

595, 3842

ป 532 ค

5.3

ความแปรผันทางพันธุกรรมของปูนา *Sayamia bangkokensis* (Naiyanetr, 1982)
ในจังหวัดพระนครศรีอยุธยา ลพบุรี สุพรรณบุรี และอ่างทอง

ปริญญานิพนธ์
ของ
ปัทมพร ราชภักดี

22 ต.ค. 2539

เสนอต่อมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต วิชาเอกเคมีชีวภาพ

กุมภาพันธ์ 2539

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

๑. ๕๑๒๖๗

คณะกรรมการควบคุม และคณะกรรมการสอบได้พิจารณาปริญญานิพนธ์ฉบับนี้แล้วเห็นสมควรรับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต วิชาเอกเคมีชีวภาพ ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒได้

คณะกรรมการควบคุม

.....ประธาน
(ผศ.ดร.อนันต์ พุทธิยาสถาพร)
.....กรรมการ
(ศ.ไพบูลย์ นัยเนตร)
.....กรรมการ
(ผศ.พันธุ์สิน เกตุทัต)

คณะกรรมการสอบ

.....ประธาน
(ผศ.ดร.อนันต์ พุทธิยาสถาพร)
.....กรรมการ
(ศ.ไพบูลย์ นัยเนตร)
.....กรรมการ
(ผศ.พันธุ์สิน เกตุทัต)
.....กรรมการแต่งตั้งเพิ่มเติม
(รศ.ดร.วราภรณ์ กิจวิริยะ)

บัณฑิตวิทยาลัยอนุมัติให้รับปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต วิชาเอกเคมีชีวภาพ ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

.....คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
(ดร.ศิริยุภา พูลสุวรรณ)

วันที่ 28 เดือน กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2539

ประกาศคุณูปการ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี ทั้งนี้จากการดูแลเอาใจใส่อย่างใกล้ชิด และความอนุเคราะห์ของอาจารย์ ผศ.ดร.อนันต์ พุทธิยาสถาพร ประธานควบคุมปริญญานิพนธ์ ที่ให้คำแนะนำเกี่ยวกับการวิจัย และการวิเคราะห์ผลการวิจัย ศ.ไพบุลย์ นัยเนตร อาจารย์ ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่คอยควบคุมการคัดเลือก ตัวอย่างที่จะนำมาวิจัย และให้ข้อมูลพื้นฐานแก่ผู้วิจัย ผศ.พันธุ์สิน เกตุทัต ที่คอยดูแลจัดหา อุปกรณ์ และสารเคมีต่าง ๆ รวมทั้งให้คำแนะนำแก่ผู้วิจัยตลอดจนการทดลองเสร็จสิ้น และ รศ.ดร.วราภรณ์ กิจวิริยะ ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยรามคำแหง ที่คอยช่วยเหลือให้คำแนะนำและร่วมเป็นกรรมการในการสอบ ซึ่งผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ อาจารย์ทุกท่าน ณ ที่นี้

ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ หลวงปู่พระธรรมเสนานี (ด.เจียม กุลละวณิชย์) ที่ มอบทุนสนับสนุนการวิจัย

ผู้วิจัยขอขอบคุณ คุณมานะ ขาวเมฆ และคุณศรมน โพธิ์ทอง ที่ให้คำแนะนำ ตลอดจนถึงแนะแนวทางแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นจากงานวิจัย

ผู้วิจัยขอโน้มรำลึกพระคุณบิดา มารดา ที่สนับสนุนการศึกษา และคอยดูแลเอาใจใส่ ผู้วิจัยอย่างใกล้ชิดตลอดเวลา รวมทั้งผู้มีพระคุณที่มีได้กล่าวนาม ที่คอยให้คำแนะนำและช่วยเหลือผู้วิจัยในด้านต่าง ๆ ตลอดจนเพื่อน ๆ พี่ ๆ และรุ่นน้องทุกคน ที่คอยช่วยเหลือและคอย เป็นกำลังใจเรื่อยมา จนกระทั่งปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จเรียบร้อยด้วยดี

ปัทมพร ราชภักดี

สารบัญ

บทที่	หน้า
1 บทนำ	
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	2
ปูนา <i>Sayamia bangkokensis</i> (Naiyanetr, 1982).....	4
ความมุ่งหมายของการศึกษาค้นคว้า.....	7
ขอบเขตของการศึกษาค้นคว้า.....	8
ความสำคัญของการศึกษาค้นคว้า.....	9
นิยามศัพท์เฉพาะ.....	10
2 วิธีการวิจัย	
อุปกรณ์และสารเคมีที่ใช้ในการทดลอง.....	11
วิธีดำเนินการทดลอง	
การเก็บตัวอย่างปู.....	12
การเตรียมตัวอย่าง.....	12
การศึกษาแถบแอกติวิตีสเตนของเอนไซม์	
การเตรียมเจลและการทำอิเล็กโทรโฟรีซิส.....	13
การทำแอกติวิตีสเตนของเอนไซม์.....	14
การคำนวณค่าทางพันธุกรรม.....	15
3 ผลการวิจัย	
ลักษณะแถบแอกติวิตีสเตนของเอนไซม์.....	17
ผลการคำนวณค่าทางพันธุกรรม.....	19
4 อภิปรายผลและข้อเสนอแนะ.....	50
บรรณานุกรม.....	55
ภาคผนวก ก.....	59
ภาคผนวก ข.....	84
ภาคผนวก ค.....	93
ประวัติย่อของผู้วิจัย.....	103

บัญชีตาราง

ตาราง	หน้า
1 ชนิดของบัฟเฟอร์ที่เหมาะสม ความต่างศักย์ไฟฟ้า และเวลาที่ใช้ในการแยกเอนไซม์.....	14
2 ความถี่ของอัลลีล (allele frequency).....	19
3 ค่าพอลิมอร์ฟิซึม (polymorphism).....	44
4 เฮเทอโรไซโกซิตีจากการสังเกต (observed heterozygosity).....	44
5 เฮเทอโรไซโกซิตีจากความคาดหวัง (expected heterozygosity).....	46
6 ค่าความแตกต่างทางพันธุกรรม (genetic differentiation).....	48
7 ค่าความคล้ายทางพันธุกรรม (genetic similarity) และระยะห่างทางพันธุกรรม (genetic distance).....	49
8 แสดงค่าพอลิมอร์ฟิซึมเฉลี่ย และค่าเฮเทอโรไซโกซิตีเฉลี่ยของปูนาจากแหล่งต่าง ๆ.....	51
9 แสดงค่าความแตกต่างทางพันธุกรรม(G_{ST}) ค่าความคล้ายทางพันธุกรรม (I) และค่าระยะห่างทางพันธุกรรม (D) ของปูนาจากแหล่งต่าง ๆ.....	52
10 จีโนไทป์ของเอนไซม์แอซิดฟอสฟาเตส (ACP).....	60
11 จีโนไทป์ของเอนไซม์อัลคาไลน์ฟอสฟาเตส (AKP).....	61
12 จีโนไทป์ของเอนไซม์อัลดีไฮด์ออกซิเดส (ALDOX).....	62
13 จีโนไทป์ของเอนไซม์คะตะเลส (CAT).....	63
14 จีโนไทป์ของเอนไซม์เอสเทอเรส (EST).....	64
15 จีโนไทป์ของเอนไซม์กลูโคส-6-ฟอสเฟตดีไฮโดรจีเนส (G-6-PD).....	65
16 จีโนไทป์ของเอนไซม์ไฮดรอกซีบิวไทเรตดีไฮโดรจีเนส (HBDH).....	66
17 จีโนไทป์ของเอนไซม์มาเลตดีไฮโดรจีเนส (MDH).....	67
18 จีโนไทป์ของเอนไซม์มาลิกเอนไซม์ (ME).....	68
19 จีโนไทป์ของเอนไซม์ออกทานอลดีไฮโดรจีเนส (ODH).....	69
20 จีโนไทป์ของเอนไซม์ฟอสโฟกลูโคมิวเตส (PGM).....	70
20 จีโนไทป์ของเอนไซม์ซูเปอร์ออกไซด์ดิสมิวเตส (SOD).....	71
22 จีโนไทป์ของเอนไซม์แซนทีนดีไฮโดรจีเนส (XDH).....	72
23 จำนวนจีโนไทป์ (number of genotype).....	73

บัญชีภาพประกอบ

ภาพประกอบ	หน้า
1 ด้านบนของปูนา <i>S. bangkokensis</i>	5
2 ด้านล่างของปูนา <i>S. bangkokensis</i>	6
3 โกลิพอดของปูนา <i>S. bangkokensis</i>	7
4 แสดงความถี่ของอัลลีลของเอนไซม์ ACP ₁	23
5 แสดงความถี่ของอัลลีลของเอนไซม์ ACP ₂	24
6 แสดงความถี่ของอัลลีลของเอนไซม์ ACP ₃	25
7 แสดงความถี่ของอัลลีลของเอนไซม์ AKP	26
8 แสดงความถี่ของอัลลีลของเอนไซม์ ALDOX ₁	27
9 แสดงความถี่ของอัลลีลของเอนไซม์ ALDOX ₂	28
10 แสดงความถี่ของอัลลีลของเอนไซม์ CAT	29
11 แสดงความถี่ของอัลลีลของเอนไซม์ EST ₁	30
12 แสดงความถี่ของอัลลีลของเอนไซม์ EST ₂	31
13 แสดงความถี่ของอัลลีลของเอนไซม์ EST ₃	32
14 แสดงความถี่ของอัลลีลของเอนไซม์ G-6-PD	33
15 แสดงความถี่ของอัลลีลของเอนไซม์ HBDH	34
16 แสดงความถี่ของอัลลีลของเอนไซม์ MDH ₁	35
17 แสดงความถี่ของอัลลีลของเอนไซม์ MDH ₂	36
18 แสดงความถี่ของอัลลีลของเอนไซม์ ME	37
19 แสดงความถี่ของอัลลีลของเอนไซม์ ODH ₁	38
20 แสดงความถี่ของอัลลีลของเอนไซม์ ODH ₂	39
21 แสดงความถี่ของอัลลีลของเอนไซม์ PGM	40

22	แสดงความถี่ของอัลลีลของเอนไซม์ SOD ₁	41
23	แสดงความถี่ของอัลลีลของเอนไซม์ SOD ₂	42
24	แสดงความถี่ของอัลลีลของเอนไซม์ XDH.....	43
25	แสดง hepatopancreas ของปูนา <i>S. bangkokensis</i>	59
26	แสดงการเคลื่อนที่ของแถบเอนไซม์ AKP.....	77
27	แสดงการเคลื่อนที่ของแถบเอนไซม์ ALDOX.....	78
28	แสดงการเคลื่อนที่ของแถบเอนไซม์ G-6-PD.....	79
29	แสดงการเคลื่อนที่ของแถบเอนไซม์ MDH.....	80
30	แสดงการเคลื่อนที่ของแถบเอนไซม์ ME.....	81
31	แสดงการเคลื่อนที่ของแถบเอนไซม์ PGM.....	82
32	แสดงการเคลื่อนที่ของแถบเอนไซม์ SOD.....	82
33	แสดงการเคลื่อนที่ของแถบเอนไซม์ XDH.....	83

บทที่ 1

บทนำ

จากการศึกษาการกระจายของปูน้ำจืดตามสภาพภูมิศาสตร์ในประเทศไทย ร่วมกับการจัดจำแนกตามลักษณะทางกายวิภาค ทำให้สามารถแบ่งกลุ่มของปูน้ำจืดตามแหล่งที่อยู่อาศัยออกเป็น 4 กลุ่ม คือ ปูน้ำซึ่งพบตามนาข้าว ปูลำห้วยซึ่งพบตามลำห้วยและแม่น้ำ ปูนํ้าตกซึ่งพบตามน้ำตกและลำธาร และปูป่าซึ่งพบตามเนินดินบริเวณชายป่า (ไพบูลย์ นัยเนตร. 2521)

ปูนาเป็นกลุ่มปูน้ำจืดชนิดหนึ่งอยู่ใน Phylum Arthropoda, Class Crustacea, Subclass Malacostraca, Superorder Eucarida, Order Decapoda, Suborder Reptantia, Section Brachyura, Family Parathelphusidae, ปูนาเป็นสัตว์กีบคละนที่มีขา 10 ขา มีเพศแยก และมีส่วนท้อง (abdomen) ลดรูปงอพับไปอยู่ใต้ส่วนทรวงอก (thorax) มีการผสมพันธุ์ภายใน ออกลูกเป็นไข่ ไม่มีระยะลาร์วา (larva) และมีการเจริญเติบโตโดยการลอกคราบเป็นระยะ ๆ

จากการสำรวจพื้นที่ต่าง ๆ ของภาคกลางซึ่งเป็นภาคที่มีพื้นที่ในการทำนามากที่สุดในประเทศไทย และพบว่าปูนาส่วนใหญ่จะเป็นชนิด *Sayamia bangkokensis* ซึ่งเปลี่ยนจากสกุลเดิม *Somanniathelphusa bangkokensis* โดยในปัจจุบันสกุล *Somanniathelphusa* ได้แบ่งออกเป็นสกุลใหม่ 3 สกุล คือ *Sayamia*, *Esanthelphusa* และ *Chulathelphusa* โดยดูความแตกต่างของรูปร่างกระดูก โครงสร้างของ post-orbital crest และรูปร่างของอวัยวะเพศผู้คู่ที่หนึ่ง (gonopod) (Naiyanetr. 1994)

เนื่องจากการกระจายของปูนาอาจได้รับอิทธิพลของสภาพแวดล้อม และภัยธรรมชาติ เช่น กระแสน้ำ อุทกภัย เป็นปัจจัยที่ทำให้ปูนามีการเคลื่อนกระจายพันธุ์ไปตามพื้นที่ต่าง ๆ ของประเทศ การศึกษาความแปรผันทางพันธุกรรมของปูนา สามารถนำมาเป็นหลักฐานสนับสนุนอีกประการหนึ่ง ร่วมกับการจัดจำแนกลักษณะทางกายวิภาคของปูนาจากแหล่งต่าง ๆ ว่าเป็นชนิดเดียวกันจริงหรือไม่ และอิทธิพลของสภาพแวดล้อมมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงลักษณะทางพันธุกรรมอย่างไร

การศึกษครั้งนี้มุ่งที่จะศึกษาความแปรผันทางพันธุกรรมของปูนา *Sayamia bangkokensis* ในจังหวัดพระนครศรีอยุธยา ลพบุรี สุพรรณบุรี และอ่างทอง โดยศึกษาอัลโลไซม์ (allozyme) ในประชากรปูด้วยวิธีอิเล็กโทรโฟเรซิส (electrophoresis)

และนำไปจำแนกความแตกต่างของสิ่งมีชีวิต เพื่อดูว่าลักษณะทางกายวิภาคที่ใช้ในการจัดจำแนกชนิดของปูนาเมื่อเปรียบเทียบกับข้อมูลทางพันธุกรรมแล้วจะสอดคล้องกันหรือไม่

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

เป็นเวลานานกว่า 25 ปีมาแล้ว ที่ได้มีผู้เริ่มศึกษาความแปรผันทางพันธุกรรมของสิ่งมีชีวิตโดยวิธีอิเล็กโทรโฟรีซิส (Lewontin, 1991) โดยคุณผลจากแถบแอกติวิตีสเทน (activity stain) ของเอนไซม์ ซึ่งมีงานวิจัยที่ศึกษากันมากในสิ่งมีชีวิต ดังนี้

การศึกษาความแปรผันทางพันธุกรรมของแบคทีเรียในสกุล *Yersinia* จำนวน 9 ชนิด ซึ่งได้มาจากสิ่งแวดล้อม ในสัตว์ และคน โดยศึกษาเอนไซม์ 18 ชนิด พบว่า *Y. enterocolitica* และ *Y. pseudotuberculosis* ซึ่งเป็นชนิดที่ได้จากคน มีความสัมพันธ์ใกล้ชิดกันกับแบคทีเรียชนิดเดียวกันที่ได้จากหมู และวัว เนื่องจากค่าระยะห่างทางพันธุกรรม (genetic distance) มีค่าน้อยกว่า 0.1 (Dolina and Peduzzi, 1992)

การศึกษาความแปรผันทางพันธุกรรมของแมลงหวี่ 2 ชนิด คือ *Drosophila simulans* และ *D. immigrans* จากฮาวาย พบว่าเมื่อเปรียบเทียบ *D. simulans* จากฮาวาย กับ *D. simulans* จากเท็กซัส มีค่าเฮเทอโรไซโกซิตีเฉลี่ยเท่ากับ 0.073 และ 0.162 ตามลำดับ แสดงว่า *D. simulans* จากเท็กซัสน่าจะมีแนวโน้มในการปรับตัวให้เข้ากับสภาพแวดล้อมได้ดีกว่า และ *D. immigrans* จากฮาวายมีค่าเฮเทอโรไซโกซิตีเฉลี่ยเท่ากับ 0.92 ใกล้เคียงกับค่าเฮเทอโรไซโกซิตีของ *D. immigrans* จากเกาหลี ซึ่งมีค่าเท่ากับ 0.93 แสดงว่า *D. immigrans* จากฮาวาย และจากเกาหลี มีการปรับตัวให้เข้ากับสิ่งแวดล้อมได้ไม่แตกต่างกัน (Steiner, Sung and Park, 1976)

การศึกษาความแปรผันทางพันธุกรรมของยุงก้นปล่อง *Anopheles maculatus* ซึ่งเป็นพาหะของโรคมาเลเรียในคาบสมุทรมาเลเซีย โดยเก็บตัวอย่างยุงจาก 2 แหล่งด้วยกัน คือ ฟอร์ดเบอร์ท และกัวมูซาง พบว่ามีค่าเฮเทอโรไซโกซิตีเฉลี่ยเท่ากับ 0.09 และ 0.0743 ค่าพอลิมอร์ฟิซึมเฉลี่ยเท่ากับ 0.36 และ 0.29 ตามลำดับ ค่าความคล้ายทางพันธุกรรมเท่ากับ 0.9809 และค่าระยะห่างทางพันธุกรรมเท่ากับ 0.0194 (Yong and others, 1988)

การศึกษาความแปรผันทางพันธุกรรมของหอย 2 สกุล คือ *Crassostrea gigas* จากญี่ปุ่น และ *Saccostrea commercialis* จากออสเตรเลีย พบว่า *C. gigas* มีค่าพอลิมอร์ฟิซึมอยู่ในช่วง 0.58-0.63 และค่าเฮเทอโรไซโกซิตีอยู่ในช่วง 0.20-0.22 ส่วน *S. commercialis* มีค่าพอลิมอร์ฟิซึมอยู่ในช่วง 0.43-0.46 และค่าเฮเทอโรไซโกซิตี

อยู่ในช่วง 0.17-0.19 นอกจากนี้ยังพบว่า *C. angulata* จากโปรตุเกส มีค่าพอลิเมอร์ฟิซึมเท่ากับ 0.600 และค่าเฮเทอโรไซโกซิติเท่ากับ 0.234 ทำให้เสนอแนะว่า *C. angulata* จากโปรตุเกส และ *C. gigas* จากญี่ปุ่นน่าจะเป็นชนิดเดียวกัน (Buroker, Hershberger and Chew, 1979) ในประเทศไทยได้มีการจำแนกหอยทวายในสกุล *Corbicular* จากแม่น้ำลำคลอง 40 แห่ง โดยสามารถจำแนกหอยทวายได้ 23 ชนิดตามลักษณะเปลือก และเมื่อศึกษาเอนไซม์ 13 ชนิด พบว่ามีค่าเฮเทอโรไซโกซิติเฉลี่ยเท่ากับ 0.011 และข้อมูลที่ได้จากทางพันธุกรรมสอดคล้องกับรูปร่างภายใน คือ หอยทวายทั้ง 23 ชนิดมีลักษณะเหมือนกันและได้เสนอว่าหอยทวายสกุล *Corbicular* ที่พบและศึกษาในประเทศไทยทั้ง 40 แห่งนี้ควรจัดเป็นชนิดเดียวกัน (Kijviriyas, 1990)

การศึกษาความแปรผันทางพันธุกรรมของกุ้ง 2 สกุล คือ *Metapenaeus* จำนวน 6 ชนิด และ *Penaeus* จำนวน 7 ชนิด พบว่ามีค่าเฮเทอโรไซโกซิติเฉลี่ยของกุ้งทั้ง 2 สกุลอยู่ในช่วง 0.006-0.033 ค่าความคล้ายทางพันธุกรรมของประชากรกุ้งระหว่าง *Metapenaeus* spp. และ *Penaeus* spp. มีค่าเท่ากับ 0.39 ± 0.08 ค่าความคล้ายทางพันธุกรรมภายในประชากรกุ้ง *Metapenaeus* spp. และ *Penaeus* spp. มีค่าเท่ากับ 0.69 ± 0.08 และ 0.65 ± 0.08 ตามลำดับ (Mulley and Latter, 1980)

การศึกษาความแปรผันทางพันธุกรรมของแมงดาทะเล *Limulus polyphemus* โดยเก็บตัวอย่างจำนวน 64 ตัวอย่างจากสถานที่ 4 แห่ง ที่บริเวณชายฝั่งทะเลมหาสมุทรแอตแลนติกของอเมริกาเหนือจากรัฐเมนไปจนถึงประเทศเม็กซิโก และจากการศึกษาเอนไซม์ 16 ชนิด 25 โลไซ พบว่ามีค่าเฮเทอโรไซโกซิติเท่ากับ 0.057 จากการศึกษเปรียบเทียบประชากรแมงดาทะเลจากอ่าวเม็กซิโก และจากชายฝั่งทะเลมหาสมุทรแอตแลนติก พบว่าประชากรแมงดาทะเลจากอ่าวเม็กซิโกมีค่าพอลิเมอร์ฟิซึมมากกว่าประชากรแมงดาทะเลจากชายฝั่งทะเลมหาสมุทรแอตแลนติก (Selander and others, 1969)

การศึกษาความแปรผันทางพันธุกรรมของปูนาชนิด *Somanniathelphusa dugasti* ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนบนของประเทศไทย 4 จังหวัด คือ สกลนคร ขอนแก่น ชัยภูมิ และอุดรธานี (สุธี อันเจ็ก, 2534) และภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนล่างของประเทศไทย 4 จังหวัด คือ บุรีรัมย์ สุรินทร์ ศรีสะเกษ และอุบลราชธานี (มานะ ขาวเมฆ, 2536) โดยวิธีอิเล็กโทรโฟรีซิส พบว่าค่าพอลิเมอร์ฟิซึมเฉลี่ย ค่าเฮเทอโรไซโกซิติเฉลี่ย และค่าความแตกต่างทางพันธุกรรมของ *S. dugasti* ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนบนมีค่าเท่ากับ 0.404, 0.223 และ 0.1344 และของ *S. dugasti* ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนล่างมีค่าเท่ากับ 0.280, 0.146 และ 0.0067 ตามลำดับ นอกจากนี้ยัง

พบว่า *S. dugasti* ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนบน จากจังหวัดชัยภูมิ กับสกลนคร มีค่าความคล้ายทางพันธุกรรมมากที่สุดเท่ากับ 0.994 ส่วน *S. dugasti* ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนล่างจากจังหวัดบุรีรัมย์ กับอุบลราชธานี มีค่าความคล้ายทางพันธุกรรมมากที่สุดเท่ากับ 0.9976

ภาคกลางของประเทศไทยได้มีการศึกษาความแปรผันทางพันธุกรรมของปูนา *Somanniathelphusa bangkokensis* จากจังหวัดนครปฐม และปทุมธานี กับ *Somanniathelphusa germaini* จากจังหวัดนครสวรรค์ และนครนายก พบว่า ค่าพอลิมอร์ฟิซึมเฉลี่ย ค่าเฮเทอโรไซโกซิตีเฉลี่ย ค่าความแตกต่างทางพันธุกรรม ค่าความคล้ายทางพันธุกรรม และค่าระยะห่างทางพันธุกรรมของ *S. bangkokensis* จากจังหวัดนครปฐม และปทุมธานี มีค่าเท่ากับ 0.315, 0.181, 0.0016, 0.9976 และ 0.0023 ตามลำดับ และ *S. germaini* จากจังหวัดนครสวรรค์ และนครนายก มีค่าเท่ากับ 0.289, 0.151, 0.0141, 0.9892 และ 0.0107 ตามลำดับ แสดงว่าปูนา *S. bangkokensis* มีความแปรผันทางพันธุกรรมสูงกว่า *S. germaini* ซึ่งสอดคล้องกับหลักฐานการกระจายของปูนาตามสภาพภูมิศาสตร์ในภาคกลางที่มี *S. bangkokensis* กระจายอยู่มาก

จากรายงานการวิจัยพบว่าสิ่งแวดล้อมมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงลักษณะภายนอกของสิ่งมีชีวิต การศึกษาระบบจีน-เอนไซม์แสดงถึงองค์ประกอบทางพันธุกรรมของสิ่งมีชีวิต นอกจากจะช่วยให้ทราบถึงความแปรผันทางพันธุกรรมแล้ว ยังใช้เป็นข้อมูลสนับสนุนการจำแนกชนิดของสิ่งมีชีวิตตามหลักอนุกรมวิธาน

ปูนา *Sayamia bangkokensis* (Naiyanetr, 1982)

ชื่อภาษาไทย ปูนา, ปูนาม่วง

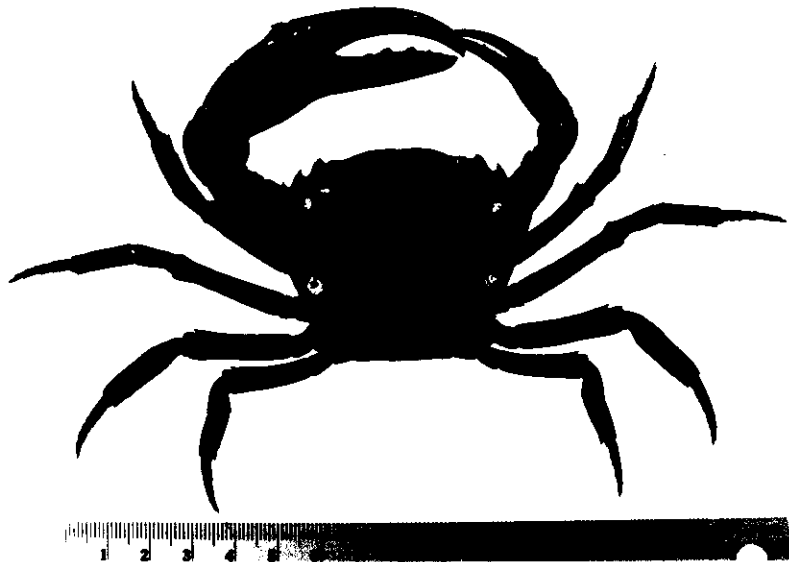
ชื่อภาษาอังกฤษ Rice-Field Crab

ลักษณะเด่น

กระดองมีลักษณะโค้งนูนและเรียบ มีสีม่วงคล้ำ ส่วน antero-lateral border มีหนามแหลมลักษณะคล้ายฟันเลื่อยข้างละ 4 อัน จะมีรอยต่อเนื่องจากส่วน post-orbital crest ยาวไปจนถึงฐานของ epibranchial teeth ช่องท้องของตัวผู้มีลักษณะเป็นรูปตัว T ส่วนฐานของอวัยวะเพศผู้คู่นั้นหนึ่งไม่ขยายออก บริเวณส่วนปลายจะแหลมตรง

ลักษณะทั่วไป

กระดองนูนและค่อนข้างเรียบ ขอบหน้าเกือบตรงหน้าผากกว้าง ส่วนหน้าเป็นรูปสามเหลี่ยม ส่วนของ antero-lateral border มีหนามแหลมลักษณะคล้ายฟันเลื่อยข้างละ 4 อัน มีรอยต่อเนื่องของ post-orbital crest โค้งขนานไปกับ antero-lateral border จนถึงฐานของ epibranchial teeth ส่วนท้องของเพศผู้มีลักษณะเป็นรูปตัว T ปล้องที่ 6 ด้านหน้ามีความกว้างน้อยกว่าด้านหลัง ปล้องที่ 6 และปล้องที่ 7 มีความยาวใกล้เคียงกัน



ภาพประกอบ 1 ด้านบนของปูนา *S. bangkokensis*



ภาพประกอบ 2 ด้านล่างของปูนา *S. bangkokensis*

โกโนพอดที่ถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด ตามร่องจะมีขน 2 แบบ คือ ขนที่แตกแขนงกับขนที่ไม่แตกแขนง ตามผิวของโกโนพอดทั่ว ๆ ไป จะมีขนเพียงเล็กน้อย ขนจะสั้น มีลักษณะเป็นปล้อง ส่วนปลายของโกโนพอดจะแหลมตรงเมื่อขยายมากขึ้นจะมีรูตรงกลาง 1 รู มีร่องแบ่งที่ส่วนปลายออกเป็น 2 ส่วน ส่วนหนึ่งจะแหลม อีกส่วนหนึ่งมีลักษณะคล้ายริมฝีปาก บริเวณใกล้ส่วนปลายจะมี setae จำนวนมาก ร่องจากฐานมายังปลายจะบิดตามความยาวของโกโนพอด ดังภาพประกอบ 3 (ถวิล ประมวล. 2533)



ภาพประกอบ 3 โกโนพอดของปูนา *S. bangkokensis*

ความมุ่งหมายของการศึกษาค้นคว้า

1. เพื่อศึกษาแถบแอคติวิตีสเตน (activity stain) ของเอนไซม์จากส่วน hepatopancreas ของปูนา *Sayamia bangkokensis* ในจังหวัดพระนครศรีอยุธยา ลพบุรี สุพรรณบุรี และอ่างทอง โดยวิธีอิเล็กโตรโฟรีซิส
2. เพื่อศึกษาความแปรผันทางพันธุกรรมของปูนา *Sayamia bangkokensis* ใน จังหวัดพระนครศรีอยุธยา ลพบุรี สุพรรณบุรี และอ่างทอง โดยศึกษาจากค่าพอลิมอร์ฟิซึม (polymorphism) ค่าเฮเทอโรไซโกซิตี (heterozygosity) ค่าความแตกต่างทางพันธุกรรม ระหว่างประชากร (genetic differentiation; G_{ST}) ค่าความคล้ายทางพันธุกรรม (genetic similarity; I) และค่าระยะห่างทางพันธุกรรม (genetic distance; D) และเปรียบเทียบ

ความแปรผันทางพันธุกรรมของปูนาที่ได้จากการทดลอง กับการจัดจำแนกชนิดของปูนาโดยลักษณะทางกายวิภาคซึ่งมีผู้ศึกษามาแล้ว

ขอบเขตของการศึกษาค้นคว้า

1. ตัวอย่างปูนาที่ใช้ศึกษาเก็บจาก อ.พระนครศรีอยุธยา จ.พระนครศรีอยุธยา
อ.เมือง จ.ลพบุรี อ.เมือง จ.สุพรรณบุรี และ อ.เมือง จ.อ่างทอง แห่งละ 20 ตัวอย่าง
2. การศึกษาครั้งนี้ใช้ hepatopancreas จากปูนา *S. bangkokensis* ที่มีความกว้างของขอบกระดูก 3-5 เซนติเมตร

3. ใช้อิเล็กโทรโพร็พริสศึกษาเอนไซม์ดังต่อไปนี้

Acid phosphatase (ACP; EC 3.1.3.2)

Aldehyde oxidase (ALDOX; EC 1.2.3.1)

Alkaline phosphatase (AKP; EC 3.1.3.1)

Esterase (EST; EC 3.1.1.1)

Glucose-6-phosphate dehydrogenase (G-6-PD; EC 1.1.1.49)

β - Hydroxybutyrate dehydrogenase (HBDH; EC 1.1.1.30)

Malate dehydrogenase (MDH; EC 1.1.1.39)

Malic enzyme (ME; EC 1.1.1.40)

Octanol dehydrogenase (ODH; EC 1.1.1.73)

Phosphoglucomutase (PGM; EC 2.7.5.1)

Superoxide dismutase (SOD; EC 1.15.1.1)

และ Xanthine dehydrogenase (XDH; EC 1.2.1.37)

โดยใช้สตาร์ชเจล (starch gel) เป็นตัวกลางในการเคลื่อนที่

4. คำนวณค่าพอลิมอร์ฟิซึม ค่าเซเทอโรไซโกซิตี เพื่อนำมาเปรียบเทียบหาค่าความคล้ายทางพันธุกรรม ค่าระยะห่างทางพันธุกรรม และค่าความแตกต่างทางพันธุกรรม โดยใช้แถบแอดคิวิตีสเดนในข้อ 3 เป็นข้อมูลในการคำนวณ

ความสำคัญของการศึกษาค้นคว้า

1. ทำให้ทราบระดับความแปรผันทางพันธุกรรมของปูนา *S. bangkokensis* ใน จังหวัดพระนครศรีอยุธยา ลพบุรี สุพรรณบุรี และอ่างทอง ซึ่งนำไปเป็นข้อมูลในการเปรียบเทียบการจัดจำแนกชนิดของปูนาตามลักษณะทางกายวิภาคได้

2. เป็นข้อมูลพื้นฐานสำหรับการศึกษาด้านชีววิทยาโดยเฉพาะอนุกรมวิธาน รวมทั้ง การศึกษาวิวัฒนาการ และการแพร่กระจายของปูนาในประเทศไทย

3. เป็นข้อมูลพื้นฐานใช้ศึกษาแนวทางของการอนุรักษ์ความหลากหลายทางชีวภาพของปูนาและสิ่งมีชีวิตอื่น โดยเฉพาะสัตว์ที่มีความสำคัญทางด้านเศรษฐกิจที่อยู่ในหมวดหมู่เดียวกัน

นิยามศัพท์เฉพาะ

1. ปูนา หมายถึง ปูนํ้าจืดที่อาศัยอยู่ในบริเวณนาข้าวหรือแหล่งนํ้าจืดใกล้เคียง
2. hepatopancreas หมายถึง ส่วนที่มีสีเหลืองคล้ำซึ่งอยู่ในกระดองบริเวณทรวงอกปู หรือเรียกกันทั่วไปว่า มันทปู
3. โกโนพอด หมายถึง อวัยวะสืบพันธุ์เพศผู้ของปูนาอยู่ได้ส่วนท้องซึ่งติดกับหน้าอก โกโนพอดเป็นอวัยวะหลักอย่างหนึ่งที่ใช้ในการแยกชนิดของปูนา
4. อิเล็กโทรไฟรีซิส เป็นหลักการแยกโปรตีนในสนามไฟฟ้า โปรตีนที่มีประจุสุทธิเป็นบวกจะเคลื่อนที่ไปทางขั้วลบ ส่วนโปรตีนที่มีประจุสุทธิเป็นลบจะเคลื่อนที่ไปทางขั้วบวก อัตราความเร็วของการเคลื่อนที่ขึ้นอยู่กับปริมาณประจุสุทธิ ขนาด และรูปร่างของโปรตีน โดยมีตัวกลางรองรับที่มีคุณสมบัติเฉื่อย เช่น สตารัซเจล โพลีอะครีลาไมด์เจล เป็นต้น
5. โลคัส (locus) หมายถึง ตำแหน่งของยีนบนโครโมโซมที่ทำหน้าที่ควบคุมลักษณะทางพันธุกรรม
6. เฮเทอโรไซกัส (heterozygous) หมายถึง คู่ยีนที่ประกอบด้วยอัลลีลที่แตกต่างกัน
7. เฮเทอโรไซโกตีตี หมายถึง อัตราส่วนของตัวอย่างที่เป็นเฮเทอโรไซโกตต่อจำนวนกลุ่มตัวอย่างที่ศึกษา
8. พอลิมอร์ฟิซึม เป็นค่าที่บ่งบอกได้ว่ายีนที่โลคัสหนึ่งมีรูปแบบของจีโนไทป์มากกว่า 2 รูปแบบ
9. ค่าระยะห่างทางพันธุกรรม หมายถึง ค่าเฉลี่ยของอัลลีลที่แตกต่างกันระหว่างประชากร X และ Y
10. ค่าความคล้ายทางพันธุกรรม หมายถึง ค่าเฉลี่ยของจำนวนอัลลีลที่เหมือนกันระหว่างประชากร X และ Y
11. ค่าความแตกต่างทางพันธุกรรม หมายถึง สัดส่วนความแตกต่างระหว่างกลุ่มประชากร

บทที่ 2

วิธีการวิจัย

อุปกรณ์และสารเคมีที่ใช้ในการทดลอง

1. การเก็บตัวอย่างปู

อุปกรณ์

1. ข้อง
2. ถังพลาสติก

2. การเตรียมตัวอย่าง

อุปกรณ์

1. หลอดของเครื่องเหวี่ยงแยกสาร (centrifuge tube)
2. กระตักน้ำแข็ง
3. เครื่องบดทำให้เนื้อเยื่อเซลล์แตก (homogenizer)
4. คีมคีบ
5. หลอดหยด
6. เครื่องชั่ง
7. ปิเปต
8. เครื่องเหวี่ยงแยกสารชนิดอุณหภูมิต่ำ (refrigerated centrifuge)
9. หลอดเก็บตัวอย่าง (microcentrifuge tube)

สารเคมี

ทริส-ไฮโดรคลอริก (Tris-HCl) 0.1 โมล/ลิตร pH 7.0

3. การศึกษาเอนไซม์โดยวิธีอิเล็กโทรโฟรีซิส

อุปกรณ์

1. ตู้เย็น
2. ปัมสุญญากาศ
3. ไมโครปิเปต
4. ขวดกรอง (suction flask)
5. เครื่องจ่ายไฟกระแสตรง (power supply)
6. เครื่องให้ความร้อนพร้อมกวนสาร (hot plate stirrer)
7. ชุดเครื่องมืออิเล็กโทรโฟรีซิส (electrophoretic apparatus)

8. กล้องสำหรับใส่น้ำยಾಯ้อมสีเอนไซม์
9. ตู้ควบคุมอุณหภูมิ
10. กระดาษกรองเบอร์ 1 และเบอร์ 3
11. อุปกรณ์ถ่ายรูปรูปเจล

สารเคมี

1. ทริส-ซิเตรตบัฟเฟอร์ (Tris-Citrate buffer) pH 7.0 และ pH 8.0
2. ลิเทียมไฮดรอกไซด์-บอริกบัฟเฟอร์ (Lithiumhydroxide-Boric buffer) pH 8.0
3. สตาร์ชเจล (potato starch gel : sigma)
4. กรดอะซิติก
5. เมทานอล
6. น้ำกลั่น 2 ครั้ง
7. สารละลายบรอมฟินอลบลู
8. น้ำยಾಯ้อมสีเอนไซม์

วิธีดำเนินการทดลอง

1. การเก็บตัวอย่างปู

ตัวอย่างปูที่ใช้ศึกษาเป็นปูนา *S. bangkokensis* จาก 4 จังหวัด

คือ อ. พระนครศรีอยุธยา จ.พระนครศรีอยุธยา และ อ.เมือง จ.สุพรรณบุรี เก็บตัวอย่างในช่วงเดือนมิถุนายน-สิงหาคม 2537 ส่วนตัวอย่างปู อ.เมือง จ.ลพบุรี และ อ.เมือง จ.อ่างทอง เก็บในช่วงเดือนมิถุนายน-กรกฎาคม 2538 โดยใช้ตัวอย่างปูจังหวัดละ 20 ตัวอย่าง

2. การเตรียมตัวอย่าง

2.1 นำปูตัวอย่างขนาดกระดองกว้างประมาณ 3-5 เซนติเมตร แช่ในน้ำแข็งผสมน้ำนานประมาณ 5 นาที

2.2 แกะกระดองปูออก นำ hepatopancreas มาตัวละ 1 กรัม ใส่ในหลอดของเครื่องเหวี่ยงแยกสารหลอดละหนึ่งตัวอย่าง เติมสารละลายทริส-ไฮโดรคลอริก 0.1 โมล/ลิตร pH 7.0 ลงไปหลอดละ 0.5 มิลลิลิตร บด hepatopancreas ให้ละเอียด

2.3 นำของผสมไปปั่นด้วยความเร็ว 10,000 g ที่อุณหภูมิ 4° เซลเซียสเป็นเวลา 15 นาที

2.4 ดูดสารละลายใส (supernatant) ใส่ในหลอดขนาดเล็ก และเก็บที่อุณหภูมิ -20° เซลเซียส จนกว่าจะใช้

3. การศึกษาแถบแอกติวิตีสเดนของเอนไซม์

3.1 การเตรียมเจลและการทำอิเล็กโทรโฟรีซิส

3.1.1 เตรียมถาดใส่เจลขนาด 15 X 17 เซนติเมตร สูง 0.8 เซนติเมตร

3.1.2 เตรียมสารละลายสตาร์ชเจล 12 % (w/v) โดยให้ความร้อนพร้อมกวนบน hot plate stirrer ที่อุณหภูมิ 80° เซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที เจลจะเปลี่ยนจากขุ่นเป็นใสจากนั้นนำมาดูดอากาศออก (degas) ด้วยปั๊มสุญญากาศ เป็นเวลา 30 วินาที ที่ความดัน 600 มิลลิเมตรปรอท

3.1.3 เทสตาร์ชเจลลงในถาดที่เตรียมไว้ ปล่อยให้เย็นที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 4 ชั่วโมง แล้วนำไปไว้ที่อุณหภูมิ 4° เซลเซียส ในตู้เย็นเป็นเวลา 30 นาที เพื่อปรับอุณหภูมิของสตาร์ชเจลให้ใกล้เคียงกับอุณหภูมิของตัวอย่าง

3.1.4 เอาสารตัวอย่างที่แช่ไว้ที่อุณหภูมิ -20° เซลเซียสออกจากตู้เย็นทิ้งไว้ที่ อุณหภูมิ 4° เซลเซียส ให้ละลาย

3.1.5 นำสตาร์ชเจลออกจากตู้เย็นทำเครื่องหมายในสตาร์ชเจลให้เป็นช่องโดยห่างจากขอบด้านหนึ่งประมาณ 3 เซนติเมตร

3.1.6 นำกระดาษกรองมาตัดเป็นชิ้นขนาด 0.7 X 1.5 เซนติเมตร ชุบสารตัวอย่างที่นำออกจากช่องแช่แข็งของตู้เย็นแล้วเสียบลงในช่องสตาร์ชเจล โดยมีบรอมฟินอลบลูเป็นตัวบอกระยะการเคลื่อนที่

3.1.7 นำถาดสตาร์ชเจล ไปวางบนถาดที่มีสารละลายบัฟเฟอร์สำหรับขั้วไฟฟ้า 2 ข้าง โดยมีสารละลายบัฟเฟอร์ข้างละ 80 มิลลิลิตร ใช้ผ้าขาวชุบสารละลายบัฟเฟอร์วางพาดบนสตาร์ชเจล กับสารละลายบัฟเฟอร์เพื่อเป็นสะพานอออน โดยมีทิศทางการเคลื่อนที่จากขั้วลบไปขั้วบวก

3.1.8 ต่อขั้วไฟฟ้าจากกล่องสารละลายบัฟเฟอร์เข้ากับเครื่องจ่ายกระแสไฟฟ้ากระแสตรง แล้วจ่ายกระแสไฟฟ้า จนสีของบรอมฟินอลบลูเคลื่อนที่จากจุดเริ่มต้นไปได้ระยะทางอย่างน้อย 10 เซนติเมตร

3.1.9 ปิดกระแสไฟฟ้านำเจลมาตัดเป็น 3 แผ่น แล้วนำแต่ละแผ่นไปย้อมสีซึ่งแสดงแอกติวิตีของเอนไซม์ที่ต้องการศึกษา

ตาราง 1 ชนิดของบัฟเฟอร์ที่เหมาะสม ความต่างศักย์ไฟฟ้า และเวลาที่ใช้ในการแยกเอนไซม์

ระบบบัฟเฟอร์	เอนไซม์ที่ใช้บัฟเฟอร์แยก	ความต่างศักย์ไฟฟ้า	ระยะเวลาในการจ่ายกระแสไฟ
CA-7	G-6-PD	ความต่างศักย์คงที่ 100 โวลต์	6 ชั่วโมง
T.C.8.0	ACP AKP EST MDH XDH CAT HBDH	ความต่างศักย์คงที่ 80 โวลต์	7 ชั่วโมง
	ODH PGM	ความต่างศักย์คงที่ 80 โวลต์	10 ชั่วโมง
LiOH-Boric	ALDOX ME SOD	ความต่างศักย์คงที่ 150 โวลต์	10 ชั่วโมง

หมายเหตุ วิธีการเตรียมบัฟเฟอร์อยู่ในภาคผนวก ข

3.2 การทำแอกติวิตีสเตนของเอนไซม์ (Enzyme activity stain)

3.2.1 นำแผ่นเจลไปย้อมสีเอนไซม์แต่ละชนิด (ภาคผนวก ข)

เอนไซม์ที่จะย้อมสีมีทั้งหมด 13 ชนิด คือ Acid phosphatase, Aldehyde oxidase, Alkaline phosphatase, Catalase, Esterase, Glucose-6-phosphate dehydrogenase, β -Hydroxybutyrate dehydrogenase, Malate dehydrogenase, Malic enzyme, Octanol dehydrogenase, Phosphoglucumutase, Superoxide dismutase และ Xanthine dehydrogenase

3.2.2 นำแผ่นเจลที่ย้อมสีเอนไซม์แล้ว บันทึกและถ่ายรูปแถบ แอคติวิตีสเดนของเอนไซม์ แล้วเก็บเจลไว้ในตู้เย็นที่อุณหภูมิ 4°C เซลเซียส สำหรับใช้เป็น ข้อมูลเปรียบเทียบภายหลังในกรณีที่จำเป็น จากนั้นนำมาคำนวณหาค่าทางพันธุกรรม

3.3 การคำนวณค่าทางพันธุกรรม

3.3.1. คำนวณค่าความถี่ของอัลลีล (allele frequency) จากสูตร

$$\text{ความถี่ของอัลลีล} = \frac{\text{จำนวนอัลลีลที่พบในแต่ละกลุ่มตัวอย่าง}}{\text{จำนวนอัลลีลทั้งหมดที่พบในกลุ่มตัวอย่าง}}$$

3.3.2. คำนวณค่าพอลิมอร์ฟิซึม จากสูตร

$$\text{ค่าพอลิมอร์ฟิซึม} = \frac{\text{จำนวนพอลิมอร์ฟิกโลคัส}}{\text{จำนวนโลคัสทั้งหมด}}$$

(พอลิมอร์ฟิกโลคัส หมายถึง โลคัสที่ไม่มีอัลลีลใดมีความถี่เกิน 0.98)

3.3.3. คำนวณค่าเฮเทอโรไซโกซิตีที่ได้จากการสังเกต (observed heterozygosity) จากสูตร

$$\text{ค่าเฮเทอโรไซโกซิตีจากการสังเกต} = \frac{\text{จำนวนตัวอย่างที่เป็นเฮเทอโรไซโกต}}{\text{จำนวนกลุ่มตัวอย่างที่ศึกษา}}$$

3.3.4. คำนวณค่าเฮเทอโรไซโกซิตีที่ได้จากความคาดหวัง (expected heterozygosity) จากหลักของฮาร์ดี-ไวน์เบิร์ก (Hardy-Weinberg Principle)

$$\text{ค่าเฮเทอโรไซโกซิตีจากความคาดหวัง} = 1 - (A_1^2 + A_2^2)$$

$$\text{โดย } A_1 = \text{ความถี่ของอัลลีล } A_1$$

$$A_2 = \text{ความถี่ของอัลลีล } A_2$$

3.3.5. ค่าความแตกต่างทางพันธุกรรม (G_{ST} : genetic differentiation) (Nei, 1975)

$$G_{ST} = \frac{H_T - \bar{H_S}}{H_T}$$

H_T = อัตราส่วนของเฮเทอโรไซโกซิตีในประชากรรวมทุกกลุ่ม

H_S = อัตราส่วนของเฮเทอโรไซโกซิตีในประชากรย่อยแต่ละกลุ่ม

$\bar{H_S}$ = ค่าเฉลี่ยของ H_S ของทุกกลุ่ม

3.3.6. ค่าความคล้ายทางพันธุกรรมของประชากร X และ Y (genetic similarity : I) (Nei, 1975)

$$I = j_{XY} / \sqrt{j_X j_Y}$$

โดย

$$j_X = \sum X_i^2$$

$$j_Y = \sum Y_i^2$$

$$j_{XY} = \sum X_i Y_i$$

j_X = ค่าเฉลี่ยของ j_X ทุกโลคัส

j_Y = ค่าเฉลี่ยของ j_Y ทุกโลคัส

j_{XY} = ค่าเฉลี่ยของ j_{XY} ทุกโลคัส

X_i = ความถี่ของอัลลีลที่โลคัส i ในประชากร X

Y_i = ความถี่ของอัลลีลที่โลคัส i ในประชากร Y

3.3.7. ค่าระยะห่างทางพันธุกรรม (genetic distance : D)

$$D = -\log_e I$$

บทที่ 3

ผลการวิจัย

จากการศึกษาแถบแอกติวิตีสแตนของเอนไซม์ 13 ชนิด จาก hepatopancreas ของปูนา *S. bangkokensis* โดยเก็บตัวอย่างปูนาจากเขต อ.พระนครศรีอยุธยา จ.พระนครศรีอยุธยา อ.เมือง จ.ลพบุรี จ.สุพรรณบุรี และ จ.อ่างทอง แห่งละ 20 ตัว พบว่าเอนไซม์ที่ศึกษาประกอบด้วยเงินจำนวน 21 โลไซ ได้ผลดังนี้

1. ลักษณะแถบแอกติวิตีสแตนของเอนไซม์ (รูปภาคผนวก ก)

1.1 เอนไซม์แอซิดฟอสฟาเตส (ACP)

แถบแอกติวิตีสแตนของเอนไซม์แอซิดฟอสฟาเตสมี 3 โลไซ คือ ตำแหน่ง ACP₁, ACP₂ และ ACP₃ โดย ACP₁ มีแถบแอกติวิตีสแตนเป็นเฮเทอโรไซโกตโมโนเมอร์ริก (heterozygote monomeric) (มีแถบแอกติวิตีสแตนสองแถบ) ส่วน ACP₂ และ ACP₃ มีแถบแอกติวิตีสแตนเป็นโฮโมไซโกต (homozygote) (มีแถบแอกติวิตีสแตนเพียงแถบเดียว)

1.2 เอนไซม์อัลคาไลน์ฟอสฟาเตส (AKP)

แถบแอกติวิตีสแตนของเอนไซม์อัลคาไลน์ฟอสฟาเตสมี 1 โลคัส โดยมีแถบแอกติวิตีสแตนเป็นเฮเทอโรไซโกตโมโนเมอร์ริก

1.3 เอนไซม์อัลดีไฮด์ออกซิเดส (ALDOX)

แถบแอกติวิตีสแตนของเอนไซม์อัลดีไฮด์ออกซิเดสมี 2 โลไซ คือ ALDOX₁ และ ALDOX₂ โดย ALDOX₁ มีแถบแอกติวิตีสแตนเป็นเฮเทอโรไซโกตโมโนเมอร์ริก ส่วน ALDOX₂ มีแถบแอกติวิตีสแตนเป็นโฮโมไซโกต

1.4 เอนไซม์คะตะเลส (CAT)

แถบแอกติวิตีสแตนของเอนไซม์คะตะเลสมี 1 โลคัส โดยมีแถบแอกติวิตีสแตนเป็นโฮโมไซโกต

1.5 เอนไซม์เอสเทอร์เลส (EST)

แถบแอกติวิตีสแตนของเอนไซม์เอสเทอร์เลสมี 3 โลไซ คือ EST₁, EST₂ และ EST₃ โดย EST₁ และ EST₃ มีแถบแอกติวิตีสแตนเป็นเฮเทอโรไซโกตโมโนเมอร์ริก ส่วน EST₂ มีแถบแอกติวิตีสแตนเป็นโฮโมไซโกต

1.6 เอนไซม์กลูโคส-6-ฟอสเฟตดีไฮโดรจีเนส (G-6-PD)

แถบแอกติวิตีสเดนของเอนไซม์กลูโคส-6-ฟอสเฟตดีไฮโดรจีเนสมี 1 โลคัส โดยมีแถบแอกติวิตีสเดนเป็นเฮเทอโรไซโกตโมโนเมอร์

1.7 เอนไซม์ไฮดรอกซีบิวไทเรตดีไฮโดรจีเนส (HBDH)

แถบแอกติวิตีสเดนของเอนไซม์ไฮดรอกซีบิวไทเรตดีไฮโดรจีเนสมี 1 โลคัส โดยมีแถบแอกติวิตีสเดนเป็นโฮโมไซโกต

1.8 เอนไซม์มาเลทดีไฮโดรจีเนส (MDH)

แถบแอกติวิตีสเดนของเอนไซม์มาเลทดีไฮโดรจีเนสมี 2 โลไซ คือ MDH₁ และ MDH₂ โดยมีแถบแอกติวิตีสเดนเป็นโฮโมไซโกตทั้งสองโลไซ

1.9 เอนไซม์มาลิกเอนไซม์ (ME)

แถบแอกติวิตีสเดนของเอนไซม์มาลิกเอนไซม์มี 1 โลคัส โดยมีแถบแอกติวิตีสเดนเป็นโฮโมไซโกต

1.10 เอนไซม์ออกทานอลดีไฮโดรจีเนส (ODH)

แถบแอกติวิตีสเดนของเอนไซม์ออกทานอลดีไฮโดรจีเนสมี 2 โลไซ คือ ODH₁ และ ODH₂ ซึ่ง ODH₁ มีแถบแอกติวิตีสเดนเป็นเฮเทอโรไซโกตโมโนเมอร์ ส่วน ODH₂ มีแถบแอกติวิตีสเดนเพียงแถบเดียวเป็นโฮโมไซโกต

1.11 เอนไซม์ฟอสโฟกลูโคมิวเตส (PGM)

แถบแอกติวิตีสเดนของเอนไซม์ฟอสโฟกลูโคมิวเตสมี 1 โลคัส โดยมีแถบแอกติวิตีสเดนเป็นโฮโมไซโกต

1.12 เอนไซม์ซูเปอร์ออกไซด์ดิสมิวเตส (SOD)

แถบแอกติวิตีสเดนของเอนไซม์ซูเปอร์ออกไซด์ดิสมิวเตสมี 2 โลไซ คือ SOD₁ และ SOD₂ ซึ่ง SOD₁ มีแถบแอกติวิตีสเดนเป็นเฮเทอโรไซโกตโมโนเมอร์ ส่วน SOD₂ มีแถบแอกติวิตีสเดนแถบเดียวเป็นโฮโมไซโกต

1.13 เอนไซม์แซนทีนดีไฮโดรจีเนส (XDH)

แถบแอกติวิตีสเดนของเอนไซม์แซนทีนดีไฮโดรจีเนสมี 1 โลคัส โดยมีแถบแอกติวิตีสเดนเป็นโฮโมไซโกต

2. จากแถบแอคติวิตีสเตนของเอนไซม์ที่ได้ นำมาหาค่าต่าง ๆ ดังนี้

2.1 ความถี่ของอัลลีล

ตาราง 2 ความถี่ของอัลลีล

จังหวัด ตำแหน่ง	พระนครศรีอยุธยา	ลพบุรี	สุพรรณบุรี	อ่างทอง
ACP ₁				
(N)	20	20	20	20
A ₁	0.400	0.400	0.350	0.400
A ₂	0.600	0.600	0.650	0.600
ACP ₂				
(N)	20	19	20	20
A ₁	1.000	1.000	1.000	1.000
ACP ₃				
(N)	20	20	20	20
A ₁	1.000	1.000	1.000	1.000
AKP				
(N)	20	20	20	20
A ₁	0.350	0.575	0.400	0.425
A ₂	0.650	0.425	0.600	0.575
ALDOX ₁				
(N)	19	18	19	18
A ₁	0.474	0.722	0.605	0.500
A ₂	0.526	0.278	0.395	0.500

ตาราง 2 (ต่อ)

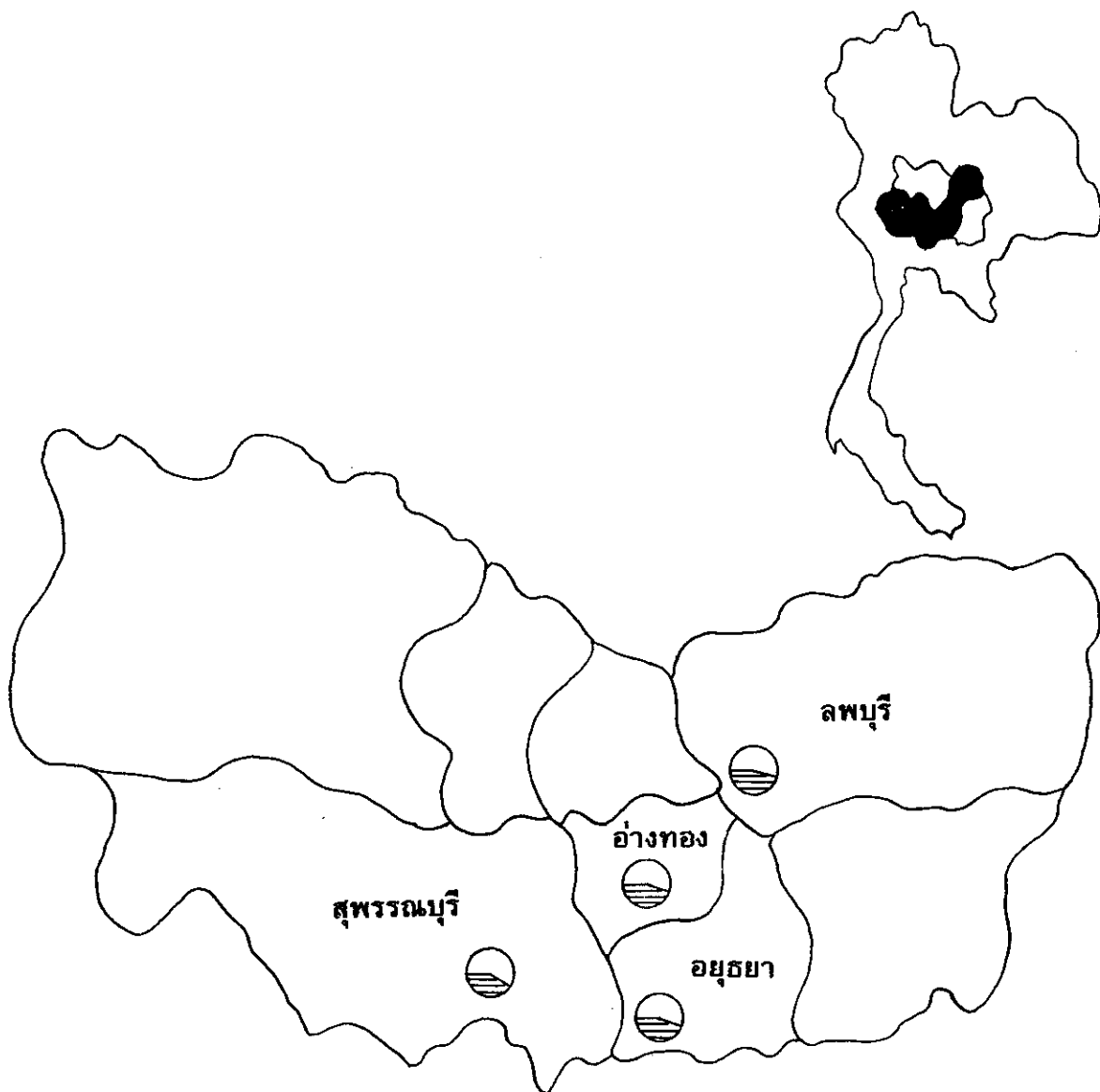
จังหวัด ตำแหน่ง	พระนครศรีอยุธยา	ลพบุรี	สุพรรณบุรี	อ่างทอง
ALDOX ₂				
(N)	20	20	20	20
A ₁	1.000	1.000	1.000	1.000
CAT				
(N)	19	20	20	20
A ₁	1.000	1.000	1.000	1.000
EST ₁				
(N)	19	20	19	20
A ₁	0.474	0.425	0.289	0.400
A ₂	0.526	0.575	0.711	0.600
EST ₂				
(N)	20	20	19	20
A ₁	1.000	1.000	1.000	1.000
EST ₃				
(N)	20	20	19	20
A ₁	0.600	0.500	0.500	0.450
A ₂	0.400	0.500	0.500	0.550
G-6-PD				
(N)	20	20	20	20
A ₁	0.600	0.575	0.550	0.550
A ₂	0.400	0.425	0.450	0.450

ตาราง 2 (ต่อ)

จังหวัด ตำแหน่ง	พระนครศรีอยุธยา	ลพบุรี	สุพรรณบุรี	อ่างทอง
HBDH				
(N)	19	18	20	20
A ₁	1.000	1.000	1.000	1.000
MDH ₁				
(N)	20	20	20	20
A ₁	1.000	1.000	1.000	1.000
MDH ₂				
(N)	20	20	20	20
A ₁	1.000	1.000	1.000	1.000
ME				
(N)	19	19	19	20
A ₁	1.000	1.000	1.000	1.000
ODH ₁				
(N)	20	20	20	20
A ₁	0.275	0.250	0.175	0.175
A ₂	0.725	0.750	0.825	0.825
ODH ₂				
(N)	20	20	20	20
A ₁	1.000	1.000	1.000	1.000

ตาราง 2 (ต่อ)

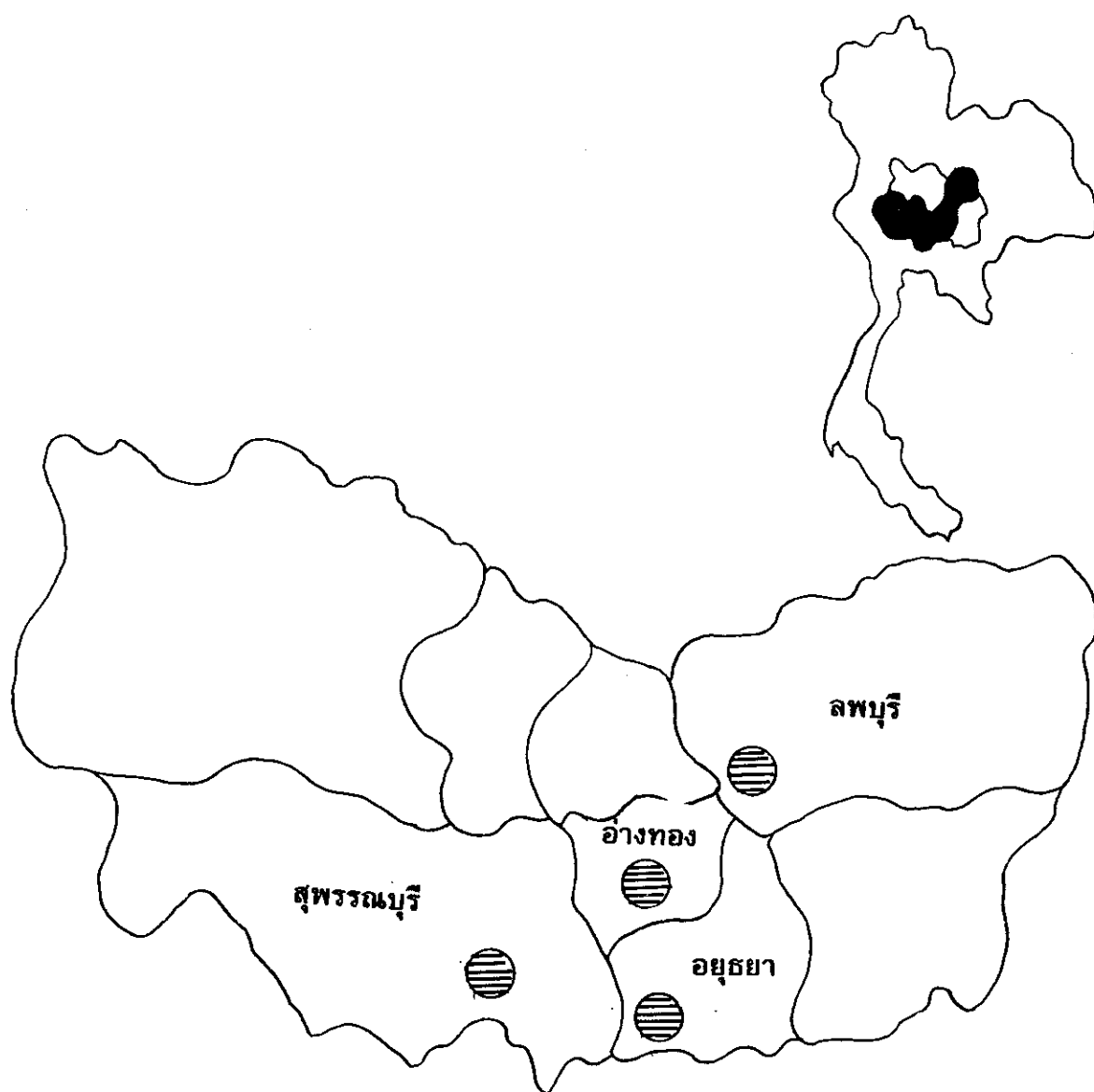
จังหวัด ตำแหน่ง	พระนครศรีอยุธยา	ลพบุรี	สุพรรณบุรี	อ่างทอง
PGM				
(N)	20	19	18	19
A ₁	1.000	1.000	1.000	1.000
SOD ₁				
(N)	20	20	20	20
A ₁	0.675	0.725	0.675	0.750
A ₂	0.275	0.275	0.325	0.250
SOD ₂				
(N)	20	20	20	20
A ₁	1.000	1.000	1.000	1.000
XDH				
(N)	20	20	20	20
A ₁	1.000	1.000	1.000	1.000



ภาพประกอบ 4 แสดงความถี่ของอัลลีลของเอนไซม์ ACP_1

☐ = A_1

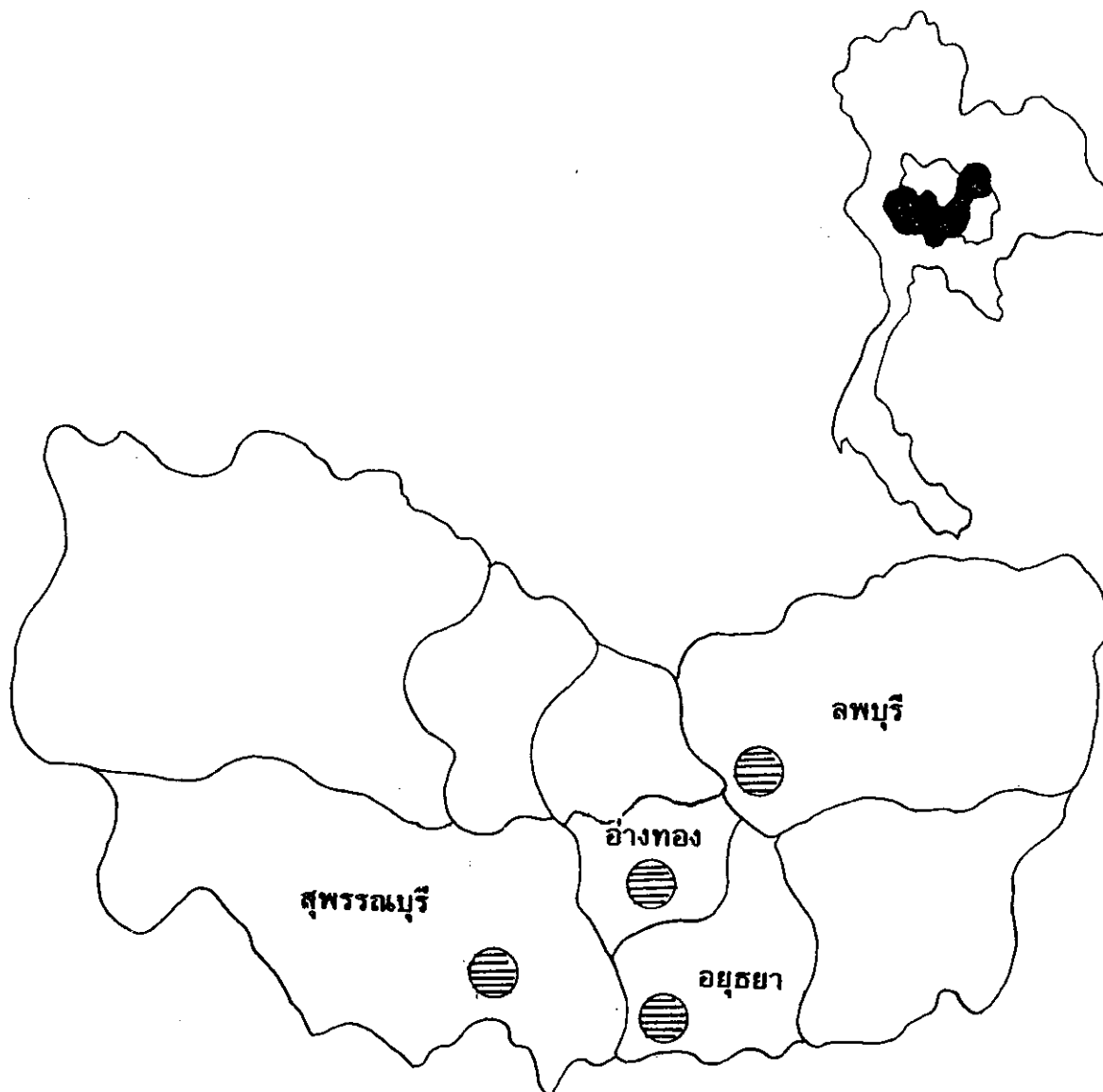
□ = A_2



ภาพประกอบ 5 แสดงความถี่ของอัลลีลของเอนไซม์ ACP_2

☐ = A_1

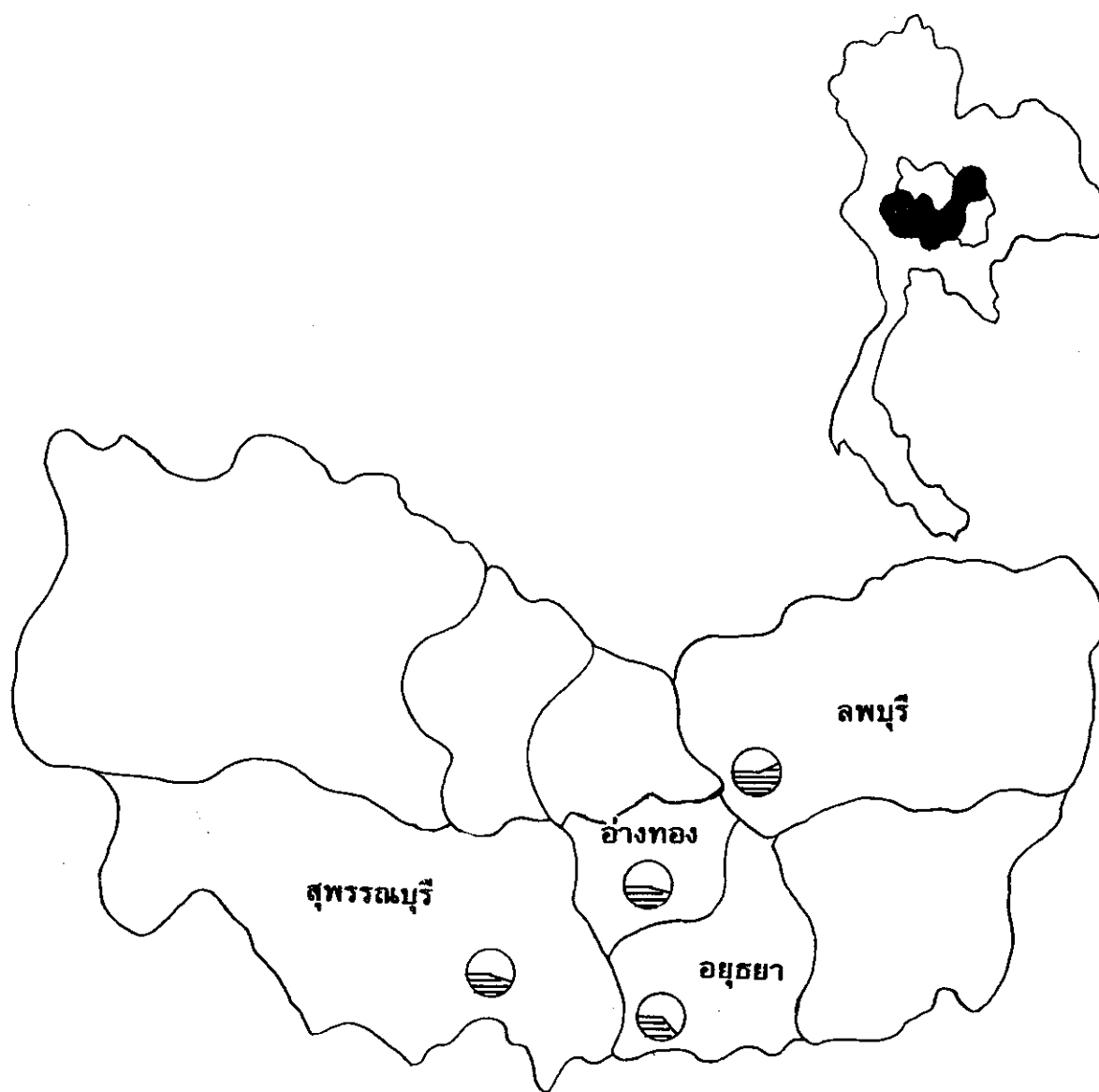
◻ = A_2



ภาพประกอบ 6 แสดงความถี่ของอัลลีลของเอนไซม์ ACP_3

▨ = A_1

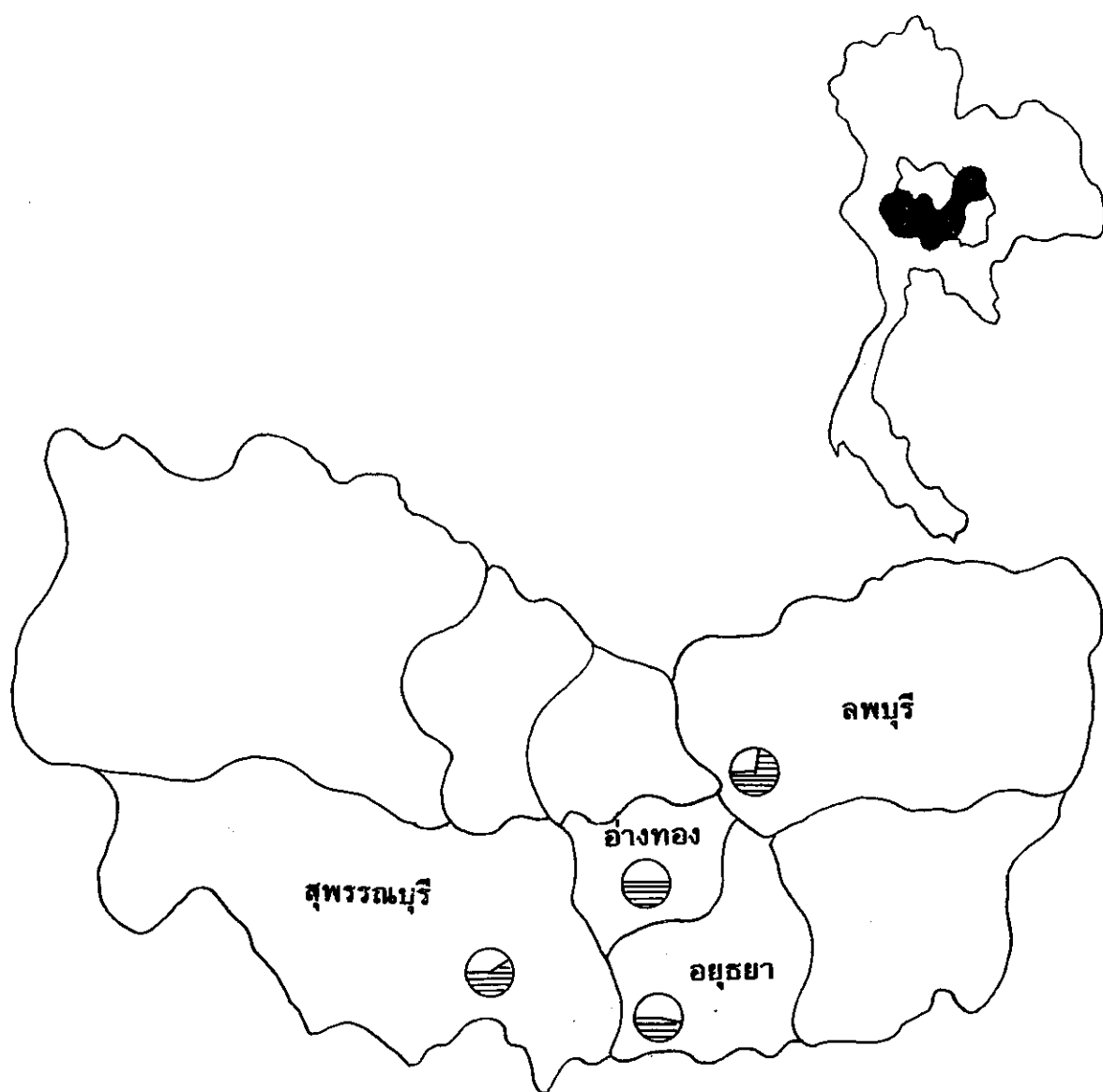
□ = A_2



ภาพประกอบ 6 แสดงความถี่ของอัลลีลของเอนไซม์ AKP

☐ = A_1

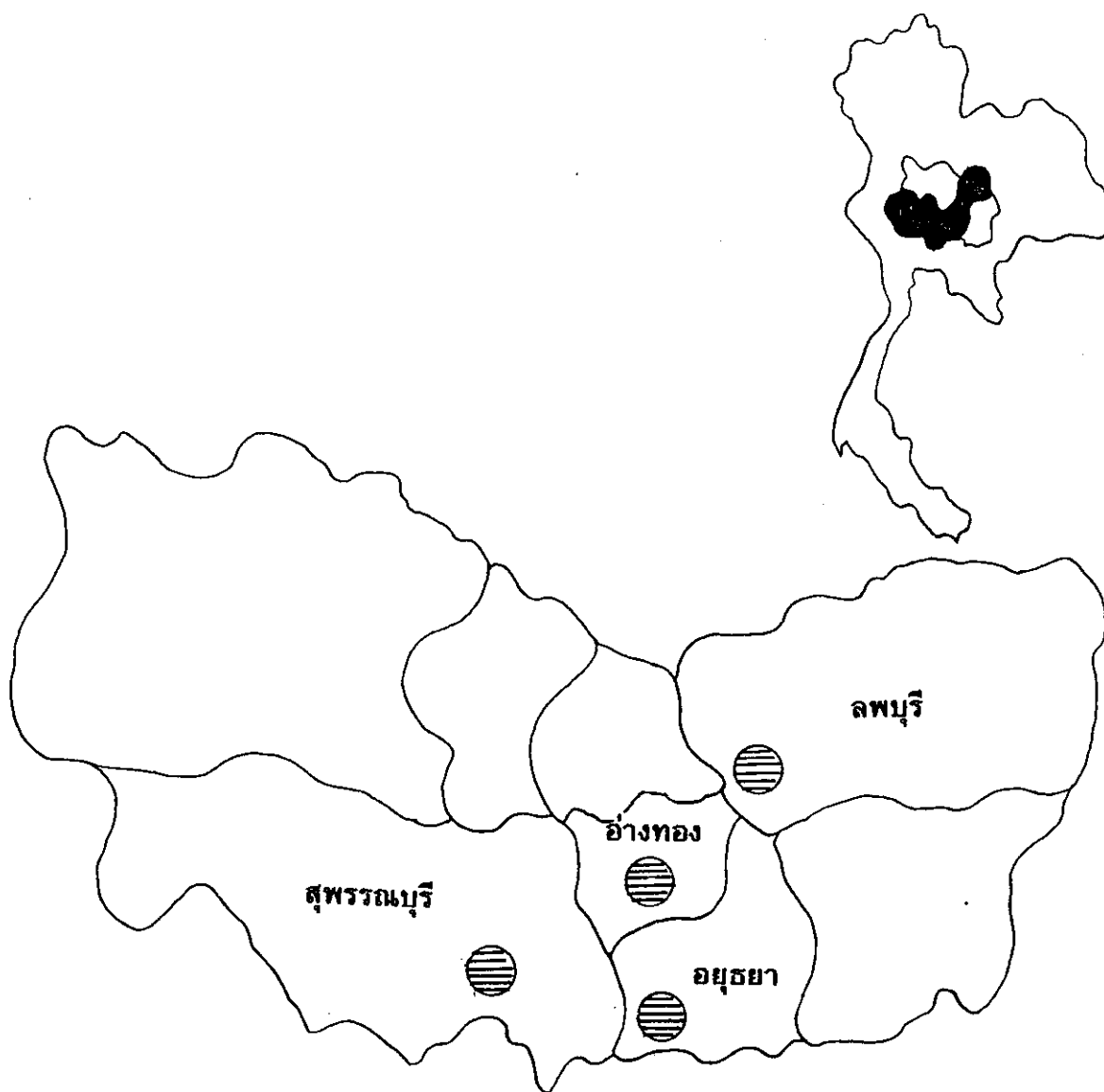
□ = A_2



ภาพประกอบ 7 แสดงความถี่ของอัลลีลของเอนไซม์ ALDOX₁

☐ = A₁

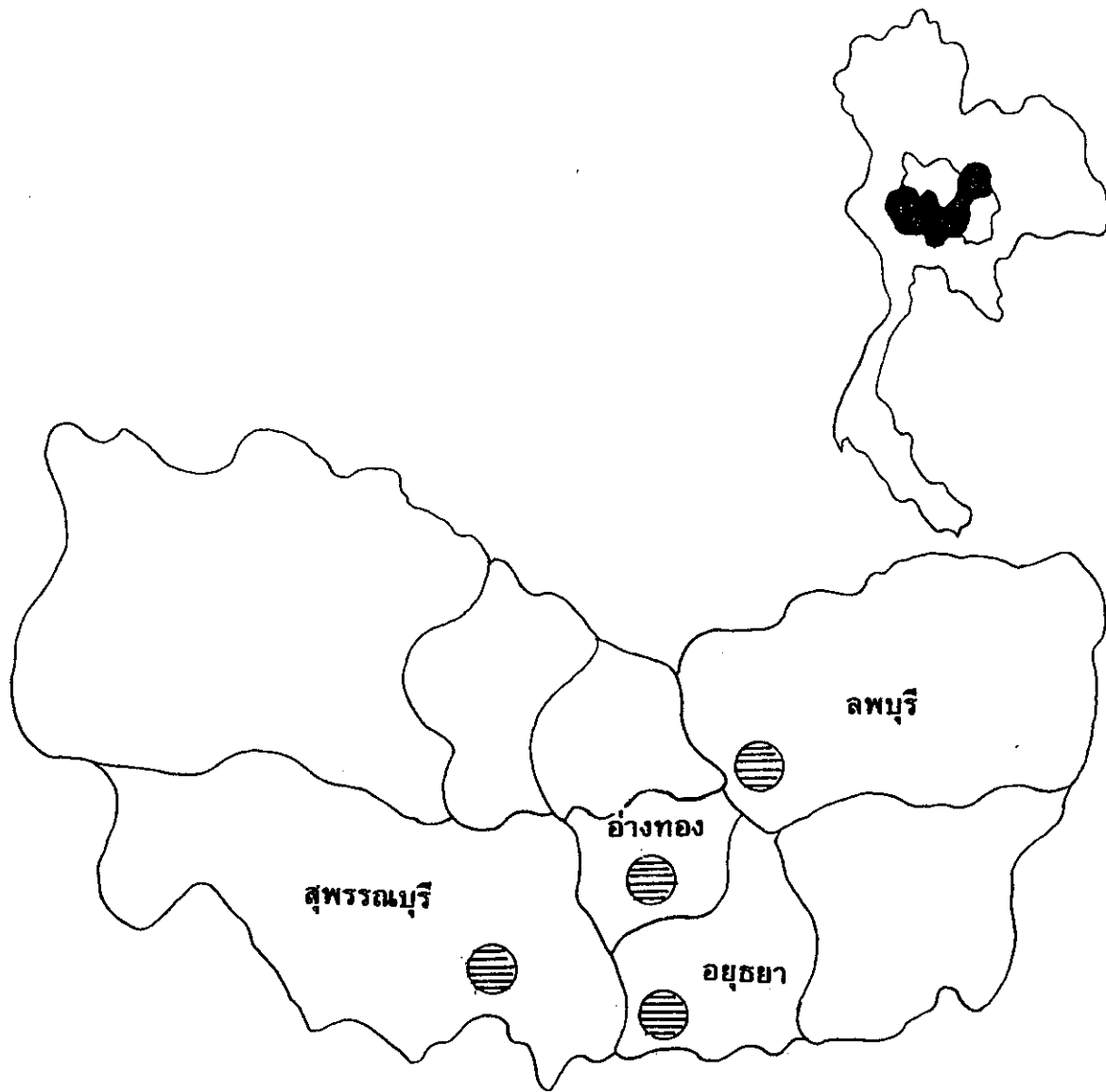
□ = A₂



ภาพประกอบ 8 แสดงความถี่ของอัลลีลของเอนไซม์ ALDOX₂

▨ = A₁

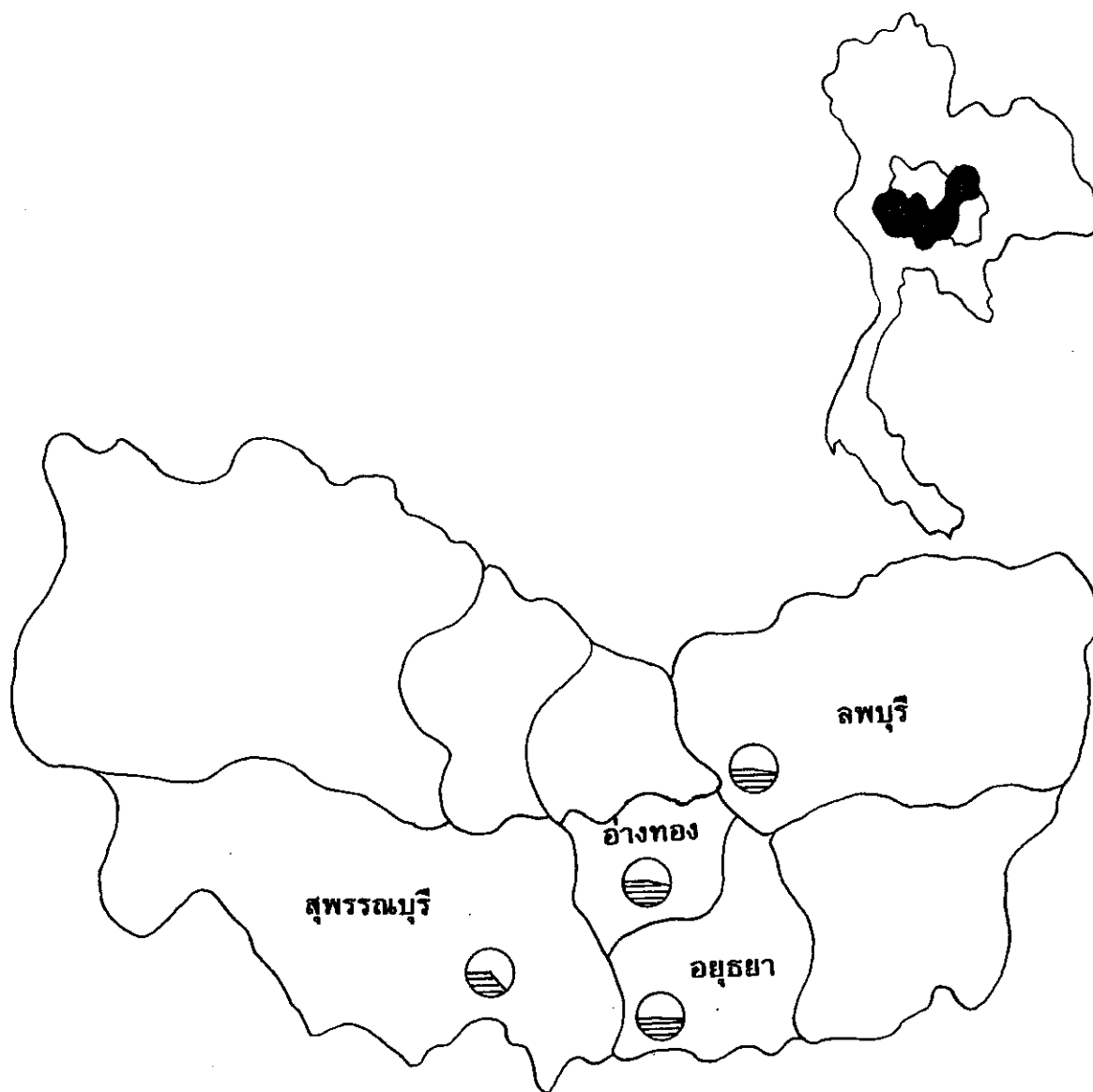
■ = A₂



ภาพประกอบ 9 แสดงความถี่ของอัลลีลของเอนไซม์ CAT

▨ = A_1

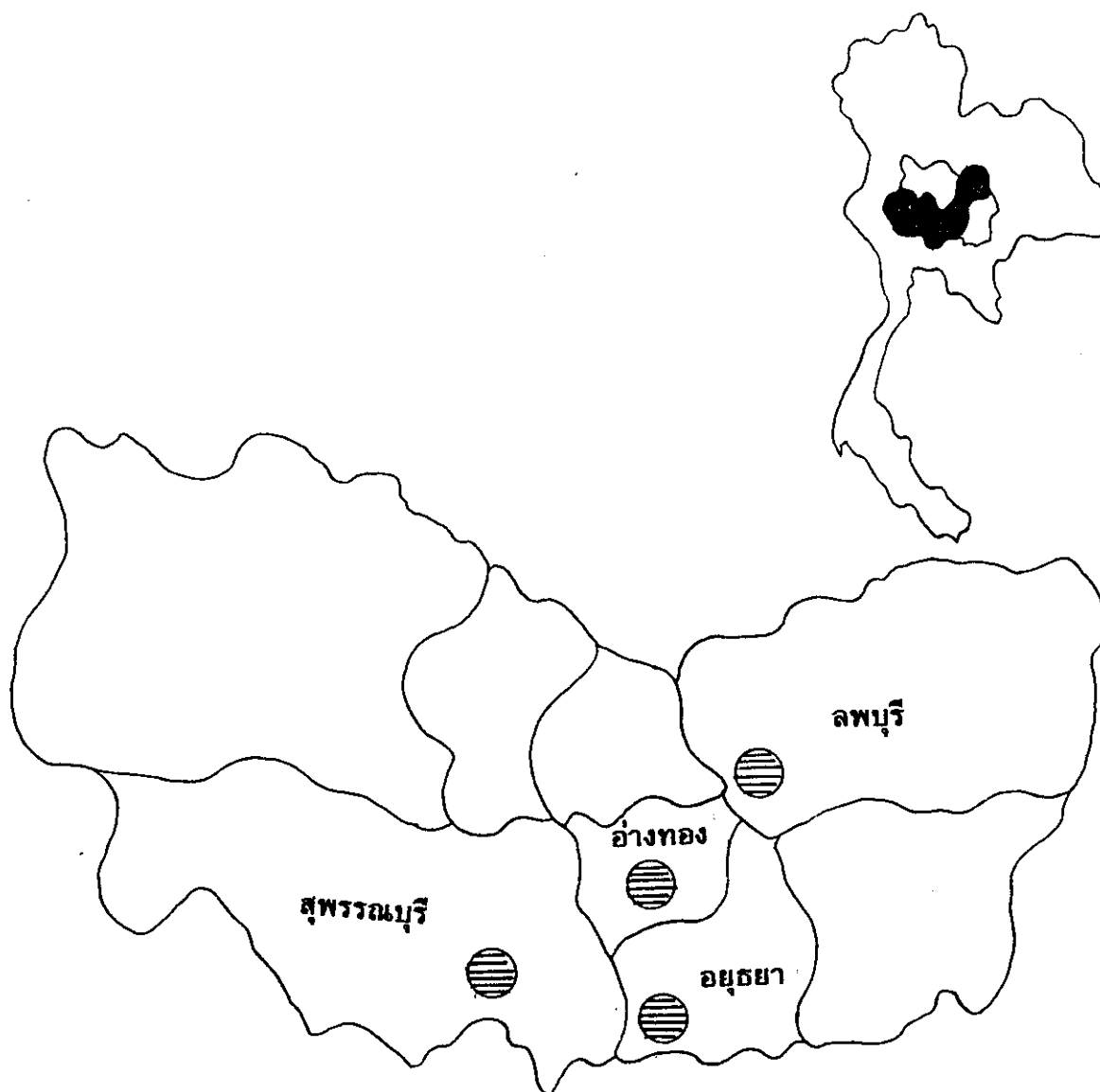
□ = A_2



ภาพประกอบ 10 แสดงความถี่ของอัลลีลของเอนไซม์ EST_1

☐ = A_1

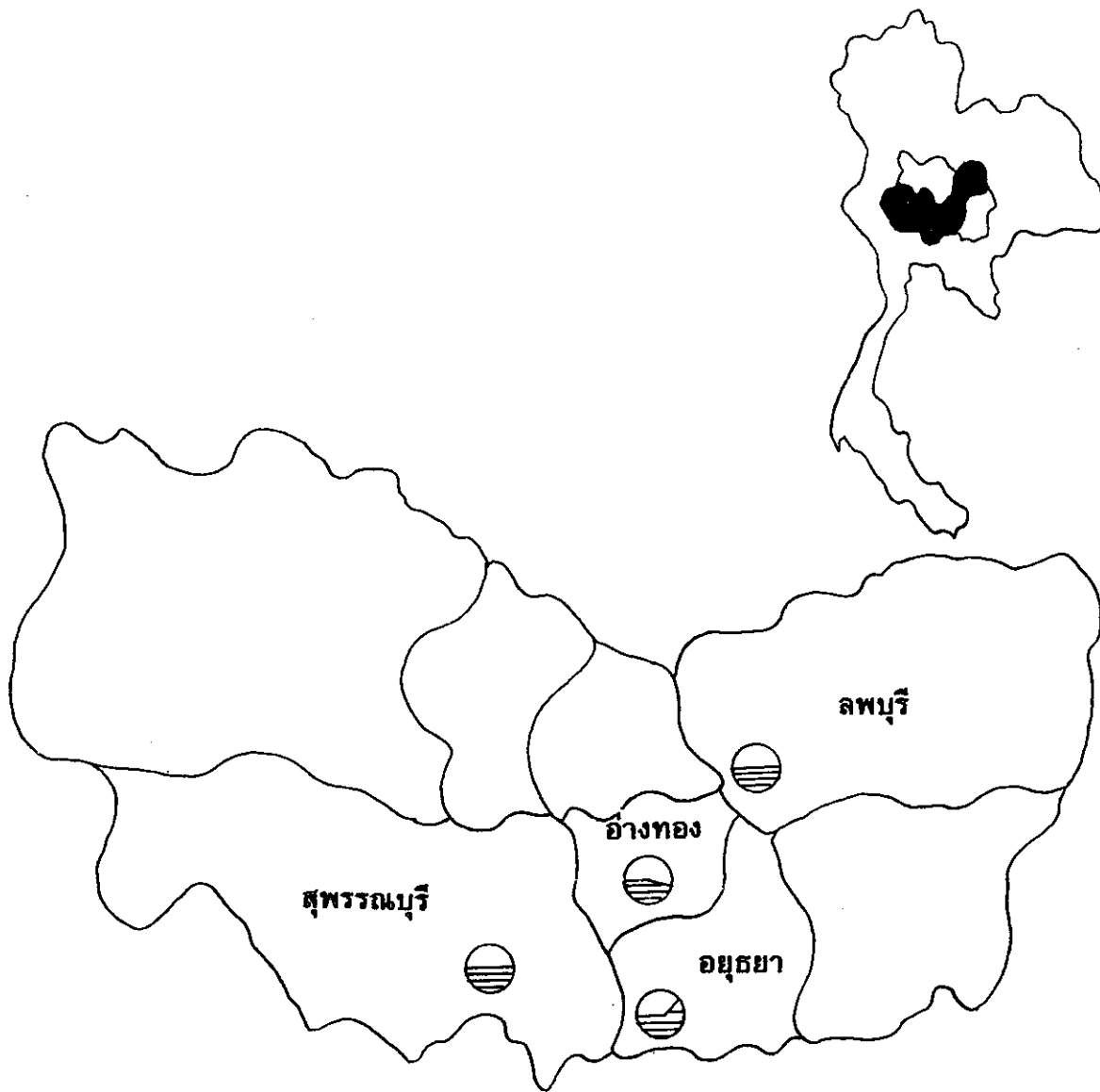
□ = A_2



ภาพประกอบ 11 แสดงความถี่ของอัลลีลของเอนไซม์ EST_2

☐ = A_1

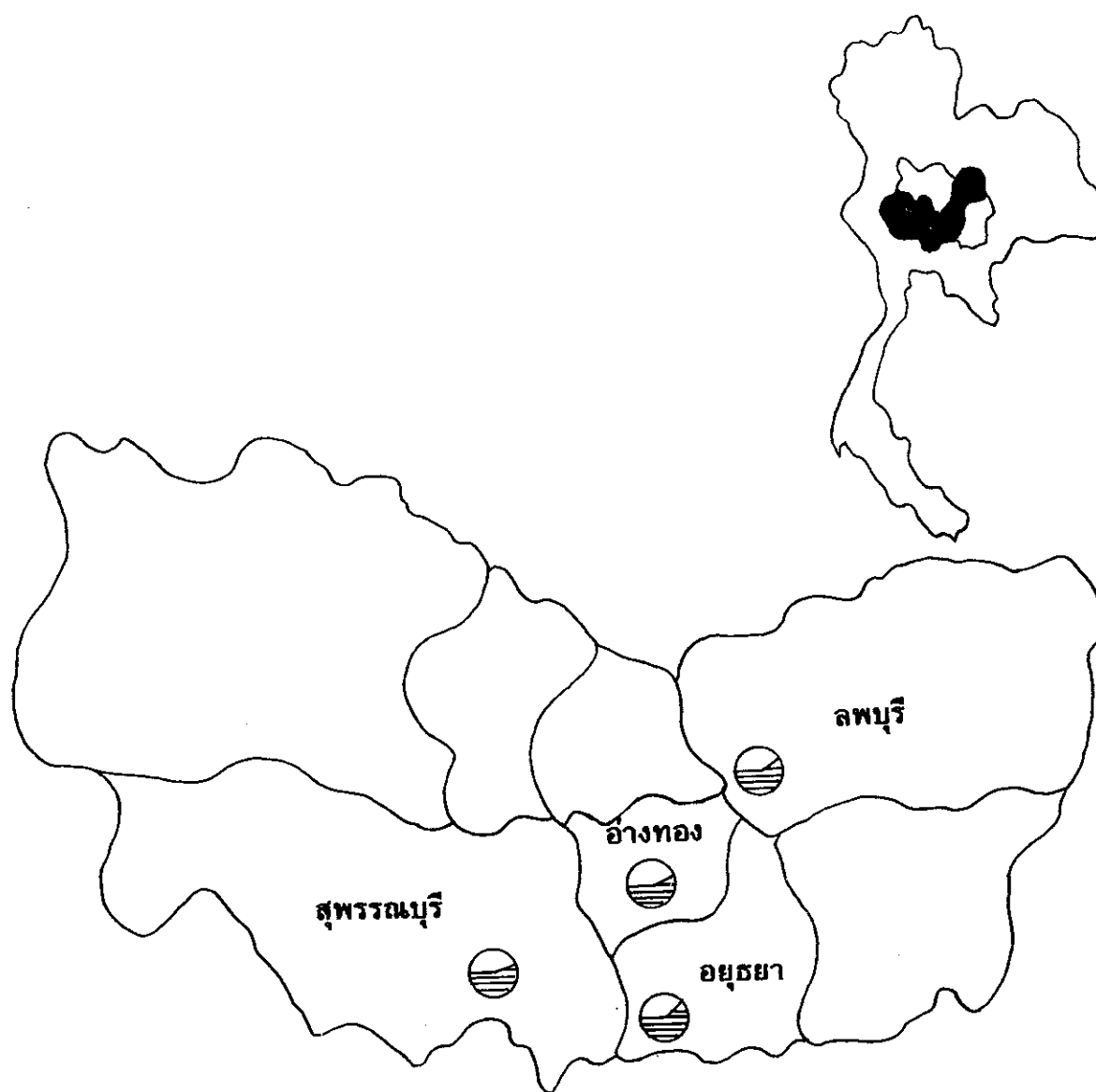
□ = A_2



ภาพประกอบ 12 แสดงความถี่ของอัลลีลของเอนไซม์ EST_3

☐ = A_1

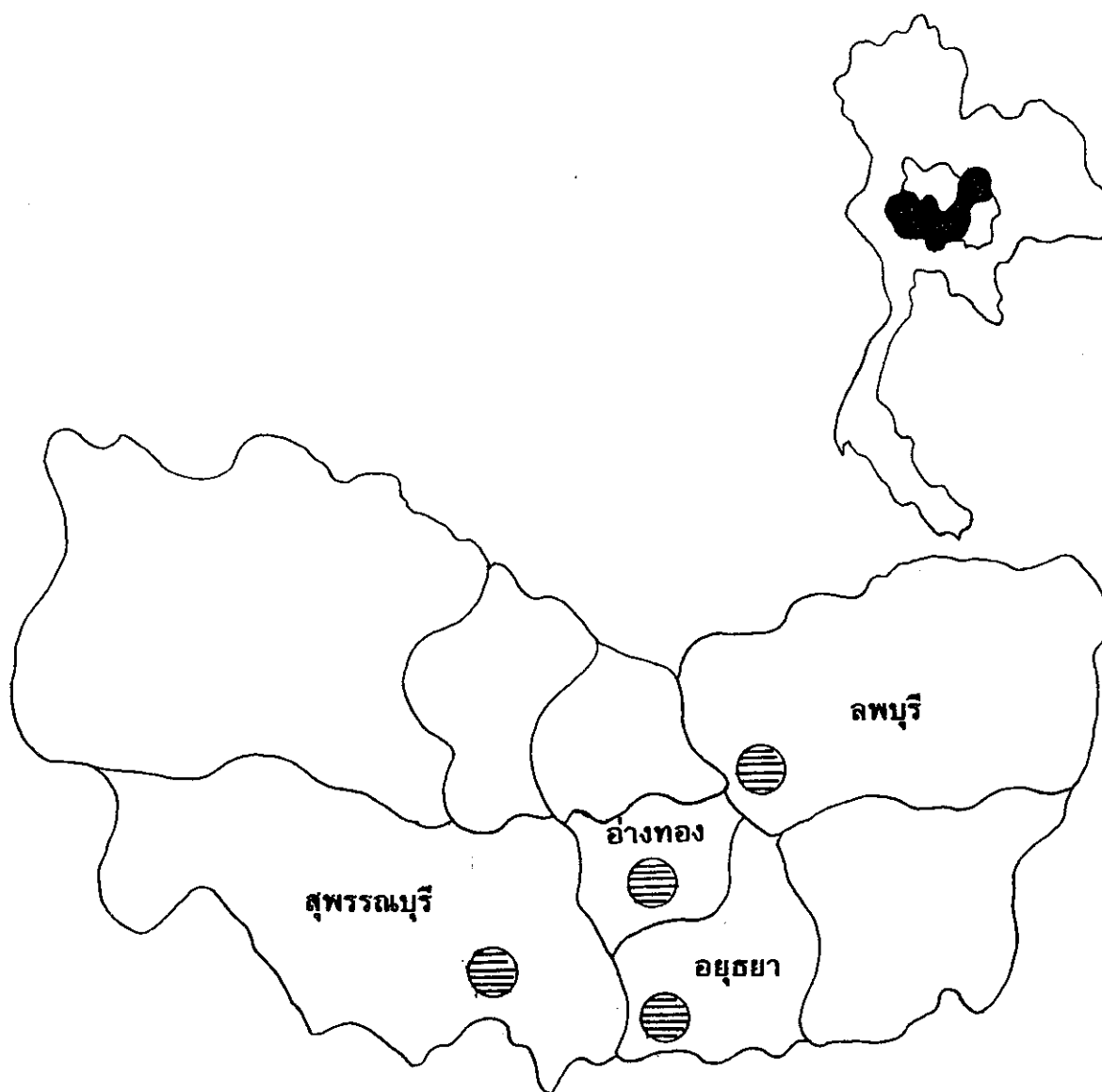
□ = A_2



ภาพประกอบ 13 แสดงความถี่ของอัลลีลของเอนไซม์ G-6-PD

☐ = A_1

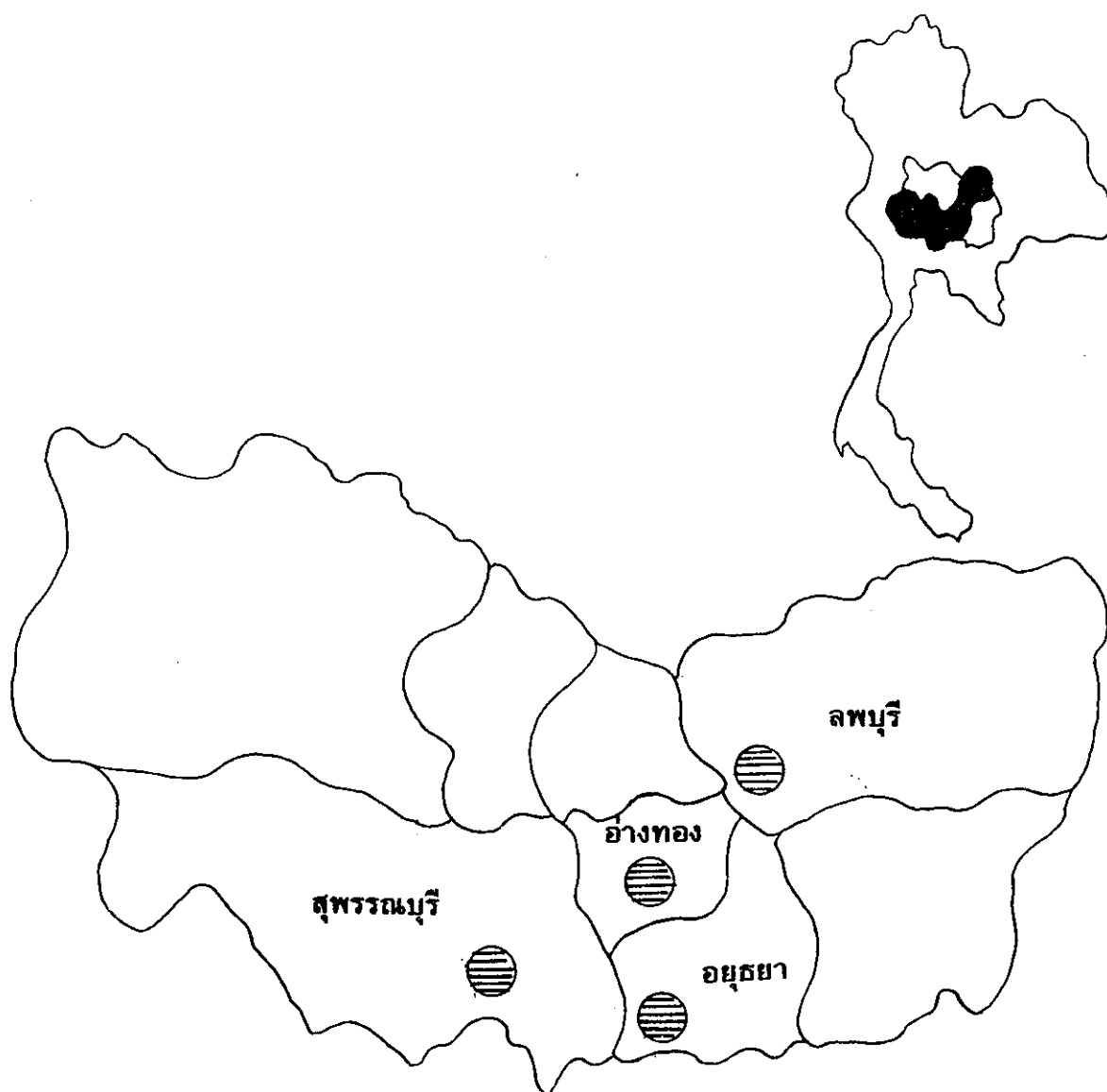
◻ = A_2



ภาพประกอบ 14 แสดงความถี่ของอัลลีลของเอนไซม์ HBDH

▨ = A_1

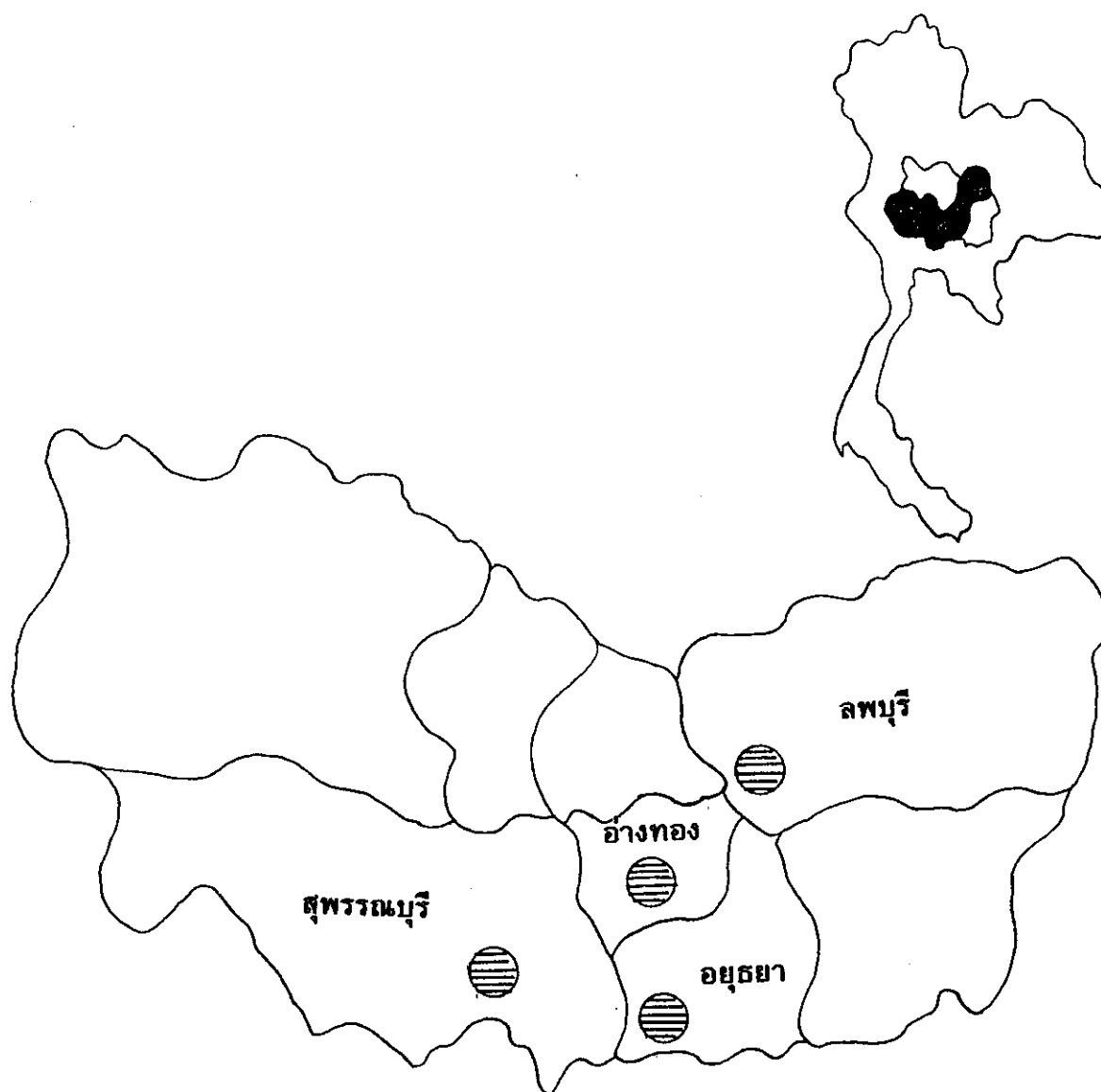
□ = A_2



ภาพประกอบ 15 แสดงความถี่ของอัลลีลของเอนไซม์ MDH₁

☐ = A₁

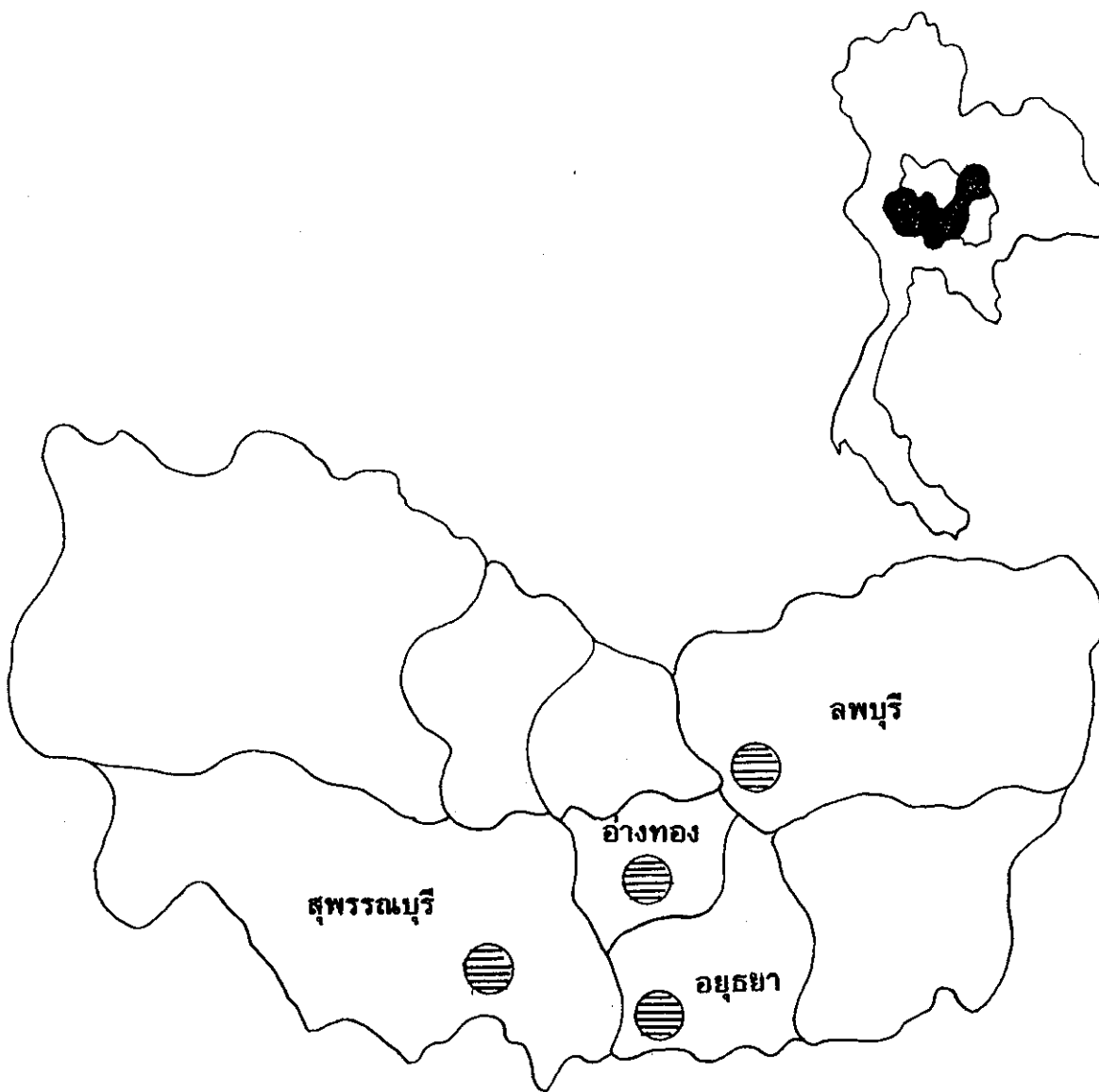
□ = A₂



ภาพประกอบ 16 แสดงความถี่ของอัลลีลของเอนไซม์ MDH₂

☐ = A₁

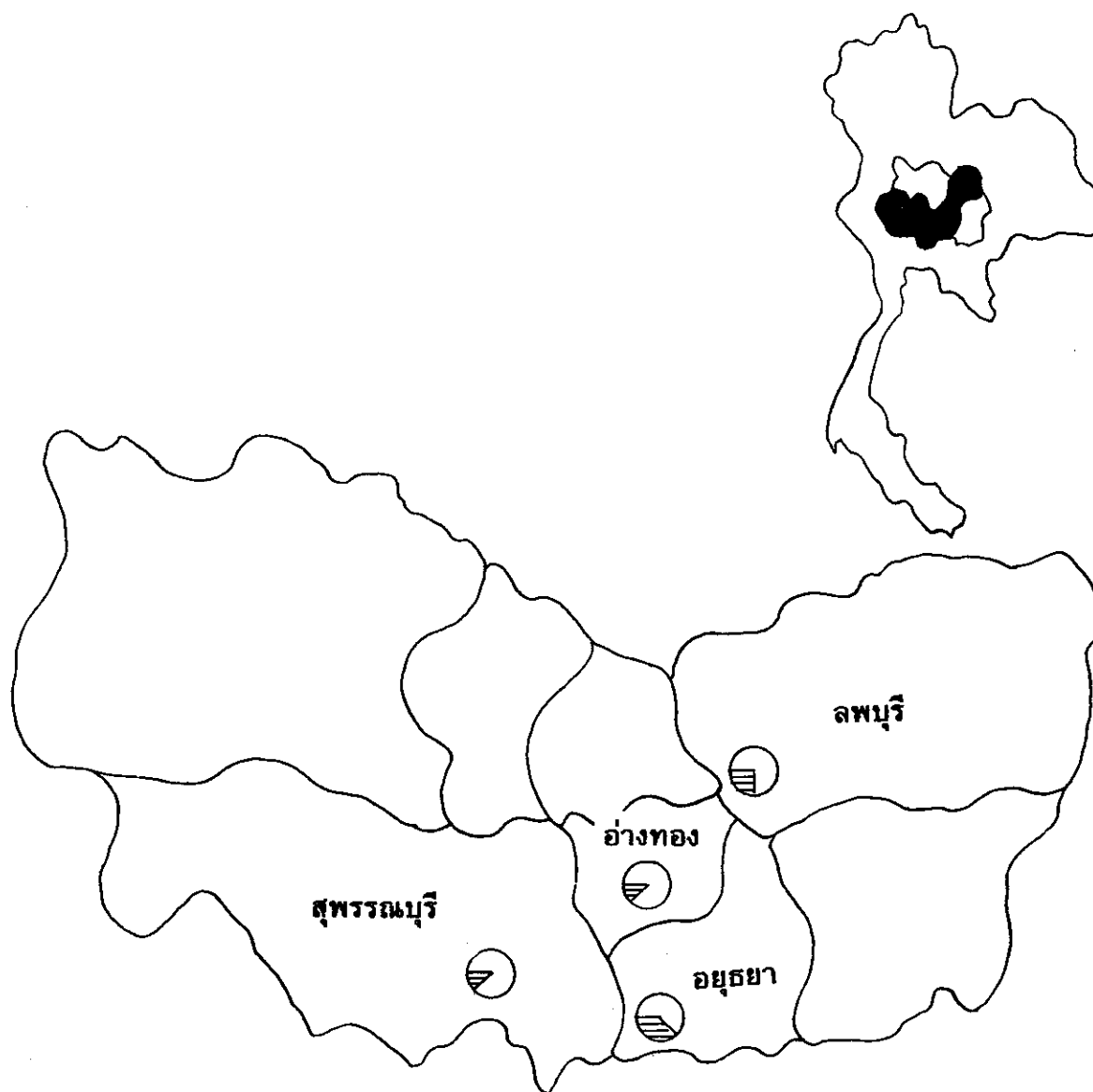
□ = A₂



ภาพประกอบ 17 แสดงความถี่ของอัลลีลของเอนไซม์ ME

▣ = A_1

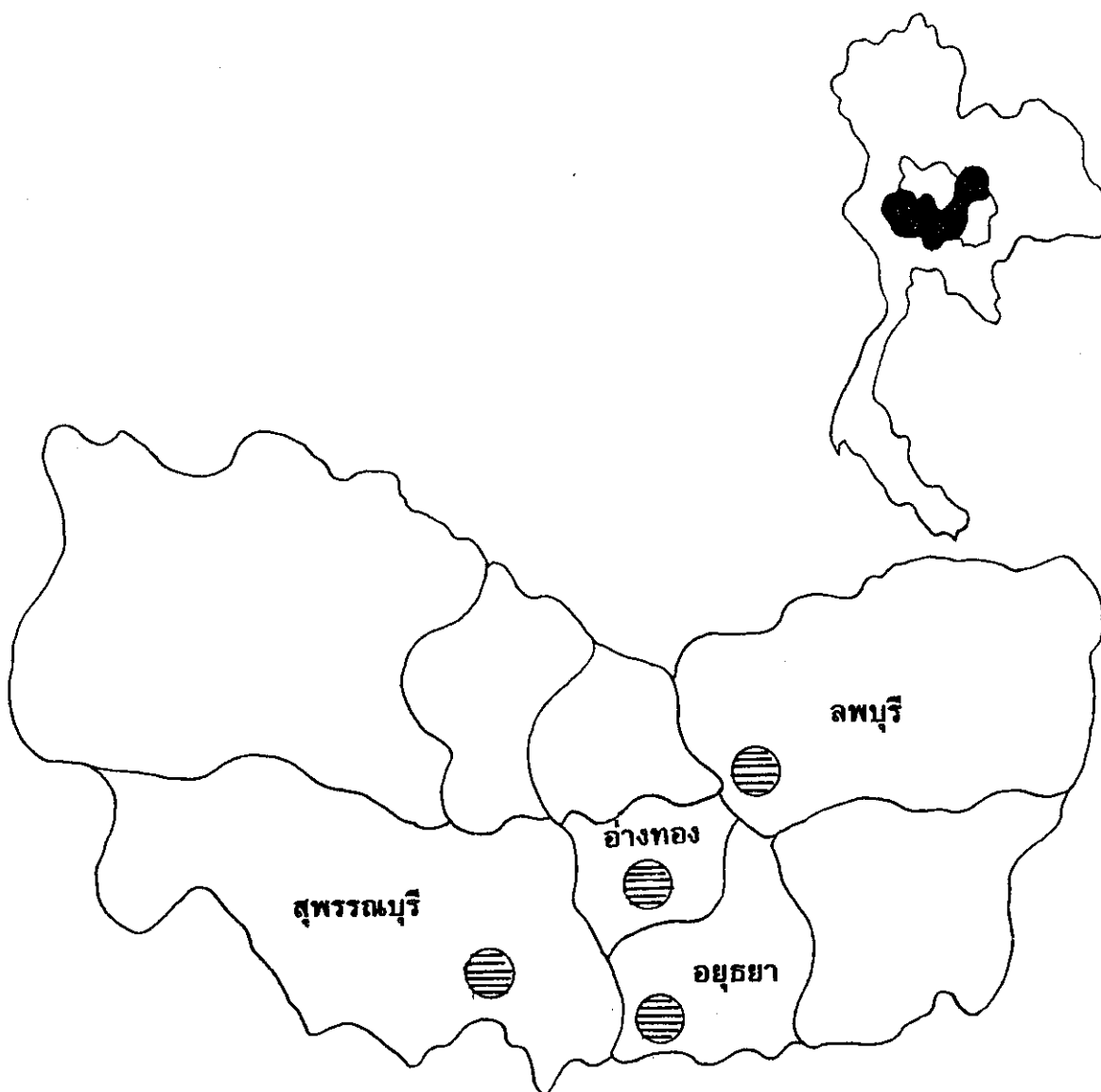
□ = A_2



ภาพประกอบ 18 แสดงความถี่ของอัลลีลของเอนไซม์ ODH_1

☐ = A_1

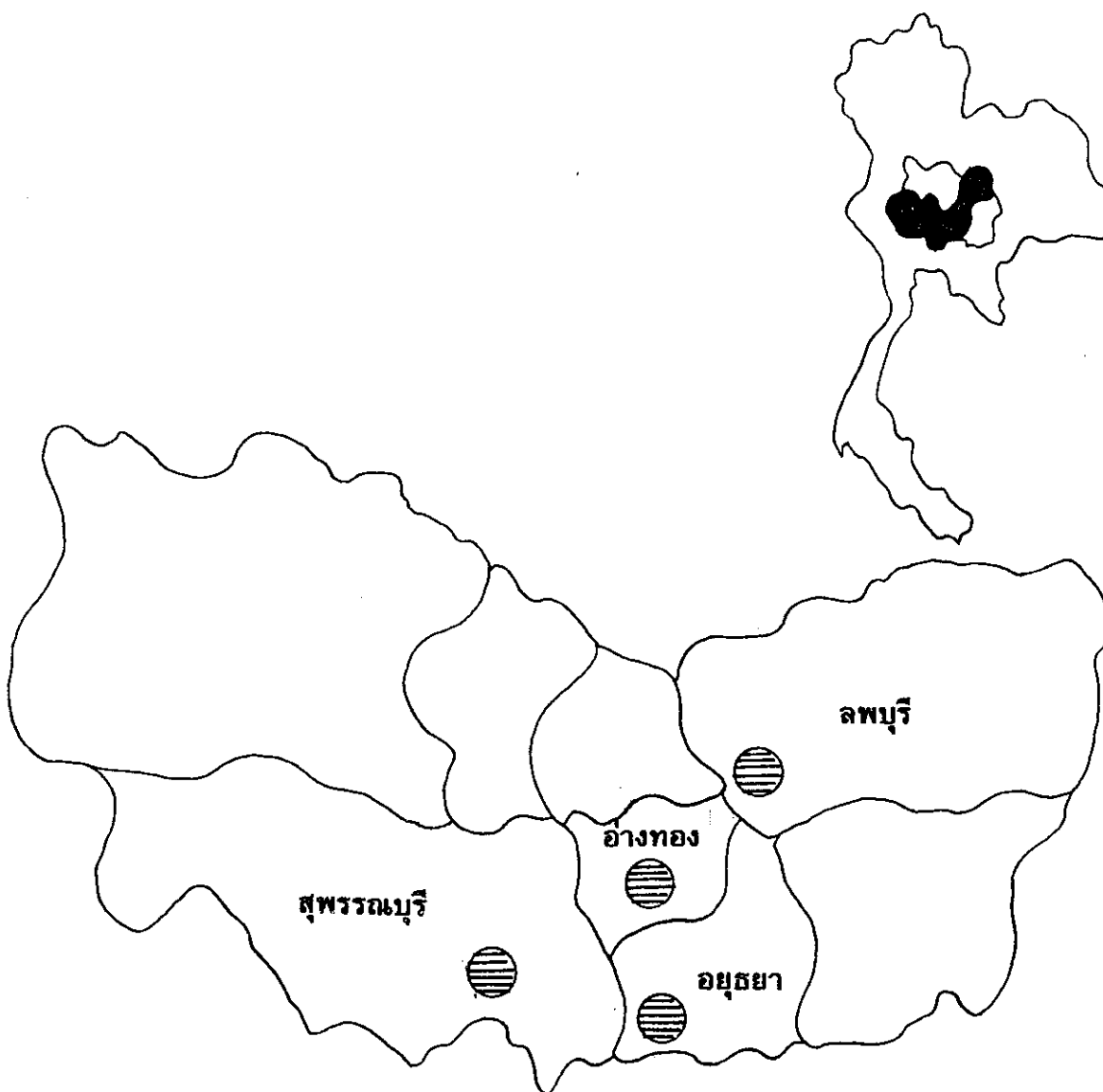
□ = A_2



ภาพประกอบ 19 แสดงความถี่ของอัลลีลของเอนไซม์ ODH_2

☐ = A_1

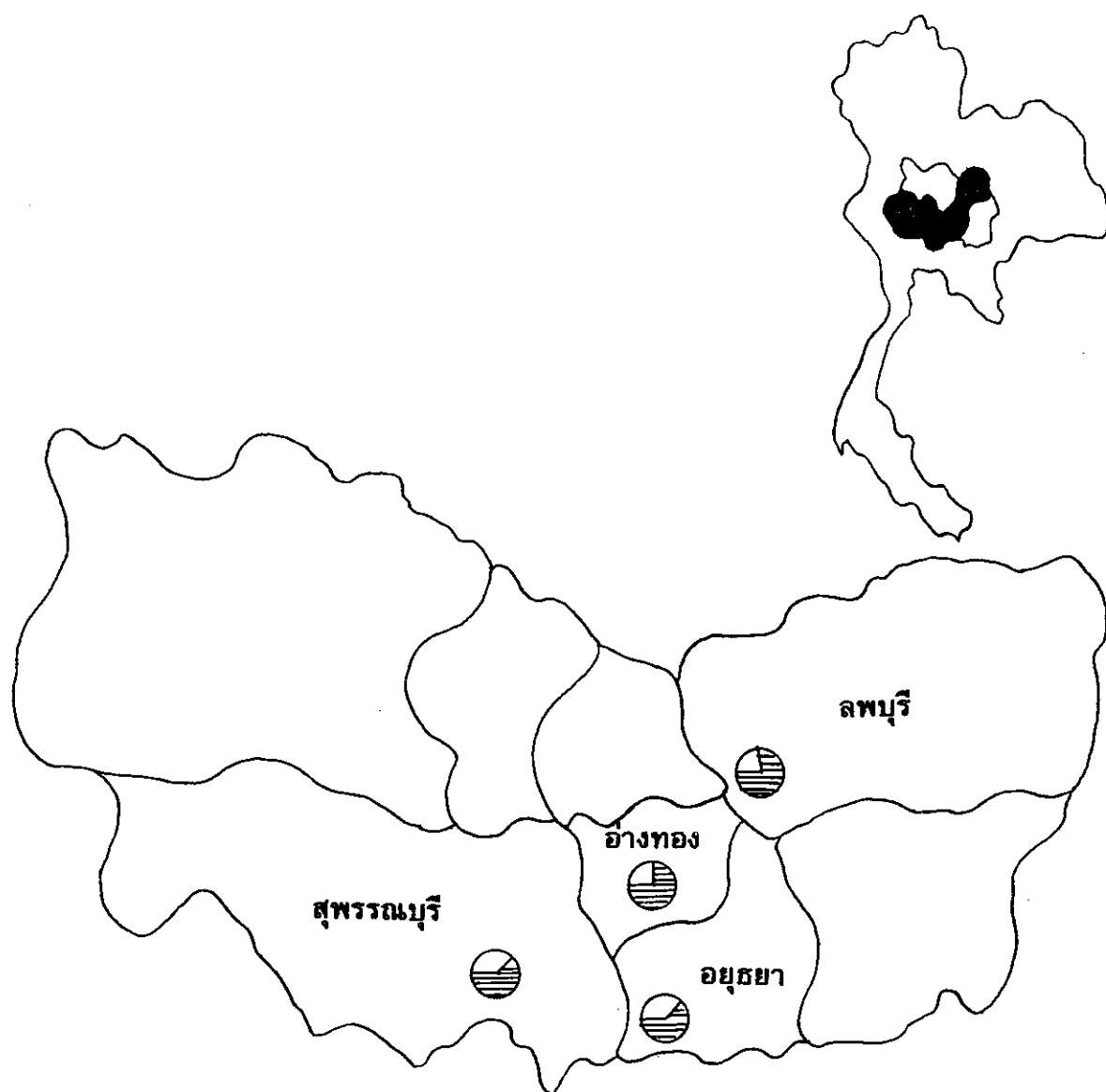
□ = A_2



ภาพประกอบ 20 แสดงความถี่ของอัลลีลของเอนไซม์ PGM

$$\text{■} = A_1$$

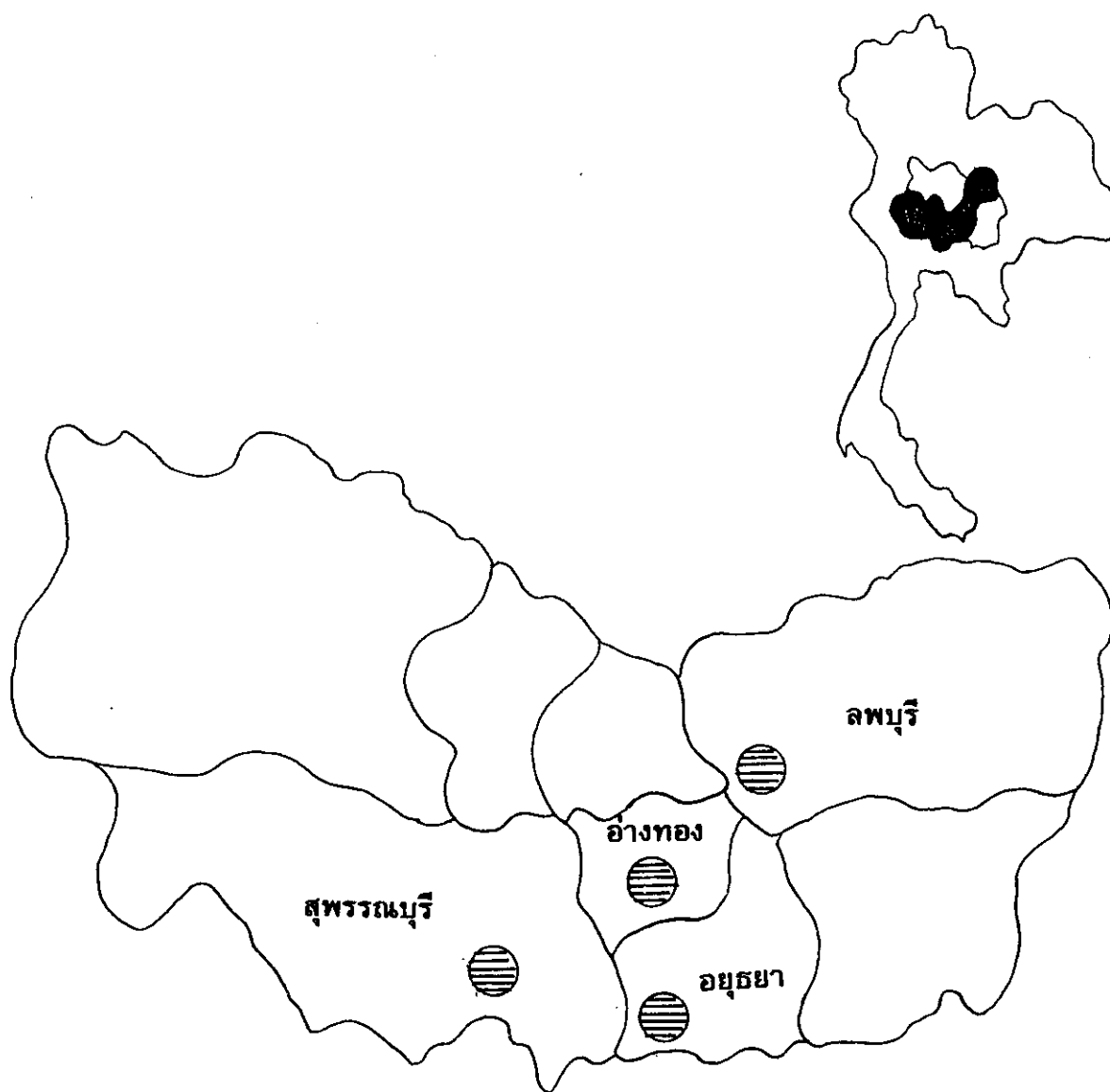
$$\text{□} = A_2$$



ภาพประกอบ 21 แสดงความถี่ของอัลลีลของเอนไซม์ SOD₁

☐ = A₁

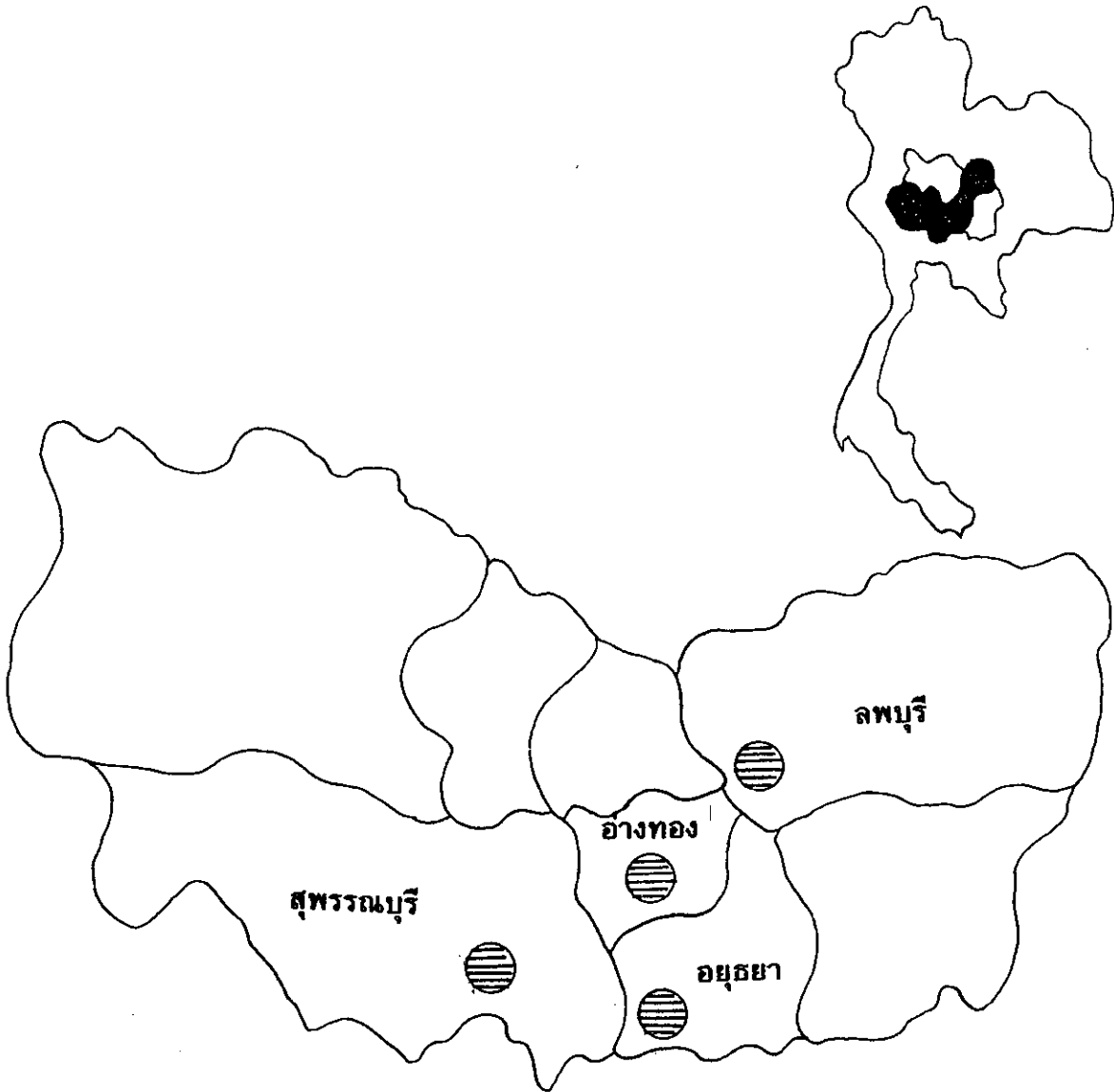
□ = A₂



ภาพประกอบ 22 แสดงความถี่ของอัลลีลของเอนไซม์ SOD_2

☐ = A_1

□ = A_2



ภาพประกอบ 23 แสดงความถี่ของอัลลีลของเอนไซม์ XDH

☐ = A_1

□ = A_2

2.2 ค่าพอลิเมอร์พีซีเอ็ม

ตาราง 3 ค่าพอลิเมอร์พีซีเอ็ม

ประชากร	จำนวนพอลิเมอร์ฟิคโลคัส	จำนวนโลคัส	ค่าพอลิเมอร์พีซีเอ็ม
พระนครศรีอยุธยา	8	21	0.38
ลพบุรี	8	21	0.38
สุพรรณบุรี	8	21	0.38
อ่างทอง	8	21	0.38
ค่าพอลิเมอร์พีซีเอ็มเฉลี่ย			0.38

2.3 เฮเทอโรไซโกซิติ์จากการสังเกต

ตาราง 4 เฮเทอโรไซโกซิติ์จากการสังเกต

จังหวัด ตำแหน่ง	พระนครศรีอยุธยา	ลพบุรี	สุพรรณบุรี	อ่างทอง
ACP ₁	0.600	0.500	0.700	0.600
ACP ₂	0	0	0	0
ACP ₃	0	0	0	0
AKP	0.700	0.550	0.600	0.650
ALDOX ₁	0.421	0.444	0.474	0.555
ALDOX ₂	0	0	0	0
CAT	0	0	0	0
EST ₁	0.421	0.550	0.579	0.600
EST ₂	0	0	0	0
EST ₃	0.700	1.000	0.789	0.700

ตาราง 4 (ต่อ)

จังหวัด ตำแหน่ง	พระนครศรีอยุธยา	ลพบุรี	สุพรรณบุรี	อ่างทอง
G-6-PD	0.700	0.650	0.600	0.600
HBDH	0	0	0	0
MDH ₁	0	0	0	0
MDH ₂	0	0	0	0
ME	0	0	0	0
ODH ₁	0.450	0.400	0.350	0.350
ODH ₂	0	0	0	0
PGM	0	0	0	0
SOD ₁	0.450	0.350	0.550	0.400
SOD ₂	0	0	0	0
XDH	0	0	0	0
ค่าเฉลี่ย / โคลัส	0.212	0.212	0.221	0.212
ค่าเฮเทอโรไซโกซิตีเฉลี่ย 0.214				

2.4 เฮเทอโรไซโกซิดีจากความคาดหวัง

ตาราง 5 เฮเทอโรไซโกซิดีจากความคาดหวัง

จังหวัด ตำแหน่ง	พระนครศรีอยุธยา	ลพบุรี	สุพรรณบุรี	อ่างทอง	ค่าเฉลี่ย ($\bar{H}_s$)
ACP ₁	0.480	0.480	0.455	0.480	0.474
ACP ₂	0	0	0	0	0
ACP ₃	0	0	0	0	0
AKP	0.455	0.489	0.480	0.489	0.478
ALDOX ₁	0.499	0.401	0.478	0.500	0.470
ALDOX ₂	0	0	0	0	0
CAT	0	0	0	0	0
EST ₁	0.499	0.489	0.412	0.480	0.470
EST ₂	0	0	0	0	0
EST ₃	0.480	0.500	0.500	0.495	0.494
G-6-PD	0.480	0.489	0.495	0.495	0.490
HBDH	0	0	0	0	0
MDH ₁	0	0	0	0	0
MDH ₂	0	0	0	0	0
ME	0	0	0	0	0
ODH ₁	0.399	0.375	0.289	0.289	0.338
ODH ₂	0	0	0	0	0
PGM	0	0	0	0	0

ตาราง 5 (ต่อ)

จังหวัด ตำแหน่ง	พระนครศรีอยุธยา	ลพบุรี	สุพรรณบุรี	อ่างทอง	ค่าเฉลี่ย ($\bar{H}_s$)
SOD ₁	0.439	0.399	0.439	0.375	0.413
SOD ₂	0	0	0	0	0
XDH	0	0	0	0	0
ค่าเฉลี่ย / โลคัส	0.178	0.172	0.169	0.172	

ค่าเฮเทอโรไซโกซิตีเฉลี่ย 0.173

2.5 ความแตกต่างทางพันธุกรรม

ตาราง 6 ความแตกต่างทางพันธุกรรม

โลคัส	H_T	H_S	G_{ST}
ACP ₁	0.475	0.474	0.002
ACP ₂	0	0	0
ACP ₃	0	0	0
AKP	0.492	0.478	0.028
ALDOX ₁	0.489	0.470	0.039
ALDOX ₂	0	0	0
CAT	0	0	0
EST ₁	0.479	0.470	0.019
EST ₂	0	0	0
EST ₃	0.500	0.494	0.012
G-6-PD	0.491	0.490	0.002
HBDH	0	0	0
MDH ₁	0	0	0
MDH ₂	0	0	0
ME	0	0	0
ODH ₁	0.342	0.338	0.012
ODH ₂	0	0	0
PGM	0	0	0
SOD ₁	0.415	0.413	0.004
SOD ₂	0	0	0
XDH	0	0	0
ค่า G_{ST} เฉลี่ย			0.005

2.6 ความคล้ายทางพันธุกรรม สามารถหาได้จากวิธีของ Nei, 1975
ได้ดังตาราง 7

2.7 ระยะห่างทางพันธุกรรม แสดงค่าดังตาราง 7

ตาราง 7 ค่าความคล้ายทางพันธุกรรม และระยะห่างทางพันธุกรรม

D \ I	พระนครศรีอยุธยา	ลพบุรี	สุพรรณบุรี	อ่างทอง
พระนครศรีอยุธยา	-	0.9926	0.9968	0.9970
ลพบุรี	0.0074	-	0.9970	0.9953
สุพรรณบุรี	0.0032	0.0030	-	0.9993
อ่างทอง	0.0030	0.0047	0.0007	-

อภิปรายผลและข้อเสนอแนะ

จากการศึกษาแถบแอกติวิตีสเตนของเอนไซม์ 13 ชนิด ซึ่งได้จากส่วน hepatopancreas ของปูนา *S. bangkokensis* ในจังหวัดพระนครศรีอยุธยา ลพบุรี สุพรรณบุรี และอ่างทอง พบว่าเอนไซม์ที่ศึกษาประกอบด้วย 21 โลไซ ซึ่ง 13 โลไซ มีแถบแอกติวิตีสเตนเป็นแบบไฮโมโซโกด คือ ACP_2 , ACP_3 , $ALDOX_2$, CAT, EST_2 , HBDH, MDH_1 , MDH_2 , ME, ODH_2 , PGM, SOD_2 และ XDH เอนไซม์ที่มีแถบแอกติวิตีสเตนแบบเฮเทอโรโซโกดโมโนเมอร์มี 8 โลไซ คือ ACP_1 , AKP, $ALDOX_1$, EST_1 , EST_3 , G-6-PD, ODH_1 และ SOD_1

เมื่อเปรียบเทียบค่าเฮเทอโรโซโกดจากการสังเกตของปูนาในจังหวัดพระนครศรีอยุธยา ลพบุรี สุพรรณบุรี และอ่างทอง ซึ่งมีค่าเท่ากับ 0.212, 0.212, 0.221 และ 0.212 ตามลำดับ พบว่าจังหวัดสุพรรณบุรีมีความแปรผันทางพันธุกรรมสูงกว่าจังหวัดพระนครศรีอยุธยา ลพบุรี และอ่างทอง ค่าเฮเทอโรโซโกดจากการสังเกตเฉลี่ย และค่าเฮเทอโรโซโกดจากความคาดหวังเฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 0.214 และ 0.173 ตามลำดับ จากค่าเฉลี่ยที่ได้แสดงว่าประชากรที่ศึกษาเป็นประชากรที่สมดุลตามแบบฮาร์ดี-ไวน์เบิร์ก ($\chi^2 = 1.6673^{**}$, df = 21)

S. bangkokensis ที่ศึกษานี้มีความแปรผันทางพันธุกรรมสูงกว่า *Somaniathelphusa bangkokensis* (*Sayamia bangkokensis*) ในภาคกลาง 2 จังหวัด คือ จังหวัดนครปฐม และปฐมธานี กับ *Somaniathelphusa germaini* (*Sayamia germaini*) 2 จังหวัด คือ จังหวัดนครนายก และนครสวรรค์ (ศรมน โพธิ์ทอง. 2536) และ *Somaniathelphusa dugasti* (*Esanthelephusa dugasti*) จากภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนล่างของประเทศไทย 4 จังหวัด คือ จังหวัดบุรีรัมย์ สุรินทร์ ศรีสะเกษ และอุบลราชธานี (มานะ ขาวเมฆ. 2536) นอกจากนี้ยังพบว่า *S. bangkokensis* มีค่าความแปรผันทางพันธุกรรมน้อยกว่า *E. dugasti* จากภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนบนของประเทศไทย 4 จังหวัด คือ จังหวัดสกลนคร ขอนแก่น ชัยภูมิ และอุดรธานี (สุธี อันแจ็ก. 2534) ดังรายงานค่าพอลิมอร์ฟิซึมเฉลี่ย และค่าเฮเทอโรโซโกดเฉลี่ยในตาราง 8

ตาราง 8 แสดงค่าพอลิมอร์ฟิซึมเฉลี่ย และค่าเฮเทอโรไซโกซิตีเฉลี่ยของปูนาจากแหล่งต่าง ๆ

ชนิดของปูนา	ค่าพอลิมอร์ฟิซึมเฉลี่ย	ค่าเฮเทอโรไซโกซิตีเฉลี่ย
<i>S. bangkokensis</i> **	0.380	0.214
<i>S. bangkokensis</i> * (กรมฯ โพธิ์ทอง. 2536)	0.315	0.181
<i>S. germaini</i> * (กรมฯ โพธิ์ทอง. 2536)	0.289	0.151

* ข้อมูลจากประชากรปูจำนวน 2 จังหวัด

** ข้อมูลจากประชากรปูจำนวน 4 จังหวัด

ค่าความแตกต่างทางพันธุกรรม (G_{ST}) เฉลี่ยของจีนที่ศึกษา 21 โลไซในปูนา

S. bangkokensis มีค่าเท่ากับ 0.005 ซึ่งเป็นความแตกต่างของประชากรปูในระหว่างจังหวัดที่มีค่าน้อยกว่า *S. germaini* ในจังหวัดนครนายก และนครสวรรค์ *E. dugasti* จากภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนล่าง และ *E. dugasti* จากภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนบน ดังตาราง 9

ในการศึกษาความคล้ายทางพันธุกรรม (I) และระยะห่างทางพันธุกรรม (D) ของปูนา *S. bangkokensis* มีค่าอยู่ในช่วง 0.9926-0.9993 และ 0.0007-0.0074 ตามลำดับ พบว่าจังหวัดที่มีความคล้ายทางพันธุกรรมมากที่สุด คือ จังหวัดอ่างทอง กับสุพรรณบุรี และจังหวัดที่มีระยะห่างทางพันธุกรรมมากที่สุด คือ จังหวัดพระนครศรีอยุธยา กับลพบุรี เมื่อเปรียบเทียบค่าความคล้ายทางพันธุกรรม และค่าระยะห่างทางพันธุกรรมกับ *E. dugasti* จากภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนล่าง และ *E. dugasti* จากภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนบน พบว่า *S. bangkokensis* มีค่าความคล้ายทางพันธุกรรมมากกว่า หรือมีระยะห่างทางพันธุกรรมน้อยกว่า ดังตาราง 9

ตาราง 9 แสดงค่าความแตกต่างทางพันธุกรรม (G_{ST}) ค่าความคล้ายทางพันธุกรรม (I) และค่าระยะห่างทางพันธุกรรม (D) ของปูนาจากแหล่งต่าง ๆ

ชนิดของปูนา	G_{ST}	I	D
<i>Sayamia bangkokensis</i> **	0.005	0.9926-0.9993	0.0007-0.004
<i>Somanniathelphusa bangkokensis</i> * (ศรมน โพธิ์ทอง. 2536)	0.0016	0.9976	0.0023
<i>S. germaini</i> * (ศรมน โพธิ์ทอง. 2536)	0.0141	0.9892	0.0107

* ข้อมูลจากประชากรปูจำนวน 2 จังหวัด

** ข้อมูลจากประชากรปูจำนวน 4 จังหวัด

จากผลการวิจัยที่ได้ จะเห็นว่าปูนา *S. bangkokensis* จาก 4 จังหวัด มีค่าความคล้ายทางพันธุกรรมมาก ซึ่งสอดคล้องกับการจัดจำแนกชนิดของปูนาตามลักษณะทางกายวิภาคที่ได้จัดปูนาที่นำมาศึกษาทั้ง 4 จังหวัดนี้เป็นชนิดเดียวกัน

ข้อเสนอแนะ

การศึกษาความแปรผันทางพันธุกรรมในระดับเอนไซม์โดยวิธีอิเล็กโทรโฟรีซิส ควรจะมีจำนวนโลคัสที่ศึกษาในปริมาณมากพอไม่น้อยกว่า 20 โลไซ โดยการเพิ่มชนิดของเอนไซม์ที่ใช้ศึกษา จำนวนตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษาควรมีขนาดใหญ่ไม่น้อยกว่า 20 ตัวอย่าง และควรจะมีเก็บตัวอย่างปูที่ศึกษามากกว่า 1 แห่งในแต่ละจังหวัด เพื่อให้การวิเคราะห์ผลงานวิจัยเป็นที่เชื่อถือได้ นอกจากนี้อาจทำงานวิจัยเพิ่มเติมโดยเลือกศึกษาเอนไซม์ชนิดใดชนิดหนึ่งที่มีบทบาทสำคัญในกระบวนการเมตาบอลิซึมของปูนา และเป็นเอนไซม์ที่มีอยู่ในปูนาหลาย ๆ ชนิดเหมือนกัน จะได้เป็นข้อมูลที่ใช้ในการเปรียบเทียบความแปรผันทางพันธุกรรม และยังใช้เป็นข้อมูลเพื่อสนับสนุนการจัดจำแนกชนิดของปูนาต่อไป

บรรณานุกรม

บรรณานุกรม

- ถวิล ประมวล. อนุกรมวิธานของปูนาและลักษณะของโกโนพอด,โอสมมาติเดียม โดยกล้อง จุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด. วิทยานิพนธ์ วท.ม. กรุงเทพฯ : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2533. ถ่ายเอกสาร.
- ปราณี อานเป็รื่อง. เอนไซม์ในอาหาร ตอนที่ 1. กรุงเทพฯ : ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, ตุลาคม, 2533.
- ไพบูลย์ นัยเนตร. “การกระจายทางภูมิศาสตร์ของปูน้ำจืดในประเทศไทย,” วารสารภูมิศาสตร์. 3(3):24-43 ; 2521.
- มนตรี จุฬาววัฒนทล. ชีวเคมี. กรุงเทพฯ ; ภาควิชาชีวเคมี มหาวิทยาลัยมหิดล, 2530.
- มานะ ชาวเมฆ. การศึกษาความแปรผันทางพันธุกรรมของปูนากลุ่ม *Somanniathelphusa dugasti* ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนล่างของประเทศไทยโดยวิธีอิเล็กโทรโฟรีซิส. วิทยานิพนธ์ วท.ม. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร, 2536. ถ่ายเอกสาร.
- ศรมน โพธิ์ทอง. การศึกษาความแปรผันทางพันธุกรรมของปูนา 2 ชนิด *Somanniathelphusa gemaini* (Rathbun,1902) กับ *Somanniathelphusa bangkokensis* (Naiyanetr, 1982) ในภาคกลางของประเทศไทยโดยวิธีอิเล็กโทรโฟรีซิส. วิทยานิพนธ์ วท.ม. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร, 2536. ถ่ายเอกสาร.
- สุทธิ อ้นเจ็ก. การศึกษาความแปรผันทางพันธุกรรมของปูน้ำจืดชนิด *Somanniathelphusa dugasti* ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย โดยวิธีอิเล็กโทรโฟรีซิส. วิทยานิพนธ์ วท.ม. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร, 2534. ถ่ายเอกสาร.

สุนันทา ภิญญารัตน์. ปฏิบัติการชีวเคมี 1. กรุงเทพฯ : คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล, 2527.

Buroker, N.E. , W.K. Hershberger. and K.K. Chew. "Population Genetics of the Family Ostreidae. I. Intraspecific Studies of *Crassostrea gigas* and *Saccostrea commercialis*," Marine Biology. 54:157-169; 1979.

Dolina, M. and R. Peduzzi. "Population Genetics of Human, Animal, and Environmental *Yersinia* Strains," Appl. Environ. Microbiol. 59(2): 442-450 ; 1993.

Eisenthal, R. and M.J. Danson. Enzyme Assays A Practical Approach. New York : Oxford University Press Inc., 1993.

Hubby, J.L. and R.C. Lewontin. "A Molecular Approach to the Study of Genetic Heterozygosity in Natural Populations. I. The Number of Alleles at Different Loci in *Drosophila pseudoobscura*," Genetics. 54:577-594 ; 1966.

Kijviriya, V. "The Studies of the Asiatic Clams (*Corbicula*, MUHLFED, 1811) in Thailand : Electrophoretic Estimates of Enzyme Variation and the Use of Anatomy as a Species Indicator," Ph.d. Thesis, Mahidol University ; 1990.

Lewontin, R.C. "Twenty-Five Years Ago in Genetics : Electrophoresis in the Development of Evolutionary Genetics : Milestone or Millstone," Genetics. 128:657-662 ; 1991.

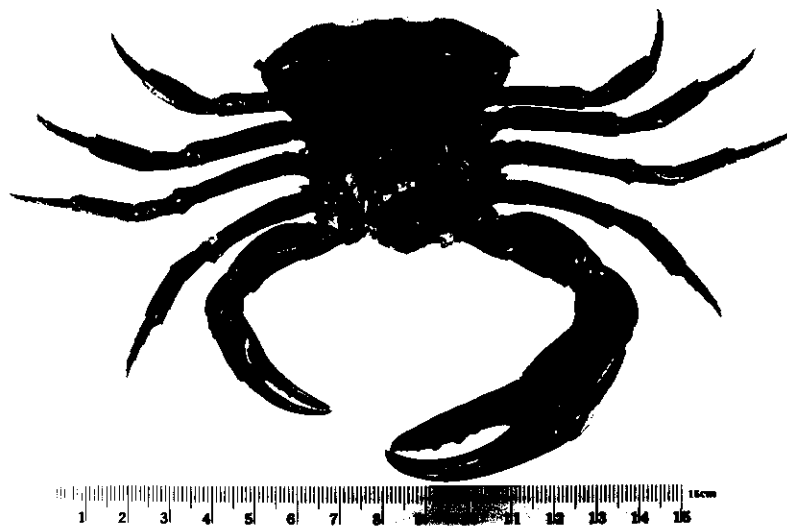
Mully, J.C. and B.D.H. Latter. "Genetic Variation and Evolution Relationship within a Group of Thirteen Species of Panaeid Prawns," Evolution. 34(5): 904-916 ; 1980.

Naiyanetr, P. "On Three New Genera of Thai Ricefield Crab Allied to *Somanniathelphusa* Bott, 1968 (Crustacea: Decapoda: Brachyura: Parathelphusidae)," Raffles Bulletin of Zoology. 42(3) : 695-700; 1994.

Nei, M. Molecular Population Genetics and Evolution. New York; North-Holland Publishing Company, Inc; 1975.

- Pasteur, N. and others. Practical Isozyme Genetics. English Edition Ellis Horwood Limited; 215p ; 1988.
- Pechenik, A. J. Biology of the Invertebrates. USA; Wm. C. Brown Publishers; 1991.
- Richardson, B.J. , P.R. Baverstock and M. Adams. Allozyme Electrophoresis : A Handbook for Animal Systematics and Population Studies. Academic press; 401p ; 1986.
- Selender, R.K. , S.Y. Yang , R.C. Lewontin and W.E. Johnson. "Genetic Variation in the Horseshoe Crab (*Limulus polyphemus*), a Phylogenetic "Relic", "Evolution. 24:402-414 ; 1970.
- Shaw, R.C. and R. Prasad. "Starch Gel Electrophoresis of Enzymes- A Compilation of Recipies," Biochem. Genet. 4:297-320 ; 1970.
- Steiner, W.W.M. and D.J. Joslyn. "Electrophoretic Techniques Use for the Genetic Study of Mosquitoes," Mosquito News. 39(1):35-54 ; 1979.
- Steiner, W.W.M. , K.C. Sung and Y.K. Park. "Electrophoretic Variability in Island Populations of *Drosophila simulans* and *Drosophila immigrans*," Biochem. Genet. 14:495-505 ; 1976.
- Yong, H.S. and others. "Genetic Variation in the Malaria Mosquito Vector *Anopheles maculatus* from Peninsular Malaysia," Southeast Asian. J. Trop. Med. PUB. Hlth. 19(4):681-687 ; 1988.

ภาคผนวก



ภาพประกอบ 25 แสดง hepatopancreas ของปูนา *S. bangkokensis*

ตาราง 10 จีโนไทป์ของเอนไซม์แอซิดฟอสฟาเตส (ACP)

จังหวัด ตำแหน่ง	พระนครศรีอยุธยา			ลพบุรี			สุพรรณบุรี			อ่างทอง		
	ACP ₁	ACP ₂	ACP ₃	ACP ₁	ACP ₂	ACP ₃	ACP ₁	ACP ₂	ACP ₃	ACP ₁	ACP ₂	ACP ₃
1	A ₁ A ₂	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₁ A ₂	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₁ A ₂	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₁ A ₂	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁
2	A ₂ A ₂	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₂ A ₂	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₁ A ₂	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁
3	A ₂ A ₂	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₁ A ₂	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₂ A ₂	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₂ A ₂	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁
4	A ₂ A ₂	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₂ A ₂	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₁ A ₂	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₂ A ₂	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁
5	A ₁ A ₂	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₁ A ₂	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₁ A ₂	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₁ A ₂	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁
6	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₂ A ₂	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₁ A ₂	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁
7	A ₁ A ₂	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₂ A ₂	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₁ A ₂	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₁ A ₂	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁
8	A ₁ A ₂	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₂ A ₂	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₂ A ₂	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₂ A ₂	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁
9	A ₁ A ₂	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₂ A ₂	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₂ A ₂	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁
10	A ₂ A ₂	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₁ A ₂	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₁ A ₂	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₁ A ₂	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁
11	A ₁ A ₂	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₁ A ₂	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₁ A ₂	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₂ A ₂	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁
12	A ₁ A ₂	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₁ A ₂	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₂ A ₂	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₂ A ₂	-	A ₁ A ₁
13	A ₂ A ₂	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₂ A ₂	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₁ A ₂	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₁ A ₂	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁
14	A ₁ A ₂	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₁ A ₂	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₁ A ₂	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁
15	A ₂ A ₂	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₁ A ₂	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₁ A ₂	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₁ A ₂	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁
16	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₁ A ₂	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₁ A ₂	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₁ A ₂	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁
17	A ₁ A ₂	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₂ A ₂	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₂ A ₂	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₁ A ₂	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁
18	A ₁ A ₂	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	-	A ₁ A ₁	A ₁ A ₂	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₂ A ₂	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁
19	A ₁ A ₂	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₁ A ₂	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₁ A ₂	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₁ A ₂	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁
20	A ₁ A ₂	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₁ A ₂	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₁ A ₂	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₁ A ₂	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁
A ₁	16	40	40	16	38	40	14	40	40	16	38	40
A ₂	24	-	-	24	-	-	26	-	-	24	-	-

ตาราง 11 จีโนไทป์ของเอนไซม์อัลคาไลน์ฟอสฟาเตส (AKP)

จังหวัด ตำแหน่ง	พระนครศรีอยุธยา	ลพบุรี	สุพรรณบุรี	อ่างทอง
1	A_1A_2	A_1A_2	A_1A_2	A_1A_2
2	A_1A_2	A_1A_2	A_1A_2	A_1A_2
3	A_1A_2	A_1A_1	A_1A_2	A_1A_2
4	A_1A_2	A_1A_1	A_2A_2	A_2A_2
5	A_1A_2	A_1A_2	A_2A_2	A_1A_2
6	A_1A_2	A_1A_2	A_1A_2	A_1A_2
7	A_1A_2	A_1A_2	A_1A_2	A_1A_2
8	A_2A_2	A_1A_2	A_1A_2	A_1A_1
9	A_1A_2	A_1A_1	A_2A_2	A_1A_1
10	A_2A_2	A_1A_1	A_1A_2	A_1A_2
11	A_2A_2	A_1A_2	A_1A_2	A_2A_2
12	A_1A_2	A_1A_1	A_1A_2	A_1A_2
13	A_1A_2	A_1A_1	A_2A_2	A_1A_2
14	A_2A_2	A_1A_2	A_1A_2	A_1A_2
15	A_1A_2	A_1A_2	A_2A_2	A_1A_2
16	A_1A_2	A_2A_2	A_1A_2	A_1A_1
17	A_1A_2	A_2A_2	A_2A_2	A_2A_2
18	A_1A_2	A_1A_2	A_1A_2	A_2A_2
19	A_2A_2	A_2A_2	A_1A_2	A_1A_2
20	A_2A_2	A_1A_2	A_1A_1	A_2A_2
A_1	14	23	16	17
A_2	26	17	24	23

ตาราง 12 จีโนไทป์ของเอนไซม์อัลดีไฮด์ออกซิเดส (ALDOX)

จังหวัด ตำแหน่ง	พระนครศรีอยุธยา		ลพบุรี		สุพรรณบุรี		อ่างทอง	
	ALDOX ₁	ALDOX ₂	ALDOX ₁	ALDOX ₂	ALDOX ₁	ALDOX ₂	ALDOX ₁	ALDOX ₂
1	A ₁ A ₂	A ₁ A ₁	A ₁ A ₂	A ₁ A ₁	A ₁ A ₂	A ₁ A ₁	A ₁ A ₂	A ₁ A ₁
2	A ₁ A ₂	A ₁ A ₁	A ₁ A ₂	A ₁ A ₁	A ₂ A ₂	A ₁ A ₁	A ₂ A ₂	A ₁ A ₁
3	A ₁ A ₂	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₂ A ₂	A ₁ A ₁	A ₂ A ₂	A ₁ A ₁
4	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₁ A ₂	A ₁ A ₁	A ₁ A ₂	A ₁ A ₁	A ₁ A ₂	A ₁ A ₁
5	A ₂ A ₂	A ₁ A ₁	-	A ₁ A ₁	A ₂ A ₂	A ₁ A ₁	A ₁ A ₂	A ₁ A ₁
6	A ₁ A ₂	A ₁ A ₁	-	A ₁ A ₁	A ₁ A ₂	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁
7	A ₁ A ₂	A ₁ A ₁	A ₁ A ₂	A ₁ A ₁	A ₁ A ₂	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁
8	A ₁ A ₂	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	-	A ₁ A ₁
9	A ₂ A ₂	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₁ A ₂	A ₁ A ₁	A ₁ A ₂	A ₁ A ₁
10	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₁ A ₂	A ₁ A ₁
11	-	A ₁ A ₁	A ₁ A ₂	A ₁ A ₁	A ₁ A ₂	A ₁ A ₁	A ₁ A ₂	A ₁ A ₁
12	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₁ A ₂	A ₁ A ₁
13	A ₂ A ₂	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₁ A ₂	A ₁ A ₁
14	A ₁ A ₂	A ₁ A ₁	A ₁ A ₂	A ₁ A ₁	-	A ₁ A ₁	-	A ₁ A ₁
15	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₁ A ₂	A ₁ A ₁	A ₂ A ₂	A ₁ A ₁
16	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₁ A ₂	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁
17	A ₂ A ₂	A ₁ A ₁	A ₁ A ₂	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁
18	A ₂ A ₂	A ₁ A ₁	A ₁ A ₂	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₁ A ₂	A ₁ A ₁
19	A ₁ A ₂	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₂ A ₂	A ₁ A ₁
20	A ₂ A ₂	A ₁ A ₁	A ₂ A ₂	A ₁ A ₁	A ₁ A ₂	A ₁ A ₁	A ₁ A ₂	A ₁ A ₁
A ₁	18	40	26	40	23	40	18	40
A ₂	20	-	10	-	15	-	18	-

ตาราง 13 จีโนไทป์ของเอนไซม์อะเลส (CAT)

จังหวัด ตำแหน่ง	พระนครศรีอยุธยา	ลพบุรี	สุพรรณบุรี	อ่างทอง
1	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁
2	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁
3	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁
4	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁
5	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁
6	-	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁
7	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁
8	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁
9	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁
10	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁
11	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁
12	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁
13	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁
14	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁
15	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁
16	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁
17	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁
18	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁
19	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁
20	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁
A ₁	38	40	40	40
A ₂	-	-	-	-

ตาราง 14 จีโนไทป์ของเอนไซม์เอสเทอร์เอส (EST)

จังหวัด ตำแหน่ง	พระนครศรีอยุธยา			ลพบุรี			สุพรรณบุรี			อ่างทอง		
	EST ₁	EST ₂	EST ₃	EST ₁	EST ₂	EST ₃	EST ₁	EST ₂	EST ₃	EST ₁	EST ₂	EST ₃
1	A ₂ A ₂	A ₁ A ₁	A ₁ A ₂	A ₁ A ₂	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	-	-	-	A ₁ A ₂	A ₁ A ₁	A ₁ A ₂
2	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₁ A ₂	A ₂ A ₂	A ₁ A ₁	A ₁ A ₂	A ₁ A ₂	A ₁ A ₁	A ₁ A ₂	A ₁ A ₂	A ₁ A ₁	A ₁ A ₂
3	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₁ A ₂	A ₁ A ₂	A ₁ A ₁	A ₁ A ₂	A ₁ A ₂	A ₁ A ₁	A ₁ A ₂	A ₂ A ₂	A ₁ A ₁	A ₁ A ₂
4	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₁ A	A ₁ A ₂	A ₁ A ₁	A ₁ A ₂	A ₂ A ₂	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₁ A ₂	A ₁ A ₁	A ₁ A ₂
5	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₁ A ₂	A ₁ A ₂	A ₁ A ₁	A ₁ A ₂	A ₂ A ₂	A ₁ A ₁	A ₂ A ₂	A ₁ A ₂	A ₁ A ₁	A ₁ A ₂
6	A ₂ A ₂	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₂ A ₂	A ₁ A ₁	A ₁ A ₂	A ₁ A ₂	A ₁ A ₁	A ₁ A ₂	A ₁ A ₂	A ₁ A ₁	A ₂ A ₂
7	A ₁ A ₂	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₁ A ₂	A ₁ A ₁	A ₁ A ₂	A ₁ A ₂	A ₁ A ₁	A ₁ A ₂	A ₂ A ₂	A ₁ A ₁	A ₂ A ₂
8	A ₁ A ₂	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₁ A ₂	A ₂ A ₂	A ₁ A ₁	A ₁ A ₂	A ₁ A ₂	A ₁ A ₁	A ₁ A ₂
9	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₁ A ₂	A ₂ A ₂	A ₁ A ₁	A ₁ A ₂	A ₁ A ₂	A ₁ A ₁	A ₁ A ₂
10	A ₂ A ₂	A ₁ A ₁	A ₁ A ₂	A ₁ A ₂	A ₁ A ₁	A ₁ A ₂	A ₁ A ₂	A ₁ A ₁	A ₁ A ₂	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₁ A ₂
11	A ₁ A ₂	A ₁ A ₁	A ₁ A ₂	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₁ A ₂	A ₂ A ₂	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₁ A ₂	A ₁ A ₁	A ₁ A ₂
12	A ₁ A ₂	A ₁ A ₁	A ₁ A ₂	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₁ A ₂	A ₂ A ₂	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₁ A ₂	A ₁ A ₁	A ₁ A ₂
13	A ₁ A ₂	A ₁ A ₁	A ₁ A ₂	A ₂ A ₂	A ₁ A ₁	A ₁ A ₂	A ₂ A ₂	A ₁ A ₁	A ₁ A ₂	A ₂ A ₂	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁
14	-	A ₁ A ₁	A ₂ A ₂	A ₁ A ₂	A ₁ A ₁	A ₁ A ₂	A ₂ A ₂	A ₁ A ₁	A ₁ A ₂	A ₂ A ₂	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁
15	A ₁ A ₂	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₁ A ₂	A ₁ A ₁	A ₁ A ₂	A ₂ A ₂	A ₁ A ₁	A ₁ A ₂	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₂ A ₂
16	A ₂ A ₂	A ₁ A ₁	A ₁ A ₂	A ₂ A ₂	A ₁ A ₁	A ₁ A ₂	A ₁ A ₂	A ₁ A ₁	A ₁ A ₂	A ₁ A ₂	A ₁ A ₁	A ₁ A ₂
17	A ₂ A ₂	A ₁ A ₁	A ₁ A ₂	A ₂ A ₂	A ₁ A ₁	A ₁ A ₂	A ₁ A ₂	A ₁ A ₁	A ₁ A ₂	A ₁ A ₂	A ₁ A ₁	A ₁ A ₂
18	A ₁ A ₂	A ₁ A ₁	A ₁ A ₂	A ₁ A ₂	A ₁ A ₁	A ₁ A ₂	A ₁ A ₂	A ₁ A ₁	A ₁ A ₂	A ₂ A ₂	A ₁ A ₁	A ₁ A ₂
19	A ₁ A ₂	A ₁ A ₁	A ₁ A ₂	A ₁ A ₂	A ₁ A ₁	A ₁ A ₂	A ₁ A ₂	A ₁ A ₁	A ₁ A ₂	A ₂ A ₂	A ₁ A ₁	A ₁ A ₂
20	A ₂ A ₂	A ₁ A ₁	A ₁ A ₂	A ₂ A ₂	A ₁ A ₁	A ₁ A ₂	A ₁ A ₂	A ₁ A ₁	A ₁ A ₂	A ₁ A ₂	A ₁ A ₁	A ₁ A ₂
A ₁	18	40	24	17	40	20	11	38	19	16	40	18
A ₂	20	-	16	23	-	20	27	-	19	24	-	22

ตาราง 15 จีโนไทป์ของเอนไซม์กลูโคส-6-ฟอสเฟตดีไฮโดรจีเนส (G-6-PD)

จังหวัด ตำแหน่ง	พระนครศรีอยุธยา	ลพบุรี	สุพรรณบุรี	อ่างทอง
1	A_1A_2	A_1A_1	A_1A_2	A_1A_1
2	A_2A_2	A_2A_2	A_1A_1	A_1A_2
3	A_1A_1	A_1A_2	A_1A_1	A_1A_2
4	A_1A_2	A_2A_2	A_1A_2	A_1A_2
5	A_1A_2	A_1A_2	A_1A_2	A_1A_1
6	A_1A_2	A_1A_1	A_2A_2	A_1A_2
7	A_1A_1	A_1A_1	A_1A_2	A_2A_2
8	A_1A_1	A_1A_2	A_1A_2	A_2A_2
9	A_1A_2	A_1A_2	A_2A_2	A_1A_2
10	A_1A_2	A_1A_2	A_1A_2	A_1A_1
11	A_1A_2	A_1A_2	A_2A_2	A_1A_2
12	A_1A_1	A_1A_2	A_1A_1	A_2A_2
13	A_1A_1	A_1A_1	A_1A_2	A_1A_1
14	A_1A_2	A_1A_1	A_1A_2	A_1A_2
15	A_1A_2	A_1A_2	A_1A_2	A_1A_1
16	A_1A_2	A_1A_2	A_1A_1	A_1A_2
17	A_1A_2	A_1A_2	A_1A_1	A_1A_2
18	A_1A_2	A_1A_2	A_1A_2	A_1A_2
19	A_1A_2	A_1A_2	A_1A_2	A_1A_2
20	A_1A_2	A_1A_2	A_1A_2	A_1A_2
A_1	24	23	22	22
A_2	16	17	18	18

ตาราง 16 จีโนไทป์ของเอนไซม์ไฮดรอกซีบิวไทเรตดีไฮโดรจีเนส (HBDH)

จังหวัด ตำแหน่ง	พระนครศรีอยุธยา	ลพบุรี	สุพรรณบุรี	อ่างทอง
1	A_1A_1	A_1A_1	A_1A_1	A_1A_1
2	A_1A_1	-	A_1A_1	A_1A_1
3	A_1A_1	A_1A_1	A_1A_1	A_1A_1
4	A_1A_1	A_1A_1	A_1A_1	A_1A_1
5	A_1A_1	A_1A_1	A_1A_1	A_1A_1
6	A_1A_1	A_1A_1	A_1A_1	A_1A_1
7	A_1A_1	A_1A_1	A_1A_1	A_1A_1
8	A_1A_1	A_1A_1	A_1A_1	A_1A_1
9	A_1A_1	A_1A_1	A_1A_1	A_1A_1
10	A_1A_1	A_1A_1	A_1A_1	A_1A_1
11	A_1A_1	-	A_1A_1	A_1A_1
12	A_1A_1	A_1A_1	A_1A_1	A_1A_1
13	A_1A_1	A_1A_1	A_1A_1	A_1A_1
14	-	A_1A_1	A_1A_1	A_1A_1
15	A_1A_1	A_1A_1	A_1A_1	A_1A_1
16	A_1A_1	A_1A_1	A_1A_1	A_1A_1
17	A_1A_1	A_1A_1	A_1A_1	A_1A_1
18	A_1A_1	A_1A_1	A_1A_1	A_1A_1
19	A_1A_1	A_1A_1	A_1A_1	A_1A_1
20	A_1A_1	A_1A_1	A_1A_1	A_1A_1
A_1	38	36	40	40
A_2	-	-	-	-

ตาราง 17 จีโนไทป์ของเอนไซม์มาเลตดีไฮโดรจีเนส (MDH)

จังหวัด ตำแหน่ง	พระนครศรีอยุธยา		ลพบุรี		สุพรรณบุรี		อ่างทอง	
	MDH ₁	MDH ₂	MDH ₁	MDH ₂	MDH ₁	MDH ₂	MDH ₁	MDH ₂
1	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁
2	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁
3	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁
4	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁
5	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁
6	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁
7	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁
8	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁
9	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁
10	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁
11	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁
12	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁
13	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁
14	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁
15	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁
16	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁
17	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁
18	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁
19	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁
20	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁
A ₁	40	40	40	40	40	40	40	40
A ₂	-	-	-	-	-	-	-	-

ตาราง 18 จีโนไทป์ของเอนไซม์มาลิคเอนไซม์ (ME)

จังหวัด ตำแหน่ง	พระนครศรีอยุธยา	ลพบุรี	สุพรรณบุรี	อ่างทอง
1	A ₁ A ₁	-	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁
2	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁
3	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁
4	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁
5	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁
6	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁
7	-	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁
8	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁
9	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁
10	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁
11	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	-	A ₁ A ₁
12	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁
13	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁
14	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁
15	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁
16	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁
17	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁
18	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁
19	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁
20	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁
A ₁	38	38	38	40
A ₂	-	-	-	-

ตาราง 19 จีโนไทป์ของเอนไซม์ออกทานอลดีไฮโดรจีเนส (ODH)

จังหวัด ตำแหน่ง	พระนครศรีอยุธยา		ลพบุรี		สุพรรณบุรี		อ่างทอง	
	ODH ₁	ODH ₂	ODH ₁	ODH ₂	ODH ₁	ODH ₂	ODH ₁	ODH ₂
1	A ₁ A ₂	A ₁ A ₁	A ₂ A ₂	A ₁ A ₁	A ₁ A ₂	A ₁ A ₁	A ₁ A ₂	A ₁ A ₁
2	A ₁ A ₂	A ₁ A ₁	A ₂ A ₂	A ₁ A ₁	A ₂ A ₂	A ₁ A ₁	A ₁ A ₂	A ₁ A ₁
3	A ₂ A ₂	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₂ A ₂	A ₁ A ₁	A ₂ A ₂	A ₁ A ₁
4	A ₂ A ₂	A ₁ A ₁	A ₂ A ₂	A ₁ A ₁	A ₁ A ₂	A ₁ A ₁	A ₂ A ₂	A ₁ A ₁
5	A ₂ A ₂	A ₁ A ₁	A ₂ A ₂	A ₁ A ₁	A ₂ A ₂	A ₁ A ₁	A ₂ A ₂	A ₁ A ₁
6	A ₂ A ₂	A ₁ A ₁	A ₁ A ₂	A ₁ A ₁	A ₁ A ₂	A ₁ A ₁	A ₂ A ₂	A ₁ A ₁
7	A ₁ A ₂	A ₁ A ₁	A ₁ A ₂	A ₁ A ₁	A ₁ A ₂	A ₁ A ₁	A ₂ A ₂	A ₁ A ₁
8	A ₁ A ₂	A ₁ A ₁	A ₂ A ₂	A ₁ A ₁	A ₂ A ₂	A ₁ A ₁	A ₂ A ₂	A ₁ A ₁
9	A ₂ A ₂	A ₁ A ₁	A ₂ A ₂	A ₁ A ₁	A ₂ A ₂	A ₁ A ₁	A ₂ A ₂	A ₁ A ₁
10	A ₂ A ₂	A ₁ A ₁	A ₁ A ₂	A ₁ A ₁	A ₂ A ₂	A ₁ A ₁	A ₁ A ₂	A ₁ A ₁
11	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₁ A ₂	A ₁ A ₁	A ₁ A ₂	A ₁ A ₁	A ₁ A ₂	A ₁ A ₁
12	A ₁ A ₂	A ₁ A ₁	A ₁ A ₂	A ₁ A ₁	A ₂ A ₂	A ₁ A ₁	A ₂ A ₂	A ₁ A ₁
13	A ₂ A ₂	A ₁ A ₁	A ₂ A ₂	A ₁ A ₁	A ₂ A ₂	A ₁ A ₁	A ₂ A ₂	A ₁ A ₁
14	A ₂ A ₂	A ₁ A ₁	A ₂ A ₂	A ₁ A ₁	A ₂ A ₂	A ₁ A ₁	A ₂ A ₂	A ₁ A ₁
15	A ₁ A ₂	A ₁ A ₁	A ₂ A ₂	A ₁ A ₁	A ₁ A ₂	A ₁ A ₁	A ₁ A ₂	A ₁ A ₁
16	A ₁ A ₂	A ₁ A ₁	A ₂ A ₂	A ₁ A ₁	A ₂ A ₂	A ₁ A ₁	A ₂ A ₂	A ₁ A ₁
17	A ₁ A ₂	A ₁ A ₁	A ₁ A ₂	A ₁ A ₁	A ₂ A ₂	A ₁ A ₁	A ₁ A ₂	A ₁ A ₁
18	A ₂ A ₂	A ₁ A ₁	A ₂ A ₂	A ₁ A ₁	A ₂ A ₂	A ₁ A ₁	A ₂ A ₂	A ₁ A ₁
19	A ₁ A ₂	A ₁ A ₁	A ₁ A ₂	A ₁ A ₁	A ₁ A ₂	A ₁ A ₁	A ₂ A ₂	A ₁ A ₁
20	A ₂ A ₂	A ₁ A ₁	A ₁ A ₂	A ₁ A ₁	A ₂ A ₂	A ₁ A ₁	A ₂ A ₂	A ₁ A ₁
A ₁	11	40	10	40	7	40	7	40
A ₂	29	-	30	-	33	-	33	-

ตาราง 20 จีโนไทป์ของเอนไซม์ฟอสโฟกลูโคมิวเตส (PGM)

จังหวัด ตำแหน่ง	พระนครศรีอยุธยา	ลพบุรี	สุพรรณบุรี	อ่างทอง
1	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁
2	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁
3	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁
4	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁
5	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁
6	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁
7	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁
8	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	-
9	A ₁ A ₁	-	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁
10	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁
11	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁
12	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	-	A ₁ A ₁
13	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁
14	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁
15	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	-	A ₁ A ₁
16	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁
17	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁
18	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁
19	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁
20	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁
A ₁	40	38	36	38
A ₂	-	-	-	-

ตาราง 21 จีโนไทป์ของเอนไซม์ซูเปอร์ออกไซด์ดิสมิวเตส (SOD)

จังหวัด ตำแหน่ง	พระนครศรีอยุธยา		ลพบุรี		สุพรรณบุรี		อ่างทอง	
	SOD ₁	SOD ₂	SOD ₁	SOD ₂	SOD ₁	SOD ₂	SOD ₁	SOD ₂
1	A ₁ A ₂	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₁ A ₂	A ₁ A ₁	A ₁ A ₂	A ₁ A ₁
2	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₁ A ₂	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₁ A ₂	A ₁ A ₁
3	A ₁ A ₂	A ₁ A ₁	A ₁ A ₂	A ₁ A ₁	A ₁ A ₂	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁
4	A ₁ A ₂	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₁ A ₂	A ₁ A ₁	A ₁ A ₂	A ₁ A ₁
5	A ₁ A ₂	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₁ A ₂	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁
6	A ₁ A ₂	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁
7	A ₁ A ₂	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₁ A ₂	A ₁ A ₁	A ₁ A ₂	A ₁ A ₁
8	A ₁ A ₂	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₁ A ₂	A ₁ A ₁	A ₁ A ₂	A ₁ A ₁
9	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₁ A ₂	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₁ A ₂	A ₁ A ₁
10	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₂ A ₂	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁
11	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₁ A ₂	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁
12	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₁ A ₂	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁
13	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁
14	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₁ A ₂	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁
15	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₁ A ₂	A ₁ A ₁	A ₁ A ₂	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁
16	A ₁ A ₂	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁
17	A ₁ A ₂	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₁ A ₂	A ₁ A ₁	A ₁ A ₂	A ₁ A ₁
18	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₁ A ₂	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₁ A ₂	A ₁ A ₁
19	A ₂ A ₂	A ₁ A ₁	A ₂ A ₂	A ₁ A ₁	A ₁ A ₂	A ₁ A ₁	A ₁ A ₂	A ₁ A ₁
20	A ₂ A ₂	A ₁ A ₁	A ₂ A ₂	A ₁ A ₁	A ₁ A ₂	A ₁ A ₁	A ₂ A ₂	A ₁ A ₁
A ₁	27	40	29	40	27	40	30	40
A ₂	13	-	11	-	13	-	10	-

ตาราง 22 จีโนไทป์ของเอนไซม์แซนทีนดีไฮโดรจีเนส (XDH)

จังหวัด ตำแหน่ง	พระนครศรีอยุธยา	ลพบุรี	สุพรรณบุรี	อ่างทอง
1	A_1A_1	A_1A_1	A_1A_1	A_1A_1
2	A_1A_1	A_1A_1	A_1A_1	A_1A_1
3	A_1A_1	A_1A_1	A_1A_1	A_1A_1
4	A_1A_1	A_1A_1	A_1A_1	A_1A_1
5	A_1A_1	A_1A_1	A_1A_1	A_1A_1
6	A_1A_1	A_1A_1	A_1A_1	A_1A_1
7	A_1A_1	A_1A_1	A_1A_1	A_1A_1
8	A_1A_1	A_1A_1	A_1A_1	A_1A_1
9	A_1A_1	A_1A_1	A_1A_1	A_1A_1
10	A_1A_1	A_1A_1	A_1A_1	A_1A_1
11	A_1A_1	A_1A_1	A_1A_1	A_1A_1
12	A_1A_1	A_1A_1	A_1A_1	A_1A_1
13	A_1A_1	A_1A_1	A_1A_1	A_1A_1
14	A_1A_1	A_1A_1	A_1A_1	A_1A_1
15	A_1A_1	A_1A_1	A_1A_1	A_1A_1
16	A_1A_1	A_1A_1	A_1A_1	A_1A_1
17	A_1A_1	A_1A_1	A_1A_1	A_1A_1
18	A_1A_1	A_1A_1	A_1A_1	A_1A_1
19	A_1A_1	A_1A_1	A_1A_1	A_1A_1
20	A_1A_1	A_1A_1	A_1A_1	A_1A_1
A_1	40	40	40	40
A_2	-	-	-	-

ตาราง 23 จำนวนของจีโนไทป์ (number of genotype)

จังหวัด ตำแหน่ง	พระนครศรีอยุธยา	ลพบุรี	สุพรรณบุรี	อ่างทอง
ACP ₁				
(N)	20	20	20	20
A ₁ A ₁	2	3	-	2
A ₁ A ₂	12	10	14	12
A ₂ A ₂	6	7	6	6
ACP ₂				
(N)	20	19	20	19
A ₁ A ₁	20	19	20	19
ACP ₃				
(N)	20	20	20	20
A ₁ A ₁	20	20	20	20
AKP				
(N)	20	20	20	20
A ₁ A ₁	-	6	2	2
A ₁ A ₂	14	11	12	13
A ₂ A ₂	6	3	6	5
ALDOX ₁				
(N)	19	18	19	18
A ₁ A ₁	5	9	7	4
A ₁ A ₂	8	8	9	10
A ₂ A ₂	6	1	3	4

ตาราง 23 (ต่อ)

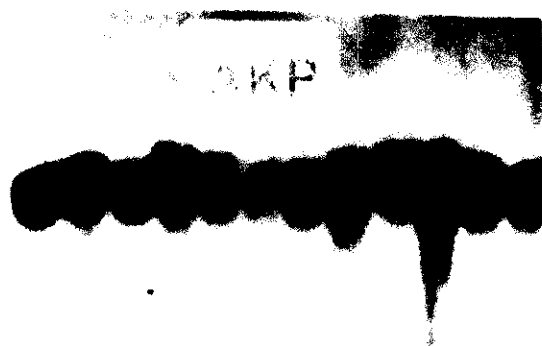
จังหวัด ตำแหน่ง	พระนครศรีอยุธยา	ลพบุรี	สุพรรณบุรี	อ่างทอง
ALDOX ₂				
(N)	20	20	20	20
A ₁ A ₁	20	20	20	20
CAT				
(N)	19	20	20	20
A ₁ A ₁	19	20	20	20
EST ₁				
(N)	19	20	19	20
A ₁ A ₁	5	3	-	2
A ₁ A ₂	8	11	11	12
A ₂ A ₂	6	8	8	6
EST ₂				
(N)	20	20	19	20
A ₁ A ₁	20	20	19	20
EST ₃				
(N)	20	20	19	20
A ₁ A ₁	5	-	2	2
A ₁ A ₂	14	20	15	14
A ₂ A ₂	1	-	2	4

ตาราง 23 (ต่อ)

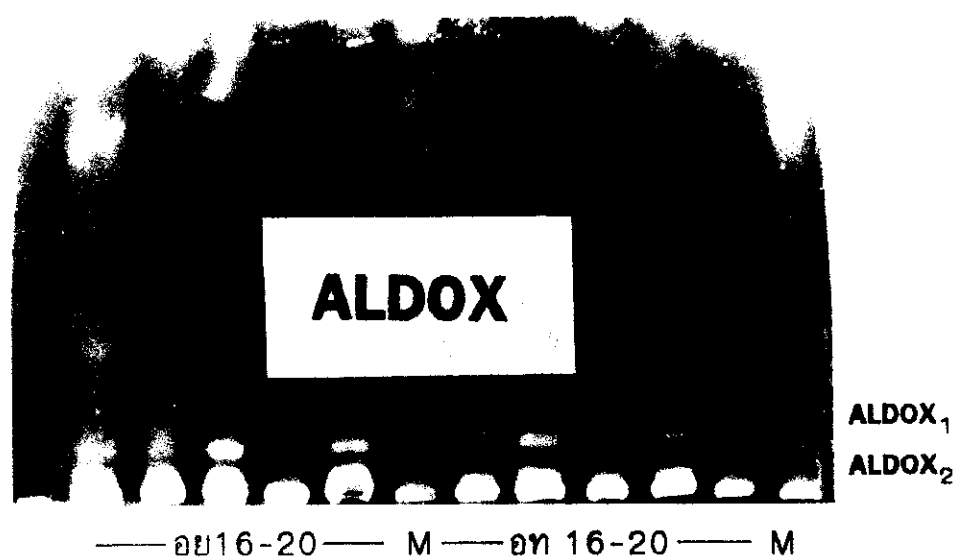
จังหวัด ตำแหน่ง	พระนครศรีอยุธยา	ลพบุรี	สุพรรณบุรี	อ่างทอง
G-6-PD				
(N)	20	20	20	20
A ₁ A ₁	5	5	5	5
A ₁ A ₂	14	13	12	12
A ₂ A ₂	1	2	3	3
HBDH				
(N)	19	18	20	20
A ₁ A ₁	19	18	20	20
MDH ₁				
(N)	20	20	20	20
A ₁ A ₁	20	20	20	20
MDH ₂				
(N)	20	20	20	20
A ₁ A ₁	20	20	20	20
ME				
(N)	19	19	19	20
A ₁ A ₁	19	19	19	20

ตาราง 23 (ต่อ)

จังหวัด ตำแหน่ง	พระนครศรีอยุธยา	ลพบุรี	สุพรรณบุรี	อ่างทอง
ODH ₁				
(N)	20	20	20	20
A ₁ A ₁	1	1	-	-
A ₁ A ₂	9	8	7	7
A ₂ A ₂	10	11	13	13
ODH ₂				
(N)	20	20	20	20
A ₁ A ₁	20	20	20	20
PGM				
(N)	20	19	18	19
A ₁ A ₁	20	19	18	19
SOD ₁				
(N)	20	20	20	20
A ₁ A ₁	9	11	8	11
A ₁ A ₂	9	7	11	8
A ₂ A ₂	2	2	1	1
SOD ₂				
(N)	20	20	20	20
A ₁ A ₁	20	20	20	20
XDH				
(N)	20	20	20	20
A ₁ A ₁	20	20	20	20



ภาพประกอบ 26 แสดงการเคลื่อนที่ของเอนไซม์ AKP

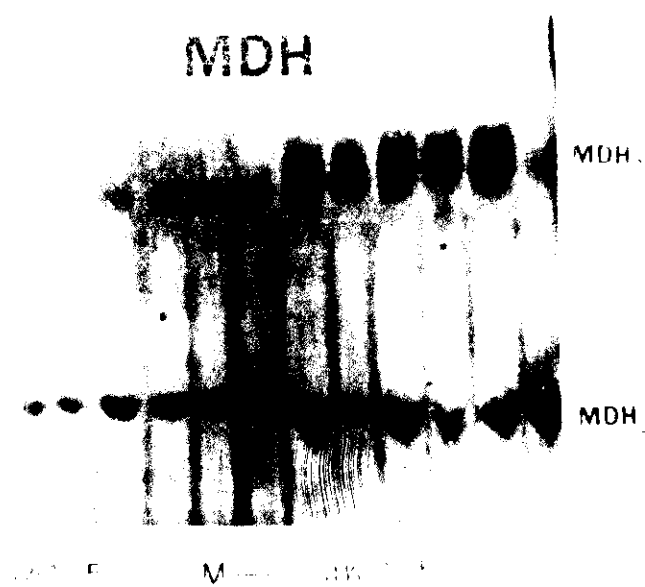


ภาพประกอบ 27 แสดงการเคลื่อนที่ของเอนไซม์ ALDOX

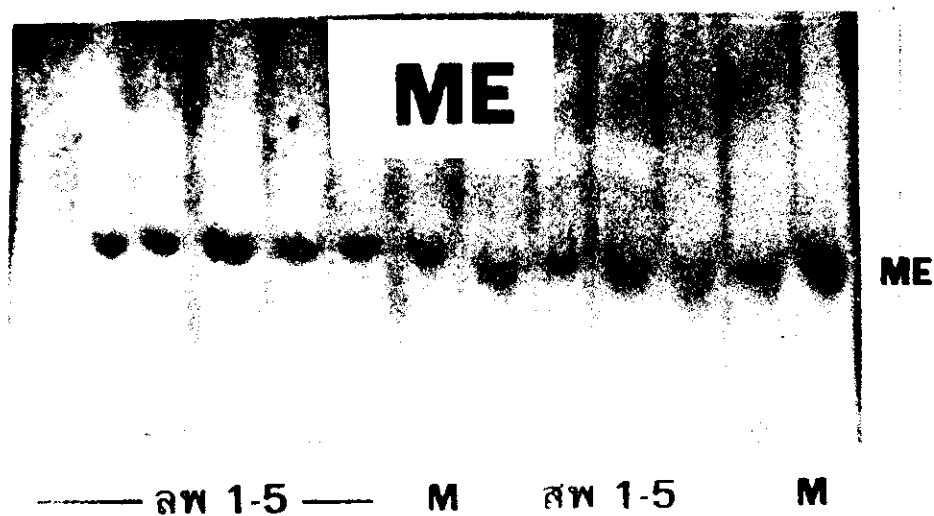
G-6-PD



ภาพประกอบ 28 แสดงการเคลื่อนที่ของเอนไซม์ G-6-PD



ภาพประกอบ 29 แสดงการเคลื่อนที่ของเอนไซม์ MDH

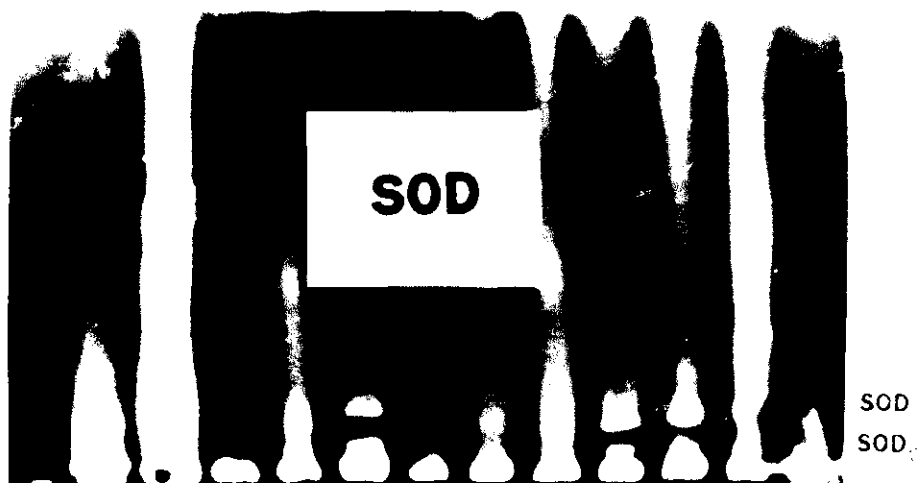


ภาพประกอบ 30 แสดงการเคลื่อนที่ของเอนไซม์ ME



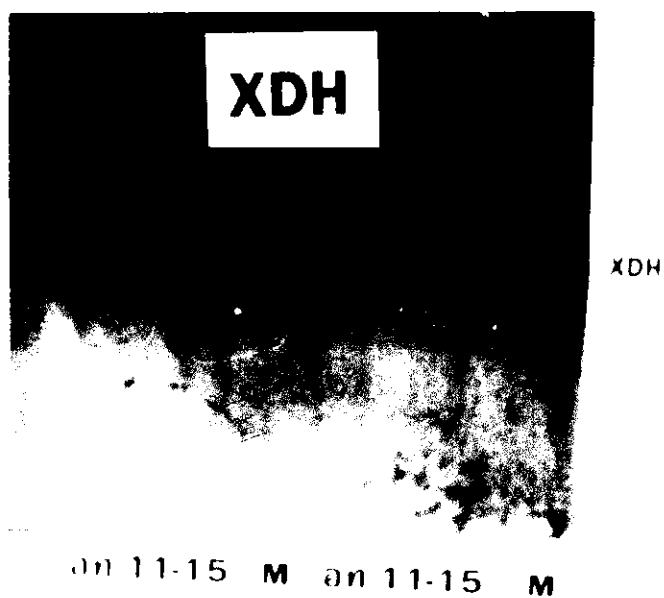
สพ 6-10 - M - สพ 6-10

ภาพประกอบ 31 แสดงการเคลื่อนที่ของแอนไซม์ PGM



อย 1-5 - M - -อย 1-5 - M

ภาพประกอบ 32 แสดงการเคลื่อนที่ของแอนไซม์ SOD



ภาพประกอบ 33 แสดงการเคลื่อนที่ของเอนไซม์ XDH

ภาคผนวก ข

1. สารละลายบัฟเฟอร์

1.1 ระบบบัฟเฟอร์ทริส-ซีเตรต pH 8.0 (T.C. 8.0)

1.1.1 สารละลายบัฟเฟอร์สำหรับเจล

ทริสมาเบส 2.772 กรัม

กรดซีตริก 1.0969 กรัม

ปรับ pH จนได้ 8.0

เติมน้ำกลั่นจนได้ปริมาตรรวม 1,000 มิลลิลิตร

1.1.2 สารละลายบัฟเฟอร์สำหรับอิเล็กโทรด

ทริสมาเบส 82.106 กรัม

กรดซีตริก 32.994 กรัม

ปรับ pH จนได้ 8.0

เติมน้ำกลั่นจนได้ปริมาตรรวม 1,000 มิลลิลิตร

1.2 ระบบบัฟเฟอร์ลิเทียมไฮดรอกไซด์-บอริก pH 8.0 (LiOH-Boric)

1.2.1 สารละลายบัฟเฟอร์สำหรับเจล

สารละลาย A : ลิเทียมไฮดรอกไซด์ 0.7185 กรัม

กรดบอริก 11.7477 กรัม

ปรับ pH จนได้ 8.1

เติมน้ำกลั่นจนได้ปริมาตรรวม 1,000 มิลลิลิตร

สารละลาย B : ทริสมาเบส 6.055 กรัม

กรดซีตริก 1.7143 กรัม

ปรับ pH จนได้ 8.4

เติมน้ำกลั่นจนได้ปริมาตรรวม 1,000 มิลลิลิตร

ใช้สารละลาย A 10 % และสารละลาย B 90 %

1.2.2 สารละลายบัฟเฟอร์สำหรับอิเล็กโทรด

ใช้สารละลาย A

1.3 ระบบบัฟเฟอร์ซีเอ-7 (CA-7)

1.3.1 สารละลายบัฟเฟอร์สำหรับเจล

ทริสมาเบส 1.1 กรัม

กรดซิตริก 0.63 กรัม

ปรับ pH จนได้ 7.10

เติมน้ำกลั่นจนได้ปริมาตรรวม 1,000 มิลลิลิตร

1.3.2 สารละลายบัฟเฟอร์สำหรับอิเล็กโทรด

ทริสมาเบส 16.35 กรัม

กรดซิตริก 8.4 กรัม

ปรับ pH จนได้ 6.90

เติมน้ำกลั่นจนได้ปริมาตรรวม 1,000 มิลลิลิตร

1.4 สารละลายบัฟเฟอร์ทริส-ไฮโดรคลอริก 0.2 โมล/ลิตร pH 8.0

ทริสมาเบส 24.2 กรัม

ปรับ pH จนได้ 8.0 ด้วยกรดไฮโดรคลอริก 0.1 โมลาร์

เติมน้ำกลั่นจนได้ปริมาตรรวม 1,000 มิลลิลิตร

1.5 สารละลายบัฟเฟอร์ทริส-ไฮโดรคลอริก 0.1 โมล/ลิตร pH 7.0

ทริสมาเบส 12.1 กรัม

ปรับ pH จนได้ 7.0 ด้วยกรดไฮโดรคลอริก 0.1 โมลาร์

เติมน้ำกลั่นจนได้ปริมาตรรวม 1,000 มิลลิลิตร

1.6 สารละลายฟอสเฟตบัฟเฟอร์ 0.1 โมล/ลิตร pH 7.0

โพแทสเซียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟต 13.6 กรัม

โซเดียมไฮดรอกไซด์ 2.36 กรัม

ปรับ pH จนได้ 7.0

เติมน้ำกลั่นจนได้ปริมาตรรวม 1,000 มิลลิลิตร

- 1.7 สารละลายอะซิเตตบัฟเฟอร์ 0.06 โมล/ลิตร pH 5.0
 โซเดียมอะซิเตต 6.8 กรัม
 กรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 1 โมลาร์ 14.8 มิลลิลิตร
 ปรับ pH จนได้ 5.0 ด้วยกรดไฮโดรคลอริก 1 โมลาร์
 เติมน้ำกลั่นจนได้ปริมาตรรวม 1,000 มิลลิลิตร

2. สารละลายที่ใช้ในการย้อมแอนไซม์

- 2.1 สารละลายหมายเลข 1
 แอลฟา-แนฟทิลอะซิเตต (α -naphthyl acetate) 1.0 กรัม
 เบตา-แนฟทิลอะซิเตต (β -naphthyl acetate) 1.0 กรัม
 อะซิโตน 50.0 มิลลิลิตร
 น้ำกลั่น 50.0 มิลลิลิตร
- 2.2 สารละลายหมายเลข 2
 เอ็นบีที (nitro blue tetrazolium) 1.0 กรัม
 เติมน้ำกลั่นจนได้ปริมาตรรวม 100.0 มิลลิลิตร
- 2.3 สารละลายหมายเลข 3
 เอ็มทีที (MTT tetrazolium) 1.0 กรัม
 เติมน้ำกลั่นจนได้ปริมาตรรวม 100.0 มิลลิลิตร
- 2.4 สารละลายหมายเลข 4
 ไตรฟอสโฟไพริดีน นิวคลีโอไทด์ (triphosphopyridine nucleotide) 1.0 กรัม
 เติมน้ำกลั่นจนได้ปริมาตรรวม 100.0 มิลลิลิตร
- 2.5 สารละลายหมายเลข 5
 ไดฟอสโฟไพริดีน นิวคลีโอไทด์ (diphosphopyridine nucleotide) 1.0 กรัม
 เติมน้ำกลั่นจนได้ปริมาตรรวม 100.0 มิลลิลิตร
- 2.6 สารละลายหมายเลข 6
 แมกนีเซียมคลอไรด์ 0.1 โมล/ลิตร
- 2.7 สารละลายหมายเลข 7
 แมกนีเซียมคลอไรด์ 0.5 โมล/ลิตร

2.8 สารละลายหมายเลข 8

ฟีนาซีน เมทโซซัลเฟต (phenazine methosulphate) 1.0 กรัม
 เติมน้ำกลั่นจนได้ปริมาตรรวม 100.0 มิลลิลิตร

2.9 สารละลายหมายเลข 9

กลูโคส-6-ฟอสเฟตดีไฮโดรจีเนส (glucose-6-phosphate dehydrogenase)
 1000.0 ยูนิต

เติมน้ำกลั่นจนได้ปริมาตรรวม 100.0 มิลลิลิตร

2.10 สารละลายหมายเลข 10

กลูโคส-1,6-ไดฟอสเฟต (glucose-1,6-diphosphate) 0.022 กรัม
 เติมน้ำกลั่นจนได้ปริมาตรรวม 100.0 มิลลิลิตร

2.11 สารละลายหมายเลข 11

กลูโคส-1-ฟอสเฟต (glucose-1-phosphate) 1.7 กรัม
 เติมน้ำกลั่นจนได้ปริมาตรรวม 100.0 มิลลิลิตร

2.12 สารละลายหมายเลข 12

กรดมาลิก (DL-malic acid) 268.2 กรัม
 โซเดียมไฮดรอกไซด์ 150.0 กรัม
 ปรับ pH จนได้ 7.0
 เติมน้ำกลั่นจนได้ปริมาตรรวม 1,000 มิลลิลิตร

2.13 สารละลายหมายเลข 13

กรดมาลิก (DL-malic acid) 134.1 กรัม
 โซเดียมคาร์บอเนต 12.152 กรัม
 ปรับ pH จนได้ 7.0
 เติมน้ำกลั่นจนได้ปริมาตรรวม 1,000 มิลลิลิตร

2.14 สารละลายหมายเลข 14

กรดอะซิติก 1.0 ส่วน
 เมทานอล 4.0 ส่วน
 น้ำ 5.0 ส่วน

3. สีย้อมเอนไซม์

3.1 สีย้อมเอนไซม์แอซิดฟอสฟาเตส (ACP)

อะซิเตตบัฟเฟอร์ pH 5.0 100.0 มิลลิลิตร
 แช่แผ่นเจลทิ้งไว้ 30 นาที
 เดิมโซเดียม-แอลฟา-แนฟทิลแอซิดฟอสเฟต 150.0 มิลลิกรัม
 ฟาสท์ บลู อาร์อาร์ ซอลท์ 100.0 มิลลิกรัม
 ทิ้งไว้จนแถบแอกติวิตีสเด่นของเอนไซม์ปรากฏบนแผ่นเจลชัด เทสีย้อมทิ้ง
 เดิมสารละลายหมายเลข 14 ทิ้งไว้ 5 นาที แล้วเทสารละลายทิ้ง
 (Steiner and Joslyn. 1979)

3.2 สีย้อมเอนไซม์อัลคาไลน์ฟอสฟาเตส (AKP)

โซเดียม-แอลฟา-แนฟทิลแอซิดฟอสเฟต 100.0 มิลลิกรัม
 ฟาสท์ บลู อาร์อาร์ ซอลท์ 100.0 มิลลิกรัม
 แมกนีเซียมซัลเฟต 123.0 มิลลิกรัม
 น้ำกลั่น 100.0 มิลลิลิตร
 ผสมให้เข้ากัน เทให้ท่วมแผ่นเจล ทิ้งไว้จนแถบแอกติวิตีสเด่นของเอนไซม์
 ปรากฏบนแผ่นเจลชัด เทสีย้อมทิ้ง
 เดิมสารละลายหมายเลข 14 ทิ้งไว้ 5 นาที เทสารละลายทิ้ง
 (Shaw and Prasad. 1970)

3.3 สีย้อมเอนไซม์อัลดีไฮด์ออกซิเดส (ALDOX)

สารละลายทริส-ไฮโดรคลอริก 0.2 โมล/ลิตร pH 8.0 100.0 มิลลิลิตร
 เบนซัลดีไฮด์ 2.5 มิลลิลิตร
 สารละลายหมายเลข 2 2.5 มิลลิลิตร
 ผสมให้เข้ากัน เทให้ท่วมบนแผ่นเจล ทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง 15 นาที
 เดิมสารละลายหมายเลข 8 1.5 มิลลิลิตร
 ทิ้งไว้จนแถบแอกติวิตีสเด่นของเอนไซม์ปรากฏบนแผ่นเจลชัด เทสีย้อมทิ้ง
 เดิมสารละลายหมายเลข 14 ทิ้งไว้ 5 นาที เทสารละลายทิ้ง
 (Pasteur and others. 1988)

3.4 สีย้อมเอนไซม์อะเลส (CAT)

สารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ 5.0 มิลลิลิตร
 สารละลายฟอสเฟตบัฟเฟอร์ 0.1 โมล/ลิตร pH 7.0 10.0 มิลลิลิตร
 สารละลายโซเดียมไทโอซัลเฟต 0.06 โมล/ลิตร 7.0 มิลลิลิตร
 น้ำกลั่น 78.0 มิลลิลิตร
 ผสมให้เข้ากัน เทให้ท่วมแผ่นเจล ทิ้งไว้นาน 15 นาที เทออกแล้วล้างด้วย
 น้ำกลั่น
 เติมสารละลายโพแทสเซียมไอโอไดด์ 0.09 โมล/ลิตร 50.0 มิลลิลิตร
 น้ำกลั่น 50.0 มิลลิลิตร
 ผสมให้เข้ากัน เทให้ท่วมแผ่นเจลจนกระทั่งแผ่นเจลมีสีน้ำเงิน จะปรากฏ
 แถบแอกติวิตีของเอนไซม์ไลบรินบนแผ่นเจล (Shaw and Prasad. 1970)

3.5 สีย้อมเอนไซม์เอสเทอร์ (EST)

สารละลายทริส-ไฮโดรคลอริก 0.5 โมล/ลิตร pH 7.1 10.0 มิลลิลิตร
 สารละลายหมายเลข 1 3.0 มิลลิลิตร
 ฟาสท์ บลู อาร์อาร์ ซอลท์ 100.0 มิลลิกรัม
 น้ำกลั่น 87.0 มิลลิลิตร
 ผสมให้เข้ากัน เทท่วมแผ่นเจล ทิ้งไว้ประมาณ 30-60 นาที จะปรากฏ
 แถบแอกติวิตีของเอนไซม์ซัคเคส เทสีย้อมทั้ง
 เติมสารละลายหมายเลข 14 ทิ้งไว้ 15 นาที เทสารละลายทิ้ง
 (Shaw and Prasad. 1970)

3.6 สีย้อมเอนไซม์กลูโคส-6-ฟอสเฟตดีไฮโดรจีเนส (G-6-PD)

สารละลายทริส-ไฮโดรคลอริก 0.2 โมล/ลิตร 100.0 มิลลิลิตร
 กลูโคส-6-ฟอสเฟต 160.0 มิลลิกรัม
 สารละลายหมายเลข 2 2.0 มิลลิลิตร
 สารละลายหมายเลข 3 2.0 มิลลิลิตร
 สารละลายหมายเลข 4 2.0 มิลลิลิตร
 สารละลายหมายเลข 6 2.0 มิลลิลิตร
 ผสมให้เข้ากัน เทท่วมแผ่นเจล ทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง 30 นาที

เติมสารละลายหมายเลข 8

1.0 มิลลิลิตร

ผสมให้เข้ากัน ทิ้งไว้จนแถบแอดติวิตีสเด่นของเอนไซม์ปรากฏชัดเจน เทสีย้อมทั้ง

เติมสารละลายหมายเลข 14 ทิ้งไว้ 5 นาที เทสารละลายทิ้ง

(Steiner and Joslyn. 1979)

3.7 สีย้อมเอนไซม์ไฮดรอกซีบิวไทเรตดีไฮโดรจีเนส (HBDH)

สารละลายทริส-ไฮโดรคลอริก 0.2 โมล/ลิตร pH 8.0 100.0 มิลลิลิตร

เบต้า-ไฮดรอกซีบิวไทริก (β -hydroxybutyric) 300.0 มิลลิกรัม

โซเดียมคลอไรด์ 300.0 มิลลิกรัม

สารละลายหมายเลข 2 2.0 มิลลิลิตร

สารละลายหมายเลข 3 1.0 มิลลิลิตร

สารละลายหมายเลข 5 2.0 มิลลิลิตร

สารละลายหมายเลข 6 2.5 มิลลิลิตร

ผสมให้เข้ากัน เทท่วมแผ่นเจล ทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง 30 นาที

เติมสารละลายหมายเลข 8 1.0 มิลลิลิตร

ผสมให้เข้ากัน ทิ้งไว้จนแถบแอดติวิตีสเด่นของเอนไซม์ปรากฏชัดเจน เทสีย้อมทั้ง

เติมสารละลายหมายเลข 14 ทิ้งไว้ 5 นาที เทสารละลายทิ้ง

(Richardson, Beverstock and Adams. 1986)

3.8 สีย้อมเอนไซม์มาเลตดีไฮโดรจีเนส (MDH)

สารละลายทริส-ไฮโดรคลอริก 0.2 โมล/ลิตร pH 8.0 90.0 มิลลิลิตร

สารละลายหมายเลข 2 6.0 มิลลิลิตร

สารละลายหมายเลข 5 6.0 มิลลิลิตร

สารละลายหมายเลข 12 15.0 มิลลิลิตร

สารละลายหมายเลข 13 10.0 มิลลิลิตร

ผสมให้เข้ากัน เทท่วมแผ่นเจล ทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง 30 นาที

เติมสารละลายหมายเลข 8 1.5 มิลลิลิตร

ผสมให้เข้ากัน ทิ้งไว้ที่อุณหภูมิ 37° เซลเซียส จนแถบแอดติวิตีสเด่นของเอนไซม์

ปรากฏชัดเจน เทสีย้อมทั้ง เติมสารละลายหมายเลข 14 ทิ้งไว้ 15 นาที

เทสารละลายทิ้ง (Shaw and Prasad. 1970)

3.9 สีย้อมเอนไซม์มาลิกเอนไซม์ (ME)

สารละลายทริส-ไฮโดรคลอริก 0.2 โมล/ลิตร pH 8.0	80.0 มิลลิลิตร
สารละลายหมายเลข 2	1.6 มิลลิลิตร
สารละลายหมายเลข 3	1.6 มิลลิลิตร
สารละลายหมายเลข 4	0.8 มิลลิลิตร
สารละลายหมายเลข 7	12.0 มิลลิลิตร
สารละลายหมายเลข 12	8.0 มิลลิลิตร
ผสมให้เข้ากัน เทท่อมแผ่นเจล ที่วางไว้ที่อุณหภูมิห้อง 30 นาที	
เติมสารละลายหมายเลข 8	1.5 มิลลิลิตร
ผสมให้เข้ากัน ที่วางไว้จนแถบแอกติวิตีสีเด่นของเอนไซม์ปรากฏบนแผ่นเจลชัดเจน	
เทสีย้อมทิ้ง เติมสารละลายหมายเลข 14 ที่วางไว้ 5 นาที เทสารละลายทิ้ง (Pasteur and others. 1988)	

3.10 สีย้อมเอนไซม์ออกทานอลดีไฮโดรจีเนส (ODH)

สารละลายทริส-ไฮโดรคลอริก 0.2 โมล/ลิตร pH 8.0	80.0 มิลลิลิตร
ออกทานอล	2.5 มิลลิลิตร
สารละลายหมายเลข 2	2.5 มิลลิลิตร
สารละลายหมายเลข 5	2.5 มิลลิลิตร
ผสมให้เข้ากัน เทท่อมแผ่นเจล ที่วางไว้ที่อุณหภูมิห้อง 30 นาที	
เติมสารละลายหมายเลข 8	1.5 มิลลิลิตร
ผสมให้เข้ากัน ที่วางไว้จนแถบแอกติวิตีสีเด่นของเอนไซม์ปรากฏชัดเจน เทสีย้อมทิ้ง	
เติมสารละลายหมายเลข 14 ที่วางไว้ 5 นาที เทสารละลายทิ้ง (Pasteur and others. 1988)	

3.11 สีย้อมเอนไซม์ฟอสโฟกลูโคมิวเตส (PGM)

สารละลายทริส-ไฮโดรคลอริก 0.2 โมล/ลิตร pH 8.0	10.0 มิลลิลิตร
สารละลายหมายเลข 3	2.0 มิลลิลิตร
สารละลายหมายเลข 4	2.0 มิลลิลิตร
สารละลายหมายเลข 6	10.0 มิลลิลิตร
สารละลายหมายเลข 9	8.0 มิลลิลิตร
สารละลายหมายเลข 10	10.0 มิลลิลิตร

สารละลายหมายเลข 11 10.0 มิลลิลิตร
 น้ำกลั่น 50.0 มิลลิลิตร
 ผสมให้เข้ากัน เทท่อมแผ่นเจล ทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง 30 นาที
 เติมสารละลายหมายเลข 8 1.5 มิลลิลิตร
 ผสมให้เข้ากัน ทิ้งไว้ที่อุณหภูมิ 37° เซลเซียส จนแถบแอกติวิตีสีเด่นของ
 เอนไซม์ปรากฏชัดเจน เทสีย้อมทิ้ง เติมสารละลายหมายเลข 14 ทิ้งไว้ 5 นาที
 เทสารละลายทิ้ง (Pasteur and others. 1988)

3.12 สีย้อมเอนไซม์ซูเปอร์ออกไซด์ดิสมิวเตส (SOD)

สารละลายทริส-ไฮโดรคลอริก 0.2 โมล/ลิตร pH 8.0 100.0 มิลลิลิตร
 สารละลายหมายเลข 2 2.5 มิลลิลิตร
 สารละลายหมายเลข 5 2.5 มิลลิลิตร
 สารละลายหมายเลข 7 0.5 มิลลิลิตร
 ผสมให้เข้ากัน เทท่อมแผ่นเจล ทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง 30 นาที
 เติมสารละลายหมายเลข 8 1.5 มิลลิลิตร
 ผสมให้เข้ากัน ทิ้งไว้จนแถบแอกติวิตีสีเด่นของเอนไซม์ปรากฏชัดเจน เทสีย้อมทิ้ง
 เติมสารละลายหมายเลข 14 ทิ้งไว้ 5 นาที เทสารละลายทิ้ง
 (Pasteur and others. 1988)

3.13 สีย้อมเอนไซม์แซนทีนดีไฮโดรจีเนส (XDH)

สารละลายทริส-ไฮโดรคลอริก 0.2 โมล/ลิตร pH 8.0 100.0 มิลลิลิตร
 ไฮโพแซนทีน 300.0 มิลลิกรัม
 ให้ความร้อนจนไฮโพแซนทีนละลายหมด ทิ้งไว้ให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง
 สารละลายหมายเลข 2 2.5 มิลลิลิตร
 สารละลายหมายเลข 5 2.5 มิลลิลิตร
 ผสมให้เข้ากัน เทท่อมแผ่นเจล ทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง 30 นาที
 เติมสารละลายหมายเลข 8 1.5 มิลลิลิตร
 ผสมให้เข้ากัน ทิ้งไว้ที่อุณหภูมิ 37° เซลเซียส จนแถบแอกติวิตีสีเด่นของ
 เอนไซม์ปรากฏชัดเจน เทสีย้อมทิ้ง
 เติมสารละลายหมายเลข 14 ทิ้งไว้ 5 นาที เทสารละลายทิ้ง
 (Pasteur and others. 1988)

ภาคผนวก ค

เอนไซม์เป็น globular protein ซึ่งมีคุณสมบัติในการเร่งปฏิกิริยาเคมีหรือเรียกว่าเป็นตัวเร่งชีวภาพ (biological catalyst) โดยมีคุณสมบัติที่สำคัญ คือ มีความจำเพาะต่อสับสเตรทสูงมาก สภาวะที่เหมาะสมในการทำงานของเอนไซม์นั้นขึ้นอยู่กับสับสเตรท โคเอนไซม์ ความเป็นกรด-ด่าง และอุณหภูมิ เอนไซม์แต่ละชนิดมีสภาวะที่เหมาะสมแตกต่างกันไป

เอนไซม์แบ่งออกเป็น 6 ประเภท โดยอาศัยหลักปฏิกิริยาได้ดังนี้

1. ออกซิโดรีดักเทส (Oxidoreductase) เอนไซม์จะเร่งปฏิกิริยาการออกซิไดส์สับสเตรทหนึ่ง และรีดิวซ์อีกสับสเตรทหนึ่ง

1.1 กลุ่มแอลกอฮอล์ (CH-OH group) เป็นตัวให้อิเล็กตรอน

1.1.1 NAD หรือ NADP เป็นตัวรับอิเล็กตรอน

1.1.2 cytochrome เป็นตัวรับอิเล็กตรอน

1.1.3 O_2 เป็นตัวรับอิเล็กตรอน

1.1.4 ใช้ตัวรับอิเล็กตรอนอื่น ๆ

1.2 กลุ่มอัลดีไฮด์ ($R-\overset{\overset{O}{\parallel}}{C}-H$ group) หรือกลุ่มคีโตน ($R-\overset{\overset{O}{\parallel}}{C}-R'$ group)

เป็นตัวให้อิเล็กตรอน

1.2.1 NAD หรือ NADP เป็นตัวรับอิเล็กตรอน

1.2.2 cytochrome เป็นตัวรับอิเล็กตรอน

1.2.3 O_2 เป็นตัวรับอิเล็กตรอน

1.2.4 ใช้ตัวรับอิเล็กตรอนอื่น ๆ

1.3 กลุ่มอัลคีน ($R-CH=CH-R$) เป็นตัวให้อิเล็กตรอน

1.3.1 NAD หรือ NADP เป็นตัวรับอิเล็กตรอน

1.3.2 cytochrome เป็นตัวรับอิเล็กตรอน

1.3.3 O_2 เป็นตัวรับอิเล็กตรอน

1.3.4 ใช้ตัวรับอิเล็กตรอนอื่น

1.4 กลุ่มไพมารีอะมิโน ($CH-NH_2$) เป็นตัวให้อิเล็กตรอน

1.4.1 NAD หรือ NADP เป็นตัวรับอิเล็กตรอน

1.4.2 O_2 เป็นตัวรับอิเล็กตรอน

1.5 กลุ่มเซคันดารีอะมิโน ($CH-NH$) เป็นตัวให้อิเล็กตรอน

1.5.1 NAD หรือ NADP เป็นตัวรับอิเล็กตรอน

1.5.2 O_2 เป็นตัวรับอิเล็กตรอน

- 1.6 NAD หรือ NADP เป็นตัวรีดิวซ์ (เป็นตัวให้อิเล็กตรอน)
 - 1.6.1 NAD หรือ NADP เป็นตัวรับอิเล็กตรอน
 - 1.6.2 cytochrome เป็นตัวรับอิเล็กตรอน
 - 1.6.3 สารประกอบไดซัลไฟด์เป็นตัวรับอิเล็กตรอน
 - 1.6.4 สารประกอบควิโนน หรืออนุพันธ์เป็นตัวรับอิเล็กตรอน
 - 1.6.5 สารประกอบไนโตรเจนเป็นตัวรับอิเล็กตรอน
 - 1.6.6 ใช้ตัวรับอิเล็กตรอนอื่น ๆ
- 1.7 สารประกอบไนโตรเจนเป็นตัวให้อิเล็กตรอน
 - 1.7.1 O_2 เป็นตัวรับอิเล็กตรอน
 - 1.7.2 ใช้ตัวรับอิเล็กตรอนอื่น ๆ
- 1.8 กลุ่มซัลเฟอร์เป็นตัวให้อิเล็กตรอน
 - 1.8.1 NAD หรือ NADP เป็นตัวรับอิเล็กตรอน
 - 1.8.2 O_2 เป็นตัวรับอิเล็กตรอน
 - 1.8.3 สารประกอบไดซัลไฟด์เป็นตัวรับอิเล็กตรอน
 - 1.8.4 สารประกอบควิโนน หรืออนุพันธ์เป็นตัวรับอิเล็กตรอน
 - 1.8.5 สารประกอบไนโตรเจนเป็นตัวรับอิเล็กตรอน
- 1.9 กลุ่มฮีม (heme group) เป็นตัวให้อิเล็กตรอน
 - 1.9.1 O_2 เป็นตัวรับอิเล็กตรอน
 - 1.9.2 สารประกอบไนโตรเจนเป็นตัวรับอิเล็กตรอน
- 1.10 ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ เป็นตัวให้อิเล็กตรอน
- 1.11 เอนไซม์เป็นตัวให้อิเล็กตรอนเดี่ยว และกระตุ้นการนำโมเลกุลของ O_2 เข้าไปในสารประกอบหรือธาตุอื่น ๆ
 - 1.12 เอนไซม์เป็นตัวให้อิเล็กตรอนคู่ และกระตุ้นการนำโมเลกุลของ O_2 เข้าไป 1 อิเล็กตรอน
 - 1.12.1 NAD หรือ NADP เป็นตัวรับอิเล็กตรอน 1 ตัว
 - 1.12.2 ascorbate เป็นตัวรับอิเล็กตรอน 1 ตัว
 - 1.12.3 pyridine เป็นตัวรับอิเล็กตรอน 1 ตัว

2. ทรานส์เฟอเรส (transferases) เอนไซม์จะเร่งปฏิกิริยาการโยกย้ายหมู่ต่าง ๆ จากสับสเตรทหนึ่งไปยังอีกสับสเตรทหนึ่ง

2.1 โยกย้ายคาร์บอน 1 กลุ่ม

2.1.1 โยกย้ายกลุ่มเมทิล (CH_3-)

2.1.2 โยกย้ายกลุ่มไฮดรอกซีเมทิล ($-\text{CH}_2-\text{OH}$) กลุ่มฟอร์มิล

และกลุ่มอนุพันธ์

2.1.3 โยกย้ายกลุ่มคาร์บอกซิล ($-\text{C}-\text{OH}$) และกลุ่มคาร์บาไมล

2.1.4 โยกย้ายกลุ่มอะมิดีน ($\text{C}=\text{N}$)

2.2 โยกย้ายกลุ่มอัลดีไฮด์ ($\text{R}-\text{C}-\text{OH}$) หรือกลุ่มคีโตน ($\text{R}-\overset{\text{O}}{\underset{\text{O}}{\text{C}}}-\text{R}$)

2.3 โยกย้ายกลุ่มเอซิด ($-\text{C}-\text{R}$) หรือกลุ่มอะมิโนเอซิด ($\text{NH}_2-\text{C}-\text{R}$)

2.4 โยกย้ายกลุ่มไกลโคซิด ($-\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_5$)

2.4.1 โยกย้ายกลุ่มเฮกโซอิด

2.4.2 โยกย้ายกลุ่มเพนโตอิด

2.5 โยกย้ายกลุ่มอัลคิลหรืออนุพันธ์

2.6 โยกย้ายกลุ่มสารประกอบไนโตรเจน

2.6.1 โยกย้ายกลุ่มอะมิโน

2.6.2 โยกย้ายกลุ่มออกซิมิโน

2.7 โยกย้ายกลุ่มฟอสไฟริล ($-\text{PO}_3\text{H}_2$)

2.7.1 กลุ่มแอลกอฮอล์เป็นตัวรับอิเล็กตรอน

2.7.2 กลุ่มคาร์บอกซิลเป็นตัวรับอิเล็กตรอน

2.7.3 กลุ่มไนโตรเจนเป็นตัวรับอิเล็กตรอน

2.7.4 กลุ่มฟอสเฟตเป็นตัวรับอิเล็กตรอน

2.7.5 แลกเปลี่ยนฟอสไฟริลระหว่างกลุ่ม

2.7.6 โยกย้ายไพโรฟอสไฟริล

2.7.7 โยกย้ายฟอสไฟริลกับสารตัวอื่น ๆ

2.8 โยกย้ายกลุ่มซัลเฟอร์

2.8.1 โยกย้ายกำมะถัน

2.8.2 โยกย้ายซัลไฟ

2.8.3 โยกย้าย Co A

3. ไฮโดรเลส (Hydrolases) เร่งปฏิกิริยาการสลายตัวด้วยน้ำ
 - 3.1 สลายพันธะเอสเทอร์ ($-C-O-$)
 - 3.1.1 สลายพันธะคาร์บอกซิลิกเอสเทอร์ ($-C-O-H$)
 - 3.1.2 สลายพันธะไฮโอเอสเทอร์ ($-S-O$)
 - 3.1.3 สลายพันธะฟอสโฟริกโมโนเอสเทอร์
 - 3.1.4 สลายพันธะฟอสโฟริกไดเอสเทอร์
 - 3.1.5 สลายพันธะไตรฟอสโฟริกโมโนเอสเทอร์
 - 3.1.6 สลายพันธะซัลฟูริกเอสเทอร์
 - 3.2 สลายพันธะสารประกอบไกลโคซิด ($C_6H_{12}O_6-O-R$)
 - 3.2.1 สลายพันธะไกลโคไซด์
 - 3.2.2 สลายพันธะสารประกอบไนโตรเจนกับไกลโคซิด
 - 3.3.3 สลายพันธะสารประกอบซัลเฟอร์กับไกลโคซิด
 - 3.3 สลายพันธะอีเทอร์ ($R-O-R$) หรือสลายพันธะไฮโออีเทอร์ ($R-S-R$)
 - 3.4 สลายพันธะเปปไทด์ ($-CO-NH-$)
 - 3.4.1 สลายพันธะแอลฟา-อะมิโน-เอซิด-เปปไทด์
 - 3.4.2 สลายพันธะเปปติล-อะมิโน-เอซิด
 - 3.4.3 สลายพันธะโคเปปไทด์
 - 3.4.4 สลายพันธะเปปติล-เปปไทด์
 - 3.5 สลายพันธะคาร์บอน-ไนโตรเจน
 - 3.5.1 สลายพันธะลิเนียร์ เอมีด (linear amides)
 - 3.5.2 สลายพันธะวงของเอมีด (cyclic amides)
 - 3.5.3 สลายพันธะลิเนียร์ เอมีดีน (linear amidines)
 - 3.5.4 สลายพันธะวงของเอมีดีน (cyclic amidines)
 - 3.5.5 สลายพันธะไซยาไนด์ (cyanides)
 - 3.5.6 สลายพันธะในสารประกอบอื่น ๆ
 - 3.6 สลายพันธะแอซิด แอนไฮไดรด์ ($=C-O=C$)
 - 3.6.1 สลายพันธะฟอสโฟไรลแอนไฮไดรด์
 - 3.7 สลายพันธะของคาร์บอนกับคาร์บอน ($C-C$)
 - 3.7.1 สลายพันธะสารประกอบคีโตน

- 3.8 สลายพันธะเฮไลด์ ($R-X$)
 - 3.8.1 สลายพันธะคาร์บอนกับเฮไลด์ ($C-halide$)
 - 3.8.2 สลายพันธะฟอสฟอรัสกับเฮไลด์ ($P-halide$)
- 3.9 สลายพันธะฟอสฟอรัสกับไนโตรเจน
- 4. ไลเอส (Lyases) ปฏิกริยาการสลายพันธะคู่
 - 4.1 สลายพันธะคู่ในอัลคีน ($C=C$)
 - 4.1.1 สลายพันธะคู่ของคาร์บอนกับคาร์บอนในคาร์บอกซิล
 - 4.1.2 สลายพันธะคู่ของคาร์บอนกับคาร์บอนในอัลดีไฮด์
 - 4.1.3 สลายพันธะคู่ของคาร์บอนกับคาร์บอนในคีโตน
 - 4.2 สลายพันธะคู่ระหว่างคาร์บอนกับออกซิเจน ($C=O$)
 - 4.2.1 สลายพันธะคู่ใน H_2O
 - 4.2.2 สลายพันธะคู่ในสารอื่น ๆ
 - 4.3 สลายพันธะคู่ระหว่างคาร์บอนกับไนโตรเจน ($C=N$)
 - 4.3.1 สลายพันธะคู่ในแอมโมเนีย (NH_3)
 - 4.3.2 สลายพันธะคู่ในเอมีน
 - 4.4 สลายพันธะคู่ระหว่างคาร์บอนกับกำมะถัน ($C=S$)
 - 4.5 สลายพันธะคู่ระหว่างคาร์บอนกับเฮไลด์
- 5. ไอโซเมอเรส (Isomerases) เร่งปฏิกริยาการเปลี่ยนไอโซเมอร์
 - 5.1 เปลี่ยนจาก L-isomers $\leftrightarrow$ D-isomers
 - 5.1.1 เปลี่ยนกรดอะมิโนและอนุพันธ์
 - 5.1.2 เปลี่ยนไฮดรอกซีแอซิดและอนุพันธ์
 - 5.1.3 เปลี่ยนคาร์โบไฮเดรตและอนุพันธ์
 - 5.2 เปลี่ยนจาก cis เป็น trans ไอโซเมอร์
 - 5.3 ให้และรับอิเล็กตรอนระหว่างโมเลกุล
 - 5.3.1 เปลี่ยนภายในอัลโดสและคีโตส
 - 5.3.2 เปลี่ยนจากกลุ่มคีโตนและอินอล
 - 5.3.3 เปลี่ยนที่ตำแหน่งพันธะคู่ระหว่างคาร์บอนกับคาร์บอน

5.4 เปลี่ยนระหว่างโมเลกุล

5.4.1 เปลี่ยนกลุ่มเอซิด

5.4.2 เปลี่ยนกลุ่มฟอสโฟริล

6. ไคเนส (Ligases) เร่งปฏิกิริยาการสร้างพันธะระหว่างสาร 2 ชนิด โดยใช้ ATP

6.1 สร้างพันธะระหว่างคาร์บอนกับออกซิเจน

6.1.1 อะมิโน-แอซิด อาร์เอ็นเอไลเกส (C-O)

6.2 สร้างพันธะระหว่างคาร์บอนกับซัลเฟอร์

6.2.1 อะมิโน-ไซโอไลเกส (C-S)

6.3 สร้างพันธะระหว่างคาร์บอนกับไฮโดรเจน

6.3.1 สร้างพันธะแอซิดกับแอมโมเนียเกิดเป็นเอไมด์

6.3.2 สร้างพันธะแอซิดกับอะมิโนเกิดเป็นเปปไทด์

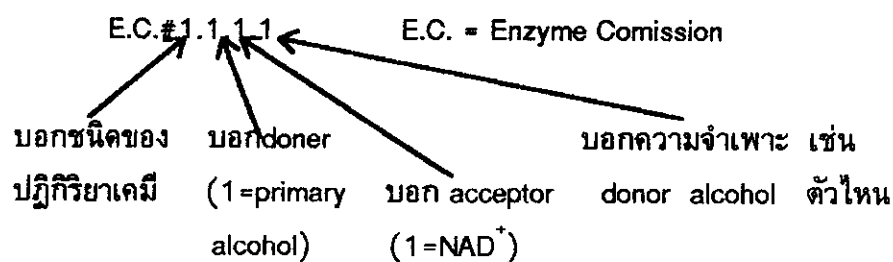
6.3.3 สร้างสารเกิดเป็นวง (cyclo-ligases)

6.3.4 สร้างพันธะของคาร์บอนกับไนโตรเจนในสารอื่น ๆ

6.4 สร้างพันธะระหว่างคาร์บอนกับคาร์บอน

(สุนันทา ภิณูวรรณ์. 2527)

การเรียกชื่อตามระบบตัวเลขนี้ ตัวเลขแต่ละตัวมีความหมายดังนี้



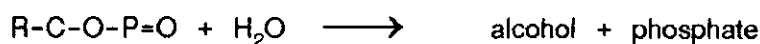
(ปราวณี อำนเป็รื่อง. 2533)

เอนไซม์แต่ละชนิดจะมีหน้าที่แตกต่างกันดังต่อไปนี้

1. เอนไซม์แอซิดฟอสฟาเตส (ACP)

เป็นเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องในการเร่งปฏิกิริยาการไฮโดรไลซิสด้วยน้ำ เพื่อสลายฟอสโฟริกโมโนเอสเทอร์ให้เป็นแอลกอฮอล์กับฟอสเฟตในสภาวะกรด

ACP

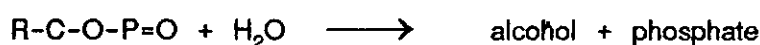


(Eisenthal and Danson. 1993)

2. เอนไซม์อัลคาไลน์ฟอสฟาเตส (AKP)

เป็นเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องในการเร่งปฏิกิริยาการไฮโดรไลซิสด้วยน้ำ เพื่อสลายฟอสโฟริกโมโนเอสเทอร์ให้เป็นแอลกอฮอล์กับฟอสเฟตในสภาวะด่าง

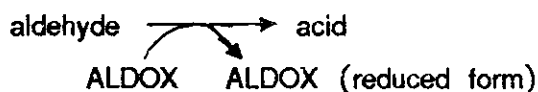
AKP



(Eisenthal and Danson. 1993)

3. เอนไซม์อัลดีไฮด์ออกซิเดส (ALDOX)

เป็นเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับขบวนการออกซิเดชันสารประกอบอัลดีไฮด์ให้เป็นกรด

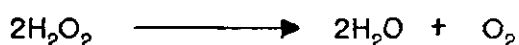


(Pasteur and others. 1988)

4. เอนไซม์คะตะเลส (CAT)

เป็นเอนไซม์ที่มีหน้าที่ทำลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์โดยการรีดิวซ์ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ให้เป็นน้ำ

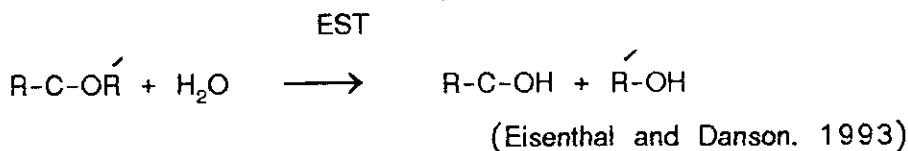
CAT



(ปราณี อำนเปื่อง. 2533)

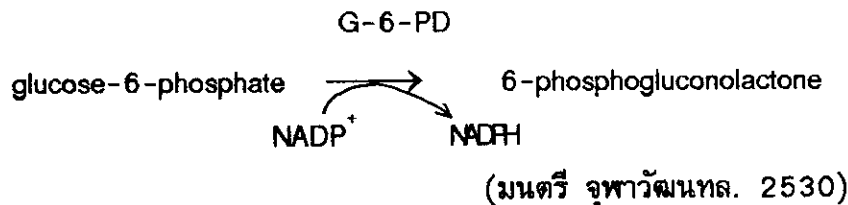
5. เอนไซม์เอสเทอร์เลส (EST)

เป็นเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องในการเร่งปฏิกิริยาไฮโดรไลซิส เพื่อสลายเอสเทอร์ ให้เป็นแอลกอฮอล์และกรด



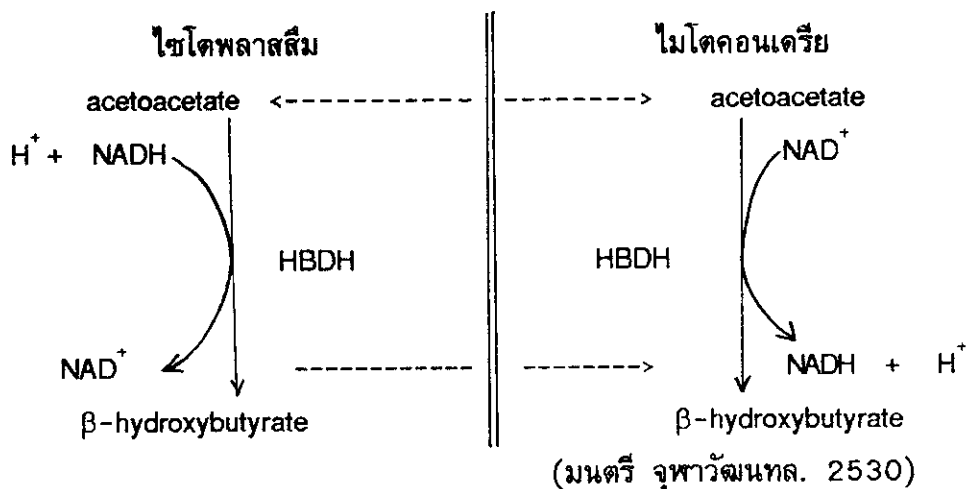
6. เอนไซม์กลูโคส-6-ฟอสเฟตดีไฮโดรจีเนส (G-6-PD)

เป็นเอนไซม์ในวิถีเพนโทสฟอสเฟต (Pentose phosphate pathway) มีหน้าที่ออกซิไดส์กลูโคส-6-ฟอสเฟต ให้เป็น 6-ฟอสโฟกลูโคโนแลคโตน (6-phosphogluconolactone)



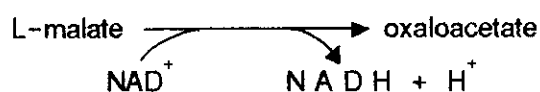
7. เอนไซม์ไฮดรอกซีบิวไทเรตดีไฮโดรจีเนส (HBDH)

เป็นเอนไซม์ที่ช่วยลำเลียงอิเล็กตรอนจาก NADH ในไซโตพลาสซึม (cytoplasm) เข้าสู่ผนังในของไมโทคอนเดรีย (mitochondria)



8. เอนไซม์มาเลตดีไฮโดรจีเนส (MDH)

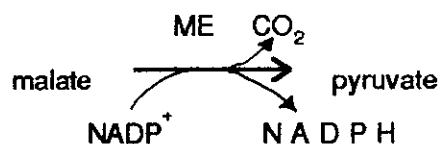
เป็นเอนไซม์ในวัฏจักรเครบส์โดยเร่งปฏิกิริยาการออกซิไดส์ แอล-มาเลท ไปเป็นออกซาโลอะซิเตต



(มนตรี จุฬารัตนพล. 2530)

9. เอนไซม์มาลิกเอนไซม์ (ME)

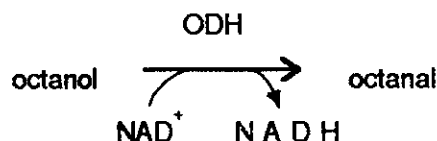
เป็นเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับการนำ acetyl CoA ออกจากไมโทคอนเดรีย โดยออกซิไดส์มาเลท ให้เปลี่ยนเป็นไพรูเวท



(มนตรี จุฬารัตนพล. 2530)

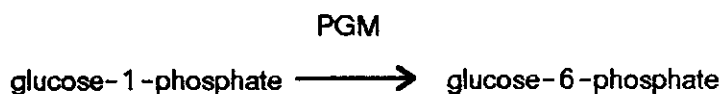
10. เอนไซม์ออกทานอลดีไฮโดรจีเนส (ODH)

เป็นเอนไซม์ที่เร่งปฏิกิริยาการออกซิไดส์แอลกอฮอล์ให้เป็นอัลดีไฮด์



11. เอนไซม์ฟอสโฟกลูโคมิวเตส (PGM)

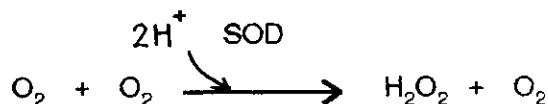
เป็นเอนไซม์ที่ทำหน้าที่สลายแป้ง โดยการเปลี่ยนกลูโคส-1-ฟอสเฟต ให้กลายเป็นกลูโคส-6-ฟอสเฟต



(มนตรี จุฬารัตนพล. 2533)

12. เอนไซม์ซูเปอร์ออกไซด์ดิสมิวเตส (SOD)

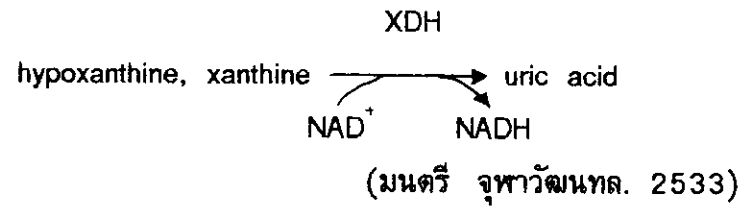
เป็นเอนไซม์ที่มีหน้าที่กำจัดอนุมูลอิสระเปอร์ออกไซด์ที่ได้จากขบวนการออกซิเดชันโดยการเติมไฮโดรเจนไอออนให้เป็นไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ และก๊าซออกซิเจน



(Pasteur and others. 1988)

13. เอนไซม์แซนทีนดีไฮโดรจีเนส (XDH)

เป็นเอนไซม์ที่กระตุ้นขบวนการออกซิเดชันของ purine, hypoxanthine, xanthine ให้กลายเป็น uric acid



ประวัติย่อของผู้วิจัย

ชื่อ น.ส.ปัทมพร ชื่อสกุล ราชภักดี

เกิดวันที่ 21 เดือนมิถุนายน พุทธศักราช 2514

สถานที่เกิด กรุงเทพมหานคร

สถานที่อยู่ปัจจุบัน 29/18 หมู่ 5 ถนนเสมาฟ้าคราม ตำบลคูคต
อำเภอลำลูกกา จังหวัดปทุมธานี 12130

ประวัติการศึกษา

วุฒิการศึกษา	สถานที่	ปีการศึกษาที่จบ
ม.6	ร.ร.จรัลพิทยา	พ.ศ.2530
กศ.บ.(เคมี) เกียรตินิยมอันดับ 2	มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ บางเขน	พ.ศ.2534
วท.ม.(เคมีชีวภาพ)	มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร	พ.ศ.2538

ความแปรผันทางพันธุกรรมของปูนา *Sayamia bangkokensis* (Naiyanetr, 1982)
ในจังหวัดพระนครศรีอยุธยา ลพบุรี สุพรรณบุรี และอ่างทอง

บทคัดย่อ
ของ
ปัทมพร ราชภักดิ์

เสนอต่อมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต วิชาเอกเคมีชีวภาพ
กุมภาพันธ์ 2539

บทคัดย่อ

การศึกษาความแปรผันทางพันธุกรรมของปูนา *Sayamia bangkokensis* (Naiyanetr, 1982) ในจังหวัดพระนครศรีอยุธยา ลพบุรี สุพรรณบุรี และอ่างทอง จังหวัดละ 20 ตัวอย่าง จากแถบแอมพิวติสเดนของเอนไซม์ 13 ชนิด ซึ่งได้จากส่วน hepatopancreas โดยวิธีอิเล็กโทรโฟเรซิส ได้แก่เอนไซม์ ACP, AKP, ALDOX, CAT, EST, G-6-PD, HBDH, MDH, ME, ODH, PGM, SOD และ XDH พบว่าเอนไซม์ทั้ง 13 ชนิดประกอบด้วย 21 โลไซ โลคัสที่มีแถบแอมพิวติสเดนแบบโฮโมไซโกตมี 13 โลไซ คือ ACP₂, ACP₃, ALDOX₂, CAT, EST₂, HBDH, MDH₁, MDH₂, ME, ODH₂, PGM, SOD₂ และ XDH ส่วนโลคัสที่มีแถบแอมพิวติสเดนแบบเฮเทอโรไซโกตโมโนเมอร์มี 8 โลไซ คือ ACP₁, AKP, ALDOX₁, EST₁, EST₃, G-6-PD, ODH₁ และ SOD₁

ปูนา *S. bangkokensis* มีค่าพอลิมอร์ฟิซึมเฉลี่ย และค่าเฮเทอโรไซโกตจากการสังเกตเฉลี่ยเท่ากับ 0.38 และ 0.214 ตามลำดับ นอกจากนี้ยังพบว่า

S. bangkokensis จาก 4 จังหวัดมีค่าความแตกต่างทางพันธุกรรม (G_{ST}) เฉลี่ยเท่ากับ 0.005

ค่าความคล้ายทางพันธุกรรม (I) และค่าความแตกต่างทางพันธุกรรม (D) อยู่ใน ช่วง 0.9926-0.9993 และ 0.0007-0.0074 ตามลำดับ แสดงว่า *S. bangkokensis* จาก 4 จังหวัดนี้มีความแปรผันทางพันธุกรรมที่ไม่แตกต่างกันมากนัก และมีความสอดคล้องกับการจัดจำแนกชนิดของปูนาตามลักษณะทางกายวิภาคที่จัดเป็นชนิดเดียวกัน

GENETIC VARIATION OF RICE-FIELD CRAB, SAYAMIA BANGKOKENSIS
(NAIYANETR, 1982), IN PHRA NAKHON SI AYUTTHAYA, LOP BURI,
SUPHAN BURI AND ANG THONG PROVINCES

AN ABSTRACT
BY
PATTAMAPORN RATCHAPAKDEE

Presented in partial fulfilment of the requirements for the
Master of Science degree in Biological Chemistry
at Srinakarinwirot University
February 1996

ABSTRACT

Rice-Field Crab, *Sayamia bangkokensis* (Naiyanetr, 1982) collected from Phra Nakhon Si Ayutthaya, Lop Buri, Suphan Buri and Ang Thong, 20 samples from each location, were studied on genetic variation. The thirteen metabolic enzymes from hepatopancreas (ACP, AKP, ALDOX, CAT, EST, G-6-PD, HBDH, MDH, ME, ODH, PGM, SOD and XDH) were analyzed by starch-gel electrophoretic technique. The results showed that the thirteen enzymes were composed of twenty-one loci. Thirteen loci (ACP₂, ACP₃, ALDOX₂, CAT, EST₂, HBDH, MDH₁, MDH₂, ME, ODH₂, PGM, SOD₂ and XDH) were monomorphic while the left were polymorphic (ACP₁, AKP, ALDOX₁, EST₁, EST₃, G-6-PD, ODH₁, and SOD₁).

The average proportions of observed heterozygosity and polymorphic loci of *S. bangkokensis* were 0.38 and 0.214 respectively, whereas the average genetic differentiation (G_{ST}) value of *S. bangkokensis* was 0.005.

The calculated genetic similarity (I) and the genetic distance (D) of *S. bangkokensis* ranged from 0.9926 to 0.9993 and from 0.0007 to 0.0074 respectively. The calculated value showed that *S. bangkokensis* from the four localities were quite genetical similarity, and the result also corresponded to the morphological classification of the rice-field crab.