บทที่ 4

ผลการวิจัยและวิจารณ์

1.น้ำบัวบกสด

บัวบกที่นำมาใช้เป็นวัตถุดิบในงานวิจัยนี้ปลูกในสวนเขตอำเภอบางใหญ่ จังหวัดนนทบุรี เมื่อนำมาหาปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมดพบว่า ในบัวบกสด 1 กรัม มีปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมด เท่ากับ 1.77 ± 0.01 มิลลิกรัม และเมื่อนำมาผลิตเป็นน้ำบัวบกสด ดังรูปที่ 4 พบว่าในการผลิตแต่ละครั้ง ค่า pH ของน้ำบัวบกสดมีค่าอยู่ในช่วง 6.0-6.4 จึงจัดน้ำบัวบกสดอยู่ในผลิตภัณฑ์น้ำผักจำพวกไม่มีความเป็นกรดหรือเป็นกรดเล็กน้อย โดยผลิตภัณฑ์ประเภทนี้จะเกิดการเสื่อมเสียได้จากเชื้อจุลินทรีย์พวก spore-forming (วิชัย หฤทัยธนาสันติ์, 2521) ส่วนค่าสีของน้ำบัวบกสด มี ค่า L ซึ่งหมายถึงค่าความสว่างของสี (Baker, Hahn and Robbins, 1988) เท่ากับ 13.45±0.18 โดยถ้าค่า L มีค่าเป็น 100 แสดงว่าผลิตภัณฑ์นั้นมีลักษณะของสีขาวมากที่สุด แต่ถ้ามีค่าเป็น 0 แสดงว่าผลิตภัณฑ์นั้นมีลักษณะของสีดำมากที่สุด (Baker, Hahn and Robbins, 1988 ; Francis and Clydesdale, 1975) ดังนั้นจากค่า L ที่ได้ทำให้น้ำบัวบกสดมีลักษณะของสีดำมากกว่าสีขาว ส่วนค่าสีหลัก ซึ่งหมายถึง ค่าสีหรือลักษณะของเนื้อสีที่แท้จริงของผลิตภัณฑ์ (นฤดม บุญ-หลง, 2532) เป็นตัวกำหนดลักษณะปรากฏด้านสีของผลิตภัณฑ์จะขึ้นอยู่กับอัตราส่วนระหว่าง a/b โดยจะแปรค่าออกมาในรูปของมุม $\tan^{-1}$ a/b ซึ่งให้ลักษณะปรากฏด้านสีของผลิตภัณฑ์ต่างกันตามค่ามุมที่ได้ จากการวิจัย พบว่า ค่าสีหลักของน้ำบัวบกสดมีค่าเท่ากับ -16.03±0.21 ซึ่งจะมีสีอยู่ในช่วงของสีเหลืองเขียว (Francis and Clydesdale, 1975) ดังนั้นเมื่อพิจารณาค่า L และค่าสีหลักร่วมกันจะพบว่า น้ำบัวบกสดมีลักษณะปรากฏด้านสีเป็นสีเหลืองเขียวเข้มหรือคล้ายสีเขียวขี้ม้า ดังรูปที่ 6 ซึ่งน้ำบัวบกสดที่ได้นี้จะใช้เป็นวัตถุดิบที่ใช้ศึกษาในขั้นตอนต่อไป

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 6 น้ำบัวบกสด

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2. ผลของ pH ต่อสีและปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมดในน้ำบัวบกผง

จากการศึกษาผลของ pH ต่อปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมดในน้ำบัวบกผง ซึ่งได้จากน้ำบัวบกสดที่ผ่านกระบวนการผลิตตามรูปที่ 4 มาแบ่งเป็น 3 ส่วน คือ ส่วนที่ปรับค่า pH เป็น 5.0, 7.0 และส่วนที่ไม่มีการปรับค่า pH แล้วนำมาผ่านเข้าเครื่องทำแห้งแบบพ่นกระจายในภาวะการผลิตเดียวกัน พบว่า น้ำบัวบกสดที่ไม่ปรับค่า pH เมื่อผ่านเข้าเครื่องทำแห้งแบบพ่นกระจายจะได้น้ำบัวบกผงที่มีปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมดมากกว่าน้ำบัวบกผงที่ได้จากน้ำบัวบกสดที่ปรับค่า pH เป็น 7.0 และ 5.0 ตามลำดับ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (ตารางที่ 4) เนื่องจาก น้ำบัวบกสดที่ผลิตได้ตามรูปที่ 4 บัวบกต้องผ่านการปั่นผสมกับน้ำ อาจทำให้เซลล์ของคลอโรพลาสต์ (chloroplast) แตก คลอโรฟิลล์และเอนไซม์คลอโรฟิลเลส (chlorophyllase) ที่อยู่ภายในเซลล์คลอโรพลาสต์อาจหลุดออกจากเซลล์ได้ คลอโรฟิลล์บางส่วนในน้ำบัวบกเกิดการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างทางเคมี ทำให้คลอโรฟิลล์เปลี่ยนแปลงไปเป็นคลอโรฟิลไลด์ (chlorophillide) เมื่อนำน้ำบัวบกสดมาปรับค่า pH เป็น 7.0 ด้วยสารละลายแคลเซียมไฮดรอกไซด์ที่มีฤทธิ์เป็นด่างแล้วนำเข้าเครื่องทำแห้งแบบพ่นกระจายที่อุณหภูมิลมเข้า 150 องศาเซลเซียส ทำให้คลอโรฟิลล์บางส่วนเปลี่ยนแปลงไปเป็นคลอโรฟิลไลด์มากขึ้น ในขณะที่การเปลี่ยนแปลงของคลอโรฟิลล์ไปเป็นฟีโอไฟตินและคลอโรฟิลไลด์ไปเป็นฟีโอฟอร์ไบด์ (pheophorbide) เกิดได้น้อย ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของ Clydesdale และ Francis (1968) ที่พบว่า การปรับค่า pH ของ spinach puree ให้สูงขึ้นโดยการใช้สารอัลคาไลด์ (alkalizing agent) ร่วมกับการลวกที่ 68 องศาเซลเซียส (155 องศาฟาเรนไฮต์) ในระยะเวลาสั้นๆ จะทำให้คลอโรฟิลล์เปลี่ยนแปลงไปเป็นคลอโรฟิลไลด์มากขึ้น ในขณะเดียวกันการเกิดปฏิกิริยาฟีโอไฟติไนเซชันและการเปลี่ยนแปลงของคลอโรฟิลไลด์ไปเป็นฟีโอฟอร์ไบด์ใน spinach puree จะลดลง แต่วิธีหาปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมดในงานวิจัยนี้เป็นวิธีการตรวจสอบที่ให้เฉพาะปริมาณคลอโรฟิลล์ โดยสาร derivative ของคลอโรฟิลล์ที่ละลายน้ำได้จะถูกชะล้างออกก่อนนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสง คลอโรฟิลไลด์เป็นสาร derivative ของคลอโรฟิลล์ที่ละลายน้ำได้ (Schwartz and Lorenzo, 1990) ดังนั้นปริมาณคลอโรฟิลล์ที่เปลี่ยนแปลงไปเป็นคลอโรฟิลไลด์จึงถูกชะล้างออก เมื่อนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงจึงทำให้ปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมดที่ได้ลดลง

ส่วนน้ำบัวบกผงที่ได้จากน้ำบัวบกสดที่ปรับค่า pH เป็น 5.0 ด้วยสารละลายสังกะสีซัลเฟต พบว่า มีปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมดน้อยกว่าน้ำบัวบกผงที่ได้จากน้ำบัวบกสดที่ไม่ปรับค่า

pH อาจเนื่องมาจากการปรับค่า pH ด้วยสารละลายสังกะสีซัลเฟตทำให้สังกะสีไอออนเข้าแทนที่แมกนีเซียมไอออนในโมเลกุลของคลอโรฟิลล์เกิดสารประกอบเชิงซ้อนของสังกะสีที่เรียกว่า pheophytin-zinc ion complex ซึ่งอาจให้ค่าการดูดกลืนแสงมากที่สุดในตัวทำละลาย ethyl ether ที่ความยาวคลื่นแสงแตกต่างจากคลอโรฟิลล์ซึ่งมีค่าการดูดกลืนแสงมากที่สุดที่ความยาวคลื่นแสงเท่ากับ 660 นาโนเมตร สำหรับคลอโรฟิลล์ เอ และ 642.5 นาโนเมตร สำหรับคลอโรฟิลล์ บี ในตัวทำละลาย ethyl ether (Davison, 1954; Ranganna, 1977) อย่างไรก็ตาม Jones และคณะ (1977) พบว่า การเกิด pheophytin-zinc ion complex ใน spinach slurry โดยใช้สารละลายสังกะสีคลอไรด์ปรับค่า pH ให้อยู่ในช่วง 3.8-8.5 ก่อนผ่านการให้ความร้อนที่ 100 องศาเซลเซียสต้องใช้เวลาอย่างน้อย 60 นาทีในการเกิดสารประกอบเชิงซ้อน ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของ Schanderl, Marsh และ Chichester (1965) พบว่า การเกิดสารประกอบเชิงซ้อนดังกล่าวได้อย่างสมบูรณ์ต้องใช้เวลาอย่างน้อยถึง 60 นาที แต่จากการวิจัยนี้หลังจากใช้สารละลายสังกะสีซัลเฟตปรับค่า pH ของน้ำบัวบกจะผ่านเข้าเครื่องทำแห้งแบบพ่นกระจายทันที นอกจากนี้ Jones และคณะ (1977) พบว่า อัตราการเกิด pheophytin-zinc ion complex จะลดลงเมื่อค่า pH ของ spinach puree ลดลง และจะไม่เกิดเลยเมื่อค่า pH ต่ำกว่า 3.8 ดังนั้นคลอโรฟิลล์บางส่วนที่อยู่ในน้ำบัวบกสดที่ปรับค่า pH เป็น 5.0 จึงน่าจะเกิดการเปลี่ยนแปลงไปเป็นฟีโอไฟตินก่อนที่จะเปลี่ยนแปลงเป็น pheophytin-zinc ion complex โดยไฮโดรเจนไอออนที่เกิดจากการปรับค่า pH ด้วยสารละลายสังกะสีซัลเฟตจะเข้าแทนที่แมกนีเซียมไอออนในโมเลกุลของคลอโรฟิลล์ ตามปฏิกิริยาฟีโอไฟติไนเซชัน (Schwartz and Lorenzo, 1990) ส่วนคลอโรฟิลไลด์จะเกิดการเปลี่ยนแปลงเป็นฟีโอฟอร์ไบด์ แต่ฟีโอไฟตินเป็นสารที่ให้ค่าการดูดกลืนแสงมากที่สุดที่ความยาวคลื่นแสงที่ 666.5 นาโนเมตร สำหรับฟีโอไฟติน เอ และ 653 นาโนเมตร สำหรับฟีโอไฟติน บี ในตัวทำละลาย ethyl ether (Davidson, 1954; Smith and Benitez, 1955 quoted in White, Jones and Gibbs, 1963) ส่วนฟีโอฟอร์ไบด์เป็นสารที่ให้ค่าการดูดกลืนแสงมากที่สุดที่ความยาวคลื่นแสง 666.7 นาโนเมตรสำหรับฟีโอฟอร์ไบด์ เอ และ 653 นาโนเมตรสำหรับฟีโอฟอร์ไบด์ บี ในตัวทำละลาย ethyl ether (White *et al.*, 1963) ดังนั้นในการวัดปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมดในน้ำบัวบกผงจึงเป็นปริมาณคลอโรฟิลล์ที่มีอยู่หลังจากเกิดการเปลี่ยนแปลงของคลอโรฟิลล์บางส่วนไปเป็นฟีโอไฟตินและคลอโรฟิลไลด์ซึ่งจะเปลี่ยนแปลงไปเป็นฟีโอฟอร์ไบด์ต่อไป ทำให้ปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมดที่ได้มีค่าลดลง

ส่วนปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมดที่ได้จากน้ำบัวบกผงที่เกิดจากการปรับค่า pH ของน้ำบัวบกสดเป็น 7.0 ก่อนผ่านเข้าเครื่องทำแห้งแบบพ่นกระจายมีค่ามากกว่าปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมดของน้ำบัวบกผงที่ได้จากน้ำบัวบกสดที่ปรับค่า pH เป็น 5.0 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (ตารางที่ 4) เนื่องมาจากปฏิกิริยาฟีโอไฟติไนเซชันจะเกิดขึ้นอย่างรวดเร็วในภาวะที่เป็นกรด เมื่อเทียบกับการเปลี่ยนแปลงของคลอโรฟิลล์และคลอโรฟิลไลด์ไปเป็นฟีโอไฟตินและฟีโอฟอร์ไบด์ตามลำดับในภาวะที่เป็นกลางหรือด่าง (Meyer, 1978) ทำให้ปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมดในน้ำบัวบกผงที่ได้จากน้ำบัวบกสดที่ปรับค่า pH เป็น 7.0 มีค่ามากกว่าน้ำบัวบกผงที่ได้จากน้ำบัวบกสดที่ปรับค่า pH เป็น 5.0

ส่วนการศึกษาผลของ pH ต่อสี โดยนำน้ำบัวบกผงมาละลายในน้ำอุ่นตามวิธีการทดลองข้อ 2.1 พบว่า ค่า L และค่าสีหลักของน้ำบัวบกผงที่ได้จากน้ำบัวบกสดที่ไม่ปรับค่า pH ไม่มีความแตกต่างกับน้ำบัวบกผงที่ได้จากน้ำบัวบกสดที่ปรับค่า pH เป็น 7.0 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 แต่น้ำบัวบกผงทั้งสองตัวอย่างจะให้ค่า L มากกว่าน้ำบัวบกผงที่ได้จากน้ำบัวบกสดที่ปรับค่า pH เป็น 5.0 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (ตารางที่ 5) แสดงว่าน้ำบัวบกผงที่ได้จากน้ำบัวบกสดที่ไม่ปรับค่า pH และปรับค่า pH เป็น 7.0 มีลักษณะคล้ำหรือมีลักษณะเป็นสีดำน้อยกว่าน้ำบัวบกผงที่ได้จากน้ำบัวบกสดที่ปรับค่า pH เป็น 5.0 ส่วนค่าสีหลัก พบว่า น้ำบัวบกผงทั้งสองตัวอย่างให้ค่าสีหลักน้อยกว่าน้ำบัวบกผงที่ได้จากน้ำบัวบกสดที่ปรับค่า pH เป็น 5.0 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (ตารางที่ 5) แสดงให้เห็นว่าค่าสีหลักของน้ำบัวบกผงที่ได้จากน้ำบัวบกสดที่ไม่ปรับค่า pH และปรับค่า pH เป็น 7.0 มีลักษณะปรากฏด้านสีเป็นสีเขียวมากกว่าน้ำบัวบกผงที่ได้จากน้ำบัวบกสดที่ปรับค่า pH เป็น 5.0 เนื่องมาจากน้ำบัวบกผงที่ได้จากน้ำบัวบกสดที่ปรับค่า pH เป็น 5.0 จะเกิดการเปลี่ยนแปลงของคลอโรฟิลล์ไปเป็นฟีโอไฟตินซึ่งมีสีน้ำตาลตามปฏิกิริยาฟีโอไฟติไนเซชัน และคลอโรฟิลไลด์เปลี่ยนแปลงไปเป็นฟีโอฟอร์ไบด์ซึ่งมีสีน้ำตาลเหลือง (John, 1980) ทำให้สีเขียวของน้ำบัวบกผงลดลง ดังนั้นในการศึกษาขั้นตอนต่อไปจึงเลือกน้ำบัวบกที่ไม่มีการปรับค่า pH เป็นวัตถุดิบ เนื่องจากให้ค่าสีหลัก และค่า L ดีที่สุด และให้ปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมดมากที่สุดหลังจากผลิตเป็นน้ำบัวบกผงแล้ว ประกอบกับการใช้น้ำบัวบกสดที่ไม่ปรับค่า pH จะช่วยประหยัดต้นทุนในเรื่องของสารเคมีด้วย

ตารางที่ 4 ปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมดในน้ำบัวบกผง (ค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน)

ตัวอย่าง	ปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมด(mg/g)*
น้ำบัวบกผงที่ได้จากน้ำบัวบกสดที่ไม่ปรับค่า pH	6.17 ± 0.21^{a}
น้ำบัวบกผงที่ได้จากน้ำบัวบกสดที่ปรับค่า pH เป็น 7.0 ด้วย $Ca(OH)_2$ (aq)	5.44 ± 0.22^{b}
น้ำบัวบกผงที่ได้จากน้ำบัวบกสดที่ปรับค่า pH เป็น 5.0 ด้วย $ZnSO_4.7H_2O$ (aq)	3.84 ± 0.22^{c}

*ตัวอักษรที่แตกต่างกัน แสดงว่าค่าเฉลี่ยนั้นมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 5 ค่าสีของน้ำบัวบกผง

ตัวอย่าง	ค่าสี*	
	ค่า L	ค่าสีหลัก
น้ำบัวบกผงที่ได้จากน้ำบัวบกสดที่ไม่ปรับค่า pH	16.01 ± 0.26^{a}	-11.34 ± 0.20^{a}
น้ำบัวบกผงที่ได้จากน้ำบัวบกสดที่ปรับค่า pH เป็น 7.0 ด้วย $Ca(OH)_2$ (aq)	15.17 ± 0.13^{a}	-11.44 ± 0.38^{a}
น้ำบัวบกผงที่ได้จากน้ำบัวบกสดที่ปรับค่า pH เป็น 5.0 ด้วย $ZnSO_4.7H_2O$ (aq)	13.19 ± 0.03^{b}	-4.49 ± 0.33^{b}

*ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแถวตั้ง แสดงว่าค่าเฉลี่ยนั้นมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

3. ภาวะที่เหมาะสมในการผลิตน้ำบัวบกผง

จากการวิเคราะห์ ปริมาณความชื้น ค่าสี ปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมด และการประเมินผลทางประสาทสัมผัสด้านสีและกลิ่นรสของน้ำบัวบกผงที่ได้จากการทำแห้งแบบพ่นกระจาย พบว่า ค่า L ของน้ำบัวบกผงมีค่าอยู่ในช่วง 10.91±0.02 ถึง 15.90±0.08 ส่วนค่าสีหลักมีค่าอยู่ในช่วง 0.00±0.00 ถึง -11.73±0.18 (ตารางที่ 6) แสดงว่าน้ำบัวบกผงที่ได้มีลักษณะปรากฏด้านสีอยู่ในช่วงสีเหลืองคล้ำถึงเหลืองเขียวคล้ำ (Francis and Clydesdale, 1975) ส่วนปริมาณความชื้นมีค่าอยู่ในช่วงร้อยละ 3.21±0.01 ถึงร้อยละ 14.32±0.04 ปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมดมีค่าอยู่ในช่วง 4.87±0.07 ถึง 7.34±0.09 มิลลิกรัมต่อน้ำบัวบกผง 1 กรัม (ตารางที่ 6) ส่วนค่าการประเมินผลทางประสาทสัมผัสด้านสี พบว่ามีค่าอยู่ในช่วง 2.64±0.51 ถึง 5.78±0.11 (ตารางที่ 7) แสดงว่าน้ำบัวบกผงมีสีเขียวอยู่ในช่วงเล็กน้อยถึงมากที่สุด และค่าการประเมินผลทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่นรสมีค่าอยู่ในช่วง 3.85±0.20 ถึง 5.01±0.49 (ตารางที่ 7) แสดงว่าน้ำบัวบกผงที่ได้มีกลิ่นรสของบัวบกปกติถึงมาก เมื่อนำสมบัติเหล่านี้มาหาความสัมพันธ์กับภาวะการผลิตซึ่งได้แก่ อุณหภูมิลมเข้า(X_1) ปริมาณสารไซโคลเดกซ์ทริน (X_2) และอัตราการไหลของน้ำบัวบกเข้าเครื่องทำแห้งแบบพ่นกระจาย (X_3) โดย stepwise regression analysis (ภาคผนวก จ.) พบว่า ค่าการประเมินผลทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่นรสไม่มีความสัมพันธ์กับภาวะในการผลิต ทั้งนี้อาจเนื่องจากคะแนนของการประเมินผลทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่นรสที่ได้มีช่วงคะแนนแคบมาก จึงไม่สามารถหาความสัมพันธ์ออกมาในรูปของสมการได้ ส่วนสมบัติด้านอื่นให้ความสัมพันธ์แสดงดังสมการที่ 4 ถึง 8

ค่า L $= - 33.9718 + 0.6126X_1 + 3.8303X_2 - 1.7340\times10^{-2}X_3 - 2.1800\times10^{-3}X_1^2 + 2.9417\times10^{-3}(X_1X_3) - 1.1118\times10^{-2}X_3^2$ .....(4)

$R^2 = 0.79$

ค่าสีหลัก $= 310.7720 - 3.2994X_1 - 210.1870X_2 - 6.2184X_3 + 7.7975\times10^{-3}X_1^2 + 14.3067X_2^2 + 1.5906\times10^{-2}X_3^2 + 4.1031\times10^{-2}(X_1X_3) + 1.3366(X_1X_2) + 8.7337(X_2X_3) - 6.2169\times10^{-2}(X_1X_2X_3)$ .....(5)

$R^2 = 0.90$

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 6 สมบัติทางกายภาพและปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมดของน้ำบัวบกผง (ค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน)

สิ่งทดลองที่	สมบัติทางกายภาพ			ปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมด (mg/g)
	ค่า L	ค่าสีหลัก	ปริมาณความชื้น (%)	
1	12.35±0.03	-5.14±0.08	4.43±0.08	7.31±0.11
2	11.38±0.02	-0.12±0.16	13.09±0.01	6.63±0.14
3	15.80±0.11	-11.73±0.18	3.74±0.01	5.47±0.09
4	14.95±0.04	-9.49±0.13	9.38±0.09	5.63±0.05
5	13.66±0.01	-9.67±0.08	4.73±0.03	6.83±0.12
6	10.91±0.02	-0.00±0.00	14.32±0.04	7.34±0.09
7	13.77±0.15	-8.01±0.40	3.21±0.01	5.51±0.01
8	14.35±0.04	-7.14±0.06	5.03±0.01	6.29±0.03
9	13.91±0.06	-5.18±0.24	7.26±0.16	6.70±0.06
10	15.90±0.08	-10.86±0.11	6.79±0.01	5.19±0.10
11	12.78±0.04	-6.24±0.12	4.76±0.08	5.60±0.08
12	15.14±0.02	-4.55±0.06	4.37±0.32	4.87±0.07
13	15.78±0.07	-11.22±0.03	6.84±0.33	5.02±0.07
14	15.85±0.22	-11.37±0.38	6.64±0.50	5.08±0.17
15	15.74±0.22	-11.48±0.20	6.50±0.25	5.79±0.16

ตารางที่ 7 ค่าการประเมินผลทางประสาทสัมผัสของน้ำบัวบกผง
(ค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน)

สิ่งทดลองที่	คะแนนทางประสาทสัมผัสด้าน	
	สี	กลิ่นรส
1	3.42±0.20	4.00±0.21
2	3.14±0.20	4.09±0.17
3	5.78±0.11	4.31±0.65
4	4.78±0.11	4.27±0.03
5	5.72±0.20	4.43±0.37
6	2.64±0.51	4.00±0.52
7	4.57±0.01	4.03±0.52
8	4.21±0.09	5.01±0.49
9	4.07±0.09	4.48±0.05
10	5.78±0.11	3.85±0.20
11	4.07±0.09	4.68±0.88
12	3.43±0.01	4.20±0.12
13	4.43±0.20	3.98±0.47
14	4.50±0.09	3.96±0.41
15	4.43±0.01	3.86±0.20

หมายเหตุ : ช่วงคะแนนของการประเมินผลทางประสาทสัมผัสเท่ากับ 1-6 โดย คะแนน 1 = น้ำบัวบกผงไม่มีสีเขียวหรือไม่มีกลิ่นรสของบัวบก และ คะแนน 6 = น้ำบัวบกผงมีสีเขียวมากที่สุดหรือมีกลิ่นรสของบัวบกมากที่สุด

I16693620

ปริมาณความชื้น (%) = $- 57.9180 + 0.7305X_1 + 0.9166X_2 + 1.2419X_3 - 2.1350x10^{-3}X_1^2 + 7.8672x10^{-3}X_3^2 - 7.8614x10^{-3}(X_1X_3) - 0.1480(X_2X_3)$ ..... (6)

$R^2 = 0.93$

ปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมด (mg/g) = $30.8138 - 0.2549X_1 - 3.8106X_2 - 0.1951X_3 + 6.8000x10^{-4}X_1^2 - 1.8916X_2^2 + 4.9590x10^{-3}X_3^2 + 3.0606x10^{-2}(X_1X_2)$ .....(7)

$R^2 = 0.90$

ค่าการประเมินผลทางประสาทสัมผัสด้านสี = $- 57.3540 + 0.5501X_1 + 78.9722X_2 + 1.4352X_3 - 9.5000x10^{-4}X_1^2 - 0.4989(X_1X_2) - 9.7041x10^{-3}(X_1X_3) - 2.9520(X_2X_3) + 1.9045x10^{-2}(X_1X_2X_3)$ .....(8)

$R^2 = 0.77$

จากสมการที่ 5,6 และ 7 พบว่าทั้งสามสมการมีค่า R^2 อยู่ในระดับสูงใกล้เคียงกัน แสดงว่า สมการค่าสีหลัก ปริมาณความชื้นซึ่งเป็นสมการของสมบัติทางกายภาพ และปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมดของน้ำบัวบกผง มีความน่าเชื่อถือได้สูงจึงน่าจะใช้เป็นสมการในการหาภาวะที่เหมาะสมในการผลิตได้ดี แต่เนื่องจากน้ำผักเป็นผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มที่มีสีเขียวและมีกลิ่นรสเฉพาะของผัก ซึ่งผู้บริโภคมักใช้เป็นเกณฑ์ตัดสินในการยอมรับของผลิตภัณฑ์เพราะมีความรวดเร็วและสะดวกกว่าการวัดค่าทางกายภาพหรือทางเคมี ดังนั้นสมบัติทางกายภาพหรือปริมาณคลอโรฟิลล์ที่มีความสัมพันธ์กับค่าการประเมินผลทางประสาทสัมผัสมากที่สุดน่าจะให้สมการในการหาภาวะที่เหมาะสมในการผลิตได้ดีที่สุด จากการพิจารณาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (correlation coefficient : r) ของสมบัติทางกายภาพและปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมดกับค่าการประเมินผลทางประสาทสัมผัส (ตารางที่ 8) พบว่า ปริมาณความชื้น ค่า L และปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมดไม่มีความสัมพันธ์กับค่าการประเมินผลทางประสาทสัมผัสทั้งทางด้านสีและกลิ่นรสอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 เช่นเดียวกับความสัมพันธ์ของค่าสีหลักกับค่าการประเมินผลทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่นรส (r=0.09) ส่วนความสัมพันธ์ของค่าสีหลักกับค่าการประเมินผลทางประสาทสัมผัสด้านสี พบว่า มีความสัมพันธ์กันในทางลบอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 แสดงว่า เมื่อค่าสีหลักลดลงน้ำบัวบกผงจะมีสีเขียวขึ้น ดังนั้นสมการของ

ค่าสีหลัก (สมการที่ 5) จึงเป็นสมการที่เหมาะสมที่สุดในการใช้หาภาวะที่เหมาะสมในการผลิตน้ำบัวบกผง

เมื่อนำสมการที่ 5 มาหาค่าเหมาะที่สุด (optimum) โดยวิธีการหาอนุพันธ์ (differentiate) (ภาคผนวก ง.) พบว่าสมการที่ 5 ให้ภาวะที่เหมาะสมในการผลิต คือ อุณหภูมิลมเข้า 150 องศาเซลเซียส ปริมาณสารไซโคลเดกซ์ทริน 0.665 กรัมต่อน้ำบัวบกสด 100 มิลลิลิตรและอัตราการไหลของน้ำบัวบกเข้าเครื่องทำแห้งแบบพ่นกระจาย 12.77 มิลลิลิตรต่อนาที เมื่อนำไปสร้างภาพ contour plot และ response surface plot โดยกำหนดอุณหภูมิลมเข้าที่ 150 องศาเซลเซียส พบว่า ปริมาณสารไซโคลเดกซ์ทริน 0.665 กรัมต่อน้ำบัวบกสด 100 มิลลิลิตร และอัตราการไหลของน้ำบัวบกเข้าเครื่องทำแห้งแบบพ่นกระจาย 12.77 มิลลิลิตรต่อนาที ให้ค่าสีหลักต่ำที่สุดเท่ากับ -12.06 (รูปที่ 7 และ 8) แสดงว่า เมื่อผลิตน้ำบัวบกผงโดยใช้ภาวะการผลิตที่เหมาะสม คือ อุณหภูมิลมเข้า 150 องศาเซลเซียส ปริมาณสารไซโคลเดกซ์ทริน 0.665 กรัมต่อน้ำบัวบกสด 100 มิลลิลิตรและอัตราการไหลของน้ำบัวบกเข้าเครื่องทำแห้งแบบพ่นกระจาย 12.77 มิลลิลิตรต่อนาที จะได้น้ำบัวบกผงที่มีสีเขียวมากที่สุด ดังรูปที่ 9 ซึ่งจะให้คะแนนการประเมินผลทางประสาทสัมผัสด้านสีเมื่อแทนลงในสมการที่ 8 เท่ากับ 5.48 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าน้ำบัวบกผงมีสีอยู่ในช่วงเขียวมากถึงเขียวมากที่สุด

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 8 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของความสัมพันธ์ระหว่างสมบัติทางกายภาพ ปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมด กับ ค่าการประเมินผลทางประสาทสัมผัส

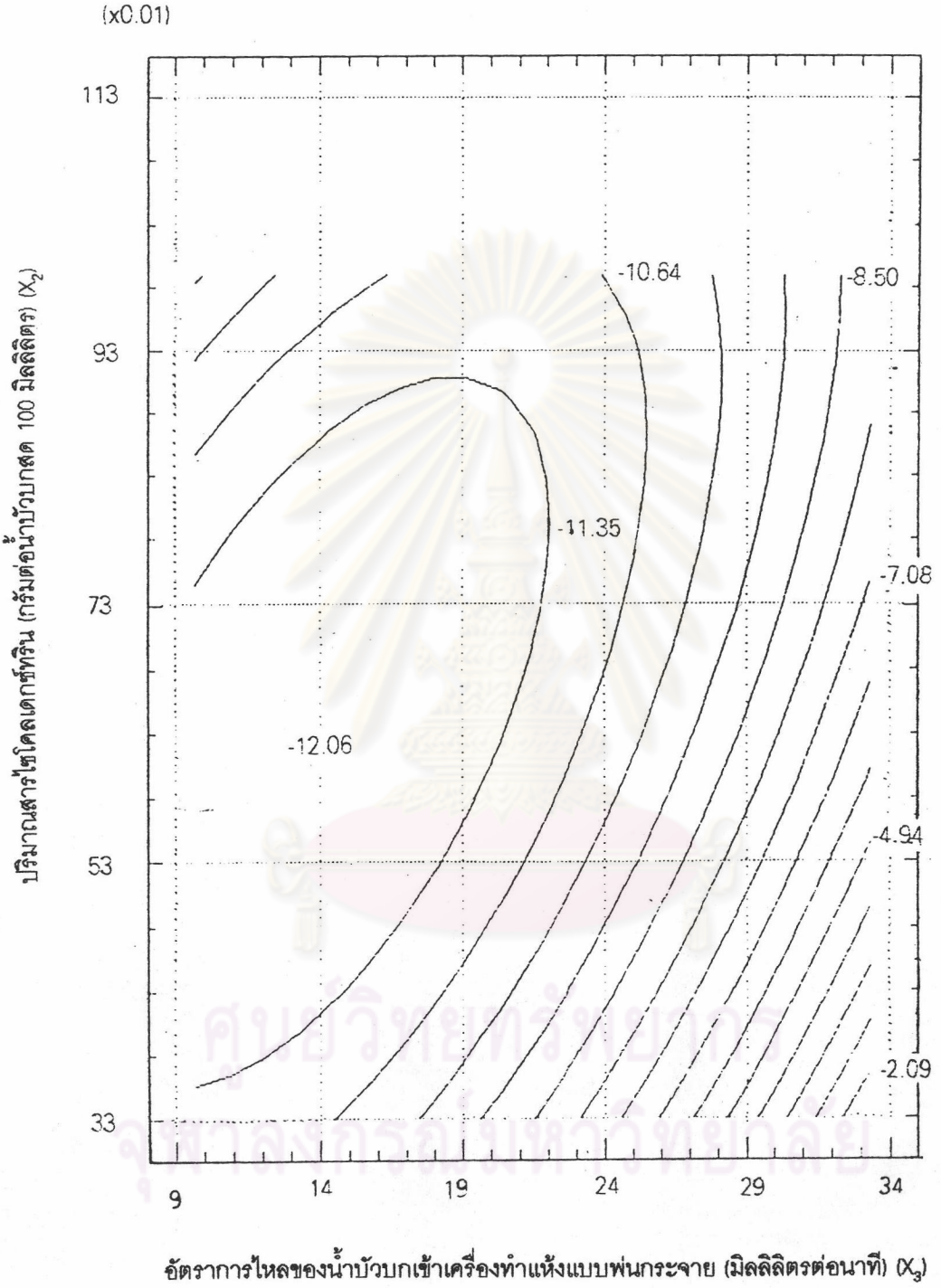
r	ค่าการประเมินผลทางประสาทสัมผัสด้านสี	ค่าการประเมินผลทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่นรส
ปริมาณความชื้น	-0.51^{ns}	-0.33^{ns}
ค่า L	0.68^{ns}	-0.11^{ns}
ค่าสีหลัก	-0.84*	0.09^{ns}
ปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมด	-0.40^{ns}	0.10^{ns}

จำนวนตัวอย่างที่ใช้หาความสัมพันธ์เท่ากับ 7 คู่

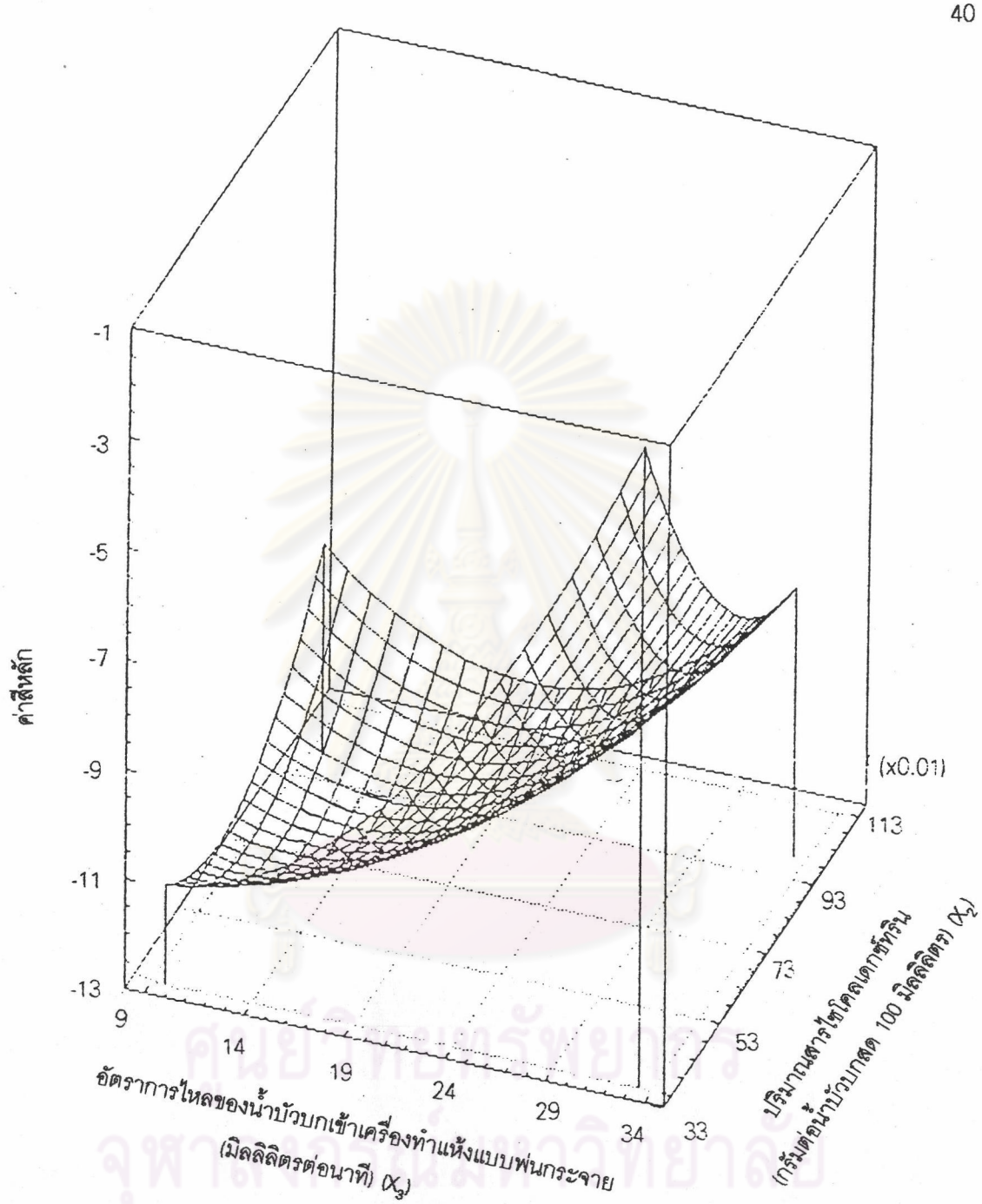
หมายเหตุ : * แสดงถึงค่าที่พิจารณาคู่นั้นมีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ns แสดงถึงค่าที่พิจารณาคู่นั้นไม่มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

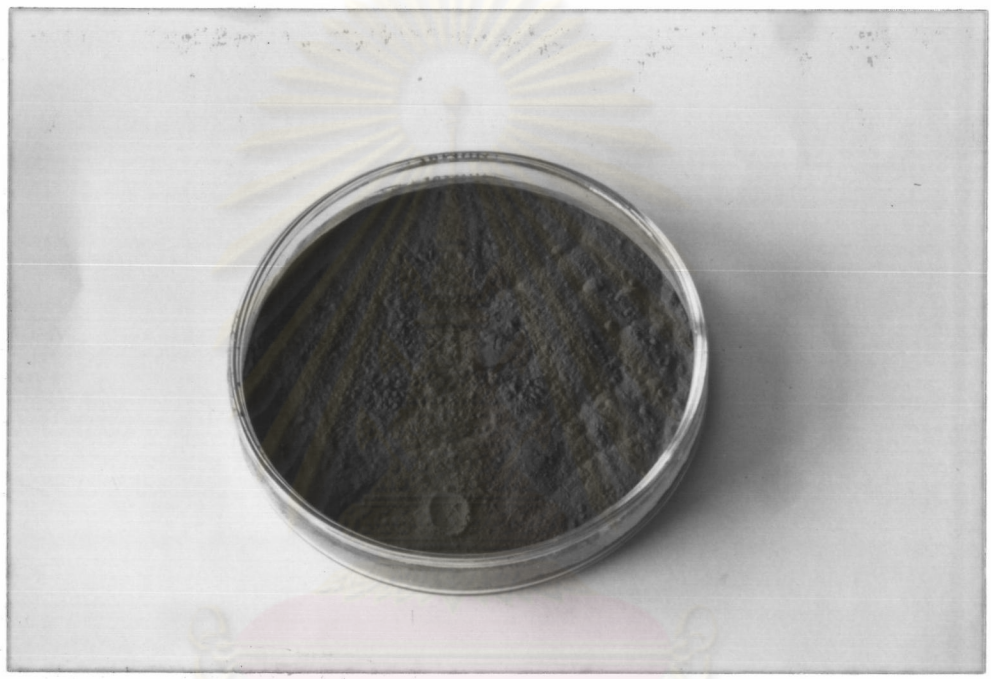
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 7 Contour plot ของความสัมพันธ์ระหว่างค่าสีหลักกับอัตราการไหลของน้ำบัวบกเข้าเครื่องทำแห้งแบบพ่นกระจายและปริมาณสารไซโคลเดกซ์ทริน ที่อุณหภูมิลมเข้า 150 องศาเซลเซียส



รูปที่ 8 Response surface plot ของความสัมพันธ์ระหว่างค่าสีหลักกับอัตราการไหลของน้ำบัวบกเข้าเครื่องทำแห้งแบบพ่นกระจายและปริมาณสารไซโคลเดกซ์ทริน ที่อุณหภูมิลมเข้า 150 องศาเซลเซียส



รูปที่ 9 น้ำบัวบกผง

หมายเหตุ : น้ำบัวบกผงในรูปเก็บไว้ประมาณ 1 สัปดาห์

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.อัตราส่วนที่เหมาะสมของน้ำตาลซูโครสต่อน้ำบัวบกผงและอัตราส่วนที่เหมาะสมในการเตรียมน้ำบัวบกจากน้ำบัวบกผงสำเร็จรูป

จากการวิเคราะห์ค่าการประเมินผลทางประสาทสัมผัสด้านสี กลิ่นรส รสชาติ และการยอมรับรวมของน้ำบัวบกผงสำเร็จรูป (ตารางที่ 9) พบว่า ค่าสีของน้ำบัวบกที่ได้จากการนำน้ำบัวบกผงสำเร็จรูปมาละลายน้ำอุ่นตามวิธีการทดลองข้อ 4 มีค่าอยู่ในช่วง 1.25±0.96 ถึง 8.5±0.56 แสดงว่าน้ำบัวบกไม่มีสีเขียวถึงมีสีเขียวมากที่สุด ส่วนค่ากลิ่นรส พบว่า มีค่าอยู่ในช่วง 2.25±0.50 ถึง 8.0±0.82 แสดงว่าน้ำบัวบกมีกลิ่นรสของบัวบกอยู่ในช่วงอ่อนมากถึงมีกลิ่นรสของบัวบกมาก คะแนนของรสชาติ พบว่า มีค่าอยู่ในช่วง 2.0±0.82 ถึง 8.25±0.50 แสดงว่าน้ำบัวบกไม่มีรสหวานถึงมีรสหวานมากที่สุด ส่วนการยอมรับรวมมีค่าอยู่ในช่วง 1.5±0.58 ถึง 8.75±0.50 แสดงว่าน้ำบัวบกมีคะแนนการยอมรับรวมน้อยที่สุดถึงมากที่สุด เมื่อนำค่าการประเมินผลทางประสาทสัมผัสเหล่านี้มาหาความสัมพันธ์กับปริมาณน้ำตาลซูโครส (X_1) ที่เป็นส่วนประกอบของน้ำบัวบกผงสำเร็จรูป และปริมาณน้ำบัวบกผงสำเร็จรูปในน้ำอุ่น 100 มิลลิลิตร (X_2) โดย stepwise regression analysis (ภาคผนวก จ.) พบว่า ค่าการประเมินผลทางประสาทสัมผัสด้านสี กลิ่นรส และรสชาติมีความสัมพันธ์เพียงเล็กน้อยกับปริมาณน้ำตาลซูโครสที่เป็นส่วนประกอบของน้ำบัวบกผงสำเร็จรูปและปริมาณน้ำบัวบกผงสำเร็จรูปในน้ำอุ่น 100 มิลลิลิตรเนื่องจากค่า R^2 ที่ได้มีค่าต่ำกว่า 0.6 (ชูศรี วงศ์รัตนะ, 2525) ส่วนค่าการยอมรับรวมที่ได้ พบว่า มีความสัมพันธ์กับปริมาณน้ำตาลซูโครสที่เป็นส่วนประกอบของน้ำบัวบกผงสำเร็จรูปและปริมาณน้ำบัวบกผงสำเร็จรูปในน้ำอุ่น 100 มิลลิลิตร ดังสมการที่ 9 ซึ่งมีค่า R^2 เท่ากับ 0.71

$$\text{การยอมรับรวม} = -761.5640 + 16.1526X_1 + 5.5110X_2 - 8.5068\times10^{-2}X_1^2 + 6.3134\times10^{-2}X_2^2 - 5.0000\times10^{-2}(X_1X_2) \quad \text{(9)}$$

เมื่อนำสมการที่ 9 มาหาค่าเหมาะที่สุดโดยวิธีการหาอนุพันธ์ (ภาคผนวก ง.) พบว่าปริมาณน้ำตาลซูโครสในน้ำบัวบกผงสำเร็จรูป 100 กรัม มีค่าเท่ากับ 92.93 กรัม และปริมาณน้ำบัวบกผงสำเร็จรูปในน้ำอุ่น 100 มิลลิลิตร มีค่าเท่ากับ 6.85 กรัม ซึ่งจะให้ค่าการประเมินผลทางประสาทสัมผัสด้านการยอมรับรวมเท่ากับ 7.81 หรือกล่าวได้ว่า ผู้ทดสอบทางประสาทสัมผัสจะให้ค่าการยอมรับรวมของผลิตภัณฑ์อยู่ในช่วงมากถึงมากที่สุด เมื่อนำมาสร้างภาพ contour plot และ response surface plot พบว่า คะแนนของการประเมินผลทางประสาท

ตารางที่ 9 ค่าการประเมินผลทางประสาทสัมผัสด้านสี กลิ่นรส รสชาติ และการยอมรับรวมของน้ำบัวบกผงสำเร็จรูป (ค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน)

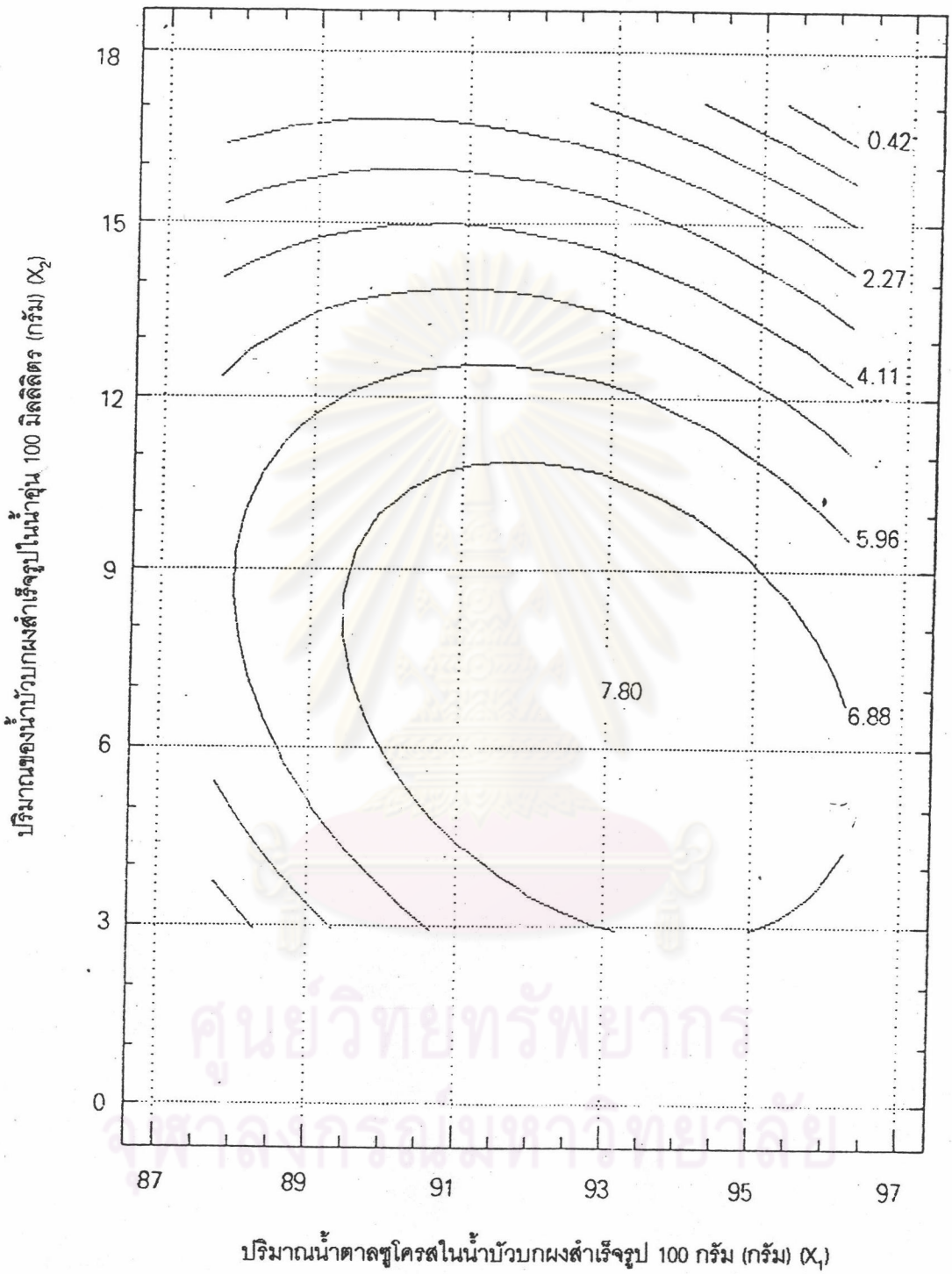
น้ำบัวบกผงสำเร็จรูป		อัตราส่วนการละลายของน้ำบัวบกผงสำเร็จรูป (g/น้ำ 100 ml)	ค่าการประเมินผลทางประสาทสัมผัสด้าน			
น้ำตาลซูโครส(%)	น้ำบัวบกผง (%)		สี	กลิ่นรส	รสชาติ	การยอมรับรวม
92	8	2.94	1.25±0.96	2.75±1.5	2.0±0.82	1.5±0.58
89	11	5	6.5±0.58	4.5±0.58	3.0±1.41	2.75±0.5
95	5	5	6.75±1.50	4.75±1.26	4.75±2.06	3.75±0.96
87.76	12.24	10	7.0±1.41	6.5±1.0	6.75±0.96	6.5±0.58
92	8	10	6.51±1.91	7.25±0.96	7.5±0.58	7.25±0.5
96.24	3.76	10	6.25±0.96	2.25±0.5	6.25±0.5	4.75±0.96
89	11	15	5.0±1.63	6.0±0.1	6.25±2.22	4.75±0.5
95	5	15	8.5±0.56	8.0±0.82	8.25±0.5	8.75±0.5
92	8	17.07	6.0±0.01	6.5±1.0	6.5±0.58	6.5±1.29

หมายเหตุ : ช่วงคะแนนของการประเมินผลทางประสาทสัมผัสเท่ากับ 1-9 โดย คะแนน 1 = ไม่มีสีเขียว หรือไม่มีกลิ่นรสของบัวบก หรือไม่มีรสหวาน หรือการยอมรับรวมน้อยที่สุด และ คะแนน 9 = มีสีเขียวมากที่สุด หรือมีกลิ่นรสของบัวบกมากที่สุด หรือมีรสหวานมากที่สุด หรือการยอมรับรวมมากที่สุด

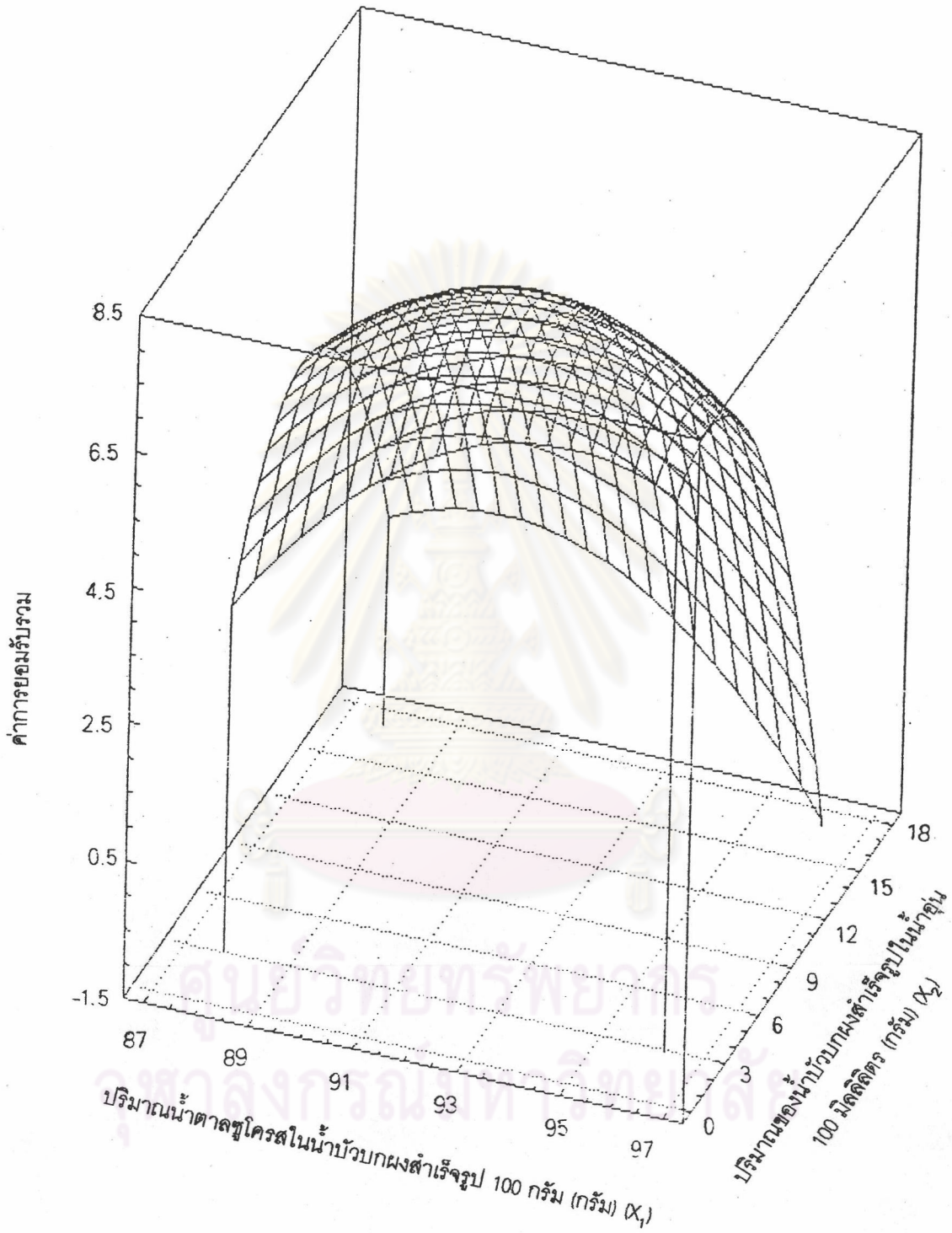
สัมผัสด้านการยอมรับรวมมีค่าอยู่ในช่วง 0.42 ถึง 7.80 แต่น้ำบัวบกผงสำเร็จรูปที่ประกอบด้วยน้ำตาลซูโครสต่อน้ำบัวบกผงเท่ากับร้อยละ 92.93 ต่อ 7.07 โดยน้ำหนักต่อน้ำหนัก ซึ่งเมื่อนำมาละลายในน้ำอุ่นในอัตราส่วนน้ำบัวบกผงสำเร็จรูป 6.85 กรัมต่อน้ำอุ่น 100 มิลลิลิตร ให้ค่าการยอมรับรวมเท่ากับ 7.80 ซึ่งเป็นค่าผลตอบสนองที่เหมาะสมที่สุด (รูปที่ 10 และ 11)

5.การเพิ่มความสามารถในการละลายของน้ำบัวบกผงสำเร็จรูปเพื่อผลิตน้ำบัวบกผงสำเร็จรูปชนิดละลายทันที

จากการวิเคราะห์ปริมาณความชื้น ขนาดอนุภาค การละลาย ค่า A_w การแพร่กระจาย และปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมดของน้ำบัวบกผงสำเร็จรูปชนิดละลายทันที พบว่าปริมาณความชื้นของน้ำบัวบกผงสำเร็จรูปชนิดละลายทันทีที่ได้จากอัตราส่วนของน้ำบัวบกผงสำเร็จรูปต่อน้ำบัวบกสดเป็น 15:1 กรัมต่อมิลลิลิตรมีค่ามากกว่าน้ำบัวบกผงสำเร็จรูปชนิดละลายทันทีที่ได้จากอัตราส่วนของน้ำบัวบกผงสำเร็จรูปต่อน้ำบัวบกสดเป็น 20:1 และ 25:1 กรัมต่อมิลลิลิตรตามลำดับอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (ตารางที่ 10) สำหรับขนาดอนุภาคของน้ำบัวบกผงสำเร็จรูปชนิดละลายทันทีที่ได้จากอัตราส่วนน้ำบัวบกผงสำเร็จรูปต่อน้ำบัวบกสดเป็น 15:1 กรัมต่อมิลลิลิตร พบว่ามีขนาดของเส้นผ่านศูนย์กลางใหญ่กว่าน้ำบัวบกผงสำเร็จรูปชนิดละลายทันทีที่ได้จากอัตราส่วนน้ำบัวบกผงสำเร็จรูปต่อน้ำบัวบกสดเป็น 20:1 และ 25:1 กรัมต่อมิลลิลิตรตามลำดับอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (ตารางที่ 10) ทั้งนี้อาจเนื่องจากน้ำบัวบกผงสำเร็จรูปชนิดละลายทันทีที่ได้จากอัตราส่วนของน้ำบัวบกผงสำเร็จรูปต่อน้ำบัวบกสดเป็น 15:1 กรัมต่อมิลลิลิตรใช้น้ำบัวบกสดเป็นของเหลวที่ทำให้เกิดการรวมกลุ่มของอนุภาคน้ำบัวบกผงสำเร็จรูปมากกว่าน้ำบัวบกผงสำเร็จรูปชนิดละลายทันทีที่ได้จากอัตราส่วนของน้ำบัวบกผงสำเร็จรูปต่อน้ำบัวบกสดเป็น 20:1 และ 25:1 กรัมต่อมิลลิลิตรตามลำดับเมื่อเทียบในปริมาณที่เท่ากัน ทำให้อนุภาคน้ำบัวบกผงสำเร็จรูปถูกน้ำบัวบกสดห่อหุ้มบริเวณผิวของอนุภาคมาก Capes (1987) อธิบายว่า เมื่อผิวของผลิตภัณฑ์อนุภาคผงถูกของเหลวหุ้มโดยรอบจะเกิดแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาคผลิตภัณฑ์ผง ช่องว่างระหว่างอนุภาคผลิตภัณฑ์ผงจึงลดลง ดังรูปที่ 12 ดังนั้นเมื่ออนุภาคผลิตภัณฑ์ผงถูกของเหลวหุ้มบริเวณผิวมาก การรวมกลุ่มของผลิตภัณฑ์ผงจะเกิดมากขึ้น ขนาดของอนุภาคที่ได้จึงมีขนาดใหญ่ทำให้การกักเก็บของเหลวระหว่างอนุภาคผลิตภัณฑ์ผงมากขึ้นปริมาณความชื้นของผลิตภัณฑ์ที่ได้จึงมีค่ามาก อย่างไรก็ตามปริมาณความชื้นของน้ำบัวบกผงสำเร็จรูปที่ได้จากการทดลองนี้มีค่าอยู่ในช่วงร้อยละ 1-3 ซึ่ง Paine และ Paine (1992) ถือว่าเป็นช่วงของปริมาณความชื้นที่เหมาะสมของผลิตภัณฑ์อาหารแห้ง



รูปที่ 10 Contour plot ของความสัมพันธ์ระหว่างค่าการยอมรับรวมกับปริมาณน้ำตาลซูโครสในน้ำบัวบกผงสำเร็จรูปและปริมาณน้ำบัวบกผงสำเร็จรูปในน้ำอุ่น 100 มิลลิลิตร



รูปที่ 11 Response surface plot ของความสัมพันธ์ระหว่างค่าการยอมรับรวมกับปริมาณน้ำตาลซูโครสในน้ำบัวบกผงสำเร็จรูปและปริมาณน้ำบัวบกผงสำเร็จรูปในน้ำอุ่น 100 มิลลิลิตร

ประเภทเครื่องดื่มผงสำเร็จรูป ส่วนสมบัติในการละลายของน้ำบัวบกผงสำเร็จรูปชนิดละลายทันทีที่วัดอยู่ในรูปของของแข็งที่ไม่ละลายน้ำ พบว่าน้ำบัวบกผงสำเร็จรูปชนิดละลายทันทีที่ได้จากอัตราส่วนของน้ำบัวบกผงสำเร็จรูปต่อน้ำบัวบกสดเป็น 15:1 และ 20:1 กรัมต่อมิลลิลิตรไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 เช่นเดียวกับน้ำบัวบกผงสำเร็จรูปชนิดละลายทันทีที่ได้จากอัตราส่วนของน้ำบัวบกผงสำเร็จรูปต่อน้ำบัวบกสดเป็น 20:1 และ 25:1 กรัมต่อมิลลิลิตร (ตารางที่ 10) แสดงว่าน้ำบัวบกผงสำเร็จรูปชนิดละลายทันทีที่ได้จากอัตราส่วนของน้ำบัวบกผงสำเร็จรูปต่อน้ำบัวบกสดเป็น 25:1 กรัมต่อมิลลิลิตรมีสมบัติในการละลายดีกว่าน้ำบัวบกผงสำเร็จรูปชนิดละลายทันทีที่ได้จากอัตราส่วนของน้ำบัวบกผงสำเร็จรูปต่อน้ำบัวบกสดเป็น 15:1 กรัมต่อมิลลิลิตร แต่ไม่แตกต่างจากน้ำบัวบกผงสำเร็จรูปชนิดละลายทันทีที่ได้จากอัตราส่วนของน้ำบัวบกผงสำเร็จรูปต่อน้ำบัวบกสดเป็น 20:1 กรัมต่อมิลลิลิตร อย่างไรก็ตามค่าร้อยละของของแข็งที่ไม่ละลายน้ำของน้ำบัวบกผงสำเร็จรูปชนิดละลายทันทีที่ได้จากอัตราส่วนของน้ำบัวบกผงสำเร็จรูปต่อน้ำบัวบกสดเป็น 25:1 กรัมต่อมิลลิลิตรมีค่าน้อยกว่าน้ำบัวบกผงสำเร็จรูปชนิดละลายทันทีที่ได้จากอัตราส่วนของน้ำบัวบกผงสำเร็จรูปต่อน้ำบัวบกสดเป็น 20:1 กรัมต่อมิลลิลิตร ดังนั้นน้ำบัวบกผงสำเร็จรูปชนิดละลายทันทีที่ได้จากอัตราส่วนของน้ำบัวบกผงสำเร็จรูปต่อน้ำบัวบกสดเป็น 25:1 กรัมต่อมิลลิลิตรจึงน่าจะให้สมบัติในการละลายดีที่สุด ทั้งนี้อาจเนื่องจากตัวอย่างดังกล่าวมีขนาดของอนุภาคเล็กกว่าน้ำบัวบกผงสำเร็จรูปชนิดละลายทันทีที่ได้จากอัตราส่วนของน้ำบัวบกผงสำเร็จรูปต่อน้ำบัวบกสดเป็น 20:1 และ 15:1 กรัมต่อมิลลิลิตร ทำให้พื้นที่ผิวในการสัมผัสน้ำของอนุภาคน้ำบัวบกผงสำเร็จรูปชนิดละลายทันทีที่ได้จากอัตราส่วนของน้ำบัวบกผงสำเร็จรูปต่อน้ำบัวบกสดเป็น 25:1 กรัมต่อมิลลิลิตรมีค่ามากกว่าน้ำบัวบกผงสำเร็จรูปชนิดละลายทันทีอีก 2 ตัวอย่าง ส่วนค่า A_w พบว่า น้ำบัวบกผงสำเร็จรูปชนิดละลายทันทีที่ได้จากอัตราส่วนของน้ำบัวบกผงสำเร็จรูปต่อน้ำบัวบกสดเป็น 25:1 กรัมต่อมิลลิลิตร จะให้ค่า A_w น้อยกว่าน้ำบัวบกผงสำเร็จรูปชนิดละลายทันทีที่ได้จากอัตราส่วนของน้ำบัวบกผงสำเร็จรูปต่อน้ำบัวบกสดเป็น 15:1 และ 20:1 กรัมต่อมิลลิลิตร อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (ตารางที่ 10) แสดงว่าน้ำบัวบกผงสำเร็จรูปชนิดละลายทันทีที่ได้จากอัตราส่วนของน้ำบัวบกผงสำเร็จรูปต่อน้ำบัวบกสดเป็น 25:1 กรัมต่อมิลลิลิตร จะเกิดการเสื่อมเสียจากจุลินทรีย์หรือเกิดการเปลี่ยนแปลงปฏิกิริยาเคมีน้อยกว่าตัวอย่างน้ำบัวบกผงสำเร็จรูปชนิดละลายทันทีอีก 2 ตัวอย่าง แต่อย่างไรก็ตามค่า A_w ที่ได้ พบว่า มีค่าอยู่ในช่วง 0.48-0.52 ซึ่งถือเป็นค่าที่ต่ำพอที่จะยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ได้ (เสาวลักษณ์ จิตรบรรเจิดกุล, 2534) ส่วนสมบัติในการแพร่กระจายซึ่งวัดได้จากค่าการดูดกลืนแสง (ภาคผนวก ก.) โดยถ้าน้ำบัวบกผงสำเร็จรูปชนิดละลาย

ทันทีมีการแพร่กระจายของอนุภาคผงสู่น้ำน้อยค่าดูดกลืนแสงที่ได้จะมีค่าน้อย (Al-Kahtani and Hassan, 1990) จากการทดลอง พบว่า บัวบกผงสำเร็จรูปชนิดละลายทันทีที่ได้จากอัตราส่วนของน้ำบัวบกผงสำเร็จรูปต่อน้ำบัวบกสดในอัตราส่วนต่างๆ ทั้ง 3 ระดับ ให้ค่าการดูดกลืนแสงที่ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (ตารางที่ 10) แสดงว่าน้ำบัวบกผงสำเร็จรูปชนิดละลายทันทีทั้ง 3 ตัวอย่างมีการแพร่กระจายของอนุภาคผงสู่น้ำเท่ากัน ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากน้ำบัวบกผงสำเร็จรูปชนิดละลายทันทีประกอบด้วยน้ำบัวบกผงต่อน้ำตาลซูโครสในสัดส่วนที่เท่ากัน ดังนั้นปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมดที่มีอยู่จึงควรใกล้เคียงกันแม้ว่าปริมาณของน้ำบัวบกผงสำเร็จรูปที่ใช้ต่อน้ำบัวบกสดมีปริมาณที่แตกต่างกัน ดังนั้นสมบัติในการแพร่กระจายที่วัดได้จากค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 642.5 นาโนเมตรซึ่งเป็นการวัดการแพร่กระจายของคลอโรฟิลล์เป็นส่วนใหญ่จึงไม่มีความแตกต่างกัน ซึ่งสอดคล้องกับปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมดของน้ำบัวบกผงสำเร็จรูปชนิดละลายทันที ที่พบว่าน้ำบัวบกผงสำเร็จรูปชนิดละลายทันทีทั้ง 3 ตัวอย่าง มีปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมดไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ดังนั้นอัตราส่วนของน้ำบัวบกผงสำเร็จรูปต่อน้ำบัวบกสดเท่ากับ 25:1 กรัมต่อมิลลิลิตรจะให้น้ำบัวบกผงสำเร็จรูปชนิดละลายทันที (รูปที่ 13) ที่มีปริมาณความชื้นน้อยที่สุด สมบัติในการละลายและการแพร่กระจายดีที่สุด ซึ่งจะใช้ศึกษาอายุการเก็บต่อไป

รูปที่ 12 การเกิดการรวมกลุ่มของอนุภาคผลิตภัณฑ์ผง

ที่มา : Sastry and Fuerstenau (1977) อ้างใน Capes (1987)

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

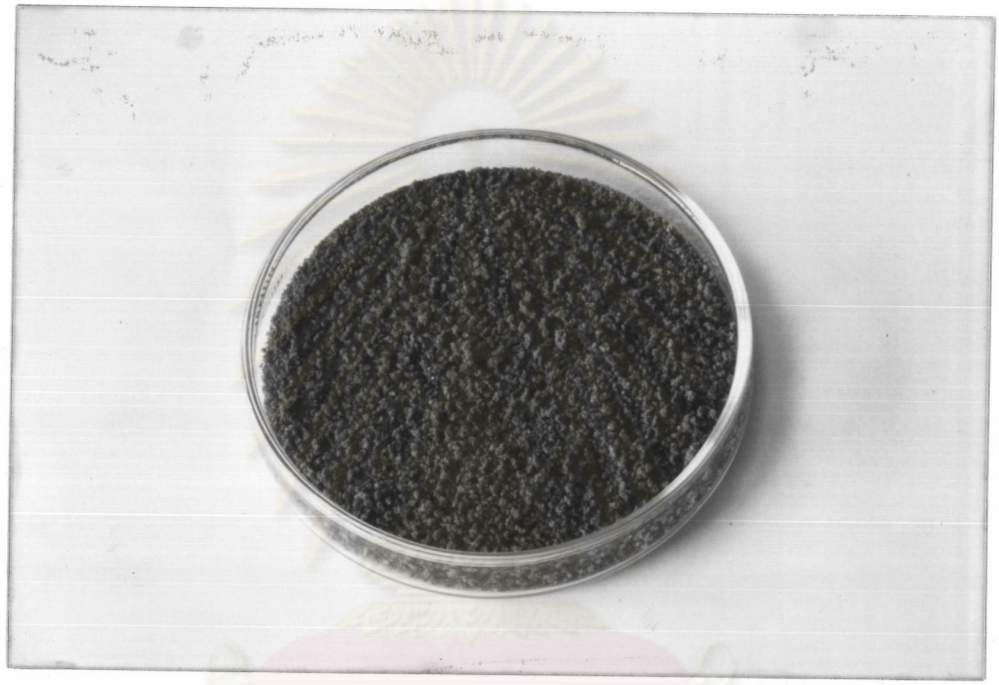
ตารางที่ 10 ปริมาณความชื้น ขนาดอนุภาค การละลาย ค่า A_w การแพร่กระจาย และปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมดของน้ำบัวบกผงสำเร็จรูปชนิดละลายทันที
(ค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน)

อัตราส่วนของน้ำบัวบกผงสำเร็จรูปต่อน้ำบัวบกสด (g/ml)	ปริมาณความชื้น (%)	ขนาดอนุภาค (cm)	ปริมาณของของแข็งที่ไม่ละลายน้ำ (%)	ค่าA_w ที่อุณหภูมิ 27 องศาเซลเซียส	การแพร่กระจาย ($OD_{642.5}$)^{ns}	ปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมด (mg/g)^{ns}
15 ต่อ 1	2.23±0.02^{a}	0.38±0.12^{a}	2.45±0.47^{a}	0.52±0.01^{a}	0.12±0.01	0.483±0.008
20 ต่อ 1	1.78±0.01^{b}	0.28±0.06^{b}	1.87±0.34^{ab}	0.52±0.01^{a}	0.13±0.01	0.475±0.006
25 ต่อ 1	1.67±0.01^{c}	0.26±0.08^{b}	1.78±0.42^{b}	0.48±0.01^{b}	0.15±0.01	0.475±0.005

หมายเหตุ : อักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้ง แสดงถึงค่าเฉลี่ยที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ns หมายถึง ค่าเฉลี่ยที่ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 13 น้ำบัวบกผงสำเร็จรูปชนิดละลายทันที

หมายเหตุ : น้ำบัวบกผงสำเร็จรูปชนิดละลายทันทีในรูปเก็บไว้ประมาณ 1 สัปดาห์

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

6. อายุการเก็บของน้ำบัวบกผงสำเร็จรูปชนิดละลายทันที

จากการศึกษาอายุการเก็บของน้ำบัวบกผงสำเร็จรูปชนิดละลายทันที พบว่าปริมาณความชื้นของน้ำบัวบกผงสำเร็จรูปชนิดละลายทันทีที่เก็บไว้ที่ 35 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 11 สัปดาห์มีค่าอยู่ในช่วง 1.40±0.16 ถึง 2.50±0.02 ซึ่งในแต่ละสัปดาห์มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (ตารางที่ 11) โดยสัปดาห์ที่ 2 มีปริมาณความชื้นต่ำที่สุด ในขณะที่สัปดาห์ที่ 5 มีปริมาณความชื้นมากที่สุด ส่วนปริมาณความชื้นของน้ำบัวบกผงสำเร็จรูปชนิดละลายทันทีที่เก็บไว้ที่ 45 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 11 สัปดาห์มีค่าอยู่ในช่วง 1.05±0.12 ถึง 2.74±0.04 ซึ่งในแต่ละสัปดาห์มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (ตารางที่ 12) โดยสัปดาห์ที่ 3 มีปริมาณความชื้นต่ำที่สุด ในขณะที่สัปดาห์ที่ 10 มีปริมาณความชื้นมากที่สุด ทั้งนี้การเปลี่ยนแปลงปริมาณความชื้นของน้ำบัวบกผงสำเร็จรูปชนิดละลายทันทีทั้ง 2 ตัวอย่าง ในแต่ละสัปดาห์ที่ได้เป็นไปอย่างไม่สม่ำเสมอ อาจเนื่องมาจากในขณะทำการบรรจุและปิดผนึกน้ำบัวบกผงสำเร็จรูปชนิดละลายทันทีลงในถุงพลาสติกลามิเนต น้ำบัวบกผงสำเร็จรูปชนิดละลายทันทีที่ได้รับการบรรจุและปิดผนึกในอันดับท้ายอาจดูดความชื้นในบรรยากาศในขณะรอการบรรจุและปิดผนึก ทำให้ตัวอย่างน้ำบัวบกผงสำเร็จรูปชนิดละลายทันทีที่ได้มีความชื้นไม่สม่ำเสมอ แต่อย่างไรก็ตามปริมาณความชื้นที่วัดได้ตลอดระยะเวลาการเก็บพบว่ามีค่าไม่เกินร้อยละ 3 ซึ่งถือว่าเป็นเกณฑ์ทั่วไปของเครื่องดื่มผงสำเร็จรูปชนิดละลายทันที (Paine and Paine, 1992) ส่วนปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมดของน้ำบัวบกผงสำเร็จรูปชนิดละลายทันทีที่เก็บไว้ที่ 35 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 11 สัปดาห์มีค่าอยู่ในช่วง 0.35±0.01 ถึง 0.48±0.01มิลลิกรัมต่อกรัม เมื่อเทียบในแต่ละสัปดาห์ (สัปดาห์ที่ 0 กับ 1, 1 กับ 2,..., และ 10 กับ 11) พบว่าไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (ตารางที่ 11) ส่วนปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมดของน้ำบัวบกผงสำเร็จรูปชนิดละลายทันทีที่เก็บไว้ที่ 45 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 11 สัปดาห์มีค่าอยู่ในช่วง 0.26±0.01 ถึง 0.48±0.01 มิลลิกรัมต่อกรัม เมื่อเทียบในแต่ละสัปดาห์ ตั้งแต่สัปดาห์ที่ 0 ถึง 8 (สัปดาห์ที่ 0 กับ 1, 1 กับ 2,..., และ 7 กับ 8) พบว่าไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ส่วนสัปดาห์ที่ 10 และ 11 พบว่า ปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมดมีค่าต่ำกว่าสัปดาห์ที่ 7 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (ตารางที่ 12) แต่อย่างไรก็ตามปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมดของน้ำบัวบกผงสำเร็จรูปที่เก็บรักษาไว้ที่ 35 และ 45 องศาเซลเซียส พบว่ามีค่าลดลงเรื่อยๆ ตลอดระยะเวลาการเก็บ แสดงว่าเวลาอาจมีผลต่อปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมดของผลิตภัณฑ์น้ำบัวบกผงสำเร็จรูปชนิดละลายทันที

ตารางที่ 11 ปริมาณความชื้น ปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมด ค่า L และค่าสีหลักของน้ำบัวบกผงสำเร็จรูปชนิดละลายทันทีที่เก็บไว้ที่ 35 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 11 สัปดาห์ (ค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน)

สัปดาห์ที่	ปัจจัยที่พิจารณา			
	ปริมาณความชื้น (%)	ปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมด (mg/g)	ค่า L	ค่าสีหลัก
0	2.04±0.03^{bc}	0.48±0.01^{a}	22.82±0.15^{a}	-17.72±0.56^{bcd}
1	2.02±0.02^{bcd}	0.45±0.02^{ab}	22.80±0.67^{a}	-19.04±0.65^{d}
2	1.40±0.16^{f}	0.45±0.01^{ab}	22.15±0.51^{b}	-18.79±3.22^{cd}
3	2.11±0.15^{b}	0.43±0.02^{ab}	22.82±0.81^{a}	-17.20±1.83^{bcd}
4	1.90±0.10^{d}	0.43±0.02^{ab}	21.98±0.39^{b}	-16.77±1.86^{bc}
5	2.50±0.02^{a}	0.40±0.01^{abc}	21.98±0.40^{b}	-18.49±2.33^{cd}
6	1.64±0.15^{e}	0.38±0.01^{abc}	21.37±0.27^{c}	-18.32±1.17^{cd}
7	1.96±0.01^{cd}	0.38±0.02^{abc}	21.30±0.20^{c}	-19.09±0.70^{d}
10	1.96±0.03^{cd}	0.37±0.01^{bc}	20.37±0.39^{d}	-15.69±0.97^{b}
11	1.66±0.09^{e}	0.35±0.01^{bc}	19.93±0.12^{d}	-13.75±0.91^{a}

หมายเหตุ : สัปดาห์ที่ 8 และ 9 ไม่ได้ทำการศึกษา

ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้ง แสดงว่าค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 12 ปริมาณความชื้น ปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมด ค่า L และค่าสีหลักของน้ำบัวบกผงสำเร็จรูปชนิดละลายทันทีที่เก็บไว้ที่ 45 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 11 สัปดาห์ (ค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน)

สัปดาห์ที่	ปัจจัยที่พิจารณา			
	ปริมาณความชื้น (%)	ปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมด (mg/g)	ค่า L	ค่าสีหลัก
0	2.04±0.03^{b}	0.48±0.01^{a}	22.82±0.15^{a}	-17.72±0.56^{f}
1	2.02±0.02^{b}	0.47±0.01^{ab}	22.55±0.35^{ab}	-18.51±1.11^{f}
2	2.05±0.04^{b}	0.44±0.01^{ab}	22.13±0.37^{bc}	-17.42±1.56^{ef}
3	1.05±0.12^{f}	0.43±0.02^{ab}	21.85±0.72^{c}	-17.37±2.88^{ef}
4	1.45±0.07^{d}	0.42±0.04^{abc}	21.17±0.74^{d}	-15.67±1.02^{de}
5	1.64±0.15^{c}	0.39±0.01^{abc}	21.23±0.55^{d}	-15.20±2.09^{d}
6	1.29±0.12^{e}	0.39±0.01^{abc}	20.85±0.10^{d}	-14.90±1.60^{d}
7	1.96±0.03^{b}	0.34±0.01^{bc}	20.88±0.12^{d}	-11.66±1.06^{c}
10	2.74±0.04^{a}	0.29±0.01^{d}	19.62±0.58^{e}	-5.47±1.04^{b}
11	2.66±0.04^{a}	0.26±0.01^{d}	18.58±0.41^{f}	-2.07±1.12^{a}

หมายเหตุ : สัปดาห์ที่ 8 และ 9 ไม่ได้ทำการศึกษา

ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้ง แสดงว่าค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของ Gupte, El-Bisi และ Francis (1964) ; LaJolo และ Lanfer marquez (1982) ที่พบว่า freeze-dried spinach puree ที่เก็บไว้ที่อุณหภูมิ 38.6 และ 46 องศาเซลเซียสจะมีปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมดลดลงเมื่อเวลาในการเก็บเพิ่มขึ้น เนื่องจากคลอโรฟิลล์เป็นสารที่ไวต่อความร้อนทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงตามปฏิกิริยาฟีโอไฟติไนเซชันเมื่อระยะเวลาในการเก็บมากขึ้น ส่วนค่า L ของน้ำบัวบกผงสำเร็จรูปชนิดละลายทันทีที่เก็บไว้ที่ 35 องศาเซลเซียสมีค่าอยู่ในช่วง 19.93±0.12 ถึง 22.82±0.81 โดยพบว่า ในแต่ละสัปดาห์ของการเก็บค่า L มีค่าลดลงเรื่อยๆ แสดงว่า น้ำบัวบกผงสำเร็จรูปชนิดละลายทันทีที่เก็บไว้ที่ 35 องศาเซลเซียสมีลักษณะคล้ำหรือมีสีดำมากขึ้น เมื่อระยะเวลาในการเก็บมากขึ้น ยกเว้นในสัปดาห์ที่ 3 พบว่า ค่า L มีค่ามากกว่าสัปดาห์ที่ 2 ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากข้อผิดพลาดในการเตรียมตัวอย่างและการวัดค่าสี ซึ่งพิจารณาได้จากค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานที่มีค่าสูงกว่าค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของสัปดาห์อื่น (ตารางที่ 11) ส่วนค่า L ของน้ำบัวบกผงสำเร็จรูปที่เก็บไว้ที่ 45 องศาเซลเซียส มีค่าอยู่ในช่วง 18.58±0.41 ถึง 22.82±0.15 โดย พบว่าในแต่ละสัปดาห์มีค่าลดลงอย่างสม่ำเสมอ (ตารางที่ 12) แสดงว่าระยะเวลาในการเก็บมากขึ้นทำให้ค่า L ของตัวอย่างดังกล่าวลดลงหรือมีลักษณะคล้ำเป็นสีดำมากขึ้น ส่วนค่าสีหลักของน้ำบัวบกผงสำเร็จรูปชนิดละลายทันทีที่เก็บไว้ที่ 35 องศาเซลเซียสมีค่าอยู่ในช่วง -19.09±0.70 ถึง -13.75±0.91 โดยพบว่าค่าสีหลักที่ได้ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 เมื่อเทียบในแต่ละสัปดาห์ตั้งแต่สัปดาห์ที่ 0 ถึง 7 (สัปดาห์ที่ 0 กับ 1, 1 กับ 2,..., สัปดาห์ที่ 6 กับ 7) แต่ในสัปดาห์ที่ 10 พบว่ามีความแตกต่างจากสัปดาห์ที่ 7 เช่นเดียวกับสัปดาห์ที่ 11 มีความแตกต่างจากสัปดาห์ที่ 10 อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (ตารางที่ 11) ส่วนค่าสีหลักของน้ำบัวบกผงสำเร็จรูปชนิดละลายทันทีที่เก็บไว้ที่ 45 องศาเซลเซียสมีค่าอยู่ในช่วง -18.51±1.11 ถึง -2.07±1.12 โดยพบว่าค่าสีหลักที่ได้ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 เมื่อเทียบในแต่ละสัปดาห์ตั้งแต่สัปดาห์ที่ 0 ถึง 6 (สัปดาห์ที่ 0 กับ 1, 1 กับ 2,..., สัปดาห์ที่ 5 กับ 6) ส่วนในสัปดาห์ที่ 7 ค่าสีหลักที่ได้มีความแตกต่างจากสัปดาห์ที่ 6 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 และจะมีค่าสูงขึ้นในสัปดาห์ที่ 10 และ 11 ตามลำดับ (ตารางที่ 12) แสดงว่าน้ำบัวบกสำเร็จรูปชนิดละลายทันทีที่เก็บไว้ที่ 45 องศาเซลเซียสมีสีเขียวลดลงเมื่อระยะเวลาการเก็บมากขึ้น ทั้งนี้อาจเนื่องมาจาก ปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมดในผลิตภัณฑ์เกิดการเปลี่ยนแปลงไปเป็นฟีโอไฟตินซึ่งมีสีน้ำตาลทำให้น้ำบัวบกผงสำเร็จรูปชนิดละลายทันทีมีสีเขียวลดลง

สำหรับการศึกษาอายุการเก็บของน้ำบัวบกผงสำเร็จรูปชนิดละลายทันทีโดยการประเมินผลทางประสาทสัมผัสด้านสี กลิ่นรส และการยอมรับรวมของผลิตภัณฑ์ พบว่า ค่าการประเมินผลทางประสาทสัมผัสด้านสีของน้ำบัวบกสำเร็จรูปชนิดละลายทันทีที่เก็บไว้ที่ 35 องศาเซลเซียสมีค่าอยู่ในช่วง 2.80±0.42 ถึง 5.10±0.74 โดยค่าที่ได้ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 เมื่อเทียบกันในแต่ละสัปดาห์ตั้งแต่สัปดาห์ที่ 0 ถึง 11(สัปดาห์ที่ 0 กับ 1, 1 กับ 2,..., และสัปดาห์ที่ 10 กับ 11) แต่จะมีค่าลดลงเรื่อยๆ ในระหว่างการเก็บ (ตารางที่ 13) แสดงว่า ระยะเวลาเพิ่มขึ้นสีเขียวของน้ำบัวบกผงสำเร็จรูปชนิดละลายทันทีที่เก็บไว้ที่ 35 องศาเซลเซียสมีค่าลดลงเมื่อเทียบกับตัวอย่างเปรียบเทียบ ส่วนน้ำบัวบกผงสำเร็จรูปชนิดละลายทันทีที่เก็บไว้ที่ 45 องศาเซลเซียส ให้ค่าการประเมินผลทางประสาทสัมผัสด้านสีมีค่าอยู่ในช่วง 1.40±0.52 ถึง 5.10±0.32 โดยค่าที่ได้ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 เมื่อเทียบกันในแต่ละสัปดาห์ตั้งแต่สัปดาห์ที่ 0 ถึง 7 (สัปดาห์ที่ 0 กับ 1, 1 กับ 2,..., และสัปดาห์ที่ 6 กับ 7) ส่วนสัปดาห์ที่ 10 และ 11 มีความแตกต่างกับสัปดาห์ที่ 7 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 แต่ตัวอย่างดังกล่าวที่สัปดาห์ที่ 10 และ 11 ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (ตารางที่ 14) อย่างไรก็ตามค่าที่ได้จะลดลงเรื่อยๆ เมื่อระยะเวลาเก็บมากขึ้น แสดงว่า ระยะเวลาเพิ่มขึ้นสีเขียวของน้ำบัวบกผงสำเร็จรูปชนิดละลายทันทีที่เก็บไว้ที่ 45 องศาเซลเซียสมีค่าลดลงเมื่อเทียบกับตัวอย่างเปรียบเทียบ ดังนั้นน้ำบัวบกผงสำเร็จรูปชนิดละลายทันทีทั้งที่เก็บไว้ที่ 35 และ 45 องศาเซลเซียสจึงมีค่าการประเมินผลทางประสาทสัมผัสด้านสีลดลงเมื่อระยะเวลาการเก็บมากขึ้น แสดงว่าเมื่อระยะเวลาเพิ่มขึ้นผลิตภัณฑ์ดังกล่าวจะมีสีเขียวลดลงทำให้มีความแตกต่างจากตัวอย่างเปรียบเทียบ ซึ่งสอดคล้องกับค่าสีหลักของผลิตภัณฑ์ทั้ง 2 ตัวอย่างดังกล่าวมาแล้ว ส่วนการประเมินผลทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่นรส พบว่า น้ำบัวบกผงสำเร็จรูปชนิดละลายทันทีที่เก็บไว้ที่ 35 องศาเซลเซียส มีค่าการประเมินผลทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่นรสอยู่ในช่วง 1.30±0.48 ถึง 5.60±0.52 โดยตั้งแต่สัปดาห์ที่ 0 ถึง 2 ตัวอย่างดังกล่าวไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 เช่นเดียวกับสัปดาห์ที่ 3 ถึง 5, 5 กับ 6, 6 กับ 7 และ 7 กับ 10 ส่วนสัปดาห์ที่ 11 พบว่าตัวอย่างดังกล่าวมีค่าการประเมินผลทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่นรสต่ำที่สุด (ตารางที่ 13) แต่จากการทดลอง พบว่า ในสัปดาห์ที่ 10 ผู้ทดสอบทางประสาทสัมผัสให้ค่าการประเมินผลทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่นรสในระดับด้อยกว่าตัวอย่างเปรียบเทียบมาก ทำให้ไม่เป็นที่ยอมรับของผู้ประเมินผลทางประสาทสัมผัส (สเกลต่ำกว่าหรือเท่ากับ 2) ส่วนน้ำบัวบกสำเร็จรูปชนิดละลายทันทีที่เก็บไว้ที่ 45 องศาเซลเซียส มีค่าการประเมินผลทางประสาท

ตารางที่ 13 ค่าการประเมินผลทางประสาทสัมผัสด้านสี กลิ่นรส และการยอมรับรวมของน้ำบัวบกผงสำเร็จรูปชนิดละลายทันทีที่เก็บไว้ที่ 35 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 11 สัปดาห์ (ค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน)

สัปดาห์ที่	ค่าการประเมินผลทางประสาทสัมผัสด้าน		
	สี	กลิ่นรส	การยอมรับรวม
0	5.00±0.94^{a}	5.60±0.52^{a}	6.00±0.67^{a}
1	5.00±0.94^{a}	5.00±0.00^{a}	4.90±0.57^{b}
2	5.10±0.74^{a}	5.10±1.29^{a}	5.00±1.15^{b}
3	4.30±0.82^{b}	3.60±1.07^{b}	3.60±0.70^{c}
4	4.20±0.63^{b}	3.30±0.95^{b}	3.60±0.70^{c}
5	3.80±0.79^{bc}	3.00±0.82^{bc}	3.20±0.79^{cd}
6	3.20±0.63^{cd}	2.60±0.52^{cd}	2.60±0.52^{de}
7	3.20±0.42^{cd}	2.20±0.42^{d}	2.40±0.52^{e}
10	3.00±0.47^{d}	2.00±0.47^{d}	1.40±0.52^{f}
11	2.80±0.42^{d}	1.30±0.48^{e}	1.20±0.42^{f}

หมายเหตุ : สัปดาห์ที่ 8 และ 9 ไม่ได้ทำการศึกษา

ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้ง แสดงว่าค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ช่วงคะแนนของการประเมินผลทางประสาทสัมผัสเท่ากับ 1-9 โดย 1 = ค่าปัจจัยที่ทำการประเมินผลทางประสาทสัมผัสมีค่าด้อยกว่าตัวอย่างเปรียบเทียบในระดับปริมาณความแตกต่างมากที่สุด, 5 = ค่าปัจจัยที่ทำการประเมินผลทางประสาทสัมผัสมีค่าเท่ากับหรือไม่แตกต่างจากตัวอย่างเปรียบเทียบ และ 9 = ค่าปัจจัยที่ทำการประเมินผลทางประสาทสัมผัสมีค่าดีกว่าตัวอย่างเปรียบเทียบในระดับปริมาณความแตกต่างมากที่สุด

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 14 ค่าการประเมินผลทางประสาทสัมผัสด้านสี กลิ่นรส และการยอมรับรวมของน้ำบัวบกผงสำเร็จรูปชนิดละลายทันทีที่เก็บไว้ที่ 45 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 11 สัปดาห์ (ค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน)

สัปดาห์ที่	ค่าการประเมินผลทางประสาทสัมผัสด้าน		
	สี	กลิ่นรส	การยอมรับรวม
0	5.00 ± 0.47^{ab}	5.50 ± 0.53^{a}	5.80 ± 0.42^{a}
1	5.10 ± 0.32^{a}	4.70 ± 0.48^{b}	4.80 ± 0.63^{b}
2	4.40 ± 1.07^{b}	3.90 ± 1.45^{c}	3.90 ± 1.10^{c}
3	3.70 ± 0.95^{c}	2.50 ± 0.85^{d}	2.40 ± 0.70^{d}
4	3.10 ± 0.57^{cd}	1.40 ± 0.52^{e}	1.30 ± 0.48^{e}
5	3.00 ± 0.67^{d}	1.20 ± 0.42^{e}	1.30 ± 0.48^{e}
6	3.10 ± 0.57^{cd}	1.10 ± 0.32^{e}	1.30 ± 0.48^{e}
7	2.70 ± 0.82^{d}	1.00 ± 0.00^{e}	1.00 ± 0.00^{e}
10	1.70 ± 0.48^{e}	1.00 ± 0.00^{e}	1.00 ± 0.00^{e}
11	1.40 ± 0.52^{e}	1.00 ± 0.00^{e}	1.00 ± 0.00^{e}

หมายเหตุ : สัปดาห์ที่ 8 และ 9 ไม่ได้ทำการศึกษา

ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้ง แสดงว่าค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$)

ช่วงคะแนนของการประเมินผลทางประสาทสัมผัสเท่ากับ 1-9 โดย 1 = ค่าปัจจัยที่ทำการประเมินผลทางประสาทสัมผัสมีค่าด้อยกว่าตัวอย่างเปรียบเทียบในระดับปริมาณความแตกต่างมากที่สุด, 5 = ค่าปัจจัยที่ทำการประเมินผลทางประสาทสัมผัสมีค่าเท่ากับหรือไม่แตกต่างจากตัวอย่างเปรียบเทียบ และ 9 = ค่าปัจจัยที่ทำการประเมินผลทางประสาทสัมผัสมีค่าดีกว่าตัวอย่างเปรียบเทียบในระดับปริมาณความแตกต่างมากที่สุด

สัมผัสด้านกลิ่นรสอยู่ในช่วง 1.00±0.00 ถึง 5.50±0.53 โดยค่าที่ได้จะแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ตั้งแต่สัปดาห์ที่ 0 ถึง 4 แต่จะไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ตั้งแต่สัปดาห์ที่ 5 ถึง 11 (ตารางที่ 14) ทั้งนี้ค่าการประเมินผลทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่นรสของตัวอย่างดังกล่าวในสัปดาห์ที่ 4 มีค่าด้อยกว่าตัวอย่างเปรียบเทียบมาก (สเกลต่ำกว่าหรือเท่ากับ 2) ทำให้ไม่เป็นที่ยอมรับของผู้ทดสอบทางประสาทสัมผัสเช่นเดียวกับค่าการประเมินผลทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่นรสของน้ำบัวบกผงสำเร็จรูปชนิดละลายทันทีที่เก็บไว้ที่ 35 องศาเซลเซียสนาน 10 สัปดาห์ ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากน้ำบัวบกผงสำเร็จรูปชนิดละลายทันทีที่เก็บไว้มีกลิ่นรสผิดปกติจากเดิม (off-flavor) โดยมีกลิ่นอับคล้ายหญ้าแห้ง ซึ่งอาจเกิดจากปฏิกิริยาของไขมันที่มีอยู่ในผลิตภัณฑ์ หรือเกิดจากปฏิกิริยา non-enzymatic browning แม้ว่าปริมาณไขมันและโปรตีนของน้ำบัวบกผงสำเร็จรูปชนิดละลายทันทีที่ได้จากการทดลองจะมีค่าน้อยกว่าร้อยละ 0.1 และ 2.40±0.46 โดยน้ำหนักสด ตามลำดับ ซึ่งถือว่าน้อยมาก แต่ก็สามารถทำให้เกิดปฏิกิริยาเคมีข้างต้นได้ถ้าระยะเวลา ปริมาณความชื้น และ/หรืออุณหภูมิในการเก็บสูงขึ้น ซึ่ง Mc Weeny (1980) พบว่าเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น 3-4 องศาเซลเซียสจะทำให้ปฏิกิริยา non-enzymatic browning เพิ่มขึ้น 2-3 เท่า ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงสีและกลิ่นรสของผลิตภัณฑ์ Patton (1962) และ Minine (1987) อธิบายว่าสารที่ทำให้กลิ่นรสโดยรวมของผลิตภัณฑ์มีกลิ่นผิดปกติหรือมีกลิ่นเหม็นมักเป็นสารประกอบจำพวกอัลดีไฮด์ คีโตน และคาร์บอนิล นอกจากนี้ Feinberg (1964) อ้างใน Luh และ Woosdroof (1975) พบว่าปริมาณกรดไขมันที่ไม่อิ่มตัวเพียงร้อยละ 0.3 โดยน้ำหนักสดในมันฝรั่งแห้งชนิดเกล็ดและเม็ดสามารถทำให้เกิดกลิ่นอับได้ ส่วนการยอมรับรวมของน้ำบัวบกผงสำเร็จรูปชนิดละลายทันทีที่เก็บไว้ที่ 35 องศาเซลเซียสที่ได้จากการทดลอง พบว่า มีค่าอยู่ในช่วง 1.20±0.42 ถึง 6.00±0.67 โดยตั้งแต่สัปดาห์ที่ 1 ค่าการประเมินผลทางประสาทสัมผัสด้านการยอมรับรวมมีความแตกต่างจากสัปดาห์ที่ 0 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 เช่นเดียวกับตัวอย่างดังกล่าวที่สัปดาห์ที่ 2 กับ 3 และสัปดาห์ที่ 7 กับ 10 (ตารางที่ 13) โดยผู้ทดสอบทางประสาทสัมผัสจะไม่ยอมรับผลิตภัณฑ์ในสัปดาห์ที่ 10 เนื่องจากค่าการประเมินผลทางประสาทสัมผัสด้านการยอมรับรวมมีค่าด้อยกว่าตัวอย่างเปรียบเทียบมาก (สเกลต่ำกว่าหรือเท่ากับ 2) ส่วนน้ำบัวบกผงสำเร็จรูปชนิดละลายทันทีที่เก็บไว้ที่ 45 องศาเซลเซียส พบว่ามีค่าการประเมินผลทางประสาทสัมผัสด้านการยอมรับรวมอยู่ในช่วง 1.00±0.00 ถึง 5.80±0.42 โดยค่าดังกล่าวจะแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ตั้งแต่สัปดาห์ที่ 0 ถึง 4 แต่จะไม่มีความแตก

ต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ตั้งแต่สัปดาห์ที่ 5 ถึง 11 (ตารางที่ 14) ทั้งนี้ค่าการประเมินผลทางประสาทสัมผัสด้านการยอมรับรวมของน้ำบัวบกผงสำเร็จรูปที่เก็บไว้ที่ 45 องศาเซลเซียสมีค่าด้อยกว่าตัวอย่างเปรียบเทียบมาก ทำให้ไม่เป็นที่ยอมรับของผู้ทดสอบทางประสาทสัมผัส (สเกลต่ำกว่าหรือเท่ากับ 2)

ส่วนการวิเคราะห์หาปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด พบว่า น้ำบัวบกผงสำเร็จรูปชนิดละลายทันทีที่เก็บไว้ที่ 35 และ 45 องศาเซลเซียสเป็นระยะเวลา 11 สัปดาห์ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 เมื่อเทียบในแต่ละช่วงการเก็บที่ต่อเนื่องกัน แต่ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดที่พบมีค่าอยู่ในช่วง 4.15×10^3 ถึง 5.60×10^3 โคโลนีต่อกรัม เมื่อพิจารณาส่วนประกอบของน้ำบัวบกผงสำเร็จรูปชนิดละลายทันทีซึ่งประกอบด้วยน้ำตาลซูโครสและน้ำบัวบกผงในอัตราส่วนร้อยละ 92.93 และ 7.07 ตามลำดับ จุลินทรีย์ที่พบจึงน่าจะมาจากน้ำตาลซูโครสมากกว่าน้ำบัวบกผง เนื่องจากน้ำบัวบกผงได้จากกระบวนการทำแห้งแบบพ่นกระจายซึ่งอุณหภูมิในการผลิตสูงมากทำให้จุลินทรีย์ส่วนใหญ่ตายได้ ซึ่งสอดคล้องกับผลการวิเคราะห์หาปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดในน้ำบัวบกผง พบว่ามีปริมาณจุลิทรีย์ทั้งหมดเท่ากับ $(6.40+0.12) \times 10^2$ โคโลนีต่อกรัม ส่วนน้ำตาลซูโครสมีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดถึง $(3.80-0.50) \times 10^3$ โคโลนีต่อกรัม แต่โดยสรุปแล้วการเก็บรักษาน้ำบัวบกผงสำเร็จรูปชนิดละลายทันทีที่ 35 และ 45 องศาเซลเซียสเป็นระยะเวลา 11 สัปดาห์ไม่ก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด

จากการวิเคราะห์สมบัติต่างๆ ของน้ำบัวบกผงสำเร็จรูปชนิดละลายทันที จะพบว่าสมบัติทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่นรสและการยอมรับรวมเป็นปัจจัยที่ใช้พิจารณาในการทำนายอายุการเก็บของน้ำบัวบกผงสำเร็จรูปชนิดละลายทันที เนื่องจากสมบัติทั้งสองด้าน ผู้ทดสอบทางประสาทสัมผัสจะไม่ยอมรับผลิตภัณฑ์เมื่อเวลาผ่านไป 4 และ 10 สัปดาห์ที่อุณหภูมิการเก็บที่ 45 และ 35 องศาเซลเซียสตามลำดับ และจากการคำนวณ (ภาคผนวก ฉ.) พบว่าอายุการเก็บของน้ำบัวบกผงสำเร็จรูปชนิดละลายทันทีที่อุณหภูมิเฉลี่ยในห้างสรรพสินค้า (20 องศาเซลเซียส) มีค่าประมาณ 39 สัปดาห์ แต่จะมีค่าประมาณ 15 สัปดาห์เมื่อเก็บไว้ที่ 30 องศาเซลเซียส

ตารางที่ 15 ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดในน้ำบัวบกผงสำเร็จรูปชนิดละลายทันที

อุณหภูมิ (°C)	ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด (โคโลนีต่อกรัม)^{ns}					
	สัปดาห์ที่ 0	สัปดาห์ที่ 2	สัปดาห์ที่ 4	สัปดาห์ที่ 6	สัปดาห์ที่ 8	สัปดาห์ที่ 10
35	$5.25x10^3$	$5.30x10^3$	$4.55x10^3$	$4.90x10^3$	$4.70x10^3$	$4.50x10^3$
45	$5.25x10^3$	$5.60x10^3$	$4.15x10^3$	$5.00x10^3$	$4.30x10^3$	$4.55x10^3$

หมายเหตุ : ในแต่ละอุณหภูมิค่าเฉลี่ยไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

7. การคำนวณราคาต้นทุนของน้ำบัวบกผงสำเร็จรูปชนิดละลายทันที

จากการทดลองผลิตน้ำบัวบกผงสำเร็จรูปชนิดละลายทันที พบว่า วัตถุดิบเริ่มต้นน้ำหนักรวม 2,325.23 กรัม จะผลิตน้ำบัวบกผงสำเร็จรูปชนิดละลายทันทีได้ 100 กรัม คิดเป็นปริมาณผลผลิต (yield) เท่ากับร้อยละ 4.30 โดยราคาของวัตถุดิบในการผลิตน้ำบัวบกผงสำเร็จรูปชนิดละลายทันที 100 กรัม แสดงดังตารางที่ 16

ตารางที่ 16 ราคาและค่าใช้จ่ายของวัตถุดิบในการผลิตน้ำบัวบกผงสำเร็จรูปชนิดละลายทันที 100 กรัม

วัตถุดิบ	ปริมาณที่ใช้ (กรัม)	ราคาต่อกิโลกรัม (บาท)	ค่าใช้จ่ายในการผลิต (บาท)
น้ำบัวบกสด	890.75	10.00	8.91
น้ำตาลซูโครส	97.00	13.00	1.26
ไซโคลเดกซ์ทริน	1.36	1,200.00	1.63
น้ำสะอาด	1,336.12	1.00	1.34
ราคาวัตถุดิบรวม			13.14

ดังนั้นราคาวัตถุดิบของน้ำบัวบกผงสำเร็จรูปชนิดละลายทันที 100 กรัม คือ 13.14 บาท แต่ในการบรรจุจะใช้น้ำบัวบกผงสำเร็จรูปชนิดละลายทันที 12.5 กรัม ต่อ 1 ถุง ซึ่งจะให้น้ำบัวบกประมาณ 180 มิลลิลิตร ดังนั้นราคาของน้ำบัวบกผงสำเร็จรูปชนิดละลายทันทีต่อ 1 ถุง เท่ากับ 1.64 บาท แต่จีรพรรณ กุลดิลก และคณะ (2525) รายงานว่า ต้นทุนของการดำเนินงานในอุตสาหกรรมเกษตรจะประกอบด้วย ต้นทุนวัตถุดิบร้อยละ 52.0 ต้นทุนแรงงานร้อยละ 32.0 และค่าใช้จ่ายอื่นๆ ร้อยละ 16.0 ทำให้ราคาต้นทุนผลิตภัณฑ์น้ำบัวบกผงสำเร็จรูปชนิดละลายทันทีต่อ 1 ถุง มีค่าเท่ากับ 3.15 บาท ซึ่งเมื่อเทียบกับผลิตภัณฑ์น้ำกระเจี๊ยบผงสำเร็จรูปชนิดละลายทันทีที่มีในท้องตลาดซึ่งมีราคาต่อถุง (18 กรัม) เท่ากับ 5.00 บาท พบว่า น้ำบัวบกผงสำเร็จรูปชนิดละลายทันทีมีราคาต่ำกว่าเมื่อเทียบในน้ำหนักที่เท่ากัน ดังนั้นน้ำบัวบกผงสำเร็จรูปจึงน่าจะมีแนวโน้มเป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้รับการยอมรับจากผู้บริโภคมากขึ้น

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย