

บทที่ 4

ผลการทดลอง

4.1 ผลวิเคราะห์องค์ประกอบของวัตถุดิบ

4.1.1 ผลวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี ภายภาพ ของพุทรา

วิเคราะห์องค์ประกอบ ในพุทราสุกในส่วน ที่ใช้เป็นวัตถุดิบ โดยหาค่าความชื้น ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด ค่าความเป็นกรด-ด่าง ปริมาณกรดทั้งหมดเทียบเท่ากรดซิตริก ไขมัน เถ้า ใยอาหาร และปริมาณวิตามินซี ได้ผลดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 องค์ประกอบของพุทรา 100 กรัม

	พุทราบดทั้งผล	ส่วนที่กินได้ (เนื้อติดเปลือก)	เนื้อพุทราที่มี ขนาดอนุภาค เล็กกว่า 1.5 มม.	เนื้อพุทราที่มี ขนาดอนุภาค ใหญ่กว่า 1.5 มม.
ความชื้น (%)	75.527 ^b ± 2.271	79.913 ^c ± 1.615	84.560 ^d ± 1.818	65.537 ^a ± 1.176
ปริมาณของแข็งที่ ละลายได้ทั้งหมด	13.167 ^b ± 0.058	12.733 ^a ± 0.058	12.63 ^a ± 0.058	13.400 ^c ± 0.000
ความเป็นกรด-ด่าง	4.020 ^b ± 0.010	4.033 ^b ± 0.006	4.013 ^b ± 0.006	3.980 ^a ± 0.010
ปริมาณกรด ทั้งหมดเทียบเท่า กรดซิตริก (กรัม)	1.247 ^b ± 0.025	1.583 ^c ± 0.025	1.653 ^d ± 0.015	0.840 ^a ± 0.020
ไขมัน (กรัม)	0.030 ^a ± 0.010	0.044 ^b ± 0.015	0.033 ^a ± 0.006	0.047 ^b ± 0.015
เถ้า (กรัม)	0.533 ^d ± 0.031	0.426 ^b ± 0.015	0.290 ^a ± 0.020	0.490 ^c ± 0.026
ใยอาหาร (กรัม)	0.800 ^d ± 0.036	0.543 ^b ± 0.025	0.323 ^a ± 0.025	0.690 ^c ± 0.030
วิตามินซี (มิลลิกรัม)	27.677 ^a ± 0.255	30.490 ^b ± 0.141	34.467 ^c ± 0.111	16.463 ^a ± 0.410

จากตารางพบว่า ความเป็นกรด-ด่างของพุทรากลุ่มต่าง ๆ นั้นมีค่าที่ใกล้เคียงกับ ค่าความเป็นกรด-ด่างของเอนไซม์ Pectinex Ultra SP-L[®] ที่แนะนำโดยบริษัทผู้ผลิต (pH 4) สำหรับปริมาณความชื้นและปริมาณวิตามินซีนั้นพบเนื้อพุทราที่มีขนาดอนุภาคเล็กกว่า 1.5 มิลลิเมตร มีปริมาณความชื้นและปริมาณวิตามินซีสูงที่สุด ส่วนปริมาณเถ้าและปริมาณใยอาหารนั้นพบว่า พุทราบดทั้งผลให้ปริมาณเถ้าและปริมาณใยอาหารสูงที่สุด แต่เนื่องจากในพุทราบดทั้งผลมีสารที่เป็นพิษที่พบ

คือ saponin เช่น ผลการศึกษาในพุทรา *Ziziphus jujube* Mill. var. *spinosa* โดยวิธี high performance liquid chromatography-evaporativelight scattering detection and pressurized liquid extraction พบสาร saponin 2 ชนิด คือ jujuboside A และ jujuboside B (J. Zhao et al ,2006)

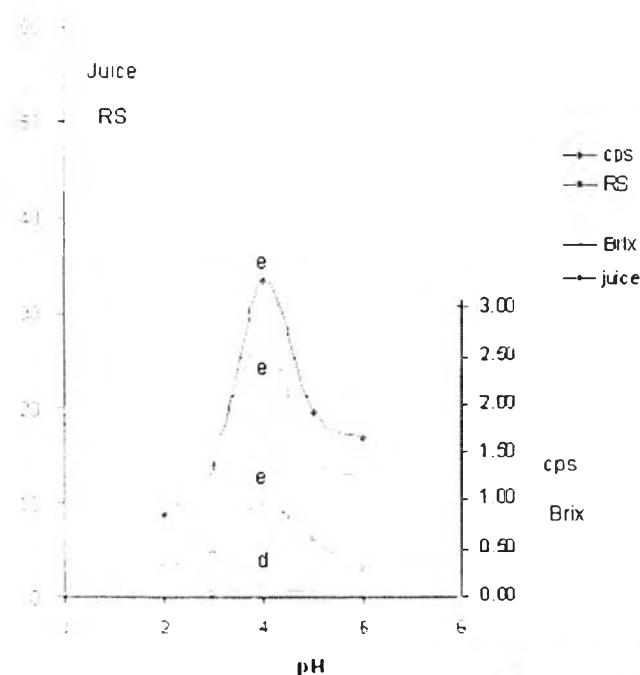
ในพุทราบดทั้งผลยังคงเหลือโครงสร้างที่เป็นส่วนแข็ง ที่ไม่ถูกย่อย คือ พวกลูกเปลือกหุ้มเมล็ด ทำให้ไม่เหมาะสมที่จะนำไปใช้ในการสกัดใยอาหาร ดังนั้นจึงเลือกเนื้อพุทราที่มีขนาดอนุภาคใหญ่กว่า 1.5 มิลลิเมตรแทนเพราะให้ปริมาณใยอาหารรองลงมา

4.2 ผลการวิเคราะห์สภาวะการทำปฏิกิริยาการย่อยสลายเนื้อพุทราบดที่มีขนาดอนุภาคเล็กกว่า 1.5 มิลลิเมตร โดยเอนไซม์ Pectinex Ultra SP-L[®] เพื่อผลิตน้ำพุทราเข้มข้นในสภาวะปลอดเชื้อ

การวิเคราะห์สภาวะการทำปฏิกิริยาการย่อยสลายโดยเอนไซม์ Pectinex Ultra SP-L[®] แบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ การหาระดับความเป็นกรด-ด่างที่เหมาะสม กับ การหาค่าอุณหภูมิที่เหมาะสมในการย่อยสลายเนื้อพุทราบดที่มีขนาดอนุภาคเล็กกว่า 1.5 มิลลิเมตร โดยเอนไซม์ Pectinex Ultra SP-L[®]

4.2.1 การหาระดับความเป็นกรด - ด่างที่เหมาะสม

จากวิธีทำการทดลองในข้อ 3.2.1 ทำการติดตามค่าต่าง ๆ ดังต่อไปนี้คือ ค่าความหนืด ความใส (% Transmittance และ OD) ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด ปริมาณน้ำคั้น และ ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ ที่เปลี่ยนแปลงไปหลังจากทำการสกัดด้วยเอนไซม์



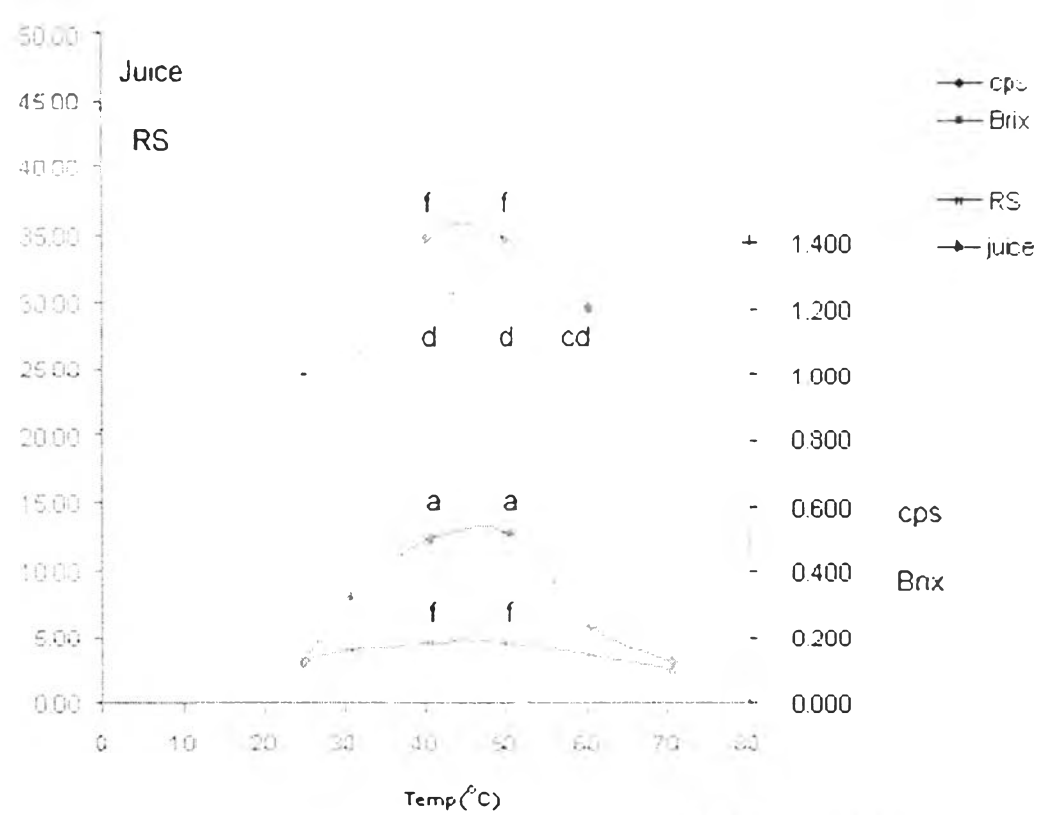
รูปที่ 4.1 การเปลี่ยนแปลงของค่า ความหนืด(cps) , ปริมาณน้ำคั้น(Juice) , น้ำตาลรีดิวซ์(RS) และ ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด(Brix) ที่ pH ต่าง ๆ

พบว่าระดับความเป็นกรด - ด่าง ที่ทำให้การสกัดหัวเชื้อน้ำพุทราด้วยเอนไซม์ Pectinex Ultra SP-L[®] มีประสิทธิภาพสูงสุด คือ ที่ค่าความเป็นกรด - ด่าง เท่ากับ 4 โดยจะเห็นได้จาก ปริมาณน้ำคั้นที่สูงที่สุด , ความหนืดที่ลดลงมากที่สุด , ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ที่เพิ่มขึ้นมากที่สุด และ ปริมาณของแข็งที่ละลายได้สูงที่สุด ซึ่งเท่ากับระดับความเป็นกรด-ด่างที่บริษัทผู้ผลิตแนะนำ โดยที่ ระดับค่าความเป็นกรด-ด่างดังกล่าวมีความเหมาะสมกับพุทราเพราะระดับความเป็นกรด-ด่างของ พุทรมีค่าใกล้เคียงกับ 4

ซึ่งจากค่าความเป็นกรด - ด่าง ที่เหมาะสมทำให้ทราบได้ว่า เอนไซม์ Pectinase ที่ใช้จัดอยู่ในกลุ่ม acidic pectinase ซึ่งตัวอย่างเชื้อที่สามารถสร้าง Pectinase ในกลุ่มนี้ เช่น *Aspergillus niger* CH4 สามารถสร้างได้ทั้ง Endo-pectinase มีระดับความเป็นกรด - ด่าง ที่เหมาะสมคือ 4.5 - 6.0 และ Exo-pectinase มีระดับความเป็นกรด - ด่าง ที่เหมาะสมคือ 3.5 - 5.0 หรือ *Penicillium frequentans* สามารถสร้าง Endopolygalacturonase (Endo-PG) ซึ่งมีระดับความเป็นกรด - ด่าง ที่เหมาะสมคือ 4.5 - 4.7 (D.R. Kashyap et al ,2001)

4.2.2 การหาค่าอุณหภูมิที่เหมาะสม

จากวิธีทำการทดลองในข้อ 3.2.2 ทำการติดตามค่าต่าง ๆ ดังต่อไปนี้คือ ค่าความหนืด ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด ปริมาณน้ำคั้น และ ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ ที่เปลี่ยนแปลงไป หลังจากทำการสกัดด้วยเอนไซม์



รูปที่ 4.2 การเปลี่ยนแปลงของค่า ความหนืด(cps) , ปริมาณน้ำคั้น(Juice) , น้ำตาลรีดิวซ์ (RS) และปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด(Brix) ที่อุณหภูมิต่าง ๆ

พบว่าค่าอุณหภูมิ ที่ทำให้การสกัดน้ำพุทราด้วยเอนไซม์ Pectinex Ultra SP-L[®] มีประสิทธิภาพสูงสุด นั้นมีอยู่ในช่วง 40 – 50 องศาเซลเซียส ซึ่งที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส และ 50 องศาเซลเซียส นั้นพบว่าไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เมื่อพิจารณาจากค่าปริมาณน้ำคั้น , ความหนืด , ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ และ ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด ซึ่งอุณหภูมิที่ใช้ในการทำปฏิกิริยาที่บริษัทผู้ผลิตได้แนะนำคือ อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส โดยพบว่าอยู่ในช่วงอุณหภูมิที่ได้จากการทดลอง ดังนั้นในกระบวนการผลิตจึงควรเลือกช่วงอุณหภูมิ 40 -50 องศาเซลเซียส ในกระบวนการผลิต โดยควรพิจารณาจากค่าใช้จ่ายด้านพลังงานที่ใช้ว่าจำเป็นต้องใช้เท่าไรในการเพิ่มหรือลดอุณหภูมิลงเพื่อให้ได้อุณหภูมิที่เหมาะสมในการทำปฏิกิริยา ซึ่งถ้าใช้พลังงานไฟฟ้าในการให้ความร้อนก็ควรเลือกอุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส แต่ถ้าใช้พลังงานความร้อนที่หมุนเวียนกลับมาใช้ใหม่จากหม้อต้มความดัน (Boiler) ก็ควรเลือกอุณหภูมิที่ 50 องศาเซลเซียส เพราะน้ำที่หมุนเวียนกลับมาใช้มีอุณหภูมิที่สูง ดังนั้นในการลดระดับอุณหภูมิลงเพื่อให้ได้อุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับการทำปฏิกิริยานั้นจะทำได้ง่ายกว่า

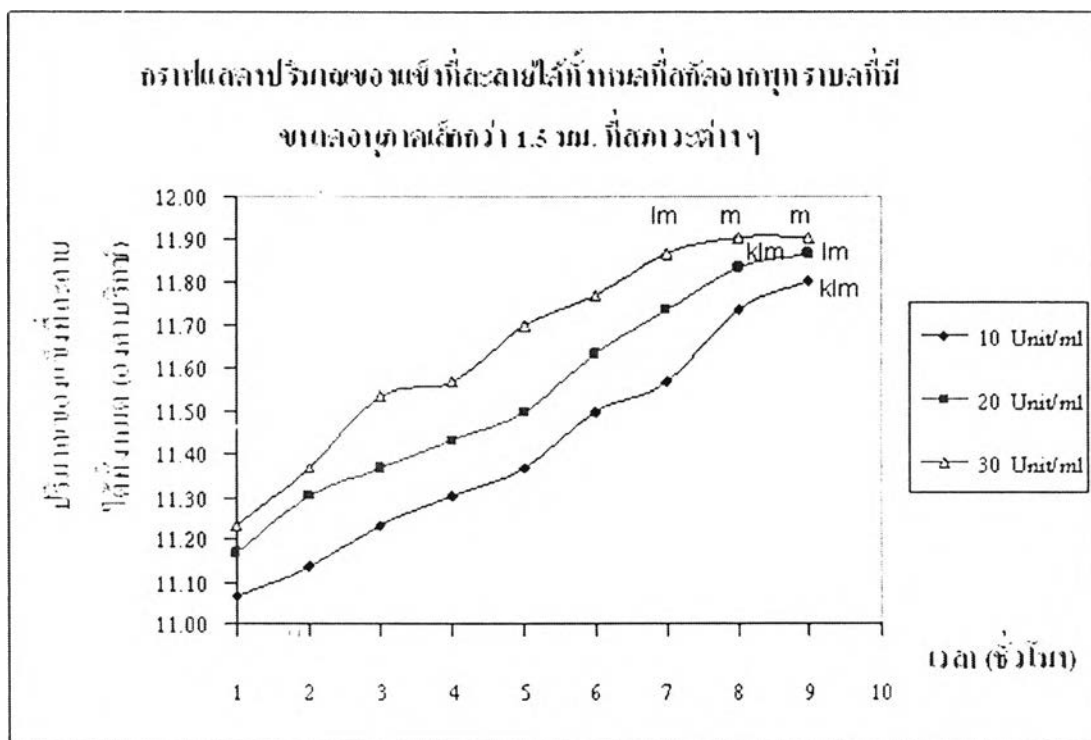
ซึ่งจากค่าอุณหภูมิที่เหมาะสมดังกล่าวมีทั้ง Acidic pectinases และ Alkaline pectinases แต่จากข้อมูลความเป็นกรด - ด่าง ที่เหมาะสมทำให้ทราบได้ว่า เอนไซม์ Pectinase ที่ใช้เป็น Acidic

pectinases ที่น่าจะมาจากเชื้อรา เช่น *Aspergillus niger* CH4 เพราะมีค่าอุณหภูมิที่เหมาะสมอยู่ที่ต่ำกว่า 50 องศาเซลเซียส (D.R. Kashyap et al .2001)

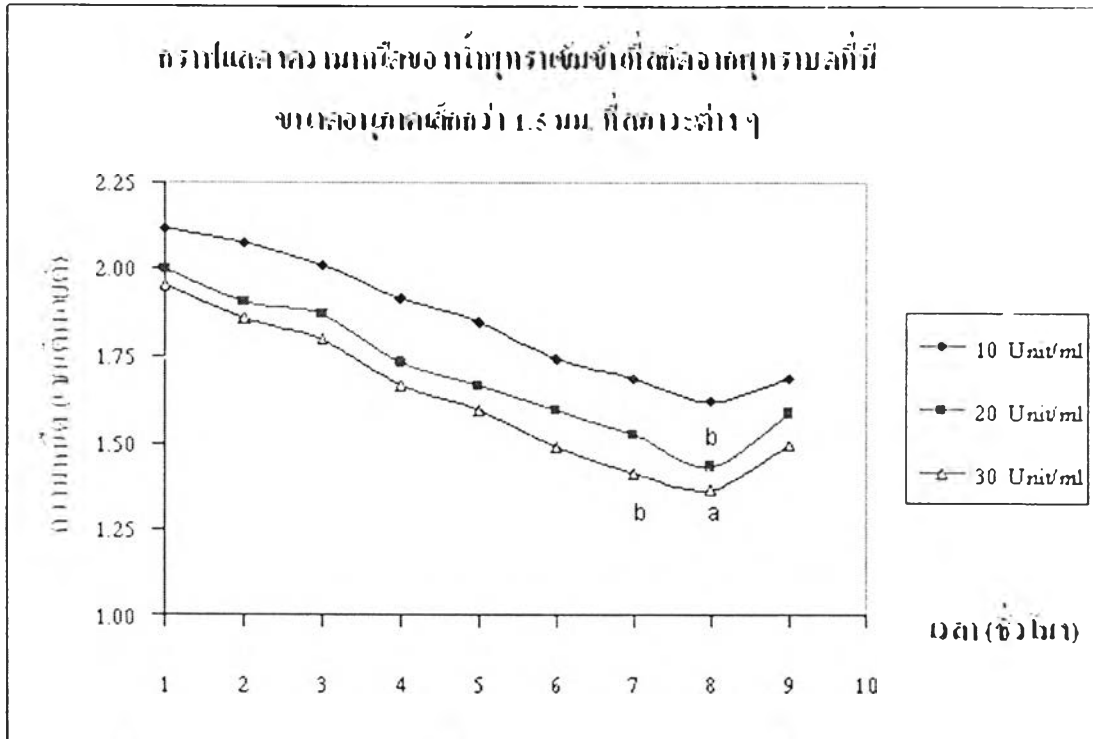
4.3 ผลการหาสัดส่วนของปริมาณเอนไซม์ Pectinex Ultra SP-L[®] ต่อปริมาณพุทรา 3 กลุ่ม คือ พุทราบดทั้งผล เนื้อพุทราบดขนาดอนุภาคเล็กกว่า 1.5 มิลลิเมตร และ เนื้อพุทราบดขนาดอนุภาคใหญ่กว่า 1.5 มิลลิเมตร

4.3.1 ผลการหาสัดส่วนของปริมาณเอนไซม์ต่อปริมาณเนื้อพุทราบดที่มีขนาดอนุภาคเล็กกว่า 1.5 มิลลิเมตร

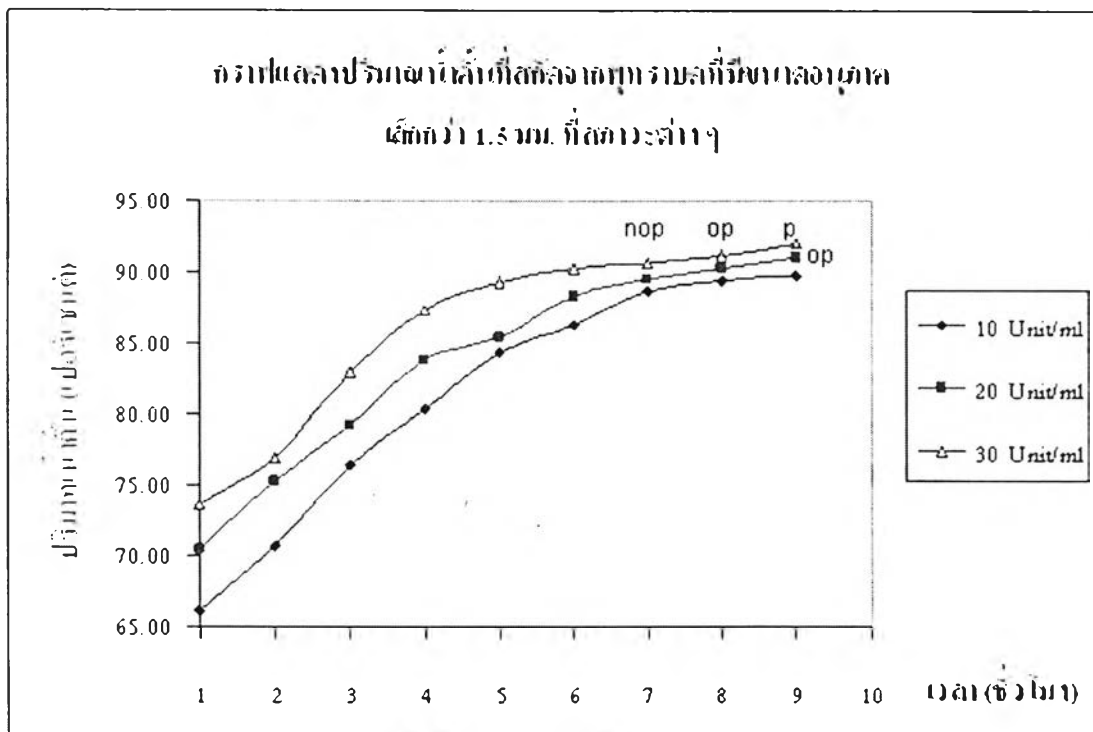
จากวิธีทำการทดลองในข้อ 3.3.1 ทำการติดตามค่าต่าง ๆ ดังต่อไปนี้คือ ค่าความหนืด ของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด ปริมาณน้ำคั้น และ ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ ที่เปลี่ยนแปลงไป หลังจากทำการสกัดด้วยเอนไซม์



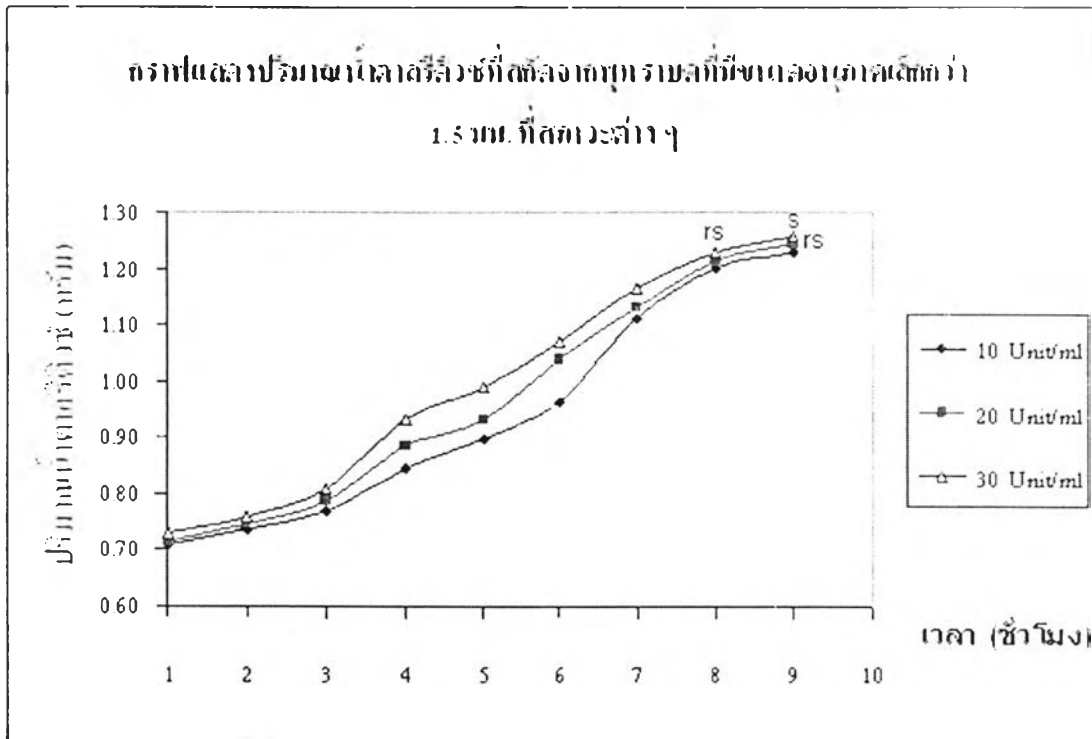
รูปที่ 4.3 ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดที่สกัดได้จากเนื้อพุทราที่มีขนาดอนุภาคเล็กกว่า 1.5 มม. ที่ภาวะต่างๆ



รูปที่ 4.4 ความหนืด (cps) ของน้ำพุทราเข้มข้นที่สกัดได้จากเนื้อพุทราที่มีขนาดอนุภาค เล็กกว่า 1.5 มม. ที่ภาวะต่างๆ



รูปที่ 4.5 ปริมาณน้ำคั้นที่สกัดจากเนื้อพุทราบดที่มีขนาดอนุภาค เล็กกว่า 1.5 มม. ที่ภาวะต่างๆ



รูปที่ 4.6 ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ของน้ำพุทราเข้มข้นที่สกัดได้จากเนื้อพุทราขนาดอนุภาคเล็กกว่า 1.5 มม. ที่ภาวะต่างๆ

จากรูปที่ 4.3 และจากข้อมูลทางสถิติดังปรากฏในตารางที่ จ.10 ภาคผนวก จ. พบว่าที่ความเข้มข้นของเอนไซม์ Pectinex Ultra SP-L[®] 10 หน่วยต่อมิลลิลิตร ในชั่วโมงที่ 9 , ความเข้มข้นของเอนไซม์ Pectinex Ultra SP-L[®] 20 หน่วยต่อมิลลิลิตร ในชั่วโมงที่ 8 กับ 9 และ ความเข้มข้นของเอนไซม์ Pectinex Ultra SP-L[®] 30 หน่วยต่อมิลลิลิตร ในชั่วโมงที่ 7 , 8 และ 9 นั้น ให้ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยที่สภาวะต่างๆ ที่กล่าวมานั้นมีปัจจัยร่วมกันอยู่

จากรูปที่ 4.4 และจากข้อมูลทางสถิติดังปรากฏในตารางที่ จ.13 ภาคผนวก จ. พบว่าที่ความเข้มข้นของเอนไซม์ Pectinex Ultra SP-L[®] 30 หน่วยต่อมิลลิลิตร ในชั่วโมงที่ 8 ให้ค่าความหนืดที่ลดลงมากที่สุด

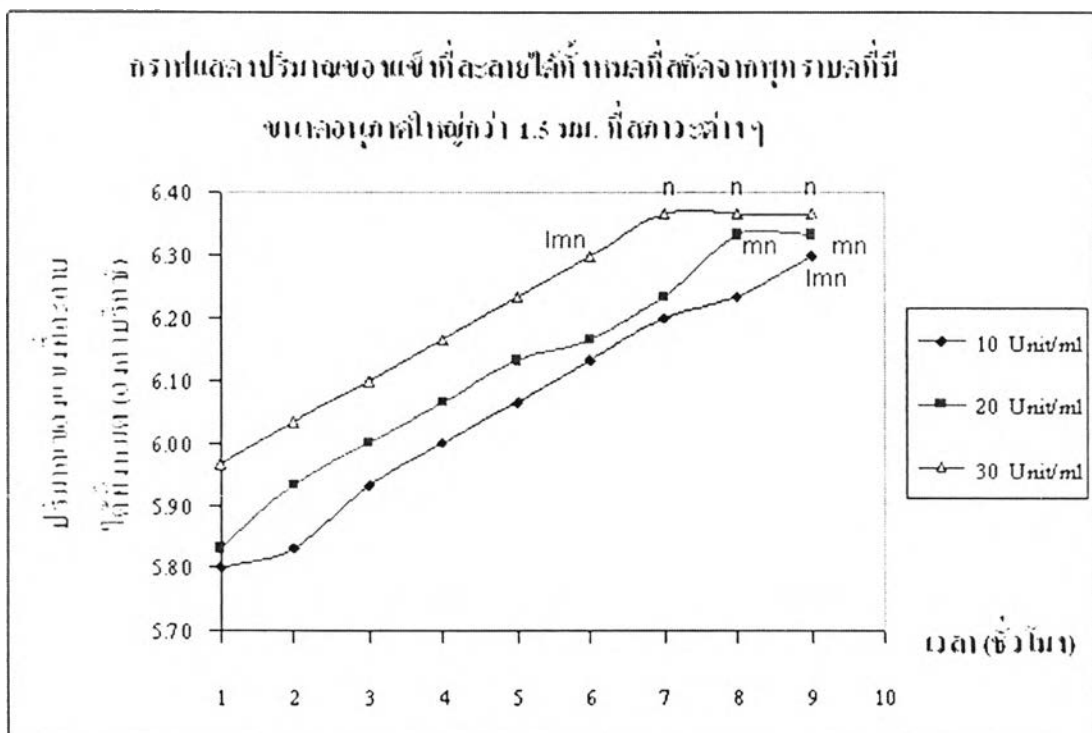
จากรูปที่ 4.5 และจากข้อมูลทางสถิติดังปรากฏในตารางที่ จ.17 ภาคผนวก จ. พบว่าที่ความเข้มข้นของเอนไซม์ Pectinex Ultra SP-L[®] 30 หน่วยต่อมิลลิลิตร ในชั่วโมงที่ 7 , 8 และ 9 กับที่ ความเข้มข้นของเอนไซม์ Pectinex Ultra SP-L[®] 20 หน่วยต่อมิลลิลิตร ในชั่วโมงที่ 9 ให้ค่าปริมาณน้ำคั้นที่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยที่สภาวะต่างๆ ที่กล่าวมานั้นมีปัจจัยร่วมกันอยู่

จากรูปที่ 4.6 และจากข้อมูลทางสถิติดังปรากฏในตารางที่ จ.21 ภาคผนวก จ. พบว่าที่ ความเข้มข้นของเอนไซม์ Pectinex Ultra SP-L[®] 30 หน่วยต่อมิลลิลิตร ในช่วงเวลาที่ 8 และ 9 กับที่ ความเข้มข้นของเอนไซม์ Pectinex Ultra SP-L[®] 20 หน่วยต่อมิลลิลิตร ในช่วงเวลาที่ 9 ให้ค่า ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ที่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยที่สภาวะต่าง ๆ ที่ กล่าวมานั้นมีปัจจัยร่วมกันอยู่

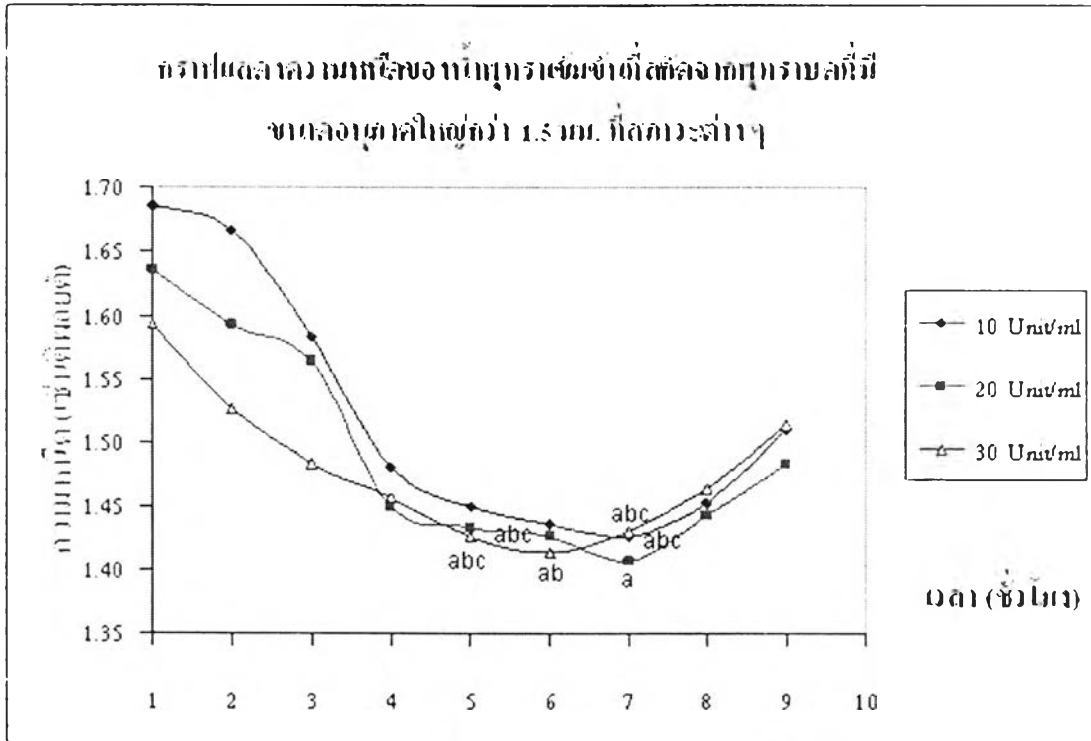
จากข้อมูลการติดตามผลการย่อยสลายเนื้อพุทราบดด้วยเอนไซม์ Pectinex Ultra SP-L[®] โดยใช้ค่าต่าง ๆ ดังรูปที่ 4.3 - 4.6 สรุปได้ว่าสัดส่วนของปริมาณเอนไซม์ต่อเนื้อพุทราบดที่มีขนาด อนุภาคเล็กกว่า 1.5 มิลลิเมตร จำนวน 10 กรัม คือ ใช้เอนไซม์ Pectinex Ultra SP-L[®] ที่ความเข้มข้น 30 หน่วยต่อมิลลิลิตร จำนวน 1 มิลลิลิตร และ เวลาในการทำปฏิกิริยานาน 8 ชั่วโมง

4.3.2 ผลการหาสัดส่วนของปริมาณเอนไซม์ต่อปริมาณเนื้อพุทราบดที่มีขนาด อนุภาคใหญ่กว่า 1.5 มิลลิเมตร

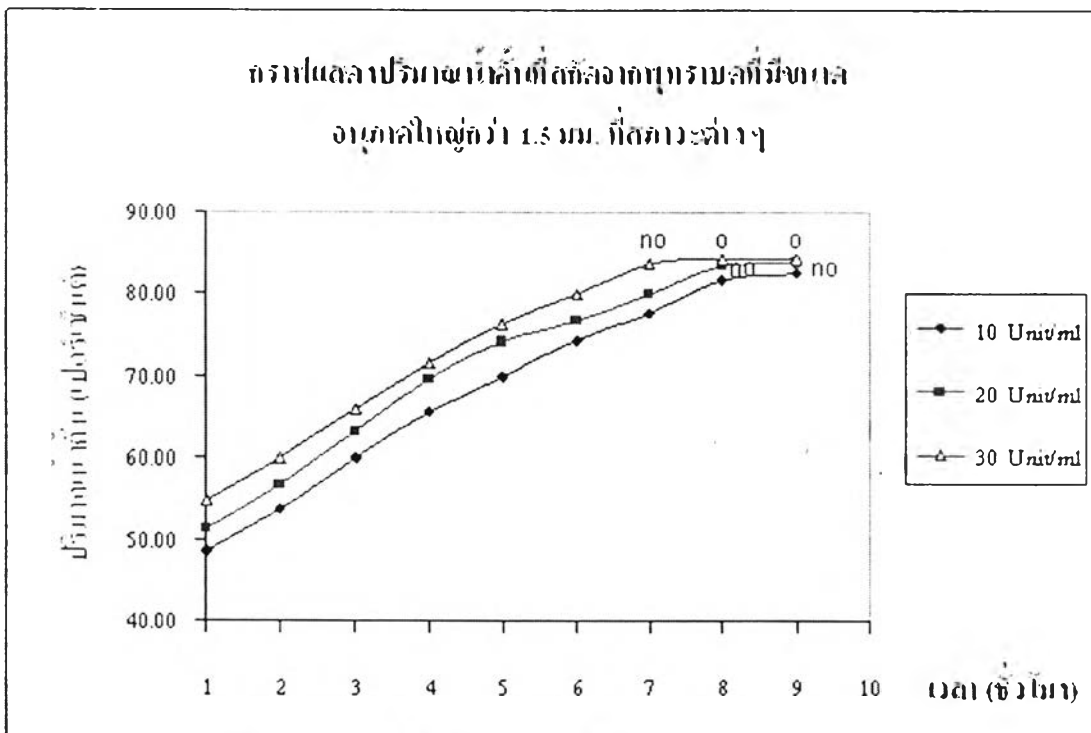
จากวิธีการทดลองในข้อ 3.3.2 ทำการติดตามค่าต่าง ๆ ดังต่อไปนี้คือ ค่าความหนืด ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด , ปริมาณน้ำคั้น และ ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ ที่เปลี่ยนแปลงไป หลังจากทำการสกัดด้วยเอนไซม์



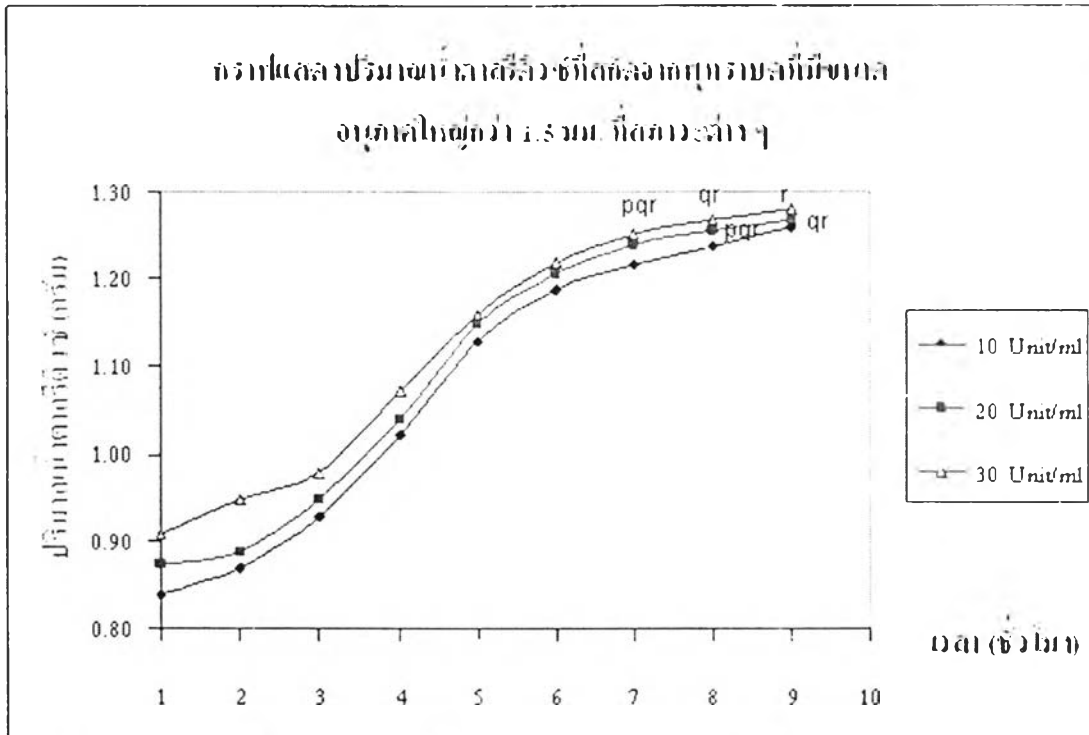
รูปที่ 4.7 ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดที่สกัดได้จากเนื้อพุทราที่มีขนาดอนุภาค ใหญ่กว่า 1.5 มม. ที่สภาวะต่าง ๆ



รูปที่ 4.8 ความหนืด (cps) ของน้ำพุทราเข้มข้นที่สกัดได้จากเนื้อพุทราที่มีขนาดอนุภาค
ใหญ่กว่า 1.5 มม. ที่สภาวะต่าง ๆ



รูปที่ 4.9 ปริมาณน้ำคั้นที่สกัดจากเนื้อพุทราบดที่มีขนาดอนุภาค
ใหญ่กว่า 1.5 มม. ที่สภาวะต่าง ๆ



รูปที่ 4.10 ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ของน้ำพุทราเข้มข้นที่สกัดได้จากเนื้อพุทราอบคที่มีขนาดอนุภาคใหญ่กว่า 1.5 มม. ที่ภาวะต่าง ๆ

จากรูปที่ 4.7 และจากข้อมูลทางสถิติดังปรากฏในตารางที่ จ.25 ภาคผนวก จ. พบว่าที่ความเข้มข้นของเอนไซม์ Pectinex Ultra SP-L[®] 10 หน่วยต่อมิลลิลิตร ในชั่วโมงที่ 9 , ที่ความเข้มข้นของเอนไซม์ Pectinex Ultra SP-L[®] 20 หน่วยต่อมิลลิลิตร ในชั่วโมงที่ 8 กับ 9 และ ความเข้มข้นของเอนไซม์ Pectinex Ultra SP-L[®] 30 หน่วยต่อมิลลิลิตร ในชั่วโมงที่ 6 , 7 , 8 และ 9 นั้น ให้ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยที่สภาวะต่าง ๆ ที่กล่าวมานั้นมีปัจจัยร่วมกันอยู่

จากรูปที่ 4.8 และจากข้อมูลทางสถิติดังปรากฏในตารางที่ จ.29 ภาคผนวก จ. พบว่าที่ความเข้มข้นของเอนไซม์ Pectinex Ultra SP-L[®] 10 หน่วยต่อมิลลิลิตร ในชั่วโมงที่ 7 , ที่ความเข้มข้นของเอนไซม์ Pectinex Ultra SP-L[®] 20 หน่วยต่อมิลลิลิตร ในชั่วโมงที่ 6 กับ 7 และ ความเข้มข้นของเอนไซม์ Pectinex Ultra SP-L[®] 30 หน่วยต่อมิลลิลิตร ในชั่วโมงที่ 5 , 6 และ 7 นั้น ให้ค่าความหนืดที่ลดลงไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยที่สภาวะต่าง ๆ ที่กล่าวมานั้นมีปัจจัยร่วมกันอยู่

จากรูปที่ 4.9 และจากข้อมูลทางสถิติดังปรากฏในตารางที่ จ.33 ภาคผนวก จ. พบว่าที่ความเข้มข้นของเอนไซม์ Pectinex Ultra SP-L[®] 30 หน่วยต่อมิลลิลิตร ในชั่วโมงที่ 7 , 8 และ 9 กับที่ ความเข้มข้นของเอนไซม์ Pectinex Ultra SP-L[®] 20 หน่วยต่อมิลลิลิตร ในชั่วโมงที่ 8 และ 9

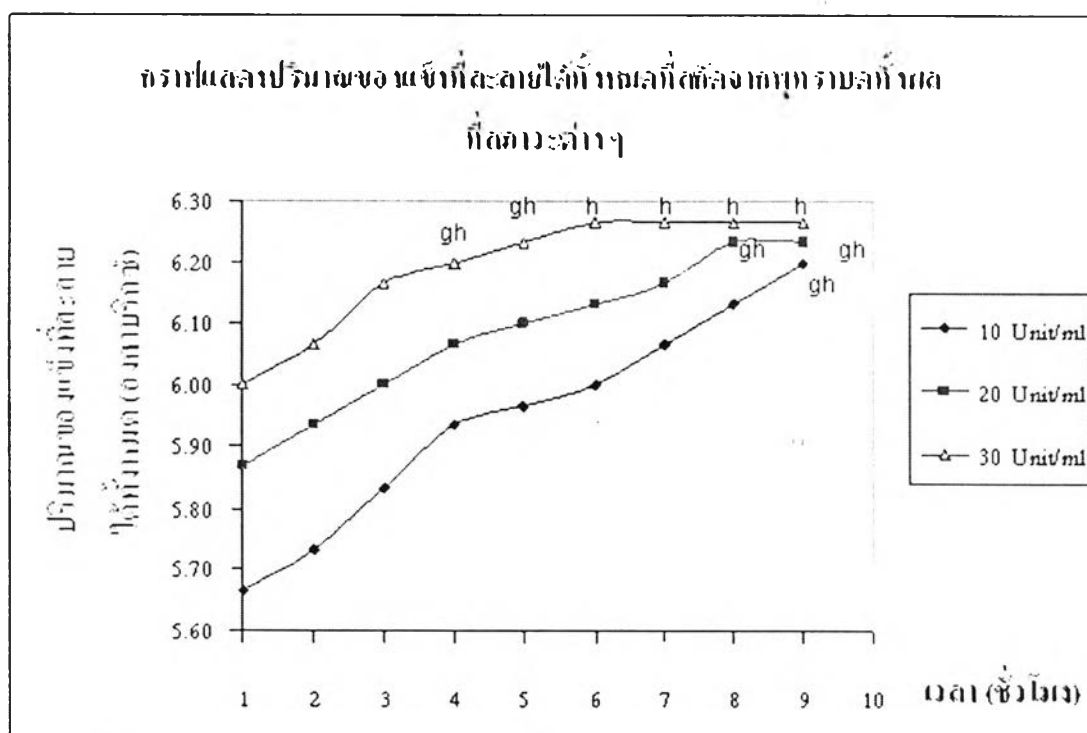
ให้ค่าปริมาณน้ำคั้นที่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยที่สภาวะต่าง ๆ ที่กล่าวมานั้นมีปัจจัยร่วมกันอยู่

จากรูปที่ 4.10 และจากข้อมูลทางสถิติดังปรกฎในตารางที่ จ.37 ภาคผนวก จ. พบว่าที่ความเข้มข้นของเอนไซม์ Pectinex Ultra SP-L[®] 30 หน่วยต่อมิลลิลิตร ในช่วงเวลาที่ 7, 8 และ 9 กับที่ ความเข้มข้นของเอนไซม์ Pectinex Ultra SP-L[®] 20 หน่วยต่อมิลลิลิตร ในช่วงเวลาที่ 8 และ 9 ให้ค่าปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ที่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยที่สภาวะต่าง ๆ ที่กล่าวมานั้นมีปัจจัยร่วมกันอยู่

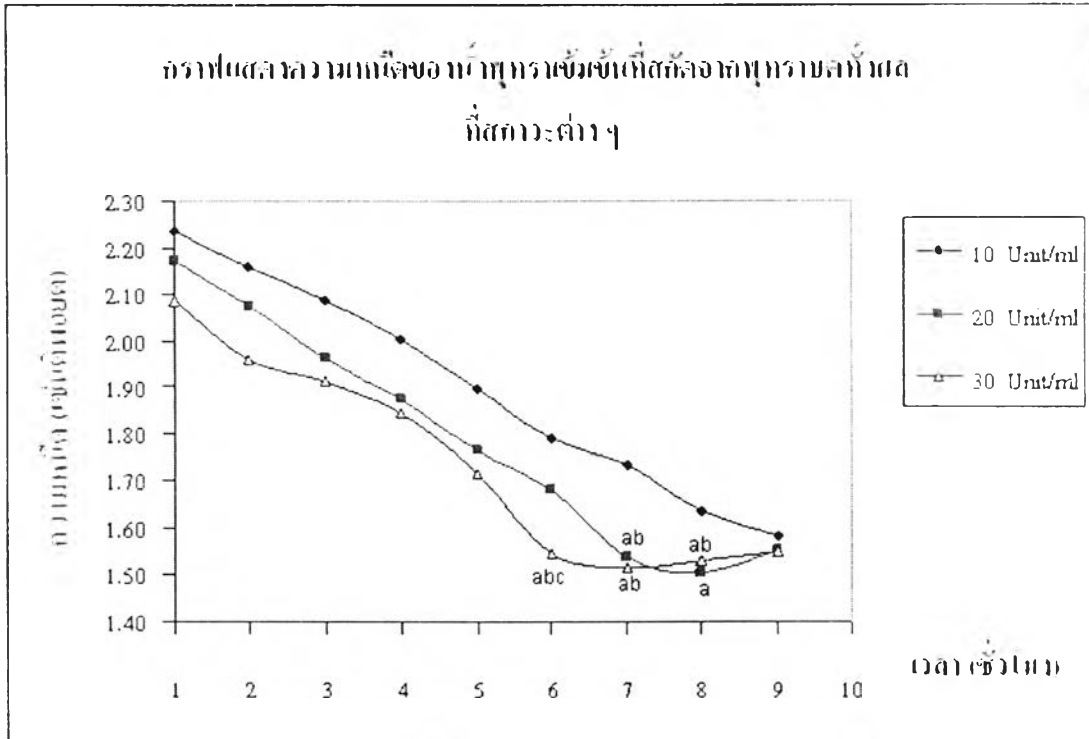
จากข้อมูลการติดตามผลการย่อยสลายเนื้อพุทราบดด้วยเอนไซม์ Pectinex Ultra SP-L[®] โดยใช้ค่าต่าง ๆ ดังรูปที่ 4.7 - 4.10 สรุปได้ว่าสัดส่วนของปริมาณเอนไซม์ต่อเนื้อพุทราบดที่มีขนาดอนุภาคใหญ่กว่า 1.5 มิลลิเมตร จำนวน 10 กรัม คือ ใช้เอนไซม์ Pectinex Ultra SP-L[®] ที่ความเข้มข้น 30 หน่วยต่อมิลลิลิตร จำนวน 1 มิลลิลิตร และ เวลาในการทำปฏิกิริยานาน 7 ชั่วโมง

4.3.3 ผลการหาสัดส่วนของปริมาณเอนไซม์ต่อปริมาณพุทราบดทั้งผล

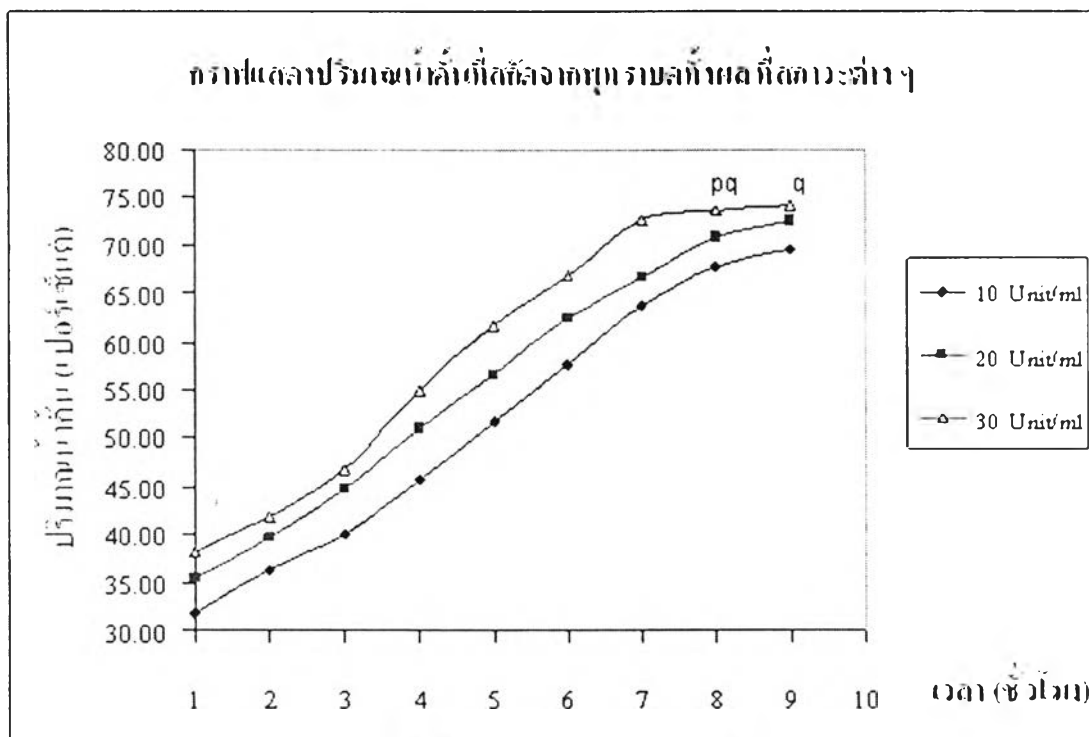
จากวิธีทำการทดลองในข้อ 3.3.3 ทำการติดตามค่าต่าง ๆ ดังต่อไปนี้คือ ค่าความหนืด ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด ปริมาณน้ำคั้น และ ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ ที่เปลี่ยนแปลงไป หลังจากทำการสกัดด้วยเอนไซม์



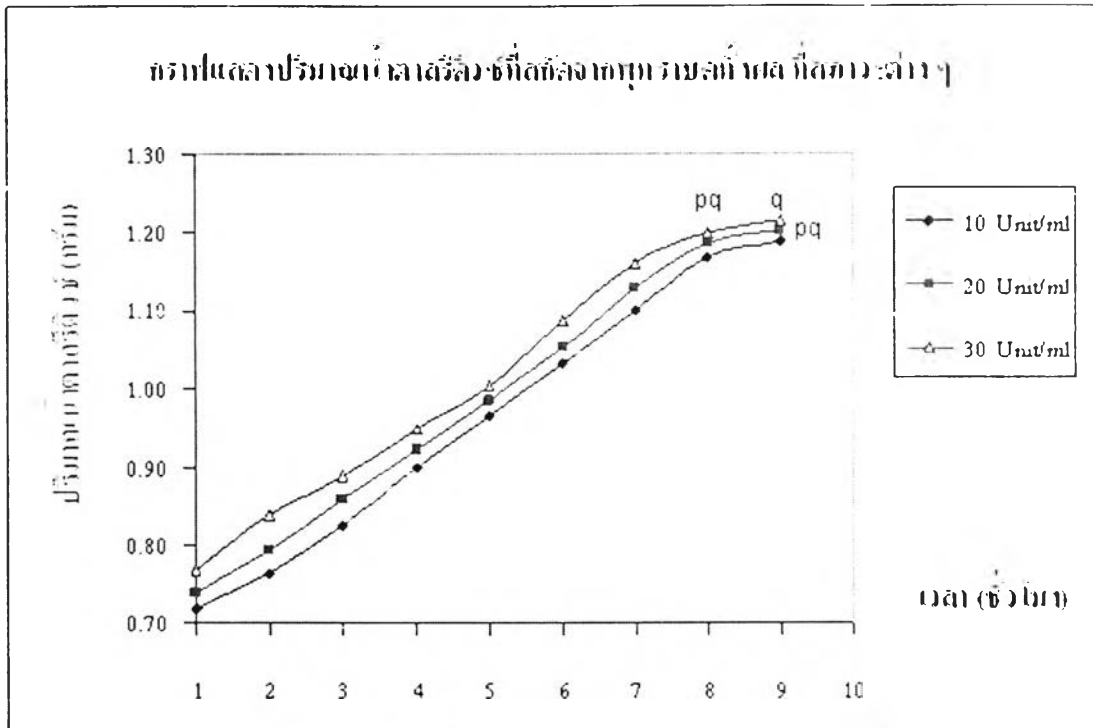
รูปที่ 4.11 ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดที่สกัดได้จากพุทราบดทั้งผลที่ภาวะต่าง ๆ



รูปที่ 4.12 ความหนืด (cps)ของน้ำพุทราเข้มข้นที่สกัดได้จากพุทราบดทั้งผลที่ภาวะต่างๆ



รูปที่ 4.13 ปริมาณน้ำคั้นที่สกัดได้จากพุทราบดทั้งผลที่ภาวะต่างๆ



รูปที่ 4.14 ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ของน้ำทุพรอบผลที่สกัดได้จากทุพรอบผลทั้งผลที่สภาวะต่าง ๆ

จากรูปที่ 4.11 และจากข้อมูลทางสถิติดังปรากฏในตารางที่ ฉ.41 ภาคผนวก ฉ. พบว่าที่ความเข้มข้นของเอนไซม์ Pectinex Ultra SP-L[®] 10 หน่วยต่อมิลลิลิตร ในชั่วโมงที่ 9 , ที่ความเข้มข้นของเอนไซม์ Pectinex Ultra SP-L[®] 20 หน่วยต่อมิลลิลิตร ในชั่วโมงที่ 8 กับ 9 และ ความเข้มข้นของเอนไซม์ Pectinex Ultra SP-L[®] 30 หน่วยต่อมิลลิลิตร ในชั่วโมงที่ 4 , 5 , 6 , 7 , 8 และ 9 นั้น ให้ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยที่สภาวะต่างๆ ที่กล่าวมานั้นมีปัจจัยร่วมกันอยู่

จากรูปที่ 4.12 และจากข้อมูลทางสถิติดังปรากฏในตารางที่ ฉ.45 ภาคผนวก ฉ. พบว่าที่ความเข้มข้นของเอนไซม์ Pectinex Ultra SP-L[®] 20 หน่วยต่อมิลลิลิตร ในชั่วโมงที่ 7 และ 8 กับที่ความเข้มข้นของเอนไซม์ Pectinex Ultra SP-L[®] 30 หน่วยต่อมิลลิลิตร ในชั่วโมงที่ 6 , 7 และ 8 นั้น ให้ค่าความหนืดที่ลดลงไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยที่สภาวะต่างๆ ที่กล่าวมานั้นมีปัจจัยร่วมกันอยู่

จากรูปที่ 4.13 และจากข้อมูลทางสถิติดังปรากฏในตารางที่ ฉ.49 ภาคผนวก ฉ. พบว่าที่ความเข้มข้นของเอนไซม์ Pectinex Ultra SP-L[®] 30 หน่วยต่อมิลลิลิตร ในชั่วโมงที่ 8 และ 9 ให้ค่าปริมาณน้ำคั้นที่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยที่สภาวะต่างๆ ที่กล่าวมานั้นมีปัจจัยร่วมกันอยู่

จากรูปที่ 4.14 และจากข้อมูลทางสถิติดังปรากฏในตารางที่ ฉ.53 ภาคผนวก ฉ. พบว่าที่ความเข้มข้นของเอนไซม์ Pectinex Ultra SP-L[®] 30 หน่วยต่อมิลลิลิตร ในชั่วโมงที่ 8 และ 9กับที่

ความเข้มข้นของเอนไซม์ Pectinex Ultra SP-L[®] 20 หน่วยต่อมิลลิลิตร ในชั่วโมงที่ 9 ให้ค่าปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ที่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยที่สภาวะต่าง ๆ ที่กล่าวมานั้นมีปัจจัยร่วมกันอยู่

จากข้อมูลการติดตามผลการย่อยสลายพวทรอบคทั้งผล ด้วยเอนไซม์ Pectinex Ultra SP-L[®] โดยใช้ค่าต่าง ๆ ดังรูปที่ 4.11 - 4.14 สรุปได้ว่าสัดส่วนของปริมาณเอนไซม์ต่อพวทรอบคทั้งผล จำนวน 10 กรัม คือ ใช้เอนไซม์ Pectinex Ultra SP-L[®] ที่ความเข้มข้น 30 หน่วยต่อมิลลิลิตร จำนวน 1 มิลลิลิตร และ เวลาในการทำปฏิกิริยานาน 8 ชั่วโมง

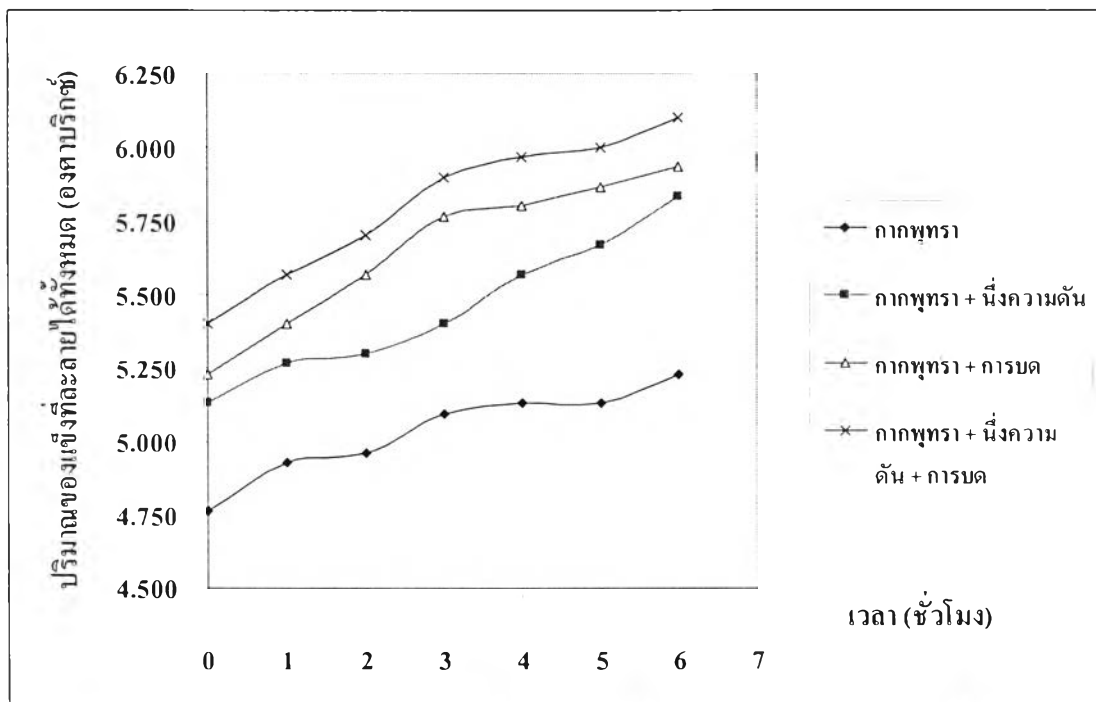
4.4 ผลการปรับปรุงคุณภาพน้ำพวทรเข้มข้น

4.4.1 การเพิ่มปริมาณผลผลิตน้ำพวทรเข้มข้นจากพวทรอบคขนาดอนุภาคใหญ่กว่า

1.5 มิลลิเมตร

เนื่องจากปริมาณผลผลิตน้ำพวทรเข้มข้น ที่ได้จากพวทรอบคขนาดอนุภาคใหญ่กว่า 1.5 มิลลิเมตร ค่อนข้างต่ำ เมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณผลผลิตน้ำพวทรเข้มข้นที่ได้จากพวทรอบคขนาดอนุภาคเล็กกว่า 1.5 มิลลิเมตร และพวทรอบคทั้งผล ดังนั้นจึงได้ทดลองใช้กระบวนการแปรรูปแบบต่าง ๆ เพื่อช่วยให้สามารถที่จะเพิ่มปริมาณผลผลิตได้มากขึ้น

จากวิธีการทดลองในข้อ 3.3.1 ติดตามค่า ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดที่เปลี่ยนแปลงไปหลังจากทำการย่อยสลายด้วยเอนไซม์ Pectinex Ultra SP-L[®]



รูปที่ 4.15 ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดของน้ำพวทรเข้มข้นที่สกัดได้จากเนื้อพวทรที่ขนาดอนุภาคใหญ่กว่า 1.5 มม. (กากพวทร) ที่กระบวนการแปรรูปแบบต่าง ๆ

พบว่า การบดรวมกับการนึ่งความดัน ทำให้หลังจากย่อยสลายด้วยเอนไซม์แล้วให้ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดสูงสุด และเมื่อเปรียบเทียบระหว่างการบดกับการนึ่งความดัน พบว่าการบดนั้นให้ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดสูงกว่าการนึ่งความดัน

4.4.2 การพัฒนาสี กลิ่นรส ของน้ำพุทราเข้มข้นที่ผลิตได้จากเนื้อพุทราบดที่มีขนาดอนุภาคเล็กกว่า 1.5 มิลลิเมตร

พบว่า กลิ่นของน้ำพุทราเข้มข้นมีกลิ่นที่สังเกตเห็นชัดเจนขึ้นอย่างมากเมื่อเทียบกับน้ำพุทราสดซึ่งสอดคล้องกับผลการตรวจสอบสารที่เป็นองค์ประกอบของกลิ่นในน้ำพุทราสดและน้ำพุทราเข้มข้นด้วยเครื่อง GC – MS สำหรับสีนั้นผลการตรวจสอบปรากฏผลดังตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 เปรียบเทียบค่าสี ระหว่างน้ำพุทราสด กับ น้ำพุทราเข้มข้น

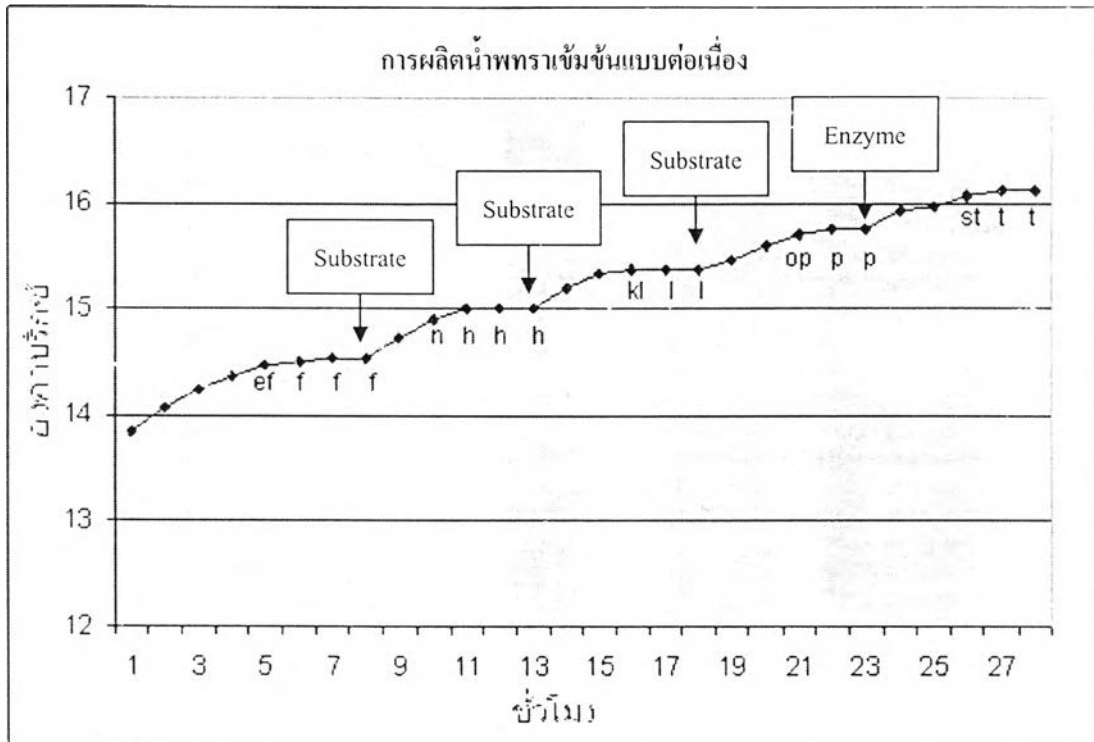
		น้ำพุทราสด	น้ำพุทราเข้มข้น
ค่าสี	L	25.35 ± 0.23	31.02 ± 0.51
	a	0.29 ± 0.18	2.83 ± 0.02
	b	4.56 ± 0.44	-1.39 ± 0.03

ซึ่งจากตารางที่ 4.2 พบว่า น้ำพุทราเข้มข้นที่ใช้เอนไซม์ในการสกัดนั้นให้ ค่า L (ความสว่าง) มากกว่าน้ำพุทราสด ทั้งนี้เนื่องจากพวออนุภาคของเพคตินที่แขวนลอยอยู่ในน้ำพุทราสดนั้น เมื่อผ่านการย่อยสลายด้วยเอนไซม์และกระบวนการให้ความร้อนแล้วทำให้อนุภาคของเพคตินที่แขวนลอยอยู่นั้นมีขนาดอนุภาคที่สั้นลง และมีบางส่วนที่ตกตะกอนลงมา ทำให้น้ำพุทราเข้มข้นมีค่า L (ความสว่าง) มากกว่าน้ำพุทราสด ส่วนค่า a (สีแดง) และ ค่า b (สีเหลือง) นั้นพบว่าน้ำพุทราเข้มข้นมีค่า a (สีแดง) มากกว่าน้ำพุทราสด ทั้งนี้เนื่องมาจากปฏิกิริยาเมลลาร์ดของน้ำตาล ที่เกิดขึ้นที่อุณหภูมิ และความดันสูง ทำให้น้ำพุทราสดซึ่งมีสีออกเหลืองเล็กน้อย สังเกตจากค่า b (สีเหลือง) ที่เป็นบวก เปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลเข้ม ของน้ำพุทราเข้มข้น สังเกตจากค่า b (สีเหลือง) ที่ติดลบ

4.5 กระบวนการผลิตน้ำพุทราเข้มข้นจากเนื้อพุทราบดที่มีขนาดอนุภาคเล็กกว่า

1.5 มิลลิเมตรโดยการใชเอนไซม์แบบต่อเนื่อง

จากวิธีทำการทดลองในข้อ 3.5 ทำการติดตามค่า ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดที่เปลี่ยนแปลงไปหลังจากทำการสกัดด้วยเอนไซม์ Pectinex Ultra SP-L[®]



รูปที่ 4.16 กระบวนการผลิตน้ำพวธาเข้มข้นแบบต่อเนื่อง

พบว่าหลังจากทำการย่อยสลายด้วยเอนไซม์ Pectinex Ultra SP-L[®] รอบที่ 1 จนกระทั่งค่าปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดคงที่ จึงทำการทดลองต่อในรอบที่ 2 โดยแบ่งเป็น 2 การทดลองคือการเติมเนื้อพวธาบดลงไปกับการเติมเอนไซม์ลงไป ได้ผลปรากฏว่าในการเติมเนื้อพวธาบดลงไปในนั้นทำให้ค่าปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดเพิ่มขึ้น แต่ในการเติมเอนไซม์ลงไปค่าปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดกลับไม่เพิ่มขึ้นแต่อย่างใด แสดงว่าหลังจากทำปฏิกิริยารอบแรกเสร็จแล้ว ปริมาณซัสเตรท (เนื้อพวธาบด) หหมด แต่เอนไซม์ยังคงมี activity อยู่ หลังจากนั้นจึงทดลองทำปฏิกิริยารอบที่ 3 ถึง รอบที่ 5 ได้ผลสรุปคือ ในการทำปฏิกิริยารอบที่ 1 , รอบที่ 2 และรอบที่ 3 นั้นปริมาณซัสเตรท (เพคตินในเนื้อพวธาบด) หหมด แต่เอนไซม์ยังคงมี activity อยู่ ส่วนการทดลองในรอบที่ 4 นั้นปริมาณซัสเตรท (เพคตินในเนื้อพวธาบด) ยังเหลืออยู่ ส่วนเอนไซม์นั้นไม่มี activity แล้ว สืบเนื่องจากค่าปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดเพิ่มสูงขึ้นหลังจากเติมเอนไซม์ใหม่ลงไป

ในการผลิตน้ำพวธาเข้มข้นแบบต่อเนื่องนี้สามารถที่จะลดเวลาในการผลิตลงได้ โดยการเติมเอนไซม์ หรือ ซัสเตรทลงไปในช่วงที่ให้ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งจากกราฟเราสามารถที่จะลดเวลาในการผลิตลงได้มากกว่า 10 ชั่วโมง โดยที่ไม่ทำให้ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด หรือผลผลิตเปลี่ยนแปลงมากนัก

4.6 ผลการวิเคราะห์ลักษณะเฉพาะของน้ำพุทราเข้มข้นที่ผลิตได้

4.6.1 โยอาหารที่สกัดได้จากพุทรา

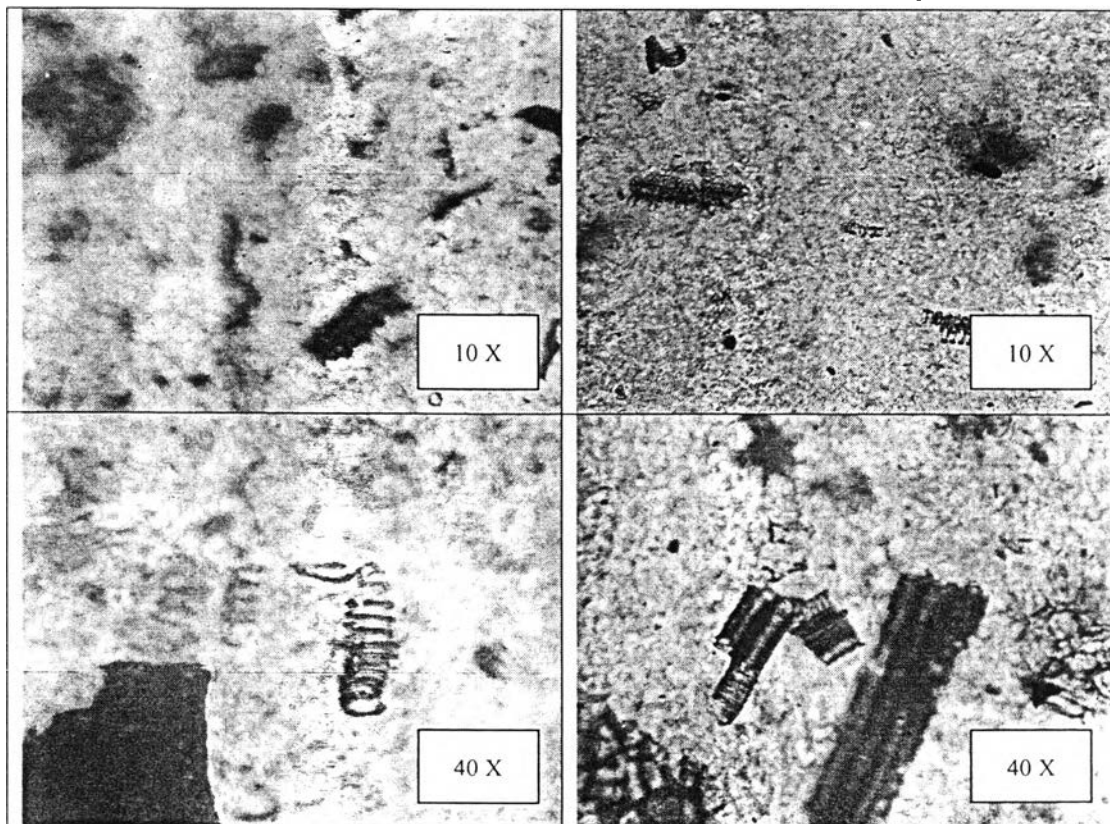
4.6.1.1 ผลการวิเคราะห์ปริมาณโยอาหารที่สกัดได้จากเนื้อพุทราที่มีขนาดใหญ่กว่า 1.5 มิลลิเมตร

จากวิธีวิเคราะห์ปริมาณโยอาหารตามภาคผนวก ข. พบว่า ปริมาณโยอาหารที่สกัดได้จากเนื้อพุทราที่มีขนาดใหญ่กว่า 1.5 มิลลิเมตร จำนวน 10.013 ± 0.005 กรัม ของ น้ำหนักแห้ง มีปริมาณโยอาหารอยู่ 6.147 ± 0.031 กรัม

4.6.2.1 ผลการวิเคราะห์ลักษณะทางกายภาพของโยอาหารที่สกัดได้จากเนื้อพุทราที่มีขนาดใหญ่กว่า 1.5 มิลลิเมตร

ก. รูปร่างของอนุภาคโยอาหาร

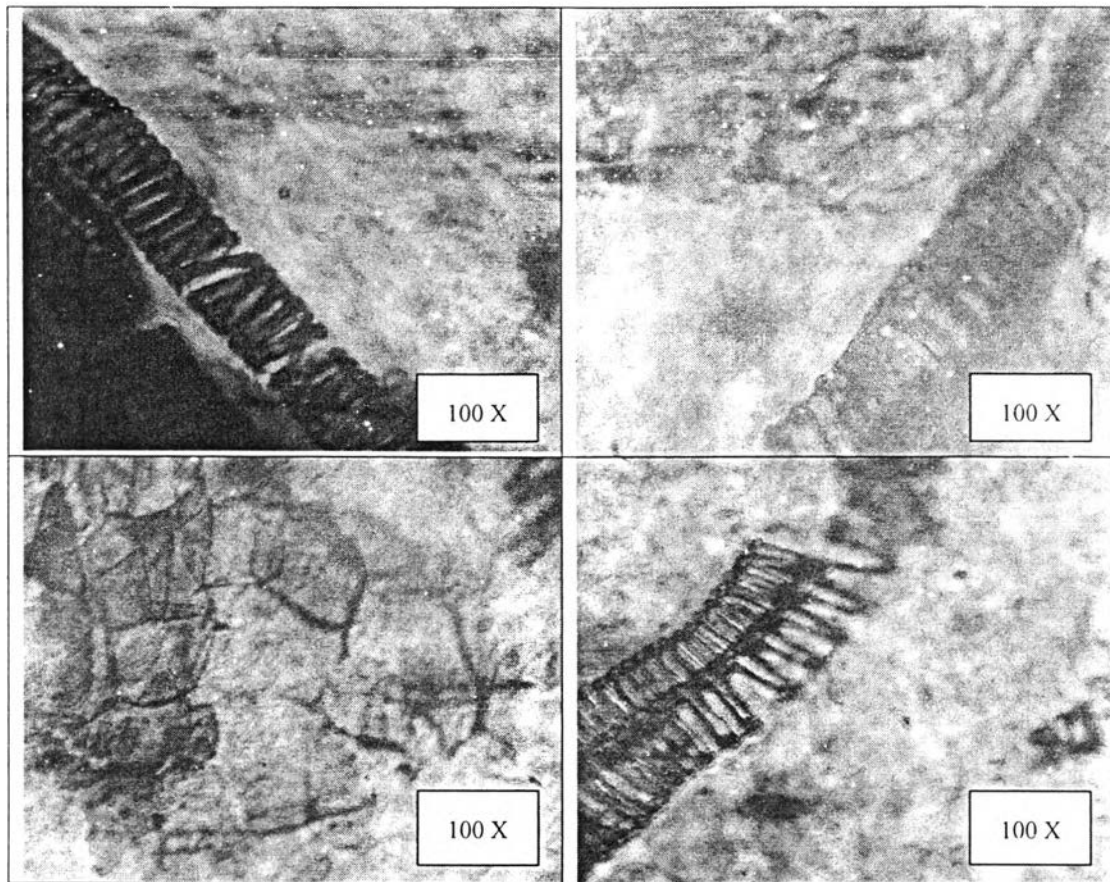
จากวิธีทำการทดลองในข้อ 3.6.2.1 ก. รูปร่างของอนุภาคโยอาหารที่สกัดได้จากพุทราโดยการส่องกล้องจุลทรรศน์ที่กำลังขยายต่าง ๆ ได้ผลการทดลองดังรูปที่ 23



ข้อมด้วยเมทิลไวโอเลต

ข้อมด้วยซาฟานิน

รูปที่ 4.17 ลักษณะและรูปร่างของโยอาหารที่สกัดจากพุทราที่กำลังขยาย



ข้ออมด้วยเมทิลไวโอเลต

ข้ออมด้วยซาฟานิน

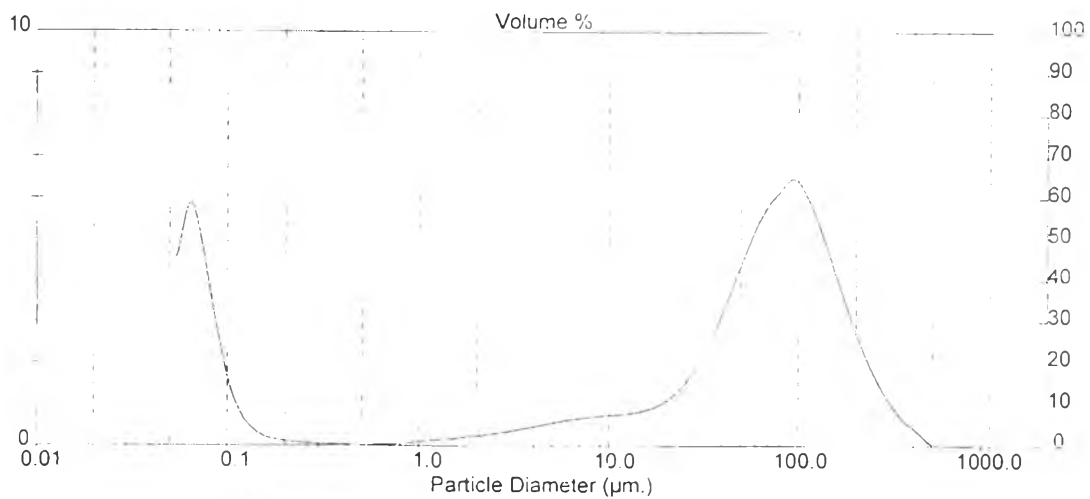
รูปที่ 4.17 ลักษณะและรูปร่างของใยอาหารที่สกัดจากพุดราที่กำลังขยายต่าง ๆ (ต่อ)

เมื่อพิจารณาจากรูป พบว่าใยอาหารที่สกัดจากพุดรานั้น ส่วนมากจะเหลือในส่วนที่เป็นโครงร่างแข็ง เช่นเหลือในส่วนที่เป็นผนังเซลล์ ท่อลำเลียง เป็นต้น ทั้งนี้เพราะในกระบวนการสกัดใยอาหารจำเป็นต้องใช้ กรด และด่างในการสกัด จึงทำให้เนื้อเยื่อที่ไม่ทนทานต่อกรดและด่าง ถูกย่อยสลายไป จึงเหลือแต่ส่วนที่กรดและด่างไม่สามารถย่อยได้เท่านั้น

ข. การศึกษาขนาดของอนุภาคด้วยเครื่อง Particle Size Analyzer

จากวิธีทำการทดลองในข้อ 3.6.2.1 ข. ขนาดอนุภาคใยอาหารที่สกัดได้จากพุดรา และขนาดอนุภาคของพุดราบด ได้ผลการทดลองดังรูปที่ 4.18 และ รูปที่ 4.19

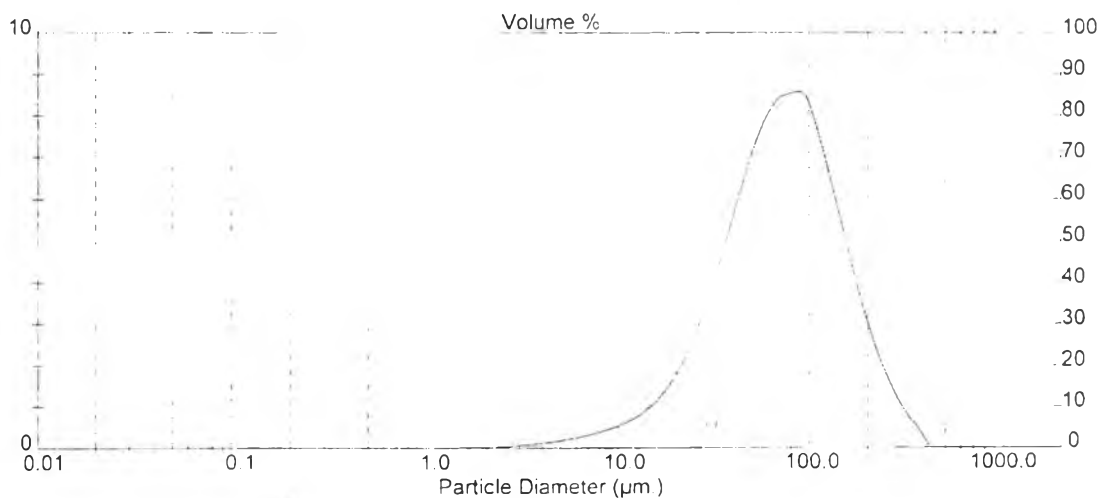
การศึกษาขนาดของอนุภาคของพุทราบดก่อนการสกัดใยอาหาร



รูปที่ 4.18 ขนาดอนุภาคของพุทราบดก่อนการสกัดใยอาหาร

จะได้ขนาดอนุภาคเฉลี่ยเท่ากับ 71.74 ไมโครเมตร โดยที่ขนาดอนุภาคที่ได้แบ่งเป็น 2 กลุ่ม ดังรูป ซึ่ง กลุ่มที่มีขนาดอนุภาคที่เล็กกว่า จะมีขนาดอนุภาคเฉลี่ยอยู่ที่ 0.07 ไมโครเมตร ส่วนกลุ่มที่มีอนุภาคที่ใหญ่กว่าจะมีขนาดอนุภาคโดยเฉลี่ยอยู่ที่ 168.54 ไมโครเมตร

การศึกษาขนาดอนุภาคจากใยอาหารที่สกัดจากพุทรา



รูปที่ 4.19 ขนาดอนุภาคของใยอาหารที่สกัดจากพุทรา

จะได้ขนาดอนุภาคเฉลี่ยเท่ากับ 87.76 ไมโครเมตร ซึ่งจะเห็นได้ว่าขนาดอนุภาคของใยอาหารที่สกัดจากพุทรา นั้น มีอยู่กลุ่มเดียว โดยที่ไม่มีกลุ่มที่เป็นอนุภาคที่เล็ก ทั้งนี้เพราะใยอาหารที่สกัดได้นั้นจะเหลือเฉพาะส่วนที่เป็นโครงสร้างที่แข็ง เช่น เส้นใยเซลลูโลส จะสังเกตได้จากรูป ที่ 24 ส่วนพวกรงควัตถุ และสารที่มีขนาดเล็กกว่ากระดาษกรอง วอทแมน เบอร์หนึ่งนั้น จะถูกกรองออกตั้งแต่ในขั้นตอนของการสกัดใยอาหารจากพุทราแล้ว

ค. การตกตะกอนของอนุภาคใยอาหารที่สกัดได้จากพุทรา

ใยอาหารที่สกัดจากพุทราที่ใช้ เป็นใยอาหารที่ผ่านการศึกษายานาอนุภาคด้วยเครื่อง Particle Size Analyzer แล้ว และทดลองตามวิธีทำการทดลองในข้อ 3.6.2.1 ค. โดยศึกษาผลของ ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด , ผลของระยะเวลาในการบด , ผลของสารช่วยแขวนลอย ประเภทต่าง ๆ และผลของสารช่วยแขวนลอยที่เลือกแล้ว ต่อการตกตะกอนของอนุภาคใยอาหารที่ สกัดได้จากพุทรา

ค.1 ผลของปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดต่อการตกตะกอนของอนุภาค

ใยอาหารที่สกัดจากพุทรา ที่สัดส่วนต่างๆ

จากวิธีทำการทดลองในข้อ 3.6.2.1 ค.1 ศึกษาเปอร์เซ็นต์การตกตะกอนของอนุภาคใย อาหารที่สกัดจากพุทรา ที่ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด และ สัดส่วนของใยอาหารต่อ สารละลายต่างๆ กัน ได้ผลเปรียบเทียบดังแสดงในตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 การศึกษาผลของปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดต่อการตกตะกอนของ อนุภาคใยอาหารที่สกัดจากพุทรา

สารละลาย (°Brix)	ใยอาหาร:สารละลาย (น้ำหนัก : น้ำหนัก)	ใยอาหาร (%)	การตกตะกอน (%)
0° Brix	1 : 1	50.00	-
	1 : 2	33.34	-
	1 : 3	25.00	6.6433 ± 0.0603
	1 : 4	20.00	11.8767 ± 0.0551
	1 : 5	16.67	13.8600 ± 0.0755
	1 : 6	14.28	19.7167 ± 0.0751
5° Brix	1 : 1	50.00	-
	1 : 2	33.34	-
	1 : 3	25.00	3.3267 ± 0.0404
	1 : 4	20.00	8.6167 ± 0.0351
	1 : 5	16.67	9.6367 ± 0.0551
	1 : 6	14.28	15.4767 ± 0.0416
10° Brix	1 : 1	50.00	-
	1 : 2	33.34	-
	1 : 3	25.00	-

10° Brix	1 : 4	20.00	5.9000 ± 0.0300
	1 : 5	16.67	7.2567 ± 0.0503
	1 : 6	14.28	13.0733 ± 0.0503
15° Brix	1 : 1	50.00	-
	1 : 2	33.34	-
	1 : 3	25.00	-
	1 : 4	20.00	3.8300 ± 0.0557
	1 : 5	16.67	6.4433 ± 0.0503
	1 : 6	14.28	11.1133 ± 0.0404
20° Brix	1 : 1	50.00	-
	1 : 2	33.34	-
	1 : 3	25.00	-
	1 : 4	20.00	3.0133 ± 0.0451
	1 : 5	16.67	4.8500 ± 0.0361
	1 : 6	14.28	8.5133 ± 0.0351
25° Brix	1 : 1	50.00	-
	1 : 2	33.34	-
	1 : 3	25.00	-
	1 : 4	20.00	-
	1 : 5	16.67	2.5033 ± 0.0451
	1 : 6	14.28	6.3700 ± 0.0458

ตารางที่ 4.4 ข้อมูลทางสถิติของปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดต่อเปอร์เซ็นต์การตกตะกอน

ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (°Brix)	การตกตะกอน (%)
0 °Brix	8.6828 ^f
5 °Brix	6.1761 ^c
10 °Brix	4.3717 ^d
15 °Brix	3.5644 ^c
20 °Brix	2.7294 ^b
25 °Brix	1.4789 ^a

a,b,...ตัวเลขที่อักษรกำกับแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 4.5 ข้อมูลทางสถิติของปริมาณของใยอาหารต่อการตกตะกอน

ปริมาณของใยอาหาร (%)	การตกตะกอน (%)
50.00	0.0000 ^a
33.34	0.0000 ^a
25.00	1.6617 ^b
20.00	5.5394 ^c
16.67	7.4250 ^d
14.28	12.3772 ^c

a,b,...ตัวเลขที่อักษรกำกับแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

จากข้อมูลทางสถิติในตารางที่ 4.4 และ 4.5 แสดงให้เห็นว่า ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดที่เพิ่มมากขึ้นมีผลทำให้เปอร์เซ็นต์การตกตะกอนลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยที่ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด เท่ากับ 25 °Brix ให้เปอร์เซ็นต์การตกตะกอนต่ำที่สุด ส่วนปัจจัยด้านปริมาณของใยอาหารนั้นพบว่า ปริมาณของใยอาหารที่ลดลง มีผลทำให้เปอร์เซ็นต์การตกตะกอนเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยที่ ปริมาณของใยอาหารเท่ากับ 50 เปอร์เซ็นต์ และ 33.34 เปอร์เซ็นต์ ไม่มีการตกตะกอนเกิดขึ้น

ค.2 ผลของสารช่วยแขวนลอยประเภทต่าง ๆ ต่อการตกตะกอน ของอนุภาค

ใยอาหารที่สกัดจากพุทรา

จากวิธีทำการทดลองในข้อ 3.6.2.1 ค.2 ศึกษาเปอร์เซ็นต์การตกตะกอนของอนุภาคใยอาหารที่สกัดจากพุทรา ที่ชนิดของสารช่วยแขวนลอย และ ปริมาณของสารช่วยแขวนลอยต่าง ๆ กัน ได้ผลการทดลองดังแสดงในตารางที่ 4.6

ตารางที่ 4.6 ผลของสารช่วยแขวนลอยประเภทต่าง ๆ

ชนิดของสารช่วย แขวนลอย	ปริมาณสารช่วย แขวนลอย (% w/v)	การตกตะกอน (%)
Control	-	65.7167 ± 0.0404
CMC	0.2	43.6167 ± 0.0404
	0.4	34.3133 ± 0.0351
	0.6	10.1333 ± 0.0667
	0.8	3.1000 ± 0.0458

CMC	1.0	1.5267 \pm 0.0473
	1.2	-
	1.4	-
Gum Arabic	0.2	55.4900 \pm 0.0400
	0.4	52.4367 \pm 1.7358
	0.6	48.2900 \pm 0.0400
	0.8	45.3000 \pm 0.0200
	1.0	43.1400 \pm 0.0360
	1.2	41.8367 \pm 0.0611
	1.4	38.5333 \pm 0.0666
Xanthan Gum	0.2	40.5567 \pm 0.0709
	0.4	28.4833 \pm 0.0795
	0.6	13.3433 \pm 0.0709
	0.8	5.8600 \pm 0.0953
	1.0	2.1633 \pm 0.0503
	1.2	1.4933 \pm 0.0351
	1.4	-
Pectin	0.2	52.5033 \pm 0.0416
	0.4	48.4300 \pm 0.0656
	0.6	46.4800 \pm 0.0964
	0.8	43.6233 \pm 0.0503
	1.0	40.8267 \pm 0.0611
	1.2	37.5900 \pm 0.0624
	1.4	35.3200 \pm 0.0557
Modified Starch (SDC - 310)	0.2	15.4567 \pm 0.0305
	0.4	10.3733 \pm 0.0551
	0.6	7.4133 \pm 0.0603
	0.8	5.8333 \pm 0.0603
	1.0	5.3233 \pm 0.0602
	1.2	4.4133 \pm 0.0551

(SDC - 310)	1.4	2.8933 ± 0.0776
Modified Starch (SDA - 410)	0.2	13.2233 ± 0.0404
	0.4	6.3300 ± 0.0557
	0.6	5.8033 ± 0.0611
	0.8	3.0833 ± 0.0709
	1.0	1.5233 ± 0.0611
	1.2	-
	1.4	-
Modified Starch (SAH)	0.2	9.3967 ± 0.0404
	0.4	5.5200 ± 0.0755
	0.6	5.2733 ± 0.0568
	0.8	3.8000 ± 0.0458
	1.0	2.9267 ± 0.0611
	1.2	1.5933 ± 0.0351
	1.4	-
Modified Starch (RHE - 10)	0.2	10.4933 ± 0.0611
	0.4	8.6267 ± 0.0709
	0.6	5.8200 ± 0.0600
	0.8	4.5567 ± 0.0568
	1.0	1.4333 ± 0.0503
	1.2	-
	1.4	-
Modified Starch (BU 2)	0.2	50.3233 ± 0.0551
	0.4	28.4200 ± 0.0600
	0.6	15.7900 ± 0.0794
	0.8	13.8300 ± 0.0400
	1.0	10.3100 ± 0.0557
	1.2	7.3167 ± 0.0777
	1.4	5.7667 ± 0.0451

Modified Starch (SMS)	0.2	53.5400 ± 0.0557
	0.4	32.5300 ± 0.0656
	0.6	22.1200 ± 0.0400
	0.8	20.1400 ± 0.0557
	1.0	15.3300 ± 0.0458
	1.2	11.3267 ± 0.0709
	1.4	8.3100 ± 0.0656

ตารางที่ 4.7 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของชนิดของสารช่วยแขวนลอยต่อปริมาณของสารช่วยแขวนลอย

Source	df	Mean Square
ชนิดของสารช่วยแขวนลอย (A)	9	5168.776 ^a
ปริมาณของสารช่วยแขวนลอย (B)	6	2515.034 ^a
AB	54	121.405 ^a
Error	140	0.046

* แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

จากการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติซึ่งปรากฏในตารางที่ 4.7 พบว่าชนิดของสารช่วยแขวนลอย , ปริมาณของสารช่วยแขวนลอย และปัจจัยร่วมระหว่างชนิดของสารช่วยแขวนลอยร่วมกับปริมาณของสารช่วยแขวนลอย มีผลต่อเปอร์เซ็นต์การตกตะกอน เมื่อพิจารณาข้อมูลทางสถิติของอิทธิพลของชนิดของสารช่วยแขวนลอยและปริมาณของสารช่วยแขวนลอย ที่มีต่อเปอร์เซ็นต์การตกตะกอนได้ผลยืนยันดังตารางที่ 4.8 และ 4.9

ตารางที่ 4.8 ผลการศึกษาชนิดของสารช่วยแขวนลอยต่อการตกตะกอนของอนุภาค
ใยอาหารที่สกัดจากพุทรา

ชนิดของสารช่วยแขวนลอย	การตกตะกอน (%)
Modified Starch (SAH)	4.0729 ^a
Modified Starch (SDA - 410)	4.2805 ^b
Modified Starch (RH-E-10)	4.4186 ^c

Modified Starch (SDC – 310)	7.3867 ^d
Xanthan Gum	13.1286 ^c
CMC	13.414 ^c
Modified Starch (Kreation BU 2)	18.8224 ^f
Modified Starch (SMS)	23.3281 ^g
Pectin	43.5390 ^h
Gum Arabic	46.4324 ⁱ

a,b,...ตัวเลขที่อักษรกำกับแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 4.9 ผลการศึกษาปริมาณของสารช่วยแขวนลอยต่อการตกตะกอนของอนุภาค
ใยอาหารที่สกัดจากพุทรา

ปริมาณของสารช่วยแขวนลอย (% w/v)	การตกตะกอน (%)
1.4	9.0823 ^a
1.2	10.5570 ^b
1.0	12.4503 ^c
0.8	14.9127 ^d
0.6	18.0467 ^e
0.4	25.5463 ^e
0.2	34.4600 ^f

a,b,...ตัวเลขที่อักษรกำกับแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

จากข้อมูลทางสถิติในตารางที่ 4.8 และ 4.9 แสดงให้เห็นว่า ชนิดของสารช่วยแขวนลอย ที่ต่างกันมีผลทำให้เปอร์เซ็นต์การตกตะกอนต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยที่ Modified Starch (SAH) ทำให้เปอร์เซ็นต์การตกตะกอนต่ำที่สุด แต่ในการเลือกชนิดของสารช่วยแขวนลอยต้องคำนึงถึงผลกระทบจากสารช่วยแขวนลอยตัวนั้น ๆ ด้วย เช่น กลิ่น - รส ของผลิตภัณฑ์ที่เติมสารช่วยแขวนลอยอาจเปลี่ยนแปลงไป ความข้นหนืดมากเกินไป เป็นต้น ซึ่งจากผลการทดลองได้ทำการเลือก Modified Starch (Kreation BU2) เพราะมีความเหมาะสมเนื่องจาก

ทำให้กลิ่น – รส ของผลิตภัณฑ์ ไม่เปลี่ยนแปลงไปในทางที่ไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค และความชื้นหนืด ที่ไม่มากจนเกินไป แม้จะต้องใช้ในปริมาณที่ค่อนข้างสูงเมื่อเปรียบเทียบกับสารช่วยแขวนลอยตัวอื่น ก็ตาม โดยสารแขวนลอยในกลุ่มแป้งดัดแปรที่ไม่เลือกนั้น แม้จะทำให้เปอร์เซ็นต์การตกตะกอนต่ำกว่า แป้งดัดแปร Kreation BU2 แต่แป้งดัดแปรในกลุ่มนี้ ให้กลิ่น – รส ของแป้งที่ชัดเจน แม้จะใช้ในปริมาณน้อยก็ตาม ส่วน Pectin และ Gum Arabic นั้น แม้จะใช้ในปริมาณที่สูงก็ไม่สามารถทำให้อนุภาคของใยอาหารที่สกัดจากพุทราแขวนลอยอยู่ในผลิตภัณฑ์ได้ และสารช่วยแขวนลอยอีก 2 ชนิด คือ CMC กับ Xanthan Gum นั้นไม่มีผลกระทบเรื่อง กลิ่น – รสของผลิตภัณฑ์ แต่ส่งผลกระทบเรื่อง ความชื้นหนืดของผลิตภัณฑ์ โดยทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีความชื้นหนืดที่มากเกินไป

ส่วนปัจจัยด้านปริมาณของสารช่วยแขวนลอยนั้นพบว่า เมื่อปริมาณของสารช่วยแขวนลอยเพิ่มขึ้น มีผลทำให้เปอร์เซ็นต์การตกตะกอนลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ค.3 ผลของสารช่วยแขวนลอยที่เลือกแล้ว ต่อการตกตะกอนของอนุภาคใยอาหารที่สกัดจากพุทรา

จากวิธีทำการทดลองในข้อ 3.6.1.2 ค.3 ศึกษาเปอร์เซ็นต์การตกตะกอนของอนุภาคใยอาหารที่สกัดจากพุทรา ที่ปริมาณของสารช่วยแขวนลอย Modified Starch (Kreation BU2) ต่าง ๆ กัน ได้ผลการทดลองดังแสดงในตารางที่ 4.10

ตารางที่ 4.10 ผลการศึกษาสารช่วยแขวนลอยที่ได้เลือกต่อเปอร์เซ็นต์การตกตะกอน

ชนิดของสารช่วยแขวนลอย	ปริมาณสารช่วยแขวนลอย (% w/v)	การตกตะกอน (%)
Control	-	65.7167 ± 0.0404
Modified Starch (BU 2)	0.3	45.3300 ± 0.0600
	0.6	15.9233 ± 0.0568
	0.9	11.7533 ± 0.0404
	1.2	7.3467 ± 0.0513
	1.5	4.9467 ± 0.0351
	1.8	2.8467 ± 0.0378
	2.1	1.4133 ± 0.0737
	2.4	-
	2.7	-


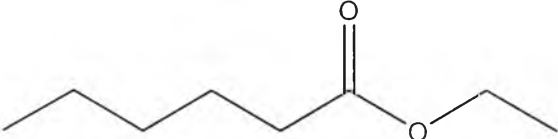
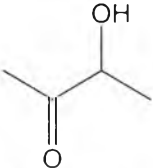
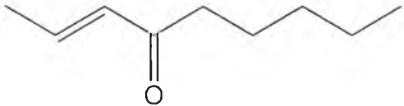
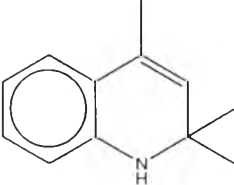
จากตารางที่ 4.10 พบว่า ที่ปริมาณของแป้งคัดแปร Kreation BU2 2.4 % w/v ขึ้นไป ทำให้คุณภาพของโยเกิร์ตที่สกัดได้จากพุดรา สามารถแขวนลอยอยู่ได้ โดยไม่ตกตะกอนลงมา

4.6.2 องค์ประกอบของกลิ่น ในน้ำพุดราเข้มข้น วิเคราะห์ด้วยเครื่อง GC - MS

จากวิธีทำการทดลองในข้อ 3.6.2 ทำการวิเคราะห์องค์ประกอบของกลิ่นในน้ำพุดราสด และ หัวเขื่อน้ำพุดรา โดยอาศัยเครื่อง GC - MS ได้ผลการวิเคราะห์ดังแสดงในตารางที่ 4.11 และ 4.12

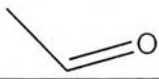
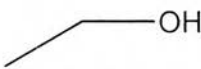
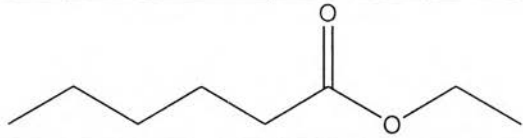
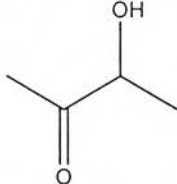
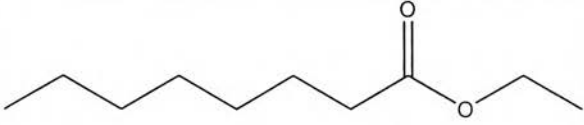
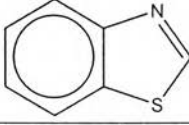
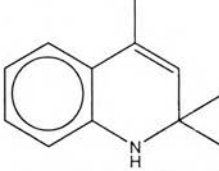
ผลการศึกษาองค์ประกอบของกลิ่นในน้ำพุดราสดโดย GC - MS

ตารางที่ 4.11 องค์ประกอบของกลิ่นในน้ำพุดราสดโดย GC - MS

สารที่ตรวจพบ	โครงสร้างของสารที่ตรวจพบ	% ของทั้งหมด
Ethanol		20.924
Hexanoic acid		1.266
2 - Butanone		15.855
2-Nonen-4-one		0.840
Dodec-2-en-4-one	-	1.239
Quinoline		1.497
Unclassified	-	58.378

ผลการศึกษาร่องประกอบของกลิ่นในน้ำพุทราเข้มข้นโดย GC – MS

ตารางที่ 4.12 องค์ประกอบของกลิ่นในน้ำพุทราเข้มข้นโดย GC – MS

สารที่ตรวจพบ	โครงสร้างของสารที่ตรวจพบ	% ของทั้งหมด
Acetaldehyde		12.085
Ethanol		24.711
Hexanoic acid		2.960
2 - Butanone		10.970
Octanoic acid		1.714
Benzothiazole		1.172
Quinoline		5.340
Unclassified	-	41.048

จากตารางที่ 4.11 และ ตารางที่ 4.12 พบว่าในน้ำพุทราเข้มข้นมีปริมาณ Hexanoic acid , 2 - Butanone และ Quinoline มากกว่าในน้ำพุทราสดอย่างมาก ส่วนสารที่พบเพิ่มขึ้นมาในน้ำพุทราเข้มข้น ได้แก่ Acetaldehyde , Benzothiazole และ Octanoic acid จึงทำให้น้ำพุทราเข้มข้นที่ผลิตได้ มีกลิ่นที่เข้มข้นกว่าเดิมมากจนสังเกตได้ชัด

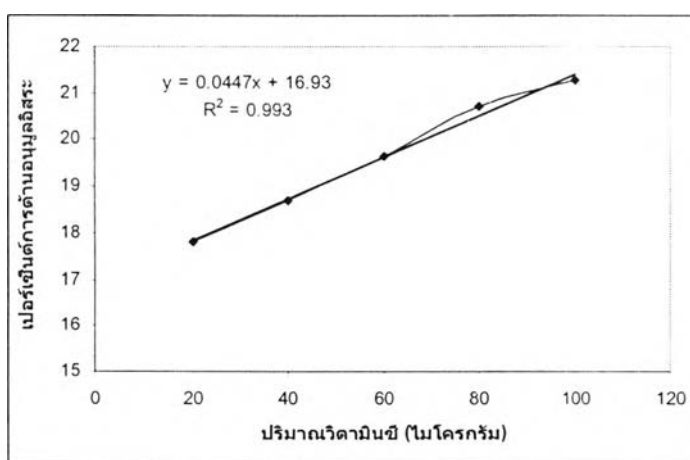
4.6.3 สารต้านอนุมูลอิสระในพุทราบดทั้งผล , เนื้อพุทราบดขนาดอนุภาคเล็กกว่า 1.5 มิลลิเมตร เนื้อพุทราบดขนาดอนุภาคใหญ่กว่า 1.5 มิลลิเมตร , น้ำพุทราเข้มข้นและ สารสกัดจากพุทรา ที่แยกโดยใช้ Petroleum Ether

แบ่งการศึกษาออกเป็น 2 หัวข้อคือ

4.6.3.1 ฤทธิ์ของวิตามินต่อการต้านอนุมูลอิสระ

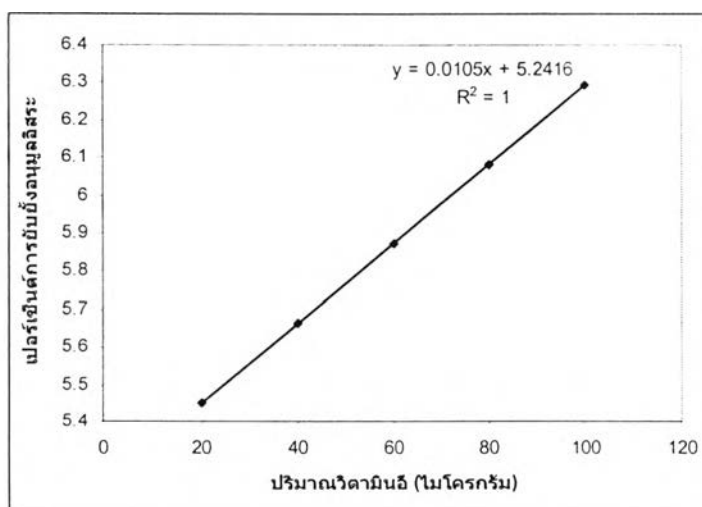
แบ่งออกเป็น ผลของวิตามินซี และวิตามินอีต่อการต้านอนุมูลอิสระ ซึ่งทำการทดลองตามวิธีทำการทดลองในข้อ 3.6.3.1 โดยศึกษาผลของวิตามินที่ความเข้มข้นต่าง ๆ กัน ต่อเปอร์เซ็นต์การต้านอนุมูลอิสระ

วิตามินซี



รูปที่ 4.20 ผลของปริมาณวิตามินซี ต่อเปอร์เซ็นต์การต้านอนุมูลอิสระ

วิตามินอี



รูปที่ 4.21 ผลของปริมาณวิตามินอี ต่อเปอร์เซ็นต์การต้านอนุมูลอิสระ

จากการศึกษาฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระพบว่า มีปัจจัยร่วมอยู่หลายปัจจัย โดยเฉพาะที่เกิดเนื่องจากการมีอยู่ของวิตามิน และโปรวิตามิน เช่น วิตามินซี (Ascorbic acid) ,วิตามินอี

(Tocopherols) และ Carotenoids ซึ่งสารเหล่านี้จะพบมากในสารประกอบฟีนอลิกที่มีอยู่ในฝักและผลไม้ (Loliger J, 1991) และเมื่อพิจารณาจากรูปที่ 25 และ 26 แสดงให้เห็นว่าที่ความเข้มข้นเท่ากัน วิตามินซีมีเปอร์เซ็นต์การยับยั้งอนุมูลอิสระที่สูงกว่าวิตามินอี และเนื่องจากในพุทรามีวิตามินซีอยู่ในปริมาณค่อนข้างสูง เปอร์เซ็นต์การยับยั้งการต้านอนุมูลอิสระน่าจะเป็นผลมาจากวิตามินซีเป็นส่วนใหญ่

4.4.3.2 ฤทธิ์ของพุทราต่อการต้านอนุมูลอิสระ

แบ่งออกเป็น ผลของสารสกัดจากพุทราที่แยกโดยใช้ Petroleum Ether , เนื้อพุทราบดขนาดอนุภาคเล็กกว่า 1.5 มิลลิเมตร , เนื้อพุทราบดขนาดอนุภาคใหญ่กว่า 1.5 มิลลิเมตร , พุทราบดทั้งผล และ น้ำพุทราเข้มข้น ซึ่งทำการทดลองตามวิธีทำการทดลองในข้อ 3.4.3.2 โดยศึกษาผลของพุทราที่ความเข้มข้นต่าง ๆ กัน ต่อ เปอร์เซ็นต์การต้านอนุมูลอิสระเพื่อหาค่าความเข้มข้นที่สามารถยับยั้งอนุมูลอิสระได้ 50% (EC_{50})

ตารางที่ 4.13 ความเข้มข้นของพุทราที่สามารถยับยั้งอนุมูลอิสระได้ 50%

สารสกัดจากพุทราที่แยกโดยใช้ Petroleum Ether	พุทราบดทั้งผล	เนื้อพุทราบดขนาดอนุภาคเล็กกว่า 1.5 มิลลิเมตร	เนื้อพุทราบดขนาดอนุภาคใหญ่กว่า 1.5 มิลลิเมตร	น้ำพุทราเข้มข้น
124.843 มิลลิกรัม	249.652 มิลลิกรัม	124.835 มิลลิกรัม	499.360 มิลลิกรัม	165.806 มิลลิลิตร

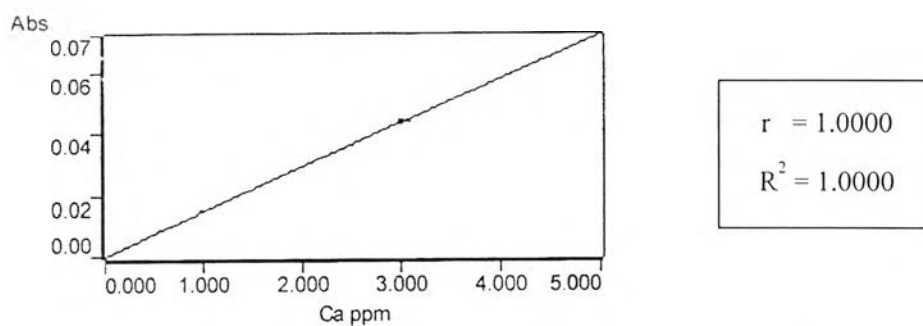
จากตารางที่ 4.13 พบว่า ระหว่างพุทรา 3 กลุ่มคือ เนื้อพุทราบดขนาดอนุภาคเล็กกว่า 1.5 มิลลิเมตร , เนื้อพุทราบดขนาดอนุภาคใหญ่กว่า 1.5 มิลลิเมตร และพุทราบดทั้งผลนั้นพบว่า เนื้อพุทราบดขนาดอนุภาคเล็กกว่า 1.5 มิลลิเมตรนั้นมีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระที่สูงที่สุดทั้งนี้เนื่องมาจากมีปริมาณวิตามินซีที่สูงที่สุด (จากตารางที่ 4.1) และเมื่อพิจารณาจากผลการยับยั้งการต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดจากพุทราที่แยกโดยใช้ Petroleum Ether แสดงว่าในพุทรามีสารที่สามารถละลายได้ในไขมันบางตัวที่แสดงฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระ

สำหรับการศึกษาในประเทศจีนในปัจจุบัน พบว่ามีการใช้พุทราอยู่ 5 พันธุ์อย่างแพร่หลาย ได้แก่ Zizyphus jujuba cv. jinsixiaozao, Zizyphus jujuba cv. jianzao, Zizyphus jujuba cv. yazao, Zizyphus jujuba cv. junzao, และ Zizyphus jujuba cv. Sanbianhong โดยได้มีการศึกษาเรื่องของการถนอมอาหาร และการทำแห้งที่ยังคงรักษาคุณภาพของพุทราเอาไว้ได้ (Wang J, Li LT และ Dan Y, 2003) และยังคงขยายขอบเขตการศึกษาไปในเรื่องของฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระของพุทราทั้ง 5 พันธุ์ ซึ่งพบว่า มีฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ เรียงตามลำดับจากมากไปน้อยได้ดังนี้คือ Zizyphus

jujuba cv. jinsixiaozao, Zizyphus jujuba cv. yazao, Zizyphus jujuba cv. jianzao, Zizyphus jujuba cv. Junzao และ Zizyphus jujuba cv. sanbianhong. โดยพุทราพันธุ์ Zizyphus jujuba cv. jinsixiaozao, Zizyphus jujuba cv. Yazao และ Zizyphus jujuba cv. Jianzao ที่มากกว่า α -tocopherol. อย่างมีนัยสำคัญที่ $p < 0.05$ (Li Jin-wei, Ding Shao-dong และ Ding Xiao-lin ,2005)

4.6.4 ผลการศึกษาปริมาณแคลเซียมและเหล็กในน้ำพุทราเข้มข้นด้วยเครื่อง Atomic Adsorption

4.6.4.1 การเพิ่มปริมาณแคลเซียม



รูปที่ 4.22 กราฟมาตรฐานของปริมาณแคลเซียม

จากวิธีทำการทดลองในข้อ 3.4.1 ทำการวิเคราะห์ปริมาณแคลเซียมในหัวเชื้อพุทราหลังการแปรรูปโดยได้ผลการวิเคราะห์ดังนี้

ปริมาณแคลเซียมที่ตรวจพบในหัวเชื้อพุทราหลังกระบวนการแปรรูป คือ 22.4400 ppm ดังนั้น ในผลิตภัณฑ์พร้อมดื่ม 200 มิลลิลิตร จะมีปริมาณแคลเซียมอยู่ 0.004488 มิลลิกรัมซึ่งการจะทำให้ได้ผลิตภัณฑ์พร้อมดื่มที่มีแคลเซียมสูงนั้น จะต้องมีปริมาณแคลเซียมอยู่ไม่น้อยกว่า 20% ของ Thai RDI ซึ่งก็คือ 160 มิลลิกรัม (โดยที่ ปริมาณแคลเซียมของ Thai RDI คือ 800 มิลลิกรัม) เพราะฉะนั้น จึงทำการเสริมแคลเซียมเข้าไปอีก 160 มิลลิกรัม เพื่อให้เป็นไปตามข้อบังคับของสำนักคณะกรรมการอาหารและยา ว่าด้วยเรื่องของฉลากโภชนาการ

การศึกษาวิธีการเสริมแคลเซียมเข้าไปในผลิตภัณฑ์พร้อมดื่ม

1. การเสริมแคลเซียมเข้าไปในรูปของสารละลาย

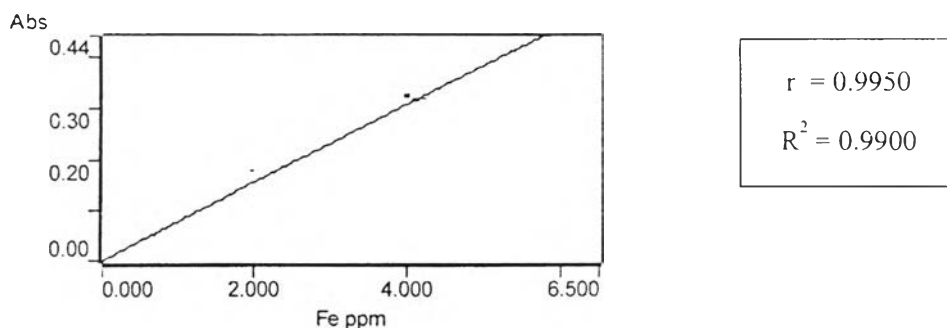
ซึ่งปริมาณแคลเซียมที่ตรวจพบในสารละลายแคลเซียมอิมิตัว คือ 98.4060 ppm หรือ 0.0196812 มิลลิกรัม ต่อ 200 มิลลิลิตร จากข้อมูลดังกล่าว จึงสรุปว่า ไม่สามารถเสริมแคลเซียมในรูปของสารละลาย เพื่อให้เป็นผลิตภัณฑ์ที่มีแคลเซียมสูงได้

2. การเสริมแคลเซียมเข้าไปในรูปอื่น

ทำโดยการชั่งปริมาณของ Calcium Carbonate โดยให้มีปริมาณ Calcium Equivalent อยู่ 160 มิลลิกรัม เข้าไปในผลิตภัณฑ์พร้อมดื่ม แล้วหลังจากนั้นจึงใช้ สารช่วยแขวนลอย ช่วยให้

ตะกอนของแคลเซียมสามารถแขวนลอยอยู่ในผลิตภัณฑ์พร้อมดื่มได้ หรืออาจจะผสมเข้าไปกับพวกเจลาติน แล้วนำเม็ดของเจลาตินที่ได้ใส่กลับเข้าไปในผลิตภัณฑ์

4.6.4.2 การเพิ่มปริมาณเหล็ก



รูปที่ 4.23 กราฟมาตรฐานของปริมาณเหล็ก

จากวิธีการทดลองในข้อ 3.6.4.2 ทำการวิเคราะห์ปริมาณแคลเซียมในหัวเชื้อพุทราหลังการแปรรูปโดยได้ผลการวิเคราะห์ดังนี้

ปริมาณเหล็กที่ตรวจพบในหัวเชื้อพุทราหลังกระบวนการแปรรูป คือ 1.4280 ppm ดังนั้นในผลิตภัณฑ์พร้อมดื่ม 200 มิลลิลิตร จะมีปริมาณเหล็กอยู่ 0.0002856 มิลลิกรัมซึ่งการ จะทำให้ได้ผลิตภัณฑ์พร้อมดื่มที่มีเหล็กสูงนั้น จะต้องมีปริมาณเหล็กอยู่ไม่น้อยกว่า 20 % ของ Thai RDI ซึ่งก็คือ 3 มิลลิกรัม (โดยที่ ปริมาณเหล็กของ Thai RDI คือ 15 มิลลิกรัม) เพราะฉะนั้น จึงทำการเสริมเหล็กเข้าไปอีก 3 มิลลิกรัม เพื่อให้เป็นไปตามข้อบังคับของสำนักคณะกรรมการอาหารและยา ว่าด้วยเรื่องของฉลากโภชนาการ

การศึกษาวิธีการเสริมแคลเซียมเข้าไปในผลิตภัณฑ์พร้อมดื่ม

1. การเสริมเหล็กเข้าไปในรูปของสารละลาย

ซึ่งปริมาณเหล็กที่ตรวจพบในสารละลายเหล็กอิมิตัว คือ 459.2000 ppm หรือ 0.09184 มิลลิกรัม ต่อ 200 มิลลิลิตร จากข้อมูลดังกล่าว จึงสรุปว่า ไม่สามารถเสริมเหล็กในรูปของสารละลาย เพื่อให้เป็นผลิตภัณฑ์ที่มีเหล็กสูงได้

2. การเสริมเหล็กเข้าไปในรูปอื่น

ทำโดยการชั่งปริมาณของ Ferrous Fumarate โดยให้มีปริมาณ Ferrous Equivalent อยู่ 3 มิลลิกรัม เข้าไปในผลิตภัณฑ์พร้อมดื่ม แล้วหลังจากนั้นจึงใช้ สารช่วยแขวนลอย ช่วยให้ตะกอนของเหล็กสามารถแขวนลอยอยู่ในผลิตภัณฑ์พร้อมดื่มได้แต่ เมื่อทำการทดสอบทางประสาทสัมผัสพบว่าไม่ผ่านการทดสอบ ทั้งนี้เนื่องมาจากมีกลิ่นของสนิมเหล็กที่เกิดจาก Ferrous Fumarate ดังนั้นจึงควรทำให้ Ferrous Fumarate จับตัวกันเป็นก้อนแข็งก่อนแล้วจึงร่อนผ่านตะแกรงให้ได้ขนาด

ตามที่ต้องการ จากนั้นจึงนำไปเคลือบน้ำตาลโดยใช้เครื่อง Spray-Dry ให้ได้ชั้นของน้ำตาลที่เคลือบพอเหมาะ แล้วจึงนำไปเคลือบอีกชั้นด้วยวุ้นอาจจะเป็นพวกเจลาติน ซึ่งวุ้นที่เคลือบควรทำให้มีฟองอากาศอยู่ด้วยเพื่อช่วยในเรื่องของการพองตัว เพื่อให้สามารถที่จะแขวนลอยอยู่ในผลิตภัณฑ์ได้

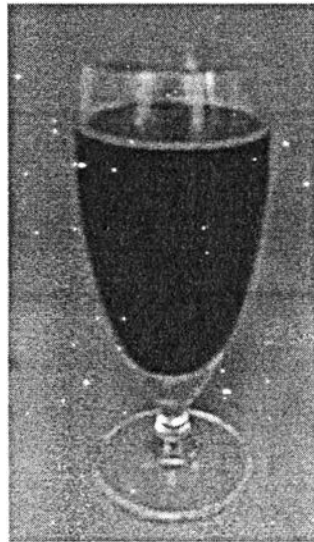
4.6.5 ผลการติดตามอายุการเก็บรักษาน้ำพุทราเข้มข้นซึ่งบรรจุในขวดแก้วใส

ตารางที่ 4.14 เปรียบเทียบอายุการเก็บรักษาน้ำพุทราเข้มข้น ที่เก็บในตู้เย็น (4 องศาเซลเซียส) กับ เก็บ ณ อุณหภูมิห้อง (24.8 องศาเซลเซียส)

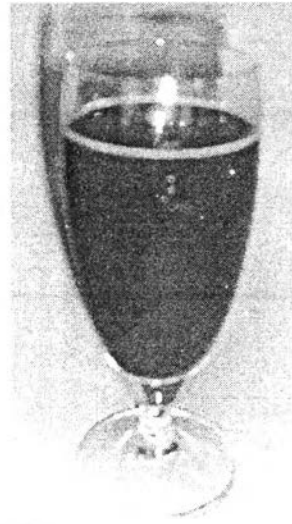
ระยะเวลาการเก็บรักษา (สัปดาห์)	จำนวนยีสต์และรา (โคโลนี / มิลลิลิตร)	
	เก็บตู้เย็น	เก็บ ณ. อุณหภูมิห้อง
0	0	0
2	0	0
4	0	0
6	0	6.33 ± 2.08

จากตารางที่ 4.14 พบว่าเมื่อเก็บรักษาน้ำพุทราเข้มข้นที่ในตู้เย็น เป็นเวลานาน 6 สัปดาห์ ไม่พบเชื้อยีสต์และรา แต่ถ้าเก็บรักษาน้ำพุทราเข้มข้นที่อุณหภูมิห้องจะเก็บได้เป็นเวลานาน 4 สัปดาห์ โดยตรวจไม่พบเชื้อยีสต์และรา ส่วนในสัปดาห์ที่ 6 นั้น ตรวจพบเชื้อยีสต์และรา ซึ่งการเสื่อมเสียที่เกิดขึ้นจะเกิดจากเชื้อยีสต์และรา เป็นส่วนใหญ่เพราะน้ำพุทราเข้มข้นที่เตรียมได้นั้นมีความเป็นกรดที่สูง และมีปริมาณน้ำตาลที่ค่อนข้างสูง ซึ่งน้ำตาลมีผลไปทำให้เกิดแรงดันออสโมติกในเซลล์ของแบคทีเรีย ทำให้แบคทีเรียเจริญได้ไม่ดี (Banwart , 1983)

4.6.6 เปรียบเทียบองค์ประกอบของน้ำพุทราเข้มข้นที่ผลิตได้กับน้ำลูกพรุน 100 % ที่จำหน่ายทางการค้า



น้ำพุทราเข้มข้น



น้ำลูกพรุน 100 เปอร์เซ็นต์

รูปที่ 4.24 เปรียบเทียบน้ำพุทราเข้มข้น กับน้ำลูกพรุน 100 เปอร์เซ็นต์

จากวิธีทำการทดลองในข้อ 3.6.6 ปรากฏผลการทดลองดังแสดงในตารางที่ 4.15 ตารางที่ 4.15 เปรียบเทียบองค์ประกอบของน้ำพุทราเข้มข้นกับน้ำลูกพรุน 100 %

คุณลักษณะ	น้ำพุทราเข้มข้น	น้ำลูกพรุน
ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (องศาบริกซ์)	12.800 ± 0.000	18.200 ± 0.000
ความถ่วงจำเพาะ	1.055 ± 0.001	1.076 ± 0.000
ค่าความเป็นกรด - ด่าง	4.013 ± 0.006	3.973 ± 0.006
ค่า Water Activity	0.906 ± 0.003	0.884 ± 0.003
ความหนืด	2.137 ± 0.003	2.893 ± 0.002
ปริมาณวิตามินซี (มิลลิกรัมต่อ 10 มิลลิลิตร)	3.140 ± 0.010	5.437 ± 0.015
ปริมาณใยอาหาร (กรัม ต่อ 100 กรัม)	0.053 ± 0.015	1.016 ± 0.008
ค่าสี L	31.02 ± 0.51	30.31 ± 0.56
a	2.83 ± 0.02	2.88 ± 0.16
b	-1.39 ± 0.03	-0.92 ± 0.06

จากตารางที่ 4.15 พบว่าปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด , ความถ่วงจำเพาะ , ความหนืด , ปริมาณวิตามินซี และ ปริมาณใยอาหาร ของหัวเขื่อน้ำพุทราที่มีค่าที่ต่ำกว่าน้ำลูกพรุน 100 % แต่ปริมาณวิตามินซีของน้ำพุทราเข้มข้นก็ยังมีค่าที่สูงกว่า 20 % ของ Thai RDI จึงไม่จำเป็นต้องเสริมวิตามินซีแต่อย่างใด ส่วนใยอาหารจำเป็นต้องทำการเสริมเข้าไปเพราะปริมาณใยอาหารในน้ำพุทราเข้มข้นมีปริมาณที่น้อยกว่า 20 % ของ Thai RDI

3.6.7 การทดลองเบื้องต้นเพื่อผลิตน้ำพุทราพร้อมดื่มจากน้ำพุทราเข้มข้นที่ผลิตได้ เลือกสูตรในการผลิตน้ำพุทราพร้อมดื่มจากน้ำพุทราเข้มข้น

จากวิธีทำการทดลองในข้อ 3.6.7 ปรากฏผลการทดลองดังแสดงในตารางที่ 4.16

ตารางที่ 4.16 เปรียบเทียบสูตรการผลิตน้ำพุทราพร้อมดื่มแบบต่าง ๆ ขนาด 100 มิลลิลิตร

	สูตรที่ 1	สูตรที่ 2	สูตรที่ 3	สูตรที่ 4
ปริมาณน้ำพุทราเข้มข้น	30 %	30 %	30 %	30 %
ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด	20.60 ± 0.00	14.70 ± 0.00	20.6 ± 0.00	25.17 ± 0.06
ปริมาณกรดในรูปกรดซิตริก	0.953 ± 0.015	0.613 ± 0.032	0.643 ± 0.012	0.653 ± 0.015
อัตราส่วนน้ำตาลต่อกรด (BAR)	21.62	23.98	32.04	38.54
ใยอาหารที่สกัดจากพุทรา (กรัม)	4.06	4.06	4.06	4.06
ปริมาณแป้งดัดแปร(กรัม)	2.4	2.4	2.4	2.4

จากตารางที่ 4.15 จะเห็นได้ว่า ปริมาณของน้ำพุทราเข้มข้น ปริมาณของใยอาหาร และ ปริมาณของแป้งดัดแปรที่เสริมเข้าไปนั้น จะมีการกำหนดให้มีปริมาณที่เท่ากันในแต่ละสูตร เพราะในการผลิตเป็นน้ำพุทราพร้อมดื่มที่มีใยอาหารสูงนั้นจำเป็นต้องมีใยอาหารอยู่ไม่น้อยกว่า 20 % ของ Thai RDI ซึ่งก็คือ 2.5 กรัม ต่อ 100 มิลลิลิตร โดยใยอาหารที่สกัดจาก

การประเมินผลทางด้านประสาทสัมผัส

จากวิธีทำการทดลองในข้อ 3.6.7 ปรากฏผลการทดลองดังแสดงในตารางที่ 4.17

ตารางที่ 4.17 เปรียบเทียบผลการประเมินทางด้านประสาทสัมผัสของสูตรการผลิตน้ำพุทรา
พร้อมดื่มแบบต่าง ๆ

	สูตรที่ 1	สูตรที่ 2	สูตรที่ 3	สูตรที่ 4
สี	8.27 ^a ± 0.46	8.07 ^a ± 0.80	8.33 ^a ± 0.49	8.60 ^a ± 0.62
กลิ่น	8.53 ^a ± 0.52	8.40 ^a ± 0.51	8.33 ^a ± 0.48	8.40 ^a ± 0.51
รสชาติ	5.73 ^b ± 0.88	8.67 ^d ± 0.49	7.40 ^c ± 0.91	4.93 ^a ± 0.80
ความชอบรวม	5.33 ^a ± 0.88	8.33 ^c ± 0.62	7.53 ^b ± 0.74	5.07 ^a ± 0.80

จากตารางจะเห็นได้ว่า เมื่อพิจารณาจากการประเมินทางด้านประสาทสัมผัสในด้าน สี และกลิ่น ปรากฏว่าทุกสูตรไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ส่วนในด้านรสชาติและความชอบรวมปรากฏว่า สูตรที่ 2 ได้ค่าคะแนนสูงสุด จึงนำสูตรที่ 2 ไปใช้ในการทำผลิตภัณฑ์พร้อมดื่มต่อไป