

เข้าใจศัพท์...ก็ get A เคมีอาหาร by ครูชมบี



ตอนที่ 11 Oxidation (ต่อ)

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ชมภูษ เพื่อนพิภพ

สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

ปฏิกิริยารีดอกซ์ (Oxidation-Reduction Reaction)


- หมายถึง ปฏิกิริยาที่มีการให้และรับอิเล็กตรอนซึ่งประกอบด้วย 2 ปฏิกิริยา ดังนี้

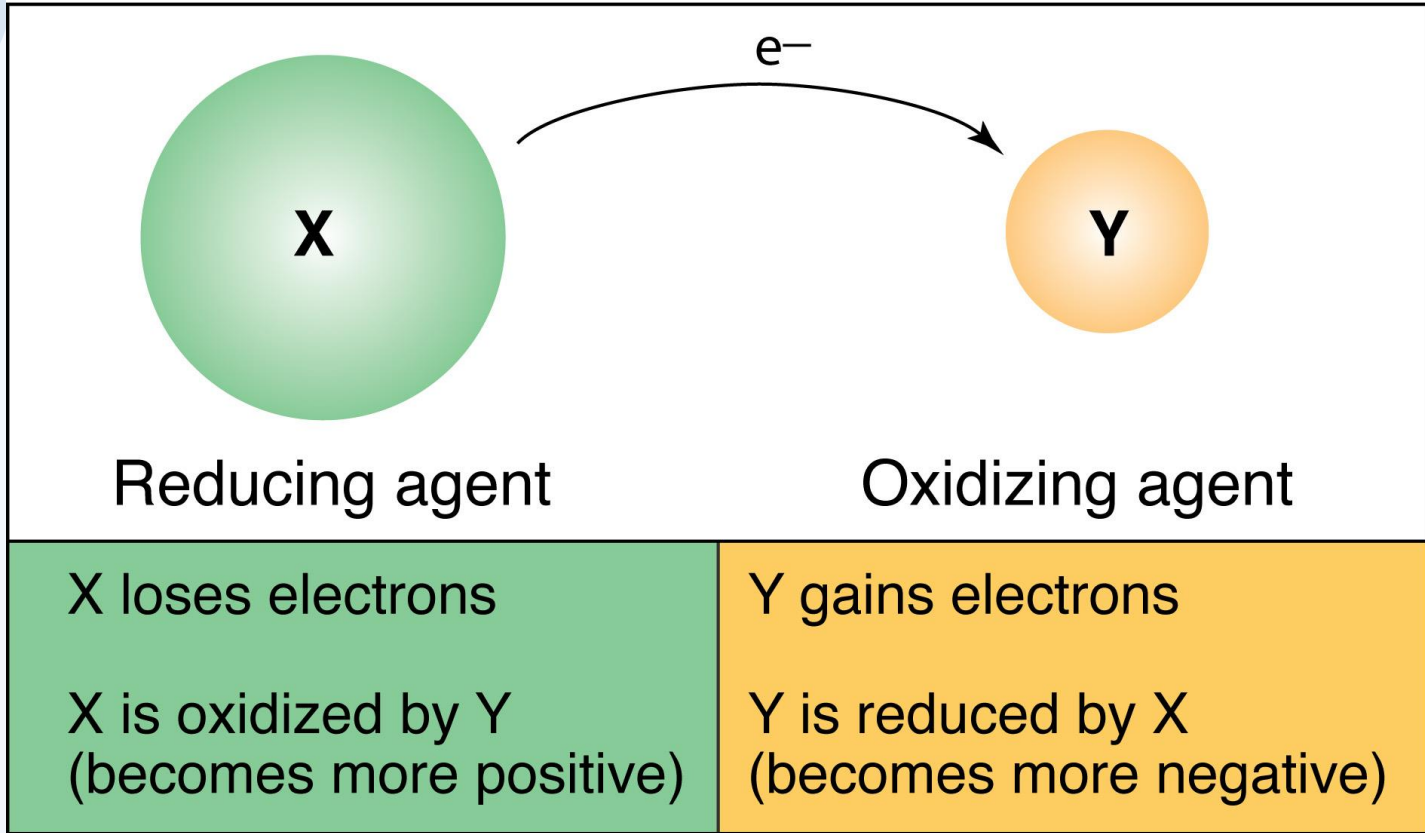
1. ปฏิกิริยาออกซิเดชัน (oxidation reaction) เป็นปฏิกิริยาที่มีการให้อิเล็กตรอน ซึ่งสารที่ให้อิเล็กตรอนจะมีเลขออกซิเดชันเพิ่มขึ้น เรียกว่า เกิดออกซิเดชัน



ปฏิกิริยารีดอกซ์ (Oxidation-Reduction Reaction)

2. ปฏิกิริยารีดักชัน (reduction reaction) เป็นปฏิกิริยาที่มีการรับอิเล็กตรอน ซึ่งสารที่รับอิเล็กตรอนจะมีเลขออกซิเดชันลดลง เรียกว่า เกิดรีดักชัน








ปฏิกริยาในออกซิเดชันและรีดักชันเกิดขึ้นพร้อมกันเสมอ

ตัวที่ให้อิเล็กตรอนจึงเป็นตัวรีดิวซ์ และตัวที่รับอิเล็กตรอนจึงเป็นตัวออกซิไดส์

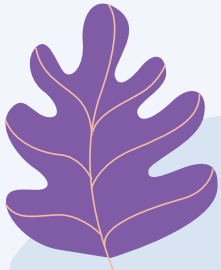
- ตัวออกซิไดส์ หมายถึงสารที่รับอิเล็กตรอน ซึ่งเป็นสารที่ทำให้อะตอมอื่น มีเลขออกซิเดชันเพิ่มขึ้น

- ตัวรีดิวซ์หมายถึงสารที่ให้อิเล็กตรอน ซึ่งเป็นสารที่ทำให้อะตอมอื่น มีเลขออกซิเดชันลดลง



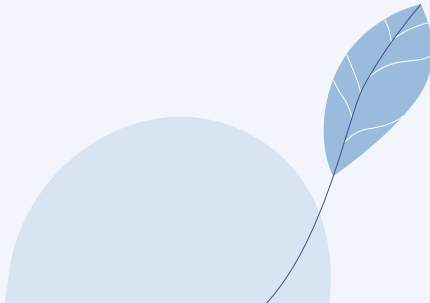
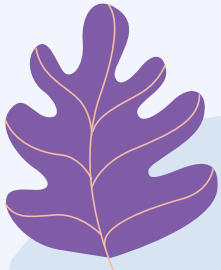
อิเล็กตรอนจากสารประกอบหนึ่งเคลื่อนย้ายไปยังอีก สารประกอบหนึ่ง เกิดขึ้นได้ 4 รูปแบบ

- รูปของออกซิเจน ในกรณีที่ออกซิเจนรวมอยู่เป็นส่วนหนึ่งของสารอินทรีย์
- รูปอะตอมไฮโดรเจน เพราะอะตอมไฮโดรเจนประกอบด้วย H^+ และ e^-
- รูปอิเล็กตรอนโดยตรง
- รูปไฮไดรด์ ไอออน (hydride ion, H^-) ซึ่งมีอิเล็กตรอน 2 ตัว



ปฏิกิริยาออกซิเดชันที่เกี่ยวข้องกับผลิตภัณฑ์อาหาร

- Enzymatic browning reaction
- Lipid oxidation
- Autooxidation (auto-oxidation)
- Photo-oxidation



Enzymatic browning reaction

- ปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลแบบใช้เอนไซม์ หรือมีเอนไซม์มาเกี่ยวข้อง
- พบในพืช เช่น ผัก ผลไม้ ธัญพืช อาหารทะเล
- ปฏิกิริยาเกิดบริเวณผิวหน้าของอาหาร หรือบริเวณที่สัมผัสกับออกซิเจนในอากาศ





องค์ประกอบสำคัญ



- ออกซิเจน (oxygen)
- สารตั้งต้น (substrate)
 - polyphenols หรือ phenolic compounds เป็นสารตั้งต้นในการเกิดสีน้ำตาลจากเอนไซม์ แสดงในรูป สี กลิ่น รสชาติ
 - แบ่ง polyphenols ออกเป็น anthocyanins (สีในผลไม้), flavonoids (catechins, tanins ใน ชา และ ไวน์)

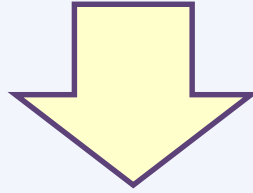


องค์ประกอบสำคัญ

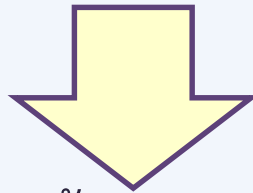


- เอนไซม์ (enzyme)
 - ในกลุ่มฟีนอลเลส (phenolase) เช่น polyphenol oxidase (PPO), tyrosinase catecholase, cresolase, dopaoxidase oxidase
 - ค่า pH (ค่า pH ที่เหมาะสมต่อการทำงานของฟีนอลเลส อยู่ระหว่าง 5-7)

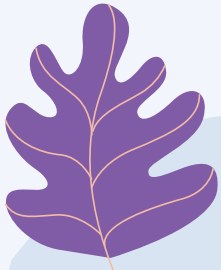
PPO ทำให้เกิดปฏิกิริยาไฮดรอกซิเลชันได้เป็น ออร์โท-ไดฟีนอล(o-diphenol)

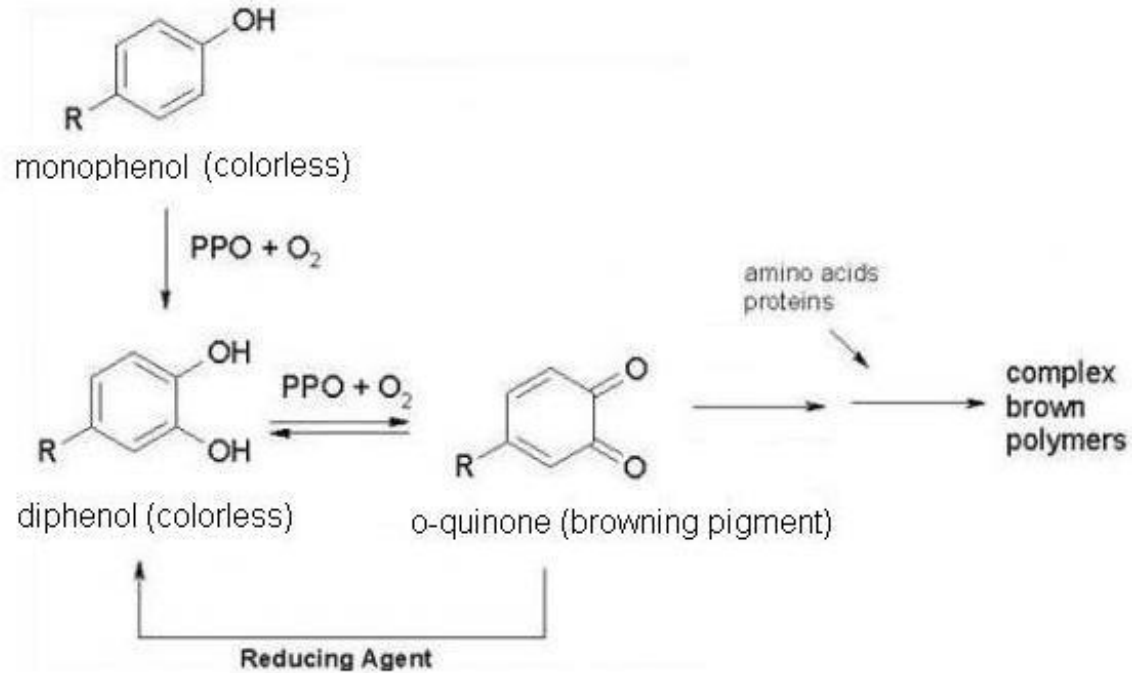


เกิดการออกซิไดส์เป็น ออร์โท-ควิโนน (o-quinone) ควิโนน ที่เกิดขึ้นจะรวมตัวกันและเกิดปฏิกิริยาเมลลาร์ดกับ สารประกอบฟีนอลอื่นๆ หรือกับกรดอะมิโน



สารประกอบเชิงซ้อนสีน้ำตาล เช่น เมลานิน (melanin)



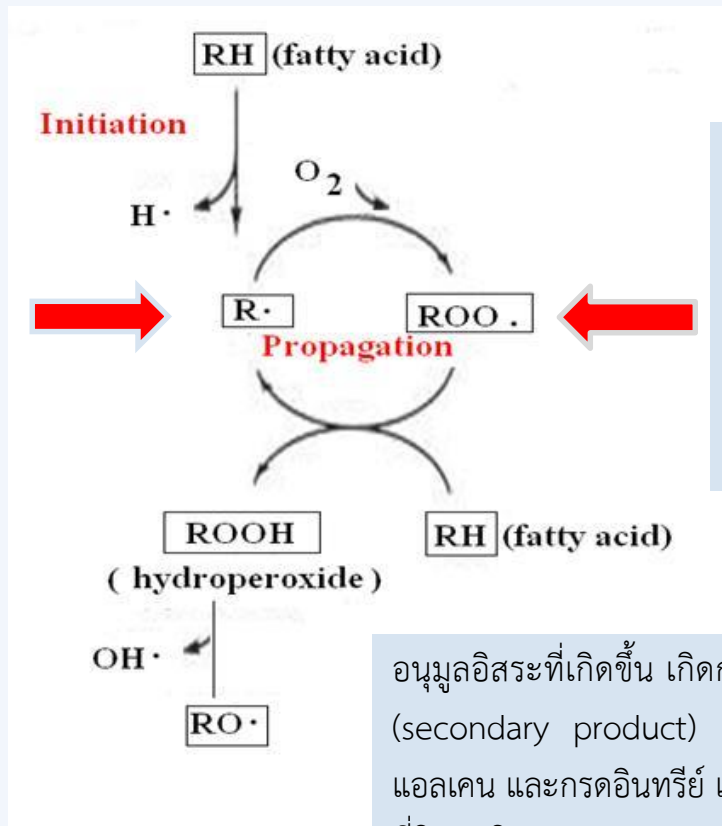


<https://sites.google.com/site/thitipornmuthaporn/home/pti-kriya-xxksidechan-oxidation>

Lipid oxidation

- หมายถึง ปฏิกิริยาออกซิเดชัน ระหว่างออกซิเจนกับลิพิด ซึ่งหมายถึง ไตรกลีเซอไรด์ (triglyceride) ที่มีกรดไขมันชนิดชนิดไม่อิ่มตัว (unsaturated fatty acid) ณ ตำแหน่งพันธะคู่ ทำให้เกิดสารที่ทำให้ กลิ่นและรสที่ผิดปกติ เรียกว่า การหืน และเกิดเป็นปฏิกิริยาลูกโซ่ (chain reaction) เพราะอนุมูลอิสระ (free radical) ที่เกิดขึ้นจะ กระตุ้นโมเลกุลกรดไขมันที่เหลือให้เกิดปฏิกิริยาต่อไป

ไฮโดรคาร์บอน (R ●) ซึ่งอะตอมอนุมูลอิสระที่เกิดขึ้น ที่เป็น unpair electron ซึ่งว่องไวต่อปฏิกิริยา



peroxy radical (ROO ●) เกิดขึ้นอย่างต่อเนื่อง ทำให้เกิดอนุมูลอิสระมากมาย โดย peroxy radical ทำปฏิกิริยาต่อเนื่องกับกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวใหม่ ได้ไฮโดรเปอร์ออกไซด์ (ROOH)

อนุมูลอิสระที่เกิดขึ้น เกิดการรวมตัวกันเองเกิดเป็นสารใหม่ (secondary product) เช่น แอลดีไฮด์ คีโตน แอลกอฮอล์ แอลเคน และกรดอินทรีย์ เป็นต้น ซึ่งทำให้เกิดสี กลิ่น และรสที่ผิดปกติ

ปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดปฏิกิริยา

1. ชนิดของกรดไขมันที่เป็นองค์ประกอบ กรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวเท่านั้นที่เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน, กรดไขมันที่มีพันธะคู่มากจะเกิดได้เร็วกว่า
2. กรดไขมันที่อยู่ในรูปอิสระ จะถูกออกซิไดส์ได้ง่ายกว่าที่อยู่ในรูปไตรกลีเซอไรด์
3. อาหารอยู่ในบรรยากาศที่มีปริมาณออกซิเจนมาก หรือมีพื้นที่ผิวที่สัมผัสกับออกซิเจนได้มาก จะเกิดปฏิกิริยาได้รวดเร็ว

ปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดปฏิกิริยา

4. อุณหภูมิสูงจะเร่งให้เกิดปฏิกิริยาได้เร็วกว่าอุณหภูมิต่ำ การเก็บรักษาอาหารแช่เย็น แช่เยือกแข็งจะลดอัตราการเกิดปฏิกิริยาได้
5. วอเตอร์ แอคทิวิตี้ (a_w) ของอาหาร
6. แร่ธาตุหรือโลหะ เช่น โคบอลต์ ทองแดง เหล็ก แมงกานีส ซึ่งเป็นองค์ประกอบของอาหารโดยธรรมชาติเร่งปฏิกิริยาออกซิเดชันได้
7. visible light แสงอัลตราไวโอเล็ต (UV) และการฉายรังสีอาหาร

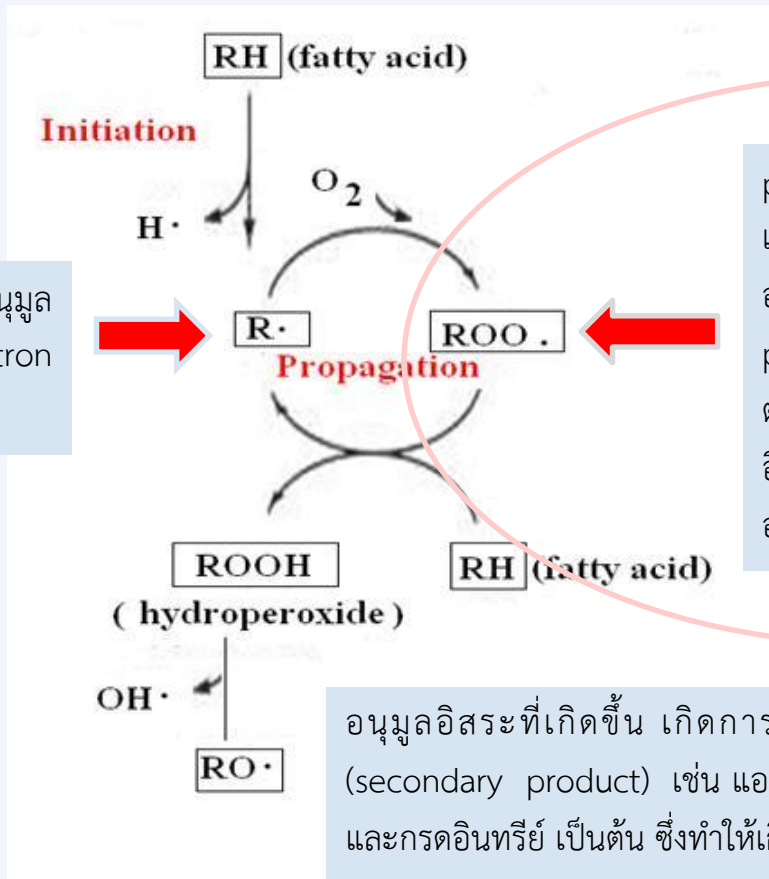


Autooxidation (auto-oxidation)



- เป็นปฏิกิริยาออกซิเดชันที่เกิดขึ้นได้เอง ไม่ต้องมีเอนไซม์เป็นตัวเร่งในการเกิดปฏิกิริยา
- หมายถึง เมื่อไขมันและน้ำมันสัมผัสกับออกซิเจนในอากาศ ปฏิกิริยาออกซิเดชันจะเกิดขึ้นที่พันธะคู่ในโมเลกุลของกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัว เกิดเป็นสารประกอบเพอร์ออกไซด์

ไฮโดรคาร์บอน ($R \bullet$) ซึ่งอะตอมอนุมูลอิสระที่เกิดขึ้น ที่เป็น unpair electron ซึ่งว่องไวต่อปฏิกิริยา



peroxy radical ($ROO \bullet$) เกิดขึ้นอย่างต่อเนื่อง ทำให้เกิดอนุมูลอิสระมากมาย โดย peroxy radical ทำปฏิกิริยาต่อเนื่องกับกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวใหม่ ได้ไฮโดรเปอร์ออกไซด์ ($ROOH$)

อนุมูลอิสระที่เกิดขึ้น เกิดการรวมตัวกันเองเกิดเป็นสารใหม่ (secondary product) เช่น แอลดีไฮด์ คีโตน แอลกอฮอล์ แอลเคน และกรดอินทรีย์ เป็นต้น ซึ่งทำให้เกิดสี กลิ่น และรส ที่ผิดปกติ

- ปริมาณออกซิเจน ออกซิเจนเข้าร่วมในปฏิกิริยาออกซิเดชัน หากอาหารอยู่ในบรรยากาศที่มีปริมาณออกซิเจนมาก จะเกิดปฏิกิริยาได้รวดเร็ว
- พื้นที่ผิวที่สัมผัสกับออกซิเจน หรือมีพื้นที่ผิวที่สัมผัสกับออกซิเจนได้มาก จะเกิดปฏิกิริยาได้รวดเร็ว
- การกำจัดออกซิเจนออกจากบรรจุภัณฑ์ ด้วยการบรรจุสุญญากาศ (vacuum packaging) การบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศ (modified atmosphere packaging) หรือใช้สารกำจัดออกซิเจน (oxygen scavenger) ในบรรจุภัณฑ์จะช่วยชะลอการเสื่อมเสียได้

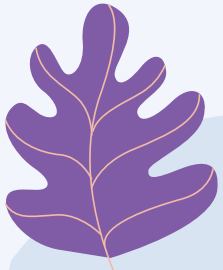


0 day

3 days

7 days

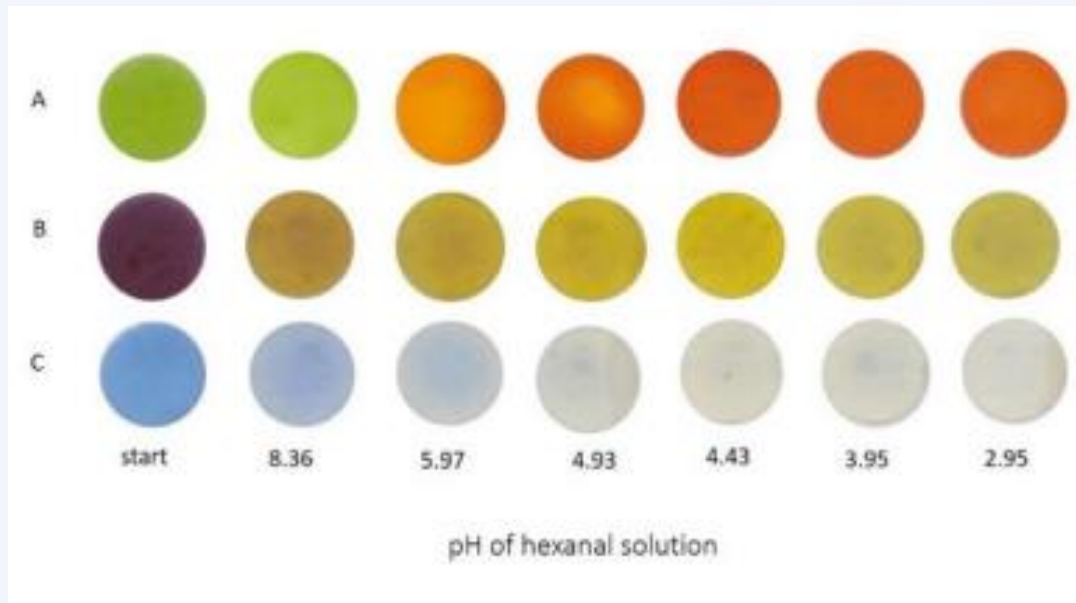
10 days



ในการเกิดปฏิกิริยาออกซิชันของไขมันมีผลทำให้เกิดสารกลุ่มแอลดีไฮด์ ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ขั้นที่สองที่เกิดจากการออกซิเดชันของกรดไขมัน โดยตัวชี้วัดกลิ่นหืนจะมี ลักษณะเป็นแผ่น (pad) สำหรับตรวจวัดแอลดีไฮด์ โดยแผ่นตัวชี้วัดจะประกอบไปด้วยสีย้อมชนิดกรด-ด่าง (pH dye) อยู่บนแผ่นเซลลูโลส และตัวชี้วัดจะมีการเปลี่ยนสีเมื่อเกิดการทำปฏิกิริยากับแอลดีไฮด์ โดยการเปลี่ยนแปลงของสีย้อม จะเปลี่ยนจากความเป็นเบส (basic form) เป็นสีของความเป็นกรด (acid form) เมื่อเกิดกลิ่นหืน

https://www.tistr.or.th/TISTR/code/tistrorg/newsResearch/181002_155639.pdf





แผ่นชี้วัดแสดงผลการเปลี่ยนสีที่ชัดเจน เนื่องจากมีค่าการเปลี่ยนสี
สูงขึ้นเมื่อทำปฏิกิริยากับสารละลายเฮกซานาลที่มีค่า pH ต่ำลง

ສວັສດີ

