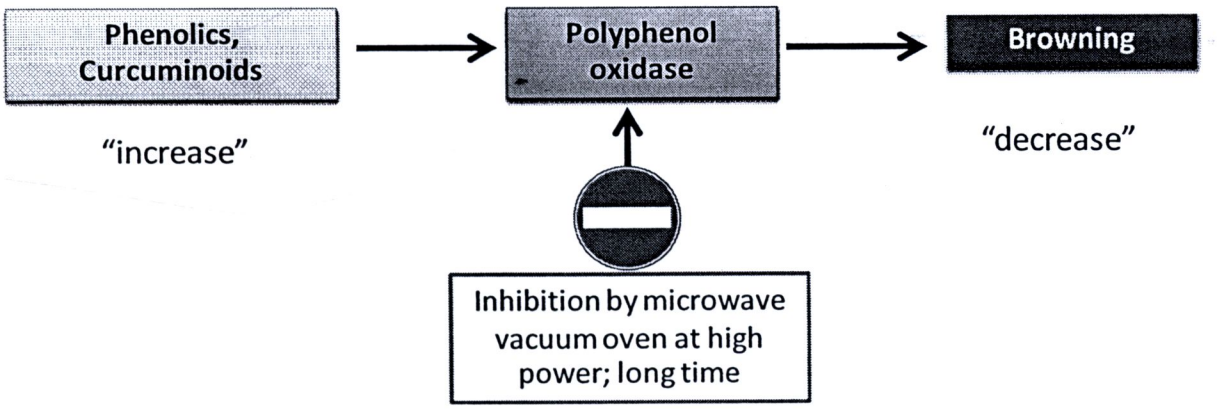
บทที่ 5
สรุปผลการทดลอง

จากการทดลองสามารถสรุปได้ว่า ขมิ้นชันสดมีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระ และ ปริมาณสารฟีนอลิกทั้งหมดที่เทียบเท่า หรือมากกว่าสมุนไพรที่ให้ประโยชน์ในการต่อต้านโรค โดยเฉพาะอย่างยิ่ง สารฟีนอลิกซึ่งเป็นตัวต้านอนุมูลอิสระและสารต้านการกลายพันธุ์ (antimutagens) ดังนั้นการใช้สารประกอบฟีนอลิกจากพืชจึงถูกใช้เพื่อการป้องกันโรคต่างๆ โดยเฉพาะโรคหัวใจขาดเลือดและมะเร็ง สารประกอบฟีนอลลิกดังกล่าวจะทำหน้าที่กำจัดอนุมูลอิสระ และไอออนของโลหะที่สามารถเร่งการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันและโมเลกุลอื่นๆ ด้วยการให้อะตอมไฮโดรเจนแก่อนุมูลอิสระอย่างรวดเร็ว เช่นเดียวกับสารประกอบฟีนอลิกพวก Curcumin จากการทดลองพบว่าในขมิ้นชันมีค่าดังกล่าวสูงถึง สูงถึงเป็นร้อยละ 9.39 ต่อน้ำหนักแห้ง

คุณสมบัติของขมิ้นชันหลังอบแห้ง พบว่า การอบแห้งขมิ้นชันมีผลต่อค่า a_w โดยระยะเวลาการอบที่ 30 นาทีจะทำให้ค่า a_w ของขมิ้นชันต่ำกว่า 0.3 การที่ค่า a_w มีค่าต่ำจะส่งผลดีต่ออาหารคือทำให้อาหารมีความปลอดภัยจากเชื้อจุลินทรีย์ ยีสต์ และกิจกรรมทางชีวะเคมี เช่นปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลเป็นต้น ดังนั้นค่า a_w ที่ต่ำยังแสดงถึงอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ที่ยาวนานด้วย ทั้งนี้การลดการเกิดสีน้ำตาลในผักผลไม้แห้งสามารถวัดได้จาก ค่าความสว่าง (ค่า L) โดยค่า L มากหมายถึงผลิตภัณฑ์เกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลได้น้อยลง การอบแห้งขมิ้นชันที่อุณหภูมิสูง (4000 w) เป็นระยะเวลานาน (30 นาที) สามารถรักษาสีไม่ให้เกิดการคล้ำเสียได้ ทั้งนี้อาจจะเนื่องมาจากการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของเอ็นไซม์ที่เกี่ยวข้องกับการเกิดสีน้ำตาล โพลีฟีนอลอ๊อกซิเดส (Polyphenol oxidase; PPO) และ เพอร์อ๊อกซิเดส (Peroxidase; POD) ซึ่งทำงานได้น้อยลงเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น และหยุดการทำงานที่อุณหภูมิมากกว่า 70 องศาเซลเซียส

การวิเคราะห์พื้นที่การตอบสนอง (Response surface methodology) ของคุณภาพทางเคมีกายภาพของผลิตภัณฑ์ขมิ้นชัน นำผลที่ได้มาวิเคราะห์หารูปแบบสมการถดถอยที่เหมาะสม จากสมการถดถอยทั้ง 9 สมการ พบว่า ตัวแปรตามที่มีความสำคัญต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ขมิ้นชันอบแห้ง ได้แก่ ปริมาณความชื้น ค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ ค่ากิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ ปริมาณสารฟีนอลิกทั้งหมด และ curcumin และ เมื่อนำข้อมูลดังกล่าว ไป พลอตกราฟความสัมพันธ์โดยใช้โปรแกรมทางสถิติ (Design expert ver6) จะได้ช่วงอุณหภูมิ และกำลังไฟฟ้าที่แนะนำ (Optimized condition) ที่ กำลังไฟฟ้าระหว่าง 3500-400 วัตต์ และ ใช้เวลาในการอบระหว่าง 27-30 นาที ดังที่แสดงในรูป 4.6

ความสัมพันธ์ระหว่างการรักษาสี กับระดับสารดังกล่าวอาจจะอธิบายได้ด้วยการเกิดสีน้ำตาลโดยเอ็นไซม์ Polyphenol oxidase ที่ Prathapan และคณะ (2009)ได้อธิบายไว้ กล่าวคือค่าความสว่างของขมิ้นที่ทำการทดลองสูงขึ้นเมื่อ อบขมิ้นที่อุณหภูมิ 70-80 องศาเซลเซียส ทั้งนี้เนื่องจากปฏิกิริยาของเอ็นไซม์ลดลงที่อุณหภูมิสูง เนื่องจากปฏิกิริยาดังกล่าวมีอัตราที่ช้าลง ดังนั้นสารตั้งต้น ได้แก่ ฟีนอลิก และ Curcuminoids ก็จะถูกนำไปใช้ในปฏิกิริยาทางชีวะเคมี ดังกล่าวได้น้อยลง ส่งผลให้มีปริมาณที่ สารดังกล่าวที่สามารถวัดได้มีมากขึ้น ความสัมพันธ์ดังกล่าวสามารถอธิบายได้ ดังแสดงไว้ในรูปที่ 5.1



รูปที่ 5.1 โมเดลแสดงผลกระทบของการใช้ตู้อบไมโครเวฟสุญญากาศ ต่อ สมบัติทางกายภาพ (สี) และเคมี (สารฟีนอลิก) โดยการอบที่กำลังไฟฟ้าสูงเป็นระยะเวลานานสามารถยับยั้งเอ็มไซม์ที่ทำให้เกิดสีน้ำตาล ส่งผลให้ ขมิ้นชันอบแห้งมีสีสว่างขึ้น และมีสารฟีนอลลิกเพิ่มขึ้น

ใบชาจีนสดที่ใช้ในการทดลองนี้ มีความชื้นและเถ้าสูงซึ่งแสดงให้เห็นว่าใบชาประกอบไปด้วยธาตุ อาหารต่าง ๆ เช่น โปแตสเซียม แคลเซียม ฟอสฟอรัส แมกนีเซียม เหล็ก แมกกานีส ซัลเฟอร์ อลูมิเนียม โซเดียม ซิลิคอน สังกะสี และ ทองแดง ในส่วนของค่ากิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ (DPPH assay) หรือ EC_{50} พบว่าใบชาจีนสดจากโครงการหลวงขุนวาง มีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระสูงมาก ปริมาณสารฟีนอลลิกทั้งหมด (total phenolic), Tea Polyphones (ได้แก่ (-)-epigallocatechin gallte (EGCG), Epicatechin (EC) และ Epictechin gallate (ECG)) จากการทดลองพบว่าใบชาจีนดังกล่าวมีค่าใกล้เคียง หรือมากกว่ากับใบชาชนิดอื่น เช่นชา ชุนมี (Chun-me) ซึ่งสาร ฟีนอลิกเหล่า นี้เป็นสารที่มีฤทธิ์ ในการต้านโรคมะเร็ง โรคหลอดเลือดหัวใจ และโรคเบาหวาน

ผลการทดลองคุณภาพของชาที่อบด้วยเครื่องอบไมโครเวฟสุญญากาศพบว่า กำลังไฟและเวลาที่เพิ่มขึ้นมีผลทำให้ค่า a_w ของชาเขียวลดลง ชาเขียวอบแห้งของหน่วยทดลองที่ 1 เพียงหน่วยทดลองเดียวเท่านั้น ที่มีค่า L a*และ b* ต่ำกว่าหน่วยทดลองอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งค่าความสว่างต่ำลงนี้น่าจะมาจากชาเขียวอบแห้งจากหน่วยที่ 1 มีความชื้นสูงกว่าหน่วยทดลองอื่น ๆ ความชื้นในใบชานี้ดังกล่าวนี้จะกระตุ้นให้เกิดสีน้ำตาลจากเอนไซม์ Polyphenol oxidase (PPO)ได้ เร็วขึ้น ปริมาณสาร Tea Polyphenols ในชาเขียวที่อบแห้งด้วยเครื่องอบไมโครเวฟสุญญากาศโดยการปรับพลังงาน และเวลาที่ใช้อบชา ไม่มีผลต่อปริมาณสาร EC และ EGCG ทั้งนี้เพราะอุณหภูมิที่ใช้ในการอบชา (ไม่เกิน 60 องศาเซลเซียส) ไม่มีโดยตรงต่อปริมาณสาร EC และ EGCG อย่างไรก็ตามผลจาการทดลอง แสดงให้เห็นว่าพลังงานและเวลาที่ใช้ในการอบแห้งชามีผลต่อปริมาณสาร ECG ในชาเขียวเล็กน้อย โดยระยะเวลาการอบที่นานขึ้นมีผลทำให้ปริมาณสาร ECG ลดลงเล็กน้อยในบางสิ่งทดลอง

จากการวิเคราะห์หาสมการถดถอย พบว่า ปริมาณชา พลังงาน และเวลาที่ใช้ทำแห้งมีความสัมพันธ์กับบางคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์ ซึ่ง เมื่อใช้สภาวะในการผลิตชาเขียวที่พลังงานสูง และ ระยะเวลาที่นานจะทำให้ผลิตภัณฑ์ชาเขียวที่มีค่า a_w ที่ลดต่ำลง ซึ่งค่า a_w ที่ต่ำลงนี้มีผลทำให้ชาเขียวมีระยะเวลาการเก็บที่ยาวนานขึ้น ค่ากิจกรรมต้านอนุมูลอิสระจะเพิ่มขึ้นตามพลังงานและเวลาการอบชาที่เพิ่มขึ้น ในส่วนของปริมาณสารฟีนอลิกทั้งหมดการอบด้วยพลังงานสูงและระยะเวลาสั้น (พลังงาน 4000 วัตต์ อบนาน 20 นาที) ทำให้ชาเขียวมีปริมาณสารฟีนอลิกทั้งหมดสูงที่สุด อย่างไรก็ตามถ้าอบชาเขียวด้วยพลังงานไมโครเวฟสูงเป็นเวลานานขึ้นจะทำให้ปริมาณสารฟีนอลิกทั้งหมดลดลง ดังนั้นการอบชาเขียวที่เหมาะสมคือการใช้พลังงานต่ำแต่อบเป็นเวลานาน เพื่อรักษาสารปริมาณสารฟีนอลิกทั้งหมดในชาเขียว ดังนั้นการอบชาเขียวด้วยเครื่องอบไมโครเวฟสุญญากาศควรอบที่พลังงานไมโครเวฟ 3200 วัตถ์ และ อบนาน 30 นาที