บทที่ 3
วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีการทดลอง

3.1 วัสดุและอุปกรณ์

3.1.1 วัตถุดิบและสารเคมี

ส้มสายน้ำผึ้ง จากตลาดในเขต อำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่

มอลโตเดกซ์ตริน (maltodextrin, food grade, หจก.นอร์ทเทิร์น เคมีคอล, ประเทศไทย)

เมโธเซล (methocel-type A4C ; methylcellulose, food grade, บริษัท วิคกี้ เอนเตอร์-ไพรซ์ จำกัด, ประเทศไทย)

whipping agent (Lamequick® CE 5557, food grade, บริษัท ค็อกนิสไทย จำกัด, ประเทศไทย)

3.1.2 อุปกรณ์

เครื่องอบแห้งสุญญากาศแบบอินฟราเรด (infrared vacuum dryer, บริษัท เฟบิกซ์ อินเตอร์เนชั่นแนล จำกัด, ประเทศไทย)

เครื่องบันทึกอุณหภูมิ (data logger, ADVANTECH: ADAM-4018+, Taiwan)

แท่งวัดอุณหภูมิ (sensor, FW: RTD ; Pt100, ประเทศไทย)

สายเทอร์โมคัพเปิ้ล ชนิดปลอกพีวีซี (thermocouple cable, OMEGA: AWG24, USA)

เครื่องตีปั่นไฟฟ้า (Kitchen Aid Mixer: Model K5SS, USA)

เครื่องวัดปริมาณของแข็ง (hand refractometer, ATAGO: Model N-2E, Brix 28-62% และ Model NOW, Brix 0-32%, Japan)

เครื่องวัดค่า water activity (Aqualab: Model CX3TE, USA)

เครื่องวัดสี (MINOLTA CHROMA METER: Model CR-300, Japan)

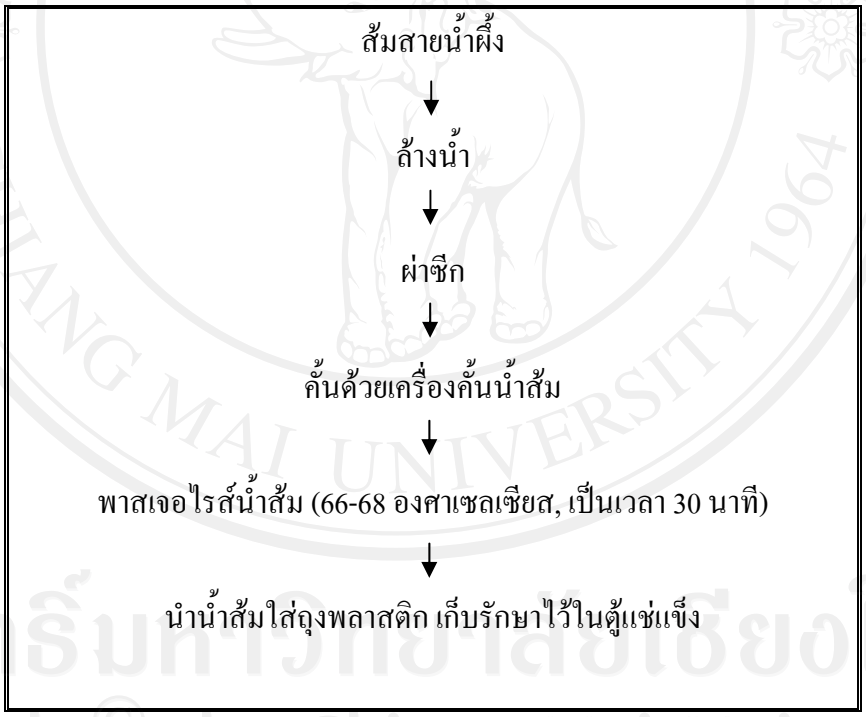
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

เครื่องคั้นน้ำส้ม (Moulinex: Model BKB1, Spain)

3.2 วิธีการทดลอง

3.2.1 การเตรียมน้ำส้ม

ในการศึกษาครั้งนี้ มีขั้นตอนการเตรียมน้ำส้ม โดยวิธีการคั้นสด และฆ่าเชื้อในระดับพาสเจอไรส์ (คณาจารย์ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร, 2549) (ภาพ 3.1) เพื่อนำไปใช้เป็นส่วนประกอบในการเตรียมโฟมน้ำส้ม



ภาพ 3.1 ขั้นตอนการเตรียมน้ำส้มคั้นสด

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

3.2.2 วิธีวิจัย

การทดลองแบ่งออกเป็น 2 ตอน ดังนี้

ตอนที่ 1 ศึกษาการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิภายในเครื่องอบแห้งสุญญากาศแบบอินฟราเรด และผลของการเตรียมตัวอย่างน้ำส้มที่มีต่อสมบัติของโฟมน้ำส้ม

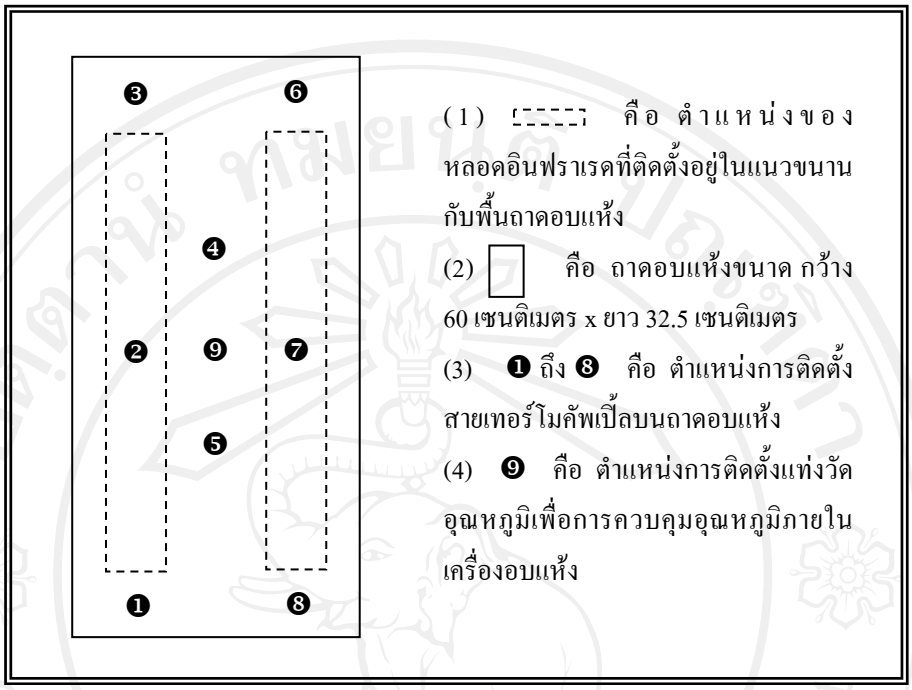
1.1 ศึกษาผลของค่าอุณหภูมิที่ตั้ง และระยะห่างจากหลอดอินฟราเรดที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิภายในเครื่องอบแห้งสุญญากาศแบบอินฟราเรด

1.1.1 เครื่องทำแห้งโฟมน้ำส้มที่ใช้ในการทดลองครั้งนี้ เป็นเครื่องอบแห้งสุญญากาศแบบอินฟราเรดต้นแบบแบบถาด มีระบบควบคุมอุณหภูมิการให้ความร้อนภายในตู้อบ (temperature oven controller) เป็นแบบ PID control (proportional-integral-derivative control) โดยมีอุปกรณ์ตรวจวัดอุณหภูมิเป็น temperature sensor (RTD, Pt100) ที่มีความยาว 5 เซนติเมตร และมีส่วนที่ตรวจวัดอุณหภูมิอยู่ตรงส่วนปลายสุด (ยาวประมาณ 0.5 เซนติเมตร จากปลาย) มีระบบควบคุมความดันภายในตู้อบแห้ง (pressure oven controller) ทำงานร่วมกับระบบปั๊มสุญญากาศ (vacuum pump) นอกจากนี้ยังมีระบบควบคุมการทำงานของเครื่องทำความเย็น (compressor temperature controller) แบบเปิด-ปิด (ON-OFF control) ภายในตู้อบแห้งติดตั้งหลอดอินฟราเรดที่มีกำลังไฟฟ้าสูงสุด 500 วัตต์ จำนวน 2 หลอด (ภาพ 3.4) และสามารถวางภาชนะแบบถาดได้ต่างกัน 2 ระดับ แต่ละระดับมีระยะห่างจากหลอดอินฟราเรด 7.1 หรือ 20.1 เซนติเมตร ตามลำดับ

1.1.2 การติดตั้งสายเทอร์โมคัพเปิ้ลบนถาดอบแห้ง ทั้งหมด 8 ตำแหน่ง (ตำแหน่งที่ 1 ถึง ตำแหน่งที่ 8) แสดงดังภาพ 3.2 พร้อมเชื่อมต่ออุปกรณ์กับเครื่องบันทึกอุณหภูมิ (data logger) และเครื่องคอมพิวเตอร์สำหรับบันทึกข้อมูล

1.1.3 นำถาดอบแห้งวางไว้ในเครื่องอบแห้ง (ภาพ 3.3) โดยวางตรงตำแหน่งชั้นบนหรือชั้นล่าง ซึ่งตำแหน่งชั้นบนมีระยะห่างจากพื้นถาดอบแห้งกับหลอดอินฟราเรด 7.1 เซนติเมตร และชั้นล่างมีระยะห่างระหว่างพื้นถาดอบแห้งกับหลอดอินฟราเรด 20.1 เซนติเมตร (ภาพ 3.4)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



ภาพ 3.2 ตำแหน่งการติดตั้งสายเทอร์โมคัพเปิ้ลบนถาดอบแห้ง

1.1.4 ติดตั้งแท่งวัดอุณหภูมิ (temperature sensor ; RTD, Pt100) เพื่อการควบคุมอุณหภูมิภายในเครื่องอบแห้ง แนบบนถาดอบแห้งในแนวระนาบตรงกึ่งกลางถาดอบแห้ง (ตำแหน่งที่ 9 ในภาพ 3.2) อุณหภูมิที่วัดได้จากแท่งวัดอุณหภูมินี้จะใช้เพื่อการควบคุมอุณหภูมิภายในเครื่องอบแห้งผ่านระบบ PID control

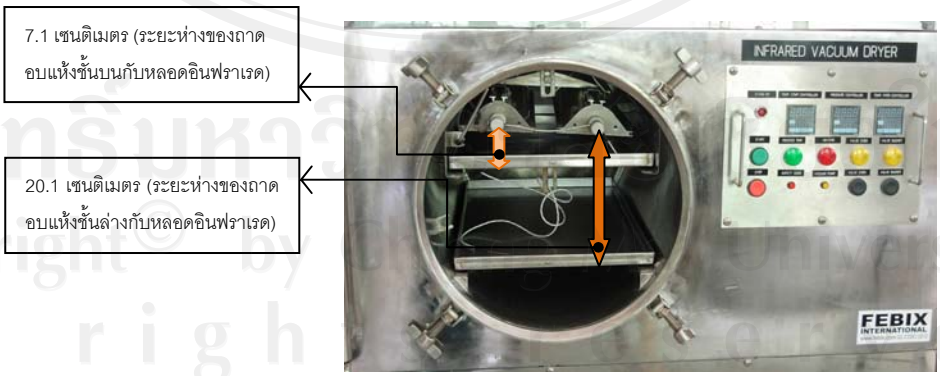
1.1.5 เปิดเครื่องอบแห้ง โดยตั้งค่าความดันภายในเครื่องอบแห้งให้คงที่ (1.0 บาร์) จากนั้นตั้งค่าของอุณหภูมิภายในเครื่องอบแห้งที่ 40 หรือ 60 หรือ 80 องศาเซลเซียส เพื่อให้หลอดอินฟราเรดแผ่รังสีโดยตรงสู่ถาดอบแห้ง

1.1.6 บันทึก และจดบันทึกค่าอุณหภูมิเป็นองศาเซลเซียสทุกๆ 15 วินาที บนถาดอบแห้ง อุณหภูมิของน้ำหล่อเย็นสำหรับดักจับไอน้ำ และค่าเฉลี่ยร้อยละของการทำงานของหลอดอินฟราเรด ซึ่งนำไปคำนวณเป็นค่ากำลังไฟฟ้า (วัตต์, watts) เฉลี่ยที่จ่ายให้แก่

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

หลอดอินฟราเรดในระหว่างปฏิบัติการ เป็นเวลา 60 นาที จึงปิดเครื่อง หลังการทดลองแต่ละครั้ง จะมีระยะเวลาพักเครื่องอย่างน้อย 2 ชั่วโมงก่อนเริ่มเปิดเครื่องอบแห้งครั้งถัดไป เพื่อให้หลอดอินฟราเรดได้คายความร้อนออกมากที่สุด และจะทำให้เครื่องอบแห้งมีอุณหภูมิภายในเริ่มต้นในแต่ละครั้งที่ทำการทดลองนั้นมีค่าใกล้เคียงกัน

ภาพ 3.3 เครื่องอบแห้งสุญญากาศแบบอินฟราเรด (IRVD) ต้นแบบ (ภาพด้านข้าง)



ภาพ 3.4 เครื่องอบแห้งสุญญากาศแบบอินฟราเรด (IRVD) ต้นแบบ (ภาพด้านหน้า)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

1.2 ศึกษาผลของการเตรียมตัวอย่างน้ำส้มที่มีต่อสมบัติของโฟมน้ำส้ม

1.2.1 เตรียมส่วนผสมน้ำส้ม โดยปรับปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด 3 ระดับ คือ 25, 30 และ 35°Brix ด้วย maltodextrin (GRAS FDA # 184.1414.2000) ที่มีค่าสมมูลเดกซ์โทรส (dextrose equivalent, DE) อยู่ระหว่าง 13-15

1.2.2 เตรียมสารที่ก่อให้เกิดโฟม โดยขั้นตอน ดังนี้

1) เตรียมสารละลายของ whipping agent โดยต้มน้ำสะอาดให้มีอุณหภูมิ 65-70 องศาเซลเซียส นำมาละลายผง whipping agent จนหมด จะได้ของเหลวที่มีลักษณะสีขาว มีกลิ่นคล้ายนมผงละลายน้ำ

2) เตรียมเจลของ methocel type A โดยละลายผง methocel (EEC No. E461; GRAS FDA # 182.1480.2000) ด้วยน้ำร้อนที่มีอุณหภูมิ 65-70 องศาเซลเซียส 1 ส่วน (โดยน้ำหนัก) หลัง จากนั้นเติมน้ำเย็น (อุณหภูมิต่ำกว่า 10 องศาเซลเซียส) อีก 2 ส่วน (โดยน้ำหนัก) ละลาย methocel และผสมจนเป็นเนื้อเดียวกัน (The Dow Chemical Company, 2005) นำไปเก็บในตู้เย็นข้ามคืน จะได้เจลที่มีลักษณะค่อนข้างใส ไม่มีสี และหนืด

1.2.3 การตีโฟม นำสารที่ก่อให้เกิดโฟมที่เตรียมไว้ โดยใช้อัตราส่วนของสารที่ก่อให้เกิดโฟม 2 ชนิด ในอัตราคงที่ คือ 1 ส่วน ต่อ 1 ส่วน (อัตราส่วนโดยน้ำหนัก) เทลงในโถของเครื่องตีซึ่งติดตั้งหัวตะกร้อไว้แล้ว เปิดเครื่องให้ตีด้วยความเร็วช้าที่สุด เพื่อให้สารที่ก่อให้เกิดโฟม 2 ชนิดผสมให้เข้ากัน ปิดเครื่อง แล้วจึงเทส่วนผสมน้ำส้ม จากนั้นเปิดเครื่องตีด้วยความเร็วระดับสูง (ระดับ 8) โดยใช้เวลาตีปั่น 5-20 นาที เก็บตัวอย่างหลังจากตีปั่นทุกๆ 5 นาที จนครบ 30 นาที นำไปวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพของโฟม คือ ความคงตัวของโฟม (ตามวิธีของ Sauter and Montoure (1972) อ้างโดย อรทัย (2547)) ความหนาแน่นของโฟม (ดัดแปลงตามวิธีของ Akintoye and Oguntunde (1991) อ้างโดย อรทัย (2547)) และ overrun ของโฟม (ตามวิธีของ วันเพ็ญ (2542) อ้างโดย อรทัย (2547)) วางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) ทำการทดลองจำนวน 3 ซ้ำ นำข้อมูลที่ได้ไปวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS (Statistical Package for the Social Science) for Windows version 10.0 นำข้อมูลที่

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ได้ไปใช้เลือกสภาวะการเตรียมโฟมน้ำส้มเพียงสภาวะเดียวที่ทำให้ได้โฟมน้ำส้มที่มีความคงตัวดีที่สุด เพื่อนำไปศึกษาในตอนที่ 2 ต่อไป

ตอนที่ 2 ศึกษาผลของสภาวะปฏิบัติการทำแห้งน้ำส้มด้วยเครื่องอบแห้งสุญญากาศแบบอินฟราเรดที่มีต่อสมบัติบางประการของผลิตภัณฑ์น้ำส้มผง

2.1 เตรียมโฟมน้ำส้มโดยใช้กระบวนการเตรียมที่ได้จากการศึกษาในตอนที่ 1.2 ตักโฟมที่ได้ใส่ลงในถุงบีบ โดยใช้หัวบีบที่มีรูขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.5 เซนติเมตร บีบลงในถาดอบแห้งในลักษณะเป็นเส้นโฟม (ภาพ ง-4) นำถาดวางที่ตำแหน่งชั้นล่าง (ภาพ ง-6) ปิดฝาตู้

2.2 ตั้งค่าอุณหภูมิ และความดันที่ใช้ในการทำแห้งระดับต่างๆ กัน ได้แก่ ค่าอุณหภูมิ 2 ระดับ ได้แก่ 40 หรือ 60 องศาเซลเซียส และความดัน 3 ระดับ ได้แก่ ที่ความดันบรรยากาศปกติ (P = 1.0 บาร์) ภายใต้สภาวะสุญญากาศ 0.5 หรือ 0.1 บาร์ เปิดเครื่องอบแห้งเริ่มให้ความร้อนในการทำแห้งโฟมน้ำส้มเป็นเวลา 2 ชั่วโมง ปิดเครื่อง

2.3 นำถาดอบแห้งออกจากเครื่องอบแห้ง เก็บผลิตภัณฑ์น้ำส้มผงที่ได้บรรจุ และผนึกในถุงพลาสติก และเก็บไว้ในโถดูดความชื้น เพื่อรอการวิเคราะห์ต่อไป

2.4 การวิเคราะห์คุณภาพตัวอย่างผลิตภัณฑ์น้ำส้มผงหลังการทำแห้ง ได้แก่ คุณภาพทางด้านกายภาพ คือ ค่าสีระบบ Hunter Lab: L*, a* และ b* โดยใช้เครื่องวัดสี MINOLTA CHROMA METER (Model CR-300) และคุณภาพทางด้านเคมี คือ ปริมาณน้ำอิสระ (a_w) โดยใช้เครื่องวัดค่า water activity (Aqualab, Model CX3TE)

วางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) ทำการทดลองจำนวน 3 ซ้ำ นำข้อมูลที่ได้ไปวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS (Statistical Package for the Social Science) for Windows version 10.0

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved