ปีที่ 4 ฉบับที่ 1 มกราคม-มีนาคม 2553

สารที่ก่อให้เกิดกลิ่นในยางธรรมชาติ

รศ.ดร. จิตต์ลัดดา ศักดาภิพาณิชย์

บทนำ

ยางธรรมชาติเป็นยางที่ได้จากต้นยางฮีเวียบราซิลเลียนซิส (*Hevea brasiliensis*) น้ำยางสดที่กรีดได้จากต้นยางมีลักษณะสีขาวข้น ประกอบด้วยอนุภาคยางขนาดประมาณ 1 ไมครอน โดยมีปริมาณของเนื้อยางประมาณร้อยละ 30 ซึ่งเป็นสารประกอบไฮโดรคาร์บอนของโพลีไอโซพรีนที่มีโครงสร้างเป็นแบบซิส (cis-1,4-polyisoprene) เกือบทั้งหมด นอกจากนี้ยังประกอบด้วยส่วนที่ไม่ใช่ยาง (non-rubber component) ได้แก่ โปรตีน ไขมัน น้ำตาล ไอออนของโลหะ เป็นต้น ในปริมาณร้อยละ 6-8 โดยน้ำหนัก ซึ่งเชื่อว่ามีผลทำให้ยางธรรมชาติมีคุณสมบัติเด่นกว่ายางสังเคราะห์ อุตสาหกรรมจึงมีการนำยางธรรมชาติไปเตรียมเป็นวัตถุดิบในการผลิตผลิตภัณฑ์ต่างๆ มากมายในรูปของน้ำยางข้นและยางแห้ง วิธีการผลิตยางแห้งในปัจจุบันนั้นทำโดยการจับตัวน้ำยางสดที่ได้จากการกรีดจากต้นยางพาราด้วยกรดฟอร์มิกหรือกรดอะซิติก แล้วรีดน้ำออก อบให้แห้งหรือรมควันแล้วจึงชั่งน้ำหนักบรรจุหีบห่อ นอกจากนี้ยังสามารถใช้ยางแห้งที่เหลือติดอยู่ที่ถ้วยรองรับหรือตามรอยกรีดมาล้างใช้เป็นวัตถุดิบสำหรับผลิตยางแท่ง จากการศึกษาที่ผ่านมาพบว่าวิธีการที่ใช้ในขั้นตอนการจับตัวยางจนถึงขั้นตอนที่ได้ยางแห่งออกมานั้นมีผลต่อกลิ่นของยาง โดยเฉพาะยางเกรดต่ำที่ไม่ได้เริ่มจากการจับตัวน้ำยางสดจะมีกลิ่นรุนแรงกว่ายางที่ผ่านขั้นตอนการจับตัวที่มีการควบคุมการผลิตเป็นอย่างดี กลิ่นที่ไม่พึงประสงค์นี้เกิดจากการบูดเน่าขององค์ประกอบที่ไม่ใช่ยาง โดยจะถูกปล่อยออกมาในขั้นตอนของการอบยาง แม้ว่าวิธีการจับตัวน้ำยางสดและกระบวนการผลิตยางแห้งจะมีผลต่อการเกิดกลิ่นในยางธรรมชาติ อย่างไรก็ดียังไม่มีข้อมูลโดยตรงของความสัมพันธ์ระหว่างกลิ่นและเกรดของยางแท่งมาตรฐานประเทศไทย กลิ่นฉุนเหล่านี้ก่อให้เกิดมลภาวะทางอากาศและสร้างความรำคาญให้กับผู้ที่ทำงานในโรงงานผลิตยางแห้ง รวมถึงชุมชนที่อยู่บริเวณใกล้เคียง นอกจากนี้เมื่อนำยางแห้งมาผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ต่างๆ ไม่ว่าจะเป็นยางล้อรถยนต์หรือผลิตภัณฑ์อื่นๆ ก็ตาม ต้องผ่านกระบวนการให้ความร้อนทำให้ยางมีกลิ่นฉุนยิ่งขึ้น ซึ่งปัจจุบันนานาประเทศให้ความสำคัญกับสิ่งแวดล้อมเป็นอย่างมาก ดังนั้นการวิเคราะห์สารที่ก่อให้เกิดกลิ่นในยางธรรมชาติเกรดต่างๆ และกลไกการเกิดสารเหล่านี้จึงมีความสำคัญยิ่งในการนำไปเป็นข้อมูลเพื่อป้องกันและลดการเกิดกลิ่นในยางแท่ง โดยในงานวิจัยนี้ได้วิเคราะห์สารที่ทำให้เกิดกลิ่นเหม็นในยางแท่งแต่ละชนิดโดยอาศัยเทคนิคก๊าซโครมาโทกราฟีและแมสสเปกโทรสโคปี (gas chromatography-mass spectrometry; GC-MS) เพื่อศึกษาถึงสาเหตุที่มาและกลไกในการเกิดกลิ่นเหล่านี้

วิธีการศึกษา

วัตถุดิบที่ใช้ในการศึกษา

ยางแท่ง (Standard Thai Rubber; STR) และยางเกรดต่างๆ ได้แก่

1) STR XL
2) STR 5L
3) STR 5
4) STR 20
5) ยางสกิมก้อน (skim crumb)
6) ยางก้นถ้วย (cup lump)
7) ยางแผ่นรมควัน (ribbed smoke sheet; RSS)

การวิเคราะห์สารที่ทำให้เกิดกลิ่นเหม็น

นำยางแห้งเกรดต่างๆ น้ำหนัก 10 กรัม บรรจุลงในหลอดทดลองขนาดใหญ่แล้วปิดให้แน่นด้วยจุกยาง อบที่อุณหภูมิ 60°C เป็นเวลา 2 ชั่วโมง เก็บสารที่ระเหยขึ้นมาให้ได้ปริมาตร 2 มิลลิลิตร นำไปวิเคราะห์ด้วยเทคนิค headspace GC-MS เทียบกับสารมาตรฐานและฐานข้อมูล โดยใช้เครื่อง GC-MS ของ Agilent รุ่น 6890N/5973N ด้วยคอลัมน์ Innowax™ (ยาว 30 เมตร เส้นผ่านศูนย์กลาง 0.32 มิลลิเมตร ภายในเคลือบด้วยโพลิเอทิลีนไกลคอลหนา 0.25 ไมครอน) โดยควบคุมอุณหภูมิของคอลัมน์ไว้ที่ 35°C เป็นเวลา 6 นาที แล้วเพิ่มอุณหภูมิให้สูงขึ้นด้วยอัตรา 10°C/นาที จนกระทั่งถึงอุณหภูมิสุดท้ายที่ 180°C คงอุณหภูมินี้ไว้เป็นเวลา 5 นาที อุณหภูมิของหัวฉีดปรับเป็น 200°C โดยให้อัตราการไหลของก๊าซฮีเลียมเท่ากับ 1.3 มิลลิลิตร/นาที อุณหภูมิของท่อส่งผ่านตัวอย่างเท่ากับ 240°C และช่วงในการวิเคราะห์สาร คือ 40-180 มวลอะตอม

ปีที่ 4 ฉบับที่ 1 มกราคม-มีนาคม 2553

สารที่ก่อให้เกิดกลิ่นในยางธรรมชาติ

รศ.ดร. จิตต์ลัดดา ศักดาภิพาณิชย์

บทนำ

ยางธรรมชาติเป็นยางที่ได้จากต้นยางฮีเวียบราซิลเลียนซิส (*Hevea brasiliensis*) น้ำยางสดที่กรีดได้จากต้นยางมีลักษณะสีขาวข้น ประกอบด้วยอนุภาคยางขนาดประมาณ 1 ไมครอน โดยมีปริมาณของเนื้อยางประมาณร้อยละ 30 ซึ่งเป็นสารประกอบไฮโดรคาร์บอนของโพลีไอโซพรีนที่มีโครงสร้างเป็นแบบซิส (cis-1,4-polyisoprene) เกือบทั้งหมด นอกจากนี้ยังประกอบด้วยส่วนที่ไม่ใช่ยาง (non-rubber component) ได้แก่ โปรตีน ไขมัน น้ำตาล ไอออนของโลหะ เป็นต้น ในปริมาณร้อยละ 6-8 โดยน้ำหนัก ซึ่งเชื่อว่ามีผลทำให้ยางธรรมชาติมีคุณสมบัติเด่นกว่ายางสังเคราะห์ อุตสาหกรรมจึงมีการนำยางธรรมชาติไปเตรียมเป็นวัตถุดิบในการผลิตผลิตภัณฑ์ต่างๆ มากมายในรูปของน้ำยางข้นและยางแห้ง วิธีการผลิตยางแห้งในปัจจุบันนั้นทำโดยการจับตัวน้ำยางสดที่ได้จากการกรีดจากต้นยางพาราด้วยกรดฟอร์มิกหรือกรดอะซิติก แล้วรีดน้ำออก อบให้แห้งหรือรมควันแล้วจึงชั่งน้ำหนักบรรจุหีบห่อ นอกจากนี้ยังสามารถใช้ยางแห้งที่เหลือติดอยู่ที่ถ้วยรองรับหรือตามรอยกรีดมาล้างใช้เป็นวัตถุดิบสำหรับผลิตยางแท่ง จากการศึกษาที่ผ่านมาพบว่าวิธีการที่ใช้ในขั้นตอนการจับตัวยางจนถึงขั้นตอนที่ได้ยางแท่งออกมานั้นมีผลต่อกลิ่นของยาง โดยเฉพาะยางเกรดต่ำที่ไม่ได้เริ่มจากการจับตัวน้ำยางสดจะมีกลิ่นรุนแรงกว่ายางที่ผ่านขั้นตอนการจับตัวที่มีการควบคุมการผลิตเป็นอย่างดี กลิ่นที่ไม่พึงประสงค์นี้เกิดจากการบูดเน่าขององค์ประกอบที่ไม่ใช่ยาง โดยจะถูกปล่อยออกมาในขั้นตอนของการอบยาง แม้ว่าวิธีการจับตัวน้ำยางสดและกระบวนการผลิตยางแห้งจะมีผลต่อการเกิดกลิ่นในยางธรรมชาติ อย่างไรก็ดียังไม่มีข้อมูลโดยตรงของความสัมพันธ์ระหว่างกลิ่นและเกรดของยางแท่งมาตรฐานประเทศไทย กลิ่นฉุนเหล่านี้ก่อให้เกิดมลภาวะทางอากาศและสร้างความรำคาญให้กับผู้ที่ทำงานในโรงงานผลิตยางแห้ง รวมถึงชุมชนที่อยู่บริเวณใกล้เคียง นอกจากนี้เมื่อนำยางแห้งมาผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ต่างๆ ไม่ว่าจะเป็นยางล้อรถยนต์หรือผลิตภัณฑ์อื่นๆ ก็ตาม ต้องผ่านกระบวนการให้ความร้อนทำให้ยางมีกลิ่นฉุนยิ่งขึ้น ซึ่งปัจจุบันนานาประเทศให้ความสำคัญกับสิ่งแวดล้อมเป็นอย่างมาก ดังนั้นการวิเคราะห์สารที่ก่อให้เกิดกลิ่นในยางธรรมชาติเกรดต่างๆ และกลไกการเกิดสารเหล่านี้จึงมีความสำคัญยิ่งในการนำไปเป็นข้อมูลเพื่อป้องกันและลดการเกิดกลิ่นในยางแท่ง โดยในงานวิจัยนี้ได้วิเคราะห์สารที่ทำให้เกิดกลิ่นเหม็นในยางแท่งแต่ละชนิดโดยอาศัยเทคนิคก๊าซโครมาโทกราฟีและแมสสเปกโทรสโคปี (gas chromatography-mass spectrometry; GC-MS) เพื่อศึกษาถึงสาเหตุที่มาและกลไกในการเกิดกลิ่นเหล่านี้

วิธีการศึกษา

วัตถุดิบที่ใช้ในการศึกษา

ยางแท่ง (Standard Thai Rubber; STR) และยางเกรดต่างๆ ได้แก่

1) STR XL
2) STR 5L
3) STR 5
4) STR 20
5) ยางสกิมก้อน (skim crumb)
6) ยางก้นถ้วย (cup lump)
7) ยางแผ่นรมควัน (ribbed smoke sheet; RSS)

การวิเคราะห์สารที่ทำให้เกิดกลิ่นเหม็น

นำยางแห้งเกรดต่างๆ น้ำหนัก 10 กรัม บรรจุลงในหลอดทดลองขนาดใหญ่แล้วปิดให้แน่นด้วยจุกยาง อบที่อุณหภูมิ 60°C เป็นเวลา 2 ชั่วโมง เก็บสารที่ระเหยขึ้นมาให้ได้ปริมาตร 2 มิลลิลิตร นำไปวิเคราะห์ด้วยเทคนิค headspace GC-MS เทียบกับสารมาตรฐานและฐานข้อมูล โดยใช้เครื่อง GC-MS ของ Agilent รุ่น 6890N/5973N ด้วยคอลัมน์ Innowax™ (ยาว 30 เมตร เส้นผ่านศูนย์กลาง 0.32 มิลลิเมตร ภายในเคลือบด้วยโพลิเอทิลีนไกลคอลหนา 0.25 ไมครอน) โดยควบคุมอุณหภูมิของคอลัมน์ไว้ที่ 35°C เป็นเวลา 6 นาที แล้วเพิ่มอุณหภูมิให้สูงขึ้นด้วยอัตรา 10°C/นาที จนกระทั่งถึงอุณหภูมิสุดท้ายที่ 180°C คงอุณหภูมินี้ไว้เป็นเวลา 5 นาที อุณหภูมิของหัวฉีดปรับเป็น 200°C โดยให้อัตราการไหลของก๊าซฮีเลียมเท่ากับ 1.3 มิลลิลิตร/นาที อุณหภูมิของท่อส่งผ่านตัวอย่างเท่ากับ 240°C และช่วงในการวิเคราะห์สาร คือ 40-180 มวลอะตอม

ผลการทดลอง

ในการวิเคราะห์กลิ่นจากยางแท่ง STR XL ยางแท่ง STR ยางแท่ง 5L ยางแท่ง STR 5 ยางแท่ง STR 20 ยางสกิมก้อน ยางก้นถ้วย และยางแผ่นรมควัน ด้วยเทคนิค GC-MS พบสารต่างๆ ที่ก่อให้เกิดกลิ่นดังแสดงไว้ในตารางที่ 1 และโครงสร้างทางเคมีของสารดังกล่าวแสดงในรูปที่ 1

ตารางที่ 1 องค์ประกอบของสารที่ก่อให้เกิดกลิ่นเหม็นในยางชนิดต่างๆ ซึ่งใช้ฐานข้อมูลจากเครื่อง GC-MS

retention time (นาที)	สารที่ก่อให้เกิดกลิ่นเหม็น	ชนิดยาง						
		STR XL	STR 5L	STR 5	RSS	skim crumb	cup lump	STR 20
3.58	pentanal	-	√	-	-	-	-	√
3.69	methyl butanoate							
4.15	2-methyl-2-propionic acid	-	-	-	-	√	-	-
6.06	dimethyl disulfide							
9.39	methyl hexanoate	-	-	-	-	-	√	-
9.90	N-ethylformamide							
10.81	styrene	-	-	-	-	√	-	-
10.89	1-pentanol							
11.45	ethanol	-		-	-	-	√	-
12.15	N,N-dimethyl formamide							
12.72	1,3-dioxolane	√	-	√	-	-	-	-
12.89	dimethyl trisulfide							
14.42	acetic acid	-	√	-	√	-	√	√
15.01	isobutyric acid-2-D1							
15.49	propanoic acid	-	-	-	√	-	√	√
15.70	2-(2-dimethylamino) benzimidazole							
15.86	isobutyric acid	√	-	-	-	-	√	√
16.25	2-(2-ethoxyethoxy)ethanol							
16.57	butyric acid	-	-	√	-	√	√	√
16.75	tetratetracontane							
16.96	2-methyl-decane	√	-	-	-	-	-	-
17.05	isovaleric acid							
17.07	heneicosane	√	-	-	-	-	-	-
17.93	pentacosane							
17.93	valeric acid	-	√	-	√	√	√	√

ผลการทดลอง

ในการวิเคราะห์กลิ่นจากยางแท่ง STR XL ยางแท่ง STR ยางแท่ง 5L ยางแท่ง STR 5 ยางแท่ง STR 20 ยางสกิมก้อน ยางก้นถ้วย และยางแผ่นรมควัน ด้วยเทคนิค GC-MS พบสารต่างๆ ที่ก่อให้เกิดกลิ่นดังแสดงไว้ในตารางที่ 1 และโครงสร้างทางเคมีของสารดังกล่าวแสดงในรูปที่ 1

ตารางที่ 1 องค์ประกอบของสารที่ก่อให้เกิดกลิ่นเหม็นในยางชนิดต่างๆ ซึ่งใช้ฐานข้อมูลจากเครื่อง GC-MS

retention time (นาที)	สารที่ก่อให้เกิดกลิ่นเหม็น	ชนิดยาง						
		STR XL	STR 5L	STR 5	RSS	skim crumb	cup lump	STR 20
3.58	pentanal	-	√	-	-	-	-	√
3.69	methyl butanoate							
4.15	2-methyl-2-propionic acid	-	-	-	-	√	-	-
6.06	dimethyl disulfide							
9.39	methyl hexanoate	-	-	-	-	-	√	-
9.90	N-ethylformamide							
10.81	styrene	-	-	-	-	√	-	-
10.89	1-pentanol							
11.45	ethanol	-		-	-	-	√	-
12.15	N,N-dimethyl formamide							
12.72	1,3-dioxolane	√	-	√	-	-	-	-
12.89	dimethyl trisulfide							
14.42	acetic acid	-	√	-	√	-	√	√
15.01	isobutyric acid-2-D1							
15.49	propanoic acid	-	-	-	√	-	√	√
15.70	2-(2-dimethylamino) benzimidazole							
15.86	isobutyric acid	√	-	-	-	-	√	√
16.25	2-(2-ethoxyethoxy)ethanol							
16.57	butyric acid	-	-	√	-	√	√	√
16.75	tetratetracontane							
16.96	2-methyl-decane	√	-	-	-	-	-	-
17.05	isovaleric acid							
17.07	heneicosane	√	-	-	-	-	-	-
17.93	pentacosane							
17.93	valeric acid	-	√	-	√	√	√	√

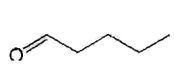
ตารางที่ 1 องค์ประกอบของสารที่ก่อให้เกิดกลิ่นเหม็นในยางชนิดต่างๆ ซึ่งใช้ฐานข้อมูลจากเครื่อง GC-MS (ต่อ)

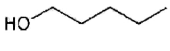
retention time (นาที)	สารที่ก่อให้เกิดกลิ่นเหม็น	ชนิดยาง						
		STR XL	STR 5L	STR 5	RSS	skim crumb	cup lump	STR 20
17.94	hexatriacontane	√	-	-	-	-	-	-
18.21	tetrahydroxycyclopentadienone	-	-	√	-	-	-	-
18.55	1-octadecanamine	√	-	-	-	-	-	-
19.04	hexanoic acid	-	√	-	√	-	√	-
20.01	benzothiazole	-	-	-	-	-	-	√
20.15	heptonoic acid	-	√	-	-	-	√	-
20.40	tris (dimethylamino) methane	√	-	-	-	-	-	-

หมายเหตุ: retention time คือ เวลาเฉพาะที่สารแต่ละชนิดใช้ในการเคลื่อนที่ผ่านคอลัมน์ นับจากเวลาเริ่มต้นของการวิเคราะห์ถึงตำแหน่งเวลาที่ตัวรับสัญญาณ (detector) อ่านค่าสัญญาณสูงสุด (peak) จากการตรวจวัดของสารนั้นๆ โดยขึ้นอยู่กับเฟสของเหลวหรือชนิดของคอลัมน์ที่ใช้ อัตราการไหลของก๊าซพา (carrier gas) และอุณหภูมิที่ใช้กับคอลัมน์

จากผลการทดลองพบว่ายางแท่ง STR XL มีองค์ประกอบของสารที่ระเหยได้จำนวนมาก ซึ่งส่วนใหญ่เป็นสารประกอบไฮโดรคาร์บอนแบบอะลิฟาทิก (aliphatic hydrocarbon) เช่น ฮีไนโคเซน (heneicosane) นาโนโคเซน (nanocosane) สารในกลุ่มนี้เกิดจากการออกซิไดซ์ของกรดไขมันไม่อิ่มตัว (unsaturated fatty acid) หรือสารในกลุ่มไทรกลีเซอไรด์ [1] ดังแสดงในรูปที่ 2 ส่วนกรณีของยางแท่ง STR 5L พบว่าองค์ประกอบของสารที่ระเหยได้มีปริมาณน้อยมาก อาจเนื่องมาจากในกระบวนการผลิตมีการระมัดระวังเป็นพิเศษ

สำหรับยางแท่ง STR 5 พบว่าที่ตำแหน่งประมาณ 19.05 นาที มีองค์ประกอบของสารที่ระเหยได้ในปริมาณที่มากโดยจากฐานข้อมูลสอดคล้องกับกรดเดคาโนอิก (decanoic acid) ซึ่งเกิดจากการออกซิไดซ์ของกรดไขมันไม่อิ่มตัวหรือไทรกลีเซอไรด์เช่นเดียวกับยางแท่ง STR XL อย่างไรก็ตามไม่พบกรดเดคาโนอิกในกรณีของยางแท่ง STR XL และ ยางแท่ง STR 5L โดยอาจเป็นเพราะว่ายางดิบที่ใช้ในการเตรียมยางแท่ง STR 5 นั้นถูกทิ้งไว้ในอากาศเป็นระยะเวลานาน ทำให้เกิดการออกซิไดซ์ของกรดไขมันไม่อิ่มตัวหรือไทรกลีเซอไรด์ กรณียางแผ่นรมควันพบองค์ประกอบของสารที่ระเหยได้เพียงไม่กี่ชนิดซึ่งเป็นสารในกลุ่มกรดไขมันที่ระเหยได้ ซึ่งอาจเกิดจากปฏิกิริยาการหมักคาร์โบไฮเดรต ดังแสดงในรูปที่ 3 นอกจากนี้ ยังพบสารที่ตำแหน่ง 14.42 นาที ซึ่งสัมพันธ์กับกรดอะซิติกที่อยู่ในยางแผ่นรมควันในปริมาณมาก กรดชนิดนี้อาจตกค้างจากกระบวนการจับตัวน้ำยางและถูกกำจัดออกไปไม่หมด


pentanal

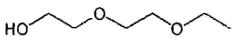

1-pentanol

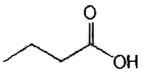
N,N-dimethyl formamide

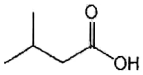
acetic acid

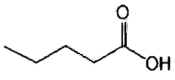
propanoic acid

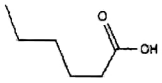
isobutyric acid

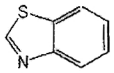

2-(2-ethoxyethoxy)-ethanol

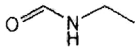

butyric acid


isovaleric acid

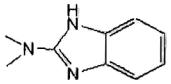

valeric acid


hexanoic acid

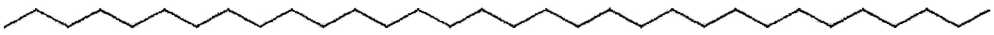

benzothiazole

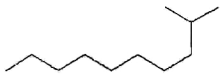

N-ethylformamide

1,3-dioxolane


2-(dimethylamino) benzimidazole

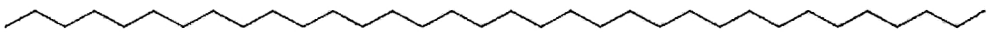
n-octane


tetra-tetracontane

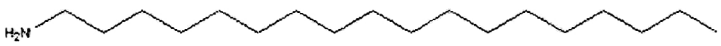

2-methyl-decane

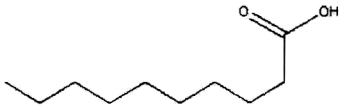
heneicosane

pentacosane


hexatriacontane

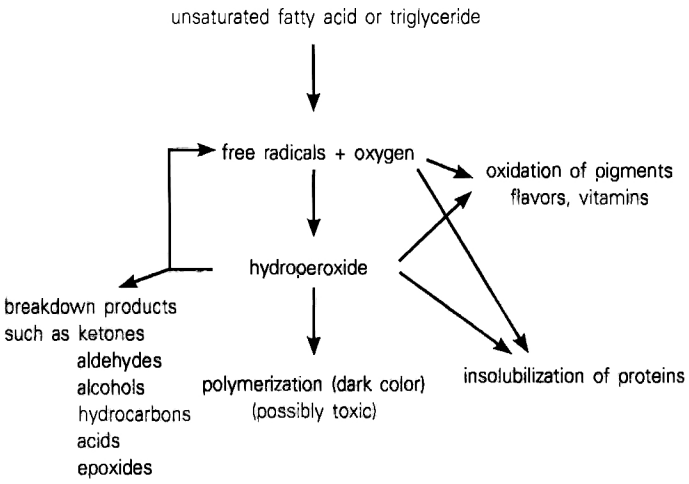
nonacosane


1-octadecanamine

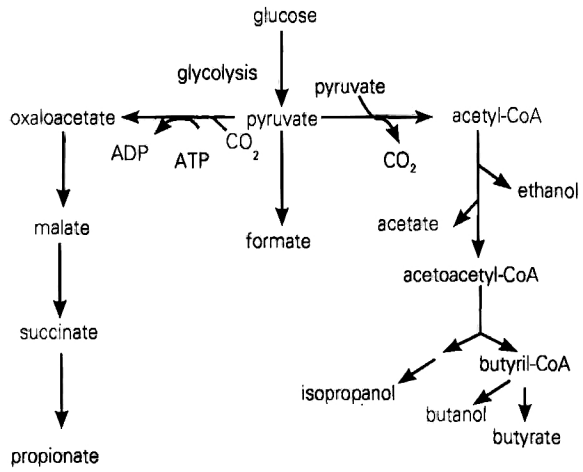

decanoic acid

รูปที่ 1 โครงสร้างทางเคมีของสารต่างๆ ที่ก่อให้เกิดกลิ่นเหม็นในยาง

นอกจากนี้ในยางก้นถ้วยและยางแท่ง STR 20 ยังพบกรดไขมันน้ำหนักโมเลกุลต่ำเป็นจำนวนมาก ได้แก่ กรดอะซิติก กรดโพรพาโนอิก กรดไอโซบิวทิริก เป็นต้น มีรายงานว่าสารประกอบเหล่านี้ได้เกิดจากปฏิกิริยาการหมักคาร์โบไฮเดรต [2] เช่นเดียวกับยางแผ่นรมควัน ในกรณีของยางก้นถ้วย น้ำยางสดที่เหลือในถ้วยเก็บน้ำยางเมื่อทิ้งไว้หลายชั่วโมงจะจับตัวตามธรรมชาติ เนื่องมาจากการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของคาร์โบไฮเดรตหรือการย่อยสลายของน้ำตาลในน้ำยางสดโดยแบคทีเรีย จากการที่ยางแท่ง STR 20 เป็นผลผลิตที่ได้จากการปรับปรุงจากยางก้นถ้วย ดังนั้นจึงพบสารที่ระเหยได้เหล่านี้เช่นเดียวกัน อย่างไรก็ตามพบว่ากรดอะซิติกในยางแท่ง STR 20 มีปริมาณมากกว่าในยางก้นถ้วย จึงเป็นไปได้ว่ากรดอะซิติกอาจเกิดขึ้นในขั้นตอนการผลิตยางแท่ง STR 20 ซึ่งนำยางก้นถ้วยมาแช่น้ำเป็นเวลาหลายชั่วโมงเพื่อกำจัดสิ่งสกปรก



รูปที่ 2 การเกิดออกซิเดชันของกรดไขมันไม่อิ่มตัว (unsaturated fatty acids) หรือไทรกลีเซอไรด์ (triglyceride)



รูปที่ 3 ปฏิกิริยาการเกิดการหมักคาร์โบไฮเดรต (carbohydrate fermentation)

เอสเทอร์และแอลกอฮอล์ก็เป็นสารระเหยอีกจำพวกหนึ่งที่พบในยางเหล่านี้ โดยเกิดขึ้นจากปฏิกิริยาเอสเทอริฟิเคชันของกรดคาร์บอกซิลิกโดยแบคทีเรีย และปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันตามลำดับ กรณียางก้นถ้วยพบว่ามีสารประกอบกำมะถันซึ่งเป็นสารประกอบที่ให้กลิ่นในอาหารรมควันถูกปล่อยออกมาด้วย [3] โดยไม่พบในยางชนิดอื่น สารประกอบนี้น่าจะเกิดจากปฏิกิริยาออกซิเดชันของออกซิเจนโมเลกุลเดี่ยว (singlet oxidation) ในกรดอะมิโน [4] ดังนั้นองค์ประกอบของสารที่ก่อให้เกิดกลิ่นในยางชนิดต่างๆ สามารถจำแนกได้เป็น แอลกอฮอล์ แอลดีไฮด์ กรดคาร์บอกซิลิก สารประกอบไฮโดรคาร์บอน กรดไขมัน เอสเทอร์ และสารประกอบกำมะถันซึ่งเกิดจากปฏิกิริยาต่างๆ ดังแสดงในตารางที่ 2 โดยใช้สารประกอบที่ไม่ใช่ยางในยางธรรมชาติมาเป็นสารตั้งต้นในการเกิดสารที่ระเหยได้มากมายหลายชนิด ซึ่งเป็นเหตุทำให้เกิดกลิ่นที่ไม่พึงประสงค์ ปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันเป็นปฏิกิริยาหนึ่งที่สำคัญที่เกิดขึ้นระหว่างไขมันไม่อิ่มตัวกับออกซิเจนในอากาศ สามารถถูกเร่งให้เกิดได้ง่ายโดยโลหะบางชนิด แสง ความร้อน หรือตัวเริ่มต้น (initiator) บางชนิด แต่ก็สามารถยับยั้งโดยสารต้านออกซิเดชัน (antioxidant) ผลิตภัณฑ์อันดับแรกของปฏิกิริยานี้ก็คือ แอลไลลิกไฮโดรเพอร์ออกไซด์ ซึ่งเป็นสารที่ไม่คงตัว สามารถเปลี่ยนรูปไปเป็นสารน้ำหนักโมเลกุลต่ำที่สามารถระเหยได้ เช่น แอลดีไฮด์ คีโทน แอลกอฮอล์ กรด สารประกอบไฮโดรคาร์บอน ซึ่งสารเหล่านี้เป็นสาเหตุของการเกิดกลิ่น การเกิดออกซิเดชันของกรดไขมันสามารถเกิดได้ภายใต้สภาวะที่มีและไม่มีเอนไซม์ โดยในสภาวะที่ไม่มีเอนไซม์สามารถเกิดได้ทั้งแบบการเกิดออกซิเดชันด้วยตัวเอง (autooxidation) และการเกิดออกซิเดชันด้วยแสง (photo-oxidation) ปฏิกิริยาเหล่านี้สามารถเกิดขึ้นโดยธรรมชาติกับสารตั้งต้นหลายชนิด

ตารางที่ 2 ปฏิกิริยาที่ทำให้เกิดสารที่ก่อให้เกิดกลิ่นเหม็น

องค์ประกอบ	สาเหตุการเกิด
alcohols, aldehydes, carboxylic acids, hydrocarbons	lipid oxidation
volatile free fatty acids	carbohydrate fermentation
esters	microbial esterification
sulfur containing compounds	amino acid degradation

เป็นที่ทราบกันดีว่าในน้ำยางธรรมชาติสดมีองค์ประกอบที่เอื้ออำนวยต่อการเจริญเติบโตของแบคทีเรียเป็นอย่างดี หากไม่มีการรักษาสภาพน้ำยางไว้อย่างเหมาะสม คาร์โบไฮเดรตก็จะถูกออกซิไดซ์กลายเป็นกรดไขมันที่ระเหยได้ (volatile fatty acids) ซึ่งส่วนใหญ่ประกอบด้วยกรดฟอร์มิกและกรดโพรพิโอนิก โดยจะเริ่มจากปฏิกิริยาไกลโคไลซิสของกลูโคสให้ไพรูเวตและผ่านปฏิกิริยาต่างๆ จนได้กรดไขมันที่ระเหยได้ สำหรับเอสเทอร์ที่พบส่วนใหญ่เกิดจากปฏิกิริยาเอสเทอริฟิเคชันของแอลกอฮอล์และกรดอินทรีย์เกิดโดยเอนไซม์เอสเทอเรสจากแบคทีเรีย แอลกอฮอล์เกิดจากปฏิกิริยาการหมักคาร์โบไฮเดรต นอกจากนี้เมทไทโอนินซึ่งเป็นกรดอะมิโนที่มีกำมะถันเป็นองค์ประกอบ เมื่อทำปฏิกิริยากับออกซิเจนโมเลกุลเดี่ยวและผ่านปฏิกิริยาขั้นต่างๆ จนเกิดเป็นสารประกอบกำมะถันที่ระเหยได้

สรุป

จากข้อมูลทาง GC-MS สารที่ก่อให้เกิดกลิ่นในยางธรรมชาติประกอบด้วยแอลกอฮอล์ แอลดีไฮด์ กรดคาร์บอกซิลิก สารประกอบไฮโดรคาร์บอน และกรดไขมันอิสระที่ระเหยได้ โดยสารที่ก่อให้เกิด r ในยางแท่ง STR XL ส่วนใหญ่เป็นสารประกอบไฮโดรคาร์บอน สำหรับกลิ่นในยางแท่ง STR 5L นั้นพบว่าเกิดจากกรดไขมันที่ระเหยได้ในปริมาณเล็กน้อย แต่จะพบปริมาณมากในกรณีของยางแท่ง STR 5 ยางแท่ง STR 20 ยางก้นถ้วย และยางแผ่นรมควัน แต่ในยางสกิมก้อนนั้นจะพบว่ากลิ่นนั้นเกิดจากสารประกอบกำมะถันเป็นหลัก โดยเกิดจากการสลายตัวของโปรตีนในน้ำยาง

เอกสารอ้างอิง

1. http://www.agsci.ubc.ca
2. Galli, V., Olmo, N., Barbas, C., "Capillary electrophoresis for the determination of new markers of natural latex quality", *J. Chromatogr. A.*, **949,** 367 (2002)
3. Chevance, F.F.V., Farmer, L.J., "Identification of major volatile odor compounds in Frankfurters", *J. Agric. Food Chem.*, **47**, 5151 (1999)
4. Min, D.B., Boff, J.M., "Chemistry and reaction of singlet oxygen in foods" *Compr. Rev. Food Sci. Food Saf.*, **1**, 58 (2002)
5. Hoven V. P., Rattanakarun K., Tanaka Y. Reducing of offensive odor from natural rubber by odor-reducing substances. *J. Appl. Polm. Sci.* **92**, 2253 (2004)
6. Insom K., "Characterization of obnoxious odor and color substances in natural rubber and development of light-color natural rubber" A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree of Master of Science. Department of Chemistry. Faculty of Science. Mahidol University. Thailand. 2005.
7. Sakdapipanich J.T. and Insom K., "High-resolution gas chromatography-mass spectrometry: Characterization and mechanism to generate the obnoxious odor in natural rubber." *KGK*, **7/8-06**, 382-387 (2006)

รศ.ดร.จิตต์ลัดดา ศักดาภิพาณิชย์

การศึกษา: ปริญญาเอก (วิศวกรรม) Tokyo University of Agriculture and Technology ประเทศญี่ปุ่น

สถานที่ทำงานปัจจุบัน: ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล
สถาบันชีววิทยาศาสตร์โมเลกุล มหาวิทยาลัยมหิดล (ศาลายา)