

ปัจจัยในการเกิดการเหม็นหืนของน้ำมันมะพร้าวและวิธีป้องกัน

Causing Factors and Prevention of Rancidity of Coconut Oil

สุคนธ์ชน ศรีงาม และ ศิริวรรณ เนติวรานนท์¹

Sukoncheun Sringam and Siriwan Netiwaranon

ABSTRACT

The presence of microorganisms was proven to cause the increasing of free fatty acid in coconut oil. The effects of storage time, moisture, light and high temperature on the rancidity occurrence of high microbial loaded coconut oil were studied. The storage time and moisture were the positive factors while light and high temperature were the negative ones on the production of rancidity. Heating at 100°C for 20 min. was sufficient to destroy microbial load of 2.4×10^5 colony/ml, and prevented rancidity during storage. Heat treatment must be applied before an occurrence of rancidity

บทคัดย่อ

การทดลองพิสูจน์ได้ว่าเชื้อจุลินทรีย์ เป็นสาเหตุเริ่มต้นของการเกิดกรดไขมันอิสระ ในน้ำมันมะพร้าว จึงทำการศึกษาปัจจัย 4 อย่าง คือ ระยะเวลาในการเก็บรักษา ความชื้น แสงและอุณหภูมิสูงต่อการเกิดการเหม็นหืนของน้ำมันมะพร้าวที่มีเชื้อจุลินทรีย์สูงอยู่แล้ว พบว่าระยะเวลาในการเก็บรักษาและความชื้น มีผลในการเพิ่มปฏิกิริยา ขณะที่แสงและอุณหภูมิสูงมีผลในการลดปฏิกิริยาการเหม็นหืน การให้ความร้อนแก่น้ำมันที่มีเชื้อจุลินทรีย์ 2.4×10^5 โคโลนี/มล. ที่อุณหภูมิ 100°ซ. 20 นาที สามารถทำลายเชื้อจุลินทรีย์ได้หมด และไม่เกิดกลิ่นเหม็นหืนเมื่อเก็บรักษา การให้ความร้อนต้องทำก่อนเกิดกลิ่นเหม็นหืน

บทนำ

การเหม็นหืนของน้ำมันบริโภคทั่วไป เกิดได้ 3 สาเหตุ แต่ในน้ำมันมะพร้าวมีกรดไขมันไม่อิ่มตัวคือกรดโอเลอิกเพียง 5% และกรดลิโนลิก 2.5% การเหม็นหืนแบบ oxidative จึงเกิดได้ช้า (Weiss, 1970) และโอกาสเกิดน้อยกว่าแบบ hydrolytic และ ketonic ซึ่งเกิดจากการปนเปื้อนของเชื้อจุลินทรีย์ที่สร้างเอ็นไซม์ไลเปสและอื่น ๆ ย่อยน้ำมันและกรดไขมันเป็นกรดไขมันอิสระ และคีโตนตามลำดับ กรดไขมันอิสระจากน้ำมันมะพร้าวมีขนาดโมเลกุลปานกลางและให้กลิ่นเฉพาะตัวแตกต่างกัน คือกรดคาไพรลิกให้กลิ่นเหม็นหืน กรดคาพริกให้กลิ่นคล้ายไข กรดลอริกให้กลิ่นคล้ายไขว และกรดมารีสดิกให้กลิ่นคล้ายสบู่ (Ohlson, 1976) อุณหภูมิที่เหมาะสมของ

¹ ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Dept. of Food Science and Technology, Faculty of Agro - Industry, Kasetsart University, Bangkok 10900, Thailand.

การทำงานของเอนไซม์ไลเปสคือ 37 – 40°ซ. แต่ปฏิกิริยาไฮโดรไลซิสยังสามารถเกิดได้ที่อุณหภูมิห้องหรืออุณหภูมิตู้เย็น ปกติพบเอนไซม์ไลเปสที่ผิวสัมผัสระหว่างน้ำและน้ำมันในอาหาร และต้องการน้ำในปฏิกิริยา น้ำมันมะพร้าวที่สกัดจากเนื้อมะพร้าวที่แห้งไม่สนิทและเก็บรักษาไม่ดี จะมีปริมาณกรดไขมันอิสระสูงมาก (Hoover *et al.*, 1973)

การเหม็นหืนแบบ ketonic เกิดกับน้ำมันเมื่อมีความชื้นและการปนเปื้อนของเชื้อรา (Child, 1974) การดูดซับกรดไขมันขนาดปานกลางบนโมซีเลียมของเชื้อรา ทำให้ระบบการทำงานของเอนไซม์จากเชื้อรบกพร่อง ขบวนการย่อยสลายกรดไขมันแบบ beta - oxidation จึงหยุดชะงักที่กรดคีโตนิก แล้วเกิดการสูญเสียคาร์บอนไดออกไซด์ เปลี่ยนเป็นเมธิลคีโตน การเหม็นหืนแบบ ketonic นี้ จะเกิดเฉพาะกับน้ำมันมะพร้าวซึ่งมีกรดไขมันขนาดปานกลางเท่านั้น กลิ่นของเมธิลคีโตนแตกต่างกันตามความยาวของโมเลกุล เช่น methyl heptyl ketone มีกลิ่นฉุนแหลม (Lea, 1939)

การเหม็นหืนแบบ hydrolytic และ ketonic นี้จะเกิดขึ้นควบคู่กันไป เอนไซม์ไลเปสจะย่อยน้ำมันไขมันเป็นกรดไขมันอิสระก่อน แล้วเอนไซม์อื่นจึงย่อยสลายกรดไขมันอิสระต่อไปเป็นคีโตน สามารถตรวจพบทั้งกรดไขมันอิสระและคีโตนในตัวอย่างน้ำมันมะพร้าวที่ถูกปนเปื้อนด้วยเชื้อจุลินทรีย์จากธรรมชาติ ปริมาณต่ำสุดของกรดไขมันอิสระและคีโตนที่แสดงกลิ่นเหม็นหืนคือ 0.26% และ 0.082 มก./ก. ตามลำดับ (สุคนธ์ชื่นและศิริวรรณ, 2532) เอนไซม์ไลเปสถูกทำลายโดยการให้ความร้อนตั้งแต่ 60 – 70°ซ. และจะถูกทำลายได้เร็วขึ้นที่อุณหภูมิ 90 – 110°ซ. (Ohlson, 1976) เมื่ออยู่ในสภาพแห้ง เอนไซม์จะมีความทำงานลดลง ในอาหารที่เป็นอิมัลชัน มีการกระจายตัว

ตัวของน้ำมันในน้ำ เอนไซม์จะทำงานได้ดีขึ้น (Brockhoff, 1971)

อุปกรณ์และวิธีการ

การศึกษาปัจจัยในการเกิดการเหม็นหืน

เตรียมตัวอย่างน้ำมันมะพร้าว ให้มีเชื้อจุลินทรีย์ 3 ระดับ คือ ระดับสูง โดยการเติมเนื้อมะพร้าวเสียลงในน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ ในอัตราส่วน 1 ต่อ 12 โดยน้ำหนัก ตั้งทิ้งไว้ 5 ชม. แล้วกรองแยกเนื้อมะพร้าวออก ระดับปกติ คือน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์จากท้องตลาด และระดับต่ำ โดยการให้ความร้อนก่อนถึงจุดเกิดควัน (140°ซ.) เป็นเวลา 15 นาที วิเคราะห์จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด (total plate count) ในน้ำมันทั้ง 3 ระดับ ตามวิธีของ American Public Health Association (1970) เติมน้ำในตัวอย่างน้ำมันในปริมาณ 10% แล้วบรรจุในขวดแก้วสะอาดมีฝาปิด เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 10 สัปดาห์ วิเคราะห์ปริมาณกรดไขมันอิสระตามวิธีของ AOAC (1975) ทุกสัปดาห์ระหว่างการเก็บ

เตรียมตัวอย่างน้ำมันมะพร้าวที่มีเชื้อจุลินทรีย์ระดับสูงโดยวิธีการข้างต้น แบ่งน้ำมันออกเป็น 8 ส่วน บรรจุในขวดแก้วสะอาดมีฝาปิด ให้ได้รับการกระทำต่าง ๆ ซึ่งประกอบด้วย การเติมน้ำ 10% การรับแสง และการรับอุณหภูมิสูง (กลางแดด) ในกรณีที่ไม่ต้องการแสงหุ้มขวดด้วยกระดาษอลูมิเนียม แล้วเก็บรักษาน้ำมันเป็นเวลา 10 สัปดาห์ วิเคราะห์ปริมาณกรดไขมันอิสระตามวิธีของ AOAC (1975) และดมกลิ่น ก่อนและหลังการเก็บ

การใช้ความร้อนทำลายจุลินทรีย์ในน้ำมันมะพร้าว

เตรียมตัวอย่างน้ำมันมะพร้าวให้มีเชื้อจุลินทรีย์ โดยการเติมเนื้อมะพร้าวเสีย ตามวิธีการที่กล่าวมา

แล้ว จากนั้นเติมน้ำปริมาณเล็กน้อย แบ่งน้ำมันมะพร้าวที่เตรียมได้ ออกเป็น 8 ส่วนเท่า ๆ กัน แล้วนำไปให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 60, 80, 100 และ 120°ซ. เป็นเวลา 20 และ 40 นาที ตามลำดับ ถายน้ำมันใส่ขวดที่ปลอดเชื้อปิดฝาให้สนิท เก็บที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 5 สัปดาห์

หาปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด วิเคราะห์ปริมาณกรดไขมันอิสระ ก่อนและหลังการให้ความร้อน และหลังเก็บเป็นเวลานาน 5 สัปดาห์ สังเกตการเปลี่ยนแปลงของกลิ่นโดยการดม

ผลและวิจารณ์

ปัจจัยที่มีผลต่อการหมิ่นเหม่

น้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์จากท้องตลาดมีเชื้อจุลินทรีย์ 1.5×10^3 โคโลนี/มล. เมื่อเติมน้ำมันมะพร้าวเสียให้สัมผัสกับน้ำมันมะพร้าวเป็นเวลานาน 5 ชม. น้ำมันมะพร้าวมีเชื้อจุลินทรีย์สูงขึ้นเป็น 5.8×10^5 โคโลนี/มล. แสดงว่าเชื้อจุลินทรีย์บางชนิดสามารถดำรงชีวิตในน้ำมันมะพร้าวได้ และเมื่อให้ความร้อน 140°ซ. เป็นเวลา 15 นาที เชื้อจุลินทรีย์ลดลงเหลือ 1.0×10^2 โคโลนี/มล.

เมื่อเก็บน้ำมันมะพร้าวที่มีเชื้อจุลินทรีย์ทั้ง 3 ระดับนี้เป็นเวลา 10 สัปดาห์ พบว่าน้ำมันที่มีเชื้อจุลินทรีย์ต่ำและปกติ มีการเพิ่มขึ้นของกรดไขมันอิสระเพียงเล็กน้อย ขณะที่น้ำมันที่มีเชื้อจุลินทรีย์สูง มีการเพิ่มขึ้นของกรดไขมันอิสระมาก ในช่วงเวลา 2 สัปดาห์แรก ในช่วงเวลาหลังจากนั้น อัตราเร็วในการเกิดกรดไขมันอิสระลดลงเล็กน้อย ดังแสดงใน Figure 1 จากความแตกต่างของปริมาณกรดไขมันอิสระที่เกิดขึ้นระหว่างการเก็บนี้ อาจสรุปได้ว่า เชื้อจุลินทรีย์เป็นปัจจัยเบื้องต้นในการหมิ่นเหม่แบบไฮโดรไลติก และเชื้อจุลินทรีย์ 5.75×10^5 โคโลนี/มล.

เพียงพอที่ทำให้เกิดกรดไขมันอิสระเพิ่มขึ้นภายในเวลาอันรวดเร็ว การศึกษาปัจจัยอื่น ๆ ที่มีผลต่อการเกิดปฏิกิริยาการหมิ่นเหม่แบบนี้ จึงเริ่มต้นจากน้ำมันที่มีการปนเปื้อนของเชื้อจุลินทรีย์

น้ำมันที่เก็บในสภาวะต่าง ๆ 8 แบบ (ตัวอย่างที่ 1 – ตัวอย่างที่ 8) เป็นเวลา 0 และ 10 สัปดาห์ มีปริมาณกรดไขมันอิสระแตกต่างกันตาม Table 1 จากการวิเคราะห์ทางสถิติของค่ากรดไขมันอิสระ ตามการทดลองแบบ factorial, 2^4 โดยมีปัจจัยหลัก 4 อย่างคือ เวลาในการเก็บ ความชื้นที่ปะปนในน้ำมัน แสง และอุณหภูมิ ปัจจัยละ 2 ระดับ คือไม่ได้รับและได้รับปัจจัยนั้น ๆ ปรากฏว่าเวลาในการเก็บรักษาและความชื้นที่ปะปนในน้ำมัน มีผลทำให้กรดไขมันอิสระเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($P = 0.01$) ขณะที่อุณหภูมิมีผลในการลดปริมาณกรดไขมันอิสระอย่างมีนัยสำคัญยิ่งเช่นกัน ส่วนแสงนั้นมีผลในการลดกรดไขมันอิสระอย่างมีนัยสำคัญ ($P = 0.05$) เวลาใน

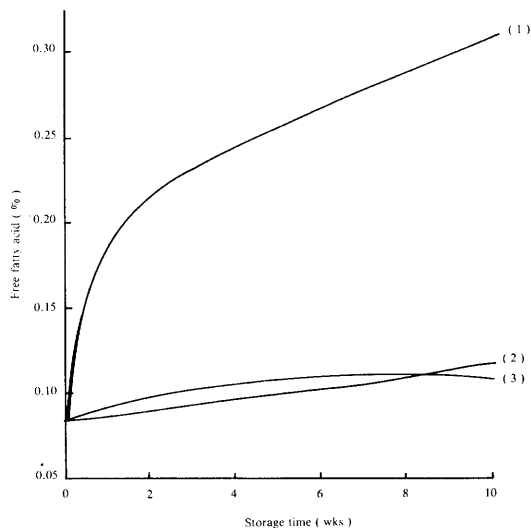


Figure 1. Free fatty acid content of coconut oils at 3 levels of microorganism load during 10 wks storage time; (1) high level, (2) normal level and (3) low level.

Table 1 Free fatty acid content and rancidity odor of coconut oils at various storage conditions

Sample	Condition			Free fatty acid (%)		Rancidity odor	
	Moisture	Light	Temp	0 wk	10 wks	0 wk	10 wks
1	-	-	-	0.18	0.24	-	-
2	-	-	+	0.16	0.22	-	-
3	-	+	-	0.16	0.26	-	-
4	-	+	+	0.16	0.23	-	+ (1)
5	+	-	-	0.20	0.42	-	+
6	+	-	+	0.19	0.30	-	+
7	+	+	-	0.19	0.29	-	+
8	+	+	+	0.18	0.26	-	+ (1)

+ = presence, - = absence

(1) = oxidative rancidity odor

การเก็บรักษาและความชื้นทำให้กรดไขมันอิสระเพิ่มขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองข้างต้น เนื่องจากการเกิดปฏิกิริยาไฮโดรไลซิสต้องการน้ำในปฏิกิริยา และเป็นปฏิกิริยาทางเคมีย่อมได้ผลิตผลเพิ่มขึ้นตามเวลา อุณหภูมิมีผลในการลดกรดไขมันอิสระ ทั้งนี้เนื่องจากอุณหภูมิกลางแดด (52°ซ.) ไม่เหมาะสมในการทำงานของเอ็นไซม์ไลเปสจากเชื้อจุลินทรีย์เท่ากับที่อุณหภูมิห้อง หรือเชื้อจุลินทรีย์และเอ็นไซม์บางส่วนถูกทำลายด้วยความร้อน ส่วนผลในทางลบของแสงนั้นยังไม่สามารถบอกเหตุผลได้

เมื่อพิจารณาผลรวมของปัจจัย 2 อย่าง พบว่าเวลากับความชื้นมีผลในการเพิ่มกรดไขมันอิสระอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง แต่เวลากับอุณหภูมิและความชื้นกับแสงมีผลร่วมกันในทางตรงกันข้าม โดยที่เวลาและความชื้นมีผลในทางเพิ่มส่วนอุณหภูมิและแสงมีผลในทางลด แต่ผลรวมของปัจจัยทั้งสองคู่ทำให้กรดไขมันอิสระสูงขึ้น

ผลการตรวจสอบกลิ่นของน้ำมันด้วยผู้ชำนาญ ปรากฏว่าน้ำมันเริ่มต้นทุกตัวอย่างไม่มีกลิ่นเหม็นหืน แสดงว่าถึงแม้จะมีเชื้อจุลินทรีย์ในปริมาณสูง แต่การสร้างกรดไขมันอิสระซึ่งเป็นสารให้กลิ่น ยังเกิดขึ้นไม่เพียงพอที่จะเกิดกลิ่น จนเมื่อเก็บไว้นาน 10 สัปดาห์ ตัวอย่างน้ำมันที่มีกรดไขมันอิสระมากกว่า 0.26% จึงแสดงกลิ่นเหม็นหืน สอดคล้องกับค่าความเข้มข้นต่ำสุดของกรดไขมันอิสระ (threshold) ที่แสดงกลิ่นเท่ากับ 0.26% (สุนทรธินัน, 2532) ตัวอย่างที่ 3 มีกรดไขมันอิสระเท่ากับ 0.26% แต่ไม่ปรากฏกลิ่นอาจเนื่องจากเป็นกรดไขมันอิสระต่างชนิดกับตัวอย่างอื่น ๆ จึงมีค่า threshold แตกต่างไป ส่วนตัวอย่างที่ 4 และตัวอย่างที่ 8 มีกลิ่นเหม็นหืนแบบ oxidative ซึ่งอาจเป็นได้เพราะน้ำมันมะพร้าวมีกรดไขมันไม่อิ่มตัวอยู่บ้าง (Weiss, 1970) และตัวอย่างทั้งสองได้รับแสงและอุณหภูมิ ซึ่งเป็นปัจจัยในการเร่งปฏิกิริยา oxidative rancidity

การทำลายเชื้อจุลินทรีย์ด้วยความร้อน

น้ำมันมะพร้าวที่เตรียมในการทดลองนี้มีเชื้อจุลินทรีย์ 2.4×10^5 โคโลนี/มล. และยังไม่ปรากฏกลิ่นเหม็นหืน เนื่องจากปริมาณเอ็นไซม์จากเชื้อจุลินทรีย์อยู่ในระดับต่ำ เมื่อให้ความร้อน จำนวนจุลินทรีย์จะลดลงตามปริมาณความร้อนและเวลาที่ให้ และความร้อนที่ 100°C . นาน 20 นาที สามารถทำลายเชื้อจุลินทรีย์ได้หมด ดังแสดงใน Table 2 กรดไขมันอิสระก่อนและหลังการให้ความร้อนมีค่าใกล้เคียงกันเป็น $0.11 - 0.13\%$ แสดงว่าไม่มีการระเหยกลายเป็นไอระหว่างให้ความร้อน

เมื่อเก็บตัวอย่างน้ำมันที่ให้ความร้อนแล้วนี้ไว้นาน 5 สัปดาห์ พบว่าจำนวนจุลินทรีย์ลดลง แสดงว่าเชื้อจุลินทรีย์เจริญได้ไม่ดีนักในน้ำมันมะพร้าว แต่ปริมาณกรดไขมันอิสระเพิ่มขึ้น ทั้งนี้อาจเป็นเพราะมีเอ็นไซม์ที่เกิดจากเชื้อจุลินทรีย์ที่เจริญในช่วงแรก การ

เพิ่มของกรดไขมันอิสระใกล้เคียงกันทุกตัวอย่าง ยกเว้นตัวอย่างที่ไม่ได้รับความร้อน ซึ่งเพิ่มมากกว่า

หลังการเก็บ 5 สัปดาห์ ตัวอย่างที่ไม่ได้รับความร้อนมีกลิ่นเหม็นหืนอย่างรุนแรง และตัวอย่างที่ได้รับอุณหภูมิ 60°C . 20, 40 นาที และอุณหภูมิ 80°C . 20 นาที มีกลิ่นเหม็นหืนปนเหม็นเปรี้ยว ต่างจากตัวอย่างแรก แสดงว่ามีสารที่ทำให้กลิ่นต่างชนิดกัน ทั้งนี้เนื่องจากเชื้อจุลินทรีย์ที่เหลือจากการให้ความร้อนมีปฏิกิริยาย่อยไขมันและกรดไขมันต่างชนิดกับเชื้อจุลินทรีย์ที่มีอยู่เดิม ตัวอย่างที่ให้ความร้อนสูงกว่านี้ไม่มีกลิ่นเหม็นหืน แสดงว่าความร้อนที่ใช้เพียงพอในการทำลายเชื้อจุลินทรีย์และเอ็นไซม์ แต่เนื่องจากกรดไขมันอิสระไม่สามารถระเหยหรือสลายตัวเมื่อได้รับความร้อน จึงไม่อาจใช้ความร้อนในการกำจัดกลิ่นเหม็นหืนที่เกิดขึ้นแล้วได้ การให้ความร้อนจึงควรกระทำก่อนที่จะเกิดกลิ่นเหม็นหืน

Table 2 Total plate counts and free fatty acid of microbial contaminated coconut oil after treatment and 5 week storage.

Treatment	TPC (col/ml)		Free fatty acid (%)	
	1	2	1	2
No heat	2.4×10^5	50	0.11	0.33
60°C , 20 min	1.8×10^5	4×10^2	0.12	0.20
60°C , 40 min	1.1×10^5	-	0.12	0.21
80°C , 20 min	3.9×10^3	-	0.12	0.19
80°C , 40 min	1.0×10^2	-	0.12	0.19
100°C , 20 min	-	50	0.12	0.18
100°C , 40 min	-	50	0.13	0.19
120°C , 20 min	-	-	0.13	0.12
120°C , 40 min	-	-	0.13	0.19

1 : after treatment

2 : after treatment and 5 wk storage

สรุป

เชื้อจุลินทรีย์เป็นปัจจัยที่จำเป็นในการเกิดการหมิ่นหืนแบบ hydrolytic ส่วนเวลาเก็บรักษาและความชื้นเป็นปัจจัยที่เพิ่ม ขณะที่อุณหภูมิและแสงเป็นปัจจัยที่ลดการเกิดปฏิกิริยาทำให้เกิดการหมิ่นหืน การให้ความร้อน 100°ซ. นาน 20 นาที เพียงพอในการป้องกันไม่ให้เกิดการหมิ่นหืน เพราะเป็นความร้อนที่สามารถทำลายเชื้อจุลินทรีย์หรือเอนไซม์ได้

คำขอบคุณ

ผู้วิจัยขอขอบคุณสถาบันวิจัยและพัฒนาแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ที่ให้งบประมาณสนับสนุนงานวิจัยเรื่องนี้

เอกสารอ้างอิง

สุคนธ์ชื่น ศรีงาม และศิริวรรณ เนติวรานนท์. 2532. การหมิ่นหืนของน้ำมันมะพร้าว ว.เกษตรศาสตร์ (วิทย.) 23 (3) : 260 - 266.
American Public Health Association. 1970. Standard Method for the Examination

of Dairy Products 10th ed., American Public Health Association, Inc., New - York. 345 p.
AOAC 1975. Official Methods of Analysis. Association of Official Analytical Chemists, Washington, D.C. 1094 p.
Brockerhoff, H. 1971. On the function of bile salts and proteins as cofactors of lipase. J. Biol. Chem. 246 (18) : 5828 - 5831.
Child, R. 1974. Coconut. 2d.ed., Spottiswoods, Ballantyne and Co. Ltd., London. 216 p.
Hoover, R., S.F. Laurentius and K.G. Gun-tileke. 1973. Spoilage of coconut oil purification and properties of a fungal lipase that attacks coconut oil. J. Amer. Oil. Chemist's Soc. 50 : 64 - 67.
Lea.C.H. 1939. Rancidity in Edible Fats. Foods Investigation Special Report no. 46. Chemical Publishing, New York.
Ohlson, J.S.R. 1976. Processing effects on oil quality. J. Amer. Oil Chemist's Soc. 53 : 299 - 301.
Weiss, T.J. 1970. Food Oils and Their Uses. The AVI Publishing Company. Inc. Westport. Connecticut. 224 p.