กสเตนเลสปลอดสนิม มีรูเปิด 38 % ฝาครอบเป็นรูปทรงกรวยทำมุม 14 องศา ด้านบนมีช่องระบายความชื้นมีเส้นผ่าศูนย์กลาง 15 ซม. ออกแบบตามวิธีการคำนวณของ Brooker , Bakker- Arkema และ Hall (1975) ภายนอกบุด้วยฉนวนใยแก้ว หนา 1 ซม. เพื่อป้องกันการสูญเสียความร้อน ดังแสดงในรูปที่ 1-3

MAEJO UNIVERSITY ARCHIVES

1.2.2 หัวเผา (Burner) หัวเผามีช่องนำแก๊สขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 3 ซม. ต่อเข้ากับถังแก๊ซ ควบคุมอัตราการไหลของแก๊ซโดย โซเลนอยวาล์ว และมีมาตรวัดความดันของแก๊สที่ถังแก๊ซ สามารถปรับอัตราส่วนของปริมาณแก๊สกับอากาศได้ การควบคุมอุณหภูมิโดยการใช้เทอร์โมสแตท และเทอร์โมคุปเปิล เป็นอุปกรณ์ช่วยในการลดอัตราการไหลของแก๊สร่วมกับโซลินอยวาล์ว อุณหภูมิในถังอบอ่านได้จากเทอร์โมมิเตอร์แบบหน้าปัทม์ ความร้อนจากหัวเผาจะส่งผ่านเข้าไปในท่อแลกเปลี่ยนความร้อน (heat exchanger) ขนาด 5 ซม. ความยาว 10 เมตร อากาศเสียจะไหลออกจากถังอบโดยผ่านออกไปทางช่องไอเสีย ซึ่งต่อกับท่อแลกเปลี่ยนความร้อน ดังแสดงในรูปที่ 1-3

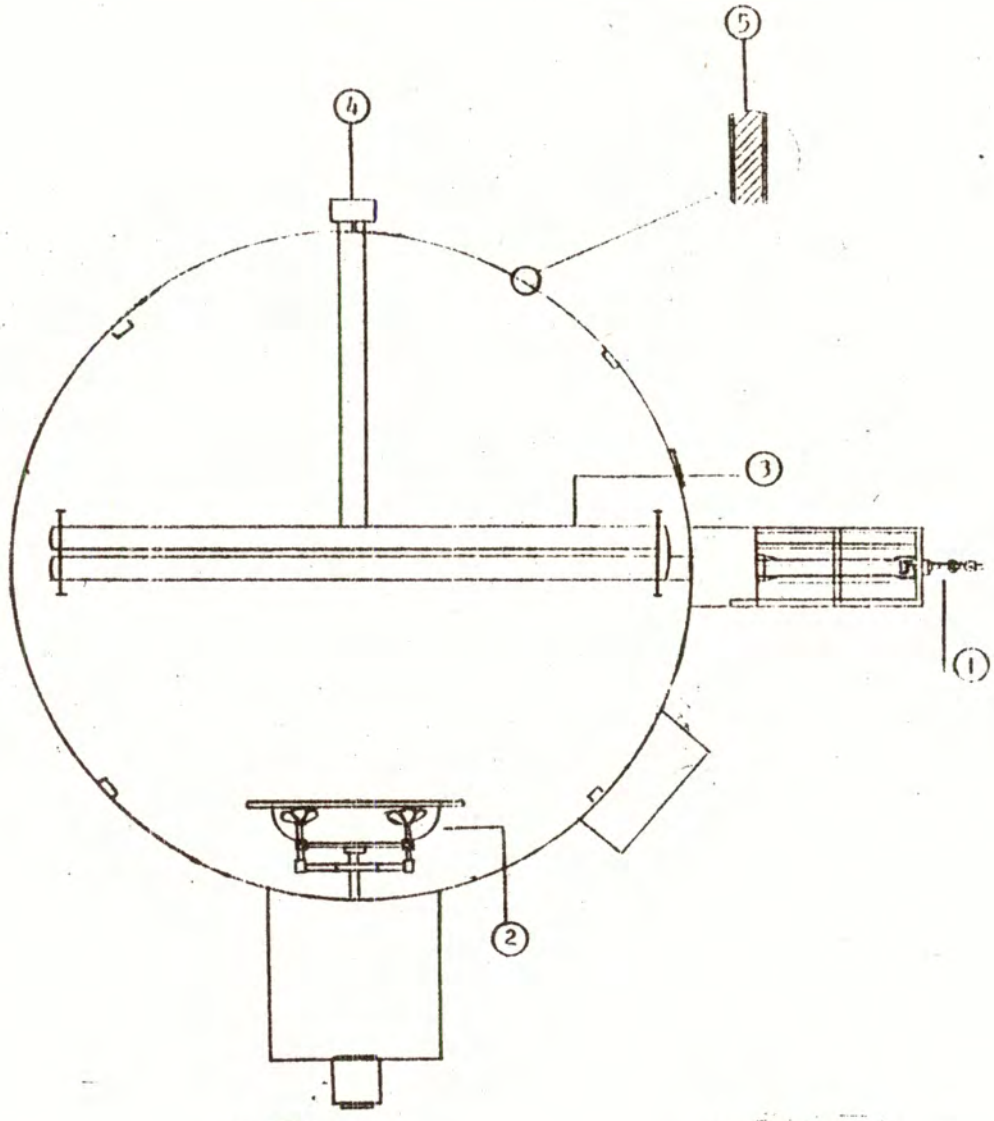
MAEJO
UNIVERSITY
ARCHIVES



1. หัวเผา
2. แผงควบคุมระบบไฟฟ้า
3. เทอร์โมมิเตอร์
4. พัดลม
5. ช่องระบบความชื้น
6. ช่องไอเสีย
7. ตะแกรง
8. ช่องเก็บตัวอย่าง

รูปที่ 1 ถังอบ

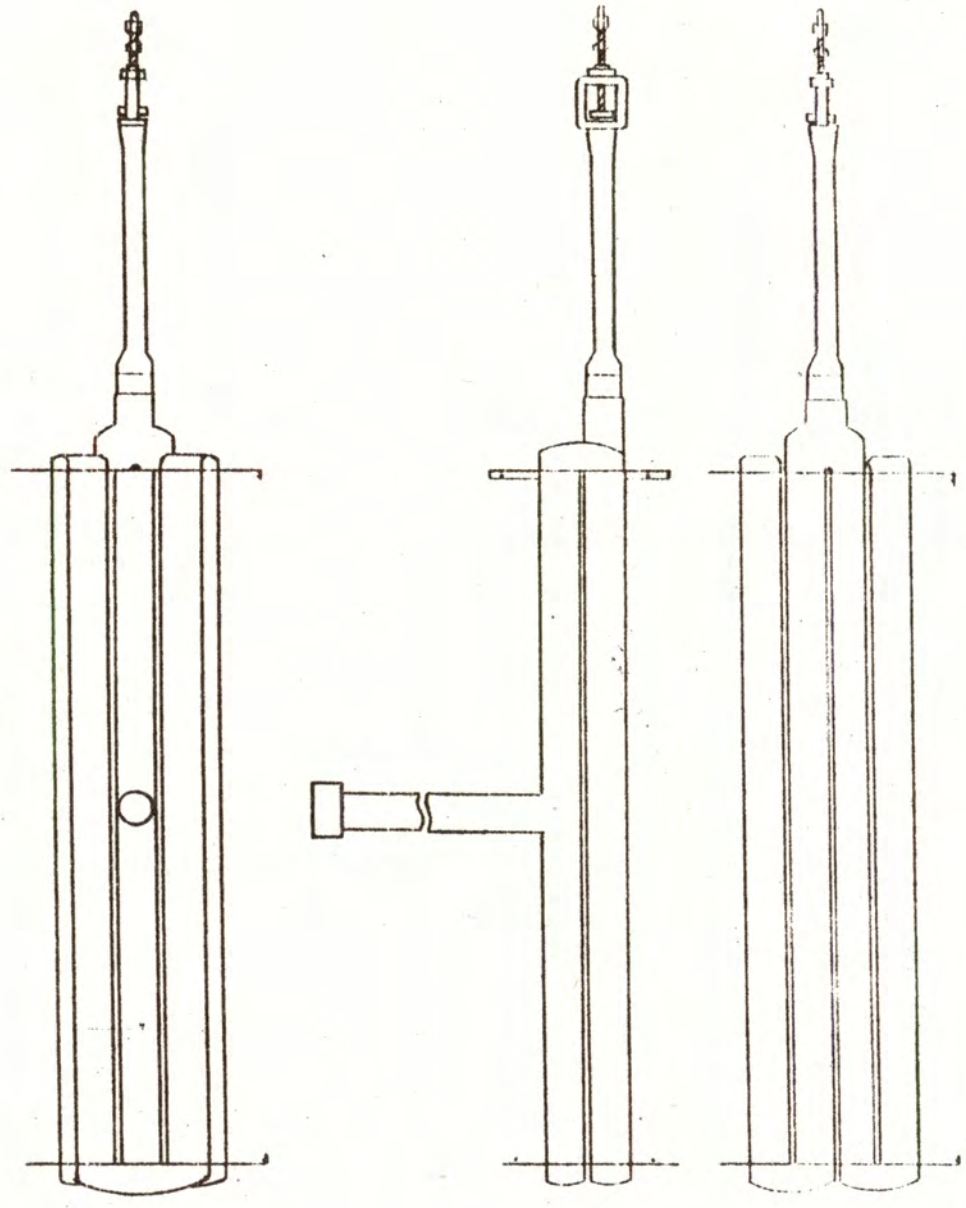
MAEJO UNIVERSITY ARCHIVES



1. หัวเผา
2. พัดลม
3. ท่อแลกเปลี่ยนความร้อน
4. ช่องไอเสีย
5. ผนังตู้บุใยแก้ว

รูปที่ 2 ตู้อบ (ภาคตัดขวาง)

MAEJO
UNIVERSITY
ARCHIVES



รูปที่ 3 หัวเผาและท่อแลกเปลี่ยนความร้อน

MAEJO UNIVERSITY ARCHIVES

1.2.3 พัดลม (Fan) ภายในถังอบมีพัดลมขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของใบพัด 25 ซม. จำนวน 2 ตัว ขับเคลื่อนด้วยมอเตอร์ขนาด 1/3 แรงม้า 1 ตัว หมุนด้วยความเร็วรอบ 2,800 รอบ/นาที ออกแบบตามวิธีการคำนวณของ Brooker , Bakker-Arkema และ Hall (1975) หมุนเวียนอากาศและความชื้นออกจากถังอบด้วยอัตรา 2.7 ลบ.เมตร/นาที หรือมีความเร็วของลม 155 เมตร/นาที ดังแสดงในรูปที่ 1 และ 2

2. การทดสอบการอบแห้ง

ก. วัตถุดิบได้แก่ ลิ้นจี่สายพันธุ์ฮงฮวย

ลิ้นจี่ที่ใช้ในการทดลองได้จากสวนลิ้นจี่ของสาขาไม้ผล ภาควิชาเทคโนโลยีทางพืช สถาบันเทคโนโลยีการเกษตรแม่โจ้ โดยนำลิ้นจี่มาตัดก้านและทำความสะอาดก่อนนำไปทำการทดลอง

ข. การศึกษาผลของขบวนการก่อนการอบแห้งดังนี้คือ

(1) ลวกในน้ำเดือดนาย 2 นาที

(2) ลวกในสารละลายโซเดี่ยมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 0.5 % นาน 2 นาที

(3) ลวกในสารละลายโซเดี่ยมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 0.5 % นาน 2 นาที แล้วนำไปรมควันกำมะถัน 0.5 % (น้ำหนัก/น้ำหนัก) นาน 1 ชั่วโมง

3. การอบแห้ง

ก. นำลิ้นจี่ที่ผ่านขบวนการก่อนการอบแห้งไปอบในตู้อบไฟฟ้า โดยควบคุมอุณหภูมิต่าง ๆ กันได้แก่ 60 , 70 และ 80 องศาเซลเซียสตามลำดับ

ข. นำลิ้นจี่ไปผ่านขบวนการก่อนการอบแห้งตามข้อ 2 ข(1) นำไปอบในถังอบที่ออกแบบไว้ตามข้อ 1.2

4. การทดสอบการอบแห้ง

(1) นำลิ้นจี่ไปผ่านขบวนการก่อนการอบแห้งตามข้อ 2 ไปอบในตู้อบไฟฟ้า ศึกษาถึงผลของอุณหภูมิและขบวนการก่อนการอบแห้งต่ออัตราการอบแห้งแต่ละกรรมวิธี ตลอดจนหาอุณหภูมิและเวลาที่เหมาะสมในการอบแห้ง

(2) ในลิ้นจี่ไปผ่านขบวนการก่อนการอบแห้งตามข้อ 2 ข (1) นำไปอบในถังอบที่ออกแบบไว้ที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส ศึกษาถึงอัตราการอบแห้ง และอัตราการใช้เชื้อเพลิง

5. การประเมินผลทางประสาทสัมผัส

โดยให้ผู้บริโภคที่ได้รับการฝึกฝนมาแล้วชิมตัวอย่างแล้วประเมินการยอมรับโดยการให้คะแนนแบ่งโดยวิธีฮีโดนิคสเกล ตัวอย่างทั้งหมดจะแตกต่างกันตามวิธีก่อนการอบแห้ง และ

MAEJO UNIVERSITY ARCHIVES

อุณหภูมิที่ใช้ในการอบแห้ง แล้ววิเคราะห์ผลทางสถิติโดยใช้วิธี Factorial in Randomize Block design และวิธี Duncan's Multiple Range Test สำหรับอัตราการอบแห้งโดยนำข้อมูลอัตราส่วนความชื้นและเวลาไปพลอทในกระดาษกราฟเซมิล๊อก แล้ววิเคราะห์การถดถอย (Regression Analysis) โดยใช้ไมโครคอมพิวเตอร์

6. การทดสอบทางกายภาพ

(1) สีโดยการเปรียบเทียบลิ้นจี่หลังอบแห้งกับแผ่นเทียบสี Munsel Book of Color

(2) เส้นผ่าศูนย์กลางเฉลี่ย (Gromutric mean diameter ; GMD) โดยนำลิ้นจี่มาวัดขนาดแล้วคำนวณเส้นผ่าศูนย์กลางเฉลี่ยจาก

$$GMD = \sqrt[3]{abc}$$

(3) ความหนาแน่น (Density) โดยนำลิ้นจี่จากทุกการทดลองมาหาความหนาแน่น โดยวิธีของ Moshenin (1975)

(4) ความกลม (Roundness) โดยนำลิ้นจี่จากทุกการทดลองมาหาความกลมโดยใช้เครื่องฉายข้ามศีรษะและ Simpson's rule

(5) ช่องว่างระหว่างผล (Percent void) โดยนำผลลิ้นจี่มาใส่ในบีกเกอร์ 1000 มิลลิลิตร หักปริมาตรลิ้นจี่ออก ปริมาตรที่เหลือคือช่องว่างระหว่างผล

(6) ความหนาแน่นเชิงปริมาตร (Bulk density) โดยชั่งน้ำหนักลิ้นจี่ต่อปริมาตรในบีกเกอร์ 1,000 มิลลิลิตร

7. การทดสอบทางเคมี

โดยนำลิ้นจี่สดและลิ้นจี่แห้งมาวิเคราะห์ส่วนประกอบทางเคมีดังนี้

(1) ปริมาณกรด (acidity) โดยการไตเตรทกับ 0.1 N NaOH โดยมีฟีนอล์ฟ-ธาลีนเป็นอินดิเคเตอร์

(2) ความเป็นกรดเป็นด่างโดยใช้ pH-meter

(3) ปริมาณไขมันโดยวิธี Soxhlet ซึ่งเป็นวิธีมาตรฐาน(Standard Method)

(4) ปริมาณโปรตีนโดยวิธี เจห์ดาห์ล (Kjeldahl Method)

(5) ปริมาณน้ำที่เป็นประโยชน์ (Water activity) โดยใช้เครื่อง Water activity determinator (Novasina , MIK - 3000)

(6) ปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์โดยวิธีการกลั่นซึ่งเป็นวิธีมาตรฐาน (Standard Method)

MAEJO UNIVERSITY ARCHIVES

ผลและวิจารณ์ (Results and Discussion)

1. การอบแห้ง

1.1 ตู้อบไฟฟ้า ศึกษาผลของขบวนการก่อนการอบแห้งลิ้นจี่ โดยนำลิ้นจี่มาผ่านขบวนการต่าง ๆ คือ ผ่านการลวกในน้ำเดือดนาน 2 นาที ผ่านการลวกในสารละลายโซเดี่ยม-ไฮดรอกไซด์เข้มข้น 0.5 % นาน 2 นาที และผ่านการลวกในสารละลายโซเดี่ยมไฮดรอกไซด์ 0.5 % นาน 2 นาที แล้วนำไปรมควันกำมะถัน 0.5 % นาน 1 ชั่วโมง โดยวางลิ้นจี่บนตะแกรงในตู้อบถาดละ 2 กิโลกรัม และอบแห้งในตู้อบไฟฟ้าที่อุณหภูมิ 60 , 70 และ 80 องศาเซลเซียส ตามลำดับ โดยอุณหภูมิภายนอกตู้อบระหว่างการอบมีค่าประมาณ 25 - 32 องศาเซลเซียส และความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 60-70

1.2 ถังอบ ศึกษาอัตราการอบแห้ง และอัตราการใช้เชื้อเพลิงเปรียบเทียบกับตู้อบไฟฟ้า พบว่า การอบแห้งโดยใช้ตู้อบไฟฟ้าและถังอบมีการใช้เชื้อเพลิงดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 แสดงอัตราการใช้เชื้อเพลิงของตู้อบไฟฟ้าและถังอบ

ชนิดตู้อบ	ปริมาณเชื้อเพลิงที่ใช้		
	พัดลม (Kw-hr.)	เครื่องให้ความร้อน	ค่าใช้จ่าย บาท/ก.ก. ลิ้นจี่แห้ง
ตู้อบไฟฟ้า	9.24	45.25 kw-hr.	167.59
ถังอบ	13.37	5.3 ก.ก.	88.75

หมายเหตุ : คำนวณจากอัตราค่าไฟฟ้าหน่วยละ 1.56 บาท
สำนักงานพลังงานแห่งชาติ กระทรวงวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและการพลังงาน , 2530

MAEJO UNIVERSITY ARCHIVES

เมื่อพิจารณาปริมาณเชื้อเพลิงที่ใช้ในการอบแห้ง โดยใช้ตู้อบไฟฟ้าเปรียบเทียบกับถังอบโดยใช้แก๊สเป็นเชื้อเพลิง พบว่า ค่าใช้จ่ายในการอบแห้งโดยใช้ตู้อบไฟฟ้าคิดเป็น 167.59 บาท/กิโลกรัมลิ้นจี่แห้ง ส่วนถังอบโดยใช้แก๊สคิดเป็น 88.75 บาท/กิโลกรัมลิ้นจี่แห้ง ซึ่งถังอบใช้ปริมาณเชื้อเพลิงน้อยกว่าร้อยละ 47.04 เนื่องจากพลังงานความร้อนจากแก๊สบิวเทนมีมากกว่าความร้อนจากกระแสไฟฟ้า

2. การทดสอบการอบแห้ง

2.1 ปริมาณความชื้นสมดุล

ในการคำนวณอัตราส่วนความชื้นจะต้องทดลองหาปริมาณความชื้นสมดุล (Equilibrium moisture content ; EMC) ที่อุณหภูมิ 60 , 70 และ 80 องศาเซลเซียส ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 4 จะเห็นว่าปริมาณความชื้นสมดุลในลิ้นจี่ที่ผ่านขบวนการก่อนการอบแห้งทั้ง 3 วิธีนั้น จะมีปริมาณความชื้นสมดุลลดลงเมื่ออุณหภูมิที่ใช้ในการอบแห้งสูงขึ้น

2.2 อัตราส่วนความชื้นและเวลาในการอบแห้ง

เมื่อพิจารณาความสัมพันธ์ของอัตราส่วนความชื้นกับเวลา จะเห็นว่าอัตราส่วนความชื้นจะค่อย ๆ ลดลงในช่วงต้นของขบวนการอบแห้ง และจะมีการลดลงอย่างรวดเร็ว โดยลิ้นจี่ที่อบที่อุณหภูมิ 60 , 70 และ 80 องศาเซลเซียส อัตราส่วนความชื้นจะลดลงอย่างรวดเร็วหลังจากอบแห้งผ่านไป 8 , 8 และ 4 ชั่วโมง ตามลำดับ เนื่องจากเปลือกลิ้นจี่เป็นตัวขัดขวางการระเหยของน้ำ เมื่อทำการแกะเปลือกออกจึงทำให้อัตราส่วนความชื้นลดลงอย่างรวดเร็ว สาเหตุที่ไม่ทำการแกะเปลือกตั้งแต่เริ่มทำการอบแห้ง เพราะว่าการแกะเปลือกขณะลิ้นจี่มีความชื้นสูงจะสูญเสียน้ำลิ้นจี่ไประหว่างการแกะเปลือก

Karel (1975) รายงานว่า อัตราเร็วในการระเหยน้ำออกจากอาหารจะเกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว กรณีที่ใช้อุณหภูมิเริ่มต้นในการอบแห้งสูง และอาหารที่ผ่านขบวนการบางอย่าง เช่น การลวก หรือการสลายบางส่วนของเซลลูโลส จึงทำให้ผนังเซลยอมให้น้ำซึมผ่านออกมาได้ง่ายขึ้น

การอบลิ้นจี่แห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ใช้ระยะเวลามากกว่าการอบที่อุณหภูมิ 70 และ 80 องศาเซลเซียส ทั้งนี้ เนื่องจากการอบแห้งที่อุณหภูมิต่ำอัตราการระเหยน้ำจะน้อยกว่าการอบแห้งที่อุณหภูมิสูง

MAEJO UNIVERSITY ARCHIVE ห้องสมุด สถาบันเทคโนโลยีการเกษตร

ตารางที่ 4 แสดงความชื้นสมดุล (Equilibrium Moisture Content ; EMC)(% น้ำหนักแห้ง) ที่อุณหภูมิ 60 , 70 และ 80 องศาเซลเซียส

กรรมวิธี	อุณหภูมิที่ใช้ในการอบแห้ง , องศาเซลเซียส								
	60			70			80		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3
ลวกในน้ำเดือนาน 10.00	9.33	9.66	13.00	8.66	6.00	7.60	9.66	6.00	
2 นาที 9.00	8.66	10.66	12.33	8.33	7.66	8.00	9.66	8.33	
ค่าเฉลี่ย	9.55			9.33			8.20		
ลวกในน้ำเดือดที่มี 9.00	9.66	8.66	12.33	9.33	7.66	7.60	9.33	4.66	
สารเคมีนาน2นาที 9.16	8.00	9.33	11.33	9.33	7.33	5.66	9.30	6.00	
ค่าเฉลี่ย	8.96			9.55			7.09		
ลวกในน้ำเดือดที่มี 8.33	7.33	11.66	12.33	7.33	8.00	5.66	7.66	10.00	
สารเคมีนาน2นาที 8.66	7.66	10.66	12.33	7.33	8.06	6.66	7.33	5.33	
และผ่านการรมควัน									
ค่าเฉลี่ย	9.05			9.22			7.10		

3. การอบแห้ง

3.1 ประสิทธิภาพของตู้อบ

ในการทดสอบประสิทธิภาพของตู้อบใช้สมการของ Handerson and Pabis (1961) ในการอบแห้งถั่วลิสงดังนี้

$$MR = \frac{M - Me}{Mo - Me} = \exp(-kt)$$

ค่าของ M , Mo และ t ในแต่ละกรรมวิธีได้จากผลการทดลองและค่า Me ได้จากตารางที่ 4 เมื่อนำไปหาค่า k โดยมีค่า n = 1 แล้วนำไปพลอทลงในกระดาษกราฟเซมิล็อก และทดสอบการถดถอย จะสามารถหาค่า k ได้ ดังแสดงในรูปที่ 4-6 ดังนั้นจะเห็นว่าการอบแห้งทุก

MAEJO UNIVERSITY ARCHIVES

กรรมวิธี จะเป็นไปตามสมการของ Handerson and Pabis (1961) ค่า k ของการอบแห้งโดยใช้ตู้อบไฟฟ้าดังแสดงในตารางที่ 5

สำหรับค่า k ของถังอบที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส มีค่า k_1 = 0.0512 (1/h) และ k_2 = 0.3466 (1/h) ดังแสดงในตารางที่ 7 จะเห็นว่าถ้าเปรียบเทียบค่า k_2 ระหว่างตู้อบไฟฟ้าและถังอบพบค่า k_2 ตู้อบไฟฟ้าจะมากกว่าถังอบ 24.08 % เนื่องจาก อัตราการถ่ายเทอากาศออกจากตู้อบไฟฟ้ามีค่าสูงกว่าถังอบประมาณ 30 %

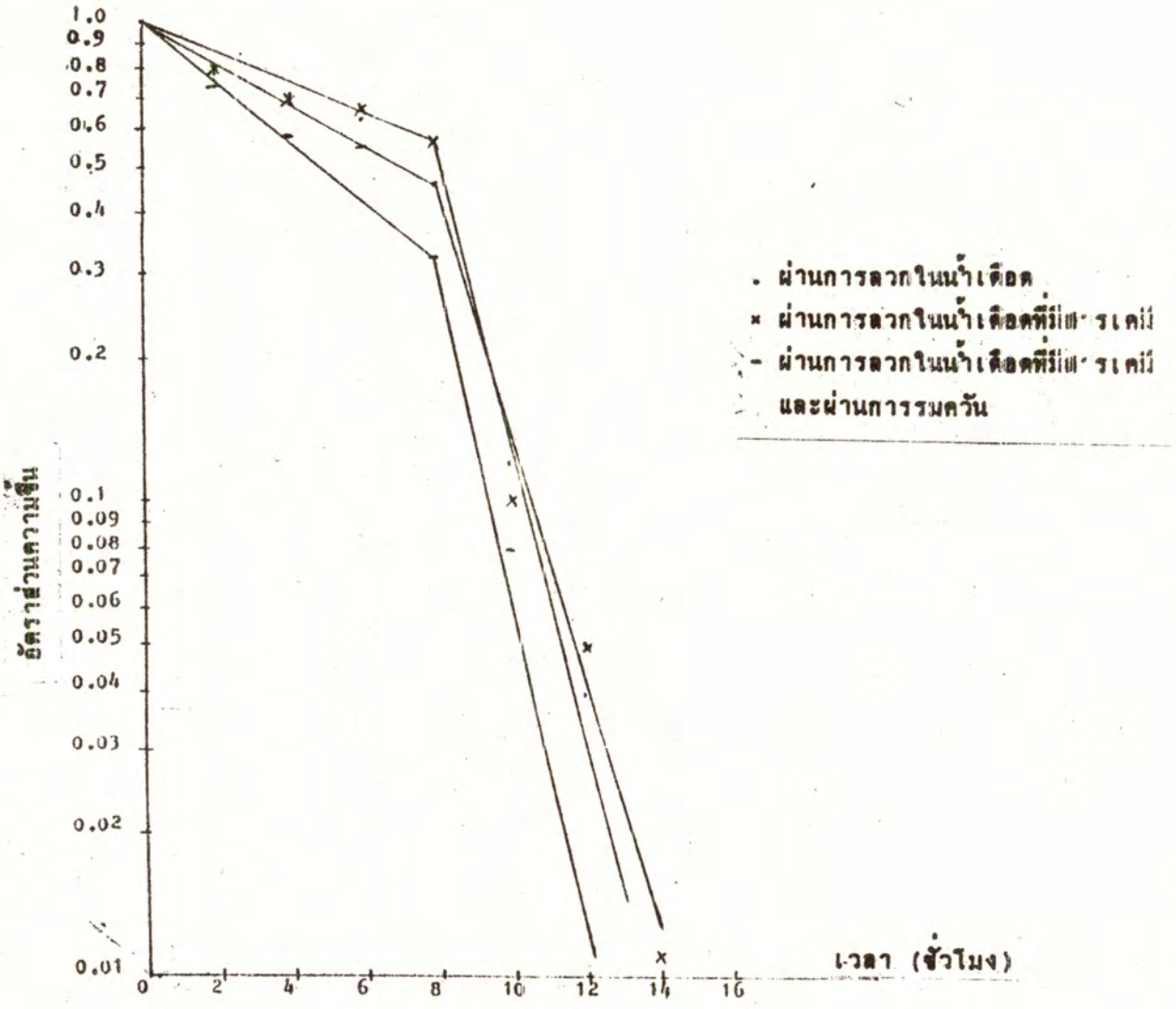
ตารางที่ 5 แสดงค่าคงที่ (Drying Constant) ของลิ้นจี่อบแห้งที่อุณหภูมิ 60 , 70 และ 80 องศาเซลเซียส ในตู้อบไฟฟ้า

อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	ค่าคงที่ (Drying Constant) , k (1/h)					
	ลวกในน้ำเดือด		ลวกในน้ำเดือดที่มีสารเคมี		ลวกในน้ำเดือดที่มีสารเคมีและผ่านการรวมควัน	
	k_1	k_2	k_1	k_2	k_1	k_2
60	0.08432	0.61961	0.07223	0.63200	0.12480	0.66192
70	0.12211	0.61597	0.13338	0.74180	0.15854	0.86643
80	0.14052	1.07932	0.19413	1.17350	0.18875	1.31058

หมายเหตุ k_1 = ค่าคงที่ก่อนปอกเปลือก
k_2 = ค่าคงที่หลังปอกเปลือก

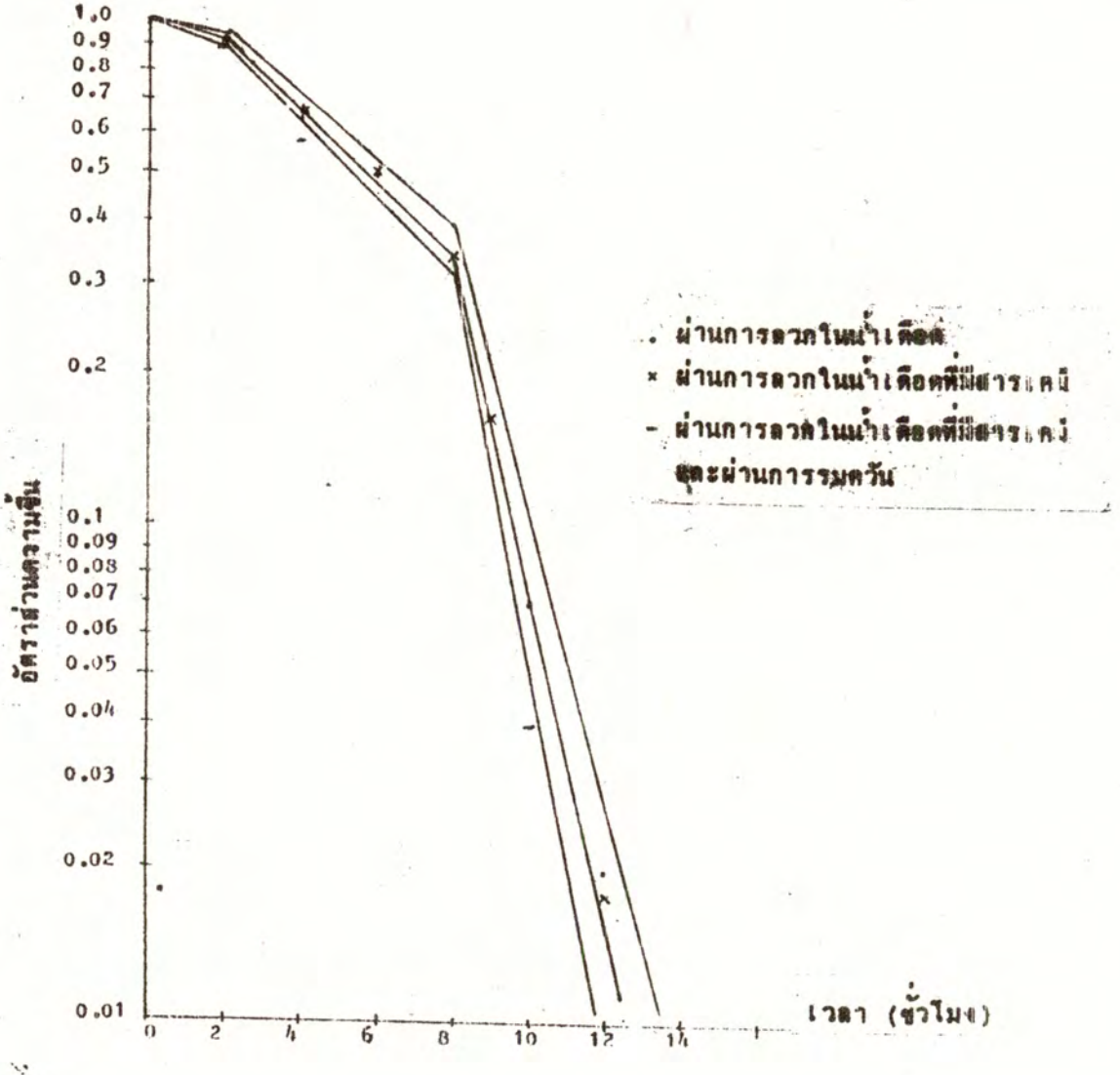
ในการวัดประสิทธิภาพของตู้อบ สามารถดูได้จากค่า k หลังการปอกเปลือก จะมีอัตราการอบแห้งเร็วกว่าก่อนการปอกเปลือก โดยค่า k_1 และ k_2 หาโดยใช้วิธีสมการถดถอยเชิงเส้น Linear Regression สมการที่ได้สามารถใช้ทำนายค่าความร้อนได้อย่างแม่นยำ (Coefficient of correlation > 95 %)

MAEJO UNIVERSITY ARCHIVES



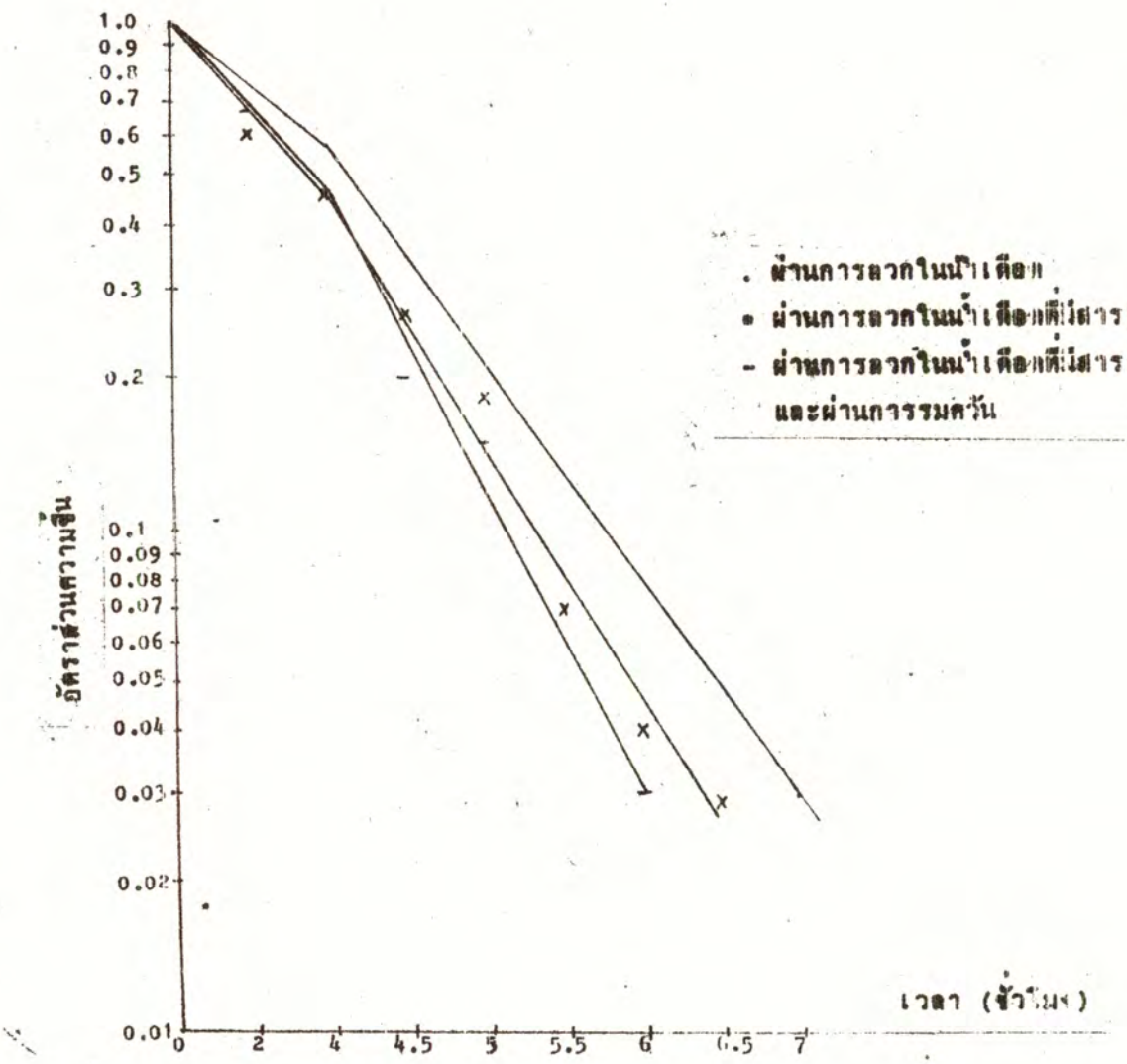
รูปที่ 4 แสดงอัตราส่วนความชื้นของลิ้นจี่อบแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส

MAEJO UNIVERSITY ARCHIVES



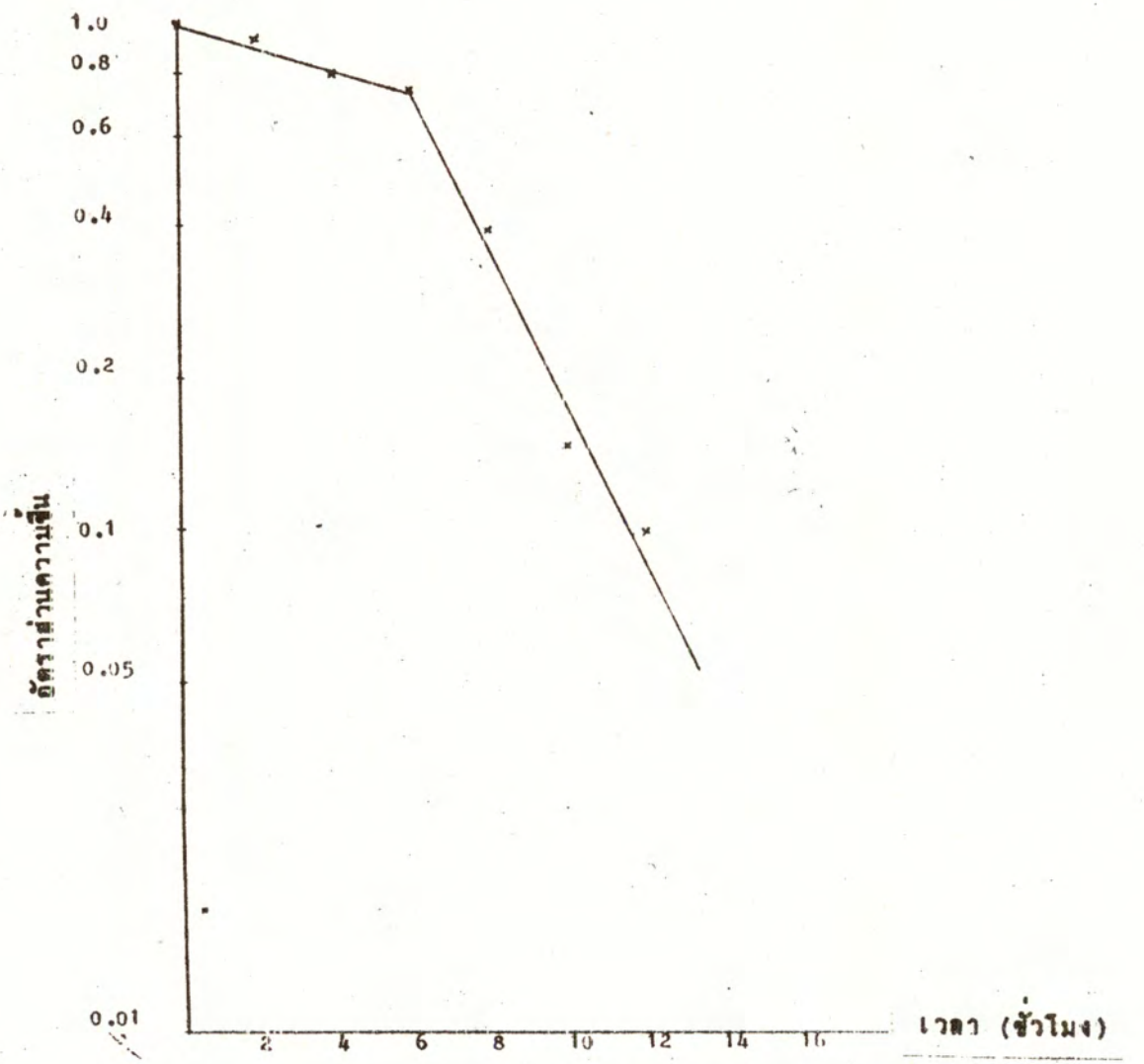
รูปที่ 5 แสดงอัตราส่วนความชื้นของลิ้นจี่ขบแห้งที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส

MAEJO
UNIVERSITY
ARCHIVES



รูปที่ 6 แสดงอัตราส่วนความชื้นของลิ้นจี่อบแห้งที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส

MAEJO
UNIVERSITY
ARCHIVES



รูปที่ 7 แสดงอัตราส่วนความชื้นของลิ้นจี่อบแห้งที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส ในตู้อบ

MAEJO UNIVERSITY ARCHIVES

3.2 ผลของขบวนการก่อนการอบแห้ง

จากการทดลองพบว่าค่าคงที่ (k) จะมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อนำลิ้นจี่มาผ่านการลวกในน้ำเดือดที่มีสารเคมี และค่าคงที่จะยิ่งมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อนำลิ้นจี่มาผ่านการลวกในน้ำเดือดที่มีสารเคมีและผ่านการรมควันดังแสดงในตารางที่ 5 เนื่องจากด่าง (NaOH) สามารถละลายไขที่เคลือบผิวลิ้นจี่ออกไปได้บ้างทั้งยังทำให้เซลลูโลสมีการสลายตัวและยังมีผลทำให้ผิวหรือเปลือกของลิ้นจี่แตกออกเป็นร่องเล็ก ๆ นอกจากนี้การรมควันกำมะถันยังทำให้ส่วนเปลือกลิ้นจี่มีการอ่อนตัวลง และทั้งนี้มีผลทำให้อัตราการระเหยน้ำเร็วขึ้น โดยทำให้อัตราการอบแห้งหลังการปอกเปลือกของลิ้นจี่อบแห้งเร็วขึ้นดังแสดงในตารางที่ 5

การปอกเปลือกจะทำให้ค่า k มีค่าสูงขึ้น เนื่องจากเปลือกลิ้นจี่เป็นตัวขัดขวางของการระเหยของน้ำ อย่างไรก็ตาม การอบแห้งลิ้นจี่ให้มีระดับความชื้นลดลงเหลือประมาณร้อยละ 200 (น้ำหนักแห้ง) เพื่อลดปริมาณการสูญเสียน้ำในระหว่างการปอกเปลือกดังแสดงในรูปที่ 4-7

3.3 สมการการอบแห้งชั้นบาง (Thin layer drying equation)

Overhults et al. (1973) และ White (1981) ได้ศึกษาการอบแห้งถั่วลิสงแบบชั้นบาง โดยใช้ถั่วลิสงที่มีความชื้น 20-30 % อุณหภูมิของอากาศร้อนที่ใช้อบแห้งระหว่าง 38-140 องศาเซลเซียส และ 37.8-104.4 องศาเซลเซียส ตามลำดับ เขาได้ประยุกต์สมการของ Page (1949) เพื่อใช้อธิบายข้อมูลที่ได้จากการทดลอง

ในการศึกษาการอบแห้งครั้งนี้ ความชื้นเริ่มต้นของลิ้นจี่เฉลี่ยร้อยละ 82.65 พบว่าสามารถใช้สมการของ Henderson (Henderson และ Pabis , 1961) อธิบายข้อมูลที่ได้จากการอบแห้งลิ้นจี่ที่อุณหภูมิ 60 , 70 และ 80 องศาเซลเซียส ดังแสดงในรูปที่ 4-7

henderson และ Pabis (1961) ได้ใช้ความสัมพันธ์ของสมการแบบ Arrhenius เพื่อหาความสัมพันธ์ของค่าคงที่ k กับอุณหภูมิที่ใช้อบแห้งในรูปของอุณหภูมิสัมบูรณ์ รูปแบบของสมการที่ได้จากการศึกษาครั้งนี้มีดังนี้คือ

$$\ln k = a + \frac{b}{Ta}$$

$$\ln k_1 = 5.23561 - \frac{4382.205}{Ta} \quad (R^2 = 0.996)$$

$$\ln k_2 = 11.75356 - \frac{7314.032}{Ta} \quad (R^2 = 0.980)$$

MAEJO UNIVERSITY ARCHIVES

โดย

a , b = ค่าคงที่

Ta = อุณหภูมิสัมบูรณ์ของอากาศที่ใช้อบแห้ง (องศาโรเมอร์)

ตัวอย่างที่ใช้ คือ ลิ้นจี่ที่ผ่านการลวกในน้ำเดือดที่มีสารเคมีและผ่านการรมควัน

4. การประเมินผลทางประสาทสัมผัส

โดยการประเมินผลทางประสาทสัมผัสลิ้นจี่อบแห้งในด้านสี , กลิ่น , รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบรวมโดยการชิม ได้ผลการวิเคราะห์ทางสถิติดังนี้

การยอมรับคุณภาพด้านสี พบว่า ผลของอุณหภูมิและขบวนการก่อนการอบแห้ง ไม่มีผลต่อการยอมรับของผู้บริโภคด้านสี ลิ้นจี่อบแห้งจะมีสีเหลืองปนน้ำตาล โดยผู้บริโภคจะยอมรับลิ้นจี่ที่อบที่อุณหภูมิต่าง ๆ และผ่านขบวนการอบแห้งโดยไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

การยอมรับคุณภาพด้านกลิ่น พบว่า ผลของอุณหภูมิและขบวนการก่อนการอบแห้งไม่มีผลต่อการยอมรับของผู้บริโภคด้านกลิ่น โดยผู้บริโภคจะยอมรับลิ้นจี่ที่อบที่อุณหภูมิต่าง ๆ และผ่านขบวนการก่อนการอบแห้ง โดยไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

การยอมรับคุณภาพด้านรสชาติ รสชาติของลิ้นจี่อบแห้งที่อุณหภูมิ 60 , 70 และ 80 องศาเซลเซียส และผ่านขบวนการก่อนการอบแห้งด้วยวิธีต่าง ๆ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ผลิตภัณฑ์ลิ้นจี่อบแห้งที่อุณหภูมิ 60 และ 70 องศาเซลเซียส มีรสชาติดีกว่าการอบลิ้นจี่ที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส ทั้งนี้อาจเป็นผลจากขบวนการคาราเมล (Caramellization) ซึ่งกล่าวได้ว่า น้ำตาล เมื่อถูกความร้อนสูงจะทำให้มีความเข้มข้นเพิ่มขึ้น และเมื่อสัมผัสกับอุณหภูมิสูงเช่นที่ 80 องศาเซลเซียส จะทำให้น้ำตาลไหม้และทำให้เกิดรสขม พบว่าน้ำตาลไหม้จะให้รสขมซึ่งเป็นสารที่เรียกว่า "Aceyl-formoin " (ภาวิณี , 2528) อย่างไรก็ตามลิ้นจี่อบแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส และผ่านการลวกในน้ำเดือดได้รับการยอมรับสูงสุด โดยได้รับคะแนนเฉลี่ย 3.60 คะแนน เพราะว่าน้ำตาลในลิ้นจี่มีความเข้มข้นพอเหมาะโดยใช้อุณหภูมิต่ำ และใช้เวลาในการอบนาน นอกจากนี้การผ่านการลวกในน้ำเดือด ทำให้น้ำที่มีอยู่ในเซลจะค่อย ๆ ระเหยออกอย่างช้า ๆ ทำให้ได้รสชาติดี เนื่องจากไม่เกิดกลิ่นน้ำตาลไหม้

MAEJO UNIVERSITY ARCHIVES

การยอมรับคุณภาพด้านเนื้อสัมผัส เนื้อสัมผัสของลิ้นจี่อบแห้งที่อุณหภูมิ 60 , 70 และ 80 องศาเซลเซียส และผ่านขบวนการก่อนการอบแห้งด้วยวิธีต่าง ๆ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 โดยลิ้นจี่อบแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ซึ่งผ่านการลวกในน้ำเดือดและผ่านการลวกในน้ำเดือดและผ่านการรมควัน ได้รับการยอมรับสูงสุด โดยได้คะแนนเฉลี่ย 3.70 และ 3.63 ตามลำดับ โดยผลิตภัณฑ์ลิ้นจี่อบแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส มีเนื้อสัมผัสดีกว่า เพราะว่าปริมาณน้ำที่อยู่ในเซลล์จะระเหยออกอย่างช้า ๆ และมีความสม่ำเสมอ ทำให้ผลิตภัณฑ์มีเนื้อสัมผัสดี นอกจากนี้พบว่าที่อุณหภูมิสูงขึ้นจะได้เนื้อสัมผัสที่แข็งกระด้าง และเกิดการเหี่ยวย่นมาก โครงสร้างของผนังเซลล์มีลักษณะแข็งแรงและยืดหยุ่นได้ เมื่อเนื้อเยื่อผ่านขบวนการการบางอย่าง เช่นการลวกพบว่าผนังเซลล์จะมีลักษณะการยอมให้ของเหลวซึมผ่านได้ง่ายขึ้น ความเต่งของเซลล์จะหายไป โครงสร้างของอาหารจะเกิดการเปลี่ยนแปลงทันทีเมื่อผ่านขบวนการอบแห้ง เนื่องจากการเคลื่อนที่ของของเหลว และการเหี่ยวย่นจะทำให้การเคลื่อนที่ส่งผ่านมวลเปลี่ยนแปลงไปในระหว่างการอบแห้ง ดังนั้นถ้าสามารถควบคุมอัตราการเคลื่อนที่ของน้ำภายในอาหารกับการระเหยที่บริเวณผิวนอกไม่ให้แตกต่างกันมากนักก็จะเกิดการเหี่ยวย่นขึ้นน้อยมาก แต่ถ้าหากอุณหภูมิเริ่มต้นในการอบแห้งสูงเกินควร ก็ทำให้อาหารแห้งและแข็งในขณะที่ภายในยังนิ่มอยู่ การเหี่ยวย่นจะเกิดสูง (สมบัติ , 2529) การอบลิ้นจี่แห้งที่อุณหภูมิต่ำจะทำให้อัตราการระเหยน้ำช้าและใช้เวลานานกว่าแต่จะได้เนื้อสัมผัสที่ดี และไม่แข็งกรอบจนเกินไปการลวกด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์นอกจากจะมีผลทำให้อัตราการระเหยน้ำเร็วขึ้น แล้วยังไม่มีผลทำให้เนื้อสัมผัสของลิ้นจี่อบแห้งเปลี่ยนแปลง

การยอมรับด้านความชอบรวม พบว่า ลิ้นจี่อบแห้งที่อุณหภูมิ 60 , 70 และ 80 องศาเซลเซียส และผ่านขบวนการก่อนการอบแห้งด้วยวิธีการต่าง ๆ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 โดยลิ้นจี่อบแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ซึ่งผ่านการลวกในน้ำเดือดที่มีสารเคมี และผ่านการรมควันได้รับการยอมรับสูงสุด โดยได้รับคะแนนเฉลี่ย 3.66 เนื่องจากได้ลิ้นจี่อบแห้งที่มีสี กลิ่น และเนื้อสัมผัสที่ผู้บริโภคส่วนใหญ่ต้องการ ส่วนลิ้นจี่ที่อบแห้งที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส จะได้ผลิตภัณฑ์ลิ้นจี่อบแห้งที่มีลักษณะคุณภาพที่ผู้บริโภคยอมรับต่ำที่สุด ทั้งทางด้านรสชาติ และเนื้อสัมผัส ซึ่งเป็นผลเนื่องมาจากการได้รับอุณหภูมิสูงเป็นเวลานาน ทำให้เกิดรสชาติขม เนื้อสัมผัสแข็ง และมีสีคล้ำ

MAEJO UNIVERSITY ARCHIVES

ตารางที่ 6 แสดงการประเมินผลทางประสาทสัมผัสในลักษณะสี , กลิ่น , รสชาติ , ลักษณะเนื้อสัมผัส และความชอบรวม ของลิ้นจี่อบแห้งที่อุณหภูมิ 60 , 70 และ 80 องศาเซลเซียส

กรรมวิธี	คะแนนยอมรับของผู้บริโภค				
	สี	กลิ่น	รสชาติ	ลักษณะเนื้อสัมผัส	ความชอบรวม
$T_1 R_1$	3.40^{a}	3.23^{a}	3.60^{a}	3.70^{a}	3.43^{ab}
$T_1 R_2$	3.33^{a}	2.82^{a}	3.10^{abc}	3.13^{abc}	3.30^{ab}
$T_1 R_3$	3.43^{a}	3.33^{a}	3.37^{ab}	3.63^{a}	3.67^{a}
$T_2 R_1$	3.77^{a}	3.40^{a}	3.17^{abc}	3.43^{ab}	3.37^{ab}
$T_2 R_2$	3.40^{a}	3.47^{a}	3.47^{a}	2.83^{bc}	3.40^{ab}
$T_2 R_3$	3.27^{a}	3.36^{a}	3.13^{abc}	3.27^{abc}	3.20^{ab}
$T_3 R_1$	3.01^{a}	3.66^{a}	2.73^{bc}	2.87^{bc}	2.93^{ab}
$T_3 R_2$	3.33^{a}	2.90^{a}	2.53^{c}	2.70^{bc}	2.50^{b}
$T_3 R_3$	2.93^{a}	2.97^{a}	2.90^{abc}	2.63^{c}	2.63^{b}

หมายเหตุ : $T_1 R_1$ = ลิ้นจี่อบแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียสผ่านการลวกในน้ำเดือด

$T_1 R_2$ = ลิ้นจี่อบแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียสผ่านการลวกในน้ำเดือดที่มีสารเคมี

$T_1 R_3$ = ลิ้นจี่อบแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียสผ่านการลวกในน้ำเดือดที่มีสารเคมีและผ่านการรมควัน

$T_2 R_1$ = ลิ้นจี่อบแห้งที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียสผ่านการลวกในน้ำเดือด

$T_2 R_2$ = ลิ้นจี่อบแห้งที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียสผ่านการลวกในน้ำเดือดที่มีสารเคมี

$T_2 R_3$ = ลิ้นจี่อบแห้งที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียสผ่านการลวกในน้ำเดือดที่มีสารเคมีและผ่านการรมควัน

MAEJO UNIVERSITY ARCHIVES

$T_3 R_1$ = ลิ้นจี่อบแห้งที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียสผ่านการลวกในน้ำเดือด

$T_3 R_2$ = ลิ้นจี่อบแห้งที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียสผ่านการลวกในน้ำเดือดที่มีสารเคมี

$T_3 R_3$ = ลิ้นจี่อบแห้งที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียสผ่านการลวกในน้ำเดือดที่มีสารเคมีและผ่านการรมควัน

* ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

MAEJO UNIVERSITY ARCHIVES

ตารางที่ 7 คุณภาพด้านสีของลิ้นจี่อบแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส จากการทดลองเก็บในระยะเวลาต่าง ๆ

เวลา (เดือน)	กรรมวิธี ซ้ำที่	T_1	T_2	T_3
0	1	7.5 YR 7/10	7.5 YR 6/8	7.5 YR 6/10
	2	10 YR 7/8	7.5 YR 7/10	10 YR 7/10
	3	7.5 YR 6/10	7.5 YR 7/8	10 YR 7/8
3	1	7.5 YR 4/6	7.5 YR 4/6	7.5 YR 6/6
	2	7.5 YR 5/8	7.5 YR 5/6	7.5 YR 6/8
	3	7.5 YR 6/6	7.5 YR 5/8	7.5 YR 6/8
6	1	7.5 YR 4/2	7.5 YR 4/2	7.5 YR 6/8
	2	7.5 YR 4/4	7.5 YR 4/4	7.5 YR 5/6
	3	7.5 YR 4/4	7.5 YR 4/4	7.5 YR 4/6

T_1 = ผ่านการลวกในน้ำเดือด

T_2 = ผ่านการลวกในน้ำเดือดที่มีสารเคมี

T_3 = ผ่านการลวกในน้ำเดือดที่มีสารเคมีและผ่านการรมควัน

MAEJO UNIVERSITY ARCHIVES

ตารางที่ 8 คุณภาพด้านสีของลิ้นจี่อบแห้งที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส จากการทดลองเก็บในระยะเวลาต่าง ๆ

เวลา (เดือน)	กรรมวิธี ซ้ำที่	T_1	T_2	T_3
0	1	5 YR 6/6	5 YR 6/10	5 YR 7/10
	2	5 YR 6/8	5 YR 6/10	5 YR 6/10
	3	5 YR 6/8	5 YR 6/10	5 YR 6/12
3	1	5 YR 4/6	5 YR 5/4	5 YR 5/6
	2	5 YR 4/6	5 YR 4/6	5 YR 5/4
	3	5 YR 4/6	5 YR 5/4	5 YR 5/6
6	1	5 YR 3/2	5 YR 3/2	5 YR 4/2
	2	5 YR 3/2	5 YR 3/2	5 YR 4/4
	3	5 YR 4/4	5 YR 3/2	5 YR 4/6

T_1 = ผ่านการลวกในน้ำเดือด

T_2 = ผ่านการลวกในน้ำเดือดที่มีสารเคมี

T_3 = ผ่านการลวกในน้ำเดือดที่มีสารเคมีและผ่านการรมควัน

MAEJO UNIVERSITY ARCHIVES

ตารางที่ 9 คุณภาพด้านสีของลิ้นจี่อบแห้งที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส จากการทดลองเก็บในระยะเวลาต่าง ๆ

เวลา (เดือน)	กรรมวิธี ซ้ำที่	T_1	T_2	T_3
0	1	2.5 YR 6/14	2.5 YR 6/12	2.5 YR 5/10
	2	2.5 YR 6/10	2.5 YR 5/10	2.5 YR 5/8
	3	2.5 YR 6/10	2.5 YR 5/10	2.5 YR 6/4
3	1	2.5 YR 4/8	2.5 YR 5/6	2.5 YR 4/8
	2	2.5 YR 4/6	2.5 YR 4/6	2.5 YR 5/6
	3	2.5 YR 4/4	2.5 YR 5/6	2.5 YR 5/6
6	1	2.5 YR 4/2	2.5 YR 4/2	2.5 YR 4/2
	2	2.5 YR 4/2	2.5 YR 4/2	2.5 YR 4/2
	3	2.5 YR 4/2	2.5 YR 4/2	2.5 YR 4/2

T_1 = ผ่านการลวกในน้ำเดือด

T_2 = ผ่านการลวกในน้ำเดือดที่มีสารเคมี

T_3 = ผ่านการลวกในน้ำเดือดที่มีสารเคมีและผ่านการรมควัน

MAEJO UNIVERSITY ARCHIVES

การตรวจสอบทางกายภาพด้านสี โดยใช้ Munsel Book of Color ลิ้นจี่ที่อบที่อุณหภูมิ 60 , 70 และ 80 องศาเซลเซียส ที่เวลา 0 เดือน พบว่าเมื่อใช้อุณหภูมิที่สูงขึ้นสีของลิ้นจี่จะค่อนไปทางสีแดงแกมเหลือง และเมื่อระยะเวลาในการเก็บเพิ่มขึ้น สีของลิ้นจี่ที่อบที่อุณหภูมิต่าง ๆ จะมีการเปลี่ยนแปลงเป็นสีน้ำตาลถึงสีน้ำตาลปนดำ โดยการเปลี่ยนแปลงจะเป็นสัดส่วนโดยตรงกับระยะเวลาในการเก็บ และพบว่าลิ้นจี่ที่ผ่านการลวกในน้ำเดือดที่มีสารเคมีและผ่านการรมควันก่อนอบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส มีการเปลี่ยนแปลงในเรื่องสีน้อยที่สุด หลังการอบแห้งจะมีสีเหลืองส้มคือ 10 YR 7/8 ถึง 10 YR 7/10 เมื่ออายุการเก็บเพิ่มขึ้นสีจะค่อย ๆ เปลี่ยนไป โดยเมื่อเก็บรักษาไว้ 6 เดือน สีจะเปลี่ยนเป็นสีส้มเหลืองคือ 7.5 YR 4/6 ถึง 7.5 YR 5/6 ให้ผลดีในด้านการยอมรับเรื่องสี เพราะว่าหลังการอบแห้งลิ้นจี่อบแห้งจะมีสีซีดและเมื่อเก็บรักษาไว้ 6 เดือน จะทำให้สีเข้มขึ้นเป็นสีส้มเหลือง ซึ่งเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค ส่วนลิ้นจี่ที่ไม่ผ่านกรรมวิธีการรมควัน จะมีการเปลี่ยนแปลงด้านสีมากกว่าคือ สีจะเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลคล้ำ คือ 7.5 YR 4/2 ถึง 7.5 YR 4/4 (ดังแสดงในตารางที่ 7) ทั้งนี้เนื่องจากว่าการใช้ซัลเฟอร์ไดออกไซด์จะช่วยยับยั้งปฏิกิริยาสีน้ำตาลที่ไม่เกิดจากเอนไซม์(Maillard reaction) ซึ่งเป็นปฏิกิริยาระหว่างน้ำตาล กรดอินทรีย์ กับกรดอะมิโน เมื่อปฏิกิริยานี้เกิดขึ้นในอาหารจะทำให้อาหารมีสีดำ สร้างกลิ่นรสต่าง ๆ ขึ้น (Roberts and Mc.Weeny , 1972) ผลของซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ต่อปฏิกิริยานี้เกิดเนื่องจากซัลเฟอร์ไดออกไซด์ไปทำให้สารที่เกิดขึ้นระหว่างปฏิกิริยาอยู่ในรูปที่คงตัวขึ้น (Joslyn and Braverman , 1954)

สำหรับลิ้นจี่ที่ผ่านการลวกในน้ำเดือดและผ่านการรมควันที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส พบว่า หลังจากการอบแห้งผลิตภัณฑ์ลิ้นจี่อบแห้งจะมีสีส้มคือ 5 YR 6/10 ถึง 5 YR 6/12 เมื่ออายุการเก็บรักษาเพิ่มขึ้นสีจะค่อย ๆ เปลี่ยนไปเป็นสัดส่วน โดยตรงกับระยะ เวลาในการเก็บรักษาโดยเมื่อเก็บรักษาไว้ 6 เดือน สีจะเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลคล้ำ คือ 5 YR 4/2 ถึง 5 YR 4/6 สำหรับกรรมวิธีที่ไม่ผ่านการรมควัน จะมีการเปลี่ยนแปลงมากกว่า โดยจะเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลคล้ำคือ 5 YR 3/2 เนื่องจากปฏิกิริยาสีน้ำตาลที่ไม่ใช่เกิดจากเอนไซม์ (Maillard reaction)

สำหรับลิ้นจี่ที่ผ่านการลวกในน้ำเดือดและผ่านการรมควันและอบที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส พบว่าหลังการอบแห้งผลิตภัณฑ์ลิ้นจี่อบแห้ง จะมีสีเหลืองแดง คือ 2.5 YR 6/4 ถึง 2.5 YR 5/8 เมื่ออายุการเก็บเพิ่มขึ้น สีจะค่อย ๆ เปลี่ยนไป โดยเมื่อเก็บรักษาไว้ 6 เดือน สีจะเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลเกือบดำ คือ 2.5 YR 4/2 โดยที่ระยะเวลาการเก็บ 6 เดือนนี้ ลิ้นจี่ที่ผ่านขบวนการก่อนการอบแห้งทุกขบวนการ จะมีการเปลี่ยนแปลงของสีเท่ากันทุก

MAEJO UNIVERSITY ARCHIVES

ขบวนการ ทั้งนี้เนื่องจากอัตราการเกิดสีน้ำตาลจะเพิ่มขึ้นอย่างเห็นได้ชัดเจน เมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้นและอัตราการเกิดสีน้ำตาลยังขึ้นกับลปริมาณความชื้นของอาหาร โดยปฏิกิริยาจะเกิดขึ้นอย่างช้า ๆ ในระบบที่มีสารละลายอย่างเจือจาง แต่ถ้าสารละลายเพิ่มขึ้นอันเนื่องจากการอบแห้งปฏิกิริยาจะเกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว ซึ่งเมื่ออบอาหารที่อุณหภูมิสูง จะทำให้น้ำระเหยออกไปอย่างรวดเร็ว ความเข้มข้นของสารละลายก็จะมีมากขึ้น ก็จะส่งผลให้อัตราการเกิดสีน้ำตาลเกิดขึ้นอย่างรวดเร็วตามลำดับ (ไพบูรณ์ , 2532) และสาเหตุที่ลิ้นจี่ที่ผ่านการลวกในน้ำเดือดที่มีสารเคมี และผ่านการรมควันก่อนนำมาอบที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส ไม่มีผลต่อการเปลี่ยนสีของลิ้นจี่เมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษา 6 เดือน ทั้งนี้เพราะว่าจากการวิเคราะห์ปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในลิ้นจี่อบแห้งที่อุณหภูมิ 60 , 70 และ 80 องศาเซลเซียส และผ่านการลวกในน้ำเดือดที่มีสารเคมีและผ่านการรมควัน หลังจากเก็บรักษา 1 เดือน พบว่าปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในผลิตภัณฑ์ลิ้นจี่อบแห้งมีค่าเฉลี่ย 170.6 ,136.5 และ 128.0 ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 12 พบว่า ปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ทุกกรรมวิธี มีปริมาณค่อนข้างต่ำ เนื่องจากเป็นการรมควันทั้งเปลือก ซึ่งจะเห็นว่าลิ้นจี่ที่อบที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียสมีปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในปริมาณที่น้อยกว่าที่อบที่อุณหภูมิ 60 และ 70 องศาเซลเซียส ตามลำดับ ทั้งนี้เนื่องจากซัลเฟอร์ไดออกไซด์เป็นสารที่ระเหยง่ายและไปรวมตัวกับสารอื่น กลายเป็นสารที่อยู่ตัวหรือหายไปโดยออกซิเดชั่น (Green , 1976) นอกจากนี้ระดับของซัลเฟอร์ไดออกไซด์รูปอิสระ และรวมตัวในผลไม้ระหว่างกระบวนการรมควันและกระบวนการอบแห้ง พบว่า ปัจจัยที่มีผลต่อระดับซัลเฟอร์ไดออกไซด์รูปอิสระและรูปรวมตัว ได้แก่ ระยะเวลาในการรมควัน ซึ่งระหว่างการรมควันแก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์จะรวมตัวกับส่วนประกอบในผลไม้ตั้งแต่ระดับน้อยจนถึงปานกลาง ทั้งนี้ขึ้นกับระยะเวลาที่ผลไม้สัมผัสกับซัลเฟอร์ไดออกไซด์ด้วย นอกจากนี้ พบว่าขนาดของผลไม้มีอำนาจในการดูดซึมซัลเฟอร์ไดออกไซด์ เพราะว่า พื้นที่ทั้งหมดที่เกี่ยวข้องในการดูดซึมจะมีมากกว่าเมื่อผลไม้มีขนาดเล็กกว่า จากเหตุผลอันเดียวกันผลไม้ที่มีขนาดเล็กมีผลทำให้การสูญเสียซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในระหว่างการการอบแห้งมีมากตามลำดับ และผลไม้ที่มีเปลือกจะเป็นอุปสรรคอย่างมากในการป้องกันไม่ให้ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ซึมเข้าไปในผลไม้ระหว่างการทำแห้งเปลือกของผลไม้ จะทำให้ซัลเฟอร์ไดออกไซด์คงอยู่ได้ต่ำกว่าผลไม้ที่ปอกเปลือกแล้ว (Mc. Bean et al , 1964)

MAEJO UNIVERSITY ARCHIVES

5. การตรวจสอบทางกายภาพของลิ้นจี่สด

คุณภาพทางกายภาพของลิ้นจี่สดมีผลการตรวจสอบดังนี้

(1) ขนาดเฉลี่ย (Geometric mean diameter : GMD)

ลิ้นจี่ที่ใช้ในการทดลองมีขนาดเฉลี่ย 31.44 มิลลิเมตร ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 1.75 และมีพิสัย 28.02-34.53 มิลลิเมตร (ดังแสดงในตารางภาคผนวกที่ 1)

(2) ความหนาแน่น (Density)

ลิ้นจี่ที่ใช้ในการทดลองมีความหนาแน่นเฉลี่ย 1,056.36 กก./ลบ.เมตร และมีพิสัย 1,016.95 - 1,071.52 กก./ลบ.เมตร (ดังแสดงในตารางภาคผนวกที่ 2)

(3) ความกลม (Roundness)

ลิ้นจี่มีความกลมเฉลี่ย 0.89 (ดังแสดงในตารางภาคผนวกที่ 3) ซึ่งจะเห็นว่าลิ้นจี่มีผลกลมรี

(4) ร้อยละของช่องว่างระหว่างผล (Percent void)

ร้อยละของช่องว่างระหว่างผลของลิ้นจี่ มีค่าเฉลี่ยร้อยละ 37.73 และมีพิสัยร้อยละ 30.14-45.49 และมีปริมาตรเฉลี่ย 17.05 มิลลิลิตร (ดังแสดงในตารางภาคผนวกที่ 4)

(5) ความหนาแน่นเชิงปริมาตร (Bulk density)

ความหนาแน่นเชิงปริมาตรของลิ้นจี่มีค่าเฉลี่ยร้อยละ 68.55 และมีพิสัยร้อยละ 61.00-75.00 (ดังแสดงในคารางภาคผนวกที่ 4)

6. การตรวจสอบทางเคมี

1. คุณภาพทางเคมีของลิ้นจี่สด

โดยการสุ่มตัวอย่างลิ้นจี่ที่ใช้ในการทดลองทุกกรรมวิธีมาวิเคราะห์คุณภาพทางเคมีได้แก่ ความเป็นกรดเป็นด่าง , ปริมาณกรด , สารละลายของแข็งทั้งหมด , อัตราส่วนน้ำตาลต่อกรด , ไขมัน และโปรตีนดังนี้

MAEJO UNIVERSITY ARCHIVES

ตารางที่ 10 แสดงคุณภาพทางเคมีของลิ้นจี่สด

คุณภาพทางเคมี	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	พิสัย
1.ความเป็นกรดเป็นด่าง(pH)	7.47	0.46	6.40-8.30
2.ร้อยละของปริมาณกรด (%acidity as citric acid)	0.37	0.14	0.23-0.72
3.ร้อยละของสารละลายของแข็งทั้งหมด (Total soluble solid ; Brix)	16.03	2.13	11.0-18.2
4. อัตราส่วนร้อยละต่อกรด (Brix : acid ratio	47.83	14.02	19.88-71.42
5.ร้อยละของไขมัน	0.13	-	-
6.ร้อยละของโปรตีน	1.59	-	-

2. คุณภาพทางเคมีของลิ้นจี่อบแห้ง

โดยทำการวิเคราะห์คุณภาพทางเคมีของลิ้นจี่อบแห้งได้แก่ ปริมาณกรด , ไขมัน , โปรตีน , ปริมาณน้ำที่เป็นประโยชน์และปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ดังนี้

MAEJO UNIVERSITY ARCHIVES

ตารางที่ 11 แสดงคุณภาพทางเคมีของลิ้นจี่อบแห้ง

คุณภาพที่ตรวจสอบ กรรมวิธี	ร้อยละของปริมาณกรด ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ร้อยละของโปรตีน ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ร้อยละของไขมัน	ปริมาณน้ำที่ (water activit
T_1R_1	1.43	0.12	5.42	0.22	0.66	0.58
T_1R_2	1.40	0.21	5.03	1.43	0.44	0.56
T_1R_3	1.56	0.09	4.95	1.19	0.42	0.57
T_2R_1	1.56	0.24	6.16	1.70	0.82	0.55
T_2R_2	1.37	0.21	5.80	0.98	0.46	0.54
T_2R_3	1.67	0.08	5.95	0.99	0.25	0.56
T_3R_1	1.47	0.19	5.98	1.00	0.48	0.55
T_3R_2	1.58	0.19	5.90	0.87	0.30	0.50
T_3R_3	1.60	0.27	5.78	1.04	0.20	0.55

T_1R_1 = อบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ผ่านการลวกในน้ำเดือด

T_1R_2 = อบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ผ่านการลวกในน้ำเดือด ที่มีสารเคมี

T_1R_3 = อบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ผ่านการลวกในน้ำเดือด ที่มีสารเคมีและผ่านการรมควัน

T_2R_1 = อบที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส ผ่านการลวในน้ำเดือด

T_2R_2 = อบที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส ผ่านการลวกในน้ำเดือดที่มีสารเคมี

T_2R_3 = อบที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส ผ่านการลวกในน้ำเดือดที่มีสารเคมี และผ่านการรมควัน

T_3R_1 = อบที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส ผ่านการลวกในน้ำเดือด

T_3R_2 = อบที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส ผ่านการลวกในน้ำเดือดที่มีสารเคมี

T_3R_3 = อบที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส ผ่านการลวกในน้ำเดือดที่มีสารเคมี และผ่านการรมควัน

MAEJO UNIVERSITY ARCHIVES

ตารางที่ 12 แสดงปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในลิ้นจี่อบแห้งหลังจากการเก็บรักษา 1 เดือน

กรรมวิธี	ปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์(ppm)			ค่าเฉลี่ย
	1	2	3	
1.อบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ลวกในน้ำเดือดที่มีสารเคมีและผ่านการรมควัน	179.2	179.2	153.6	170.6
2.อบที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส ลวกในน้ำเดือดที่มีสารเคมี และผ่านการรมควัน	153.6	128.0	128.0	136.5
3.อบที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส ลวกในน้ำเดือดที่มีสารเคมี และผ่านการรมควัน	128.0	128.0	128.0	128.0

จากผลการวิเคราะห์ปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ที่เหลืออยู่ในลิ้นจี่อบแห้ง หลังจากเก็บรักษา 1 เดือน พบว่า ลิ้นจี่อบแห้งที่อุณหภูมิ 60 , 70 และ 80 องศาเซลเซียส มีปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่เหลือน้อยลง (ดังแสดงในตารางที่ 12) จะเห็นว่าอุณหภูมิที่ใช้ในการอบแห้งสูงขึ้นปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์จะมีปริมาณลดลง เนื่องจากซัลเฟอร์ไดออกไซด์เป็นสารไม่คงตัว สลายตัวได้ง่าย เมื่อถูกความร้อนสูง

MAEJO UNIVERSITY ARCHIVES

สรุปผล

1. ตู้อบแห้ง

1.1 การอบแห้งโดยใช้ถังอบ (Bin drier) ใช้แก๊สหุงต้มเป็นเชื้อเพลิงจะใช้เชื้อเพลิงน้อยกว่าตู้อบไฟฟ้าร้อยละ 47.04

1.2 ตู้อบไฟฟ้ามีอัตราการอบแห้งเร็วกว่าถังอบ โดยตู้อบไฟฟ้าใช้เวลาในการอบลิ้นจี่แห้ง 14 ชั่วโมง ส่วนถังอบใช้เวลาในการอบลิ้นจี่แห้ง 19 ชั่วโมง โดยอัตราการถ่ายเทอากาศออกจากตู้อบไฟฟ้าสูงกว่าถังอบประมาณ 30 %

2. การอบแห้ง

2.1 ข้อมูลอัตราการอบแห้ง จะเป็นไปตามสมการเอกซ์โปแนนเชียล (Exponential Equation) โดยมีค่าคงที่ k(drying constant) เพียงค่าเดียว และจะมีค่าเพิ่มขึ้น เมื่อนำลิ้นจี่มาผ่านการลวกในน้ำเดือดที่มีสารเคมี และผ่านการรมควัน

2.2 เมื่ออุณหภูมิที่ใช้อบสูงขึ้น จะทำให้ค่า k สูงขึ้นด้วย

2.3 อัตราส่วนความชื้นจะค่อย ๆ ลดลงในช่วงต้นของขบวนการอบแห้ง และจะลดลงอย่างรวดเร็ว หลังจากการปอกเปลือกเมื่อการอบแห้งผ่านไป 8 ,8 และ 4 ชั่วโมงที่อุณหภูมิ 60 , 70 และ 80 องศาเซลเซียส ตามลำดับ

2.4 การประเมินผลทางประสาทสัมผัส พบว่า ผู้บริโภคยอมรับลิ้นจี่อบแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ซึ่งผ่านการลวกในน้ำเดือดที่มีสารเคมี และผ่านการรมควันกำมะถันมากที่สุดในทุกคุณลักษณะอยู่ในเกณฑ์ดีพอใช้

2.5 การตรวจสอบคุณภาพในด้านสี พบว่า ลิ้นจี่ที่อบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียสที่ผ่านการลวกในน้ำเดือดที่มีสารเคมี และผ่านการรมควันกำมะถัน มีคุณภาพในด้านสีที่ผู้บริโภคยอมรับมากที่สุด โดยศึกษาอายุการเก็บในระยะเวลา 6 เดือน และสีของลิ้นจี่อบแห้งมีการเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาล (Browning) เป็นสัดส่วนโดยตรงเมื่ออายุการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น

MAEJO UNIVERSITY ARCHIVES

เอกสารอ้างอิง

1. กำธร ญาติน้อย. 2516. Retention of Absorb Sulfur Dioxide in Fruit Tissue during Drying. สัมมนา. ภาควิชาวิทยาศาสตร์การอาหาร คณะเกษตรศาสตร์. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
2. จรรยา วัฒนาทวีกุล และพิพัฒน์ พันพาไพร. 2523. การตากแห้งโดยใช้ตู้อบแสงแดด วารสารอาหาร 12(1) : 60-65
3. นิรนาม. 2521. ข้อมูลการตลาดจังหวัดเชียงใหม่ ประจำปี 2530. สำนักงานพาณิชย์จังหวัดเชียงใหม่
4. นิรนาม. 2531. สถิติการเพาะปลูกไม้ผลและไม้ยืนต้น ปีการเพาะปลูก 2530/2531. ฝ่ายวิเคราะห์ข้อมูลส่งเสริมการเกษตร กองแผนงานและโครงการพิเศษ กรมส่งเสริมการเกษตร.
5. นฤดม บุญหลง. 2521. วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร. กรุงเทพฯ: คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
6. บรรจง นวลพลับ. 2527. ความเป็นไปได้ต่อแหล่งปลูกและสายพันธุ์ลิ้นจี่. ฐานเกษตรกรรม. 2(3) : 6-27
7. ไพบูลย์ ธรรมรัตน์วาสิก. 2532. กรรมวิธีการแปรรูปอาหาร. กรุงเทพฯ : โอเดียน-สโตร์.
8. ไพศาล ศุภางค์เสน. 2526. ลิ้นจี่ในออสเตรเลีย : วิธีการช่วยให้เปลือกลิ้นจี่ไม่เปลี่ยนสีและเน่าช้าลง. กสิกร. 56(4) : 188-185
9. ไพโรจน์ วิริยะวารี. 2526. ความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีการผลิต INTERMEDIATE MOISTURE FOOD.(ADVANCE TECHNOLOGY IN IMF.) กรุงเทพฯ : ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
10. วิชัย หฤทัยธนาสันติ์. 2518. หลักการถนอมและแปรรูปผักผลไม้เบื้องต้น. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
11. ศรีมูล บุญรัตน์. 2527. การปลูกลิ้นจี่. สถานีทดลองพืชสวนฝาง เชียงใหม่.
12. ศรีมูล บุญรัตน์. 2527. การใช้เทคโนโลยีในการทำสวนลิ้นจี่. สถานีทดลองพืชสวนฝาง เชียงใหม่.
13. ศิริลักษณ์ สินธวาลัย. 2525. ทฤษฎีอาหารเล่ม 1 หลักการประกอบอาหาร. พิมพ์ครั้งที่ 4 กรุงเทพฯ : บริษัทวรวุฒิการพิมพ์ จำกัด

MAEJO UNIVERSITY ARCHIVES

14. สมยศ จรรยา. 2530. ตู้อบแห้งแบบลดความชื้น. วารสารอาหาร. 17(2) : 103-106

15. Brooker , D.B. , Baker , A., Fred , W. and Hall , C.W. 1974. Drying Cereal Grain. 2nd Edition. Westport , Connecticut : AVI publishing Company.

16. Charm , S.E. 1987. Fundamental of Food Engineering. 3rd Edition. Westport , Connecticut : AVI publishing Company.

17. Desrosier , N.W. and Desrosier , J.N. 1977. The Technology of Food Preservation. 4th Edition. Westport , Connecticut : AVI Publishing Company.

18. Henderson , S.M. and Pabis , S. 1961. Grain Drying Theory I. Temperature Effect on Drying Coefficient. Journal of Agr.Eng. Res. 6(3) : 169-174

19. Henderson , S.M. 1974. Progress in Developing the Thin-layer Drying Equation. Trans. ASAE. 17(6) : 1167-1168 , 1172

20. Hunkill , W.V. and Schmidt , J.L. 1960. Drying Rate of Fully Exposed Grain Kernels. Trans.ASAE. 3(2) : 71-77 , 80.

21. Meyer , L.H. 1960. Food Chemistry. Tokyo : Charles E. Tule Company.

22. Mohsenin , N.N. 1980. Physical Properties of Plant and Animal Materials. New York : Gordon and Breach Science Publisher.

23. Nagy , S. and Shaw , P.E. 1980. Tropical and Subtropical Fruits. Westport , Connecticut : AVI publishing Company.

24. Overhults , D.G., White , G.M., Hamilton , H.E. and Ross, I.J. 1973. Drying Soy beans with Heated Air. Trans. of ASAE. 16 (1) : 112-113.

25. Pages , G. 1949. As cited by Wang , C.r. and Singh, R.P. 1978. Single Layer Drying Equation for Rough rice. ASAE Paper No. 78-3001

MAEJO UNIVERSITY ARCHIVES

26. Phoungchandang , S. 1986. Development of Snall Scale Processing for Green Pea. Bangkok : Master Degree Thesis. Asian Institute of Technology.

MAEJO UNIVERSITY ARCHIVES

ภาคผนวก

MAEJO UNIVERSITY ARCHIVES

ตารางภาคผนวกที่ 1 แสดงเส้นผ่าศูนย์กลางเฉลี่ย (Geometric Mean Diameter ; GMD)ของลิ้นจี่สด

ครั้งที่	จำนวนตัวอย่าง	ค่าเฉลี่ย (มล.)	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	พิสัย (มล.)
1	20	33.98	2.02	30.04 - 37.71
2	20	33.66	1.46	31.13 - 37.78
3	20	33.30	1.62	30.89 - 36.38
4	20	30.72	1.40	28.05 - 31.41
5	20	30.25	1.19	28.33 - 33.15
6	20	30.78	1.14	28.15 - 32.49
7	20	30.58	1.97	28.09 - 35.45
8	20	27.26	2.71	18.94 - 30.80
9	20	32.45	2.24	28.28 - 35.65
ค่าเฉลี่ย		31.44	1.75	28.02 - 34.53

MAEJO UNIVERSITY ARCHIVES

ตารางภาคผนวกที่ 2 แสดงค่าความถ่วงจำเพาะ (Specific gravity) และความหนาแน่น (Density) ของลิ้นจี่สด

ครั้งที่	จำนวนตัวอย่าง	ความถ่วงจำเพาะ	ความหนาแน่น (กก./ลบ.เมตร)
1	20	1.069	1069.35
2	20	1.048	1048.20
3	20	1.016	1016.95
4	20	1.062	1062.32
5	20	1.065	1065.55
6	20	1.071	1071.52
7	20	1.056	1056.65
8	20	1.066	1066.00
9	20	1.052	1052.70
ค่าเฉลี่ย	20	1.056	1056.36

MAEJO UNIVERSITY ARCHIVES

ตารางภาคผนวกที่ 3 แสดงการวัดเนื้อที่โดยวิธี Simpson's Rule และความกลม (Roundness) ของลิ้นจี่สด

ตัวอย่างที่	พ.ท.รวมของลิ้นจี่ (ตร.ซม.)	ความกลม (Roundness)	ตัวอย่างที่	พ.ท.รวมของลิ้นจี่ (ตร.ซม.)	ความกลม (Roundness)
1	9.56	0.91	16	9.34	0.86
2	11.18	0.81	17	8.29	0.87
3	13.04	0.79	18	9.48	0.84
4	10.75	0.93	19	8.55	0.89
5	10.32	0.94	20	11.64	0.92
6	11.49	0.90	21	10.46	0.97
7	10.40	0.83	22	10.17	0.86
8	7.91	0.85	23	12.25	0.97
9	8.55	0.87	24	10.75	0.90
10	10.03	0.81	25	12.10	0.93
11	9.34	0.89	26	10.60	0.92
12	9.21	0.91	27	10.60	0.91
13	7.18	0.96	28	12.41	0.92
14	8.55	0.89	29	-	-
15	10.32	0.93	30	-	-
	-	-	-	10.15	0.89

MAEJO UNIVERSITY ARCHIVES

ตารางภาคผนวกที่ 4 แสดงค่าร้อยละของช่องว่าง (% viod) ความหน่าแน่นเชิงปริมาตร (Bulk density) และปริมาตร (Volume) ของลิ้นจี่

ครั้งที่	ร้อยละของช่องว่าง (% viod)	ความหนาแน่นเชิงปริมาตร(Bulk density) %	ปริมาตร (Volume)มล.
1	38.75	63.50	17.50
2	35.95	64.00	20.02
3	38.46	61.00	19.84
4	40.91	73.00	15.15
5	35.92	68.00	16.55
6	40.43	72.50	16.54
7	33.58	75.00	16.60
8	45.49	70.00	11.35
9	30.14	70.00	19.96
ค่าเฉลี่ย	37.73	68.55	17.05