หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 6

วิจารณ์ผลการศึกษา

จากผลการศึกษารูปแบบไอโซไซม์ของเอนไซม์ กลูโคสฟอสเฟต ไอโซเมอเรส (GPI) ฟอสโฟกลูโคมิวเตส (PGM) และ กลูโคส-6-ฟอสเฟต ดีไฮโดรจิเนส (G-6PD) โดยวิธีเซลลูโลสอะซีเตท อีเล็คโตรฟอรีซีส ในพยาธิใบไม้ตับ O.viverrini ที่ได้จากตับคนและตับแฮมสเตอร์ พบว่าเอนไซม์ กลูโคสฟอสเฟต ไอโซเมอเรส (GPI) ให้ผลการศึกษาได้ชัดเจนมาก เมื่อเปรียบเทียบกับเอนไซม์อีกสองตัวคือ ฟอสโฟกลูโคมิวเตส (PGM) และกลูโคส-6-ฟอสเฟต ดีไฮโดรจิเนส (G-6PD) เนื่องจากแถบของสีย้อมที่ปรากฏมีขนาดแถบกว้าง และติดสีย้อมเข้มชัดเจนโดยเฉพาะในแถบของไอโซไซม์ที่มีการทำงานสูง แสดงว่าพยาธินี้มีเอนไซม์ชนิดนี้อยู่ในตัวมาก เอนไซม์กลูโคสฟอสเฟต ไอโซเมอเรส นี้เป็นเอนไซม์ที่สำคัญตัวหนึ่งในวิถีไกลคอสิซิสในขบวนการเมตาบอลิซึมของคาร์โบไฮเดรท ในสิ่งมีชีวิตชั้นสูงทั่วไป เอนไซม์นี้จะเร่งปฏิกริยาที่เกิดขึ้นดังนี้

glucose - 6 - phosphate ⟷ fructose - 6 - phosphate

glucosephosphate isomerase

ปฏิกิริยานี้เกิดขึ้นในไซโตปลาซึมของเซล โดยเป็นปฏิกิริยาที่สามารถย้อนกลับได้ กลูโคส-6-ฟอสเฟต ที่เข้าทำปฏิกิริยานั้นจะได้มาจาก กลูโคส ซึ่งเป็นหน่วยย่อยที่สุด ที่ได้จากการเผาผลาญอาหารพวกคาร์โบไฮเดรท หรือจากการย่อยสลายไกลโคเจนก็จะได้ กลูโคส-6-ฟอสเฟตเช่นกัน การที่พบเอนไซม์ชนิดนี้ในปริมาณมาก แสดงว่าคาร์โบไฮเดรท เมตาบอลิซึมของพยาธิชนิดนี้คงจะเกี่ยวข้องกับการใช้กลูโคส และไกลโคเจนเป็นสารอาหารที่สำคัญ มีผู้ศึกษาเกี่ยวกับคาร์โบไฮเดรทเมตาบอลิซึมในพยาธิพวก พยาธิใบไม้หลายชนิด พบว่าสามารถใช้น้ำตาลเฮกโซส เช่นกลูโคสหรือแมนโนส เป็นสารอาหารได้ และในขณะที่อยู่ในสิ่งแวดล้อม ที่ขาดสารอาหาร ก็สามารถย่อยสลายไกลโคเจน ซึ่งเป็นโพลีแซคคาไรด์ที่มีสะสมอยู่มาก ในเซลชั้นพาเรนไคมา (parenehyma cell) มาใช้เป็นอาหารได้ (Smyth, 1966) นอกจากนั้นยังได้มีการศึกษาเกี่ยวกับคาร์โบไฮเดรทเมตาบอลิซึมในพยาธิใบไม้ตับ Fasciola spp. หลายชนิดซึ่งพยาธิตัวแก่

จะอาศัยอยู่ที่ท่อน้ำดีภายในตับของโฮสต์เฉพาะ เช่นเดียวกับพยาธิใบไม้ตับ O.viverrini พบว่าพยาธินี้ เมื่อนำมาทดลองเลี้ยงในห้องทดลอง (in vitro) สามารถนำเอากลูโคสเข้าไปใช้เป็นสารอาหารได้ ในอัตราที่รวดเร็ว (Coles, 1975) และในกรณีที่เลี้ยงในสารอาหารที่ไม่มีกลูโคสอยู่ ก็พบว่ามีอัตราการย่อยสลายไกลโคเจนที่สะสมอยู่ภายในตัว เพื่อใช้เป็นสารอาหารได้รวดเร็ว เช่นกัน แต่ระดับของไกลโคเจนจะคงที่ในกรณีที่เลี้ยงในสารอาหารที่มีกลูโคสอยู่อย่างเพียงพอ (Smyth, 1960 ; Senutaite, 1973)

Agatsuma (1980) ได้ศึกษารูปแบบของเอนไซม์ กลูโคสฟอสเฟต ไอโซเมอเรส โดยวิธีสตาร์ช เจล อีเล็คโตรฟอรีซีส ในพยาธิใบไม้ตับ Fasciola sp. ที่พบในญี่ปุ่น 61 ตัว พบรูปแบบของไอโซไซม์เพียงแบบเดียว คือประกอบด้วยแถบเอนไซม์ 6 แถบ เคลื่อนที่ไปทางขั้วบวกทั้งหมด แต่จากการศึกษารูปแบบเอนไซม์ กลูโคสฟอสเฟต ไอโซเมอเรส ในพยาธิใบไม้ตับ O. viverrini ในครั้งนี้จากพยาธิรวมทั้งสิ้น 168 ตัว พบรูปแบบไอโซไซม์ ที่แตกต่างกันถึง 8 แบบ รูปแบบที่พบมากที่สุด คือแบบที่ 1 หรือ GPI_1 มีอยู่ 45.83 % ส่วนใน GPI_2 ก็พบมากรองลงมาคือ 37.50 ในพยาธิจากตับคน พบรูปแบบ GPI_1 และGPI_2 ในปริมาณใกล้เคียงกัน คือพบ 42 และ 47 ตัว ตามลำดับ แต่ในพยาธิจากแฮมสเตอร์นั้น พบรูปแบบ GPI_1 มากกว่า GPI_2 เกือบ 2 เท่า คือ พบพยาธิ 35 ตัว ที่มีรูปแบบ GPI_1 ส่วน GPI_2 พบเพียง 16 ตัว ส่วนในแบบอื่น ๆ ก็มีอยู่ต่างกันออกไป ในแต่ละแบบพบไม่เกิน 10 % ใน GPI_1 และ GPI_3 นั้นรูปแบบของแถบไอโซไซม์ ที่ปรากฏในด้านจำนวนแถบ ตลอดจนการทำงานของไอโซไซม์คล้ายคลึงกัน แต่แตกต่างกันที่ความสามารถในการเคลื่อนที่ ในกลุ่มไอโซไซม์ของ GPI_3 เคลื่อนที่ได้เร็วกว่า รูปแบบ GPI_2 นั้นก็คล้ายคลึงกันใน GPI_7 แต่ไอโซไซม์แถบแรกของ GPI_2 มีการทำงานต่ำกว่าแถบที่ 2 และ 3 ผิดกับใน GPI_7 ไอโซไซม์ทั้ง 3 แถบมีการทำงานใกล้เคียงกัน (สังเกตจากการติดสีย้อมในระดับเดียวกัน) และระยะทางระหว่างแถบทั้ง 3 ใน GPI_6 นั้นมีมากกว่าใน GPI_2 และ GPI_4 และ GPI_5 เป็นรูปแบบของไอโซไซม์ที่มีการเคลื่อนที่ช้าทั้ง 2 แบบ แต่ระยะทางระหว่างแถบของไอโซไซม์ในแต่ละแบบแตกต่างกัน สำหรับ GPI_7 นั้น พบเฉพาะในพยาธิที่นำมาจากตับคน ส่วน GPI_8 พบเฉพาะในพยาธิที่นำมาจากตับแฮมสเตอร์

การที่พบรูปแบบของไอโซไซม์ของเอนไซม์ กลูโคสฟอสเฟต ไอโซเมอเรส ในพยาธิใบไม้ตับ O.viverrini ถึง 8 แบบ เป็นเรื่องน่าสนใจยิ่ง พยาธิชนิดนี้คงจะต้องมีการปรับตัวอย่างมาก เพื่อให้สามารถมีชีวิตรอดอยู่ได้ เนื่องจากวงจรชีวิตของมันจะครบสมบูรณ์ได้ ต้องอาศัยอยู่ในโฮสต์

ที่ต่างชนิดกันถึง 3 ชนิด คือ หอย ปลา และสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมที่กินปลาเป็นอาหาร ซึ่งเป็นสิ่งมีชีวิตที่มีรูปร่างตลอดจนการดำรงชีวิตแตกต่างกันอย่างมาก ซึ่งการปรับตัวดังกล่าวนี้คงจะมีผลถึงระดับยีนที่ควบคุมการสังเคราะห์เอนไซม์ จึงทำให้มีความแตกต่างของรูปแบบเอนไซม์กลูโคสฟอสเฟต ไอโซเมอเรส ดังผลการศึกษา

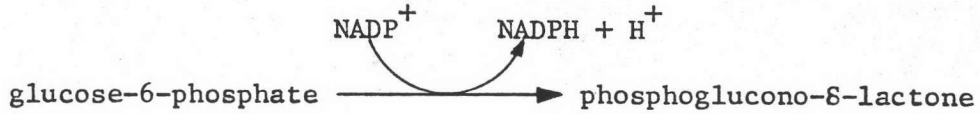
สำหรับเอนไซม์ฟอสโฟกลูโคมิวเตส (PGM) จากผลการศึกษาและสังเกตในทำนองเดียวกันกับเอนไซม์ กลูโคสฟอสเฟต ไอโซเมอเรส พบว่าพยาธินี้มีเอนไซม์ ฟอสโฟกลูโคมิวเตสอยู่ในปริมาณมากพอสมควรทั้งยังมีความสามารถในการเร่งปฏิกิริยาสูง สามารถตรวจสอบโดยการย้อมสีดูแถบการทำงานของไอโซไซม์ ได้ชัดเจน เอนไซม์นี้เป็นเอนไซม์ที่สำคัญตัวหนึ่งในปฏิกิริยาการสังเคราะห์หรือสลายไกลโคเจน โดยจะช่วยเร่งปฏิกิริยาการเปลี่ยนแปลงดังนี้

glucose-1-phosphate ⟷ glucose-6-phosphate

phosphoglucomutase

จากที่ได้กล่าวแล้วว่าไกลโคเจนเป็นแหล่งอาหารที่สำคัญของพวกพยาธิใบไม้ ในกรณีที่ขาดแคลนอาหารในสิ่งแวดล้อม ดังนั้นเมื่อเอนไซม์ ฟอสโฟกลูโคมิวเตส มีความเกี่ยวข้องกับปฏิกริยาการสังเคราะห์หรือสลายไกลโคเจนดังกล่าว พยาธิใบไม้ตับนี้ก็ควรมีเอนไซม์ชนิดนี้อยู่ในปริมาณที่มากพอที่จะตรวจสอบได้ดังในผลการศึกษา Agatsuma (1980) ได้ศึกษาเอนไซม์นี้โดยวิธี สตาร์ช เจล อีเล็คโตรฟอรีซีส เช่นเดียวกับที่ศึกษาเอนไซม์ GPI ในพยาธิใบไม้ตับ Fasciola sp. พบรูปแบบไอโซไซม์ของเอนไซม์ PGM 2 รูปแบบที่แตกต่างกันในความสามารถของการเคลื่อนที่จากจุดเริ่มต้นไปยังขั้วบวก แต่ผลที่ได้จากการศึกษาในครั้งนี้ พบรูปแบบของไอโซไซม์ของเอนไซม์ PGM ที่แตกต่างกัน 5 รูปแบบ รูปแบบที่ 1 หรือ PGM_1 พบมากที่สุดคือ 59.52 % รองลงมาคือ PGM_3 และ PGM_4 มีอยู่ 19.64 % และ 13.69 % ตามลำดับ

เอนไซม์อีกตัวที่เลือกศึกษาคือ กลูโคส-6-ฟอสเฟต ดีไฮโดรจิเนส (G-6PD) เนื่องจากการที่พบว่ามีเอนไซม์ GPI อยู่มากในพยาธิชนิดนี้ จึงสนใจในกลูโคส-6-ฟอสเฟต ซึ่งเกี่ยวข้องในปฏิกริยาที่เร่งโดยเอนไซม์ กลูโคสฟอสเฟต ไอโซเมอเรส ดังกล่าว ว่าสามารถดำเนินไปในปฏิกริยาอื่นใดได้อีก และมีเอนไซม์ใดมาเกี่ยวข้อง ก็พบว่า กลูโคส-6-ฟอสเฟต นั้นสามารถเข้าสู่ปฏิกิริยาการเผาผลาญ คาร์โบไฮเดรตโดยวิถีเพนโตสฟอสเฟตได้ ซึ่งเกิดขึ้นในไซโตปลาสซึม กลูโคส-6-ฟอสเฟต จะเข้าสู่วิถีนี้โดยปฏิกิริยาที่มีเอนไซม์ กลูโคส-6-ฟอสเฟต ดีไฮโดรจิเนส เป็นตัวเร่งปฏิกริยาดังนี้



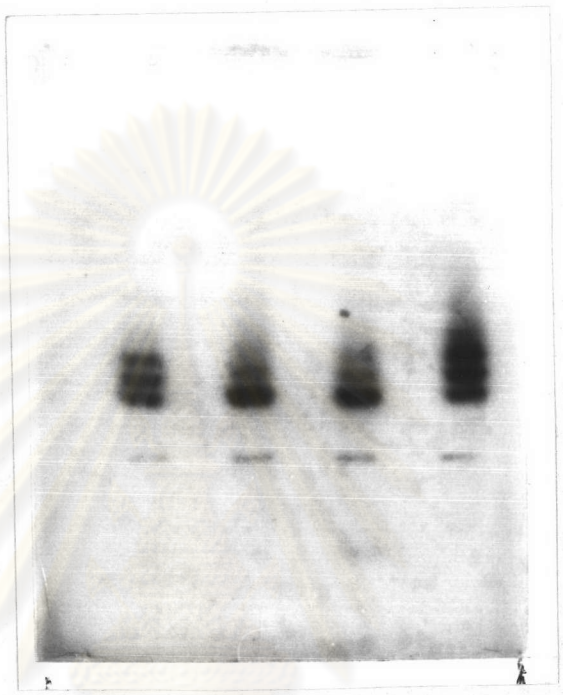
glucose-6-phosphate dehydrogenase

จากความสัมพันธ์ดังกล่าวนี้ จึงได้เลือกศึกษาเอนไซม์ชนิดนี้ด้วย จากผลการศึกษาครั้งนี้พบแถบของไอโซไซม์ที่ปรากฏนั้นไม่ค่อยชัดเจน เหมือนเอนไซม์ กลูโคสฟอสเฟต ไอโซเมอเรส หรือฟอสโฟกลูโคมิวเตส แถบที่ได้ไม่คมชัดเป็นเส้น แต่มีลักษณะแพร่กระจายทำให้เห็นเป็นแบบใหญ่ ๆ ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากระบบบัฟเฟอร์ที่ใช้ศึกษาเอนไซม์นี้ อาจยังไม่เหมาะสม เพราะการศึกษาเอนไซม์ชนิดนี้ในสิ่งมีชีวิตที่ต่างชนิดกัน ก็ใช้ระบบบัฟเฟอร์ที่แตกต่างกันออกไป เช่น Aljeboori (1980) ใช้ 0.2 M ฟอสเฟตบัฟเฟอร์ ศึกษาเอนไซม์ใน โปรโตซัวพวก Leishmania spp. Kidder (1983) ใช้บัฟเฟอร์ซึ่งประกอบด้วย Tris 0.5 M, boric acid 0.5 M และEDTA 0.2 M ในการศึกษาเอนไซม์ในปลากระดูกแข็ง หรือ Mydynski (1985) ใช้ 0.1 M NaH_2PO_4 บัฟเฟอร์ซึ่งปรับ pH เป็น 7.0 ด้วย 0.1 M Na_2HPO_4 ศึกษาเอนไซม์นี้ในพวก Trichinella เป็นต้น สำหรับในการศึกษาพยาธิชนิดนี้ได้ทดลองใช้บัฟเฟอร์ชนิดเดียวกันกับ ที่ใช้ศึกษาในเอนไซม์ฟอสโฟกลูโคมิวเตส เนื่องจากยังไม่มีเอกสารรายงานการศึกษารูปแบบเอนไซม์ในพยาธิชนิดนี้มาก่อน และต้องการใช้เวลาในการศึกษาเอนไซม์ทั้ง 3 ชนิด จากพยาธิแต่ละตัวให้น้อยที่สุด เพื่อจะรักษาสภาพและความสามารถในการทำงานของเอนไซม์ไว้ให้มากที่สุดหลังจากที่ได้เตรียมเป็นสารละลายตัวอย่างเอนไซม์แล้ว แม้การย้อมสีดูแถบการทำงานของไอโซไซม์จะไม่ชัดเจน แต่ก็สามารถที่จะบอกความแตกต่างของรูปแบบเอนไซม์ได้ โดยไอโซไซม์ที่พบ 3 รูปแบบแตกต่างกันในความสามารถในการเคลื่อนที่ไปยังขั้วบวกไม่เท่ากัน นอกจากนั้นในไอโซไซม์แถบที่ 1 ของรูปแบบทั้ง 3 มีการทำงานต่ำมากหรืออาจมีน้อยมากจนสังเกตได้ยาก และไม่เห็นในบางครั้งที่พยาธิที่นำมาศึกษาไม่ค่อยแข็งแรง พยาธิที่ได้มาจากตับคนนั้นก็มีสภาพที่มาแตกต่างกัน เช่นพยาธิจากศพคนตายที่ได้รับการผ่าชันสูตรอย่างรวดเร็วหลังจากที่เสียชีวิต หรือผู้ตายถึงแก่กรรมโดยอุบัติเหตุ มิได้เป็นโรคใด ๆ โดยเฉพาะโรคที่เกี่ยวกับตับ จะได้พยาธิที่ค่อนข้างแข็งแรงกว่าพยาธิที่ได้จากศพที่ตายเป็นเวลานานจึงจะได้ผ่าตัดเอาตับออกมา หรือผู้ตายถึงแก่กรรมด้วยโรคที่เกี่ยวกับตับ หรือในกรณีที่พยาธิที่ได้รับปะปนออกมากับน้ำดีผู้ป่วยที่เข้ารับการผ่าตัด เพื่อรักษาโรคที่เกี่ยวกับตับ หรือระบบทางเดินน้ำดีก็อาจแตกต่างกัน เนื่องจากน้ำดีที่มันอาศัยอยู่ในผู้ป่วยนั้นก็มีสภาพที่แตกต่างกันออกไป เนื่องมาจากพยาธิสภาพของโรคที่ผู้ป่วย เป็นมากน้อยต่างกันผู้ป่วยบางรายมีน้ำดีที่ถูกดูดออกมาจากตับเป็นสีเหลืองอ่อนใส มีสภาพแตกต่างไปจากปกติมาก ตับมีอาการบวมโต เป็นเนื้องอก บางรายมีนิ่วในถุงน้ำดี

น้ำดีที่ดูดออกมาจากตับมีสีน้ำตาลปนเหลือง ความข้นใสก็แตกต่างกัน ซึ่งความแตกต่างในสภาพแวดล้อมที่พยาธิอาศัยอยู่นี้อาจมีผลต่อการทำงานของเอนไซม์บางตัยที่เกี่ยวข้องกับเมตาโบลิซึมของพยาธิ พยาธิอาจมีการปรับตัวเพื่อให้มีชีวิตอยู่ได้สภาพน้ำดีที่แตกต่างกันออกไปดังกล่าว ดังนั้นพยาธิแต่ละตัวที่นำมาเลี้ยงภายนอกอาจมีสภาพที่แตกต่างกันได้ จึงทำให้ผลที่ได้จากการศึกษาเอนไซม์ แม้ในชนิดเดียวกัน เช่น กลูโคส-6-ฟอสเฟต ดีไฮโดรจิเนส มีความชัดเจนของรูปแบบเอนไซม์ต่างกัน หรือในกรณีที่แถบที่ 1 ของรูปแบบไอโซไซม์ของเอนไซม์ กลูโคส-6-ฟอสเฟต ดีไฮโดรจิเนส ทั้ง 3 แบบ ไม่สามารถสังเกตุเห็นได้ในกรณีที่ศึกษาพยาธิจากตับแฮมสเตอร์ ก็อาจเนื่องมาจากขนาดของพยาธิซึ่งมีขนาดเฉลี่ย กว้าง 7 มม. ยาว 5.4 มม. ซึ่งเล็กกว่าในพยาธิที่ได้จากคนซึ่งมีขนาดเฉลี่ย กว้าง 1.5 มม. ยาว 8 มม. ซึ่งเมื่อนำพยาธิมาทำเป็นโฮโมจิเนท ให้มีปริมาณเพียงพอกับการศึกษา จึงทำให้มีความเข้มข้นของเอนไซม์ลดน้อยลง อย่างไรก็ดี ผลการศึกษารูปแบบไอโซไซม์ของเอนไซม์ทั้ง 3 ในพยาธิใบไม้ตับ O.viverrini ที่ได้จากตับคนและตับแฮมสเตอร์นั้น มีรูปแบบที่ไม่แตกต่างกัน แต่มีข้อดีและข้อเสียในการนำมาศึกษาต่างกัน กล่าวคือ ตัวอย่างพยาธิระยะโตเต็มวัยที่ยังมีชีวิตอยู่จากตับคนนั้นหาได้ยากกว่าพยาธิตัวโตเต็มวัยจากตับแฮมสเตอร์ ซึ่งสามารถทำแฮมสเตอร์ให้ติดเชื้อพยาธิได้ แต่ขนาดของพยาธิที่ได้จากตับคนมีขนาดใหญ่กว่าพยาธิที่ได้จากแฮมสเตอร์ ทำให้ศึกษาได้โดยสะดวกกว่า รวมทั้งให้ผลการศึกษาในเอนไซม์ กลูโคส-6-ฟอสเฟต ดีไฮโดรจิเนส ได้ชัดเจนกว่า

การพบรูปแบบต่าง ๆ ของไอโซไซม์ที่ศึกษาครั้งนี้ในจำนวนที่แตกต่างกันออกไป จากพยาธิที่นำมาศึกษาจากตับคน 109 ตัว และตับแฮมสเตอร์อีก 59 ตัว เท่านั้นจึงไม่สามารถสรุปแน่นอนได้ว่าพยาธิชนิดนี้มีรูปแบบไอโซไซม์แบบนี้ในเอนไซม์ชนิดนี้มากที่สุด หรือในกรณีที่พบมารูปแบบเฉพาะในพยาธิที่ได้จากตับคนหรือตับแฮมสเตอร์เท่านั้น ก็ยังไม่สามารถใช้บอกความแตกต่างระหว่างพยาธิในโฮสต์ต่างชนิดกันได้ เพราะถ้าได้ศึกษาจากพยาธิจำนวนมากกว่านี้ สัดส่วนของรูปแบบไอโซไซม์ที่พบอาจแตกต่างไปจากนี้ และเนื่องจากการศึกษารูปแบบไอโซไซม์ของเอนไซม์จากพยาธิในครั้งนี้ จะให้ผลดีถ้าได้นำพยาธิที่ยังมีชีวิตมาศึกษา โดยเฉพาะในกรณีพยาธิจากตับคน ตัวอย่างพยาธิสดที่ยังมีชีวิตอยู่นั้นหาได้ยาก จึงทำให้มีขอบเขตจำกัดในจำนวนพยาธิที่นำมาศึกษา พยาธิที่ตายแล้ว ซึ่งเก็บมาจากตับศพที่ชันสูตรนั้น เมื่อนำมาศึกษาด้วยวิธีดังกล่าวก็ไม่สามารถตรวจพบการทำงานของเอนไซม์อื่น ๆ พบเพียงแต่เอนไซม์ GPI ซึ่งมีอยู่ในปริมาณที่พอจะตรวจพบได้ ถ้าพยาธิยังอยู่ในสภาพที่เพิ่งตายไม่นาน และเก็บไว้ที่อุณหภูมิ $-20^{o}C$ แต่รูปแบบของแถบไอโซไซม์นั้นจะ

แตกต่างจากการศึกษาในพยาธิที่ยังมีชีวิตจะเห็นแถบกว้างชัดเจนกว่า ดังในรูปที่ 12



หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 12 แสดงภาพถ่ายรูปแบบไอโซไซม์ของเอนไซม์ กลูโคสฟอสเฟต ไอโซเมอเรส ในพยาธิใบไม้ตับ O.viverrini ที่ตายแล้วจากตับคน

จากการนำเอารูปแบบไอโซไซม์ของเอนไซม์ กลูโคสฟอสเฟต ไอโซเมอเรส ฟอสโฟ-กลูโคมิวเตส และ กลูโคส-6-ฟอสเฟต ดีไฮโดรจิเนส ที่พบในพยาธิแต่ละตัวมาจำแนกพยาธิออกเป็นไทพ์ย่อยได้ทั้งสิ้น 47 ไทพ์ (ตารางที่ 5) พบว่า ในพยาธิที่ได้จากตับคนนั้นจะพบไทพ์ที่ 2 มากที่สุดคือ 15 ตัว รองลงมาคือไทพ์ที่ 15 พบ 14 ตัว ไทพ์ที่ 1 พบ 11 ตัว ไทพ์ที่ 20 พบ 8 ตัว และไทพ์ที่ 16 พบ 6 ตัว ไทพ์ที่ 11 และไทพ์ที่ 3 พบไทพ์ละ 2 ตัว ไทพ์ที่ 2 นั้นมีรูปแบบไอโซไซม์ของเอนไซม์ทั้งสามเป็น GPI_1 - PGM_1 และ $G\text{-}6PD_2$ ส่วนไทพ์ที่ 15 มีรูปแบบ GPI_2 - PGM_1 - $G\text{-}6PD_1$ ในไทพ์ที่ 1 ก็มีรูปแบบเป็น GPI_1 - PGM_1 และ $G\text{-}6PD_1$

จะเห็นว่า ในไทพ์ทั้งสามที่พบมากในพยาธิจากตับคนนี้ จะมีรูปแบบ PGM_1 ทั้งสิ้น ซึ่งรูปแบบนี้พบได้ทั้งหมดในพยาธิถึง 100 ตัวจากพยาธิรวมทั้งสิ้น 168 ตัว ซึ่งคิดเป็น 59.52 % เป็นรูปแบบไอโซไซม์ของเอนไซม์ฟอสโฟกลูโคมิวเตส ที่พบมากที่สุด

ในพยาธิที่ได้จากตับแฮมสเตอร์พบว่าไทพ์ที่พบมากที่สุด คือ ไทพ์ที่ 1 พบ 11 ตัว ไทพ์ที่ 2 พบ 9 ตัว ไทพ์ที่ 3 พบ 3 ตัว และไทพ์ที่ 7,16, 20 พบไทพ์ละ 2 ตัว ซึ่งไทพ์ที่ 1 และ 2 ที่พบมากนี้ พบได้มากในพยาธิจากตับคนเช่นกัน ดังนั้นเมื่อรวมพยาธิทั้งหมดที่ศึกษา 168 จะพบไทพ์ที่ 2 มากที่สุด 24 ตัว รองลงมาคือไทพ์ที่ 1 พบ 22 ตัว จะเห็นว่าทั้งสองไทพ์นี้มีรูปแบบไอโซไซม์ของเอนไซม์ กลูโคสฟอสเฟต ไอโซเมอเรส และ ฟอสโฟกลูโคมิวเตส เหมือนกันคือ GPI_1 และ PGM_1 ทั้ง 2 รูปแบบ เมื่อรวมทั้ง 2 ไทพ์ คือไทพ์ที่ 1 และ 2 ซึ่งมีรูปแบบ GPI_1 และ PGM_1 เหมือนกันนี้จะเป็นจำนวนพยาธิ 45 ตัว หรือคิดเป็น 26.79 % ของพยาธิทั้งหมดที่นำมาศึกษานั้น เป็นความสัมพันธ์ที่น่าสนใจระหว่างเอนไซม์กลูโคสฟอสเฟต ไอโซเมอเรส และฟอสโฟกลูโคมิวเตส ในพยาธิใบไม้ตับชนิดนี้

การที่พบความแตกต่างของรูปแบบไอโซไซม์ของเอนไซม์ที่ศึกษาในครั้งนี้ และสามารถแบ่งพยาธิออกเป็นไทพ์ย่อยได้ถึง 47 ไทพ์ ดังกล่าวนี้ อาจเนื่องมาจากเมตาเซอคาเรีย ที่โฮสต์เฉพาะได้รับเข้าไปนั้น มีความแตกต่างกันออกไปมาก ซึ่งจะเห็นได้จากการที่พบซิสต์ระยะเมตาเซอคาเรียของพยาธิชนิดนี้ในปลาพวก Cyprinoid หลายชนิด ดังกล่าวในตอนต้น ซึ่งการที่มันสามารถอยู่ในโฮสต์ตัวกลางต่างชนิดนี้ได้ คงจะต้องมีการปรับตัวให้เหมาะสมกับการดำรงชีวิตที่แตกต่างกันออกไปบ้าง จึงส่งผลให้พบรูปแบบไอโซไซม์ที่แตกต่างกันออกไปดังที่พบในการศึกษา

การศึกษาครั้งนี้มีข้อเสียอยู่ที่ ไม่สามารถทำการศึกษารูปแบบไอโซไซม์ของเอนไซม์หนึ่ง ๆ จากพยาธิตัวเดียวกันได้ซ้ำ เพราะพยาธิมีขนาดเล็กโฮโมจีเนทที่ได้ไม่เพียงพอกับการศึกษาเอนไซม์ทั้งสามชนิดในพยาธิแต่ละตัวซึ่งได้ ซึ่งถ้าเป็นปรสิตเซลเดียว เช่น โปรโตซัวสามารถที่จะเลี้ยงและเพิ่มปริมาณของโปรโตซัวจากสายพันธุ์เดียวกันได้มากพอกับการศึกษาได้