บทที่ 3

อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

วัสดุอุปกรณ์

วัตถุดิบ

- พลัมพันธุ์แดงบ้านหลวง
- แครอท
- บีท
- มะเขือเทศพันธุ์เชอรี่

อุปกรณ์ที่ใช้ในการผลิตน้ำผักผสมผลไม้

- เครื่องบด (Crusher, ผลิตภายในประเทศ)
- เครื่องปั่น (Blender, National : Model MXT1PN , Taiwan)
- ตู้แช่แข็ง (Freezer, Sanyo : Model SFC 65 A, Thailand)
- อ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ (Water bath, Memmert : Model WB14, Germany)
- เครื่องกรองสุญญากาศ (Vacuum pump, Thomas, USA)
- เครื่องชั่งไฟฟ้าทศนิยม 2 ตำแหน่ง (Analytical balance, Mettler : Model BB120 , Switzerland)
- เครื่องกรองเมมเบรน (Membrane Filtration, Sartorius : Model Sartocon II Plus, Germany)
- เครื่องปิดฝากระป๋อง (Seamer, ผลิตภายในประเทศ)
- กระป๋องพร้อมฝา (มูลนิธิโครงการหลวง)

เครื่องกรองเมมเบรน

เครื่องกรองเมมเบรนที่ใช้ในการทดลองคือ เครื่องกรองยี่ห้อ Sartorius รุ่น Sartocon II Plus จากประเทศเยอรมัน เมมเบรนที่ใช้ในการทดลอง คือ Sartobran P (Mini cartridge)

ส่วนประกอบและคุณสมบัติของ Sartobran P

- Pleating Construction ประกอบด้วย
  - Protective polypropylene layer
  - Reinforced cellulose acetate membrane
  - Reinforced cellulose acetate membrane
  - Polypropylene drainage layer
- Material
  Capsule housing, outer support, core and endcaps : polypropylene
- มี pore size ขนาด 0.45 / 0.2 μ ประกอบด้วยเมมเบรน 2 ชั้น ชั้นที่ 1 ทำหน้าที่เป็น prefilter มี pore size ขนาด 0.45 μ ชั้นที่ 2 อยู่ด้านในทำหน้าที่เป็น final filter มี pore size ขนาด 0.2 μ
- สามารถนึ่งฆ่าเชื้อได้ (autoclaved cartridge)
- มีพื้นที่ผิวการกรอง 0.2 ตารางเมตร

เพื่อให้เครื่องเกิดการกรองแบบ Dead-end filtration ต้องประกอบเครื่องตามภาพที่ ก.9 ในภาคผนวก ก ก่อนทำการกรองทุกครั้งจะต้องทำเมมเบรนให้เปียก หากเมมเบรนที่ใช้เป็นชนิด hydrophilic membrane การทำให้เปียก จะใช้น้ำดีไอออไนซ์ (DI water) หากเป็นเมมเบรนชนิด hydrophobic membrane ต้องทำให้เปียกด้วยไอโซโพรพานอล ร้อยละ 60 หรือเอธิลแอลกอฮอล์ ร้อยละ 60 ในการทดลองนี้ใช้น้ำดีไอออไนซ์ในการทำให้เปียก ด้วยการ circulate น้ำผ่านเมมเบรน ประมาณ 5 นาที

สำหรับเมมเบรนที่จะใช้งาน ต้องทำการฆ่าเชื้อโดยใช้ไอน้ำหรือ autoclave ที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที ส่วนเครื่องกรองเมมเบรนจะทำการฆ่าเชื้อด้วยเอธิล แอลกอฮอล์ร้อยละ 95 circulate เป็นเวลา 5 นาที น้ำผักผสมผลไม้ก่อนนำมากรองด้วย

Sartobran P ที่มี pore size ขนาด 0.2 μ จำเป็นต้องผ่านการกรองแบบหยาบหรือ prefiltration ด้วยเมมเบรนที่มี pore size ขนาด 20 μ ก่อนเพื่อเป็นการกำจัดอนุภาคที่มีขนาดใหญ่ออกไป เพื่อป้องกันการเกิด concentration polarization ในระหว่างการกรองด้วยเมมเบรน 0.2 μ และเพื่อยืดอายุการใช้งานของเมมเบรนด้วย

อุปกรณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์คุณภาพ

1. อุปกรณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ

- เครื่องวัดสี (Minolta Camera : Model CR-310, Japan และ HunterLab : ColorQuest II Colorimeter, USA)
- เครื่องวัดความหนืด (Ostwald viscometer, ผลิตภายในประเทศ)
- เครื่องวัดความขุ่น (Turbidimeter, HACH : Model 2100A, Germany)

2. อุปกรณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี

- เครื่องวัดความเป็นกรด-ด่าง (Microprocessor pH meters, Hanna Instruments: Model HI1131, USA)
- เครื่องวัดปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (Hand refractometer, Atago : Model N1 Brix1~ 32%, Japan)
- เครื่องกวนผสมแบบแม่เหล็กไฟฟ้า (Magnetic stirrer)
- อ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ (Water bath, Memmert : Model WB14, Germany)
- เครื่องกรองสุญญากาศ (Vacuum pump, Thomas, USA)

3. อุปกรณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์คุณภาพทางจุลชีววิทยา

- หม้อนึ่งความดัน (Autoclave, Hirayama : Model HA-300MIV , Japan)
- ตู้บ่มเชื้อ (Incubator, Heraeus : Model D-6450 Hanau , Germany)
- อ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ (Water bath, Memmert : Model WB14, Germany)

4. อุปกรณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัส

- ชุดอุปกรณ์ทดสอบชิม
- แบบสอบถาม

สารเคมี

- เอนไซม์เพคติเนส (Pectinex Ultra SP-L, Switzerland)
- กรดแอสคอร์บิค (ascorbic acid ; food grade, OV Chemical & Supply Ltd.Part.)
- กรดแอสคอร์บิค (ascorbic acid ; Analytical grade, Merch, Germany)
- ซูโครส (sucrose ; food grade)
- โซเดียมคลอไรด์ (sodium chloride ; food grade)
- กรดอะซิติก (acetic acid ; CH_3COOH, J.T. Baker, USA)
- โซเดียมไฮดรอกไซด์ (sodium hydroxide ; NaOH, Fluka, Germany)
- โปแตสเซียมไฮโดรเจนฟธาเลท (potassium hydrogen phthalate ; $C_8H_5KO_4$, Fluka , Germany)
- ฟีนอล์ฟธาลีน (phenolphthalene ; $C_{20}H_{10}O_4$, Fluka , Germany)
- คอปเปอร์ซัลเฟท (copper sulfate pentahydrate ; $CuSO_4.5H_2O$, AnalaR, England)
- โซเดียมโปแตสเซียมตาร์เตรท (sodium potassium tartrate ; $NaKC_4O_6.4H_2O$, Merck , Germany)
- เมธิลีนบลู (methylene blue ; $(CH_2)_2NC_6H_3N:C_6H_3[N(CH_3)_2]:SCl.3H_2O$, J.T. Baker , USA)
- โปแตสเซียมโครเมต (potassium chromate ; K_2CrO_4, AnalaR, England)
- โปแตสเซียมไดโครเมต (potassium dichromate ; $K_2Cr_2O_7$, AnalaR, England)
- เงินไนเตรต (silver nitrate ; $AgNO_3$, Merch, Germany)
- กรดออกซาลิค (oxalic acid ; $(COOH)_2.2H_2O$, Carlo Erba Reagenti, Germany)

- 2,6- ไดคลอโรฟีนอลอินโดฟีนอล (2, 6 - dichlorophenolindophenol ; $C_{12}H_6Cl_2NnaO_2.2H_2O$, Merch, Germany)
- Plate Count Agar (Becto® Plate Count Agar, Difco Laboratory, USA)
- Potato Dextrose Agar (Becto® Potato Dextrose Agar, Difco Laboratory, USA)
- กรดตาร์ตาริก (tartaric acid ; $HOOC(CHOH)_2COOH$, Carlo Erba Reagenti, Germany)
- เปปโตน (Becto® Peptone, Difco Laboratory, USA)
- Brilliant green lactose bile broth (Becto® Brilliant green lactose bile broth, Difco Laboratory, USA)
- เอธิลแอลกอฮอล์ ความเข้มข้นร้อยละ 70

เครื่องประมวลผลข้อมูลทางสถิติ

- เครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล
- โปรแกรมสำเร็จรูป POM
- โปรแกรมสำเร็จรูป Statistix version 4.0
- โปรแกรมสำเร็จรูป Microsoft excel
- โปรแกรมสำเร็จรูป Mathcad 7 professional
- โปรแกรมสำเร็จรูป Sigmaplot 2000

วิธีการทดลอง

การสร้างเค้าโครงผลิตภัณฑ์

ก่อนที่จะทำการพัฒนาผลิตภัณฑ์น้ำผักผสมผลไม้หรือผลิตภัณฑ์ใด ๆ ขึ้นนั้น จำเป็นต้องมีการสร้างเค้าโครงผลิตภัณฑ์ เพื่อหาคุณลักษณะที่สำคัญตามความคิดของผู้บริโภค ซึ่งวิธีการสร้างเค้าโครงผลิตภัณฑ์นั้นสามารถใช้หลักการของ Ideal Ratio Profile ได้

Ideal Ratio Profile Test เป็นวิธีการทดสอบเค้าโครงผลิตภัณฑ์ เพื่อดูลักษณะผลิตภัณฑ์ด้วยค่าสัดส่วน เป็นวิธีการที่ให้ผู้บริโภคแสดงความเข้ม หรือความมากน้อยของลักษณะคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสที่มีต่อผลิตภัณฑ์ โดยผู้บริโภคจะเป็นผู้กำหนดลักษณะของผลิตภัณฑ์เอง ทำให้ผลิตภัณฑ์ที่กำลังพัฒนามีเค้าโครงลักษณะที่เหมือนหรือคล้ายกับที่ผู้บริโภคต้องการ เค้าโครงลักษณะที่ผู้บริโภคชอบหรือต้องการที่สร้างขึ้น จะเป็นแนวทางในการเปรียบเทียบกับตัวอย่างผลิตภัณฑ์ที่กำลังพัฒนา ในการทดสอบเค้าโครงผลิตภัณฑ์ จำเป็นต้องมีตัวอย่างผลิตภัณฑ์เพื่อเป็นแนวทางในการสร้างเค้าโครง ซึ่งในกรณีนี้ใช้น้ำผักผสมผลไม้ที่มีอยู่ในท้องตลาดตรายูนิฟ โดยผู้บริโภคแต่ละคนอาจจะให้ Ideal product profile ที่ต่างกัน แต่ Ratio profile ที่ได้จากค่าเฉลี่ยของสัดส่วน (Ratio) ของแต่ละคนสามารถนำมาใช้เป็นค่าความคิดผลิตภัณฑ์คงที่ (Fixed ideal) เพื่อใช้เป็นเกณฑ์หรือทิศทางในการเปรียบเทียบต่อไป

ค่าคะแนนที่ผู้บริโภคแต่ละคนให้กับลักษณะแต่ละอย่างของผลิตภัณฑ์ จะกำหนดให้เป็นตัวตั้งและหารด้วยค่าคะแนนที่ถูกกำหนดว่าดีที่สุดหรือดีเลิศ หรือ Ideal หรือคะแนนที่เหมาะสมกับความต้องการของผู้บริโภค ซึ่งจะได้สัดส่วน (Ratio) ของแต่ละคน นำค่าดังกล่าวมาหาค่าเฉลี่ย จะได้ค่าสัดส่วนเฉลี่ย (Ratio mean score) ค่าสัดส่วนเฉลี่ยที่ได้ของแต่ละลักษณะจะนำมาพิจารณาเปรียบเทียบได้ง่ายกับเค้าโครงลักษณะที่ต้องการ ซึ่งเป็นค่าสัดส่วนเท่ากับ 1.00 ภาพรวมจากค่าสัดส่วนเฉลี่ยของแต่ละลักษณะเรียกว่า Numerical product profile จากนั้นนำค่าสัดส่วนเฉลี่ยดังกล่าวมาสร้างเป็นรูปเค้าโครงลักษณะรูปวงกลมใยแมงมุม (Cyclic profile)

ในการทดสอบเค้าโครงผลิตภัณฑ์น้ำผักผสมผลไม้เพื่อทำการพัฒนานี้ ใช้ผู้บริโภคจำนวน 15 คน โดยให้ผู้บริโภคเป็นผู้กำหนดลักษณะคุณภาพที่ผู้บริโภคคิดว่าสำคัญสำหรับผลิตภัณฑ์ชนิดนี้ และใช้น้ำผักผสมผลไม้ตรายูนิฟเป็นตัวอย่างในการทดสอบ จากนั้นจึงทำการสร้างกราฟเค้าโครงผลิตภัณฑ์ในลักษณะใยแมงมุมขึ้นเพื่อใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาต่อไป

การเตรียมน้ำผักและน้ำผลไม้

การเตรียมน้ำพลัม

นำพลัมสดมาล้างด้วยน้ำสะอาด คัดเลือกผลที่มีคุณลักษณะดีไม่เน่าเสียหรือมีตำหนิ โดยนำมาต้มในน้ำเดือดประมาณ 7-10 นาที หรือจนกระทั่งเปลือกของพลัมเริ่มหลุดออกจากผล นำมาแช่ในน้ำเย็น แล้วยีที่ผิวเพื่อแยกเอาเปลือกออก ทำการแยกเอาเมล็ดออกด้วย นำเนื้อพลัมที่ได้เข้าเครื่องบด (crusher) บดให้เป็นชิ้นเล็ก ๆ ในการเตรียมน้ำพลัม จะเติมน้ำลงในเนื้อพลัมตีป่นในอัตราส่วน 1 ต่อ 1 (โดยน้ำหนัก) เพื่อลดความหนืดและเพื่อให้สะดวกในการกรอง เติมเอนไซม์เพคติเนสลงไป ทำการบ่มที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส โดยปริมาณของเอนไซม์เพคติเนสและเวลาที่ใช้ในการบ่มจะได้จากการทดลองในตอนที่ 1 เมื่อครบตามเวลาแล้ว นำน้ำพลัมมาให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส นาน 90 วินาที เพื่อยับยั้งปฏิกิริยาของเอนไซม์เพคติเนสและทำลายจุลินทรีย์บางส่วน ทำให้เย็นลงอย่างรวดเร็ว กรองผ่านกระดาษกรองเบอร์ 1 ด้วยเครื่องกรองสุญญากาศ (suction pump) บรรจุในถุงเย็น (โพลีเอทธิลีน) แล้วนำไปแช่แข็ง

การเตรียมน้ำมะเขือเทศเชอร์รี่

นำมะเขือเทศพันธุ์เชอร์รี่มาล้างด้วยน้ำสะอาด คัดผลที่เน่าเสียและเป็นโรคออก นำเข้าเครื่องบด (crusher) เพื่อให้มีขนาดชิ้นเล็กลง เติมเอนไซม์เพคติเนสลงไป บ่มที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส โดยปริมาณของเอนไซม์เพคติเนสและเวลาที่ใช้ในการบ่มจะได้จากการทดลองตอนที่ 1 เมื่อบ่มครบตามเวลาแล้ว นำน้ำมะเขือเทศมาให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 90 วินาที เพื่อยับยั้งปฏิกิริยาของเอนไซม์เพคติเนสและทำลายจุลินทรีย์บางส่วน ทำให้เย็นลงอย่างรวดเร็ว กรองผ่านกระดาษกรองเบอร์ 1 ด้วยเครื่องกรองสุญญากาศ (suction pump) บรรจุในถุงเย็น (โพลีเอทธิลีน) จึงนำไปแช่แข็ง

การเตรียมน้ำบีท

นำหัวบีทมาล้างด้วยน้ำสะอาด ปอกเปลือก ตัดแต่งส่วนที่เน่าเสียออก หั่นบีทเป็นชิ้น นำไปนึ่ง นาน 4 นาที เพื่อยับยั้งปฏิกิริยาของเอนไซม์ betacyanine decolorizing แล้วทำให้เย็นลง การเตรียมน้ำบีท จะเติมน้ำลงไปให้เนื้อบีท ในอัตราส่วน 4 ต่อ 1 (โดยน้ำหนัก) หรือความเข้มข้น

ร้อยละ 20 ปั่นให้ละเอียดด้วยเครื่องปั่น (blender) แล้วเติมเอนไซม์เพคติเนส นำไปบ่มที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส โดยปริมาณของเอนไซม์เพคติเนสและเวลาที่ใช้ในการบ่มจะได้จากการทดลองในตอนที่ 1 เมื่อบ่มครบตามเวลาแล้ว นำน้ำบีทมาให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 90 วินาที เพื่อยับยั้งปฏิกิริยาของเอนไซม์เพคติเนสและทำลายจุลินทรีย์บางส่วน ทำให้เย็นลงอย่างรวดเร็ว กรองผ่านกระดาษกรองเบอร์ 1 ด้วยเครื่องกรองสุญญากาศ (suction pump) บรรจุในถุงเย็น (โพลีเอทธิลีน) จึงนำไปแช่แข็ง

การเตรียมน้ำแครอท

นำแครอทมาล้างด้วยน้ำสะอาด ทำการปอกเปลือกแล้วนำไปต้มใน 0.05 N สารละลายกรดอะซิติก ทำให้เย็น หั่นเป็นชิ้นเล็ก ๆ ในการเตรียมน้ำแครอทนั้นจะเติมน้ำลงไปผสมกับเนื้อแครอทในอัตราส่วนน้ำต่อแครอท เท่ากับ 4 ต่อ 1 (โดยน้ำหนัก) หรือความเข้มข้นร้อยละ 20 เติมเอนไซม์เพคติเนส บ่มที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส โดยปริมาณของเอนไซม์เพคติเนสและเวลาที่ใช้ในการบ่มจะได้จากการทดลองในตอนที่ 1 เมื่อบ่มครบตามเวลาแล้ว นำน้ำแครอทมาให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส นาน 90 วินาที เพื่อยับยั้งปฏิกิริยาของเอนไซม์เพคติเนสและทำลายจุลินทรีย์บางส่วน ทำให้เย็นลงอย่างรวดเร็ว กรองผ่านกระดาษกรองเบอร์ 1 ด้วยเครื่องกรองสุญญากาศ (suction pump) บรรจุในถุงเย็น (โพลีเอทธิลีน) จึงนำไปแช่แข็ง

การวางแผนการทดลอง

การทดลองแบ่งออกเป็น 5 ตอน ดังนี้

ตอนที่ 1 ศึกษาประสิทธิภาพของเอนไซม์เพคติเนสต่อการสกัดน้ำผักและน้ำผลไม้

ตอนที่ 1.1 ศึกษาผลของการใช้เอนไซม์เพคติเนสต่อการสกัดน้ำผักและน้ำผลไม้

เติมเอนไซม์เพคติเนสลงในน้ำผักและน้ำผลไม้แต่ละชนิด (น้ำพลัม น้ำมะเขือเทศ น้ำบีท และน้ำแครอท) โดยความเข้มข้นของเอนไซม์เพคติเนสที่ใช้ คือ ร้อยละ 0.0, 0.2, 0.4 และ 0.6 (ปริมาตร/น้ำหนัก) ในการทดลองใช้น้ำผักหรือน้ำผลไม้ปริมาตร 100 มิลลิลิตร แต่ละสิ่งทดลองมีจำนวนซ้ำเท่ากับ 3 นำน้ำผักหรือน้ำผลไม้ที่ทดลองไปบ่มที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส คนอย่าง

สม่ำเสมอ เป็นเวลา 2 ชั่วโมง จากนั้นทำการยับยั้งปฏิกิริยาของเอนไซม์เพคติเนสในน้ำเดือดนาน 10 นาที ทำให้เย็นลงอย่างรวดเร็ว กรองผ่านกระดาษกรอง เบอร์ 2 ด้วยเครื่องกรองสุญญากาศ (suction pump) ที่ความดัน 23 นิ้วปรอท น้ำผักและน้ำผลไม้ที่ได้นำมาหาค่าร้อยละของปริมาณผลผลิต (%Yield) และวัดความหนืดด้วย Ostwald viscometer โดยทำการวัดความหนืดเทียบกับน้ำกลั่น ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส

ตอนที่ 1.2 ศึกษาหาความเข้มข้นของเอนไซม์เพคติเนสและเวลาที่ใช้ในการบ่มที่เหมาะสมต่อการสกัดน้ำผักและน้ำผลไม้

การทดลองในขั้นตอนที่ผ่านมา ทำให้ทราบแนวโน้มของการใช้เอนไซม์เพคติเนสเพื่อสกัดน้ำผักและน้ำผลไม้แต่ละชนิด โดยถ้าเอนไซม์เพคติเนสสามารถเพิ่มปริมาณร้อยละของผลผลิต หรือสามารถลดความหนืดลง จะทำการศึกษาในขั้นนี้ต่อไป โดยจะศึกษาปริมาณเอนไซม์เพคติเนสและเวลาในการบ่มที่เหมาะสมสำหรับการสกัดน้ำผักและน้ำผลไม้แต่ละชนิด แผนการทดลองที่ใช้ในการทดลองตอนนี้ คือ 2^2 Factorial experiment with 3 center points โดยกำหนดให้

ปัจจัย A คือ ความเข้มข้นของเอนไซม์เพคติเนส (ร้อยละ (ปริมาตร/น้ำหนัก)) โดย

-1 แทน ระดับต่ำ

0 แทน จุดกึ่งกลาง

1 แทน ระดับสูง

ปัจจัย B คือ เวลาที่ใช้ในการบ่ม (นาที) โดย

-1 แทน ระดับต่ำ

0 แทน จุดกึ่งกลาง

1 แทน ระดับสูง

สิ่งทดลองทั้งหมดแสดงดังตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 สิ่งทดลองของแผนการทดลอง 2^2 Factorial experiment with 3 center points

สิ่งทดลองที่	ปัจจัย A	ปัจจัย B
1 (1)	-1	-1
2 (a)	1	-1
3 (b)	-1	1
4 (ab)	1	1
5 (cp_1)	0	0
6 (cp_2)	0	0
7 (cp_3)	0	0

หมายเหตุ ปัจจัย A ความเข้มข้นของเอนไซม์เพคติเนส

สำหรับน้ำพลัมและน้ำแครอท

ระดับต่ำ ร้อยละ 0.1 (ปริมาตร/น้ำหนัก)
ระดับกลาง ร้อยละ 0.2 (ปริมาตร/น้ำหนัก)
ระดับสูง ร้อยละ 0.3 (ปริมาตร/น้ำหนัก)

สำหรับน้ำมะเขือเทศและน้ำบีท

ระดับต่ำ ร้อยละ 0.3 (ปริมาตร/น้ำหนัก)
ระดับกลาง ร้อยละ 0.4 (ปริมาตร/น้ำหนัก)
ระดับสูง ร้อยละ 0.5 (ปริมาตร/น้ำหนัก)

ปัจจัย B เวลาที่ใช้ในการบ่ม

ระดับต่ำ 120 นาที
ระดับกลาง 150 นาที
ระดับสูง 180 นาที

นำสิ่งทดลองไปบ่มที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส จนครบตามเวลาที่กำหนด นำมาหาค่าร้อยละของปริมาณผลผลิต (%Yield) และวัดความหนืด โดยใช้ Ostwald viscometer ข้อมูลที่ได้จะนำมาวิเคราะห์ทางสถิติเพื่อหาสมการถดถอยโดยใช้โปรแกรม Statisitix version 4.0 สมการที่ได้สามารถใช้หาปริมาณเอนไซม์เพคติเนส และเวลาในการบ่มที่เหมาะสมสำหรับการสกัดน้ำผักและน้ำผลไม้แต่ละชนิด

ตอนที่ 2 การหาอัตราส่วนน้ำผักและน้ำผลไม้ที่เหมาะสมที่จะใช้ในสูตรการผลิต

การทดลองนี้จะหาอัตราส่วนที่เหมาะสมของน้ำพลัม น้ำมะเขือเทศ น้ำบีท และน้ำแครอท เพื่อให้ได้สูตรน้ำผักผสมผลไม้ที่ผู้บริโภคยอมรับมากที่สุด โดยใช้แผนการทดลองแบบ Mixture Design ซึ่งเป็นแผนการทดลองที่ใช้ในการหาส่วนผสมของสูตร โดยใช้หลักการที่ว่า เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงอัตราส่วนของส่วนประกอบใด ส่วนประกอบที่เหลือในสูตรจะต้องมีการเปลี่ยนแปลง

ด้วย และผลรวมของส่วนประกอบทั้งหมดต้องเท่ากับ 1.0 หรือ ร้อยละ 100 (ไพโรจน์, 2536) ในการทดลองจะกำหนดระดับต่ำ (Low level) และระดับสูง (High level) ของน้ำผักและน้ำผลไม้ทั้ง 4 ชนิด และใช้โปรแกรม XVERT ในการเลือกสิ่งทดลองที่อยู่ในพื้นที่ที่เป็นไปได้ (feasible area) โดยอัตราส่วนน้ำผักและน้ำผลไม้ทั้ง 4 ชนิดจะกำหนดให้อยู่ในช่วงระดับต่ำและระดับสูงดังตารางที่ 3.2

ตารางที่ 3.2 ค่าของระดับต่ำและระดับสูงของอัตราส่วนน้ำผักและน้ำผลไม้

น้ำผัก/น้ำผลไม้	ระดับต่ำ (ร้อยละ)	ระดับสูง (ร้อยละ)
น้ำพลัม	30	60
น้ำมะเขือเทศ	15	35
น้ำบีท	10	30
น้ำแครอท	30	50

ผลของ Mixture Design ที่ประกอบด้วยตัวแปร 4 ตัวที่ได้จากโปรแกรม XVERT สามารถเลือกนำมาใช้เป็นสิ่งทดลองได้ ดังแสดงในตารางที่ 3.3

ตาราง 3.3 สิ่งทดลองของ Mixture Design ที่ประกอบด้วยตัวแปร 4 ตัว

สิ่งทดลองที่	น้ำพลัม (ร้อยละ)	น้ำมะเขือเทศ (ร้อยละ)	น้ำบีท (ร้อยละ)	น้ำแครอท (ร้อยละ)
1	45	15	10	30
2	30	15	10	45
3	30	30	10	30
4	30	15	25	30

นำสิ่งทดลองที่ได้ไปทำการผลิตเป็นผลิตภัณฑ์น้ำผักผสมผลไม้ โดยกำหนดให้ส่วนผสมอื่น ๆ ที่เหลือในสูตรคงที่ ทำการผลิตตามกระบวนการผลิตน้ำผลไม้พื้นฐาน ผลิตภัณฑ์ที่ได้จะนำไปวิเคราะห์คุณภาพทางด้านกายภาพ เคมี และทางประสาทสัมผัส ดังต่อไปนี้

การวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ (Physical Analysis)

- ค่าสี (Color) โดยใช้ Chroma Meter : CR-310, Instruction Manual, Minolta Camera Co., Ltd., 1991

การวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี (Chemical Analysis)

- ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ตามวิธีของ AOAC, 1995
- ปริมาณกรดทั้งหมดที่ไตเตรตได้ (Total titratable acidity) ตามวิธีของ International Federation of Fruit Juice Producers, 1962
- ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (Total soluble solids) ตามวิธีของ AOAC, 1995

การทดสอบทางประสาทสัมผัส (Sensory Evaluation)

การวิเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัสจะใช้ Ideal ratio profile ซึ่งวิธีนี้จะสามารถอธิบายคุณสมบัติทางด้านประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ ในแง่การเปรียบเทียบเชิงปริมาณของตัวอย่างผลิตภัณฑ์ที่พัฒนาให้เป็นที่ยอมรับมากที่สุด (ไพโรจน์, 2536)

ในการทดสอบชิมจะใช้ผู้ทดสอบจำนวน 8 - 10 คน ตัวอย่างผลิตภัณฑ์ที่จะทดสอบชิมต้องทำให้เย็นจึงเทใส่ในถ้วยแก้วใส ที่มีรหัสเป็นตัวเลข 3 ตัว ซึ่งสุ่มได้จากตารางสุ่มตัวอย่าง ลักษณะ (attributes) ที่ทำการทดสอบ ได้แก่ สีที่ปรากฏ กลิ่น ความใส รสหวาน รสเปรี้ยว และการยอมรับโดยรวม

การวิเคราะห์และประเมินผลทางด้านสถิติ (Statistic Analysis)

ขั้นตอนนี้ใช้โปรแกรม Statisitix version 4.0 และโปรแกรมเชิงเส้น POM

ตอนที่ 3 การหาปริมาณส่วนผสม (น้ำตาลซูโครส เกลือและกรดแอสคอร์บิค) ที่เหมาะสม

เมื่อได้อัตราส่วนที่เหมาะสมของน้ำผักและน้ำผลไม้เพื่อใช้ในการผลิตแล้ว จะทำการศึกษาเพื่อหาปริมาณส่วนผสมที่จะใช้ในสูตรต่อไป ได้แก่ น้ำตาลซูโครส เกลือ และกรดแอสคอร์บิค การทดลองนี้มีการวางแผนการทดลองแบบ 2^3 Factorial experiment with 3 center points โดยกำหนดให้

ปัจจัย A คือ น้ำตาลซูโครส

a_1 = ร้อยละ 12.03 เป็นระดับต่ำ
cp = ร้อยละ 15 เป็นจุดกึ่งกลาง
a_2 = ร้อยละ 17.97 เป็นระดับสูง

ปัจจัย B คือ เกลือ

b_1 = ร้อยละ 0.06 เป็นระดับต่ำ
cp = ร้อยละ 0.075 เป็นจุดกึ่งกลาง
b_2 = ร้อยละ 0.09 เป็นระดับสูง

ปัจจัย C คือ กรดแอสคอร์บิค

c_1 = ร้อยละ 0.34 เป็นระดับต่ำ
cp = ร้อยละ 0.4 เป็นจุดกึ่งกลาง
c_2 = ร้อยละ 0.46 เป็นระดับสูง

จะได้สูตรสำหรับการผลิตทั้งหมด 11 สูตร แสดงดังตารางที่ 3.4

ตารางที่ 3.4 สูตรการผลิตสำหรับแผนการทดลอง 2^3 Factorial experiment with 3 center points

สูตร	น้ำตาลซูโครส (ร้อยละ)	เกลือ (ร้อยละ)	กรดแอสคอร์บิค (ร้อยละ)
1 (1)	12.03	0.06	0.34
2 (a)	17.97	0.06	0.34
3 (b)	12.03	0.09	0.34
4 (ab)	17.97	0.09	0.34
5 (c)	12.03	0.06	0.46
6 (ac)	17.97	0.06	0.46
7 (bc)	12.03	0.09	0.46
8 (abc)	17.97	0.09	0.46
9 (cp_1)	15.00	0.075	0.40
10 (cp_2)	15.00	0.075	0.40
11 (cp_3)	15.00	0.075	0.40

โดยอัตราส่วนระหว่างน้ำพลัม น้ำมะเขือเทศ น้ำบีท และน้ำแครอทที่ใช้ในการทดลองได้จากการทดลองในขั้นที่ผ่านมา สูตรทุกสูตรจะผลิตตามกระบวนการผลิตพื้นฐาน และผลิตภัณฑ์ที่ได้จะถูกนำมาวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ เคมี และประสาทสัมผัส ข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์จะนำมาทำการวิเคราะห์ทางด้านสถิติต่อไปเพื่อหาปริมาณส่วนผสมที่เหมาะสม

การวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ (Physical Analysis)

- ค่าสี (Color) โดยใช้ Chroma Meter : CR-310, Instruction Manual, Minolta Camera Co., Ltd., 1991

การวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี (Chemical Analysis)

- ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ตามวิธีของ AOAC, 1995
- ปริมาณกรดทั้งหมดที่ไตเตรตได้ (Total titratable acidity) ตามวิธีของ International Federation of Fruit Juice Producers, 1962

- ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (Total soluble solids) ตามวิธีของ AOAC, 1995
- ปริมาณเกลือ (Sodium chloride) ตามวิธีของ AOAC, 1995
- ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ก่อนและหลังอินเวอร์ชัน (Reducing sugars) ตามวิธีของ AOAC, 1995
- ปริมาณน้ำตาลซูโครส (Sucrose) ตามวิธีของ AOAC, 1995
- ปริมาณวิตามินซี (Ascorbic acid) ตามวิธีของ AOAC, 1995

การทดสอบทางประสาทสัมผัส (Sensory Evaluation)

การวิเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัสจะใช้ Ideal ratio profile ซึ่งวิธีนี้จะสามารถอธิบายคุณสมบัติทางด้านประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ ในแง่การเปรียบเทียบเชิงปริมาณของตัวอย่างผลิตภัณฑ์ที่พัฒนาให้เป็นที่ยอมรับมากที่สุด (ไพโรจน์, 2536)

ในการทดสอบชิมจะใช้ผู้ทดสอบจำนวน 8 - 10 คน ตัวอย่างที่จะทดสอบจะเก็บในสภาพเย็นและบรรจุในถ้วยแก้วใสที่ใส่รหัสเป็นตัวเลข 3 ตัว ที่สุ่มตัวอย่างจากตารางสุ่มตัวอย่าง ลักษณะ (attributes) ที่ทำการทดสอบ ได้แก่ สีที่ปรากฏ กลิ่น ความใส รสหวาน รสเปรี้ยว รสเค็ม และการยอมรับโดยรวม

การวิเคราะห์และประเมินผลทางด้านสถิติ (Statistic Analysis)

ใช้โปรแกรม Statisitix version 4.0 และโปรแกรมสำเร็จรูป Mathcad 7 professional

ตอนที่ 4 ศึกษาผลของการกรองด้วยเมมเบรนต่อคุณภาพของน้ำผักผสมผลไม้

เมื่อพัฒนาสูตรน้ำผักผสมผลไม้จนได้สูตรที่เหมาะสมและเป็นที่ยอมรับแก่ผู้บริโภคแล้ว การทดลองในขั้นนี้ จะทำการศึกษาผลของการกรองโดยใช้เมมเบรนต่อคุณภาพทางด้านกายภาพ เคมี และจุลชีววิทยาของน้ำผักผสมผลไม้ เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในการใช้เมมเบรนในการผลิตเครื่องดื่มดังกล่าว โดยนำน้ำผักผสมผลไม้มาผ่านกระบวนการ MF และทำการเก็บข้อมูลระหว่างการ operate ได้แก่ การวัด Permeate flux ($L/m^2/hr$) ที่เก็บได้ในเวลา 1 นาที โดยใช้กระบอกตวงและนาฬิกาจับเวลา ทำการวัด flux ทุก ๆ 2 นาทีตลอดการทดลอง

นำผลิตภัณฑ์ที่ได้มาทำการวิเคราะห์คุณภาพเปรียบเทียบกับน้ำผักผสมผลไม้ก่อนเข้า MF โดยคุณภาพที่ทำการวิเคราะห์แบ่งเป็น

การวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ (Physical Analysis)

- ค่าสี (Color) โดยใช้ ColorQuest II Colorimeter : Hunter Associates Laboratories Inc., 1997
- ความขุ่น (Turbidity) โดยใช้ Turbidimeter : HACH Model 2100 A
- ความหนืด (Viscosity) โดยใช้ Ostwald viscometer

การวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี (Chemical Analysis)

- ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ตามวิธีของ AOAC, 1995
- ปริมาณกรดทั้งหมดที่ไตเตรตได้ (Total titratable acidity) ตามวิธีของ International Federation of Fruit Juice Producers, 1962
- ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (Total soluble solids) ตามวิธีของ AOAC, 1995
- ปริมาณเกลือ (Sodium chloride) ตามวิธีของ AOAC, 1995
- ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ก่อนและหลังอินเวอร์ชัน (Reducing sugars) ตามวิธีของ AOAC, 1995
- ปริมาณน้ำตาลซูโครส (Sucrose) ตามวิธีของ AOAC, 1995
- ปริมาณวิตามินซี (Ascorbic acid) ตามวิธีของ AOAC, 1995

การวิเคราะห์คุณภาพทางจุลชีววิทยา (Microbiological Analysis)

- เชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด (Total Plate Count) โดยวิธี pour plate (เรณู, 2537)
- เชื้อยีสต์และรา (Yeast and Mold) โดยวิธี pour plate (เรณู, 2537)
- Coliforms และ E. coli (เรณู, 2537)

การวิเคราะห์และประเมินผลทางด้านสถิติ (Statistic Analysis)

ใช้โปรแกรม Sigmaplot 2000 และ Statistix version 4.0

ตอนที่ 5 ผลของกระบวนการผลิตต่อคุณภาพของน้ำผักผสมผลไม้

ขั้นตอนนี้จะทำการเปรียบเทียบกระบวนการผลิตทั้งสองแบบ คือ แบบใช้เมมเบรน (MF) และแบบดั้งเดิมคือการฆ่าเชื้อด้วยความร้อน เพื่อเปรียบเทียบคุณภาพของน้ำผักผสมผลไม้ที่ได้จากกระบวนการผลิตที่แตกต่างกัน การทดลองนี้ใช้แผนการทดลองแบบ CRD (Completely Randomized Design) ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากทั้งสองกระบวนการจะนำการวิเคราะห์คุณภาพทางด้านกายภาพ เคมี จุลชีววิทยา และประสาทสัมผัส เพื่อศึกษาผลของกระบวนการผลิตต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ในด้านที่กล่าวมา

การวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ (Physical Analysis)

- ค่าสี (Color) โดยใช้ ColorQuest II Colorimeter : Hunter Associates Laboratories Inc., 1997
- ความขุ่น (Turbidity) โดยใช้ Turbidimeter : HACH Model 2100 A
- ความหนืด (Viscosity) โดยใช้ Ostwald viscometer

การวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี (Chemical Analysis)

- ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ตามวิธีของ AOAC, 1995
- ปริมาณกรดทั้งหมดที่ไตเตรตได้ (Total titratable acidity) ตามวิธีของ International Federation of Fruit Juice Producers, 1962
- ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (Total soluble solids) ตามวิธีของ AOAC, 1995
- ปริมาณเกลือ (Sodium chloride) ตามวิธีของ AOAC, 1995
- ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ก่อนและหลังอินเวอร์ชัน (Reducing sugars) ตามวิธีของ AOAC, 1995
- ปริมาณน้ำตาลซูโครส (Sucrose) ตามวิธีของ AOAC, 1995
- ปริมาณวิตามินซี (Ascorbic acid) ตามวิธีของ AOAC, 1995

การวิเคราะห์คุณภาพทางจุลชีววิทยา (Microbiological Analysis)

- เชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด (Total Plate Count) โดยวิธี pour plate (เรณู, 2537)
- เชื้อยีสต์และรา (Yeast and Mold) โดยวิธี pour plate (เรณู, 2537)
- Coliforms และ E. coli (เรณู, 2537)

การทดสอบทางประสาทสัมผัส (Sensory Evaluation)

การวิเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัสจะใช้ Ideal ratio profile ซึ่งวิธีนี้จะสามารถอธิบายคุณสมบัติทางด้านประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ ในแง่การเปรียบเทียบเชิงปริมาณของตัวอย่างผลิตภัณฑ์ที่พัฒนาให้เป็นที่ยอมรับมากที่สุด (ไพโรจน์, 2536)

ในการทดสอบชิมจะใช้ผู้ทดสอบจำนวน 8 - 10 คน ตัวอย่างที่ทดสอบชิมจะเก็บในสภาพเย็นและบรรจุในถ้วยแก้วใส ที่ใส่รหัสเป็นตัวเลข 3 ตัว ซึ่งสุ่มตัวอย่างจากตารางสุ่มตัวอย่าง ลักษณะ (attributes) ที่ทำการทดสอบ ได้แก่ สีที่ปรากฏ กลิ่น ความใส รสหวาน รสเปรี้ยว รสเค็ม และการยอมรับโดยรวม

การวิเคราะห์และประเมินผลทางด้านสถิติ (Statistic Analysis)

ใช้โปรแกรม Sigmaplot 2000, Microsoft Excel 2000 และ Statistix version 4.0

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Chiang Mai University