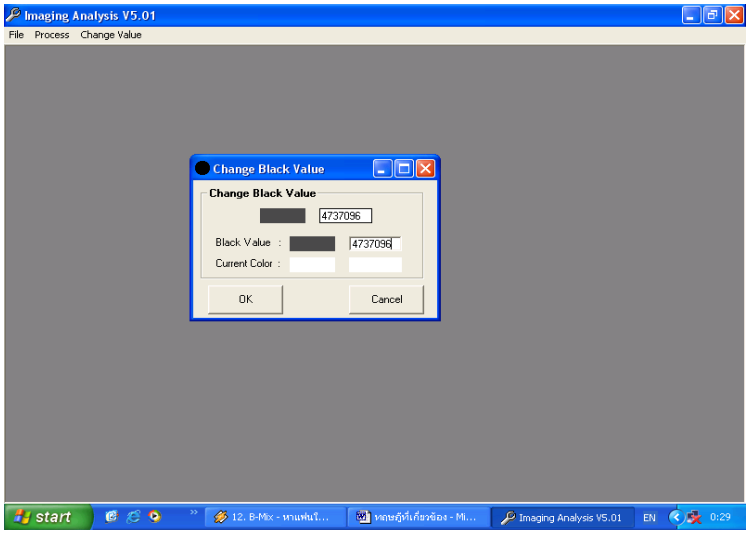
ภาคผนวก ก

ขั้นตอนการใช้โปรแกรม Imaging Analysis v.5.10 ในการวิเคราะห์ส้มโชกุน

จากการนำฟิล์มที่ทำการล้างแล้วไปสแกนฟิล์ม โดยใช้เครื่อง Densitometer ของศูนย์เครื่องมือวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ แล้วนำไปวิเคราะห์โดยใช้โปรแกรม Imaging Analysis ซึ่งโปรแกรมจะคำนวณเปอร์เซ็นต์ความฟ่าม โดยประเมินจากสัดส่วนของพื้นที่ของรอยดำกว่าปกติ ต่อพื้นที่ทั้งหมดของแต่ละผล ซึ่งตัวโปรแกรม Imaging Analysis จะทำการวิเคราะห์ฟิล์มดังนี้

1. โปรแกรมจะทำการวิเคราะห์ภาพจากฟิล์มเป็นภาพ BWR Image ซึ่งเป็นภาพที่มีสีดำ สีขาว และสีแดง ซึ่งในแต่ละสีตัวโปรแกรมจะทำการประเมินผลโดยตัวโปรแกรมจะให้ใส่ค่าของสีดำ (Black Color) สีขาว (White Color) และสีที่ไม่ต้องการ (Mask Color) โดยเลือกเมนู Change Value แล้วเลือกว่าจะเปลี่ยนค่าของสีอะไร ดังภาพประกอบที่ 1



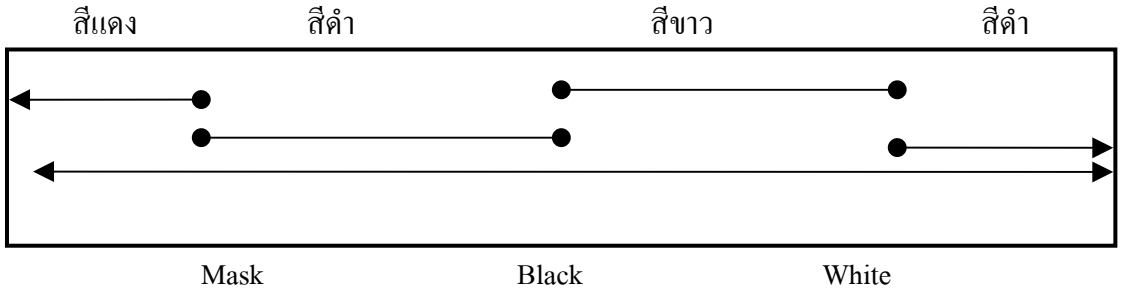
ภาพประกอบที่ 1 การเลือกเมนู Change Value แล้วเลือก Change Value Black

และจะนำไปเปลี่ยนเป็น BWR Image คือ สีดำ สีขาว และสีแดง ดังนี้

- สีดำจะเกิดจาก ค่าของสีที่มีค่ามากกว่าและเท่ากับค่าสีขาวที่ตั้งไว้ในโปรแกรม และค่าที่มีค่าน้อยกว่าและเท่ากับค่าสีดำ แต่ไม่เท่ากับค่าของสีที่ไม่ต้องการที่ตั้งไว้ในโปรแกรม

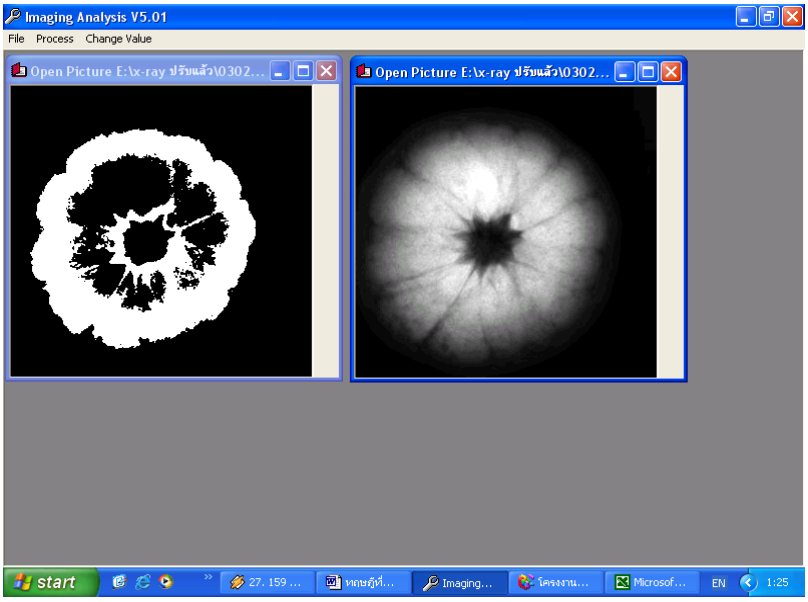
- สีขาวจะเกิดจาก ค่าของสีที่มีค่าอยู่ระหว่างค่าของสีดำ และค่าของสีขาว ที่ตั้งไว้ในโปรแกรม

- สีแดงจะเกิดจาก ค่าของสีที่น้อยกว่าค่าของสีที่ไม่ต้องการที่ตั้งไว้ในโปรแกรม ดังภาพประกอบที่ 2



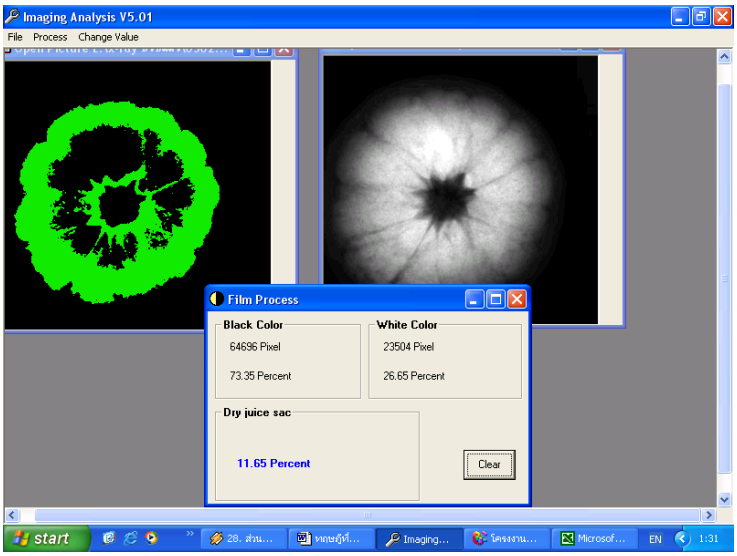
ภาพประกอบที่ 2 เส้นจำนวนในการแบ่งสีที่ใช้ในการคำนวณในโปรแกรม Imaging Analysis

เมื่อใส่ค่าเรียบร้อยแล้ว ให้เลือกที่เมนู Process แล้วเลือกที่ BWR Image โปรแกรมจะทำการสร้างภาพ ขึ้นมาดังภาพประกอบที่ 3



ภาพประกอบที่ 3 การเลือก BWR Image ในเมนู Process

2. หลังจากที่ได้ BWR Image มาแล้วก็ให้เลือกที่เมนู Process อีกครั้ง แล้วเลือก เมนู Film Process โปรแกรมก็จะคำนวณบริเวณสีขาว โดยจะคำนวณออกมาเป็นเปอร์เซ็นต์สีขาว ที่ได้จากรูป BWR Image ว่าเป็นสัดส่วนเท่าไรต่อพื้นที่ทั้งหมด โดยไม่คิดสีแดง ซึ่งจะได้ผล ดังภาพประกอบที่ 4



ภาพประกอบที่ 4 การเลือก Film Process จากเมนู Process

ภาคผนวก ข

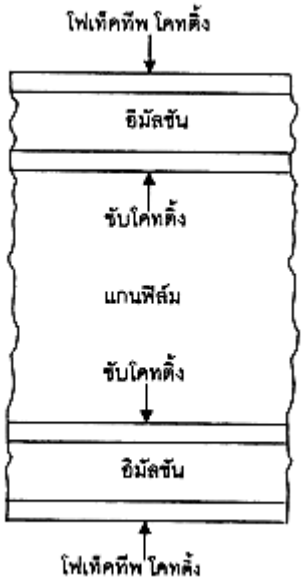
1.**ฟิล์มเอกซเรย์**

ฟิล์มเป็นวัสดุที่ใช้ในการบันทึกเงาภาพรังสี ไม่ว่าจะเป็นรังสีแสง เอ็กซเรย์ หรือรังสีแกมมาก็ตาม ให้ออกมาภาพปรากฏถาวร เมื่อภายหลังผ่านปฏิกิริยาเคมีในกระบวนการล้างฟิล์มแล้ว ฟิล์มมีความไวต่อรังสีแต่ละชนิดไม่เท่ากัน และรังสีชนิดเดียวกันก็มีต่อผลฟิล์มกันไม่เท่ากัน นั่นคือ ฟิล์มแต่ละชนิดย่อมมีความไวต่อชนิดและพลังงานของรังสีเป็นกรณีพิเศษ

1.1 ส่วนประกอบของฟิล์มเอ็กซเรย์ (Composition of X-ray film)

ในปัจจุบันการผลิตฟิล์มรังสีในอุตสาหกรรมนั้น ได้พยายามที่จะให้มีการสอดคล้องกันในด้านคุณภาพ และความเป็นเอกลักษณ์ ทั้งสิ้น ทั้งนี้เพื่อให้กระบวนการฉายแสง (Exposure) และกระบวนการล้างฟิล์ม(Processing) อยู่ในมาตรฐานเดียวกัน หรืออย่างน้อยใกล้เคียง และเป็นที่สังเกตได้ว่าโรงงานผลิตฟิล์มเอ็กซเรย์ทุกแห่งได้ให้ความสำคัญในด้านความสะอาด การเอาใจใส่ในกระบวนการผลิต ตลอดจนการเก็บรักษาเป็นอย่างมาก ฟิล์มทุกแผ่นที่ผลิตออกจะได้รับการตรวจตราอย่างเอาใจใส่เป็นอย่างดี

ฟิล์มเอกซเรย์นั้นประกอบด้วย emulsion ซึ่งมีผลึก silver bromine (AgBr) แขวนลอยในเจลาติน (gelatin) ซึ่งเป็นตัวใช้เคลือบอยู่บนทั้งสองด้านของแกนกลาง และแกนกลางนี้เป็นแผ่น cellulose ซึ่งย้อมด้วยสีน้ำเงิน และมีลักษณะโปร่งใส ซึ่งเราเรียกส่วนที่เป็นแกนกลางนี้ว่า film base โดยเป็นตัวกลางให้ emulsion เกาะอยู่และเป็นตัวที่ทำให้ฟิล์มอยู่ในสภาพแข็งพอที่จะถือได้ด้วยมือ โดยที่ไม่ทำให้ฟิล์มบุบสลาย หรือเปลี่ยนรูปไป ดังนั้นพอสรุปได้ว่าฟิล์มเอ็กซเรย์ประกอบด้วยส่วนใหญ่ ๆ 2 ส่วน คือ



ภาพประกอบที่ 5 โครงสร้างภาคตัดขวางของแผ่นฟิล์ม

1.1.1 Film base

Film base นั้นเป็นตัวที่ให้ emulsion เกาะ ทำขึ้นโดยการละลายเยื่อไม้หรือพวกฝ้ายด้วยสารสลาย Active anhydride กับกรดกำมะถัน (Sulfuric acid) cellulose ของเยื่อไม้หรือฝ้ายนั้นจะละลายรวมกับ active anhydride กลายเป็นของเหลวที่ข้นมาก ซึ่งเมื่อนำไปล้างน้ำแล้ว ส่วนที่เป็น cellulose acetate จะแยกตัวออกมาต่างหากจากของเหลวข้นนี้ นำเอา cellulose acetate ที่แยกตัวออกมานั้นล้างด้วยน้ำหลาย ๆ ครั้ง หลังจากนั้นนำไปทำให้แห้ง แล้วป่นให้เป็นอนุภาคเล็ก ๆ (เพื่อสะดวกในการละลายต่อไป) จากนั้นจึงนำไปละลายในน้ำละลายพิเศษ ซึ่งเป็นน้ำยาที่มีสีน้ำเงิน เมื่อละลายจนเป็นสารละลายเนื้อเดียวตลอดแล้ว นำเอาสารละลายนี้ไปละเลงบนพื้นที่เรียบ และกว้างตามต้องการ หลังจากนั้นนำไปอบด้วยความร้อนให้แห้ง และขัดให้พื้นที่เรียบเป็นเงา ค่อย ๆ ม้วนขึ้นเก็บด้วยความระมัดระวัง พยายามหลีกเลี่ยงจากการเกิดรอยใด ๆ ทั้งสิ้น

ปัจจุบัน base ของฟิล์มเอ็กซเรย์ ได้ปรับจาก cellulose acetate มาเป็น polyester base ซึ่งมีความเหนียวและโปร่งใสมากเป็นพิเศษ

1.1.2 Blue Tint of Base

ตลอดเวลาที่ผ่านมา นักวิทยาศาสตร์ได้พยายาม หาวิธีแก้ไขปรับปรุงเพื่อให้ได้ฟิล์มเอ็กซเรย์ที่มีคุณภาพดีขึ้นเรื่อย ๆ นั้น ได้พบว่าสิ่งสำคัญอย่างหนึ่งก็คือ การย้อมฟิล์ม จุดประสงค์เพื่อที่จะช่วยเน้นให้เห็นถึงความแตกต่างในส่วนต่าง ๆ ของภาพ และช่วยทำให้ contrast ของภาพได้ชัดเจน แน่นอนยิ่งขึ้น และนอกจากนั้นยังช่วยให้มองเห็นความทึบ (density) ที่ปรากฏในภาพนั้นได้ง่ายขึ้น จึงนับว่าการย้อมสีฟิล์ม ก็มีส่วนช่วยเน้น contrst และ density ของภาพทั้งสิ้น สีที่ใช้ย้อมได้แก่ สีเขียว ชมพู หรือ น้ำเงินเป็นต้น

1.1.3 Subcoating

หลังจากที่ได้แกนฟิล์มแล้ว ก็นำไปเคลือบด้วยสารบาง ๆ ที่มีความเหนียวเป็นการรองพื้นแกนฟิล์มเพื่อ sensitive emulsion เกาะกับแกนฟิล์มได้เหนียวแน่นยิ่งขึ้น วิธีการรองพื้นนี้เรียกว่า subcoating เป็นการเตรียมฟิล์มในชั้นก่อนที่จะทำการเคลือบด้วย emulsion นั่นเอง

1.1.4 Emulsion

ในการเตรียม emulsion นั้นเริ่มด้วยการละลายโลหะเงิน (Ag) ที่บริสุทธิ์ด้วยกรดดินประสิว (Nitric acid: HNO_3) ซึ่งจะได้ $AgNO_2$ ดังสมการ

$$2Ag + 2HNO_3 \longrightarrow 2Ag\,NO_3 + H_2O$$

หลังจากนั้นนำเอาสารละลายนี้มาผสมกับ Potassium Bromide (KBr) และเจลาติน จะได้ของเหลวที่ เรียกว่า emulsion ซึ่งเป็นส่วนผสมของเจลาตินและ silver Bromide (AgBr) emulsion นี้เองที่เราต้องใช้เคลือบบนแกนฟิล์มหลังจากเคลือบแล้วนำไปอบให้แห้ง ข้อสำคัญ ผิวของ emulsion บนแผ่นฟิล์มจะต้องรักษาให้อยู่ในสภาพเรียบเกลี้ยงปราศจากรอยใด ๆ ทั้งสิ้น ประโยชน์ ของสารประกอบใน emulsion (AgBr) ที่เคลือบอยู่บนแผ่นฟิล์มนี้ คือ เป็นตัวดูดกลืนเอารังสีในระหว่างที่ทำการฉายแสง (exposure) และเป็นตัวที่ทำการเกิดเงาแฝง (latent image) บนแผ่นฟิล์ม ขนาดของการฉายแสงขึ้นอยู่กับความเข้มของรังสีที่ทะลุออกจากวัตถุ ซึ่งจะอยู่ระหว่าง focal spot ของหลอดเอ็กซเรย์ (X-ray tube) และแผ่นฟิล์ม โดยเหตุที่เจลาตินเป็นส่วนประกอบที่สำคัญมากในการประกอบกันขึ้นเป็น emulsion ดังนั้นจึงควรจะให้ความสนใจศึกษาเกี่ยวกับความเป็นมาและคุณสมบัติของเจลาตินด้วย

1.1.5 Gelatin

เจลาตินซึ่งเป็นตัวที่โลหะ silver halide ฝังตัวใน emulsion ประโยชน์ของเจลาติน ที่รู้จักกันนานแล้วในหมู่นักวิทยาศาสตร์ ในขณะที่มีการทดลองค้นคว้าหาวัตถุที่จะนำมาใช้เกี่ยว กับการถ่ายรูปเมื่อหลายปีที่ผ่านมานั้น ในระยะนั้นเองก็ได้มีการค้นพบถึงคุณสมบัติของเจลาตินขึ้น และยังได้ทดลองนำมาใช้เป็นประโยชน์โดยเป็นตัวกลางสำหรับเป็นที่ฝังตัวของโลหะเงิน และจาก การค้นคว้าพบว่า เจลาตินมีความทนทานต่อปฏิกิริยาของสารเคมีในน้ำยาที่ทำให้เกิดภาพ (Developer) และน้ำยาที่ใช้การคงสภาพของภาพ (Fixer) นอกจากนี้ ยังทนทานต่ออุณหภูมิที่เกิด ขึ้นจากกระบวนการดังกล่าวด้วย คือทั้งปฏิกิริยาของสารเคมี และอุณหภูมิที่ใช้ไม่มีผลทำให้เจลา ตินเปลี่ยนแปลงสภาพจากเดิม และไม่ทำให้การฝังตัวของโลหะเงิน สลายตัวออมา แม้แต่การ เปลี่ยนตำแหน่ง นอกจากนี้ เจลาตินยังมีส่วนช่วยทำให้ปฏิกิริยาของ emulsion ที่มีต่อแสงว่องไว มากยิ่งขึ้นหลังจากผ่านการ development แล้วคุณสมบัติของ emulsion ซึ่งไวต่อแสงหรือเอ็กซเรย์ จะถูกทำลายให้หมดไป

ในความหมายของด้านวิชาเคมีนั้น เจลาตินคือของเหลวข้น (colloid) และเป็นสาร ประกอบที่มีโครงสร้างซับซ้อนมาก จะมีลักษณะอ่อนและยืดหยุ่นได้เมื่ออยู่ในสภาพชื้น เพราะว่า มันมีจุดอิ่มตัวสูงมาก จึงสามารถดูดเอาความชื้นเข้าไปได้มาก ส่วนคุณสมบัติทางกายภาพ (physical) นั่นคือ เจลาตินอยู่ได้ในสภาพที่เป็นของแข็งและของเหลว ในสภาพของเหลวจะมี ลักษณะโปร่งแสงและคงตัว ซึ่งเมื่อนำไปใช้ทำ emulsion นั้น เมื่อถูก exposure และ printing จะไม่ทำให้ภาพผิดรูปไป เจลาตินละลายได้ในน้ำร้อน แต่จะไม่ละลายในน้ำเย็นหรืออุณหภูมิ ธรรมดา การเอาเจลาตินมาใช้เป็นส่วนประกอบในการทำฟิล์มนั้นเพราะว่าในสภาพที่เป็นของ เหลวสามารถที่จะใช้เป็นตัวผสมใน emulsion ซึ่งใช้เคลือบบนแกนฟิล์มได้ และเพราะว่า เจลา ตินนั้นมีความทนทานต่ออุณหภูมิและปฏิกิริยาของสารเคมีในขณะอยู่ในกระบวนการล้างฟิล์มทั้ง หมดได้เป็นอย่างดี

ในการทำ emulsion นั้น เราสามารถที่จะเพิ่มความแข็งของเจลาตินได้โดยไม่มีผล ต่อการเปลี่ยนแปลงในด้านความโปร่งใสของฟิล์มเลย นอกจากนี้คุณสมบัติอื่น ๆ ที่สำคัญและน่า สนใจก็คือ ในขณะที่รวมเป็น emulsion นั้นเจลาตินจะพองตัวขึ้นอย่างมากในสารละลายที่เย็นไม่ ละลาย เพียงแต่พองตัวเท่านั้น โดยเหตุนี้เอง ปฏิกิริยาทางเคมีของกระบวนการล้างฟิล์มที่มีต่อ ผลึก silver นั้นเป็นเหตุให้ผลึก silver ไม่สามารถคืนสภาพกลับสู่ที่เดิมได้เมื่อผ่านกระบวนการนี้ แล้ว และนอกจากนี้ เจลาตินยังสามารถหดตัวและแข็งตัวในน้ำยา fixing bath จึงสะดวกต่อการ ล้าง (wash) และการทำให้แห้ง (dried) กับฟิล์มได้ หลังจากการถ่ายภาพรังสีแล้ว ประสิทธิภาพ ของเจลาตินขึ้นอยู่กับชนิดและแหล่งกำเนิดของมัน ดังนั้นในการเลือกใช้จึงจำเป็นจะต้องพิจารณา ให้ดี

1.1.6 เกลือเงิน (Silver salt)

ในการเตรียม emulsion นั้น ครั้งแรกละลาย KBr ด้วยน้ำ จะได้สารละลาย KBr ส่วน $AgNO_3$ นั้นเตรียมโดยการละลายเงินบริสุทธิ์ในกรดดินประสิว (HNO_3) จากนั้นค่อย ๆ เติมสารละลาย KBr และ $AgNO_3$ ลงไปในสารละลาย เจลาตินอย่างช้า ๆ ขณะที่เติมปฏิบัติในห้องมืดสนิท สารละลาย KBr และ $AgNO_3$ จะทำปฏิกิริยาได้ตะกอนของ silver Bromide ฝังตัวอยู่ในเจลาติน ซึ่งรวมเรียกว่า emulsion ซึ่งมีลักษณะเป็นครีม

$$KBr + AgNO_3 \longrightarrow AgBr + KNO_3 + gelatin$$

หลังจากนี้ทำให้ emulsion นี้ขึ้นอยู่ในอุณหภูมิ 50 – 80 องศาเซลเซียส ขบวนการเหล่านี้เป็นการช่วยเพิ่มความไว (sensitivity) ของ emulsion ต่อจากนั้นก็ทำให้เย็นลง emulsion จะมีลักษณะเป็นวุ้นหนา ตัดออกเป็นชิ้นเล็ก ๆ แล้วนำไปล้างด้วยน้ำโดยแช่ในน้ำที่สะอาดและเปลี่ยนน้ำหลาย ๆ ครั้ง เพื่อล้างเอา Potassium nitrate (KNO_3) และสารละลาย อื่น ๆ ออกให้หมด นำเอา emusion ที่สมบูรณ์ พร้อมที่จะไปใช้เคลือบบนแกนฟิล์ม

ถ้านำเอา emulsion นี้ไปส่องดูด้วยกล้องจุลทรรศน์จะพบว่ามีผลึก AgBr เล็ก ๆ เป็นจำนวนมากฝังติดตรึงอยู่ในเจลาติน หลังจากผ่านการฉายแสง และขบวนการ development แล้วผลึกเหล่านี้จะถูกเปลี่ยนไปเป็นกลุ่มที่มีขนาดไม่สม่ำเสมอ และมีสีดำของโลหะเงิน ลักษณะการจับกลุ่มและสีดำของโลหะเงินนี้เองเป็นตัวที่รวมกันปรากฏออกมาเป็นภาพ (image) ที่ต้องการ

1.1.7 Emulsion Coating

การเคลือบแกนฟิล์มด้วย emulsion ที่เตรียมไว้แล้วนั้นทำโดยวิธีให้แกนฟิล์มจุ่มลงในอ่างที่มี emulsion นั้นแล้วยกขึ้น ลักษณะการจุ่มแกนฟิล์มลงไปและยกขึ้นจะต้องกระทำอย่างรวดเร็วมาก ทั้งนี้เพื่อจะให้ emulsion ที่เคลือบอยู่นั้นมีลักษณะการจับบน base เป็นอย่างสม่ำเสมอ หรือเรียกว่าเป็นเอกลักษณ์ ไม่ขรุขระ หลังจากนั้นนำไปไว้ในห้องเย็นเพื่อทำให้ emulsion ที่เคลือบอยู่นั้นแข็ง มีลักษณะเป็นวุ้น ต่อไปนำไปไว้ในห้องที่ใช้สำหรับทำให้แห้ง (ต้องระวังไม่ให้ผิวของ emulsion มีรอยขรุขระ) เมื่อแห้งแล้วนำไปตรวจสอบคุณภาพและม้วนด้วยหลอดม้วนฟิล์มขนาดใหญ่ นำไปตัดเป็นแผ่น ๆ ขนาดของแผ่นฟิล์ม

1.2 การบันทึกภาพของฟิล์ม

เมื่อผลึกของสารประกอบ Agbr ใน emulsion ของแผ่นฟิล์มที่ได้รับรังสีเอกซ์ หรือรังสีแกมมา หรือแสงก็ตาม ก็จะเกิดปฏิกิริยาขึ้นโดยรังสีเหล่านี้จะทำให้ผลึกสารประกอบ AgBr แตกตัวเป็นประจุขึ้น คือ Ag^+ และ Br^- ตามกระบวนการ ปฏิกิริยาของรังสีที่มีผลต่ออะตอมของสารใด ๆ และสารเคมีใน developer จะเข้าทำปฏิกิริยากับประจุ Ag^+ ทำให้ประจุ Ag^+ เปลี่ยนสภาพไปเป็นโลหะสีดำ จะเห็นได้ว่ารังสีทำให้เกิดเงาแฝง ซึ่งมองไม่เห็นบนแผ่นฟิล์ม น้ำยา developer เป็นตัวทำให้เกิดเงาภาพแฝงนี้ปรากฏให้เห็นได้ แต่ไม่ถาวร น้ำยา fixer ก็จะเป็นตัวเข้าทำปฏิกิริยากับโลหะเงินดำนี้ให้ปรากฏอยู่อย่างถาวร หรือกล่าวได้ว่าน้ำยา fixer เป็นตัวการทำให้ได้ภาพรังสีปรากฏให้เป็นอย่างถาวร

ในกระบวนการถ่ายภาพรังสีนั้น คุณภาพของรังสีที่ใช้ คุณสมบัติของวัตถุที่ต้องการถ่ายภาพรังสี และเทคนิคที่ใช้ในการถ่ายภาพ จะเป็นตัวกำหนดปริมาณรังสีที่สารปริมาณรังสีที่สารประกอบ AgBr ใน emulsion ของแผ่นฟิล์มจะได้รับในบริเวณนั้น ๆ ซึ่งผู้ที่ทำการถ่ายภาพจะต้องคำนึงถึงเป็นประการแรกแล้ว องค์ประกอบที่สำคัญอีกประการหนึ่งก็คือ จะต้องคำนึงถึงลักษณะหรือคุณสมบัติของฟิล์มที่จะใช้เป็นการเฉพาะ เพื่อให้ได้ระดับความดำ และความคมชัดของภาพตามความต้องการในบริเวณที่ต้องการศึกษาอีกด้วย

1.3 คุณสมบัติของฟิล์ม

คุณสมบัติของฟิล์มแบ่งได้เป็น 2 ลักษณะคือ คุณสมบัติทางการให้ภาพรังสี และคุณสมบัติทางกายภาพ

1.3.1 คุณสมบัติของฟิล์มทางการให้ภาพรังสีแยกได้เป็น 2 ประการคือ

1.3.1.1 contrast โดยความหมายของคอนทราสนั้น แบ่งออกได้ 2 ประการคือ

ก. subject contrast คือ อัตราส่วนของความเข้มของรังสีที่ทะลุผ่านออกจากบริเวณใด ๆ 2 บริเวณที่อยู่ติดกันของวัตถุที่ต้องการถ่ายภาพรังสี subject contrast ขึ้นอยู่กับความแตกต่างของความหนาแน่นและความหนาของวัตถุนั้น ๆ และขึ้นอยู่กับคุณภาพของรังสีที่ใช้ โดยมีผลดังนี้

1. ถ้ามีความหนาแน่นแตกต่างกันมากก็จะให้ subject contrast สูง ถ้ามีความแตกต่างน้อยก็ให้subject contrast ต่ำ

2. ถ้ามีความหนาแน่นของเนื้อวัตถุเท่ากัน แต่มีความหนาของวัตถุต่างกันมากก็จะทำให้ subject contrast สูง ถามีความแตกต่างกันน้อยก็ให้ subject contrast ต่ำ

3. รังสีที่มีพลังงานสูง จะให้ subject contrast ต่ำ และถ้าพลังงานรังสีที่ใช้ต่ำ ก็จะให้ค่า subject contrast สูง

ข. film contrast คือ ความสามารถของฟิล์มชนิดนั้น ๆ ที่จะรับรังสีและบันทึกออกมาได้ในลักษณะที่แยกให้เห็นถึงความแตกต่างกันของความดำในบริเวณต่าง ๆ ได้ดีเพียงใด ซึ่งคุณสมบัติของฟิล์มนี้จะแสดงให้เห็นได้จากกราฟที่แสดงคุณสมบัติเฉพาะของฟิล์มแต่ละชนิด ซึ่งเราเรียกว่า Characteristic curve ฟิล์มคอนทราสขึ้นอยู่กับ

1. ค่าเกรเดียนท์ (gradient) ของฟิล์มที่ใช้
2. ช่วงความดำที่ต้องการ
3. การล้างฟิล์ม

1.3.1.2 ความไวของฟิล์ม คือ ปริมาณรังสีของฟิล์มชนิดใด ๆ จะต้องได้รับเพื่อให้เกิดความดำบนแผ่นฟิล์มระดับหนึ่ง โดยที่ฟิล์มที่มีความไวสูงนั้น จะต้องการปริมาณรังสีน้อยกว่าฟิล์มที่มีความไวต่ำ ในการที่ต้องการให้เกิดความดำในระดับเดียวกัน

1.3.1.3 ขนาดของผลึกเงินเฮไลด์ในสารไวแสง ความไวจะเพิ่มขึ้น ตามขนาดของผลึกที่ใหญ่ขึ้น

1.3.1.4 ความหนาของการฉาบสารไวแสง โดยที่ความไวจะเพิ่มตามความหนาที่มากขึ้น และฟิล์มที่มีการฉาบสองด้านจะไวกว่าฟิล์มที่ฉายไว้ด้านเดียว

1.3.1.5 สีที่เติมลงในสารไวแสงที่เรียกว่า sensitizing dye นั้น เมื่อใช้กังรังสีแสงที่ตรงกับสีที่เติมลงไปจะให้ความไวต่อการใช้มากที่สุด

3.3.2 คุณสมบัติทางกายภาพ ขึ้นอยู่กับองค์ประกอบดังนี้

3.3.2.1 ความหนาแน่นและลักษณะการฉาบ emulsion เช่น ฉาบเพียงด้านเดียวหรือทั้งสอง

3.3.2.2 ชนิดและขนาดของผลึกสารประกอบเงินเฮไลด์ที่ใช้

3.3.2.3 ชนิดของ sensitizing due ที่เติมหรือไม่ได้เติมลงไป

3.4 ลักษณะของแกรนนิเนสของฟิล์มรังสี (Graininess)

เป็นลักษณะที่ปรากฏเป็นจุดดำเล็ก ๆ บนภาพรังสีบนแผ่นฟิล์ม ซึ่งเกิดจากลักษณะการจับรวมกลุ่มของอนุภาคเล็ก ๆ ของโลหะเงินใน emulsion ซึ่งจะมีอิทธิพลต่อคอนทราสและรายละเอียดของภาพบนแผ่นฟิล์มตลอดจนพื้นที่ฟิล์มทั่วไป ภาพหลังผ่านขบวนการล้างฟิล์มแล้ว ระดับเกรนนิเนสของฟิล์มใด ๆ ขึ้นอยู่กับองค์ประกอบดังนี้ คือ

3.4.1 ขนาดและการกระจายของผลึกเงินเฮไลด์ใน emulsion

3.4.2 คุณสมบัติของรังสีที่ฟิล์มได้รับ เพราะถ้ารังสีมีพลังงานสูง มีอำนาจทะลุทะลวงสูง จะทำให้เพิ่มเกรนนิเนสให้กับฟิล์มได้

3.4.3 ขบวนการล้างฟิล์ม เพราะการเกิดภาพปรากฏให้เห็นนั้น เป็นปฏิกิริยาของสารเคมีในน้ำยา developer โดยที่ถ้าใช้เวลาในการ develop ฟิล์มนานกว่าปรกติ หรือน้ำยาเจือจางกว่าปรกติ ก็จะมีส่วนเพิ่มแกรนนิเนสเช่นกัน

3.4.4 การใช้สกรีนก็มีส่วนเพิ่มเกรนนิเนสได้เช่นกัน เพราะเป็นการเพิ่มปริมาณกลุ่มรังสี

3.5 องค์ประกอบในการพิจารณาเลือกฟิล์ม

การเลือกใช้ฟิล์มนั้นขึ้นอยู่กับชนิดและโครงสร้างของวัตถุที่ต้องการถ่ายภาพรังสี ว่าจะต้องการช่วยเพิ่มคอนทราส เพื่อให้เห็นถึงรายละเอียดของภาพเพียงใด ซึ่งฟิล์มคอนทราส ความไวของฟิล์มและเกรนนิเนส เป็นองค์ประกอบที่มีความสัมพันธ์ซึ่งกันและกัน โดยที่ฟิล์มที่มีความไวสูง ย่อมมีเกรนใหญ่ (หรืออนุภาคที่จับกลุ่มกันของผลึกเงินเฮไลด์มีขนาดใหญ่) และย่อมให้ผล (resolusion) ที่ไม่ดี ส่วนฟิล์มที่มีเกรนเล็กมักเป็นฟิล์มที่มีความไวต่ำแต่ให้ผลที่ดีมาก ดังนั้น โดยหลักการถ่ายทำภาพรังสี จะต้องใช้รังสีที่น้อยที่สุด ซึ่งมักจะต้องใช้ฟิล์มที่ไว แต่ฟิล์มที่ไวย่อมจะให้เกรนนิเนสสูง ดังนั้นผู้จะต้องพิจารณาเลือกใช้ให้เหมาะสม โดยพิจารณาจาก characteristic curve ของฟิล์มแต่ละชนิด เพื่อใช้ให้เหมาะสมกับจุดมุ่งหมายของการถ่ายรังสีเพื่อรังสีความถูกต้องต่อการทดลอง ความประหยัดและความปลอดภัย

3.6 ชนิดของฟิล์มรังสี (Type of X-ray Film)

ฟิล์มเอกซเรย์ที่ใช้กันอยู่ในปัจจุบันแบ่งออกได้ดังนี้

3.6.1 ฟิล์มที่ในวงการแพทย์ (Medicals X-ray Film) แบ่งออกได้เป็น 2 ชนิดคือ

3.6.1.1 ฟิล์มชนิดธรรมดา (Regular type film) ซึ่งมีทั้งสองชนิดที่ต้องใช้และไม่ต้องใช้ร่วมกับฉากเพิ่มความเข้มแสง (intensifying screen) เมื่อใช้ร่วมกับฉากเพิ่มความเข้มแสงเรียกว่า screen film

3.6.1.2 ฟิล์มชนิดที่ใช้รังสีโดยตรง (direct exposure หรือ non – screen film) ในกรณีที่ใช้ฟิล์มเอกซเรย์ชนิดธรรมดา (regular) แต่เพียงลำพัง คือไม่ได้ใช้ร่วมกับฉากเพิ่มความเข้มแสง ความไวของฟิล์มในลักษณะนี้จะน้อยกว่าความไวของฟิล์มชนิด direct หรือ non – screen คุณลักษณะของฟิล์มชนิดธรรมดานั้นจะมีความไวในปฏิกิริยาต่อแสงเนื่องจากฉากเพิ่มความเข้มแสงมากกว่าฟิล์มชนิด non - sceen และในขณะเดียวกัน ฟิล์มชนิด non – screen นั้นกลับมีความว่องไวต่อรังสีเอกซเรย์ที่ฉายโดยตรงลงบนฟิล์มชนิด screen film และ วิธีการใช้สามารถใช้ได้โดยตรงไม่ต้องมีฉากเพิ่มความเข็มแสงร่วมอยู่ด้วย

ฟิล์มเอกซเรย์ทั้งชนิด non – screen และชนิดธรรมดา ที่ไม่ต้องใช้กับฉากเพิ่มความเข้มของแสงนั้น ในปัจจุบันนี้ใช้เป็นส่วนน้อย ทั้งนี้เพราะว่า ฟิล์มเอกซเรย์ชนิดดังกล่าวมีการฉาบสารผสมที่

เรียกว่า emulsion บนด้านทั้งสองของแผ่นฟิล์มหนากว่าฟิล์มเอกซเรย์ชนิด screen film ซึ่งเป็นต้นเหตุทำให้ไม่สามารถล้างฟิล์มด้วยวิธีอัตโนมัติ (Automatic Processing) ได้ แต่ใช้ได้ดีกับวิธีล้างฟิล์มด้วยมือ (Manual processing) เท่านั้น และโดยเหตุดังกล่าวนี้เองจึงทำให้ไม่เป็นที่นิยมใช้ในปัจจุบัน

3.6.2 ฟิล์มเอกซเรย์ชนิดที่ใช้ในวงการทันต์แพทย์ (Dental X – ray Film) เอกซเรย์ที่ใช้ในวงการทันต์แพทย์นั้น การนำไปใช้ให้เกิดประโยชน์ได้ดีก็โดยพิจารณาจากความเหมาะสมของขนาดชนิด ตลอดจนความไวของฟิล์มให้สอดคล้อยกับลักษณะบริเวณที่ต้องการศึกษาเช่น รากฟัน ฟัน และอื่น ๆ

3.6.3 Photo radiographic film ฟิล์มชนิดนี้อาบสารผสม emulsion ทางด้านเดียวของฟิล์ม (Single coated) เท่านั้น

3.6.4 Dosimeter film ฟิล์มชนิดนี้ได้ผลิตขึ้นมาใช้วัดปริมาณขนาดของรังสี เพื่อบ่งบอกให้ผู้ทำงานเกี่ยวกับรังสีทราบว่า ได้รับรังสีเท่าใดในระยะเวลาหนึ่งตามที่กำหนดไว้

3.6.5 ฟิล์มเอกซเรย์ที่ใช้ในวงการอุตสาหกรรม (Industrial film) ฟิล์มที่ใช้ในวงการอุตสาหกรรมนั้น มักจะเป็นฟิล์มที่ผลิตขึ้นเพื่อใช้กับขนาดของพลังงานสูง (High energy radiography) และเป็นฟิล์มที่ผลิตขึ้นมาเป็นพิเศษในการถ่ายภาพรังสีของวัตถุที่มีความหนาและวัตถุที่มีการเชื่อมเพื่อตรวจดูรอยเชื่อมและการร้าวของวัตถุ ฯลฯ

3.6.6 Duplication film โดยเหตุที่ฟิล์มชนิด regular นั้นไม่สามารถที่จะนำมาใช้สำหรับ copy ได้ แต่ถึงกระนั้นก็ตาม มีฟิล์มชนิดพิเศษที่เรียกว่า Duplicating film ซึ่งเป็นฟิล์มที่สามารถที่นำไปใช้ทำการ copy ภาพรังสีให้ออกมาในลักษณะของภาพรังสีโดยตรง (Direct Positive Copies) ซึ่งนิยมใช้กันมาก

3.7 ความไวของฟิล์ม

ฟิล์มมีความไวอยู่ 3 ขนาดคือ

3.7.1 Light speed film (R.P) ฟิล์มชนิดนี้จะไวต่อแสงมากที่สุด เพราะเกรน หรือผลึกของ AgBr มีขนาดใหญ่ ภาพที่ได้มีรายละเอียดดีพอสมควร

3.7.2 Medium speed film ผลึกมีขนาด และภาพที่ได้มีรายละเอียดดี

3.7.3 Slow speed หรือ Fine grain film ผลึก AgBr มีขนาดเล็ก ให้ภาพที่มีรายละเอียดและความคมชัดดีมาก

3.8 การเก็บรักษาฟิล์ม (Storage)

เมื่อฟิล์มออกจากโรงงานแล้ว ความรับผิดชอบต่อฟิล์มก็เป็นหน้าที่ของผู้ที่รับต่อช่วงฟิล์มนั้น เริ่มตั้งแต่

3.8.1 การผนึกกล่องบรรจุฟิล์มอาจจะถูกความร้อนทำให้คุณภาพฟิล์มเปลี่ยนแปลงได้

3.8.2 ขณะเปิดกล่องฟิล์ม ความชื้นของห้องในขณะที่เก็บนั้น ก็อาจจะเป็นผลทำให้ฟิล์มเสียหายได้เช่นกัน

ทางที่ดีและเหมาะที่สุด ควรเก็บฟิล์มที่ยังไม่ได้ใช้ไว้ในห้องเย็น ที่มีอุณหภูมิประมาณ $50-70\ ^{0}F$ และเปิดกล่องฟิล์มในห้องที่มีความชื้นประมาณ $30-50\ \%$ ฟิล์มที่ใช้แล้ว ควรจะเก็บไว้ในที่ที่มีอุณหภูมิประมาณ $60-80\ ^{0}F$ ความชื้นขนาด $30-50\ \%$ ไม่ควรทิ้งฟิล์มไว้ในห้องเก็บยา หรือที่ที่ใกล้ความร้อน เช่น หลอดไฟ หรือท่อไอน้ำร้อน หรือในที่ที่มีแก๊สทุกชนิดที่อาจจะรั่วเข้ามาในห้องที่เก็บฟิล์มได้ หรือในที่มีไอระเหยของ formalin, hydrogen, sulfide, hydrogen peroxide หรือ ammonia เป็นต้น

การจัดเก็บ การจัดเรียงฟิล์มนั้น ควรจะกระทำอย่างรวดเร็วที่สุดเทาที่จะทำได้ ไม่ควรจะมีการพลิกกลับไปกลับมาบ่อย ๆ โดยไม่จำเป็น ทั้งนี้เพื่อให้ฟิล์มอยู่ในสภาพใหม่อยู่เสมอ พยายามคงสภาพให้ใกล้เคียงกับสถานที่ออกจากโรงงานใหม่ ๆ การตั้งกล่องฟิล์มควรจะให้ฟิล์มในกล่องอยู่ในสภาพตั้งอยู่ด้วยขอบ ไม่ใช่สภาพแบนราบ และเพื่อให้ตราประทับวันที่ผลิตฟิล์ม และวันที่ฟิล์มหมดอายุซึ่งจะอยู่ที่มุมกล่องนั้นสามารถเห็นได้ชัดเจน การเรียงจึงควรเรียงตามวันที่ เหตุผลในการจัดเรียงกล่องฟิล์มดังกล่าวก็เพื่อเป็นการหลีกเลี่ยงการกระทบซึ่งอาจจะเกิดขึ้นจากน้ำ หนักที่ทับอยู่ข้างบน

เพื่อความสะดวกในการใช้ฟิล์ม โดยใช้กล่องที่ผลิตก่อนจะได้นำไปใช้ก่อน เพราะว่าเราสามารถจะเห็นตราประทับวันทีผลิต ได้ง่ายนั้นเอง

3.9 ลักษณะการจับฟิล์มที่ถูกต้อง (Handling Sheet Film)

การหยิบจับฟิล์ม ควรกระทำอย่างระมัดระวัง พยายามหลีกเหลี่ยงการเกิดรอยใดๆ อันเนื่องจากการถูกกด ทับ การขีดข่วน การทำให้โค้งงอ ตลอดจนการเสียดสีใดๆ ทั้งสิน ต้องไม่ดึงฟิล์มในลักษณะรวดเร็วออกจากกล่องฟิล์ม ออกจาก exposure holder หรือออกจาก cassettes ทั้งนี้เพราะการกระทำดังกล่าวอาจทำให้เกิดมีประจุกระแสไฟฟ้าเกิดขึ้นในบริเวณนั้นๆ ได้ เนื่องจากความเร็วที่เราดึงนั้นทำให้เกิดการเสียดสีกับอากาศอย่างรุนแรง จึงทำให้เกิดประจุไฟฟ้าเมื่อได้ให้ความระมัดระวังจากการกระทำดังกล่าวแล้ว จะเป็นการป้องกันและหลีกเหลี่ยงสาเหตุที่จะทำให้เกิดรอยวงแหวนที่ไม่ต้องการ(Objectionable circular) หรือ (static mark) เป็นลายคล้ายต้นไม้ปรากฏเป็นรอยดำบนภาพฟิล์มเอกซเรย์

3.10 คาสเสท (Cassette)

เนื่องจากฟิล์มเอกซเรย์มีความไวต่อแสงสว่างด้วย ดั้งนั้นเมื่อจะนำไปถ่ายภาพรังสี ควรจะใส่ไว้ในกล่องที่แสงสว่างเข้าไปไม่ได้ แต่เอกซเรย์ต้องสามารถผ่านได้ กล่องกันแสงสว่างนี้เรียกว่า คาสเสท (Cassette) คาสเสททำให้สะดวกในการนำฟิล์มไปถ่ายภาพรังสีในที่สว่างได้ นอกจากนี้คาสเสทยังช่วยป้องกันไม่ให้ฟิล์มถูกขูดขีดได้ด้วย คาสเสทจะมีลักษณะเป็นกล่องแบน ๆ เช่น อลูมิเนียม ภายในคาสเสทจะฉากเพิ่มความเข้มแสง (Intensifyingsceen) ติดอยู่ทั้งสองด้าน โดยประกบฟิล์มเอกซเรย์ไว้ตรงกลางหรืออาจติดด้านหลังเพียงด้านเดียว การวางคาสเสทจะต้องวางด้านหน้าเข้าหาหลอดเอกซเรย์ ส่วนด้านหลังมีคานหรือที่ล็อกสำหรับปิดคาสเสทให้แน่น

ขนาดของคาสเสทมีต่าง ๆกัน โดยมีขนาดเท่ากับขนาดฟิล์มเอกซเรย์ ซึ่งโดยทั่วไปฟิล์มมีขนาดต่าง ๆ เพื่อความเหมาะสมในการใช้งานที่มีใช้กันทั่วไป คือ ขนาด 8 x 10, 10 x 12, 11 x 14, 14 x 14, 12 x 15, 7 x 17 และ 14 x 17 นิ้ว (ในการทดลองใช้ฟิล์มขนาด 8 x 10 นิ้ว)

3.11 ฉากเพิ่มความเข้มแสง (Intensifying sceen)

3.11.1 สกรีนจะประกอบไปด้วยชั้นบาง ๆ (Tiny layer) ของ Fluorescent cacium tungsten หรือสารพวก Phosphor crytals ผสมกับ Suitable lacquer ฉาบอยู่บน Card board หรือ Plastic บาง ๆ

3.11.2 สกรีนมีคุณสมบัติเป็นตัวเปลี่ยน Invisible light (Radiation) เป็น Visible light (blue light) หรือเป็นตัวเรืองแสงเมื่อถูกกับรังสี เป็นผลทำให้ฟิล์ม sensitive ยิ่งขึ้น

3.11.3 ความเข้มที่ปรากฏบนฟิล์มเอกซเรย์เมื่อมีฉากเพิ่มความเข้มแสง มากกว่า 90% เป็นความเข้มที่เกิดจากแสงเรืองบนสกรีน และน้อยกว่า 10% เป็นความเข้มที่เกิดจากเอกซเรย์โดยตรง

3.11.4 ความไวของสกรีนกับความหนาของชั้นที่ฉาบด้วย Phosphor crytal และขนาดของ crystal

3.11.5 สกรีนที่ฉาบด้วย crystal ที่มีขนาดใหญ่จะมีความไวสูงแต่ว่าความคมชัดต่ำ และสกรีนที่ฉาบด้วย crystal ที่มีขนาดเล็กจะมีความไวต่ำ แต่มีความคมชัดมากกว่า

3.11.6 Fuorescent layer ของสกรีนที่หนาจะให้ความเข้มของ visible light มากกว่าที่บาง