# บทที่ 4
# ผลการวิจัย

ในโครงการวิจัยนี้เป็นการตรวจหาเพื่อจำแนกและระบุการปลอมปนในเครื่องสำอางชนิดโลชั่น ครีม และน้ำหอมด้วยเทคนิคฟูเรียร์ทรานสฟอร์มอินฟราเรดสเปกโทรสโกปีและคีโมเมทริกส์ เนื่องจากมีความแตกต่างกันระหว่างประเด็นวิจัยในส่วนของเครื่องสำอางชนิดโลชั่นและครีม และในส่วนของเครื่องสำอางชนิดน้ำหอม เพราะฉะนั้นเพื่อให้ครอบคลุมประเด็นวิจัยและเข้าใจได้ง่ายจึงขอแบ่งผลการวิจัยทั้งหมดเป็น 3 ส่วนดังนี้

4.1 ผลการวิจัยเพื่อ**ระบุและจำแนก**ตัวอย่างเครื่องสำอางชนิด**โลชั่นและครีม**แต่ละชนิด

4.2 ผลการวิจัยเพื่อระบุ**การปนเปื้อนของไฮโดรควิโนน**ในตัวอย่างเครื่องสำอางชนิด**โลชั่นและครีม**แต่ละชนิด

4.3 ผลการวิจัยเพื่อพิสูจน์**ความแท้จริง**ของตัวอย่างเครื่องสำอางชนิด**น้ำหอม**แต่ละชนิด

## 4.1 ผลการวิจัยเพื่อระบุและจำแนกตัวอย่างเครื่องสำอางชนิดโลชั่นและครีมแต่ละชนิด

ผู้วิจัยได้ทำการตรวจวัดตัวอย่างเครื่องสำอางชนิดโลชั่นและครีมทั้งหมด 44 ตัวอย่างคิดเป็น 24 ยี่ห้อตามที่ได้แสดงไว้ในตารางที่ 3.1 โดยบางยี่ห้ออาจประกอบด้วยตัวอย่างเครื่องสำอางมากกว่า 1 ชนิดและอาจมีหมายเลขผลิตที่แตกต่างกันด้วย หรือกล่าวอีกอย่างหนึ่งได้ว่า มีอายุของเครื่องสำอางที่แตกต่าง ในการระบุและจำแนกตัวอย่างเครื่องสำอางชนิดโลชั่นและครีมจึงแบ่งเป็นประเด็นย่อยได้ 3 ประเด็น คือ

4.1.1 เครื่องสำอางชนิดโลชั่นและครีมที่เป็นยี่ห้อและชนิดเดียวกัน แต่ตรวจวัดในช่วงเวลาที่แตกต่างกันมีความแตกต่างกันหรือไม่

4.1.2 เครื่องสำอางชนิดโลชั่นและครีมที่เป็นยี่ห้อเดียวกันแต่ต่างชนิดกันมีความแตกต่างกันหรือไม่

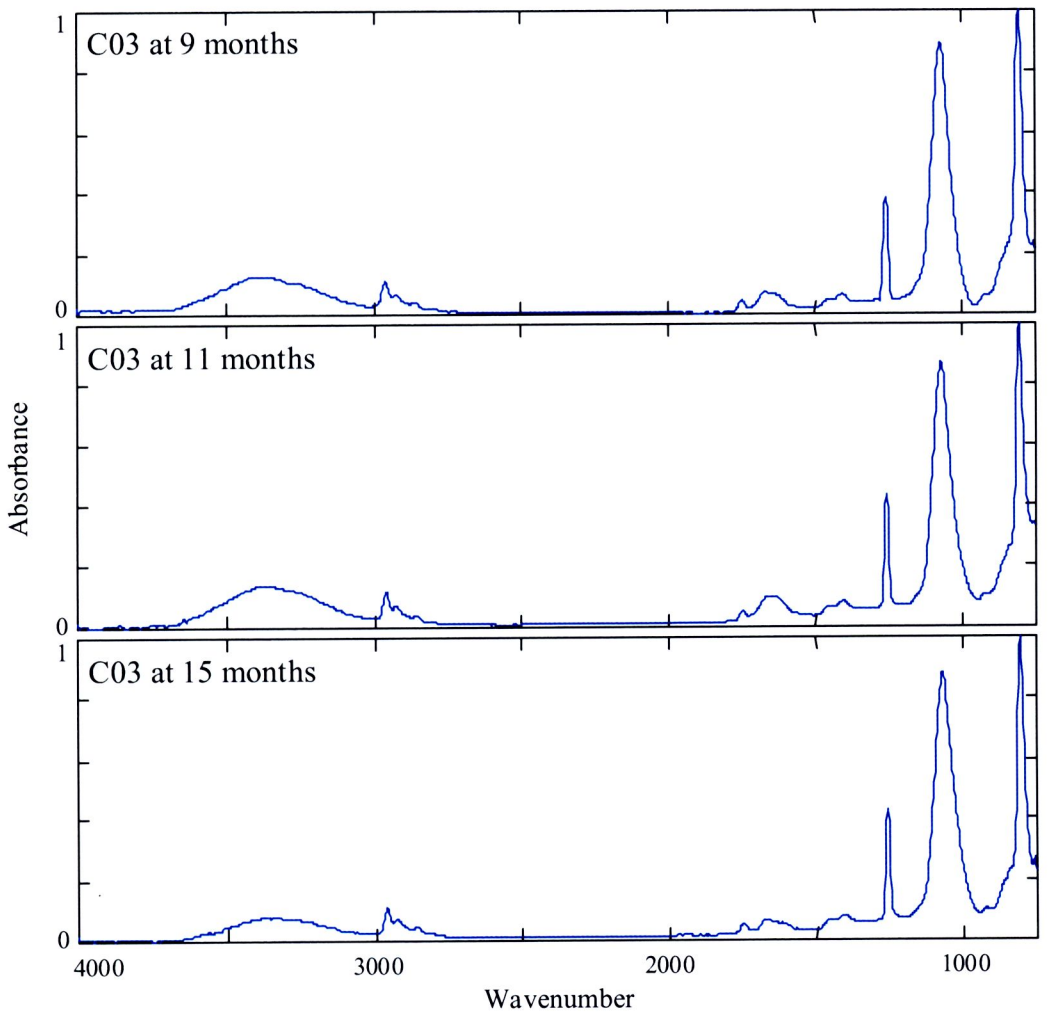
4.1.3 เครื่องสำอางชนิดโลชั่นและครีมที่เป็นคนละยี่ห้อกันมีความแตกต่างกันหรือไม่

### 4.1.1 เครื่องสำอางชนิดโลชั่นและครีมที่เป็นยี่ห้อและชนิดเดียวกัน แต่ตรวจวัดในช่วงเวลาที่แตกต่างกันมีความแตกต่างกันหรือไม่

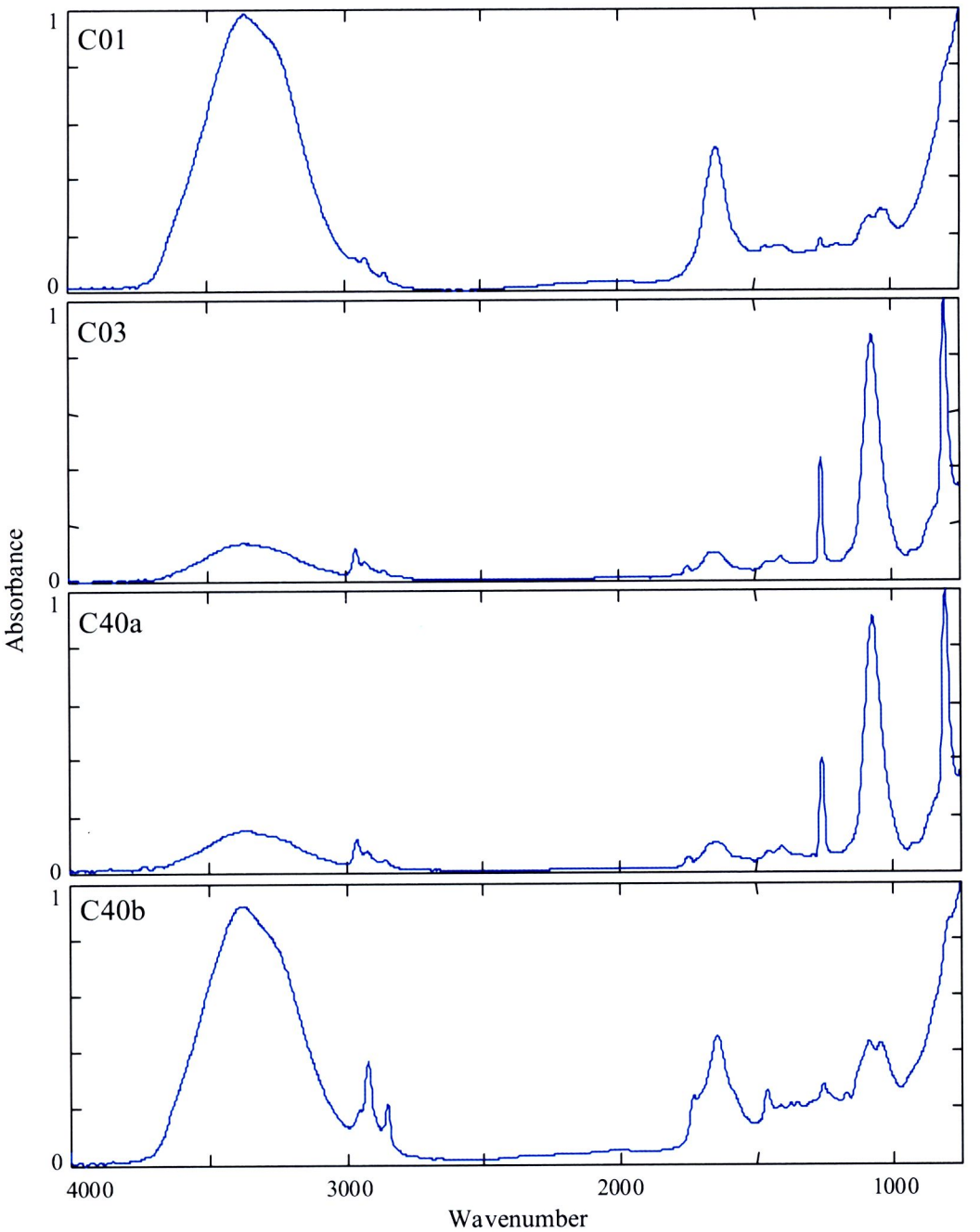
ผู้วิจัยได้ทำการตรวจวัดตัวอย่างเครื่องสำอางรหัส C03 ที่ช่วงเวลาที่แตกต่างกัน คือ 9, 11 และ 15 เดือนตามลำดับหลังจากการผลิตได้ผลเป็นอินฟราเรดสเปกตรัมในช่วงเลขคลื่น 4,000 และ 750 $cm^{-1}$ โดยในที่นี้ขอวางข้อตกลงในการแสดงผลอินฟราเรดสเปกตรัมโดยให้แกนนอนที่เป็นเลขคลื่นแสดงผลจากค่ามากไปหาค่าน้อยดังรูปที่ 4.1 โดยในงานวิจัยนี้ใช้การแสดงผลเช่นนี้ตลอดทั้งรายงานวิจัยฉบับนี้ ซึ่งพบว่า อินฟราเรดสเปกตรัมที่ตรวจวัดที่ช่วงเวลา 9 และ 11 เดือนมีความใกล้เคียงกันมาก ในขณะที่ช่วงเวลา 15 เดือนมีความแตกต่างไปเล็กน้อยในช่วงเลขคลื่น 2,000 ถึง 1,600 $cm^{-1}$ ทั้งนี้เนื่องจากอายุของเครื่องสำอางที่เก็บไว้นานขึ้นย่อมต้องมีการเสื่อมสลายขององค์ประกอบที่เป็นสารสำคัญในเครื่องสำอาง เมื่อชนิดขององค์ประกอบและสัดส่วนขององค์ประกอบเปลี่ยนไปย่อมต้องให้ผลเป็นอินฟราเรดสเปกตรัมที่เปลี่ยนแปลงไป จากข้างต้นจึงแสดงให้เห็นว่าเทคนิคอินฟราเรดสเปกโทรสโกปีสามารถใช้ในการตรวจวัดอายุของเครื่องสำอางได้

### 4.1.2 เครื่องสำอางชนิดโลชั่นและครีมที่เป็นยี่ห้อเดียวกัน แต่ต่างชนิดกันมีความแตกต่างกันหรือไม่

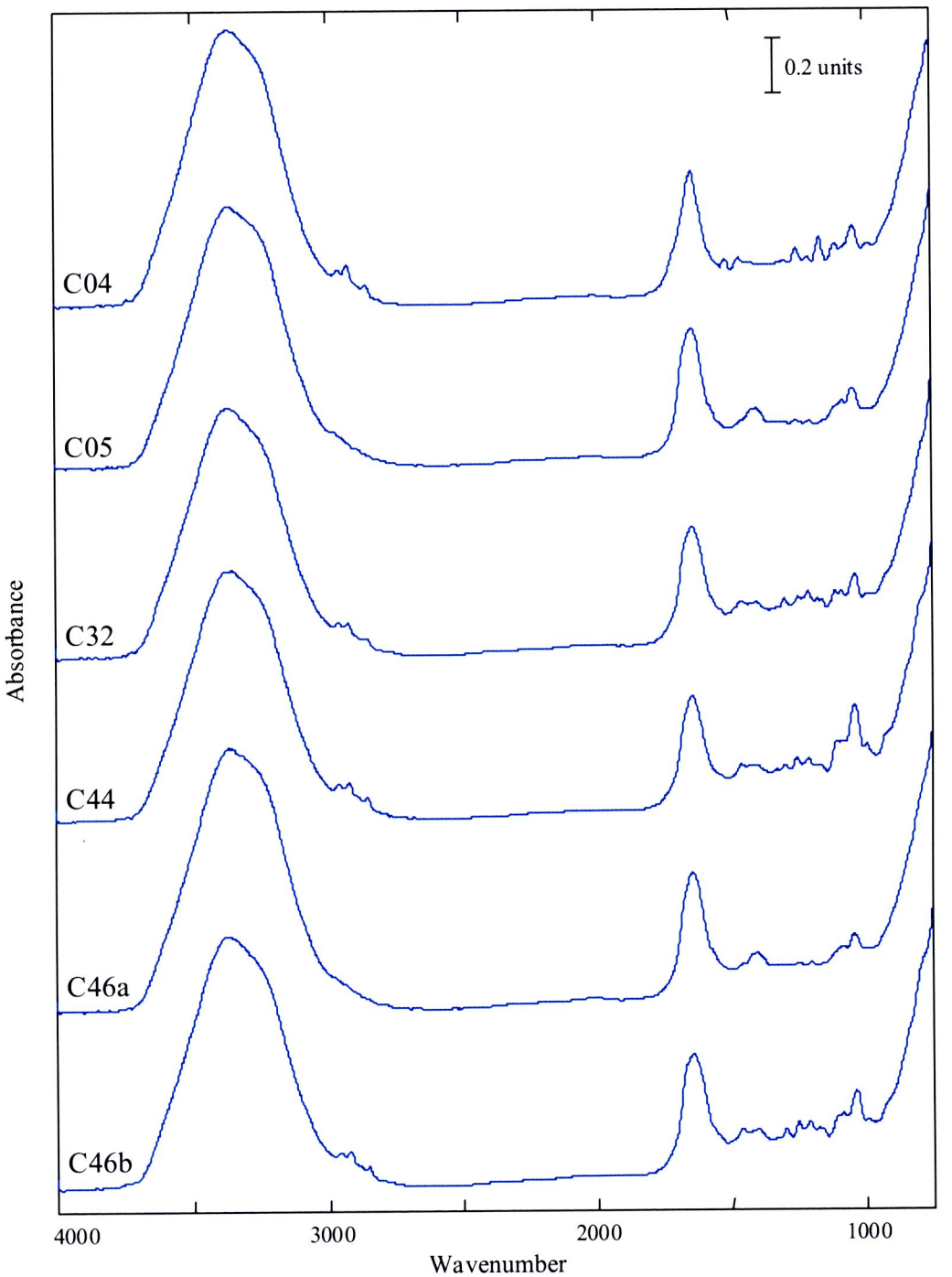
ผู้วิจัยได้ทำการตรวจวัดตัวอย่างเครื่องสำอางที่เป็นยี่ห้อเดียวกันแต่ต่างชนิดกัน เช่น ยี่ห้อ ก ประกอบด้วยรหัสตัวอย่าง C01, C03, C40a และ C40b ยี่ห้อ ข ประกอบด้วยรหัสตัวอย่าง C04, C05, C32, C44, C46a และ C46b และยี่ห้อ ค ประกอบด้วยรหัสตัวอย่าง C02, C07, C08, C34 และ C43 เป็นต้น ได้ผลเป็นอินฟราเรดสเปกตรัมในช่วงเลขคลื่น 4,000 และ 750 $cm^{-1}$ ดังรูปที่ 4.2, 4.3 และ 4.4 ตามลำดับ ซึ่งพบว่า ตัวอย่างเครื่องสำอางแม้เป็นยี่ห้อเดียวกันแต่ต่างชนิดกันก็มีอินฟราเรดสเปกตรัมที่แตกต่างกัน โดยเฉพาะในกรณีของตัวอย่างเครื่องสำอางรหัส C32 และ C44 พบว่า อินฟราเรดสเปกตรัมของทั้งสองตัวอย่างแตกต่างกันเพียงเล็กน้อยที่ช่วงเลขคลื่นประมาณ 1,280 ถึง 970 $cm^{-1}$ ดังในรูปที่ 4.3 ซึ่งผลดังกล่าวสอดคล้องกับฉลากที่ผู้ผลิตเครื่องสำอางดังกล่าวระบุว่า เป็นครีมอย่างเดียวกัน เพียงแต่รหัสตัวอย่าง C44 มีส่วนผสมเพิ่มของครีมรองพื้นเท่านั้น จากข้างต้นจึงอธิบายได้ว่า ตัวอย่างเครื่องสำอางแต่ละชนิดประกอบด้วยองค์ประกอบและสัดส่วนขององค์ประกอบที่แตกต่างกันไป ซึ่งอาจแตกต่างกันมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับส่วนผสมหรือสูตรผสมของผู้ผลิตแต่ละราย เมื่อส่วนผสมที่แตกต่างกันก็ย่อมมีอินฟราเรดสเปกตรัมที่แตกต่างกันไปด้วย



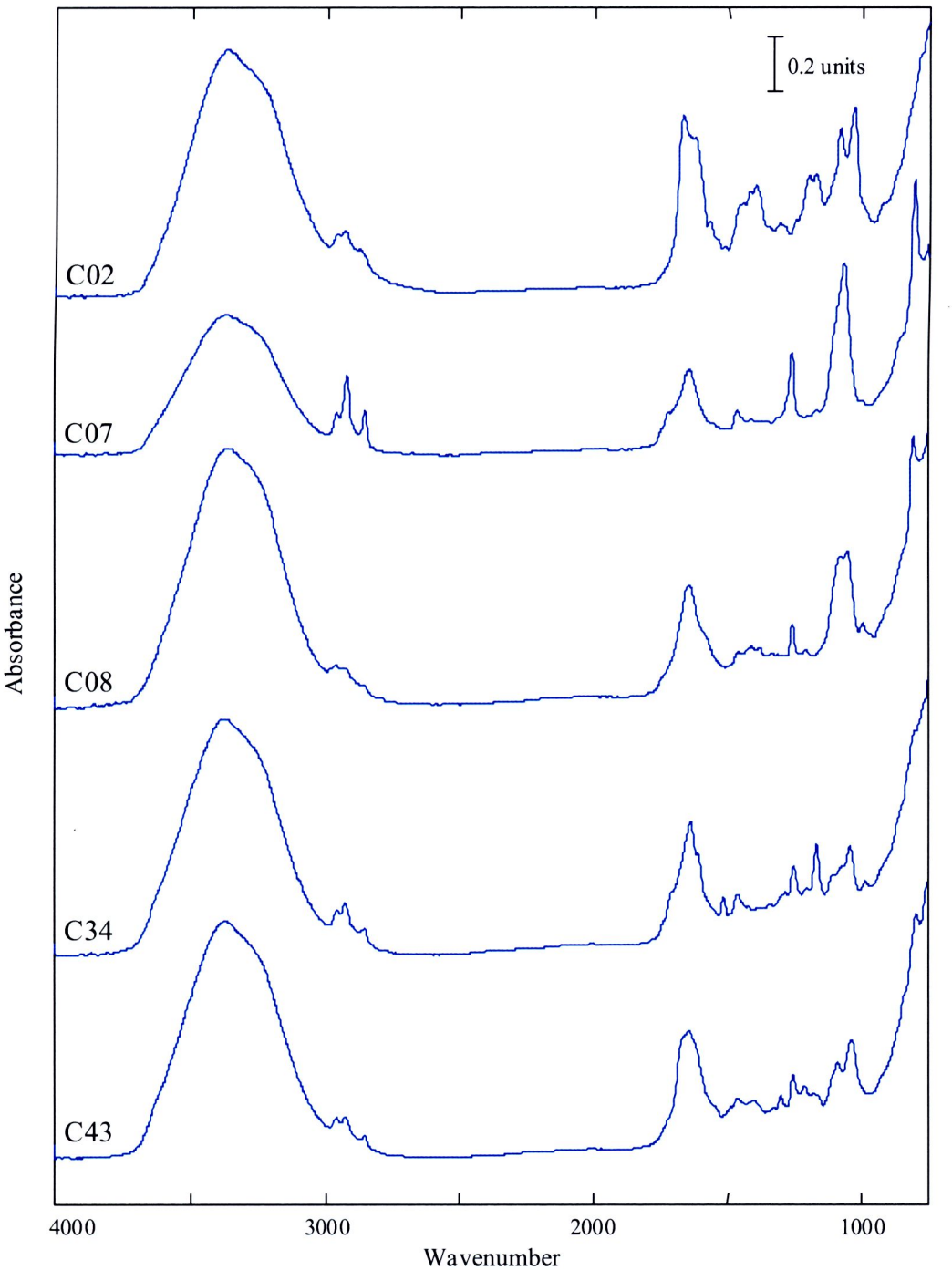

รูปที่ 4.1 อินฟราเรดสเปกตรัมของตัวอย่างเครื่องสำอางรหัส C03 ที่ตรวจวัดในแบบวิธีสะท้อนโดยใช้เจอแมเนียมทิปในช่วงเลขคลื่น 4,000 ถึง 750 $cm^{-1}$ โดยเป็นการตรวจวัดเครื่องสำอางที่มีอายุ 9 (ภาพบน), 11 (ภาพกลาง) และ 15 (ภาพล่าง) เดือนตามลำดับ




รูปที่ 4.2 อินฟราเรดสเปกตรัมของตัวอย่างเครื่องสำอางยี่ห้อ ก ประกอบด้วยรหัสตัวอย่าง C01, C03, C40a และ C40b ตามลำดับ ซึ่งตรวจวัดในแบบวิธีสะท้อนโดยใช้เจอแมเนียมทิปในช่วงเลขคลื่น 4,000 ถึง 750 $cm^{-1}$




รูปที่ 4.3 อินฟราเรดสเปกตรัมของตัวอย่างเครื่องสำอางยี่ห้อ ข ประกอบด้วยรหัสตัวอย่าง C04, C05, C32, C44, C46a และ C46b ตามลำดับ ซึ่งตรวจวัดในแบบวิธีสะท้อนโดยใช้เจอแมเนียมทิปในช่วงเลขคลื่น 4,000 ถึง 750 $cm^{-1}$



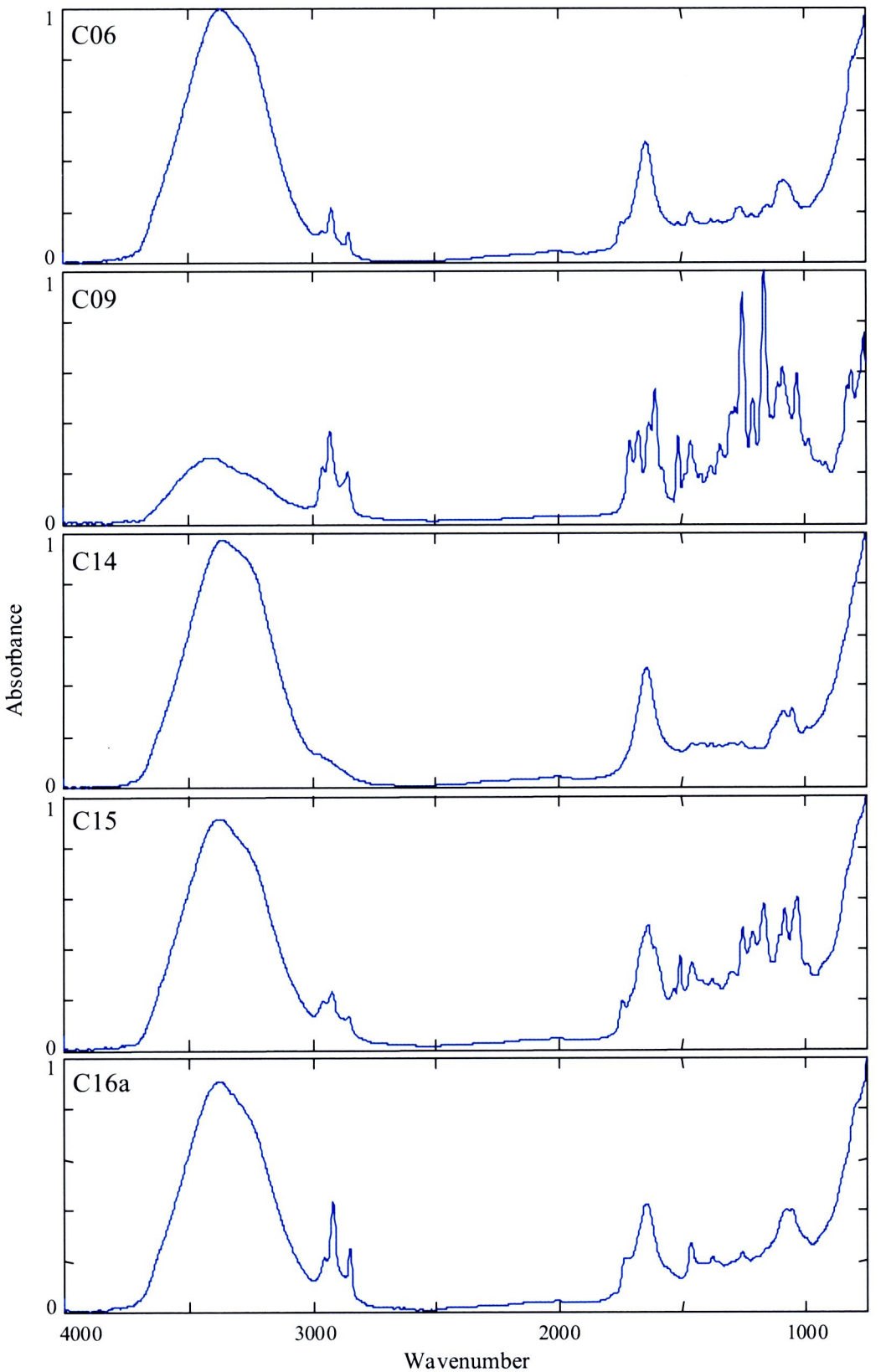

รูปที่ 4.4 อินฟราเรดสเปกตรัมของตัวอย่างเครื่องสำอางยี่ห้อ ค ประกอบด้วยรหัสตัวอย่าง C02, C07, C08, C34 และ C43 ตามลำดับ ซึ่งตรวจวัดในแบบวิธีสะท้อนโดยใช้เจอแมเนียมทิปในช่วงเลขคลื่น 4,000 ถึง 750 $cm^{-1}$

### 4.1.3 เครื่องสำอางชนิดโลชั่นและครีมที่เป็นคนละยี่ห้อกันมีความแตกต่างกันหรือไม่

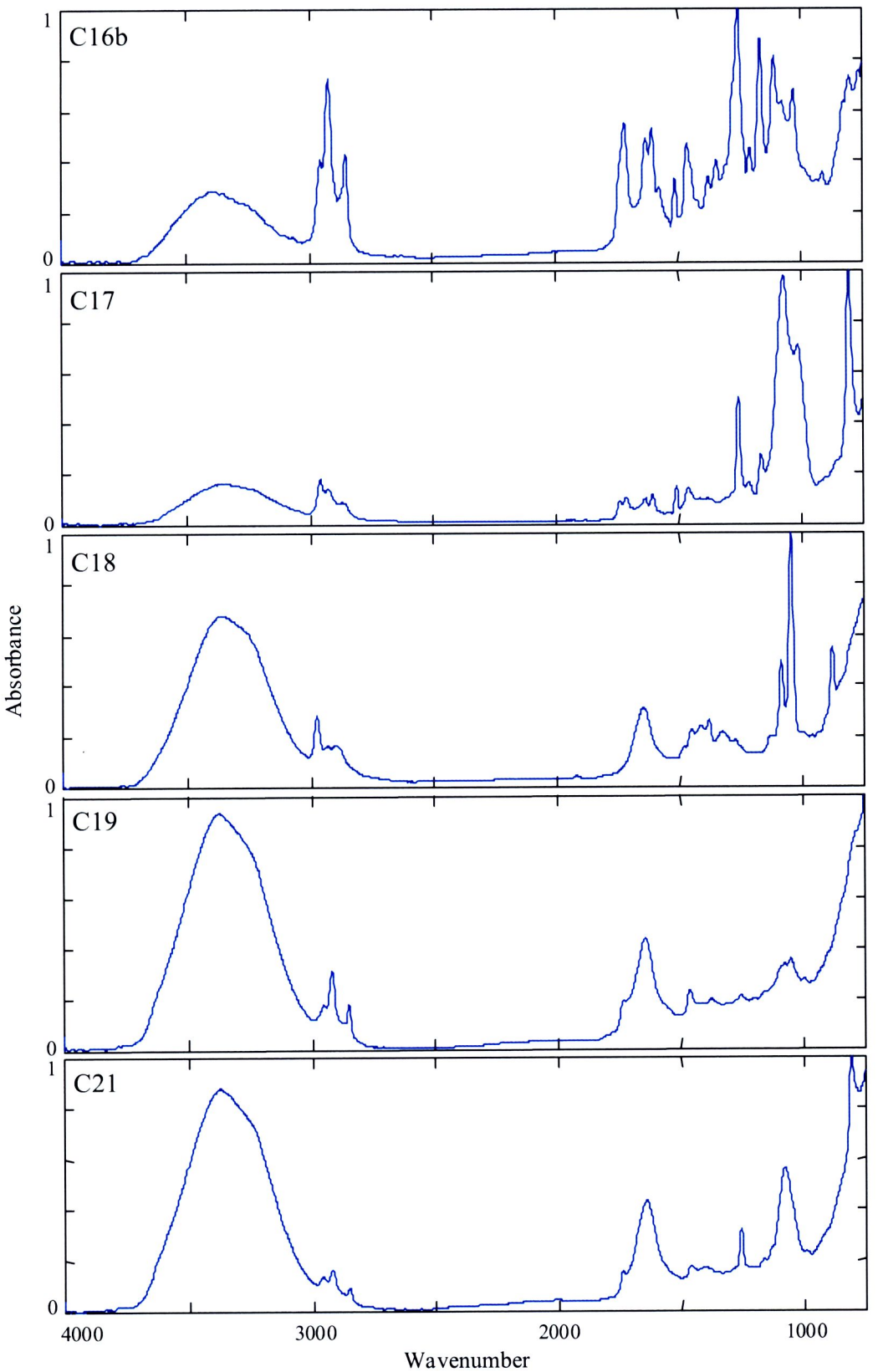
ผู้วิจัยได้ทำการตรวจวัดตัวอย่างเครื่องสำอางชนิดโลชั่นและครีมทั้งหมด 44 ตัวอย่าง โดยนับรวมตัวอย่างเครื่องสำอางในหัวข้อ 4.1.1 และ 4.1.2 ด้วย ได้ผลเป็นอินฟราเรดสเปกตรัมในช่วงเลขคลื่น 4,000 และ 750 $cm^{-1}$ ดังรูปที่ 4.5, 4.6, 4.7, 4.8, 4.9 และ 4.10 ตามลำดับ ซึ่งพบว่าตัวอย่างเครื่องสำอางทั้งหมดมีอินฟราเรดสเปกตรัมที่แตกต่างกัน และสามารถสังเกตความแตกต่างนั้นได้ด้วยตาเปล่า ซึ่งสะท้อนว่าผู้ผลิตเครื่องสำอางแต่ละยี่ห้อและแต่ละชนิดใช้ส่วนผสมของสารสำคัญที่แตกต่างกัน ทำให้ได้ผลเป็นอินฟราเรดสเปกตรัมที่แตกต่างกันนั่นเอง อย่างไรก็ตามเป็นที่น่าสังเกตว่าตัวอย่างเครื่องสำอางรหัส C22 มีอินฟราเรดสเปกตรัมที่ใกล้เคียงกับอินฟราเรดสเปกตรัมของน้ำมาก ทำให้ผู้วิจัยคาดว่าองค์ประกอบในตัวอย่างเครื่องสำอางดังกล่าวเป็นน้ำและมีสารสำคัญอื่นเพียงเล็กน้อยเท่านั้น ซึ่งปรากฏในช่วงเลขคลื่นประมาณ 3,000 ถึง 2,800 และ 1,500 ถึง 1,000 $cm^{-1}$ ดังรูปที่ 4.11 จากข้างต้นจึงเห็นได้ชัดว่า เทคนิคอินฟราเรดสเปกโทรสโกปีโดยตรวจวัดในแบบวิธีสะท้อนสามารถใช้ในการตรวจวิเคราะห์เครื่องสำอางชนิดโลชั่นและครีมเพื่อระบุและจำแนกชนิดได้อย่างถูกต้อง

## 4.2 ผลการวิจัยเพื่อระบุการปนเปื้อนของไฮโดรควิโนนในตัวอย่างเครื่องสำอางชนิดโลชั่นและครีมแต่ละชนิด

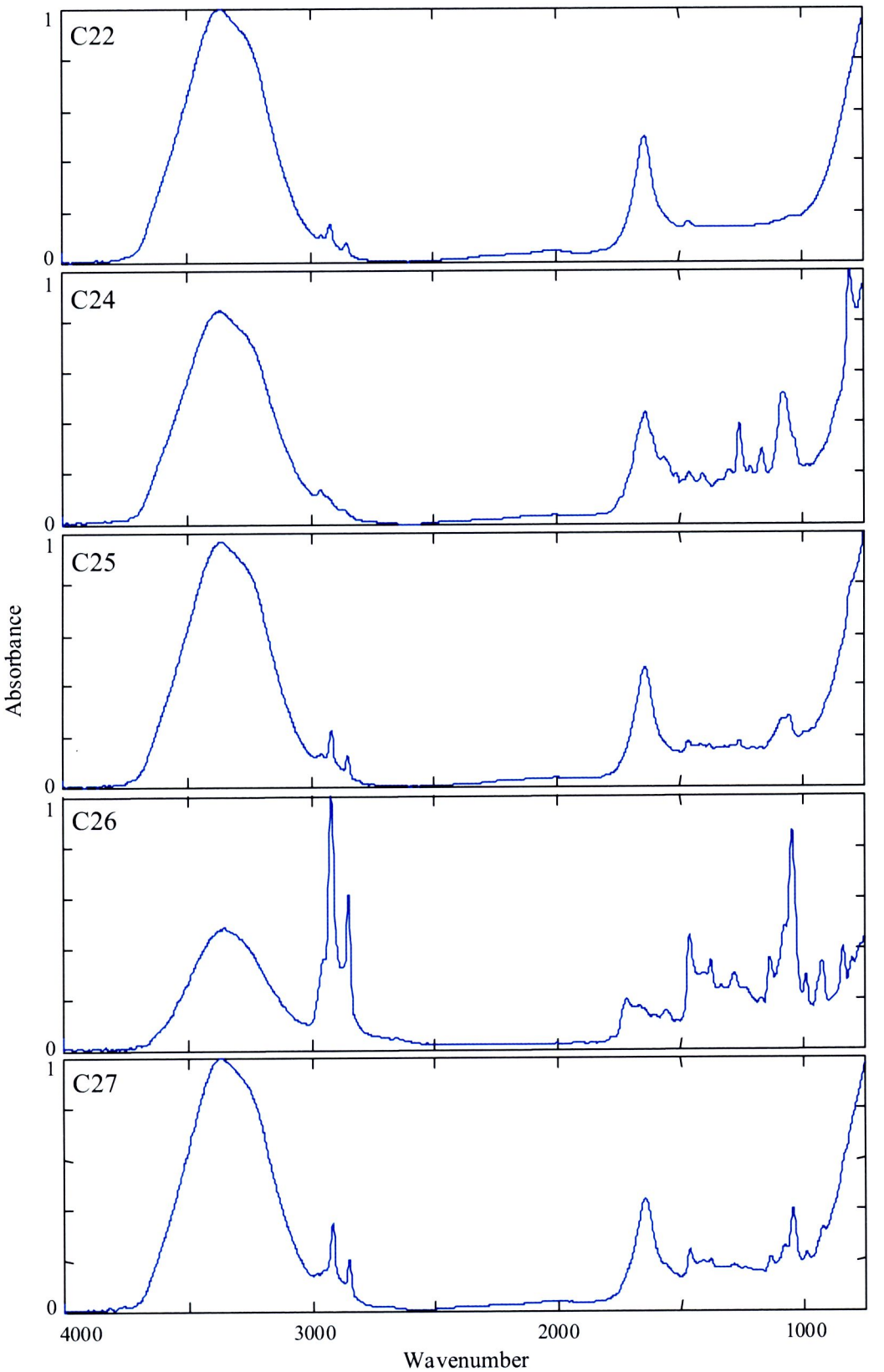
ผู้วิจัยได้ทำการตรวจวัดสารไฮโดรควิโนนซึ่งเป็นสารห้ามใช้ในเครื่องสำอางประเภทโลชั่นและครีมที่ใช้เกี่ยวกับใบหน้า โดยตรวจวัดในแบบวิธีสะท้อนโดยใช้เจอแมเนียมทิปเช่นเดียวกับที่ใช้ในการตรวจวัดตัวอย่างเครื่องสำอางชนิดโลชั่นและครีมข้างต้น ได้ผลเป็นอินฟราเรดสเปกตรัมในช่วงเลขคลื่น 4,000 และ 750 $cm^{-1}$ และเพิ่มเติมด้วยอินฟราเรดสเปกตรัมของสารไฮโดรควิโนนที่ตรวจวัดในแบบวิธีส่งผ่านซึ่งได้จากส่วนของคลัง (Library) ของเครื่องอินฟราเรดสเปกโทรมิเตอร์ Nicolet Magna 6700 Spectrometer ดังรูปที่ 4.12 ซึ่งพบว่า อินฟราเรดสเปกตรัมของสารไฮโดรควิโนนที่ตรวจวัดในแบบวิธีสะท้อนที่ดำเนินการโดยผู้วิจัยเองสอดคล้องตรงกับอินฟราเรดสเปกตรัมของสารไฮโดรควิโนนที่ตรวจวัดในแบบวิธีส่งผ่าน คือ ได้พีคในช่วงเลขคลื่นประมาณ 1540 ถึง 1,000 $cm^{-1}$ ตรงกัน โดยในส่วนของช่วงคลื่นอื่นที่แตกต่างกันนั้นน่าจะเป็นผลจากข้อจำกัดของการตรวจวัดในแบบวิธีส่งผ่าน ซึ่งไม่สามารถตรวจวัดสารไฮโดรควิโนนได้โดยตรง แต่ต้องตรวจวัดโดยผสมสารไฮโดรควิโนนเข้ากับสารนูโจล (Nujol) จึงจะทำการตรวจวัดได้ เพราะฉะนั้นความแตกต่างดังกล่าวจึงเป็นผลจากการมีสารนูโจลผสมอยู่ด้วยนั่นเอง



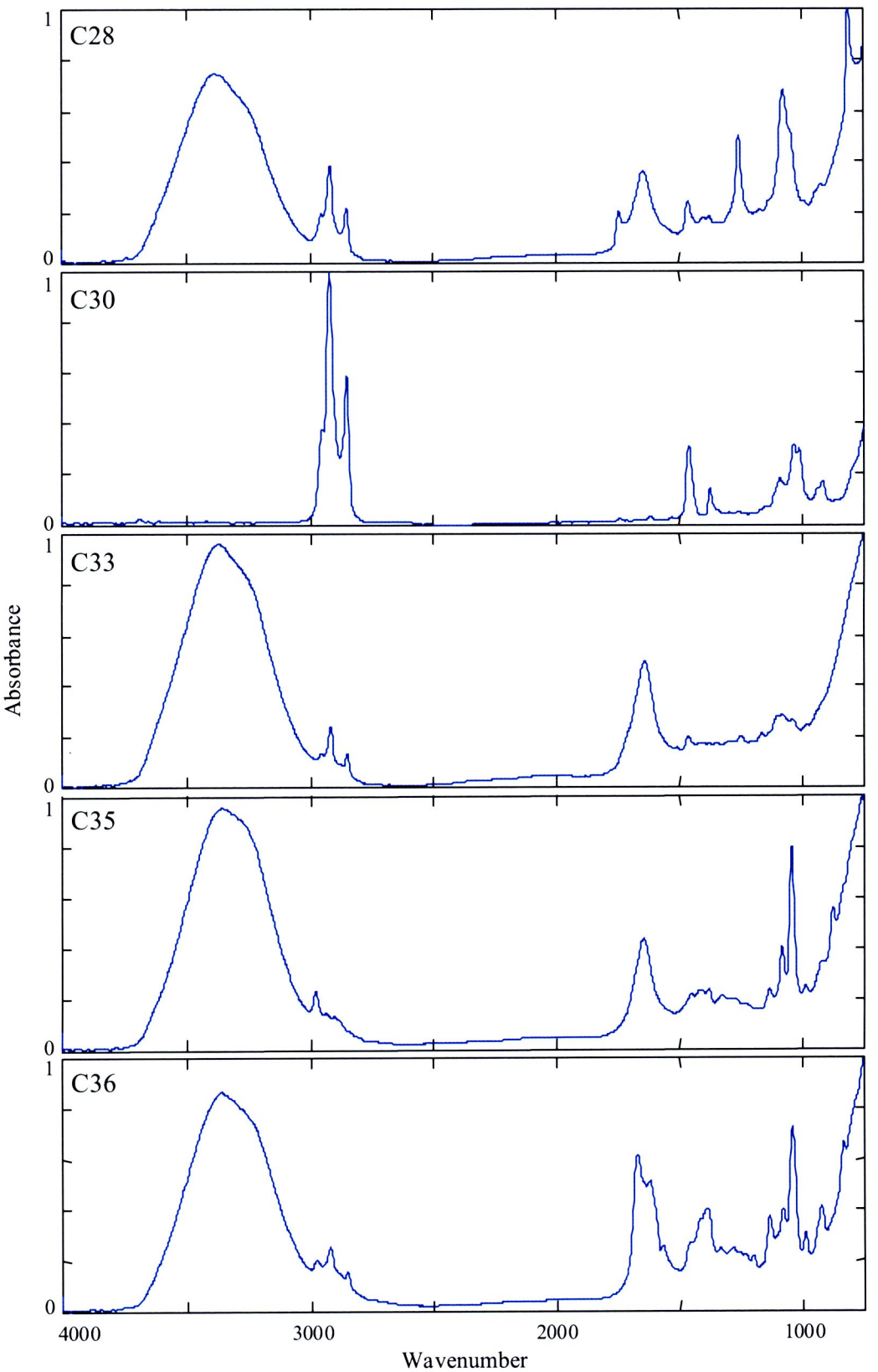

รูปที่ 4.5 อินฟราเรดสเปกตรัมของตัวอย่างเครื่องสำอางรหัส C06, C09, C14, C15 และ C16a ที่ตรวจวัดในแบบวิธีสะท้อนโดยใช้เจอแมเนียมทิปในช่วงเลขคลื่น 4,000 ถึง 750 $cm^{-1}$



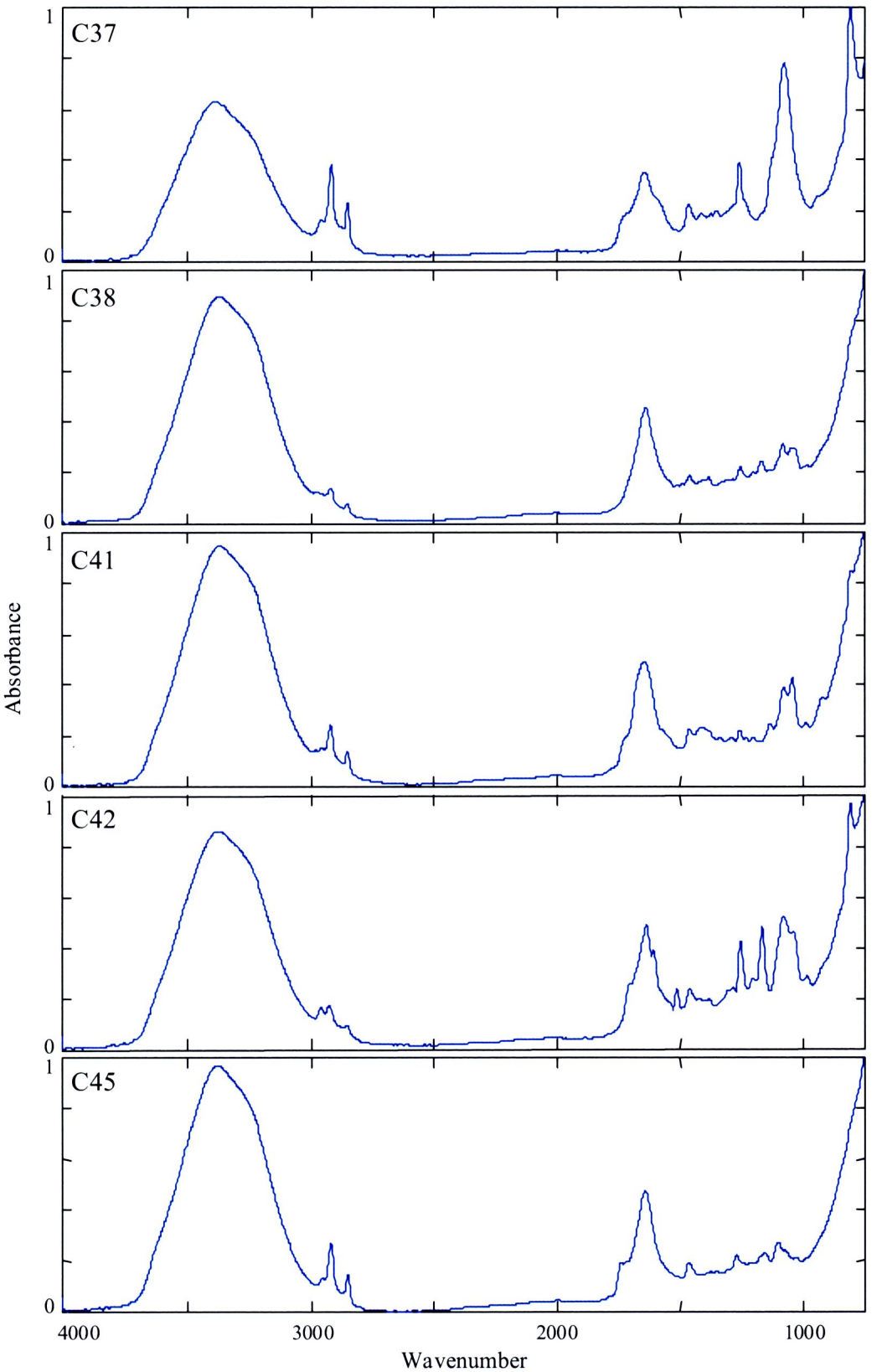

รูปที่ 4.6 อินฟราเรดสเปกตรัมของตัวอย่างเครื่องสำอางรหัส C16b, C17, C18, C19 และ C21 ที่ตรวจวัดในแบบวิธีสะท้อนโดยใช้เจอแมเนียมทิปในช่วงเลขคลื่น 4,000 ถึง 750 $cm^{-1}$



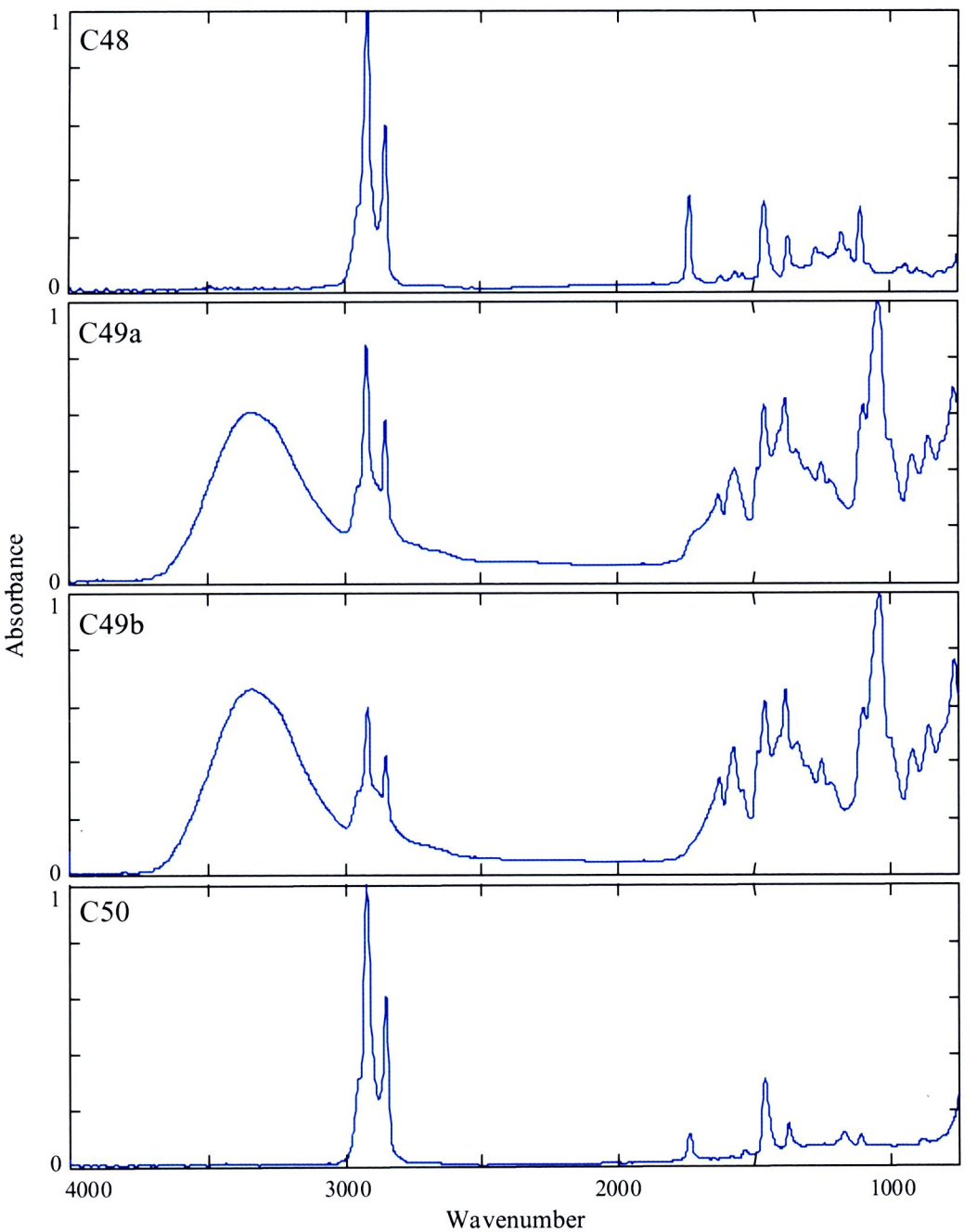

รูปที่ 4.7 อินฟราเรดสเปกตรัมของตัวอย่างเครื่องสำอางรหัส C22, C24, C25, C26 และ C27 ที่ตรวจวัดในแบบวิธีสะท้อนโดยใช้เจอแมเนียมทิปในช่วงเลขคลื่น 4,000 ถึง 750 $cm^{-1}$



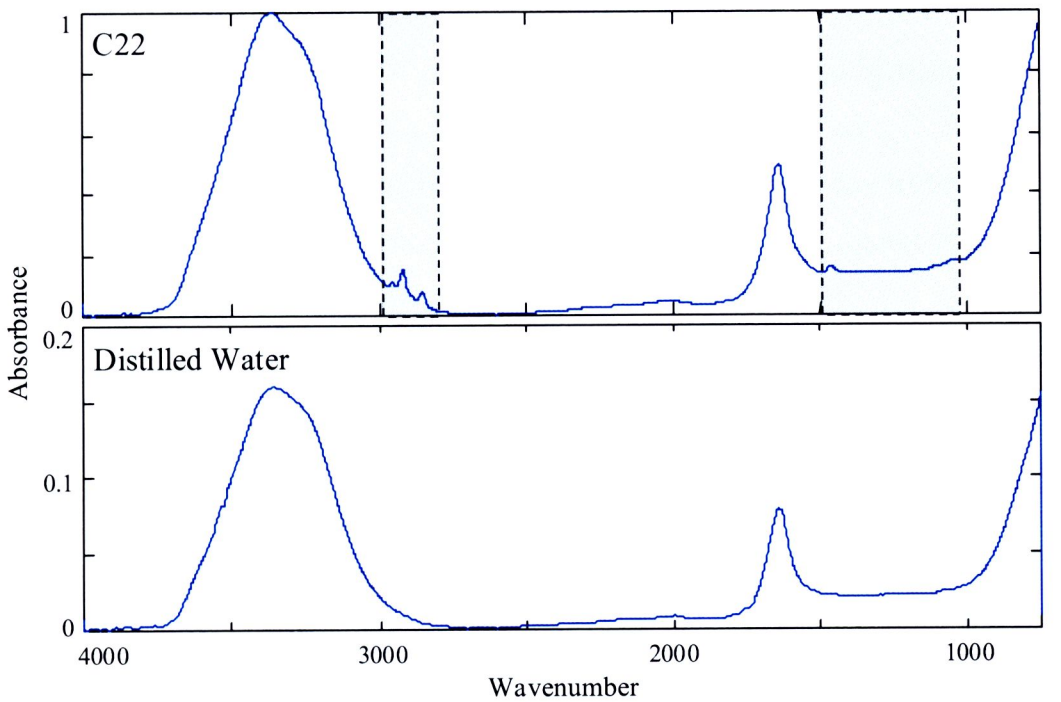

รูปที่ 4.8 อินฟราเรดสเปกตรัมของตัวอย่างเครื่องสำอางรหัส C28, C30, C33, C35 และ C36 ที่ตรวจวัดในแบบวิธีสะท้อนโดยใช้เจอแมเนียมทิปในช่วงเลขคลื่น 4,000 ถึง 750 $cm^{-1}$



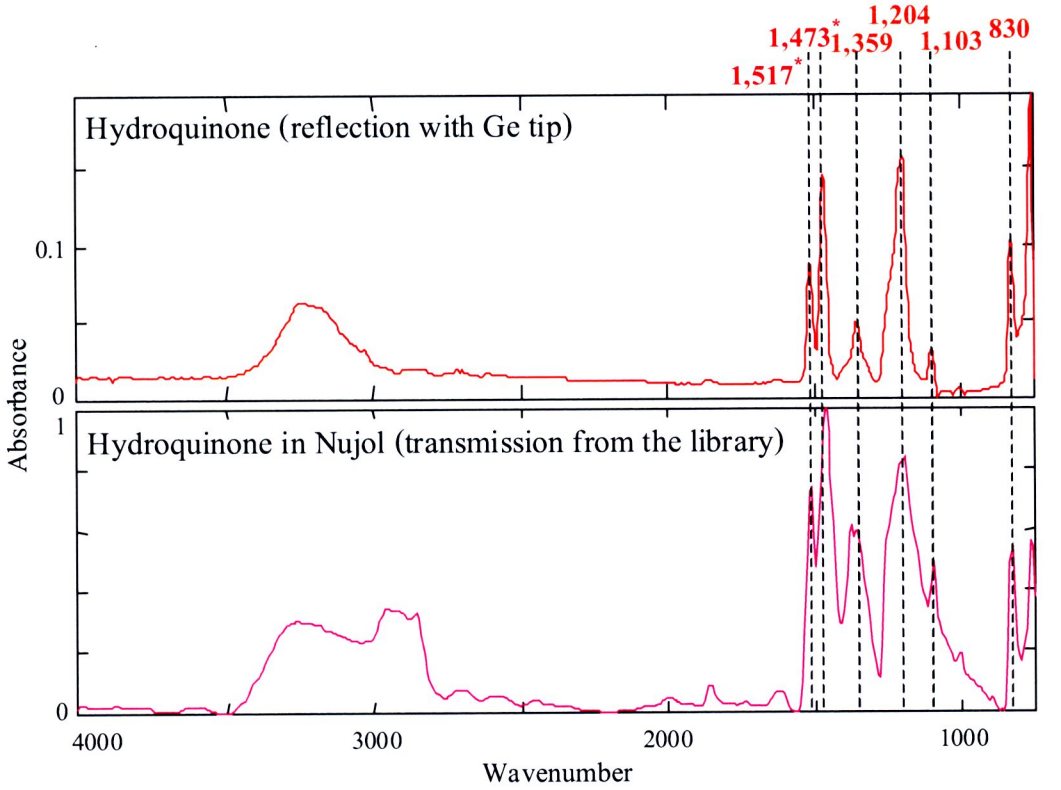

รูปที่ 4.9 อินฟราเรดสเปกตรัมของตัวอย่างเครื่องสำอางรหัส C37, C38, C41, C42 และ C45 ที่ตรวจวัดในแบบวิธีสะท้อนโดยใช้เจอแมเนียมทิปในช่วงเลขคลื่น 4,000 ถึง 750 $cm^{-1}$




รูปที่ 4.10 อินฟราเรดสเปกตรัมของตัวอย่างเครื่องสำอางรหัส C48, C49a, C49b และ C50 ที่ตรวจวัดในแบบวิธีสะท้อนโดยใช้เจอแมเนียมทิปในช่วงเลขคลื่น 4,000 ถึง 750 $cm^{-1}$



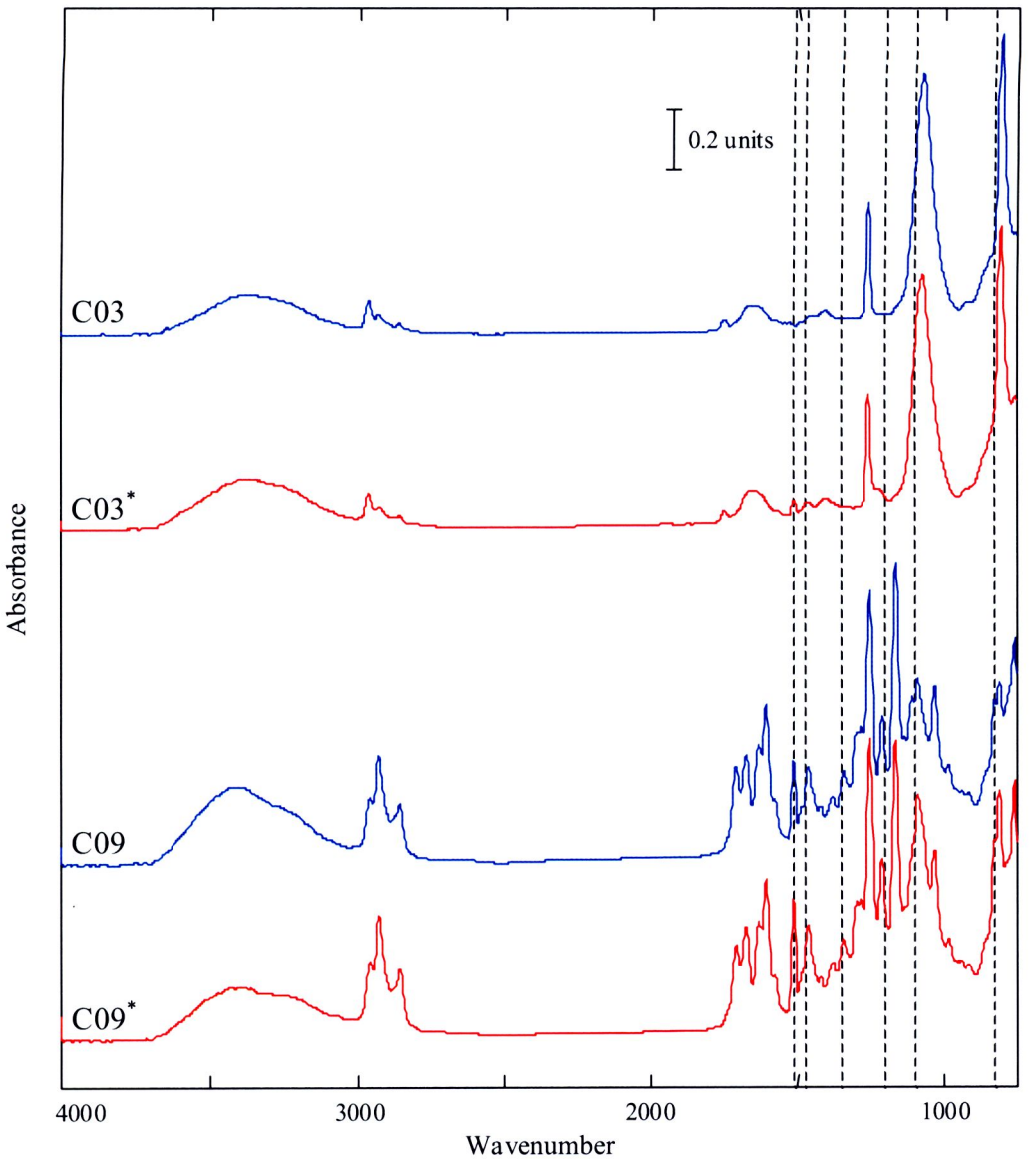

รูปที่ 4.11 อินฟราเรดสเปกตรัมเปรียบเทียบระหว่างของตัวอย่างเครื่องสำอางรหัส C22 (ภาพบน) กับของน้ำกลั่น (ภาพล่าง) ที่ตรวจวัดในแบบวิธีสะท้อนโดยใช้เจอแมเนียมทิป




รูปที่ 4.12 อินฟราเรดสเปกตรัมของสารไฮโดรควิโนนที่ตรวจวัดในแบบวิธีสะท้อนโดยใช้เจอแมเนียมทิป (ภาพบน) และที่ตรวจวัดในแบบวิธีส่งผ่านจากคลังอินฟราเรดสเปกตรัม (ภาพล่าง)

จากการแปลผลของอินฟราเรดสเปกตรัมของสารไฮโดรควิโนนที่ตรวจวัดได้ในรูปที่ 4.12 พบว่า ก) พีคที่ตำแหน่งเลขคลื่น 1,517 และ 1,473 $cm^{-1}$ เป็นการสั่นของวงแหวนแอโรแมติก (Aromatic Ring) ซึ่งเป็นส่วนประกอบในโมเลกุลของไฮโดรควิโนน ข) พีคที่ตำแหน่งเลขคลื่น 1,359 $cm^{-1}$ เป็นการสั่นแบบงอ (Bending) ของพันธะ C–H ของวงแหวนแอโรแมติก และ ค) พีคที่ตำแหน่งเลขคลื่น 1,204 $cm^{-1}$ เป็นการสั่นแบบยืดหด (Stretching) ของพันธะ C–O ในโมเลกุลของไฮโดรควิโนน

นอกจากนี้ผู้วิจัยยังได้เตรียมตัวอย่างเครื่องสำอางที่ทำการปลอมปนด้วยสารไฮโดรควิโนนเพิ่งลงไป โดยตัวอย่างเครื่องสำอางที่ทำการปลอมปนขึ้นเองนี้ถือเสมือนเป็นการทดสอบกระบวนการของการตรวจวัดและวิเคราะห์ด้วยเทคนิคอินฟราเรดสเปกโทรสโกปีและคีโมเมทริกส์ โดยในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยเลือกตัวอย่างเครื่องสำอางรหัส C03 และ C09 “**เนื่องจากตัวอย่างเครื่องสำอางรหัส C03 มีลักษณะของอินฟราเรดสเปกตรัมที่ไม่ตรงกับอินฟราเรดสเปกตรัมของสารไฮโดรควิโนนอย่างชัดเจน ในขณะที่ตัวอย่างเครื่องสำอางรหัส C09 เป็นตัวอย่างที่มีลักษณะของอินฟราเรดสเปกตรัมที่มีพีคตรงหรือใกล้เคียงอินฟราเรดสเปกตรัมของสารไฮโดรควิโนนมาก**” ในที่นี้ผู้วิจัยทำการปลอมปนตัวอย่างเครื่องสำอางรหัส C03 และ C09 ด้วยไฮโดรควิโนนในอัตราการปลอมปนเป็นร้อยละ 5 และ 1 ตามลำดับ โดยที่อัตราการปลอมปนร้อยละ 5 หมายถึง ในสารตัวอย่างที่ทำการตรวจวัด 100 ส่วนมีปริมาณเครื่องสำอางจริงอยู่ 95 ส่วนและมีสารไฮโดรควิโนนอยู่ 5 ส่วน และในทำนองเดียวกันอัตราการปลอมปนร้อยละ 1 หมายถึง มีปริมาณเครื่องสำอางจริงอยู่ 99 ส่วนและมีสารไฮโดรควิโนนอยู่ 1 ส่วน จากข้างต้นจึงกำหนดรหัสตัวอย่างของตัวอย่างเครื่องสำอางที่ปลอมปนด้วยสารไฮโดรควิโนนนี้เป็น C03* และ C09* ตามลำดับ ทำการตรวจวัดตัวอย่างเครื่องสำอางที่ปลอมปนนี้ในแบบวิธีสะท้อนโดยใช้เจอแมเนียมทิปได้ผลเป็นอินฟราเรดสเปกตรัมในช่วงเลขคลื่น 4,000 และ 750 $cm^{-1}$ ดังรูปที่ 4.13 ซึ่งพบว่า ทั้งตัวอย่างเครื่องสำอางรหัส C03* และ C09* ซึ่งทำการปลอมปนด้วยสารไฮโดรควิโนนมีอินฟราเรดสเปกตรัมในช่วงเลขคลื่น 1,540 ถึง 1,000 $cm^{-1}$ ที่แตกต่างอย่างชัดเจนกับตัวอย่างเครื่องสำอางรหัส C03 และ C09 ตามลำดับ โดยปรากฏพีคของสารไฮโดรควิโนนขึ้นมาที่ตำแหน่งเลขคลื่น 1,517 และ 1,473 $cm^{-1}$ ส่วนในกรณีของตัวอย่างเครื่องสำอางรหัส C09* แม้ว่าเดิมจะมีอินฟราเรดสเปกตรัมที่มีตำแหน่งพีคปรากฏใกล้เคียงกับสารไฮโดรควิโนน แต่เมื่อเติมสารไฮโดรควิโนนเพิ่มลงไปก็เห็นชัดเจนว่า พีคที่ตำแหน่งเลขคลื่น 1,517 และ 1,473 $cm^{-1}$ มีความสูงเพิ่มขึ้นอย่างชัดเจน




รูปที่ 4.13 อินฟราเรดสเปกตรัมของตัวอย่างเครื่องสำอางรหัส C03 และ C09 เปรียบเทียบกับตัวอย่างรหัส C03* และ C09* ซึ่งทำการปลอมปนด้วยสารไฮโดรควิโนนในอัตราการปลอมปนร้อยละ 5 และ 1 ตามลำดับ

จากอินฟราเรดสเปกตรัมของตัวอย่างเครื่องสำอางที่ตรวจวัดได้ข้างต้นจะเห็นว่า ไม่อาจระบุการปนเปื้อนหรือปลอมปนของสารไฮโดรควิโนนโดยการสังเกตด้วยตาเปล่าได้ เนื่องจากมีบางตัวอย่างเครื่องสำอางที่มีอินฟราเรดสเปกตรัมที่มีตำแหน่งของพีคใกล้เคียงกันกับสารไฮโดรควิโนน จึงต้องทำการวิเคราะห์การปลอมปนของสารไฮโดรควิโนนโดยใช้วิธีคีโมเมทริกส์ โดยในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยเลือกวิธีการวิเคราะห์ตัวประกอบเป้าหมาย เนื่องจากในงานวิจัยนี้มีอินฟราเรดสเปกตรัมของสารที่ต้องสงสัย (ไฮโดรควิโนน) อยู่แล้ว ซึ่งพบว่า ไม่มีตัวอย่างโลชั่นและครีมใดที่พบการปนเปื้อน ยกเว้นรหัส

ตัวอย่างที่ C03* และ C09* ที่ผู้วิจัยจงใจทำการปลอมปนด้วยไฮโดรควิโนนเพิ่มลงไปในระดับความเข้มข้นร้อยละ 5 และ 1 ตามลำดับดังแสดงในตารางที่ 4.1 อย่างไรก็ตามเป็นที่น่าสังเกตว่าตัวอย่างเครื่องสำอางรหัส C16a และ C43 มีผลการทดสอบที่กลำ้กึ่งมาก จึงควรมีการตรวจวิเคราะห์ด้วยเทคนิคไฮเพอร์ฟอร์แมนต์ลิควิดโครมาโทกราฟีเพื่อยืนยันผลต่อไป โดยที่ผลการตรวจวัดดังกล่าวนี้สอดคล้องกับผลการตรวจวัดด้วยชุดทดสอบสารไฮโดรควิโนนของกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ที่คณะผู้วิจัยได้ทำการตรวจวัดควบคู่ไปการตรวจวัดด้วยเทคนิคอินฟราเรดสเปกโทรสโกปี

ตารางที่ 4.1 ผลการทดสอบการปนเปื้อนของสารไฮโดรควิโนนในตัวอย่างโลชั่นและครีม

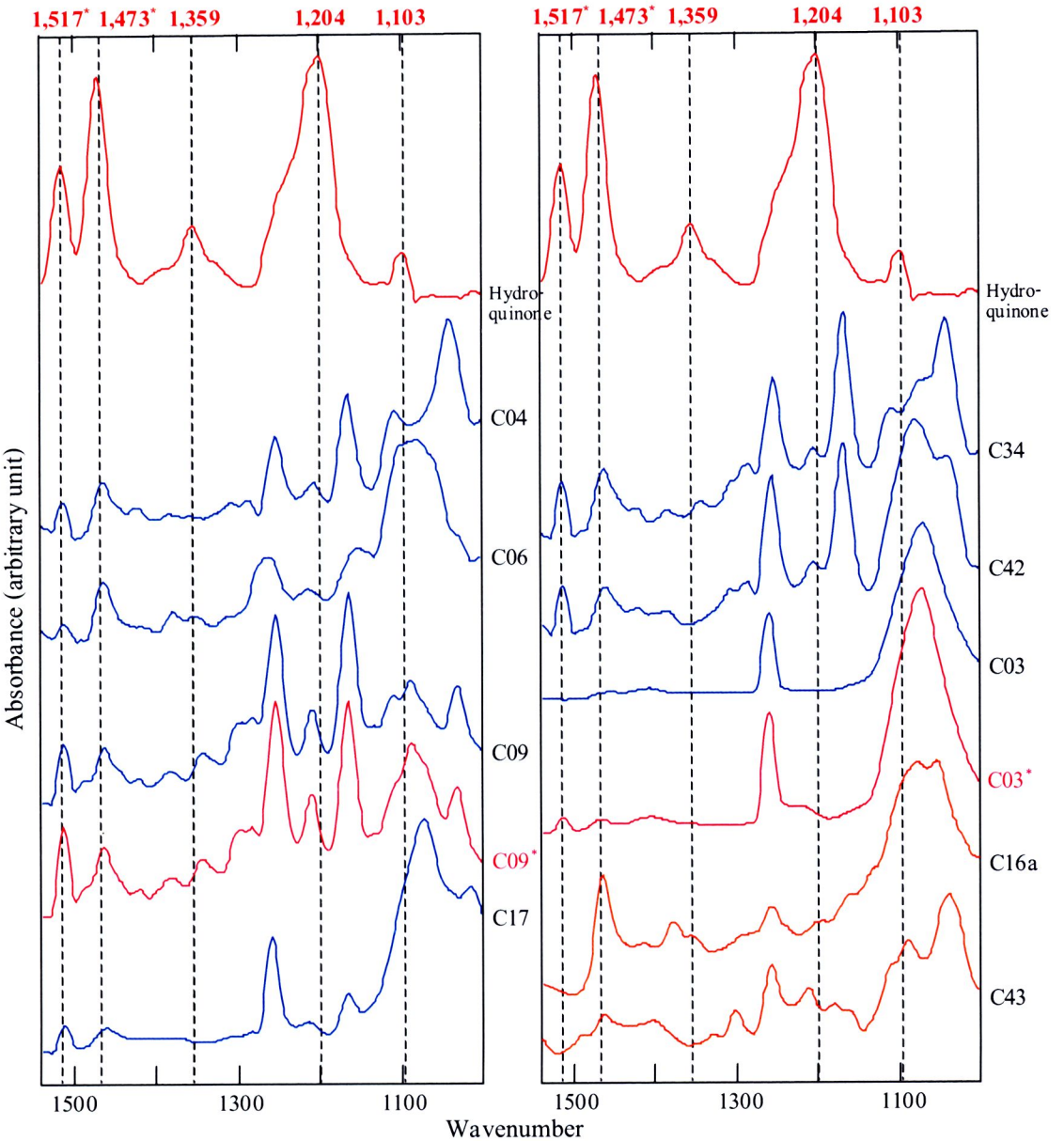
| รหัสตัวอย่าง | การวิเคราะห์ตัวประกอบเป้าหมาย | | ผลการทดสอบ** |
|---|---|---|---|
| | *rms* | $r_{pq}$ | |
| C01 | 0.6519 | 0.3835 | ลบ |
| C02 | 0.6350 | 0.4368 | ลบ |
| C03 | 0.6683 | 0.3361 | ลบ |
| **C03*** | **0.4483** | **0.7728** | **บวก** |
| C04 | 0.6433 | 0.4128 | ลบ |
| C05 | 0.6005 | 0.5255 | ลบ |
| C06 | 0.6300 | 0.4510 | ลบ |
| C07 | 0.6870 | 0.2550 | ลบ |
| C08 | 0.7471 | -0.0190 | ลบ |
| C09 | 0.6171 | 0.4857 | ลบ |
| **C09*** | **0.4576** | **0.7651** | **บวก** |
| C14 | 0.6182 | 0.4826 | ลบ |
| C15 | 0.6445 | 0.4088 | ลบ |
| **C16a** | **0.5649** | **0.5997** | **ลบ (?)** |
| C16b | 0.6310 | 0.4489 | ลบ |
| C17 | 0.6692 | 0.3821 | ลบ |
| C18 | 0.7293 | 0.0857 | ลบ |
| C19 | 0.6591 | 0.3709 | ลบ |
| C21 | 0.6890 | 0.2418 | ลบ |
| C22 | 0.7266 | - 0.3005 | ลบ |
| C24 | 0.6162 | 0.4881 | ลบ |
| C25 | 0.6863 | 0.2500 | ลบ |
| C26 | 0.6043 | 0.5235 | ลบ |
| C27 | 0.6929 | 0.2190 | ลบ |
| C28 | 0.7028 | 0.1497 | ลบ |

ตารางที่ 4.1 ผลการทดสอบการปนเปื้อนของสารไฮโดรควิโนนในตัวอย่างโลชั่นและครีม (ต่อ)

| รหัสตัวอย่าง | การวิเคราะห์ตัวประกอบเป้าหมาย | | ผลการทดสอบ** |
|---|---|---|---|
| | *rms* | $r_{pq}$ | |
| C30 | 0.6788 | 0.3031 | ลบ |
| C32 | 0.7281 | -0.1389 | ลบ |
| C33 | 0.6491 | 0.3932 | ลบ |
| C34 | 0.6816 | 0.2628 | ลบ |
| C35 | 0.6576 | 0.3778 | ลบ |
| C36 | 0.6392 | 0.4262 | ลบ |
| C38 | 0.5875 | 0.5544 | ลบ |
| C40a | 0.7708 | 0.0875 | ลบ |
| C40b | 0.6032 | 0.5202 | ลบ |
| C41 | 0.6578 | 0.3700 | ลบ |
| C42 | 0.6292 | 0.4551 | ลบ |
| **C43** | **0.5143** | **0.6850** | **ลบ (?)** |
| C45 | 0.6284 | 0.4555 | ลบ |
| C46a | 0.6176 | 0.4848 | ลบ |
| C46b | 0.7431 | -0.0421 | ลบ |
| C48 | 0.6413 | 0.4200 | ลบ |
| C49a | 0.6509 | 0.3937 | ลบ |
| C49b | 0.6523 | 0.3854 | ลบ |
| C50 | 0.6948 | 0.2677 | ลบ |

หมายเหตุ ** ผลการทดสอบเป็นบวกเมื่อค่า *rms* น้อยกว่า 0.5 และค่า $r_{pq}$ มีค่าเข้าใกล้ 1

จากผลการทดสอบการปนเปื้อนของสารไฮโดรควิโนนด้วยวิธีการวิเคราะห์ตัวประกอบเป้าหมายข้างต้น เมื่อคำนึงถึงในแง่ของอินฟราเรดสเปกตรัมโดยพิจารณาเฉพาะในช่วงเลขคลื่น 1,540 ถึง 1,000 $cm^{-1}$ พบว่า ตัวอย่างเครื่องสำอางรหัส C04, C06, C09, C16a, C17, C34, C42 และ C43 มีลักษณะของอินฟราเรดสเปกตรัมที่มีตำแหน่งของพีคใกล้เคียงกันกับของไฮโดรควิโนนดังรูปที่ 4.14 ซึ่งแม้ว่าจากผลการทดสอบด้วยวิธีการวิเคราะห์ตัวประกอบเป้าหมายในตารางที่ 4.1 ได้ผลเป็นลบ คือ ไม่มีสารไฮโดรควิโนนก็ตาม แต่ก็อาจเป็นไปได้ว่า ตัวอย่างเครื่องสำอางดังกล่าวมีส่วนผสมของสารเคมีที่มีโครงสร้างโมเลกุลใกล้เคียงกับของไฮโดรควิโนนมากก็ได้




รูปที่ 4.14 อินฟราเรดสเปกตรัมในช่วงเลขคลื่น 1,540 ถึง 1,000 $cm^{-1}$ ของสารไฮโดรควิโนนเปรียบเทียบกับของตัวอย่างเครื่องสำอางรหัส C04, C06, C09, C09*, C17, C34, C42, C03, C03*, C16a และ C43 ตามลำดับ

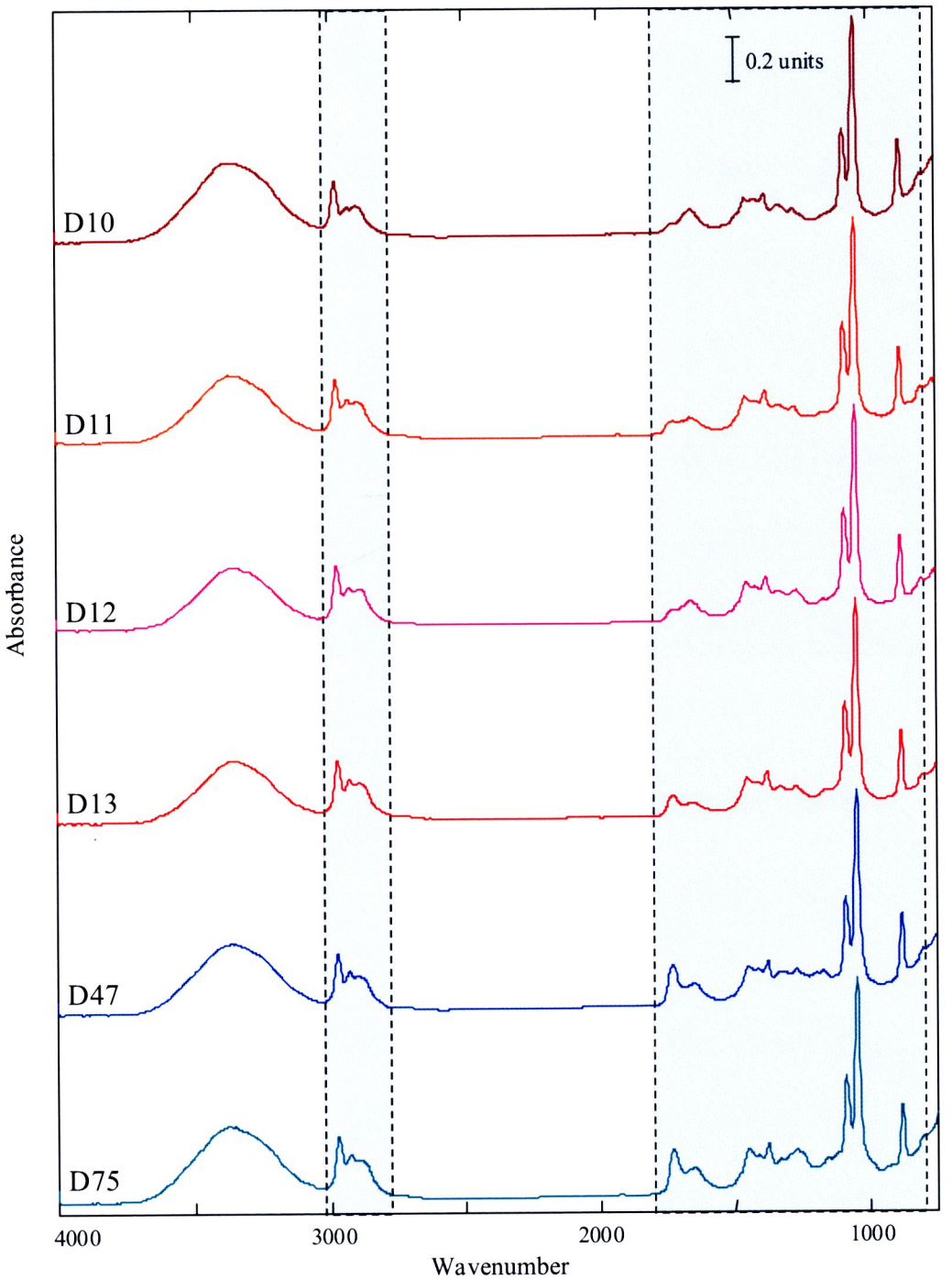
จากรูปที่ 4.14 ยังเห็นได้ชัดเจนว่า ผลการทดสอบด้วยวิธีการวิเคราะห์ตัวประกอบเป้าหมายของตัวอย่างเครื่องสำอางรหัส C03, C03*, C09 และ C09* ให้ผลสอดคล้องกับอินฟราเรดสเปกตรัมของตัวอย่างเครื่องสำอางที่ตรวจวัดได้อย่างชัดเจน คือ เมื่อผลการทดสอบเป็นบวก อินฟราเรดสเปกตรัมของตัวอย่างเครื่องสำอางที่เติมไฮโดรควิโนนก็ปรากฏพีคของสารไฮโดรควิโนนสูงขึ้นมาชัดเจน ส่วนตัวอย่างเครื่องสำอางรหัส C16a และ C43 ซึ่งได้ผลการทดสอบด้วยวิธีการวิเคราะห์

ตัวประกอบเป้าหมายที่กล้ำกึ่งมาก ซึ่งอาจเป็นไปได้ว่า มีการปนเปื้อนของสารไฮโดรควิโนนอยู่เล็กน้อย และเมื่อพิจารณาจากอินฟราเรดสเปกตรัมพบว่า มีความสอดคล้องของพีคของสารไฮโดรควิโนนที่ตำแหน่งเลขคลื่น 1,473 $cm^{-1}$ แต่อย่างไรก็ตามกลับไม่ปรากฏพีคของสารไฮโดรควิโนนที่ตำแหน่งเลขคลื่น 1,517 $cm^{-1}$ เหมือนกับกรณีของตัวอย่างเครื่องสำอางที่ปลอมปนกับไม่ปลอมปนด้วยสารไฮโดรควิโนนข้างต้น จึงควรต้องมีการทำวิจัยในประเด็นนี้เพิ่มเติมต่อไป จากข้างต้นจึงเห็นได้ชัดว่า เทคนิคอินฟราเรดสเปกโทรสโกปีโดยตรวจวัดในแบบวิธีสะท้อนซึ่งใช้เวลาในการเตรียมและตรวจวัดตัวอย่างเพียง 5 นาทีนั้นรวดเร็วมาก และสามารถใช้ในการตรวจวิเคราะห์เครื่องสำอางชนิดโลชั่นและครีมเพื่อระบุการปนเปื้อนหรือการปลอมปนของสารไฮโดรควิโนนได้อย่างถูกต้องอีกด้วย

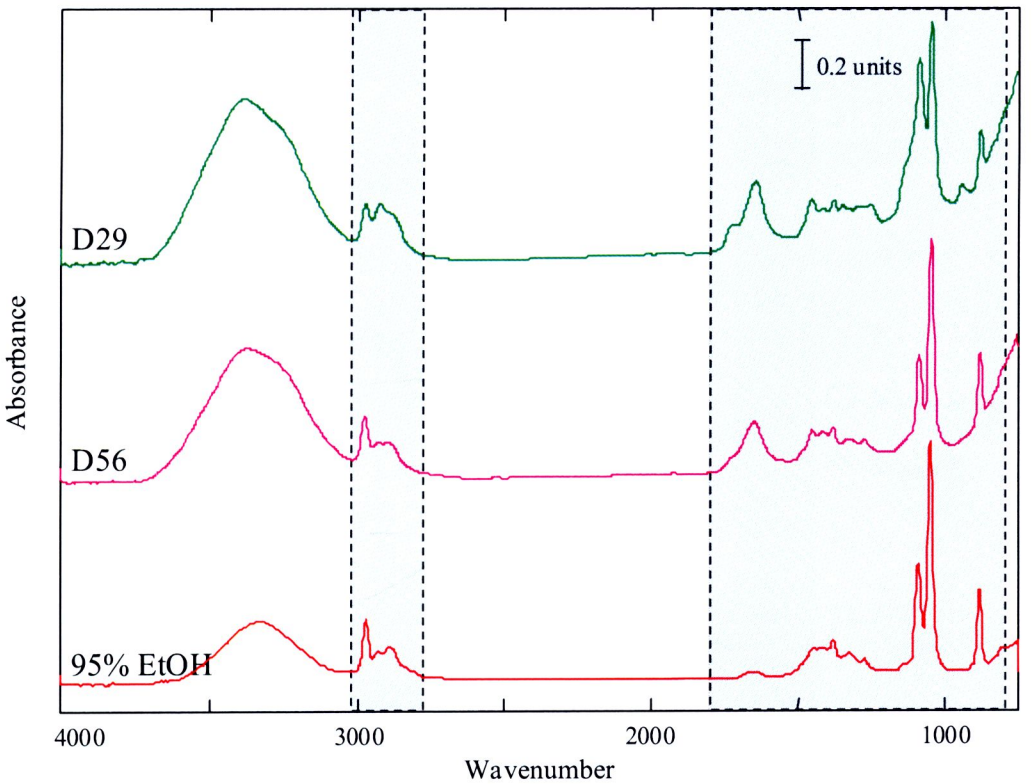
### 4.3 ผลการวิจัยเพื่อพิสูจน์ความแท้จริงของตัวอย่างเครื่องสำอางชนิดน้ำหอมแต่ละชนิด

ผู้วิจัยได้ทำการตรวจวัดตัวอย่างเครื่องสำอางชนิดน้ำหอมทั้งหมด 8 ตัวอย่างดังแสดงในตารางที่ 3.2 โดยที่ตัวอย่างน้ำหอมรหัส D10, D11, D12, D13, D47 และ D75 เป็นตัวอย่างน้ำหอมที่นำเข้าจากต่างประเทศ ในขณะที่ตัวอย่างน้ำหอมรหัส D29 และ D56 เป็นตัวอย่างน้ำหอมที่ผลิตโดยผู้ประกอบการของไทย ทำการตรวจวัดในแบบวิธีสะท้อนโดยใช้เจอแมเนียมทิปกับตัวอย่างน้ำหอมทั้งหมด และเพิ่มเติมโดยทำการตรวจวัดสารละลายเอทานอลชนิดเข้มข้นร้อยละ 95 โดยปริมาตรด้วย เนื่องจากผู้วิจัยคาดว่า ตัวอย่างน้ำหอมส่วนใหญ่น่าจะมีสารละลายเอทานอลเป็นองค์ประกอบอย่างหนึ่ง ได้ผลเป็นอินฟราเรดสเปกตรัมในช่วงเลขคลื่น 4,000 และ 750 $cm^{-1}$ ดังแสดงในรูปที่ 4.15 และ 4.16 ตามลำดับ ซึ่งพบว่า ตัวอย่างน้ำหอมทั้งหมดมีองค์ประกอบหลักเป็นสารละลายเอทานอลตามที่ผู้วิจัยคาดการณ์ไว้ โดยมีส่วนที่เป็นองค์ประกอบที่เป็นน้ำหอมจริงๆเพียงเล็กน้อยเท่านั้น แต่ปริมาณเพียงเล็กน้อยดังกล่าวก็สามารถแสดงความเป็นลักษณะเฉพาะของน้ำหอมแต่ละชนิดได้ อย่างไรก็ตามพบว่า อินฟราเรดสเปกตรัมของตัวอย่างน้ำหอมแม้เป็นชนิดเดียวกันแต่ตรวจวัดคนละครั้งก็แตกต่างกัน ทั้งนี้เนื่องมาจากองค์ประกอบต่างๆในน้ำหอมเกิดการระเหย และระเหยในอัตราที่แตกต่างกันไป ทำให้การตรวจวัดแต่ละครั้งแตกต่างกันหรือเกิดการแปรผัน (Variation) ในตัวอย่างน้ำหอมแต่ละชนิด

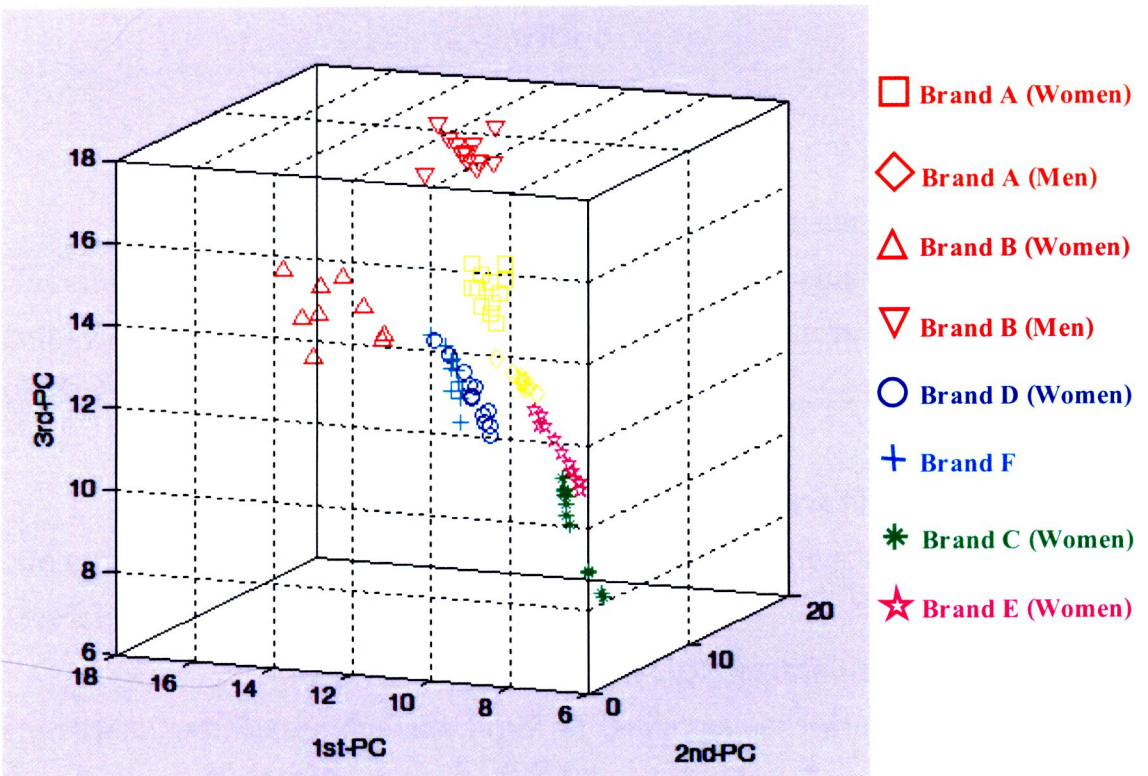
จากข้างต้นจึงทำการวิเคราะห์เพื่อระบุความแท้จริงของตัวอย่างน้ำหอมแต่ละชนิดโดยใช้วิธีคีโมเมทริกส์ โดยในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยเลือกวิธีแนวเทียบกลุ่มของแบบจำลองอิสระเปลี่ยนได้หรือวิธีซิมคาและเลือกใช้อินฟราเรดสเปกตรัมในช่วงเลขคลื่น 3,030 ถึง 2,770 กับ 1,800 ถึง 800 $cm^{-1}$ ในการวิเคราะห์ข้อมูล ทั้งนี้ผู้วิจัยได้ทดลองใช้วิธีคีโมเมทริกส์อื่นๆ เช่น การวิเคราะห์ส่วนประกอบมุขสำคัญระยะมาฮาลาโนบิส เป็นต้น แต่ให้ผลการจำแนกที่ไม่ถูกต้อง (ไม่ได้แสดงผลการจำแนกในที่นี้) ซึ่งพบว่า ได้ผลการจำแนกของตัวอย่างน้ำหอมทั้งหมดด้วยวิธีซิมคาเป็นดังรูปที่ 4.17




รูปที่ 4.15 อินฟราเรดสเปกตรัมของตัวอย่างน้ำหอมชนิดนำเข้าจากต่างประเทศรหัส D10, D11, D12, D13, D47 และ C75 ที่ตรวจวัดในแบบวิธีสะท้อนโดยใช้เจอแมเนียมทิปในช่วงเลขคลื่น 4,000 ถึง 750 $cm^{-1}$




รูปที่ 4.16 อินฟราเรดสเปกตรัมของตัวอย่างน้ำหอมชนิดผลิตภายในประเทศรหัส D29 และ C56 และสารละลายเอทานอลชนิดเข้มข้นร้อยละ 95 ที่ตรวจวัดในแบบวิธีสะท้อนโดยใช้เจอแมเนียมทิปในช่วงเลขคลื่น 4,000 ถึง 750 $cm^{-1}$




รูปที่ 4.17 ผลการจำแนกอินฟราเรดสเปกตรัมของตัวอย่างน้ำหอมแต่ละชนิดด้วยวิธีซิมคา โดยแสดงในปริภูมิของการจำแนกสามองค์ประกอบ

จากรูปที่ 4.17 พบว่า ตัวอย่างน้ำหอมแต่ละชนิดเกิดการเกาะกลุ่ม (Cluster) และอยู่แยกจากกัน ทำให้สามารถระบุความแท้จริงของตัวอย่างน้ำหอมแต่ละชนิดได้อย่างถูกต้อง ส่วนตัวอย่างน้ำหอมที่นำเข้าจากต่างประเทศและที่ผลิตในประเทศพบว่า สามารถจำแนกความแตกต่างได้อย่างชัดเจนโดยที่ตัวอย่างน้ำหอมจากต่างประเทศอยู่เกาะกลุ่มกันทางด้านบนของปริภูมิ ในขณะที่ตัวอย่างน้ำหอมที่ผลิตในประเทศอยู่เกาะกลุ่มกันค่อนไปทางด้านล่างของปริภูมิ ส่วนตัวอย่างน้ำหอมยี่ห้อ A และ B ซึ่งมีอยู่ 2 ชนิดสำหรับผู้ชายและผู้หญิงนั้นก็สามารถจำแนกความแตกต่างได้อย่างถูกต้องเช่นกัน นอกจากนี้ยังพบว่าตัวอย่างน้ำหอมยี่ห้อ D และ F แม้ว่าผลการจำแนกจะดูใกล้เคียงกันแต่ก็แตกต่างกันและสามารถจำแนกความแตกต่างได้อย่างถูกต้องเช่นกัน จากข้างต้นจึงเห็นได้ชัดว่าเทคนิคอินฟราเรดสเปกโทรสโกปีโดยตรวจวัดในแบบวิธีสะท้อนเป็นวิธีการที่มีศักยภาพสูงในการตรวจวิเคราะห์เพื่อระบุความแท้จริงของตัวอย่างน้ำหอมแต่ละชนิดได้อย่างถูกต้อง