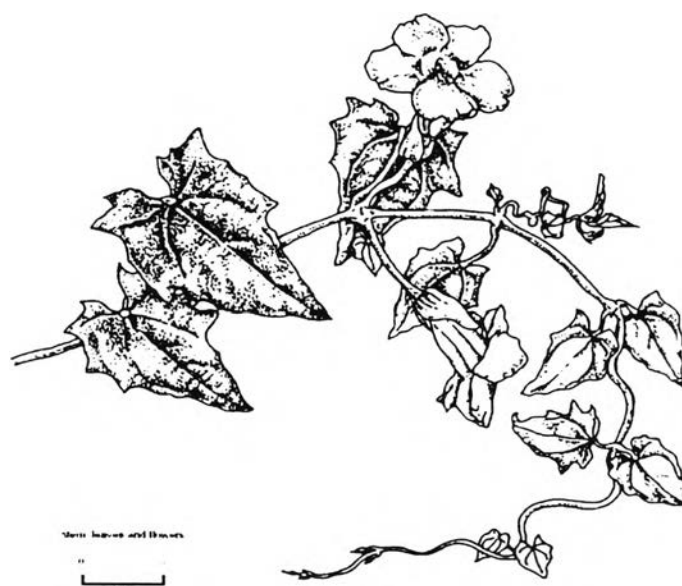




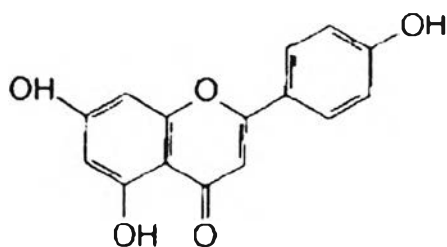
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

รางจืด (*Thunbergia laurifolia* Linn) (รูปที่ 1) ชื่ออื่น กำลังช้างเผือก ยาเขียว เครือเถาเขียว ขอบชะนาง (ไทย) ดูเหว่า (ตานี) คาน (ยะลา) ย้าแย้ (อุตรดิตถ์) หนามแน่ (พ่ายัพ) อยู่ในวงศ์ Thunbergiaceae เป็นพืชล้มลุกซึ่งพบมากในเขตร้อนชื้นแถวเอเชีย น้ำสกัดจากใบสด, ใบแห้ง, รากแห้ง และเปลือกไม้ของรางจืด ใช้เป็นยาต้านพิษของยาฆ่าแมลง, เอทิลแอลกอฮอล์, สารหนูและ strychnine นอกจากนี้รากแห้งยังสามารถใช้เป็นยาต้านการอักเสบและลดไข้ น้ำสกัดจากรางจืดมีผลต่อการหลังไปแอสเซียมไอออน ซึ่งกระตุ้นให้มีการหลังของโดปามีน จาก rat striatal slices เมื่อเปรียบเทียบกับ แอมเฟตามีน และรางจืดยังเพิ่มการหลังไปแอสเซียมไอออน ซึ่งกระตุ้นการหลังของโดปามีน จาก rat striatal slices เมื่อเปรียบเทียบกับ การได้รับไปแอสเซียมไอออนเดี่ยวๆ อีกทั้ง รางจืดเสริมฤทธิ์ของ แอมเฟตามีนต่อการหลังไปแอสเซียมไอออนที่กระตุ้นการหลังของโดปามีนเมื่อเทียบกับการได้รับแอมเฟตามีนเดี่ยวๆ ซึ่งจากผลทั้งหมดแสดงว่า รางจืดอาจกระตุ้นการหลังของโดปามีนซึ่งเหมือนกับการกระตุ้นของโดปามีน (Thongsard และ Marsden, 2002) Kanchapoom และคณะ (2002) รายงานว่าพบสารใหม่ 2 ชนิดซึ่งเป็นกลุ่ม (8-epi-grandifolic acid และ 3'-O- β -glucopyranosyl-stibericoside) และสารที่ทราบแล้ว 7 ชนิด (benzyl β -glucopyranosyl-stibericoside, benzyl β -(2'-O- β -glucopyranosyl) glucopyranoside, grandifloric acid, (E)-2-hexenyl β -glucopyranoside, hexanol β -glucopyranoside, 6-c-glucopyranosylapigenin และ 6,8-di-c-glucopyranosylapigenin) ซึ่งแยกจากส่วนต่างๆของรางจืด



รูปที่ 1 แสดงสัณฐานวิทยาของรางจืด

Aliening (4', 5,7- trihydroxyflavone)(รูปที่.2) อยู่ทั่วไปในพืชที่เป็นอาหารซึ่งไม่มีพิษ และทำให้ออกการกลายพันธุ์ Apigenin เป็นสารกลุ่ม flavone ที่พบมากมายในผลไม้และผัก เช่น หัวหอม, ข่า, เซอร์รี่, องุ่น และบลูเบอร์รี่ (Ricupero และคณะ; 2001) Miesan และ Mohamed (2001) ทำการศึกษาการมีอยู่ของ flavone ที่มีอยู่ในพืชเขตร้อน 62 ชนิด พบว่า Apigenin พบในกระเทียม (217.0 มิลลิกรัม/กิโลกรัม), ฝรั่ง (579.0 มิลลิกรัม/กิโลกรัม) เป็นต้น



Apigenin

รูปที่ 2 แสดงโครงสร้างของ Apigenin

การศึกษาศาสตร์เสริมอาหารพบว่าการบริโภคปริมาณมากๆ ของอาหารที่มี Apigenin ได้พบผลที่กระทบต่อการราวตัวของเกล็ดเลือด หรือตัวแปรอื่นๆ ที่เกี่ยวกับการปรับสมดุลในอาสาสมัครที่มีสุขภาพดี ซึ่งในพืชที่มีปริมาณ flavonoid ส่วนมากๆ โดยมากในรูป β -glycoside flavone, flavanone และ isoflavone ส่วนใหญ่ที่อยู่ต่อกับน้ำตาลระดับที่ตำแหน่งที่ 7 (lanbert และคณะ; 1999) ส่วนใหญ่ ส่วนที่เป็นน้ำตาลผสมกับ flavonoid จะเป็นโมเลกุลของ glucose แต่อาจเป็นน้ำตาลอื่นเช่น glucorhamnose, galactose, arabinon และ rhamnose (Heim และคณะ; 2002) โดยเมื่อรับประทานเข้าไปจะถูกย่อยโดยเอนไซม์ β -glycosidase ซึ่งเป็นเอนไซม์ที่จำเพาะที่อยู่ในไปโตรพลาซิม โดยพบที่ตับ, ไต และลำไส้ของสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม (Day และคณะ ;1998) Apigenin รับประทานกันทั่วไปซึ่งเป็นสารวัตถุในพืช มีคุณสมบัติ anti ascidatal ซึ่งเกี่ยวข้องกับผลทางชีวภาพรวมทั้งการยับยั้งการเจริญเติบโตและด้านการอักเสบของเนื้อเยื่อ ซึ่ง Apigenin มีความสามารถในการป้องกันและรักษาและป้องกันมะเร็ง โดย Apigenin มีคุณสมบัติในการยับยั้งขบวนการโตในเซลล์มะเร็งเพาะเลี้ยงของมนุษย์ เช่น

มะเร็งเต้านม, มะเร็งลำไส้ใหญ่, มะเร็งผิวหนัง, มะเร็งต่อมไทรอยด์, มะเร็งเม็ดเลือดขาว และ มะเร็งต่อมลูกหมาก

Apigenin เป็นสารที่ยับยั้ง protein kinase โดยผลที่ยับยั้งนี้โดยแย่งจับกับ ATP (Way และคณะ; 2003) กลไกยับยั้งเอนไซม์เกี่ยวข้องกับการเร่งสัญญาณในเซลล์เช่น tyrosine kinase, protein kinase C, phosphatidylinositol 3-kinase และ extracellular signal regulated kinase และ การกด proto-oncogenes ซึ่งเป็น downstream ของ signalling cascades (Segaert และคณะ; 2000) Apigenin มีผลหลายขั้นตอนต่อขบวนการระดับเซลล์ซึ่งเกี่ยวข้องกับการเจริญเติบโต ได้แก่ การยับยั้ง Mitogen-Activated Protein (MAP) kinase และ phosphatidylinositol 3-kinase (PI3K) นอกจากนี้ Apigenin ยังยับยั้งการ migration ของ endothelial cell และ การสร้างหลอดเลือดในหลอดเลือดทดลอง ซึ่งเป็นอิสระกับการยับยั้ง การทำงานของ hyaluronidase เนื่องด้วยการยับยั้งการเติบโตของเซลล์ ซึ่ง apigenin อาจเป็นส่วนในการป้องกันการสร้างมะเร็ง Apigenin ที่ความเข้มข้น 1-80 ไมโครโมล ชักนำให้ด้านการโตและทำให้เซลล์หายไปของกลุ่ม cell มะเร็งเพาะเลี้ยง

Apigenin ชักนำให้วงจรของเซลล์เสียหายทั้งเยื่อผิวและไฟโบร بلاสและยับยั้งการเกิดของมะเร็งผิวหนังใน murine models จืด Apigenin เข้าทางช่องท้องในเวลาเดียวกับที่ฉีด B16 cell เข้าไปในหนู mice พบว่า apigenin ชะลอการโตของมะเร็งอย่างมีนัยสำคัญ โดยขึ้นกับขนาดของ apigenin ซึ่งไม่มีผลความเป็นพิษ (Ricupero และคณะ; 2001) Apigenin ยับยั้ง 12-O-tetradecanoyl-phosphol-13 acetate (TPA) ซึ่งชักนำให้เกิดเนื้องอกของผิวหนังหนู

พบว่าเมื่อให้ TPA ขนาด 100 นาโนกรัมต่อมิลลิตร ต่อ NIH 3T3 cell กับ 10, 50 และ 100

micron ของ apigenin ให้ผล 50,80 และ 100% ในการต้านผลของ TPA โดย apigenin ชักนำให้มีการสร้างของ c-jun อย่างมีนัยสำคัญ นอกจากนี้ Apigenin สามารถยับยั้ง phorbol myristate acetate โดยชักนำให้ c-JUN ทำงานมากขึ้น (Frigo และคณะ; 2002, Huang และคณะ; 1996, Kuo และคณะ; 1995)

Apigenin กระตุ้น p38 stress kinase และช่วยให้ cell cycle ชะงักในช่วง G2 แต่ไม่มีการเริ่มในการตายแบบ apoptosis (O' prey และคณะ; 2003) Apigenin พบว่ายับยั้งการเจริญเติบโตของ B-104 ซึ่งเป็น เซลล์ประสาทของหนูและการวิเคราะห์โดยวิธี flow-cytometric แสดงว่า apigenin ทำให้ชะงักในวงจรของเซลล์ในช่วง G2-M ผลเหล่านี้ขึ้นกับขนาดของยาและผันกลับได้เมื่อนำ apigenin ออกจากสารเพาะเลี้ยง: ซึ่ง apigenin ยับยั้ง การเจริญเติบโตของเซลล์มะเร็งโดยชะงัก G2-M และชักนำให้สัญญาณการเปลี่ยนแปลง (Sato และคณะ; 1994) Yin และคณะ (1999) ศึกษาผลของ apigenin ต่อเซลล์เพาะเลี้ยงต่อมไทรอยด์ของมนุษย์, papillary carcinoma, follicle carcinoma และ Anaplastic carcinoma พบว่า apigenin เป็นสารที่ยับยั้งอย่างแรงของเซลล์เพาะเลี้ยงดังกล่าวที่ IC50 (ความเข้มข้นที่สามารถยับยั้งเซลล์ไม่ให้เจริญเติบโต 50%) ซึ่งค่าประมาณ 21.7 MM เมื่อสังเกตที่ anaplastic carcinoma ซึ่งขาดหายไปทั้งตำแหน่ง antiestrogen และตำแหน่ง estrogen ซึ่งสามารถยับยั้งได้ด้วย apigenin แสดงว่ามาจากกลไกการออกฤทธิ์อื่น

Yin และคณะ (1999) ศึกษาผลของ Apigenin ต่อ เซลล์เพาะเลี้ยงต่อมไทรอยด์ของมนุษย์ papillary carcinoma, follicular carcinoma และ anaplastic carcinoma พบว่า Apigenin เป็นสารที่ยับยั้งอย่างแรงของเซลล์เพาะเลี้ยงดังกล่าวที่ IC50 (ความเข้มข้นที่สามารถยับยั้งเซลล์ไม่ให้เจริญเติบโต 50%) ซึ่งค่าประมาณ 21.7µm เมื่อสังเกตที่ anaplastic carcinoma

ซึ่งขาดหายไปทั้งตำแหน่ง antiestrogen และตำแหน่ง estrogen ซึ่งสามารถยับยั้งได้ด้วย apigenin แสดงว่ามาจากกลไกการออกฤทธิ์อื่น

Lindenmeyer และคณะ (2001) แสดงว่า apigenin ที่ความเข้มข้น 22.8 – 45.5 μm (2.5 – 10 $\mu\text{g/ml}$) ยับยั้งการกระจาย การแบ่งตัว การโตของเซลล์เนื้องอกเป็นอย่างดี และที่ความเข้มข้น 22.8 ไมโครโมล (2.5 $\mu\text{g/ml}$) สามารถลดการ expression Urokinen – plasminogen activator และยับยั้งผลการกระตุ้นการหลั่งของ metalloproteinase-9 โดย phorbol 12-myristate 13-acetate

Tatsuta และคณะ (2001) รายงานว่า apigenin ลดอย่างมีนัยสำคัญของการกระจายตัวของ lymphatic vessel ของ adenocarcinomas ซึ่งถูกกระตุ้นโดย bombasin ในการทดลองภายนอกร่างกาย (in vitro) apigenin ยับยั้งผลของ bombasin ซึ่งเพิ่มการ phosphorylation ของ mitogen-activated protein kinase (MAPK) แต่ไม่เกี่ยวข้องกับ การ esypesin ของ matrix metalloproteinase (MMP)-9

นอกจากนี้ Zard และคณะ (2000) ได้ประเมินผลทาง estrogenic, androgenic และ progesterational ของ flavonoid 72 ชนิด และโครงสร้างของโครงสร้างที่สัมพันธ์กันโดยทดสอบกับ BT-474 ซึ่งเป็นเซลล์มะเร็งเต้านมของมนุษย์ และใช้ความเข้มข้นที่ 10^{-8} - 10^{-5} โมล โดยใช้ estradiol (ตัวแทนของ estrogen), norgestrel (ตัวแทนของ progestin) และ dehydrotestosterone (ตัวแทนของ androgen) เป็น positive control และใช้ ethanol (ตัวทำละลาย) เป็น negative control พบว่า ที่ความเข้มข้น 10^{-5} M สาร 18 ชนิดแสดงผลทาง estrogenic และ 7 ชนิด แสดงผลทาง progesterational ที่ความเข้มข้นเดียวกัน Biochanin A และ genistein แสดงผลเป็น estrogenic

อย่างแรงสูงสุดโดยมี dose-response ที่ความเข้มข้นมากกว่า 10^7 M อีกทั้ง apigenin แสดง relative progestational activity

Custodia-Lra และ Callard (2002) รายงานข้อมูลใหม่ล่าสุด แสดงการ expression ของ progesterone receptor ในเนื้อเยื่อที่ไม่ใช่อวัยวะสืบพันธุ์ เช่น ม้าม ไต และระบบทางเดินอาหาร แม้ว่า progesterone receptor มีลักษณะที่ตีที่สุดสำหรับเนื้อเยื่อของอวัยวะสืบพันธุ์ แต่ก็พบ progesterone receptor ที่เนื้อเยื่ออื่น ๆ รวมทั้งม้าม (Borel และคณะ, 1999)

Hofferan-Goetz และ Fietseh (2002) รายงานผลการศึกษการให้ progesterone ในหนู mice พบว่า progesterone เดี่ยว ๆ ช่วยเพิ่มอย่างเล็กน้อยของการเกิดการตายแบบ apoptosis ต่อเซลล์ม้าม การให้ progesterone ซึ่งมีผลเป็นการกระตุ้น หรือ ต่อต้านการตายแบบ apoptosis หรือไม่มีผล ขึ้นกับความเข้มข้นของ progesterone และการให้ร่วมกับ Hormone อื่น ๆ วิธีการบริหารยาและเนื้อเยื่อที่ทำการศึกษา ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ Syvli และคณะ (1998) รายงานว่า progesterone receptor เป็นเป้าหมายของการเกิดขบวนการ ubiquitinylation ซึ่งการเกิดขบวนการ ubiquitinylation ของ progesterone receptor จะเพิ่มโดยเมื่อให้ progesterone ซึ่ง progesterone ชักนำการเกิด down-regulation ของ progesterone receptor ซึ่งเกี่ยวข้องกับการเพิ่มของการทำงานของ receptor ที่เป็น protein โดยระบบ ubiquitin-proteasome ภายในร่างกาย (Syvli และคณะ, 1998)

ม้าม

ม้ามมีขนาดเท่ากับกำปั้นอยู่หลังกระเพาะอาหารซึ่งทำการจับ antigen จากเลือด ม้ามอยู่ในตำแหน่งที่อยู่ระหว่างการไหลเวียนของระบบเลือด (systemic circulation) ซึ่งม้ามได้รับเลือดจากเส้นเลือดแดงที่ผ่าน celiac trunk และ portal circulation เข้าสู่ splenic vein ในมนุษย์ ม้ามไม่มีหน้าที่หลักในการกักเก็บเลือดในภาวะปกติซึ่งปริมาณเลือดเพียงเล็กน้อยเท่านั้นที่กักเก็บไว้ นอกจากนี้ม้ามยังมีหน้าที่เป็นอวัยวะระบบภูมิคุ้มกันแบบทุติยภูมิ ซึ่งพบปฏิกิริยาของ lymphocyte และ antigen-presenting cell ของการตอบสนองของระบบภูมิคุ้มกันโดยเลือกและทำลายเม็ดเลือดแดงที่แก่ ส่วนของ spleen bulk เป็นส่วนของ red pulp ซึ่งเป็นแหล่งที่ทำลายเม็ดเลือดแดง โดยมี lymphocyte อยู่รอบ ๆ arterioles ซึ่งเข้าไปในอวัยวะพร้อมกับพื้นที่ซึ่งเรียกว่า white pulp อยู่ภายในบริเวณ periarteriolar lymphoid sheath (PALS) ซึ่งบรรจุ T cell และ flanking B-cell corona (Henry Symmers, 1992; Cuschieri Fobes, 1994; Lameuny และคณะ, 2001)

หน้าที่ของม้ามต่อทั้งระบบภูมิคุ้มกันและการสร้างเม็ดโลหิต มีดังนี้ (Cuschieri Fobes, 1994)

หน้าที่ของม้ามต่อระบบภูมิคุ้มกัน

1. การเพิ่มจำนวนของเซลล์เม็ดเลือดบางชนิด Lymphocyte
2. การสร้าง humoral antibodies
3. การขจัดสารแปลกปลอมที่เป็นโมเลกุลใหญ่ออกจากเลือด

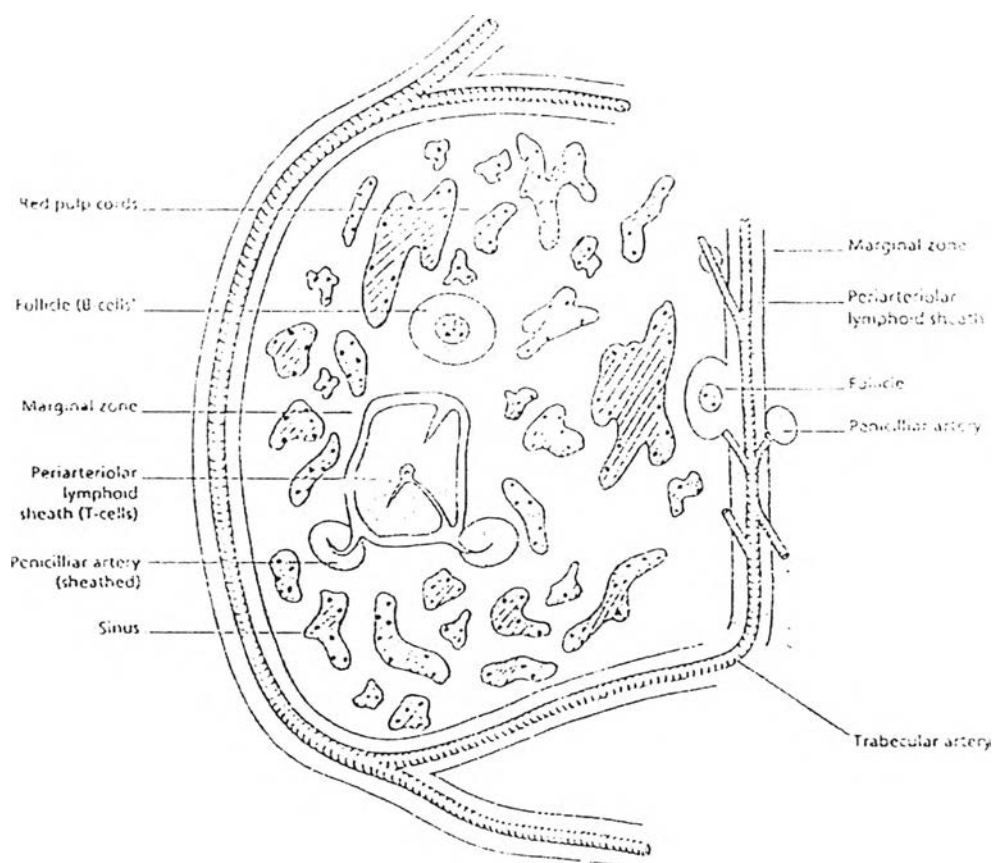


หน้าที่ของม้ามต่อการสร้างโลหิต

1. สร้างเม็ดเลือดในช่วงตัวอ่อน
2. ขจัดและทำลายของเซลล์เม็ดเลือดแดงและเกร็ดเลือดที่เสียหายหรือผิดปกติ
3. สลายธาตุเหล็กออกจาก Hemoglobin ของเม็ดเลือดแดงในสัตว์บางชนิด
4. กักเก็บเลือดโดยเฉพาะอย่างยิ่งในลักษณะที่เป็นเม็ดเลือดแดงในสัตว์บางชนิด

ม้ามแบ่งออกเป็น 2 ส่วนคือ Red pulp และ white pulp ระหว่าง red และ white pulp มี marginal zone (MZ) ซึ่งในหนู rat จะเด่นกว่าในคนหรือหนูเล็กสำหรับหน้าที่เป็นรอยต่อที่สำคัญระหว่างระบบน้ำเหลือง (lymphoid) และ red pulp

การไหลเวียนของเลือดในม้ามจาก Splenic arterial ไหลเวียนผ่าน trabecular vessels สู white pulp จากนั้นไหลสู่ red pulp ก่อนที่จะเข้าสู่ venous system (รูปที่ 3)



รูปที่ 3 แสดงรูปจุลกายวิภาคของม้าม

Red pulp

Red pulp ของม้ามประกอบด้วย splenic parenchyma ประมาณ 80% โดยภายใน red pulp จะบรรจุด้วย cell ที่มาจาก หลอดเลือดแดง และ cell ที่ออกมาจากหลอดเลือดดำ ซึ่ง red pulp มี sinuses lined อยู่มากมาย โดยเกิดจากการเรียงตัวของชั้น endothelial กับ red pulp cords ซึ่งโพรง (sinuses) ประกอบด้วยหลอดเลือดพิเศษที่เป็นเซลล์เยื่อบุเรียงตัวตามยาวผนังด้านนอกของ sinus และได้รับการค้ำจุนโครงสร้างจาก reticular fiber ของ red pulp cords

โดยภายใน sinus ประกอบด้วยเซลล์เยื่อที่เรียงตัวเป็นช่องหรือรูมากมายซึ่งเซลล์เม็ดเลือดแดงปกติจะผ่านเพื่อสู่ cord ซึ่งเซลล์เยื่อนี้ถูกค้ำจุนโดย distinctive predominantly circumferential basal lamina โดย lamina นี้ประกอบด้วยหลอดเลือด pinocytic กับเซลล์เยื่อผิว ซึ่งทำหน้าที่ในการทำให้ cell คงตัว โดยเหมือนกับการควบคุมการไหลของเซลล์เม็ดเลือดผ่านช่องว่างระหว่างเซลล์ ของ endothelial filaments และ thick myosin-like filaments ในบางกรณี endothelial ยอมให้เกิดความต้านทานต่อแรงดันของหลอดเลือดต่อการไหลของเลือด (Drenckhahn Wagner, 1986) Groom (1987) ได้รายงานว่ามี fiber เหล่านี้เป็นส่วนสำคัญในการกักเก็บเซลล์เม็ดเลือดแดง จากที่กล่าวมาข้างต้น เป็นบทบาท/หน้าที่ ของ red pulp ในการกรองเลือด ซึ่งเป็นการขจัดสิ่งแปลกปลอมในเลือด อาทิเช่น สารก่อภูมิคุ้มกันโมเลกุลใหญ่ และเซลล์เม็ดเลือดแดงที่แก่หรือชำรุด และเกร็ดเลือดจากระบบไหลเวียนเลือด โดยเม็ดเลือดแดงที่ผิดปกติถูกทำลายโดย lysosomes ของเม็ดเลือดขาวชนิด macrophages ซึ่งฝังตัวใน reticular meshwork ของ red pulp โดยธาตุเหล็กจาก hemoglobin จะถูกกักเก็บ หลังจากที่ ferritin จับกับเหล็ก สำหรับหมุนเวียนเพื่อใช้ต่อไป ซึ่งผลิตภัณฑ์อีกชนิดที่เกิดจากการทำลาย heme คือ bilirubin จะถูกส่งผ่านสู่ตับโดยทางระบบ portal และ bilirubin จะจับกับ glucosonic acid และขับออกทางน้ำดี ซึ่งจะให้สีที่เป็นลักษณะเฉพาะ

White pulp

White pulp ประกอบด้วยเนื้อเยื่อ lymphoid ซึ่งจะกระจายตัวอยู่รอบ ๆ arteries ที่เรียกว่า peri-arteriolar lymphoid sheath (PALS) โดยบริเวณนี้จะประกอบด้วย T cell และ dendritic cell

ยิ่งกว่านั้นรอบนอกของ PALS นั้นเป็นแหล่งของ B cell โดยเกิดภายหลังการถูกกระตุ้นและสร้างจากศูนย์กลางของ PALS

โครงสร้างของ white pulp สำหรับการกระตุ้น lymphocyte ประกอบด้วย 3 ส่วนหลักคือ

- 1) PALS ซึ่งอยู่รอบ center arteriole
- 2) Follicels (เซลล์ตัวอ่อน)
- 3) Marginal Zone ซึ่งอยู่รอบ PALS เป็นบริเวณของ T และ B lymphocytes

พบว่า T cell จะอยู่ตั้งแต่ proscimal จนถึง central arteriole และ B cell จะพบอยู่นอกเหนือขอบดังกล่าวข้างต้น โดย B lymphocytes จะถูกสร้างใน primary และ secondary follicles ซึ่ง primary follicles เกี่ยวกับ follicles ที่ยังไม่ถูกกระตุ้น และ secondary follicles เกี่ยวกับ follicles ที่ถูกกระตุ้น (Cuschieri และ Forles, 1999)

นอกจากนี้ยังมีรายงานของ Suramuma และคณะ (2001) ได้ทำการทดลองโดยการ ใช้ Fourier Transform Infrared Spectroscopic (FT-IR) เพื่อศึกษาพิษวิทยาของ methomyl ต่อ cytoskeletal protein และกรดนิวคลีอิกของเซลล์กล้ามเนื้อ พบว่า FT-IR สามารถพบความเปลี่ยนแปลงในระดับ protein และกรดนิวคลีอิกได้ ซึ่งแสดงว่า FT-IR เป็นอุปกรณ์ที่ไวต่อการตรวจสอบความเป็นพิษต่ออวัยวะได้ดี

FT-IR Spectroscopy มีการใช้อย่างกว้างขวางในปัจจุบันในการศึกษาหน้าที่และโครงสร้างของโปรตีนเมมเบรน ซึ่งไม่เหมือนกับ UV Spectroscopy โดย FT-IR จะไวต่อการเปลี่ยนแปลงของโครงสร้างที่เปลี่ยนไป นอกจากนี้ FT-IR ยังเป็นอุปกรณ์ที่ใช้ศึกษาโครงสร้างของสารชีวโมเลกุลทั้งโครงสร้างโปรตีน กรดนิวคลีอิก คาร์โบไฮเดรต และไขมันรวมทั้งเยื่อหุ้มเซลล์ ซึ่งเป็นส่วนประกอบของเนื้อเยื่อและระบบจุลชีววิทยา (Twasedowski และ Anazebacher,

1999) นอกจากนี้ FT-IR ยังเป็นเทคนิคที่ใช้ศึกษาการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของโปรตีนซึ่งเกิดขึ้นภายหลังจากได้รับสารชีวเภสัชกรรมและใช้ในการวินิจฉัยโรคสำหรับคนและสัตว์ ยิ่งกว่านั้น Zhou และคณะ (2001) ได้ทำการศึกษาการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างระหว่างเซลล์ปกติและเซลล์มะเร็ง เป็นมะเร็งผิวหนังและมะเร็งเม็ดเลือดขาว ซึ่งพบว่า FT-IR สามารถตรวจพบการเปลี่ยนแปลงของโครงสร้างโปรตีนที่แตกต่างกันของมะเร็งและเซลล์ปกติ ซึ่ง Zhou ได้แสดงว่า FT-IR Spectroscopy เป็นเครื่องมือที่สะดวกเพราะ ง่ายต่อปฏิบัติการซึ่งมีความเป็นไปได้ว่า FT-IR Spectroscopy อาจนำมาใช้กว้างขวางต่อไป

อินฟราเรดสเปกโทรสโกปี

อินฟราเรดสเปกโทรสโกปีเป็นเทคนิคอย่างหนึ่งที่นิยมใช้วิเคราะห์ ตรวจสอบ พิสูจน์และศึกษาเกี่ยวกับโมเลกุลของสาร การเกิดการสั่น (Vibration) และการหมุน (rotation) และการหมุนของโมเลกุล

อินฟราเรดเป็นช่วงหนึ่งของสเปกตรัมของการแผ่รังสีแม่เหล็กไฟฟ้าซึ่งมี wavenumbers อยู่ในช่วงประมาณ $12,800$ ถึง 10 cm^{-1} หรือมีช่วงความยาวคลื่นจาก 0.78 ถึง $1,000 \mu\text{m}$ เพื่อให้ง่ายและสะดวกขึ้น จะแบ่งช่วงของอินฟราเรดสเปกตรัมออกเป็น 3 ช่วงคือ

ช่วงใกล้อินฟราเรด (near IR region) หรือ overtone region (ดูตารางที่ 4.1) ซึ่งเป็นช่วงที่อยู่ใกล้กับช่วงวิสิเบิล เกิดการรวมตัวกันของ IR ที่อยู่ในช่วงกลาง (นั่นคือเป็น $2\nu, 3\nu$ เป็นต้น) หรือช่วงต่ำกว่า $2.5 \mu\text{m}$ และมักจะพบว่า absorption band ที่ได้ค่อนข้างต่ำ (weak) overtone

absorption มีประโยชน์ในการวิเคราะห์สารพวก aromatic compounds หรือพวก aromatic substitution

ช่วงกลางอินฟราเรด (Middle IR region) หรือ fundamental region (ดูตารางที่ 1) ยังแบ่งออกได้เป็น

1. Group-frequency region เป็นช่วงที่อยู่ระหว่าง $4,000 - 1,300 \text{ cm}^{-1}$ หรือ $2.5 - 8 \text{ }\mu\text{m}$ ซึ่งสเปกตรัมที่ได้ในช่วงนี้ส่วนใหญ่ได้จากพวก functional groups แต่ไม่ให้ complete structure
2. Finger print region เป็นช่วงที่อยู่ระหว่าง $1,300 - 650 \text{ cm}^{-1}$ สเปกตรัมที่ได้ในช่วงนี้ส่วนใหญ่เกิดจากโครงสร้างของโมเลกุลที่สมบูรณ์ ดังนั้นสเปกตรัมที่ได้จึงค่อนข้างยุ่งยาก การวิเคราะห์จึงต้องใช้วิธีเปรียบเทียบกับสเปกตรัมของสารที่ทราบโครงสร้างแล้ว
3. ช่วงไกลอินฟราเรด (Far IR region) ช่วงนี้ไม่ค่อยจะได้ใช้ในการวิเคราะห์เนื่องจากสเปกตรัมช่วงนี้มักเกิดจากการสั่นของโครงสร้าง (molecular structure) หรือเกิดจากการหมุนของโมเลกุล

ช่วงที่จะใช้ประโยชน์ในการวิเคราะห์นั้นเป็นช่วงกลางอินฟราเรดเป็นส่วนใหญ่คือ จาก $4,000$ -ถึง 400 cm^{-1} หรือ 2.5 ถึง $25\text{-}\mu\text{m}$ ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 แสดงช่วงต่างๆของอินฟราเรดสเปกตรัม

ช่วง (Region)	ช่วงความยาวคลื่น (μm)	จำนวนคลื่น (Wave Numbers) (cm^{-1})	ช่วงความถี่(ν) (Hz)
ช่วงใกล้	0.78 - 2.5	12,800 - 4,000	3.8×10^4 -- 1.2×10^{14}
ช่วงกลาง	2.5 - 50	4,000 – 200	1.2×10^{14} . -- 6.0×10^{12}
ช่วงไกล	50 - 1,000	200 - 10	6.0×10^{12} -- 3.0×10^{11}
ช่วงที่ใช้มาก	2.5 - 15	4,000 - 670	1.2×10^{14} -- 2.0×10^{13}

กระบวนการดูดกลืนแสงอินฟราเรด (The Infrared Absorption Process)

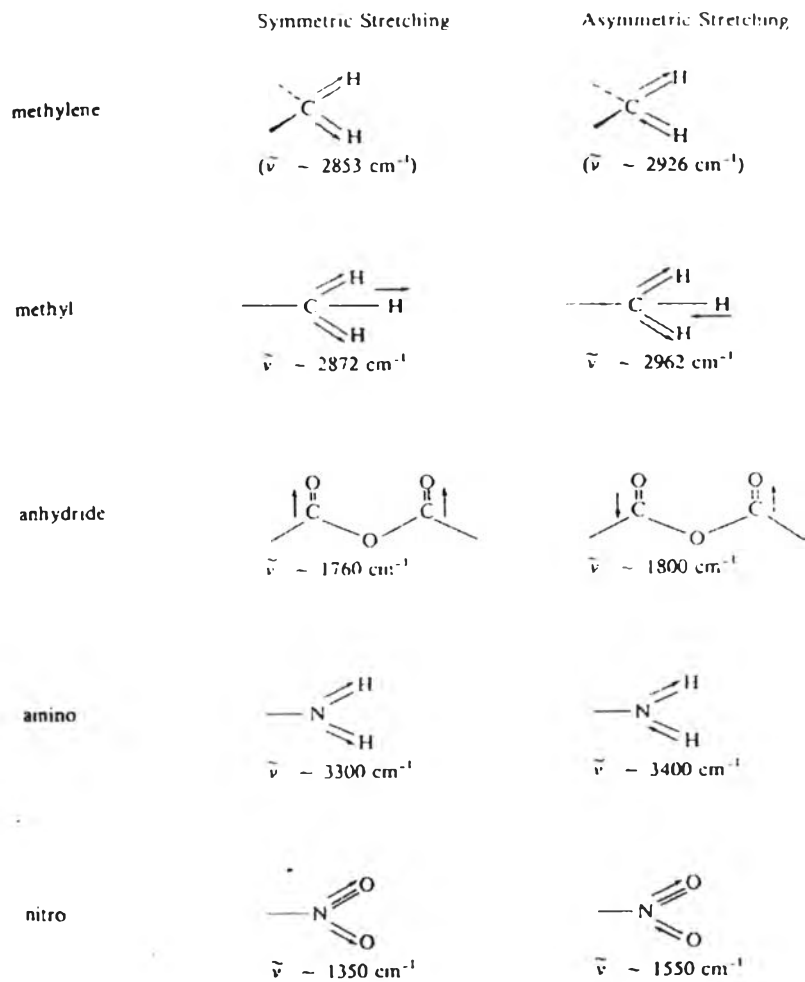
โมเลกุลของสารเคมีจะดูดกลืนแสงในช่วงของอินฟราเรด (IR) ได้นั้น ก็จะมีลักษณะโมเลกุลเมื่อดูดกลืนแสง IR โมเลกุลจะถูกกระตุ้น (excite) เป็นโมเลกุลที่มีพลังงานสูงกว่าอยู่ที่สภาวะพื้น โดยที่มีพลังงานเปลี่ยนแปลงอยู่ในราว 2 –10 Kcal/mole ซึ่งเป็นพลังงานพอที่จะทำให้โมเลกุลเกิดการสั่น (vibration) หรือเกิดการหมุน (rotation) เท่านั้น การดูดกลืนแสง IR ของโมเลกุลมิใช่ว่าทุกโมเลกุลของสารจะดูดกลืนแสง IR ได้หมด แต่จะต้องมีลักษณะเฉพาะ สภาวะก็ต้องเหมาะสมด้วย คือ

1. รังสีหรือแสงนั้นจะต้องมีพลังงานพอเหมาะพอดีที่จะทำให้เกิดแทรนซิชัน
2. จะต้องเกิดการควบคู่ (Coupling) พอดีระหว่างสนามไฟฟ้าจากการแผ่รังสีกับสารนั้น เมื่อมีการดูดกลืนพลังงานแล้วจะทำให้เกิดโมเมนต์ขั้วคู่ (dipole moment) ของโมเลกุลนั้นเปลี่ยนไป

แบบต่าง ๆ ของการสั่นและการงอ (Types of Vibration and Bending)

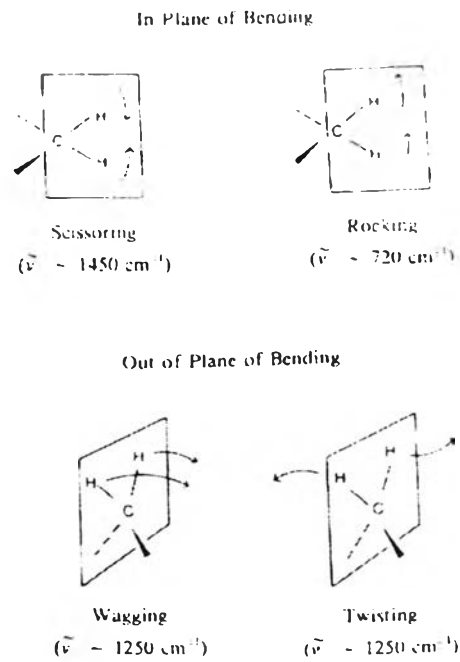
เมื่อโมเลกุลของสารดูดกลืนแสง IR ได้ จัดว่าโมเลกุลนั้นเป็น IR active พันธะของโมเลกุลนั้น จะเกิดการยืด (stretching) หรือเกิดการงอ (bending) ซึ่งแบ่งออกได้เป็น

1. การยืด (Stretching หรือ Valency Vibration) เป็นการเปลี่ยนแปลงความยาวระหว่างอะตอมที่เกิดพันธะกัน ซึ่งมีทั้ง symmetric stretching และ asymmetric stretching เช่น (ดังรูปที่ 4)



รูปที่ 4 การเปลี่ยนแปลงความยาวระหว่างอะตอมที่เกิดพันธะ

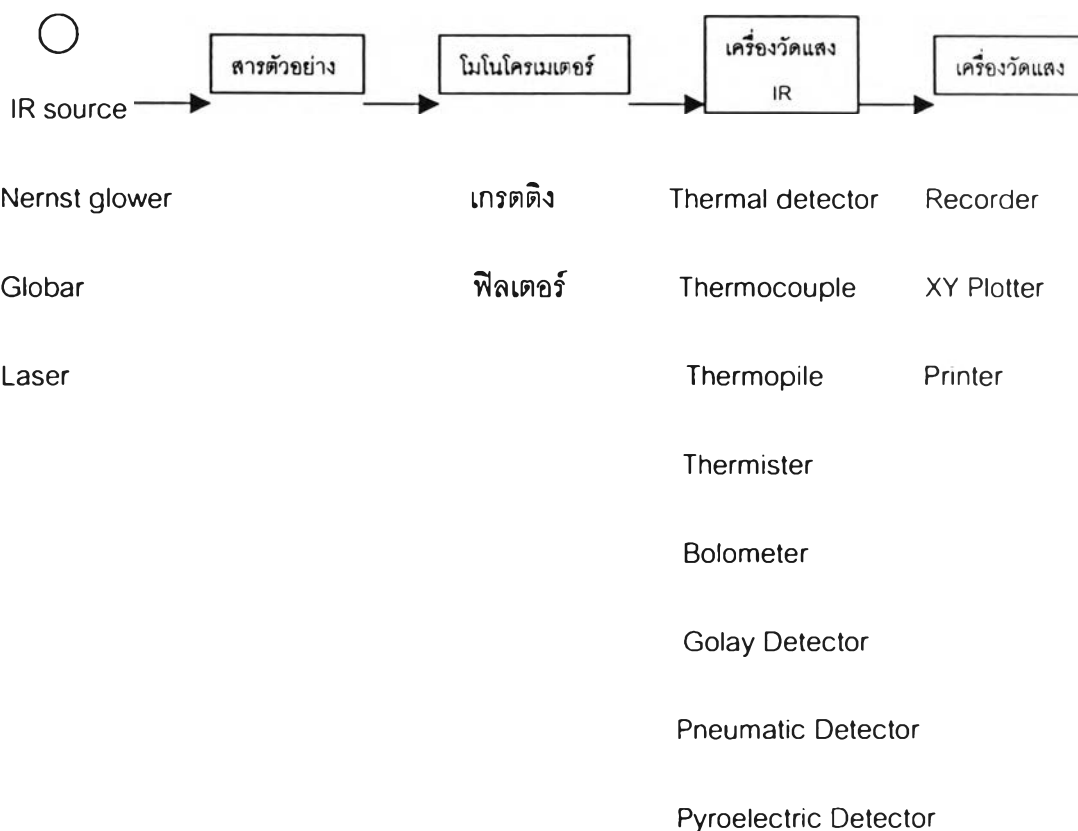
2. การงอ (Bending) หรือการผิดรูป (Deformation) คือ การเกิดการเปลี่ยนแปลงมุมระหว่าง 2 พันธะ ซึ่งจะมีด้วยกัน 4 แบบ (ดังรูปที่ 5)



รูปที่ 5 การเกิดการเปลี่ยนแปลงมุมระหว่าง 2 พันธะ

ส่วนประกอบของเครื่องอินฟราเรดสเปกโทรโฟโตมิเตอร์ (IR Spectrophotometer Components)

ส่วนประกอบของเครื่องอินฟราเรดสเปกโทรโฟโตมิเตอร์ ส่วนประกอบที่สำคัญ คือ



รูปที่ 6 แสดงแผนภาพองค์ประกอบของเครื่องอินฟราเรดสเปกโทรโฟโตมิเตอร์

ต้นกำเนิดแสงอินฟราเรด (IR Source) ที่ใช้กันทั่วไปนั้นเป็นของแข็งที่เฉื่อย ซึ่งสามารถเผาให้ร้อนด้วยไฟฟ้าจนมีอุณหภูมิประมาณ 1,500 - 2,000 K ได้อย่างต่อเนื่อง ซึ่งจะให้แสงมีความเข้มสูงสุดที่ความถี่ประมาณ $5,000 \text{ cm}^{-1}$

เนินสต์ โกลเวอร์ (The Nernst glower) เป็นแหล่งกำเนิดแสงอินฟราเรดที่ใช้กันมากที่สุด ซึ่งทำด้วยออกไซด์ของพวกธาตุแรร์ เอิร์ท (rare earth oxides) เป็นรูปทรงกระบอกขนาดเล็กผ่านศูนย์กลางประมาณ 1-2 มิลลิเมตร. ยาวประมาณ 2 ซม. ต่อด้วยลวดแพลตินัมเพื่อคุ้ม

กันไฟฟ้า อุณหภูมิที่ใช้งานสามารถเผาได้ถึง 1,800 K ที่สำคัญที่ต้องควบคุมคือใช้กระแสอย่าให้สูงเกินไป เพราะจะทำให้หลอมเสียได้ เนื่องจากร้อนจัดเกินไป

โกลบาร์ (Globar) เป็นแท่งซิลิกอนคาร์ไบด์ซึ่งมีเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 5-มิลลิเมตร-ยาวประมาณ 5 เซนติเมตรเมื่อผ่านกระแสไฟฟ้าเข้าไปจะทำให้ร้อนขึ้นถึงอุณหภูมิ 1,300 – 1,500 K โกลบาร์ให้ความเข้มของแสงที่บริเวณ $1,500 \text{ cm}^{-1}$ มากกว่าเนินสต์ โกลเวอร์

Incandescant Wire Source ใช้ลวดนิโครมหรือโรเดียมพันให้เป็นขดลวดแล้งหุ้มด้วยเซอรามิกเป็นรูปทรงกระบอก ขดลวดนี้เมื่อผ่านกระแสไฟฟ้าจะถูกทำให้ร้อนแดง อายุการใช้งานจะดีกว่า 2-ชนิดแรก แต่ให้ความเข้มของแสงน้อยกว่า

โมโนโครเตอร์ ซึ่งประกอบด้วยช่องแสงผ่าน (Slits) เกรตติง (grating) หรืออาจมีฟิลเตอร์ (filter) ประกอบด้วยก็ได้ ซึ่งส่วนนี้จะมีลักษณะเหมือนกับระบบโมโนโครเตอร์ในเครื่องยูวี-วิสิเบิล สเปกโทรโฟโตมิเตอร์ทุกประการ (บทที่ 3)

เครื่องวัดแสงอินฟราเรด (IR Detectors) เนื่องจากแหล่งกำเนิดแสงอินฟราเรดที่ผลิตได้ในปัจจุบันนี้ล้วนเป็นพวกที่ให้ความเข้มขั้นต่ำ ประกอบกับแสงอินฟราเรดเป็นแสงที่มีพลังงานต่ำ จึงทำให้การตรวจวัดค่อนข้างยุ่งยากกว่าการตรวจวัดแสงยูวีและวิสิเบิล เพราะพลังงานไม่พอที่จะทำให้เกิดอิเล็กตรอนในหลอดวัดแสง (phototube) ได้ ดังนั้นจึงจำเป็นต้องใช้เครื่องวัดอย่างอื่น ในปัจจุบันเครื่องวัดแสงอินฟราเรดที่ใช้กันอยู่แบ่งออกได้เป็น 2-พวก คือ

(1) อาศัยหลักการทาง Photoconductive effect ซึ่งเกิดขึ้นเช่นเดียวกับสารกึ่ง

ตัวนำ เป็นแบบ photon detector

(2) อาศัยหลักการ Heating effect โดยที่แสงอินฟราเรดถูกดูดกลืนจะเกิดความร้อนขึ้นแล้วทำให้ความต้านทานของเส้นลวดในเครื่องวัดเปลี่ยนแปลง เรียกว่า Thermal Detector ซึ่งใช้เป็นเครื่องวัดที่ครอบคลุมความยาวคลื่นได้กว้างขวาง

โฟตอน ดีเทคเตอร์ (Photon Detector) ประกอบด้วยแผ่นแก้วที่เป็นฉนวนแล้วฉาบบาง ๆ ด้วยสารกึ่งตัวนำ (semiconductor) เช่น ตะกั่วซัลไฟด์ ตะกั่วเทลลูไรด์ อินเดียมแอนทิโมนด์ หรือเจอร์เมเนียม (Ge) ที่โด๊ปด้วยทองแดงหรือปรอท แผ่นกึ่งตัวนำนี้บรรจุอยู่ในกล่องสุญญากาศ เพื่อไม่ให้สารกึ่งตัวนำทำปฏิกิริยากับบรรยากาศ เครื่องวัดนี้เมื่อถูกแสงที่มีพลังงานสูงพอจะทำให้เกิดการลดความต้านทานลง สำหรับตะกั่วซัลไฟด์ไวต่อแสงในช่วง $1 - 3 \mu\text{m}$ $10,000 - 2,000 \text{ cm}^{-1}$ โดยมี response time ประมาณ $10 \mu\text{sec}$ แต่ถ้าใช้สารอื่นและทำให้เย็นด้วยไนโตรเจนเหลวหรือฮีเลียมเหลว จะทำให้เครื่องวัดนี้มีสภาพไวดีขึ้นไปในทางความยาวคลื่นมากขึ้น และมี response เร็วขนาด 20×10^{-9} วินาที

เทอร์มัลดีเทคเตอร์ (Thermal Detector) โดยอาศัยสมบัติที่เกิดการเปลี่ยนแปลงทางความร้อนของสารเมื่อได้รับแสงอินฟราเรด ได้ถูกนำมาใช้สำหรับทำดีเทคเตอร์เพื่อวัดแสงอินฟราเรด ซึ่งอาจจำแนกออกได้เป็น 4-แบบด้วยกัน คือ

แบบที่ 1 เป็นเทอร์โมคัปเปิล (Thermocouple) หรือเทอร์โมไพล์ (Thermopile) ดีเทคเตอร์ชนิดที่นิยมใช้กันมากสำหรับวัดแสงอินฟราเรด ประกอบด้วยแผ่นทองสีดำ (blacken gold foil) เชื่อมเข้ากับลวดโลหะเล็กๆ 2 ชนิดที่ต่างกัน หรือเป็นลวดแพลทินัม (Pt) เชื่อมกับลวดเงิน หรือลวดพลวงเชื่อมกับบิสมีท เมื่อทำปลายที่เชื่อมทั้งสองมีอุณหภูมิต่างกัน จะมีแรงเคลื่อนไฟฟ้าเกิดขึ้น ซึ่งจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับอุณหภูมิที่แตกต่างกัน โดยที่ปลายหนึ่ง (reference junction) จะป้องกันไม่ให้ถูกแสงเลย และให้อุณหภูมิคงที่อีกปลายหนึ่งให้รับแสงอินฟราเรด เทอร์

โมโพล์เป็นชื่อของดีเทคเตอร์ที่ได้จากการเอาเทอร์มิคัมเบิลหลายอันมาต่อกันเข้าแบบอนุกรม เพื่อให้ได้แรงเคลื่อนไฟฟ้ามากขึ้น ดีเทคเตอร์ชนิดนี้ถ้าออกแบบดีแล้วสามารถบอกความแตกต่างของอุณหภูมิได้ถึง 10^{-6}°C หรือเกิดความต่างศักย์ระหว่างขั้วทั้งสอง $6-7 \mu\text{V}/\mu\text{W}$ และมี response time ประมาณ 100 m.sec

แบบที่ 2 เรียกว่า เทอร์มิสเตอร์ (Thermister) หรือ โบโลมิเตอร์ (Bolometer)

สำหรับโบโลมิเตอร์เป็นดีเทคเตอร์ประเภทอาศัยการเปลี่ยนแปลงความต้านทานของลวดโลหะ เมื่อทำให้อุณหภูมิเปลี่ยนแปลง เช่น ประกอบด้วยลวดแพลทินัม หรือลวดนิกเกิลเล็ก ๆ ซึ่งมีค่าสัมประสิทธิ์ความต้านทานเปลี่ยนแปลงมีค่าสูง ($\sim 0.4\%$ ต่อ $^{\circ}\text{C}$) แต่ถ้าเป็นเทอร์มิสเตอร์ จะทำด้วยออกไซด์ของโลหะบางชนิด เช่น ออกไซด์ของโคบอลต์ หรือนิกเกิล ซึ่งมีค่าสัมประสิทธิ์ความต้านทานเปลี่ยนแปลงต่ออุณหภูมิเปลี่ยนแปลงมีค่าสูง ($4-7\%$ ต่อ $^{\circ}\text{C}$) ทั้งนี้โดยทำเป็น 2 ชุดเหมือนกัน ชุดหนึ่งจะไม่ให้ถูกแสงเลย แต่อีกชุดหนึ่งให้รับแสงอินฟราเรด แล้วนำไปต่อเข้าวงจรเป็นแบบ wheatstone bridge

แบบที่ 3 เรียกว่า โกลีย์ (Golay) หรือนิวมาติกดีเทคเตอร์ (Pneumatic Detector)

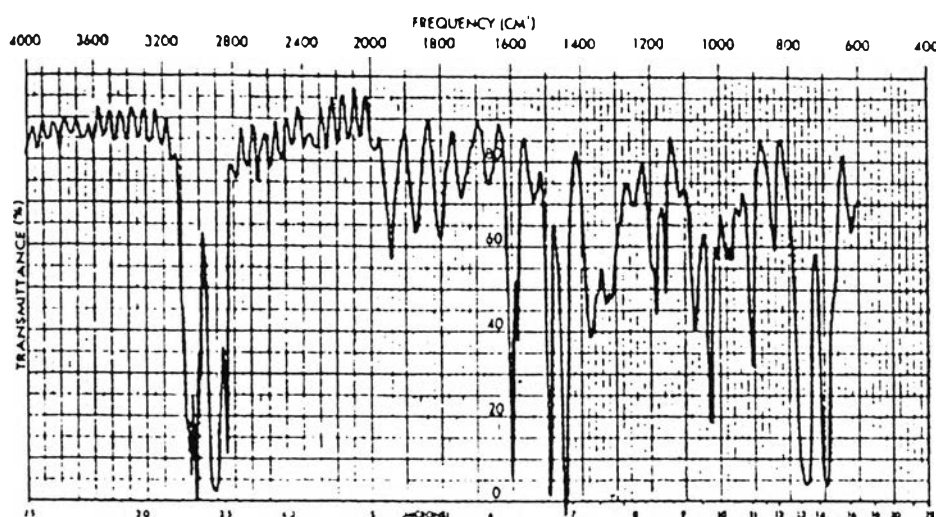
หลักการที่ใช้ในการทำดีเทคเตอร์ชนิดนี้ คือ เมื่ออุณหภูมิเปลี่ยนแปลงจะทำให้เกิดความดันของแก๊สเฉื่อยในภาชนะปิดเปลี่ยนแปลงด้วย ดังนั้น แก๊สเฉื่อยจะบรรจุไว้ในภาชนะรูปทรงกระบอกเล็ก ๆ ด้านที่รับแสงอินฟราเรดจะเป็นโลหะสีดำอยู่กับที่ ด้านตรงข้ามเป็นไดอะแฟรมที่ทำด้วยเงินให้เคลื่อนไหวได้ เมื่อโลหะสีดำได้รับแสงอินฟราเรดจะถูกถ่ายเทความร้อนไปยังแก๊สเฉื่อยทำให้เกิดความดันขึ้นไปดันแผ่นไดอะแฟรมเงิน ทำให้เกิดการบิดเบี้ยวไป การบิดเบี้ยวไปทำให้แสงสะท้อนไปยังหลอดวัดแสง (phototube) เกิดกระแสไฟฟ้าขึ้นแตกต่างกันตามปริมาณของแสงอินฟราเรด หรืออาจใช้หลักของการเปลี่ยนความจุ (capacitance) ก็ได้ โกลีย์ดีเทคเตอร์นี้ราคาค่อนข้าง

ข้างแพง แต่เมื่อเปรียบเทียบกับดีเทคเตอร์ชนิดอื่น ๆ แล้วปรากฏว่ามีสภาพไวในช่วงใกล้หรือกลางอินฟราเรดเท่า ๆ กับเทอร์โมคัปเปิล แต่ถ้าใช้ในช่วงต่ำกว่า 200 cm⁻¹ หรือช่วงใกล้อินฟราเรดจะดีมาก

แบบที่ 4 เรียกว่า ไพโรอิเล็กทริกดีเทคเตอร์ (Pyroelectric Detector) ดีเทคเตอร์นี้เพิ่งจะได้รับการพัฒนาขึ้นมาใช้สำหรับวัดแสงอินฟราเรดเมื่อไม่นานมานี้ โดยผลึกของสารบางชนิด เช่น ไตรไกลซีนซัลเฟต (Triglycine sulphate, TGS) หรือดีเอชเอชไตรไกลซีนซัลเฟต (DTGS) หรือลิเทียมแทนทาลेटหรือแบเรียมไททาเนต เป็นต้น ผลึกเหล่านี้มีสมบัติเกี่ยวกับโมเมนต์ขั้วคู่ของมันไวต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ ถ้านำผลึกเหล่านี้ไปไว้ระหว่างขั้วไฟฟ้า (electrode) ที่เป็นแผ่นโลหะ แล้วต่อเข้ากับวงจรไฟฟ้าภายนอกเป็นเหตุให้มีกระแสไหลในวงจรเพื่อทำให้การกระจายของประจุกลับเข้าสู่สมดุลใหม่ การเกิดกระแสเนื่องจากความร้อนนี้ขึ้นอยู่กับอัตราการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ ดีเทคเตอร์ชนิดนี้ให้ response time เร็วกว่า จึงเป็นที่นิยมใช้ทำดีเทคเตอร์ของเครื่องใน Fourier Transform Infrared Spectrometer (FT-IR)

เครื่องบันทึกสเปกตรัม หรือ Read Out Devices สัญญาณที่ได้จากดีเทคเตอร์ซึ่งเป็นสัญญาณที่น้อยจำเป็นจะต้องเข้าเครื่องขยายสัญญาณเสียก่อน ๆ ที่จะเข้าเครื่องบันทึกหรือเครื่องอ่านสัญญาณเช่นเดียวกับเครื่องยูวี-วิสิเบิล สเปกโทรโฟโตมิเตอร์ ซึ่งอาจเป็นเครื่อง recorders, printers, video display terminals หรือ xy plotters เป็นต้น (ดังรูปที่ 7)





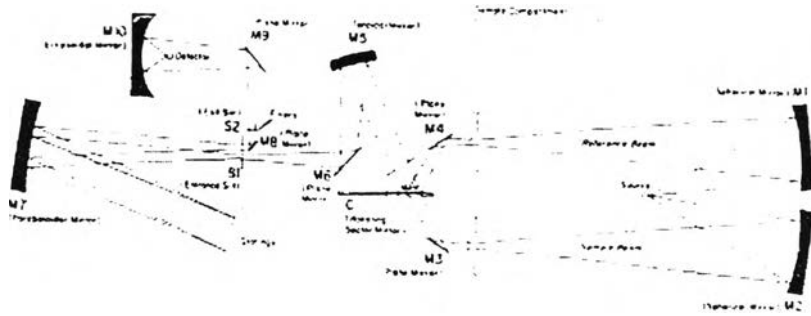
รูปที่ 7 แสดงลักษณะของอินฟราเรดสเปกตรัมของโพลีสไตรีน (Polystyrene)

แบบต่าง ๆ ของเครื่องอินฟราเรดสเปกโทรโฟโตมิเตอร์

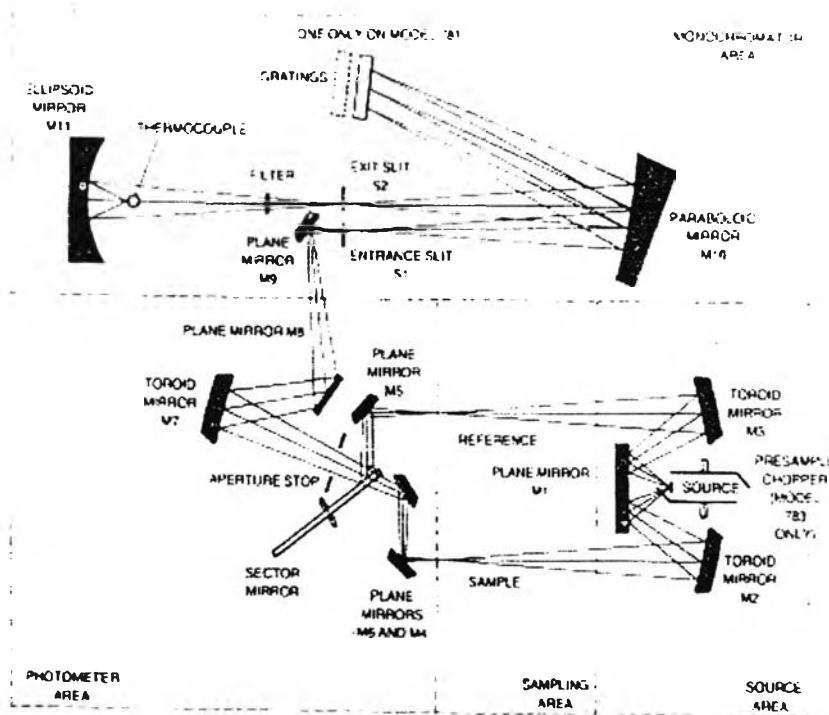
เครื่องอินฟราเรดสเปกโทรโฟโตมิเตอร์แบ่งออกได้เป็น 2 พวก คือ

1. เครื่องอินฟราเรดสเปกโทรโฟโตมิเตอร์ที่ใช้ระบบกระจายแสง (Dispersive infrared spectrophotometer) ซึ่งมีทั้งลำแสงเดี่ยว (single beam) และชนิดลำแสงคู่ (double beam) แต่เครื่องที่เป็นลำแสงคู่เป็นเครื่องที่ได้รับความนิยมมากกว่า และพบเห็นโดยทั่วไป เพราะ background ที่เกิดจากแก๊สในบรรยากาศ เช่น CO_2 และไอน้ำ จะหมดปัญหาไป เครื่องกระจายแสงก็เป็นอย่างเดียวกับเครื่องยูวี-วิสิเบิลสเปกโทรโฟโตมิเตอร์ คือใช้เกรตติงเช่นเดียวกัน แต่ตำแหน่งของสารตัวอย่างที่จะวิเคราะห์อยู่ก่อนโมโนโครเมเตอร์เพื่อที่จะลดแสงที่จะรบกวนจากภายนอก (stray light)

เครื่องอินฟราเรดสเปกโทรโฟโตมิเตอร์แบบนี้มีลักษณะดังรูปที่ 8 และ 9



รูปที่ 8 แผนภาพแสดงลักษณะการออกแบบเครื่องอินฟราเรดสเปกโทรโฟโตมิเตอร์ชนิดลำแสงคู่



รูปที่ 9 แผนภาพแสดงลักษณะการออกแบบเครื่องอินฟราเรดสเปกโทรโฟโตมิเตอร์ชนิดลำแสงคู่อีก

แบบหนึ่ง

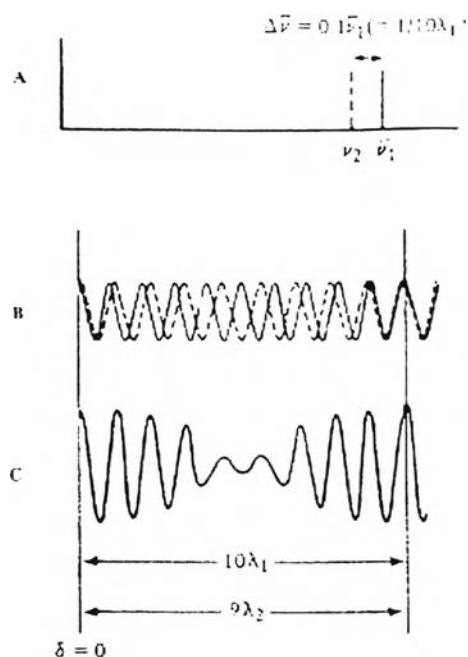
2. เครื่องฟูเรียทรานสฟอร์ม อินฟราเรดสเปกโทรมิเตอร์ (Fourier Transform Infrared Spectrometer, FT-IR) โดยทั่วไปเครื่องมือทางสเปกโทรสโกปีนั้นมักจะใช้หลักการกระจายแสง (dispersion) ของสเปกตรัมการแผ่รังสีแม่เหล็กไฟฟ้าในช่วงที่สนใจเป็นตัวกำหนด เช่น ในช่วงของอินฟราเรดดังได้กล่าวมาแล้ว จากการบันทึกผลของค่าความเข้มของแสงต่อความถี่ หรือความยาวคลื่น หรือ wave number ซึ่งได้ออกมาเป็นสเปกตรัมเรียกว่า frequency-domain spectrum ดังที่เห็นกันอยู่ทั่วไป แต่ถ้าใช้วิธีการวัดที่ต่างไป โดยวัดความเข้มของแสง หรือกำลังของแสงที่ความยาวคลื่นต่าง ๆ กันอย่างต่อเนื่องเทียบกับเวลา เรียกว่า Time- Domain Spectroscopy หรือโดยทั่วไปเรียกว่า Fourier Transform Spectrometer จากนั้น time-domain spectrum จะถูกเปลี่ยนเป็น frequency-domain spectrum ด้วย fourier transform จากการใช้ดิจิทัลคอมพิวเตอร์ สิ่งทั้งสองแตกต่างกันจริง ๆ ก็คือ frequency-domain spectrum เป็นสเปกตรัมที่ได้จากการวัดการดูดกลืนแสงที่ความถี่ต่าง ๆ กันทีละครั้งในช่วงระยะเวลาอันหนึ่ง แต่ Fourier transform spectrum ได้จากการวัดการดูดกลืนแสงที่ความถี่ต่าง ๆ กัน พร้อมกันหมด ดังนั้น Fourier transform จึงช่วยทำให้การวิเคราะห์รวดเร็วขึ้น การแยก (resolution) ก็ดีขึ้น หรือเป็นการทำให้ signal-to-noise ratio ดีขึ้นกว่าวิธีธรรมดา รูปที่ 4.6 แสดงให้เห็นถึงความแตกต่างของ frequency-domain spectrum (spectrum A) กับ time-domain spectrum (spectrum B และ C) ในขณะที่ time-domain spectrum ดูยังไม่ค่อยได้ประโยชน์โดยตรงจริง ๆ จึงไม่มีใครสนใจรวบรวม time-domain waveform ไว้ ประกอบกับดีเทคเตอร์ที่ใช้ก็ยังมีสภาพไวที่ไม่เหมาะสม response time ก็ช้ามาก ๆ ดังนั้นจึงจำเป็นต้องให้แสงที่เข้ามายังดีเทคเตอร์มีความถี่พอเหมาะเสียก่อน โดยใช้ Michelson Interferometer ลำแสงอินฟราเรดจากแหล่งกำเนิดมีความยาวคลื่น λ_1 จะถูกแยกออกเป็นสองลำแสงด้วย beam splitter ลำแสง A

จะเดินทางในระยะทางที่คงที่ ส่วนลำแสง B จะเดินทางในระยะทางที่เปลี่ยนแปลงได้ ซึ่งขึ้นอยู่กับตำแหน่งของกระจก B เมื่อลำแสง A และ B มารวมกันจะเกิดการแทรกสอด (interference) ขึ้น ถ้าระยะทางที่ลำแสง A และ B เดินทางนั้นเท่ากันจะเกิดการแทรกสอดที่เสริมกัน (constructive interference) ทำให้สัญญาณที่วัดได้จากดีเทคเตอร์สูงสุด แต่ถ้ากระจก B เปลี่ยนตำแหน่งไป $\lambda_{/4}$ ลำแสง B จะเดินทางคิดเป็นระยะทางเปลี่ยนไปเท่ากับ $\lambda_{/2}$ ของระยะทางที่ลำแสง A เดินทาง ดังนั้นเมื่อลำแสง A และ B รวมกันจะเกิดการแทรกสอดที่หักล้างกัน สัญญาณที่วัดได้จากดีเทคเตอร์จะลดลง แต่ถ้ากระจก B เคลื่อนไกลเข้ามาคิดเป็นระยะทาง $\lambda_{/4}$ ลำแสง B จะเดินทางสั้นเข้าเป็นระยะทาง $\lambda_{/2}$ เมื่อลำแสง A และ B รวมกัน ก็จะเกิดการหักล้างแทรกสอดที่เสริมกันและได้สัญญาณสูงสุด ในทางปฏิบัติแล้ว กระจก B จะมีการเคลื่อนที่ด้วยอัตราเร็วคงที่สม่ำเสมอติดต่อกัน เพื่อให้ได้สัญญาณสม่ำเสมอ ดังรูป 4.6 B ค่าความถี่ f ที่ได้จากดีเทคเตอร์ขึ้นอยู่กับอัตราเร็ว v ของกระจก B และความยาวคลื่นของแสงด้วย นั่นคือ

$$f = \frac{v}{\lambda/2} = 2v \text{ cm/sec}$$

$$= 2v \nabla \text{ sec}^{-1}$$

ด้วยการกระทำเช่นนี้ Interferometer จะผลิตสัญญาณที่เป็นปฏิภาคกับความถี่ของแสง ซึ่งดีเทคเตอร์สามารถวัดได้ แล้วสัญญาณนั้นจะถูกเปลี่ยนเป็น frequency-domain spectrum ด้วยคอมพิวเตอร์อย่างต่อเนื่อง ทำให้ได้สเปกตรัมออกมาตามปกติที่เครื่องบันทึก



รูปที่ 10 ไดอะแกรมสาธิตการหา resolution โดยการหน่วง interferometer

A อิมิตชันสเปกตรัมที่มี frequency ν_1 และ ν_2 การแยกสเปกตรัมทั้งสอง $\Delta \nu = 0.1 \nu_1$

B เป็น interferograms ของแต่ละ lines ν_1 (เส้นทึบ) ν_2 (เส้นประ)

C เป็นผลของ interferograms A และ B แสดงว่ามีอยู่ในเฟสที่ความหน่วง $(0.1 \nu_1) \text{ cm}^{-1}$

ข้อดีของการใช้เทคนิค Fourier transform ที่เห็นได้ชัด ๆ ก็คือ ช่วยให้การวิเคราะห์หรือการวัดสเปกตรัมของสารตัวอย่างทำได้เร็วกว่าเครื่องอินฟราเรดสเปกโทรโฟโตมิเตอร์ธรรมดาหลายเท่า เพราะการวัดด้วยเครื่องธรรมดาจะเป็นแบบวัดทีละความถี่ (sequentially) แต่ FT-IR วัดที่ความถี่ต่าง ๆ อย่างต่อเนื่อง (simultaneously) เรียกว่า Fellgett's advantage สามารถใช้ circular entrance aperture แทน entrance slit ได้ ทำให้ได้กำลังแสงสูงขึ้น เรียก Jacquinot's advantage และยังช่วยให้การแยก (resolution) และความถูกต้องดีขึ้น เรียกว่า Conne's advantage ประการสุดท้าย FT-IR ยังช่วยทำให้การวิเคราะห์ง่ายและสะดวกขึ้นด้วยการใช้

คอมพิวเตอร์ควบคุมการทำงาน ข้อเสียที่สำคัญก็คือ FT-IR เป็นเครื่องที่มีราคาแพงและต้องเสียค่าทะนุบำรุงสูง อย่างไรก็ตาม เครื่องอินฟราเรดสเปกโทรโฟโตมิเตอร์ควรจะต้องอยู่ในห้องที่ควบคุมความชื้นตลอดเวลา แต่มีเครื่อง FT-IR Spectrophotometer ที่ผลิตจากบางบริษัทสามารถตั้งอยู่ในห้องที่ไม่ต้องควบคุมความชื้น