บทที่ 4

ผลการทดลองและอภิปรายผล

4.1 คุณภาพของน้ำมันก่อนและหลังการปรับปรุงคุณภาพโดยการกำจัดกัมและฟอกสี

การสกัดน้ำมันจากเนื้อเยื่อส่วนพุงของปลาเผาะได้น้ำมันดิบปริมาณ 40.98% น้ำมันที่ได้มีสีเข้มและมีความหนืดสูง (ภาพ 4.1 และตาราง 4.2) เนื่องจากน้ำมันปลาเผาะมีกรดไขมันอิ่มตัวในปริมาณค่อนข้างสูง และมี กรดไขมันไม่อิ่มตัวที่มีพันธะคู่ 1 พันธะสูงด้วย ดังรายละเอียดแสดงในการศึกษาเรื่ององค์ประกอบของกรดไขมันในน้ำมันปลาเผาะ (การศึกษาตอนที่ 4.2) การศึกษาคุณภาพของน้ำมันได้ทำการศึกษาเปรียบเทียบน้ำมันดิบและน้ำมันที่ผ่านกระบวนการกำจัดกัมและฟอกสี โดยทำการศึกษาค่าเปอร์ออกไซด์ กรดไขมันอิสระ ค่ากรด และค่าสี

ค่าเปอร์ออกไซด์เป็นการวัดระดับของการเกิดออกซิเดชัน โดยการหาปริมาณออกไซด์ที่มีอยู่ในน้ำมัน สารเปอร์ออกไซด์จะเกิดขึ้นในน้ำมันอย่างช้าๆ เรียกว่า oxidative rancidity เป็นการเกิดออโตออกซิเดชันขึ้นที่พันธะคู่ของกรดไขมันไม่อิ่มตัว ดังนั้นจึงนิยมวัดค่าเปอร์ออกไซด์ เพื่อใช้ชี้บ่งการเกิดออกซิเดชันของน้ำมัน เนื่องจากค่าเปอร์ออกไซด์เป็นสารที่เกิดจากปฏิกิริยาออโตออกซิเดชัน (นิธิยา, 2548)

ค่ากรดและกรดไขมันอิสระเป็นตัวชี้บ่งถึงปริมาณไตรเอซิลกลีเซอรอลที่มีอยู่ในน้ำมันว่าถูกทำลายด้วยเอ็นไซม์ไลเปสได้เป็นกรดไขมันอิสระมากน้อยเพียงใด ถ้ามีค่ากรดและกรดไขมันอิสระสูงแสดงว่าโมเลกุลของไตรเอซิลกลีเซอรอลถูกย่อยสลายกลายเป็นกรดไขมันอิสระมาก เนื่องจากมี hydrolytic rancidity เกิดขึ้นในน้ำมันสูง น้ำมันจะมีคุณภาพต่ำลง (นิธิยา, 2548)

น้ำมันจากเนื้อเยื่อส่วนพุงและเนื้อเยื่อไขมันของปลาเผาะที่ผ่านกระบวนการกำจัดกัมและฟอกสีแล้ว ดังภาพ 4.2 จะมีลักษณะใสขึ้น มีความหนืดลดลง มีลักษณะเป็นของเหลวที่อุณหภูมิห้อง และมีค่าเปอร์ออกไซด์ กรดไขมันอิสระ ค่ากรด และค่าสี ดังตารางที่ 4.1 และ 4.2

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ภาพ 4.1 น้ำมันปลาเผาะที่สกัดได้ในรูปน้ำมันดิบก่อนนำไปกำจัดกัมและฟอกสี

ภาพ 4.2 น้ำมันปลาเผาะที่ผ่านการปรับปรุงคุณภาพโดยการกำจัดกัมและฟอกสี

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 4.1 ลักษณะทางกายภาพและค่าสีในระบบฮันเตอร์ของน้ำมันดิบและน้ำมันที่ผ่านกระบวนการกำจัดกัมและฟอกสีแล้ว

ตัวอย่างน้ำมัน ค่าวิเคราะห์		น้ำมันดิบ	น้ำมันที่ผ่านกระบวนการกำจัดกัมและฟอกสี
ลักษณะทางกายภาพ		มีลักษณะข้นหนืด สีเข้ม เมื่อทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องจะแข็งตัว	มีความหนืดลดลง สีจางลง เมื่อทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องมีลักษณะเป็นของเหลว
ค่าสี	L	44.97±1.61	48.57±0.49
	a*	-1.75±0.26[b]	-2.79±0.11[a]
	b*	8.54±0.375[b]	10.30±0.37[a]

หมายเหตุ a, b ตัวเลขที่มีอักษรกำกับที่แตกต่างกันในแถวเดียวกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตาราง 4.2 คุณภาพของน้ำมันดิบและน้ำมันที่ผ่านกระบวนการกำจัดกัมและฟอกสีแล้ว

ค่าวิเคราะห์	ค่ามาตรฐาน	น้ำมันดิบ	น้ำมันที่ผ่านกระบวนการกำจัดกัมและฟอกสี
Peroxide value (meq/kg oil)	3-20*	12.16±0.20	12.20±1.05
Free fatty acid (% oleic acid)	≤0.6**	0.41±0.04[a]	0.29±0.02[b]
Acid value (mg KOH/oil 1 g)	2-5*	0.82±0.08[a]	0.57±0.03[b]

หมายเหตุ a, b ตัวเลขที่มีอักษรกำกับที่แตกต่างกันในแถวเดียวกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

* Young, 1986 ; ** สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2516.

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ค่าเปอร์ออกไซด์ของน้ำมันดิบและน้ำมันที่ผ่านกระบวนการปรับปรุงคุณภาพโดยการกำจัดกัมและฟอกสีไม่มีความแตกต่างกัน ($p>0.05$) แต่มีค่าค่อนข้างสูงเนื่องจากตัวอย่างที่นำมาสกัดน้ำมันอาจเกิดออกซิเดชันในระหว่างการขนส่งและการเก็บรักษา นอกจากนั้นในกระบวนการสกัดน้ำมันยังมีการสัมผัสกับออกซิเจนในอากาศ ซึ่งเป็นปัจจัยที่ส่งผลต่อการเกิดออกซิเดชันของไขมันได้ ซึ่ง Boran และคณะ (2006) ได้ทำการศึกษาค่าเปอร์ออกไซด์ของน้ำมันจากปลา garfish หลังจากสกัดได้มีค่า

เปอร์ออกไซด์ 3.65 meq ต่อน้ำมัน 1 กิโลกรัม ในขณะที่น้ำมันจากปลา golden mullet มีค่าเปอร์ออกไซด์ 3.15 meq ต่อน้ำมัน 1 กิโลกรัม ซึ่งการศึกษาการสกัดน้ำมันจากปลาเผาะมีค่าเปอร์ออกไซด์สูงกว่า แต่ค่าที่ได้นี้ยังอยู่ในค่ามาตรฐานของน้ำมันปลาทั่วไป

ค่าของกรดไขมันอิสระในน้ำมันปลาเผาะที่ผ่านกระบวนการกำจัดกัมและฟอกสีแล้ว มีปริมาณลดลงเหลือ 0.29% จากในน้ำมันดิบ 0.41% แสดงว่ากระบวนการกำจัดกัมและฟอกสีของน้ำมันช่วยลดปริมาณกรดไขมันอิสระที่เกิดขึ้นจากปฏิกิริยาออกซิเดชัน นอกจากนี้การลดลงอาจเกิดจากการที่กรดไขมันเปลี่ยนไปเป็นสารประกอบเปอร์ออกไซด์ ซึ่งผลที่ได้สอดคล้องกับงานวิจัยของ Sunarya และคณะ (1996) ที่ทำการศึกษาการสกัดน้ำมันจากปลา dogfish ด้วยวิธีการต่างๆ โดยพบว่าการสกัดด้วยวิธี Blight and Dyer method ซึ่งใช้ตัวทำละลายผสมของคลอโรฟอร์มและเมทานอล จะได้น้ำมันที่มีค่าของกรดไขมันอิสระ 0.41%

ค่ากรดของน้ำมันที่ผ่านกระบวนการปรับปรุงคุณภาพแล้ว มีค่ากรดต่ำกว่าค่ามาตรฐานและช่วยในการลดค่ากรดของน้ำมันดิบลงได้ เมื่อเปรียบเทียบกับการศึกษาค่ากรดของน้ำมันจากปลา garfish พบว่าน้ำมันปลา garfish หลังจากสกัดมีค่ากรด 3.25 มิลลิกรัมของโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ต่อน้ำมัน 1 กรัม ในขณะที่น้ำมันจากปลา golden mullet มีค่ากรด 1.74 มิลลิกรัมของโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ต่อน้ำมัน 1 กรัม (Boran *et al*., 2006) ซึ่งมีค่าสูงกว่าน้ำมันที่สกัดได้จากเนื้อเยื่อส่วนพุงและเนื้อเยื่อไขมันของปลาเผาะ

น้ำมันที่ผ่านกระบวนการกำจัดกัมและฟอกสีจะมีสีที่ใสขึ้น แม้ว่าน้ำมันที่ผ่านการกำจัดกัมและฟอกสีแล้วจะมีค่าเปอร์ออกไซด์ไม่แตกต่างจากน้ำมันดิบ แต่การนำน้ำมันปลาเผาะไปเพิ่มความเข้มข้นของ EPA และ DHA โดยวิธีการตกผลึกกับยูเรียนั้น ควรใช้น้ำมันที่ผ่านการกำจัดกัมและฟอกสีเนื่องจากจะช่วยในการลดสารประกอบพวกฟอสฟาไทด์ซึ่งไม่ใช่แหล่งของ EPA และ DHA

ค่าสีของน้ำมันเป็นค่าที่ใช้บ่งบอกคุณลักษณะของน้ำมันอีกค่าหนึ่ง แต่ไม่มีการกำหนดค่าสีมาตรฐานไว้ เนื่องจากเป็นค่าเฉพาะตัวของน้ำมันแต่ละชนิด ระบบที่นำมาใช้วัดค่าสีในการทดลองนี้ใช้ระบบฮันเตอร์ L a*b* ซึ่งสามารถแบ่งค่าสีออกได้ 3 ค่าคือ

ค่าสี L เป็นค่าสีที่แสดงถึงระดับความสว่าง (Lightness) ของตัวอย่างโดยมีค่าตั้งแต่ 0-100 ค่าที่เข้าใกล้ 100 แสดงถึงความสว่างมาก จากการวัดค่าสีของน้ำมันดิบและน้ำมันที่กำจัดกัมและฟอกสีแล้วพบว่าน้ำมันที่กำจัดกัมและฟอกสีแล้วจะมีความสว่างมากกว่าน้ำมันดิบ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ค่าสี a* เป็นค่าสีที่แสดงถึงระดับสีแดง (Redness) ของตัวอย่าง โดยค่าในเชิงบวกแสดงถึงการมีสีแดงมาก ในทางตรงกันข้ามค่าในเชิงลบแสดงถึงการมีสีเขียวมาก จากการวัดสีของน้ำมันทั้งสองพบว่าน้ำมันที่กำจัดกัมและฟอกสีแล้วจะมีโทนสีเขียวที่เข้มกว่าน้ำมันดิบเล็กน้อย

ค่าสี b* เป็นค่าที่แสดงถึงระดับสีเหลือง (Yellowness) ของตัวอย่าง โดยค่าในเชิงบวกแสดงถึงสีเหลืองมาก ในทางตรงกันข้ามค่าในเชิงลบแสดงถึงการมีสีน้ำเงินมาก จากการวัดสีของน้ำมันทั้งสองพบว่าน้ำมันที่กำจัดกัมและฟอกสีแล้วจะมีโทนสีเหลืองเข้มกว่าเล็กน้อย

เมื่อเปรียบเทียบน้ำมันทั้งสองชนิดแล้วพบว่า มีค่าสี a* และ b* แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ซึ่งแสดงให้เห็นว่าน้ำมันปลาเผาะที่กำจัดกัมและฟอกสีแล้วมีสีที่อ่อนกว่าน้ำมันดิบ (ภาพ 4.1 และ 4.2)

4.2 การศึกษาองค์ประกอบของกรดไขมันในน้ำมันปลาเผาะ

จากการวิเคราะห์ด้วยเครื่องแก๊สโครมาโตกราฟี พบว่าน้ำมันปลาเผาะมีองค์ประกอบของกรดไขมันซึ่งสามารถระบุชนิดได้มีทั้งหมด 11 ชนิด ได้แก่ Myristic acid, Palmitic acid, Palmitoleic acid, Stearic acid, Oleic acid, Linoleic acid, Linolenic acid, Eicosatrienoic acid, Arachidonic acid, Eicosapentaenoic acid (EPA) และ Docosahexaenoic acid (DHA) โดยกรดไขมันชนิดอิ่มตัวจะประกอบด้วย Palmitic acid เป็นส่วนใหญ่ พบประมาณ 23.85% ส่วนกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวที่มีพันธะคู่ 1 พันธะ มี Oleic acid เป็นส่วนใหญ่ พบประมาณ 42.59% สำหรับ DHA เป็นกรดไขมันที่พบมากที่สุดในกลุ่มของกรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงซ้อน โดยพบประมาณ 0.70%

การศึกษานี้สอดคล้องกับการศึกษาของ Ozogul และคณะ (2007) ซึ่งได้ทำการศึกษาองค์ประกอบของกรดไขมันในปลาชนิดต่างๆ จากทะเลเมดิเตอร์เรเนียน (Mediterranean sea) ทะเลดำ (Black sea) และทะเลเอจีน (Aegean sea) พบว่ากรดไขมัน Palmitic acid เป็นกรดไขมันหลักของกรดไขมันอิ่มตัว โดยมีประมาณ 15.5-21.5% ส่วนกรดไขมัน Oleic acid เป็นกรดไขมันหลักของกรดไขมันไม่อิ่มตัวที่มีพันธะคู่ 1 พันธะ โดยพบประมาณ 9.1-20.8% และพบว่ากรดไขมันไม่อิ่มตัว EPA และDHA เป็นกรดไขมันหลักของกรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงซ้อน โดยพบประมาณ 4.74-11.7% และ 7.69-30.3% ตามลำดับ ทั้งนี้กรดไขมันไม่อิ่มตัว EPA และ DHA จากน้ำมันปลาเผาะที่ศึกษามีปริมาณต่ำกว่าน้ำมันจากปลาทะเลที่ Ozogul และคณะ (2007) ได้ศึกษาไว้มาก

กรดไขมันที่เป็นองค์ประกอบหลักในน้ำมันปลาเผาะ คือ Palmitic acid, Stearic acid, Oleic acid และ Linoleic acid ส่วน EPA และ DHA ในปลาเผาะ พบเพียง 0.21 และ 0.70% ตามลำดับ ซึ่งแตกต่างจากในปลาทะเลที่พบ EPA และ DHA สูงมาก เช่น ปลา blue fin tuna พบ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ถึง 19.1-23.3% (Nakamura *et al*.,2007) ผลการศึกษานี้สอดคล้องกับผลการศึกษาของ Saito และคณะ (1999) ซึ่งได้รายงานไว้ว่าปริมาณของกรดไขมันในเนื้อเยื่อส่วนต่างๆ ของปลาจะเปลี่ยนแปลงได้ขึ้นกับปัจจัยต่างๆ เช่น ฤดูกาล อาหาร ที่อยู่อาศัย สภาวะแวดล้อม สภาพการสืบพันธุ์ เพศ และ การเพาะเลี้ยง เป็นต้น (Ackman, 1989)

ปลาเผาะเป็นปลาน้ำจืด ซึ่งโดยทั่วไปปลาน้ำจืดจะมีการสะสมไขมันอิ่มตัวเพื่อใช้เป็นแหล่งของพลังงาน (Stansby, 1990) การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของน้ำมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงกรดไขมันในฟอสโฟลิปิด 3 ด้านด้วยกัน คือ การเปลี่ยนแปลงตำแหน่งของกรดไขมันในสายเอซิลกลีเซอรอล การจัดเรียงตัวของกรดไขมันในโครงสร้างฟอสโฟลิปิด และการเปลี่ยนแปลงชนิดของฟอสโฟลิปิด ดังนั้นการสะสมกรดไขมันของปลาน้ำจืดส่วนใหญ่จึงเป็นกรดไขมันชนิดอิ่มตัวและกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวที่มีพันธะคู่ 1 พันธะ ส่วนปลาทะเลน้ำลึกซึ่งอาศัยอยู่ในบริเวณที่มีอุณหภูมิของน้ำค่อนข้างต่ำจำเป็นต้องสะสมกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวเชิงซ้อน เช่น EPA และ DHA เพื่อช่วยในการทำหน้าที่และรักษาสภาพความยืดหยุ่นของเซลล์ภายใต้สภาพแวดล้อมที่มีอุณหภูมิต่ำ (Steffens, 1997)

นอกจากนี้ Celik และคณะ (2005) ยังได้ทำการศึกษาองค์ประกอบของกรดไขมันในปลาน้ำจืด Zander (*Sander lucioperca*) จากทะเลสาบเอกิรดิร (Egirdir lake) และทะเลสาบเซฮาน (Seyhan lake) พบว่าองค์ประกอบของกรดไขมันส่วนใหญ่จะเป็นกรดไขมันอิ่มตัวและกรดไขมันไม่อิ่มตัวพันธะคู่ 1 พันธะ และพบในปริมาณใกล้เคียงกับปริมาณกรดไขมันที่พบในปลาเผาะที่ศึกษานี้ แต่ในส่วนของกรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงซ้อนชนิด EPA และ DHA จะพบในปริมาณที่สูงกว่าในปลาเผาะเล็กน้อย

4.3 การเพิ่มความเข้มข้นของ EPA และ DHA จากน้ำมันปลาเผาะโดยการตกผลึกกับยูเรีย

การศึกษาการเพิ่มความความเข้มข้นของ EPA และ DHA ได้ทำการศึกษาโดยใช้น้ำมันที่สกัดจากเนื้อเยื่อส่วนพุงและเนื้อเยื่อไขมันของปลาเผาะ โดยนำมาตกผลึกกับยูเรียที่อัตราส่วนของยูเรียต่อกรดไขมัน อุณหภูมิ และเวลาที่แตกต่างกัน แสดงดังตาราง 4.3-4.4

จากผลการทดลองพบว่าสภาวะที่สามารถเพิ่มความเข้มข้น EPA ได้สูงสุดอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) คือ การใช้อัตราส่วนของยูเรียต่อกรดไขมัน 4:1 อุณหภูมิในการตกผลึก -20 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 ชั่วโมง ซึ่งสามารถเพิ่มความเข้มข้นของ EPA ขึ้นไปได้ 89.84% ดังนั้นหากต้องการได้ผลิตภัณฑ์ที่มีความเข้มข้นสูงสุด ควรเลือกทำให้เข้มข้นที่สภาวะดังกล่าวนี้ แต่หากต้องการนำปริมาณของน้ำมันที่ได้กลับคืนมา (yield) มาพิจารณาร่วมกับความเข้มข้นที่ได้ การหาสภาวะที่เหมาะสมควร

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

พิจารณาจากค่า relative recovery ซึ่งค่า relative recovery เป็นค่าที่แสดงถึงปริมาณของกรดไขมันที่ได้ออกมาเทียบกับปริมาณที่มีอยู่ในน้ำมันตั้งต้น ซึ่งพบว่าที่สภาวะการใช้อัตราส่วนของยูเรียต่อกรดไขมัน 3:1 อุณหภูมิในการตกผลึก -10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 ชั่วโมง เป็นสภาวะที่ให้ค่า relative recovery สูงสุด

ส่วนสภาวะที่สามารถเพิ่มความเข้มข้นของ DHA ได้สูงสุดอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) คือการใช้อัตราส่วนของยูเรียต่อกรดไขมัน 4:1 อุณหภูมิในการตกผลึก -20 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 12 ชั่วโมง ซึ่งสามารถเพิ่มความเข้มข้นของ DHA ขึ้นไปได้ 95.02% ส่วนสภาวะที่ให้ค่า relative recovery สูงสุดคือ สภาวะที่ใช้อัตราส่วนของยูเรียต่อกรดไขมัน 3:1 อุณหภูมิในการตกผลึก -5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 18 ชั่วโมง

การศึกษานี้ได้ yield 20-43% ซึ่งสูงกว่าการศึกษาของ Wanasundara และ Shahidi (1999) โดยใช้วิธีตกผลึกกับยูเรียเช่นเดียวกัน แต่ Wanasundara และ Shahidi (1999) ได้ yield 20-35% ทั้งนี้เนื่องการเลือกใช้สภาวะในการเพิ่มความเข้มข้นที่แตกต่างกัน นอกจากนี้ยังทำการศึกษาในปลาต่างชนิดกัน ซึ่งปลาชนิดต่างๆ จะมีองค์ประกอบและการจัดเรียงตัวของโครงสร้างของกรดไขมันแตกต่างกัน ทำให้ความสามารถในการเกิดสารเชิงรวมกับยูเรียมีประสิทธิภาพต่างกันด้วย

การทดลองพบว่าปัจจัยของอัตราส่วนของยูเรียต่อกรดไขมัน อุณหภูมิในการตกผลึก และเวลาที่ใช้มีผลต่อการเพิ่มความเข้มข้นของ EPA และ DHA โดยเมื่อใช้อัตราส่วนของยูเรียเพิ่มขึ้น อุณหภูมิลดลง และใช้เวลานานขึ้นจะช่วยให้การเกิดสารเชิงรวมระหว่างยูเรียกับกรดไขมันมีความเสถียรมากขึ้น (Medina *et al.,* 1998) ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Medina และคณะ (1998) ที่ทำการศึกษาเกี่ยวกับระดับปัจจัยที่เหมาะสมต่อการเพิ่มความเข้มข้นของกรดไขมันโอเมก้า -3 พบว่าการใช้อัตราส่วนของยูเรียต่อกรดไขมัน 2: 1, 3:1 และ 4: 1 และอุณหภูมิในการตกผลึก ที่ -20, -12, -4 และ 4 องศาเซลเซียส จะทำให้ได้กรดไขมันไม่อิ่มตัว EPA และ DHA ปริมาณสูง ทั้งนี้ยังขึ้นกับองค์ประกอบและการจัดเรียงตัวของโครงสร้างกรดไขมันภายในน้ำมันชนิดนั้นๆ ด้วย

การเพิ่มความความเข้มข้นของ EPA และ DHA โดยนำมาตกผลึกกับยูเรียเป็นวิธีที่ง่าย ต้นทุนต่ำ สามารถขยายกำลังการผลิตไปสู่เชิงพาณิชย์ได้ นอกจากนี้ยังมีประสิทธิภาพดีเทียบเท่ากับวิธีโครมาโตรกราฟีซึ่งเป็นวิธีที่ลงทุนสูง และใช้ได้เฉพาะในห้องปฏิบัติการ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 4.3 ปริมาณ EPA ที่เพิ่มขึ้นและน้ำมันที่ได้หลังจากผ่านกระบวนการตกผลึกด้วยยูเรีย

Urea : FA	Temp (^{o}C)	Time (h)	C20:5 (%)	Yield (%)	% Relative recovery (EPA)
2:1	-5	6	76.56 ± 2.71	42.39 ± 0.10	64.91±2.31
2:1	-5	12	69.53 ± 2.70	42.18 ± 0.09	58.66±2.39
2:1	-5	18	76.56 ± 1.35	31.76 ± 0.40	48.64±1.43
2:1	-10	6	69.53 ± 1.36	41.01 ± 0.80	57.02±0.86
2:1	-10	12	75.00 ± 2.34	41.27 ± 0.32	61.90±2.28
2:1	-10	18	78.13 ± 1.36	37.66 ± 0.44	58.83±0.34
2:1	-15	6	74.22 ± 1.36	36.76 ± 0.31	54.57±1.44
2:1	-15	12	79.69 ± 2.33	35.76 ± 0.62	57.01±2.67
2:1	-15	18	79.69 ± 2.34	30.86 ± 0.46	49.17±0.74
2:1	-20	6	82.03 ± 2.34	34.07 ± 0.25	55.89±1.50
2:1	-20	12	83.59 ± 1.35	31.70 ± 0.49	52.99±0.34
2:1	-20	18	85.16 ± 1.36	29.66 ± 0.54	50.51±1.33
3:1	-5	6	74.22 ± 2.71	43.04 ± 1.20	63.92±4.14
3:1	-5	12	73.44 ± 1.35	42.59 ± 1.38	62.59±3.19
3:1	-5	18	75.00 ± 2.34	43.03 ± 0.60	64.56±2.75
3:1	-10	6	76.56 ± 1.35	43.78 ±0.62	67.05±1.48
3:1	-10	12	75.00 ± 2.35	4170 ± 0.50	62.54±1.28
3:1	-10	18	74.22 ± 3.58	40.81 ± 0.64	60.54±1.99
3:1	-15	6	80.47 ± 1.35	33.33 ± 0.81	53.64±1.74
3:1	-15	12	82.81 ± 1.35	30.84 ± 0.57	51.07±0.44
3:1	-15	18	82.03 ± 2.34	30.41 ± 0.49	49.88±0.95
3:1	-20	6	85.16 ± 1.35	29.71 ± 0.41	50.60±1.36
3:1	-20	12	84.38 ± 2.35	28.52 ± 0.43	48.13±1.81
3:1	-20	18	82.03 ± 2.34	27.44 ± 0.40	45.01±0.94
4:1	-5	6	75.00 ± 2.34	39.78 ± 0.52	59.65±1.13
4:1	-5	12	70.31 ± 2.34	38.30 ± 0.46	53.85±1.40
4:1	-5	18	75.00 ± 2.34	37.40 ± 0.63	56.12±2.70
4:1	-10	6	73.44 ± 1.35	38.96 ± 0.48	57.23±1.69
4:1	-10	12	74.22 ± 2.71	35.82 ± 0.57	53.17±2.09
4:1	-10	18	77.34 ± 2.34	31.87 ± 0.74	49.32±2.63
4:1	-15	6	82.81 ± 1.35	29.65 ± 0.45	49.11±0.96
4:1	-15	12	80.47 ± 1.35	28.83 ± 0.60	46.38±0.34
4:1	-15	18	79.69 ± 2.34	28.24 ± 0.49	45.02±2.09
4:1	-20	6	89.84 ± 1.35	26.42 ± 0.42	47.46±0.35
4:1	-20	12	86.72 ± 2.34	25.45 ± 0.53	44.15±1.82
4:1	-20	18	79.67 ± 2.35	20.23 ± 1.07	32.28±2.64

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 4.4 ปริมาณ DHA ที่เพิ่มขึ้นและน้ำมันที่ได้หลังจากผ่านกระบวนการตกผลึกด้วยยูเรีย

Urea : FA	Temp (^{o}C)	Time (h)	C22:6 (%)	Yield (%)	% Relative recovery (DHA)
2:1	-5	6	74.64 ± 4.93	42.39 ± 0.10	63.29±4.16
2:1	-5	12	68.01 ± 6.37	42.18 ± 0.09	57.38±5.48
2:1	-5	18	73.93 ± 1.23	31.76 ± 0.40	46.97±1.33
2:1	-10	6	69.67 ± 1.23	41.01 ± 0.80	57.13±0.30
2:1	-10	12	74.17 ± 3.51	41.27 ± 0.32	61.23±3.35
2:1	-10	18	73.22 ± 0.71	37.66 ± 0.44	55.15±0.40
2:1	-15	6	73.46 ± 2.29	36.76 ± 0.31	54.01±1.95
2:1	-15	12	79.38 ± 5.14	35.76 ± 0.62	56.81±4.60
2:1	-15	18	80.33 ±3.10	30.86 ± 0.46	49.57±1.20
2:1	-20	6	91.47 ± 0.41	34.07 ± 0.25	62.33±0.22
2:1	-20	12	81.99 ±2.28	31.70 ± 0.49	51.98±1.43
2:1	-20	18	82.94 ±2.69	29.66 ± 0.54	49.17±0.73
3:1	-5	6	74.88 ± 5.34	43.04 ± 1.20	64.54±6.45
3:1	-5	12	72.51 ±5.55	42.59 ± 1.38	61.87±6.81
3:1	-5	18	77.25 ± 3.91	43.03 ± 0.60	66.51±4.28
3:1	-10	6	73.70 ± 5.14	43.78 ±0.62	64.57±5.29
3:1	-10	12	76.07 ± 3.96	4170 ± 0.50	63.44±3.40
3:1	-10	18	74.88 ± 2.17	40.81 ± 0.64	61.10±0.83
3:1	-15	6	82.46 ± 2.46	33.33 ± 0.81	54.94±0.51
3:1	-15	12	84.60 ± 2.46	30.84 ± 0.57	52.17±0.78
3:1	-15	18	81.99 ± 2.29	30.41 ± 0.49	49.86±1.20
3:1	-20	6	86.97 ± 1.09	29.71 ± 0.41	51.66±0.33
3:1	-20	12	83.87 ± 0.71	28.52 ± 0.43	47.85±0.99
3:1	-20	18	80.09 ± 5.14	27.44 ± 0.40	43.95±1.67
4:1	-5	6	79.15 ± 4.73	39.78 ± 0.52	62.94±2.98
4:1	-5	12	71.09 ± 2.56	38.30 ± 0.46	54.45±1.69
4:1	-5	18	79.15 ± 3.51	37.40 ± 0.63	59.20±2.93
4:1	-10	6	78.67 ± 2.69	38.96 ± 0.48	61.32±2.80
4:1	-10	12	77.49 ± 4.93	35.82 ± 0.57	55.52±3.61
4:1	-10	18	83.87 ± 0.72	31.87 ± 0.74	53.48±1.69
4:1	-15	6	91.94 ± 0.41	29.65 ± 0.45	54.52±0.66
4:1	-15	12	80.33 ± 3.10	28.83 ± 0.60	46.31±2.09
4:1	-15	18	87.44 ± 0.71	28.24 ± 0.49	49.39±1.20
4:1	-20	6	92.65 ± 0.41	26.42 ± 0.42	48.95±0.60
4:1	-20	12	95.02 ± 1.64	25.45 ± 0.53	48.36±0.52
4:1	-20	18	87.20 ± 1.09	20.23 ± 1.07	35.30±2.29

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved