

5353
1947
1947
การศึกษาความแปรผันทางพันธุกรรมของงูนาสกุล Somanniathelphusa dugasti

ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนล่างของประเทศไทยโดยวิธีอิเล็กโตรโฟรีซิส

ปริญญานิพนธ์

ของ

มานะ ขาวเมฆ

เสนอต่อมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา

ตามหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต วิชาเอกเคมีชีวภาพ

มีนาคม 2536

ลิขสิทธิ์ เป็นของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

คณะกรรมการควบคุม และคณะกรรมการสอบได้พิจารณาปัญหานี้อย่างถี่ถ้วนแล้ว
เห็นสมควรรับ เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต วิชาเอกเคมีชีวภาพ
ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒได้

คณะกรรมการควบคุม

.....	ประธาน
(รศ.ดร.วราภรณ์ กิจวิริยะ)	
.....	กรรมการ
(รศ.ดร.สุนธรา พรหมบุญ)	
.....	กรรมการ
(ศ.ไพฑูรย์ นัยเนตร)	
.....	กรรมการ
(ผศ.พันธุ์สิน เกตุทัต)	

คณะกรรมการสอบ

.....	ประธาน
(รศ.ดร.วราภรณ์ กิจวิริยะ)	
.....	กรรมการ
(รศ.ดร.สุนธรา พรหมบุญ)	
.....	กรรมการ
(ศ.ไพฑูรย์ นัยเนตร)	
.....	กรรมการ
(ผศ.พันธุ์สิน เกตุทัต)	
.....	กรรมการที่แต่งตั้งเพิ่มเติม
(ดร.สายสมร ธรรมพิทักษ์)	

บัณฑิตวิทยาลัยอนุมัติให้รับปัญหานี้อย่างถี่ถ้วน เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญา
วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต วิชาเอกเคมีชีวภาพ ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

..... คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
(ศ.ดร.สมพร บัวทอง)

วันที่... .. เดือน... .. ปี... .. พ.ศ.

ประกาศคุณูปการ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลงได้เพราะ รศ.ดร. วราภรณ์ กิจวิริยะ รศ.ดร. สมธิดา พรหมบุญ ศ.ไพฑูรย์ นัยเนตร และผศ.พันธุ์สิน เกตุทัต ให้ความแนะนำและช่วยเหลือในการทดลองเก็บข้อมูล การวิเคราะห์ข้อมูล การจำแนกตัวอย่างและอำนวยความสะดวกในการทำปริญญานิพนธ์ตามลำดับ ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ ที่นี้

ขอขอบคุณคุณสุธี อันเจ็ก คุณนิพนธ์ พลบุปผา คุณมานะ ภาณุตาณต์ และเพื่อนๆ ให้ความช่วยเหลือและให้กำลังใจในการทำปริญญานิพนธ์ ผู้วิจัยขอโน้มราชสักขีคุณบิดา มารดาให้การสนับสนุนการศึกษาตลอดมา

มานะ ขาวเมฆ

สารบัญ

บทที่	หน้า
1 บทนำ	1
ความมุ่งหมายของการศึกษาค้นคว้า	6
ขอบเขตของการศึกษาค้นคว้า	6
ความสำคัญของการศึกษาค้นคว้า	7
นิยามศัพท์เฉพาะ	8
2 วิธีการวิจัย	9
อุปกรณ์และสารเคมีที่ใช้ในการทดลอง	9
วิธีดำเนินการทดลอง	10
3 ผลการวิจัย	15
4 อภิปรายผลและข้อ เสนอแนะ	56
อภิปรายผล	56
ข้อ เสนอแนะ	58
บรรณานุกรม	59
ภาคผนวก	63
ภาคผนวก ก	64
ภาคผนวก ข	101
ภาคผนวก ค	112
ประวัติของผู้วิจัย	124

บัญชีตาราง

ตาราง		หน้า
1	แสดงความแปรผันทางพันธุกรรม ความคล้ายทางพันธุกรรม ระยะห่างทางพันธุกรรม	5
2	ชนิดของบัฟเฟอร์ที่เหมาะสม ปริมาณกระแสไฟฟ้า และเวลาที่ใช้ในการแยกเอนไซม์	12
3	ความถี่ของยีน (gene frequency)	17
4	ความถี่ของอัลลีล (allele frequency)	22
5	อัตราส่วนโพลิมอร์ฟิกโลคัส (proportion of polymorphic locus) ...	51
6	เฮเทอโรไซโกซิตีจากการสังเกต (observed heterozygosity)	52
7	เฮเทอโรไซโกซิตีจากความคาดหวัง (expected heterozygosity)	53
8	ความแตกต่างทางพันธุกรรม (genetic differentiation)	54
9	ค่าความคล้ายทางพันธุกรรมและระยะห่างทางพันธุกรรม (genetic similarity and genetic distance)	55
10	จีโนไทป์ของเอนไซม์ ACP	71
11	จีโนไทป์ของเอนไซม์ AKP	72
12	จีโนไทป์ของเอนไซม์ ALDOX	73
13	จีโนไทป์ของเอนไซม์ CAT	74
14	จีโนไทป์ของเอนไซม์ EST	75
15	จีโนไทป์ของเอนไซม์ LAP	76
16	จีโนไทป์ของเอนไซม์ MDH	77
17	จีโนไทป์ของเอนไซม์ ME	78
18	จีโนไทป์ของเอนไซม์ ODH	79
19	จีโนไทป์ของเอนไซม์ 6-PGD	80
20	จีโนไทป์ของเอนไซม์ PGM	81
21	จีโนไทป์ของเอนไซม์ SOD	82
22	จีโนไทป์ของเอนไซม์ XDH	83

บัญชีภาพประกอบ

ภาพประกอบ	หน้า
1 แสดงความถี่ของอัลลีลของ เอนไซม์ ACP ₂	26
2 แสดงความถี่ของอัลลีลของ เอนไซม์ ACP ₃	27
3 แสดงความถี่ของอัลลีลของ เอนไซม์ AKP ₁	28
4 แสดงความถี่ของอัลลีลของ เอนไซม์ AKP ₂	29
5 แสดงความถี่ของอัลลีลของ เอนไซม์ ALDOX ₁	30
6 แสดงความถี่ของอัลลีลของ เอนไซม์ ALDOX ₂	31
7 แสดงความถี่ของอัลลีลของ เอนไซม์ CAT ₁	32
8 แสดงความถี่ของอัลลีลของ เอนไซม์ CAT ₂	33
9 แสดงความถี่ของอัลลีลของ เอนไซม์ EST ₁	34
10 แสดงความถี่ของอัลลีลของ เอนไซม์ EST ₃	35
11 แสดงความถี่ของอัลลีลของ เอนไซม์ EST ₅	36
12 แสดงความถี่ของอัลลีลของ เอนไซม์ LAP ₁	37
13 แสดงความถี่ของอัลลีลของ เอนไซม์ LAP ₂	38
14 แสดงความถี่ของอัลลีลของ เอนไซม์ LAP ₃	39
15 แสดงความถี่ของอัลลีลของ เอนไซม์ MDH ₂	40
16 แสดงความถี่ของอัลลีลของ เอนไซม์ MDH ₃	41
17 แสดงความถี่ของอัลลีลของ เอนไซม์ ME	42
18 แสดงความถี่ของอัลลีลของ เอนไซม์ ODH ₁	43
19 แสดงความถี่ของอัลลีลของ เอนไซม์ ODH ₂	44
20 แสดงความถี่ของอัลลีลของ เอนไซม์ 6-PGD	45
21 แสดงความถี่ของอัลลีลของ เอนไซม์ PGM	46
22 แสดงความถี่ของอัลลีลของ เอนไซม์ SOD ₁	47
23 แสดงความถี่ของอัลลีลของ เอนไซม์ SOD ₂	48
24 แสดงความถี่ของอัลลีลของ เอนไซม์ XDH ₁	49

25	แสดงความถี่ของอัลลีลของเอนไซม์ XDH ₂	50
26	ด้านบนและด้านล่างของปูนา <u>Somanniathelphusa dugasti</u>	64
27	ด้านบนและด้านล่างของปูนา <u>Somanniathelphusa sp.II</u>	65
28	ด้านบนและด้านล่างของปูนา <u>Somanniathelphusa sp.III</u>	66
29	แสดงตับ(hepatopancreas)ของปูนา <u>Somannaiathelphusa spp.</u>	67
30	โกโนพอดของปูนา <u>Somanniathelphusa dugasti</u>	68
31	โกโนพอดของปูนา <u>Somanniathelphusa sp.II</u>	69
32	โกโนพอดของปูนา <u>Somanniathelphusa sp.III</u>	70
33	แสดงการเคลื่อนที่ของแถบ เอนไซม์ ACP	84
34	แสดงการเคลื่อนที่ของแถบ เอนไซม์ AKP	85
35	แสดงการเคลื่อนที่ของแถบ เอนไซม์ ALDOX	86
36	แสดงการเคลื่อนที่ของแถบ เอนไซม์ CAT	87
37	แสดงการเคลื่อนที่ของแถบ เอนไซม์ EST	88
38	แสดงการเคลื่อนที่ของแถบ เอนไซม์ LAP	89
39	แสดงการเคลื่อนที่ของแถบ เอนไซม์ MDH	90
40	แสดงการเคลื่อนที่ของแถบ เอนไซม์ ME	91
41	แสดงการเคลื่อนที่ของแถบ เอนไซม์ ODH	92
42	แสดงการเคลื่อนที่ของแถบ เอนไซม์ 6-PGD	93
43	แสดงการเคลื่อนที่ของแถบ เอนไซม์ PGM	94
44	แสดงการเคลื่อนที่ของแถบ เอนไซม์ SOD	95
45	แสดงการเคลื่อนที่ของแถบ เอนไซม์ XDH	96
46	แสดงการเคลื่อนที่ของแถบ เอนไซม์แบบไฮโมไซโกดโมโนเมอริค	97
47	แสดงการเคลื่อนที่ของแถบ เอนไซม์แบบไฮโมไซโกดโมโนเมอริค และ เฮเทอโรไซโกดโมโนเมอริค	98
48	แสดงการเคลื่อนที่ของแถบ เอนไซม์แบบ เฮ เทอโรไซโกดโมโนเมอริค	99
49	แสดงการเคลื่อนที่ของแถบ เอนไซม์แบบ เฮ เทอโรไซโกดโมโนเมอริค	100

บทที่ 1

บทนำ

ปูนาเป็นกลุ่มปูน้ำจืดชนิดหนึ่ง อยู่ใน Phylum Arthropoda , Class Crustacea , Subclass Malacostraca , Superorder Eucarida , Order Decapoda , Suborder Reptantia , Section Brachyura , Family Parathelphusidae , Subfamily Somanniathelphusinae จัดเป็นสัตว์ครึ่งบกครึ่งน้ำมีขา 10 ขา มีสองเพศ และมีลำตัวยาว (Abdomen) ลดรูปงอพับไปอยู่ใต้ส่วนทรวงอก (Thorax) มีการผสมพันธุ์ภายใน ออกลูกเป็นไข่ ไม่มีระยะ Larva และมีการเจริญเติบโตโดยการลอกคราบเป็นระยะๆ

ประเทศไทยมีภูมิประเทศที่แตกต่างกัน ทำให้ปูน้ำจืดที่พบแยกตามแหล่งที่อยู่อาศัยได้ 4 กลุ่มคือ ปูนา ปูลำห้วย ปูป่า และปูน้ำตก ประชาชนของประเทศไทยเกือบ 80 เปอร์เซ็นต์ ประกอบอาชีพทางการเกษตรโดยเฉพาะอาชีพทำนา จึงทำให้มีปูนามาก และปูนาเป็นแหล่งอาหาร ประเภทโปรตีนที่มีราคาถูกและสำคัญแหล่งหนึ่งของประชาชนตามชนบท ซึ่งนำมาประกอบอาหาร ได้หลายชนิดแตกต่างกันไปในแต่ละภาคของประเทศไทย นับว่าเป็นแหล่งอาหารประเภทโปรตีน ที่สำคัญมากสำหรับประชาชนในชนบท โดยเฉพาะภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย

การศึกษาปูน้ำจืดในประเทศไทยได้เริ่มโดย ไมล์-เอดเวิร์ด (Milne-Edward, 1862) พบปูน้ำจืด 2 ชนิดที่กรุงเทพมหานคร ต่อมาโทบูลย์ นัยเนตร (2521) ได้ศึกษาการกระจายของปูน้ำจืดในประเทศไทยและได้แบ่งปูน้ำจืดออกเป็น 4 กลุ่มคือ ปูนา ปูลำห้วย ปูน้ำตก และปูป่า

โทบูลย์ นัยเนตร (2531) ได้ศึกษาการกระจายของปูนาในประเทศไทย และแบ่งปูนา ออกเป็น 8 ชนิดคือ Somanniathelphusa dugasti , S. germani , S. bangkokensis , S. fangensis , S. sexpunctatum , S. maehongsonensis , S. nani และ S. denchaii

ถวิล ประมวล (2533) ได้ศึกษาอนุกรมวิธานและลักษณะของโกโนพอด โอมมาติเดียม โดยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดและแบ่งปูนาในกลุ่ม Somanniathelphusa dugasti แบ่งออกเป็น 11 ชนิด กระจายอยู่ในจังหวัดต่างๆ ต่อไปนี้

ปูนาชนิด Somanniathelphusa sp. I พบใน 9 จังหวัด คือ อุตรดิตถ์ มหาสารคาม ชัยภูมิ กาฬสินธุ์ ขอนแก่น เพชรบูรณ์ นครราชสีมา บุรีรัมย์ และเลย

ปูนาชนิด Somanniathelphusa sp. II พบใน 7 จังหวัด คือ บุรีรัมย์ มหาสารคาม ร้อยเอ็ด อุบลราชธานี สุรินทร์ ยโสธร และศรีสะเกษ

ปูนาชนิด Somanniathelphusa sp.III พบใน 2 จังหวัด คืออุบลราชธานี และ ศรีสะเกษ

ปูนาชนิด Somanniathelphusa sp.IV พบใน 2 จังหวัด คืออุตรธานี และสกลนคร

ปูนาชนิด Somanniathelphusa sp.V พบใน 3 จังหวัด คือหนองคาย อุตรธานี และเลย

ปูนาชนิด Somanniathelphusa sp.VI พบใน 6 จังหวัด คือเชียงใหม่ เชียงราย ลำพูน แม่ฮ่องสอน พะเยา และอุตรดิตถ์

ปูนาชนิด Somanniathelphusa sp.VII พบใน 2 จังหวัด คืออุบลราชธานี และยโสธร

ปูนาชนิด Somanniathelphusa sp.VIII พบใน 2 จังหวัด คือ เพชรบูรณ์ และเลย

ปูนาชนิด Somanniathelphusa sp.IX พบใน 1 จังหวัด คือ มุกดาหาร

ปูนาชนิด Somanniathelphusa sp.X พบใน 16 จังหวัด คือ สุพรรณบุรี อุทัยธานี ชลบุรี นครสวรรค์ ตาก เพชรบุรี ปราจีนบุรี ประจวบคีรีขันธ์ กำแพงเพชร ปทุมธานี สระบุรี ชัยนาท ระยอง ฉะเชิงเทรา ชุมพร และลพบุรี

ปูนาชนิด Somanniathelphusa sp.XI พบใน 1 จังหวัด คือ ตาก

ปูนากลุ่ม Somanniathelphusa dugasti (Rathbun.1902) มีลักษณะเด่นคือ กระจกจะโค้งงอโดยเฉพาะส่วนกลางจะงอเป็นรูป H-groove ขอบกระจกมีฟันข้างละ 4 อัน รวมเข้าด้วยกัน ส่วนท้องหรือจับปิ้ง ตะปิ้ง มี 7 ปล้อง ปล้องที่ 6 จะเว้าคอคเข้าทั้ง2ข้าง โกลนพอดฐานจะกว้าง ส่วนปลายจะโค้งงอลักษณะคล้ายตะขอ (ภาพประกอบ 26,30 ภาคผนวก ก)

ปูนากลุ่ม Somanniathelphusa dugasti ที่ใช้ศึกษาครั้งนี้เป็นกลุ่มตัวอย่างจาก 4 จังหวัด คือบุรีรัมย์ สุรินทร์ ศรีสะเกษ และอุบลราชธานี ปูนาจากจังหวัดบุรีรัมย์ และ สุรินทร์เป็นปูนาชนิด Somanniathelphusa sp.II ปูนาจากจังหวัดศรีสะเกษและอุบลราชธานี เป็นปูนาชนิด Somanniathelphusa sp.III

ปูนาชนิด Somanniathelphusa sp.II(ถวิล ประมวล.2533) มีลักษณะเด่นคือ กระจกโค้งงอเรียบเป็นมัน ส่วนขอบกระจกมีหนามแหลมลักษณะคล้ายฟันข้างละ 4 อัน ส่วนท้อง ปล้องที่ 6 ด้านหน้าเว้าคล้าย S.dugasti โกลนพอดคู่ที่ 1 ฐานกว้างส่วนปลายโค้งงอมีลักษณะคล้ายเครื่องหมายคำถาม ปลายจะงอขึ้น ขนาดเล็กกว่าส่วนของโกลนพอดคู่ที่ 1 ของ Somanniathelphusa sp.I (ภาพประกอบ 27,31 ภาคผนวก ก)

ปูนาชนิด Somanniathelphusa sp.III (ถวิล ประมวล.2533) มีลักษณะเด่นคือ กระจกโค้งงอ ส่วนขอบกระจกมีหนามแหลมลักษณะคล้ายฟันข้างละ 4 อัน โกลีเอครฐานกว้าง ส่วนปลายโค้งงอ แต่ไม่กว้างเหมือน S.dugasti (ภาพประกอบ 28,32 ภาคผนวก ก)

การศึกษาการกระจายของปูน้ำจืดในประเทศไทย ส่วนใหญ่เป็นการศึกษาลักษณะทางกายวิภาค สำหรับการศึกษานี้มุ่งศึกษาการกระจายของปูในกลุ่ม S.dugasti ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนล่างของประเทศไทย โดยศึกษาแถบเอนไซม์และนำมาคำนวณหาค่าความแตกต่างทางพันธุกรรม ในการศึกษานี้ใช้เทคนิคอิเล็กโตรโฟรีซิสซึ่งสามารถแยกองค์ประกอบของเอนไซม์และนำไปจำแนกความแตกต่างของสิ่งมีชีวิตได้อย่างมีประสิทธิภาพ

การศึกษาความแปรผันทางพันธุกรรมกับสภาพทางนิเวศวิทยาของสิ่งมีชีวิตส่วนใหญ่ศึกษาจากแถบ เอนไซม์ซึ่งมีการศึกษากันมาก ทั้งสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังและสัตว์มีกระดูกสันหลัง ดังเช่น

มัลเลย์และเลทเทอร์(Mulley and Latter.1980)ได้ศึกษาความแปรผันทางพันธุกรรม และ เปรียบเทียบวิวัฒนาการของกุ้งซึ่งกุ้งบางชนิดมีแหล่งที่อยู่ต่างกันจำนวน 2 กลุ่ม คือกลุ่ม Metapenaeus spp. จำนวน 6 ชนิด และกลุ่ม Penaeus spp. จำนวน 7 ชนิด พบว่ามีค่าเฮเทอโรไซโกซิตีของกุ้งทั้ง 2 กลุ่ม อยู่ในช่วง 0.6-3.3 เปอร์เซ็นต์ และค่าโพลิมอร์ฟิซึมเฉลี่ย 14 เปอร์เซ็นต์ ค่าความคล้ายทางพันธุกรรม(genetic similarity) ของประชากรกุ้งทั้ง 2 กลุ่ม มีค่าเท่ากับ 0.39 ± 0.08 ค่าความคล้ายทางพันธุกรรมของประชากรกุ้งกลุ่ม Metapenaeus spp. มีค่าเท่ากับ 0.69 ± 0.08 และในกลุ่ม Penaeus spp. มีค่าความคล้ายทางพันธุกรรมของประชากรกุ้งเท่ากับ 0.65 ± 0.08 กุ้งในกลุ่ม Metapenaeus spp. พบว่า M.ensis กับ M.insolitus มีระยะห่างทางพันธุกรรม (genetic distance) มากที่สุดคือเท่ากับ 0.52 ± 0.14 กุ้งในกลุ่ม Penaeus spp. พบว่า P.monodon กับ P.longistylus มีระยะห่างพันธุกรรมมากที่สุดคือเท่ากับ 0.66 ± 0.16

อะกัทซึมาและคณะ(Agatsuma and others.1991)ได้ศึกษาความแปรผันทางพันธุกรรม และวิวัฒนาการของพยาธิใบไม้ปอด 4 ชนิดคือ Paragonimus heterotremus , P.ohirai , P.miyazaki และ P.westermani โดยศึกษาเอนไซม์ 18 ชนิด พบว่าพยาธิใบไม้ปอดชนิด P.heterotremus มีค่าความคล้ายทางพันธุกรรมกับ P.miyazaki มากที่สุดคือมีค่าเท่ากับ 0.350 ซึ่งจากการศึกษาทางด้านรูปร่างและโครงสร้างต่างๆ อาจสันนิษฐานว่ามาจากชนิดเดียวกัน แต่ เมื่อมาอยู่ในสิ่งแวดล้อมต่างกันจึงทำให้เกิดการแปรผันและปรับตัวให้เข้ากับสิ่งแวดล้อม

พยาธิใบไม้ปอดชนิด *P.heterotremus* มีระยะห่างทางพันธุกรรมกับชนิด *P.westermani* มากที่สุด คือมีค่าเท่ากับ 2.302

วรานนท์ กิจวิริยะ (Kijviriya.1990) ได้ศึกษาหอยทราายในสกุล *Cobacula* จากแม่น้ำและคลองต่างๆ ในประเทศไทย 40 แห่ง โดยสามารถจำแนกหอยทราายได้ 21 ชนิด ตามลักษณะเปลือก และศึกษาเอนไซม์ 13 ชนิด พบว่ามีค่าเอนโทรปีเอนไซม์เฉลี่ยเท่ากับ 0.011 ค่าโพลิมอร์ฟิซึมเฉลี่ย 4.59 เปอร์เซ็นต์ และข้อมูลที่ได้จากทางพันธุกรรมสอดคล้องกับรูปร่าง ภายในหอยทราายทั้ง 21 ชนิดมีลักษณะเหมือนกัน ดังนั้นได้เสนอว่าหอยทราายสกุล *Cobacula* ที่พบและศึกษาในประเทศไทยทั้ง 40 แห่งนี้ควรจัดเป็นชนิดเดียวกัน

สุธี อันเจ็ก(2534) ได้ศึกษาความแปรผันทางพันธุกรรมของปูน้ำจืดชนิด *Somanniathelphusa dugasti* ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนบนของประเทศไทย 4 จังหวัด คือสกลนคร ชัยภูมิ อุรธานี และขอนแก่น โดยศึกษาเอนไซม์ 10 ชนิด พบว่ามีค่าเอนโทรปีเอนไซม์เท่ากับ 0.223 ต่อโลคัส ค่าความคล้ายทางพันธุกรรมอยู่ในช่วง 0.971-0.994 ค่าระยะห่างทางพันธุกรรมอยู่ในช่วง 0.006-0.029

เวิร์ค , แมคแอนดริว และวาลลิส(Ward , McAndrew and Wallis.1981) ได้ศึกษาความแปรผันทางพันธุกรรมของปลาแลมเพรย์ชนิด *Lampetra planeri* จากตอนใต้ของเวลส์ พบว่าความแปรผันที่ตรวจพบได้มีค่าเอนโทรปีเอนไซม์เฉลี่ยเท่ากับ 0.07 ± 0.02 ต่อโลคัส

ซาบัท (Sabath.1981) ได้ศึกษาเอนไซม์ซอร์บิทอลดีไฮโดรจีเนส (Sorbital dehydrogenase) ของคางคกทะเลชนิด *Bufo marinus* ในตอนเหนือและตอนใต้ของประเทศออสเตรเลีย จากการศึกษพบว่าเอนไซม์ซอร์บิทอลดีไฮโดรจีเนสต่างกันในส่วนที่เป็นโคแฟกเตอร์ (NAD Sdh^{aa}) จากผลการศึกษาสรุปได้ว่าสภาพทางภูมิศาสตร์และนิเวศวิทยาทำให้เกิดการแปรผันทางพันธุกรรมในคางคกทะเลชนิดนี้

กูโยมาร์คและเกร็ก(Guyomard and Krieng.1982) ได้ศึกษาความแปรผันทางพันธุกรรมของปลาเทราต์สีน้ำตาลชนิด *Saemo trutta* จากกลุ่มตัวอย่าง 6 กลุ่ม จากประเทศต่างๆ คือ อิตาลี เคนมารัก ฝรั่งเศส ฝรั่งเศสตอนใต้ ไอร์แลนด์ และบริทanni โดยศึกษาเอนไซม์ 16 ชนิด พบว่ามีค่าโพลิมอร์ฟิซึมสูงถึง 25 เปอร์เซ็นต์ ค่าเฉลี่ยเอนโทรปีเอนไซม์เท่ากับ 9 เปอร์เซ็นต์ ปลาเทราต์สีน้ำตาลชนิด *Saemo trutta* จากอิตาลีกับฝรั่งเศสมีความคล้ายทางพันธุกรรมมากที่สุด และปลาเทราต์สีน้ำตาลชนิด *Saemo trutta* จากบริทanniกับอิตาลีมีระยะห่างทางพันธุกรรมมากที่สุด

อะยาลา (Ayala.1982) ได้รวบรวมข้อมูลการศึกษาความแปรผันทางพันธุกรรมของ
สิ่งมีชีวิต และเฟอร์กูสัน (Ferguson.1980) ได้รวบรวมข้อมูลความคล้ายทางพันธุกรรมและ
ระยะห่างทางพันธุกรรม ดังตาราง 1

ตาราง 1 แสดงความแปรผันทางพันธุกรรม ความคล้ายทางพันธุกรรมและระยะห่างทางพันธุกรรม
ของสิ่งมีชีวิต

สิ่งมีชีวิต	อัตราส่วนโพลี มอร์ฟิเคชัน	อัตราส่วนเฮเทอ โรไซโกตเฉลี่ย	ความคล้าย ทางพันธุกรรม	ระยะห่างทาง พันธุกรรม
สัตว์ไม่มีกระดูกสันหลัง	0.460	0.134	0.974	0.026
สัตว์มีกระดูกสันหลัง	0.265	0.060	0.941	0.063
พืช	0.2641	0.055	0.918	0.092

จากตาราง 1 สัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังมีค่าอัตราส่วนโพลีมอร์ฟิเคชันเฉลี่ย และอัตราส่วน
เฮเทอโรไซโกตเฉลี่ยมากที่สุด แสดงว่าสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังมีการปรับตัวให้เข้ากับสิ่งแวดล้อม
ได้ดีกว่าสัตว์มีกระดูกสันหลังและพืช สัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังมีค่าความคล้ายทางพันธุกรรมมากที่สุด
และมีค่าระยะห่างทางพันธุกรรมน้อยที่สุด แสดงว่าสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังมีความใกล้ชิดกันมากกว่า
สัตว์มีกระดูกสันหลัง และพืช

ดังนั้นการศึกษา ความสัมพันธ์ระหว่างลักษณะโครงสร้างภายนอก และลักษณะภายใน
ความแตกต่างทางนิเวศวิทยา ระบบยีน-เอนไซม์ของปูนากลุ่ม Somanniathelphusa dugasti
จะเป็นข้อมูลสนับสนุนหลักการอนุกรมวิธานของการศึกษาระดับโครงสร้างกับระดับโมเลกุล ว่ามี
ความสอดคล้องกันมากน้อยเพียงใด

ความมุ่งหมายของการศึกษาค้นคว้า

1. เพื่อศึกษาแถบเอนไซม์ 13 ชนิด ดูความแปรผันทางพันธุกรรมของปูนากลุ่ม Somanniathelphusa dugasti ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนล่างของประเทศไทย 4 จังหวัด คือบุรีรัมย์ สุรินทร์ ศรีสะเกษ และอุบลราชธานี โดยวิธีอิเล็กโตรโฟรีซิส
2. เพื่อศึกษาความแปรผันทางพันธุกรรมของปูนากลุ่ม Somanniathelphusa dugasti ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนล่างของประเทศไทย 4 จังหวัด คือบุรีรัมย์ สุรินทร์ ศรีสะเกษ และอุบลราชธานี จะสอดคล้องกับความแปรผันทางลักษณะรูปร่างภายนอกของปูนากลุ่มนี้อย่างไรหรือไม่

ขอบเขตของการศึกษาค้นคว้า

1. ตัวอย่างปูนาที่ใช้ศึกษาเก็บจาก ต.ปะเคียบ อ.คูเมือง จ.บุรีรัมย์ ต.กระแซง อ.เมือง จ.สุรินทร์ ต.หนองไฟ อ.เมือง จ.ศรีสะเกษ และ ต.คำพระ อ.น้ำคอกพาน จ.อุบลราชธานี แห่งละ 20 ตัวอย่าง
2. การศึกษาครั้งนี้ใช้ตับ(hepatopancreas) จากปูนากลุ่ม Somanniathelphusa dugasti ที่มีความกว้างของขอบกระดอง 3-5 เซนติเมตร
3. ใช้วิธีการอิเล็กโตรโฟรีซิสศึกษาเอนไซม์ Acid phosphatase (ACP ; E.C.# 3.1.3.2) , Alkaline phosphatase (AKP ; E.C.# 3.1.3.1) , Aldehyde oxidase (ALDOX ; E.C.# 1.2.3.1), Catalase (CAT ; E.C.# 1.11.1.6) , Esterase (EST ; E.C.# 3.1.1.1) , Lucine amino peptidase (LAP ; E.C.# 3.4.11.1) , Malate dehydrogenase (MDH ;E.C.# 1.1.1.39) , Malic enzyme (ME ; E.C.# 1.1.1.40) , Octanol dehydrogenase (ODH ; E.C.# 1.1.1.73) , 6-Phospho-gluconate dehydrogenase (6-PGD ; E.C.# 1.1.1.44) , Phosphoglucomutase (PGM ; E.C.# 2.7.5.1) , Superoxide dismutase (SOD ; E.C.# 1.15.1.1) และ Xanthine dehydrogenase (XDH ; E.C.# 1.2.1.37) โดยใช้สตาร์ช เจล (Starch gel) เป็นตัวกลางในการเคลื่อนที่
4. คำนวณค่าโพลิมอร์ฟิซึม(polymorphism) เฮเทอโรไซโกซิตี(heterozygosity) เพื่อนำมาเปรียบเทียบค่าความคล้ายทางพันธุกรรม (genetic similarity) ระยะห่างทางพันธุกรรม (genetic distance) ความแตกต่างทางพันธุกรรม (G_{ST} ; genetic differentiation) โดยใช้แถบเอนไซม์จำนวน 3 เป็นข้อมูลในการคำนวณ

ความสำคัญของการศึกษาค้นคว้า

1. ทำให้ทราบระดับความแปรผันทางพันธุกรรมของปูนาในกลุ่ม Somanniathelphusa dugasti ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนล่างของประเทศไทย 4 จังหวัด คือบุรีรัมย์ สุรินทร์ ศรีสะเกษ และอุบลราชธานี
2. เป็นข้อมูลพื้นฐานสำหรับการศึกษาด้านชีววิทยา โดยเฉพาะอนุกรมวิธาน รวมทั้ง การศึกษาวิวัฒนาการและการแพร่กระจายของปูนาในประเทศไทย
3. เสนอแนวทางการศึกษาอนุกรมวิธานของปูนาในระดับโมเลกุล ซึ่งจะ เป็นแนวทางการศึกษาสิ่งมีชีวิตอื่นๆ
4. ความรู้ในระดับโมเลกุลทางด้านพันธุกรรม สามารถนำมาประยุกต์ในแง่ของการปรับปรุงพันธุ์ต่อไปได้

นิยามศัพท์เฉพาะ

1. ปูนา หมายถึง ปูน้ำจืดที่อาศัยอยู่ในบริเวณนาข้าวหรือแหล่งน้ำจืดใกล้เคียง
2. ตับ (hepatopancreas) หมายถึงส่วนที่เป็นสีเหลืองคล้ำที่อยู่ในกระดองบริเวณ
ทรวงอกปู หรือเรียกกันโดยทั่วไปว่าม้าม
3. โกโนพอด (gonopod) หมายถึง อวัยวะสืบพันธุ์เพศผู้ของปูนาอยู่ใต้ส่วนท้องอยู่
ติดกับหน้าอก โกโนพอดใช้เป็นหลักในการแยกชนิดของปูนา
4. โอมมาติเดียม (ommatidium) หมายถึงส่วนหนึ่งของตาปูนามีจำนวนเป็นขั้นถึง
หมื่นหน่วย
5. อิเล็กโตรโฟรีซิส (electrophoresis) เป็นการเคลื่อนที่ของอออนในสนามไฟฟ้า
เนื่องจากความแตกต่างในปริมาณประจุสุทธิ และความแตกต่างในอัตราส่วนเชิงประจวบ
ซึ่งเป็นพื้นฐานสำคัญที่ทำให้อออนต่างๆ เคลื่อนที่ในสนามไฟฟ้าด้วยความเร็วไม่เท่ากัน
6. เฮเทอโรไซโกต (heterozygote) หมายถึงยีนต่างชนิดกันมาจับคู่กัน
7. โลคัส (locus) หมายถึงตำแหน่งของยีนที่ควบคุมเอนไซม์
8. อัตราโพลิมอร์ฟิกโลคัส (proportion of polymorphic locus) หมายถึง
อัตราส่วนของจำนวนโลคัสที่ความถี่ของอัลลีลใดอัลลีลหนึ่งไม่ถึง 0.98
9. เฮเทอโรไซโกซิตี (heterozygosity) หมายถึงอัตราส่วนเฮเทอโรไซโกต
โดยเฉลี่ยต่อหนึ่งอัลลีล
10. ความคล้ายกันทางพันธุกรรม (genetic similarity) หมายถึง ค่าเฉลี่ยที่
เหมือนกันระหว่างประชากร 2 กลุ่ม
11. ระยะห่างทางพันธุกรรม (genetic distance) หมายถึง ค่าเฉลี่ยที่ต่างกัน
ระหว่างประชากร 2 กลุ่ม

บทที่ 2
วิธีการวิจัย

อุปกรณ์และสารเคมีที่ใช้ในการทดลอง

1. การเก็บตัวอย่างปู

อุปกรณ์

1. ช้อน
2. ถังพลาสติก

2. การเตรียมตัวอย่าง

อุปกรณ์

1. หลอดสำหรับปั่นตัวอย่าง
2. กระจกน้ำแข็ง
3. เครื่องบดทำให้เนื้อเยื่อเซลล์แตก (homogenizer)
4. คีมคีบ
5. หลอดหยด
6. เครื่องชั่ง
7. ปิเปต (pipet)
8. เครื่องปั่นชนิดอุณหภูมิต่ำ (refrigerated centrifuge)
9. หลอดเก็บตัวอย่าง (micro centrifuge)

สารเคมี

1. น้ำแข็ง
2. ทริส-ไฮโดรคลอริก (tris-HCl) 0.1 โมล/ลิตร pH 7.0

3. การศึกษาเอนไซม์โดยวิธีอิเล็กโตรโฟเรซิส

อุปกรณ์

1. ตู้เย็น
2. อุปกรณ์ถ่ายรูปเจล
3. ปั๊มสุญญากาศ (vacuum pump)
4. ไมโครปิเปต (micropipette)

5. เครื่องมือตัดเจลให้เป็นแผ่น
6. ขวดรูปกรวยมีแขน (suction flask)
7. เครื่องจ่ายไฟกระแสตรง (power supply)
8. เครื่องให้ความร้อนพร้อมกวนสาร (hot plate stirrer)
9. ชุดเครื่องมืออิเล็กโตรโฟรีซิส (electrophoretic apparatus)
10. กล่องสำหรับส่น้ำยาย้อมสีเอนไซม์ (staining box)

สารเคมี

1. ทริส-ซิเตรต บัฟเฟอร์ (tris-citrate) pH 8.0 ,8.1
2. ลิเทียมไฮดรอกไซด์-โบริกบัฟเฟอร์ (Lithium hydroxide-Boric buffer)
3. สารละลายบรอมเฟนอลบลู 0.01 เปอร์เซ็นต์
4. น้ำยาย้อมสีเอนไซม์ (ภาคผนวก ข)
5. สตาร์ช เจล (starch gel)
6. กรดอะซิติก
7. เมธานอล
8. น้ำกลั่น
9. กระดาษกรองเบอร์ 1 , 3

วิธีดำเนินการทดลอง

1. การเก็บตัวอย่าง

ตัวอย่างปูที่ใช้ศึกษาเป็นปูนากลุ่ม Somanniathelphusa dugasti จาก ต.ปะเคียบ อ.คูเมือง จ.บุรีรัมย์ ต.กระแซง อ.เมือง จ.สุรินทร์ ต.หนองไผ่ อ.เมือง จ.ศรีสะเกษ และ ต.คำพระ อ.ห้วยพวน จ.อุบลราชธานี ตัวอย่างที่ใช้จะเก็บในช่วงเดือน มิถุนายน-กันยายน 2535 ใส่ช่องแล้วนำมาเลี้ยงในอ่างพลาสติกที่ห้องปฏิบัติการทดลองภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร โดยให้อาหารเป็นอาหารเลี้ยงปลา กุ้ง ตัวอย่างปูที่ใช้ทั้งหมด 20 ตัวอย่าง

2. การเตรียมตัวอย่าง

2.1 นำปูตัวอย่างขนาดกระดองกว้าง 3-5 เซนติเมตรแช่น้ำแข็งผสมน้ำประมาณ 5 นาที

2.2 แกะกระดองปูออก นำตับ(hepatopancreas)ป้อนหัวละ 1 กรัม
ใส่ในหลอดปั่นหลอดละตัว เพศสารละลายทริส-ไฮโดรคลอริก 0.1โมล/ลิตร pH 7.0 ลงไป
หลอดละ 0.5 มิลลิลิตร บดปั่นให้ละเอียด

2.3 นำของผสมไปปั่นด้วยความเร็ว 10,000 รอบ/วินาที ที่อุณหภูมิ 4°C
เป็นเวลา 15 นาที

2.4 คูณสารละลายใส (supernatant) ใส่ในหลอดขนาดเล็ก
(microcentrifuge) และเก็บที่อุณหภูมิ -20°C จนกว่าจะใช้(ไม่ควรเกิน 3 เดือน)

3. การศึกษาเอนไซม์โดยวิธีอิมมูโนอิเล็กโตรโฟริซิส

3.1 การเตรียมเจลและทำอิมมูโนอิเล็กโตรโฟริซิส

3.1.1 เตรียมถาดที่จะใส่เจลขนาด 15×17 เซนติเมตร สูง 4 ชั้น
ละ 0.2 เซนติเมตร

3.1.2 เตรียมสารละลายสตาร์ช เจล (potato starch gel: Sigma)
โดยใส่สตาร์ช เจล 22 กรัมใส่ในสารละลายบัฟเฟอร์สำหรับเตรียมเจลปริมาตร 240 มิลลิลิตร
(ตาราง 2) ให้ความร้อนพร้อมกวนบน hot plate stirrer ที่อุณหภูมิ 80°C เป็นเวลา
20 นาที เจลจะเปลี่ยนจากข้นเป็นใส จากนั้นนำมาดูดอากาศออก (degas) ด้วยปั๊มสุญญากาศ
เป็นเวลา 30 วินาที ที่ความดัน 600 มิลลิเมตรปรอท

3.1.3 เทสตาร์ช เจล ในถาดที่เตรียมไว้ ปล่อยให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง
เป็นเวลา 4 ชั่วโมง แล้วนำไปที่อุณหภูมิ 4°C ในตู้เย็นเป็นเวลา 30 นาที เพื่อปรับอุณหภูมิ
ของสตาร์ช เจล ให้ใกล้เคียงกับอุณหภูมิของตัวอย่าง

3.1.4 เอาสารตัวอย่างที่เข้าไว้ที่อุณหภูมิ -20°C ออกจากตู้เย็นทิ้งไว้ที่
อุณหภูมิ 4°C ให้ละลาย

3.1.5 นำสตาร์ช เจล ออกจากตู้เย็นมาเครื่องหมายในสตาร์ช เจล ให้
เป็นช่องโดยห่างจากขอบด้านหนึ่งประมาณ 3 เซนติเมตร

3.1.6 นำกระดาษกรองมาตัดเป็นชิ้นขนาด 0.7×1.5 เซนติเมตร
ซับสารตัวอย่างที่นำออกจากช่องแช่แข็งของตู้เย็นแล้วเสียบลงในช่องสตาร์ช เจล โดยมีฟิโนลบลู
เป็นตัวบอกระยะการเคลื่อนที่

3.1.7 นำถาดสตาร์ช เจล ไปวางบนถาดรองที่มีสารละลายบัฟเฟอร์สำหรับ
วิ่งไฟฟ้า 2 ข้างโดยมีสารละลายบัฟเฟอร์ข้างละ 80 มิลลิลิตร ใช้ผ้าขาวซับสารละลายบัฟเฟอร์

วางพาดบนสตาวิช เจล กับสารละลายบัฟเฟอร์ เพื่อเป็นสะพานเชื่อม โดยนำจุดเริ่มต้นเอนไซม์อยู่ทางซ้าย

3.1.8 ค่อยๆไฟฟ้าจากกล่องสารละลายบัฟเฟอร์ เข้ากับเครื่องจ่ายกระแสไฟฟ้ากระแสตรงแล้วจ่ายกระแสไฟฟ้า (ตาราง 2) จนถึงของบรอมฟีนอลบลูเคลื่อนที่จากจุดเริ่มต้นไปได้ระยะทางอย่างน้อย 10 เซนติเมตร

3.1.9 ปิดกระแสไฟฟ้ามาเจลมาตัดเป็น 3 แผ่น แล้วนำแต่ละแผ่นไปย้อมสี ซึ่งแสดงแอกติวิตีของเอนไซม์ที่ต้องการศึกษา

ตาราง 2 ชนิดของบัฟเฟอร์ที่เหมาะสม ปริมาณกระแสไฟฟ้าและ เวลาที่ใช้ในการแยก เอนไซม์

ระบบบัฟเฟอร์	เอนไซม์ที่ใช้บัฟเฟอร์แยก	ปริมาณกระแสไฟฟ้าและความต่างศักย์ไฟฟ้า	ระยะ เวลาในการจ่ายกระแสไฟฟ้า
T.C. 8.0	ACP, AKP, EST	กระแสที่ 60 มิลลิแอมป์	7 ชั่วโมง
	LAP, MDH, 6-PGD, XDH	กระแสที่ 60 มิลลิแอมป์	8 ชั่วโมง
	CAT, ODH	กระแสที่ 60 มิลลิแอมป์	10 ชั่วโมง
LiOH-Boric	ALDOX, ME, PGM	ความต่างศักย์คั้งที่ 150 โวลต์	10 ชั่วโมง
	SOD	ความต่างศักย์คั้งที่ 150 โวลต์	12 ชั่วโมง

หมายเหตุ วิธีการเตรียมบัฟเฟอร์อยู่ในภาคผนวก ข

3.3 การย้อมสีแอกติวิตีเอนไซม์ (Enzyme activity staining)

3.3.1 นำแผ่นเจลไปย้อมสีเอนไซม์แต่ละชนิด (ภาคผนวก ข) เอนไซม์ที่จะย้อมสีมี 13 ชนิด คือ ACP , AKP , ALDOX , CAT , EST , LAP , MDH , ME , 6-PGD , PGM , ODH , SOD และ XDH

3.3.2 นำแผ่นเจลที่ย้อมสีเอนไซม์แล้ว มาอ่านและบันทึกแถบเอนไซม์ถ่ายรูปเอนไซม์แล้วเก็บเจลไว้แห้งเย็นสำหรับใช้เป็นข้อมูล เปรียบเทียบภายหลังในการพิจารณาเป็นข้อมูลระยะแถบเอนไซม์ นำมาคำนวณหาค่าทางพันธุกรรม

3.4 การคำนวณค่าทางพันธุกรรม

3.4.1 คำนวณหาความถี่ของอัลลีล (allele frequency) จากสูตร

$$\text{ความถี่ของอัลลีล} = \frac{\text{จำนวนยีนที่พบในแต่ละกลุ่มตัวอย่าง}}{\text{จำนวนยีนทั้งหมดที่พบในกลุ่มตัวอย่าง}}$$

3.4.2 คำนวณค่าอัตราส่วนโพลิมอร์ฟิกโลคัส (proportion of polymorphic locus) จากสูตร

$$\text{อัตราส่วนโพลิมอร์ฟิกโลคัส} = \frac{\text{จำนวนโพลิมอร์ฟิกโลคัส}}{\text{จำนวนโลคัสทั้งหมด}}$$

(โพลิมอร์ฟิกโลคัสหมายถึง โลคัสที่ไม่มีอัลลีลใดมีความถี่เกิน 0.98)

3.4.3 คำนวณค่าเฮเทอโรไซโกซิตีที่ได้จากการสังเกต (observed heterozygosity) จากสูตร

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

3.4.4 คำนวณค่าเฮเทอโรไซโกซิตีที่ได้จากความคาดหมาย (expected heterozygosity) จากหลักของ ฮาร์ดี-ไวน์เบิร์ก (Hardy-Weinberg Principle)

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

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

$$A_2 = \text{ความถี่ของยีน } A_2$$

3.4.5 คำนวณค่าความแตกต่างทางพันธุกรรม (G_{ST} ; genetic differentiation) (Nei, M. 1975)

$$G_{ST} = \frac{H_T - \bar{H}_S}{H_T}$$

H_T = อัตราส่วนของเฮเทอโรไซโกซิตีในประชากรรวมทุกกลุ่ม

H_S = อัตราส่วนของเฮเทอโรไซโกซิตีในประชากรย่อยแต่ละกลุ่ม

$\bar{H}_S$ = ค่าเฉลี่ยของ H_S ของทุกกลุ่ม

3.4.6 คำนวณค่าความคล้ายทางพันธุกรรมของประชากร X และ Y

(genetic similarity; I) (Nei, M. 1975)

$$I = J_{XY} / \sqrt{J_X J_Y}$$

โดย $J_X = \sum x_i^2$

$$J_Y = \sum y_i^2$$

$$J_{XY} = \sum x_i y_i$$

$$J_X = \text{ค่าเฉลี่ยของ } j_x \text{ ทุกโลคัส}$$

$$J_Y = \text{ค่าเฉลี่ยของ } j_y \text{ ทุกโลคัส}$$

$$J_{XY} = \text{ค่าเฉลี่ยของ } j_{XY} \text{ ทุกโลคัส}$$

$$X_i = \text{ความถี่ของยีนที่โลคัส } i \text{ ในประชากร X}$$

$$Y_i = \text{ความถี่ของยีนที่โลคัส } i \text{ ในประชากร Y}$$

3.4.7 คำนวณค่าระยะห่างทางพันธุกรรม (genetic distance ; D)

$$D = -\log_e I$$

บทที่ 3

ผลการวิจัย

จากการศึกษาแถบเอนไซม์ 13 ชนิด 25 ไลค์ส จากตับของปูนา *Somanniathelphusa dugasti* ที่เก็บตัวอย่างจาก บุรีรัมย์ สุรินทร์ ศรีสะเกษ และอุบลราชธานี จังหวัดละ 20 ตัว ปรากฏผลดังนี้

1. ลักษณะแถบเอนไซม์ (รูปภาพผนวก ก)

1.1 แอซิคฟอสฟาเตส (ACP)

แถบเอนไซม์แอซิคฟอสฟาเตสมี 4 ไลค์ส แต่สามารถตรวจนับได้ชัดเจนเพียง

2 ไลค์สคือตำแหน่งที่เป็น ACP_2 และ ACP_3 ทั้ง ACP_2 และ ACP_3 เป็นโฮโมไซโกต (homozygotes) โมนอเมอริคมีแถบเอนไซม์เพียงแถบเดียว ตัวอย่างปูนาที่เก็บจากจังหวัดบุรีรัมย์ ตรวจพบ ACP_2 เพียง 17 ตัวอย่าง

1.2 อัลคาลีนฟอสฟาเตส (AKP)

แถบเอนไซม์อัลคาลีนฟอสฟาเตสมี 3 ไลค์ส แต่สามารถตรวจนับได้

ชัดเจนเพียง 2 ไลค์สตำแหน่ง AKP_1 และ AKP_2 AKP_1 มีแถบเอนไซม์เป็นโฮโมไซโกต โมนอเมอริคมีแถบเอนไซม์เพียงแถบเดียว ปูนาที่เก็บจากจังหวัดบุรีรัมย์ตรวจพบ AKP_1 เพียง 18 ตัวอย่าง และจากจังหวัดอุบลราชธานีตรวจพบ AKP_1 เพียง 19 ตัวอย่าง ส่วน AKP_2 มีแถบเอนไซม์เป็นเฮเทอโรไซโกต โมนอเมอริคมีแถบเอนไซม์สองแถบ

1.3 อัลดีไฮด์ออกซิเดส (ALDOX)

แถบเอนไซม์อัลดีไฮด์ออกซิเดสมี 2 ไลค์ส คือ $ALDOX_1$ และ $ALDOX_2$

$ALDOX_1$ มีแถบเอนไซม์เป็นเฮเทอโรไซโกต โมนอเมอริคมีแถบเอนไซม์สองแถบ ส่วน $ALDOX_2$ มีแถบเอนไซม์เป็นโฮโมไซโกต โมนอเมอริคมีแถบเอนไซม์แถบเดียว

1.4 คะตะเลส (CAT)

แถบเอนไซม์กะตะเลสมี 2 ไลค์ส คือ CAT_1 และ CAT_2 ทั้ง CAT_1

และ CAT_2 มีแถบเอนไซม์เป็นเฮเทอโรไซโกต โมนอเมอริคมีแถบเอนไซม์สองแถบ

1.5 เอสเทอเรส (EST)

แถบเอนไซม์เอสเทอเรสมี 5 ไลค์ส แต่สามารถตรวจนับได้ชัดเจน

เพียง 3 ไลค์ส คือ EST_1 , EST_3 , EST_5 EST_1 และ EST_5 มีแถบเอนไซม์เป็นโฮโมไซโกต

โหมโนเมอริกมีแถบเอนไซม์แถบเดียว ส่วน EST₃ มีแถบเอนไซม์ป็นเฮเทอโรไซโกตโหมโนเมอริก มีแถบเอนไซม์สองแถบ

1.6 ลูซิโนไมโนเปปติเดส (LAP)

แถบเอนไซม์ลูซิโนไมโนเปปติเดสมี 4 โลคัส แต่สามารถตรวจนับได้ชัดเจน เพียง 3 โลคัส คือ LAP₁ , LAP₂ , LAP₃ LAP₁ , LAP₂ , LAP₃ มีแถบเอนไซม์เป็นโฮโมไซโกตโหมโนเมอริกมีแถบเอนไซม์แถบเดียว

1.7 มาเลตดีไฮโดรจีเนส (MDH)

แถบเอนไซม์มาเลตดีไฮโดรจีเนสมี 3 โลคัส แต่สามารถตรวจนับได้เพียง 2 โลคัสคือ MDH₂ และ MDH₃ ทั้ง MDH₂ และ MDH₃ มีแถบเอนไซม์เป็นโฮโมไซโกตโหมโนเมอริก มีแถบเอนไซม์แถบเดียว

1.8 มาลิกเอนไซม์ (ME)

แถบเอนไซม์มาลิกเอนไซม์มี 1 โลคัส มีแถบเอนไซม์ป็นโฮโมไซโกตโหมโนเมอริกมีแถบเอนไซม์แถบเดียว ปุ่ตัวอย่างจากจังหวัดบุรีรัมย์ และศรีสะเกษ ตรวจพบแถบเอนไซม์เพียงจังหวัดละ 19 ตัวอย่าง

1.9 ออกทานอลดีไฮโดรจีเนส (ODH)

แถบเอนไซม์ออกทานอลดีไฮโดรจีเนสมี 2 โลคัส คือ ODH₁ และ ODH₂ ODH₁ มีแถบเอนไซม์เป็นเฮเทอโรไซโกตโหมโนเมอริก คือมีแถบเอนไซม์สามแถบ ส่วน ODH₂ มีแถบเอนไซม์เป็นโฮโมไซโกตโหมโนเมอริกมีแถบเอนไซม์แถบเดียว

1.10 6-ฟอสโฟกลูโคเนตดีไฮโดรจีเนส (6-PGD)

แถบเอนไซม์ 6-ฟอสโฟกลูโคเนตดีไฮโดรจีเนสมี 1 โลคัส มีแถบเอนไซม์เป็นโฮโมไซโกตโหมโนเมอริกมีแถบเอนไซม์แถบเดียว ตรวจพบแถบเอนไซม์จากปุ่ตัวอย่างทั้ง 4 จังหวัด ละ 18 ตัวอย่าง

1.11 ฟอสโฟกลูโคมิลเลส (PGM)

แถบเอนไซม์ฟอสโฟกลูโคมิลเลสมี 1 โลคัส มีแถบเอนไซม์เป็นโฮโมไซโกตโหมโนเมอริกมีแถบเอนไซม์แถบเดียว ปุ่จากจังหวัดบุรีรัมย์และศรีสะเกษตรวจพบแถบเอนไซม์จังหวัดละ 19 ตัวอย่าง

1.12 ซูเปอร์ออกไซด์ดิสมัลเลส (SOD)

แถบเอนไซม์ซูเปอร์ออกไซด์ดิสมัลเลสมี 2 โลคัส คือ SOD₁ และ SOD₂

SOD₁ มีแถบเอนไซม์ เป็นเฮเทอโรไซโกตโคเมอริคมีแถบเอนไซม์สามแถบ SOD₂ มีแถบเอนไซม์ เป็นโฮโมไซโกตโคเมอริคมีแถบเอนไซม์แถบเดียว

1.13 แชนดินดีไฮโดรจีเนส (XDH)

แถบเอนไซม์แชนดินดีไฮโดรจีเนสมี 2 ไลค์ส คือ XDH₁ และ XDH₂

ทั้ง XDH₁ และ XDH₂ มีแถบโปรตีนเป็นโฮโมไซโกตโคเมอริคมีแถบเอนไซม์แถบเดียว ตัวอย่างจากจังหวัดบุรีรัมย์ และศรีสะเกษ ตรวจพบแถบเอนไซม์ XDH₁ เพียง 19 ตัวอย่าง

2. จากแถบเอนไซม์ที่ได้ นำมาหาค่าต่างๆ ดังนี้

2.1 ความถี่ของยีน (gene frequency)

ตาราง 3 ความถี่ของยีน

ตำแหน่ง	ประชากร			
	บุรีรัมย์	สุรินทร์	ศรีสะเกษ	อุบลราชธานี
ACP ₂				
(N)	17	20	20	20
A ₁ A ₁	17	20	20	20
ACP ₃				
(N)	20	20	20	20
A ₁ A ₁	20	20	20	20
AKP ₁				
(N)	18	20	20	19
A ₁ A ₁	18	20	20	19

ตาราง 3. (ต่อ)

ตำแหน่ง	ประชากร			
	บุรีรัมย์	สุรินทร์	ศรีสะเกษ	อุบลราชธานี
AKP ₂				
(N)	20	20	20	20
A ₁ A ₁	5	10	1	4
A ₁ A ₂	5	3	14	12
A ₂ A ₂	10	7	5	4
ALDOX ₁				
(N)	20	20	20	20
A ₁ A ₁	2	2	3	5
A ₁ A ₂	17	12	11	12
A ₂ A ₂	1	6	6	3
ALDOX ₂				
(N)	20	20	20	20
A ₁ A ₁	20	20	20	20
CAT ₁				
(N)	19	20	20	20
A ₁ A ₁	5	3	4	4
A ₁ A ₂	9	9	8	10
A ₂ A ₂	5	8	8	6
CAT ₂				
(N)	20	20	20	20
A ₁ A ₁	3	15	10	8
A ₁ A ₂	14	5	10	10
A ₂ A ₂	3	0	0	2

ตาราง 3 (ต่อ)

ตำแหน่ง	ประชากร			
	บุรีรัมย์	สุรินทร์	ศรีสะเกษ	อุบลราชธานี
EST ₁				
(N)	20	20	20	20
A ₁ A ₁	20	20	20	20
EST ₃				
(N)	20	20	20	20
A ₁ A ₁	8	4	6	5
A ₁ A ₂	5	11	11	8
A ₂ A ₂	7	5	3	7
EST ₅				
(N)	20	20	20	20
A ₁ A ₁	20	20	20	20
LAP ₁				
(N)	20	16	20	20
A ₁ A ₁	20	16	20	20
LAP ₂				
(N)	20	20	20	20
A ₁ A ₁	20	20	20	20
LAP ₃				
(N)	20	20	20	20
A ₁ A ₁	20	20	20	20

ตาราง 3 (ต่อ)

ตำแหน่ง	ประชากร			
	บุรีรัมย์	สุรินทร์	ศรีสะเกษ	อุบลราชธานี
MDH ₂				
(N)	16	18	18	18
A ₁ A ₁	16	18	18	18
MDH ₃				
(N)	19	19	20	20
A ₁ A ₁	19	19	20	20
ME				
(N)	19	20	19	20
A ₁ A ₁	19	20	19	20
ODH ₁				
(N)	20	20	20	20
A ₁ A ₁	7	3	2	6
A ₁ A ₂	13	15	15	12
A ₂ A ₂	0	2	3	2
ODH ₂				
(N)	20	20	20	20
A ₁ A ₁	20	20	20	20
6-PGD				
(N)	18	18	18	18
A ₁ A ₁	18	18	18	18

ตาราง 3 (ต่อ)

ตำแหน่ง	ประชากร			
	บุรีรัมย์	สุรินทร์	ศรีสะเกษ	อุบลราชธานี
PGM				
(N)	19	20	19	20
A ₁ A ₁	19	20	19	20
SOD ₁				
(N)	20	20	20	20
A ₁ A ₁	1	4	1	1
A ₁ A ₂	17	13	15	17
A ₂ A ₂	2	3	4	2
SOD ₂				
(N)	20	20	20	20
A ₁ A ₁	20	20	20	20
XDH ₁				
(N)	19	20	19	20
A ₁ A ₁	19	20	19	20
XDH ₂				
(N)	20	20	20	20
A ₁ A ₁	20	20	20	20

2.2 ความถี่ของอัลลีล (allele frequency)

ตาราง 4 ความถี่ของอัลลีล

ตำแหน่ง	ประชากร			
	บุรีรัมย์	สุรินทร์	ศรีสะเกษ	อุบลราชธานี
ACP ₂				
(N)	17	20	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 ₁				
(N)	18	20	20	19
A ₁	1.000	1.000	1.000	1.000
AKP ₂				
(N)	20	20	20	20
A ₁	0.375	0.575	0.400	0.500
A ₂	0.625	0.425	0.600	0.500
ALDOX ₁				
(N)	17	20	20	20
A ₁	0.525	0.400	0.425	0.550
A ₂	0.475	0.600	0.575	0.450
ALDOX ₂				
(N)	20	20	20	20
A ₁	1.000	1.000	1.000	1.000

ตาราง 4 (ต่อ)

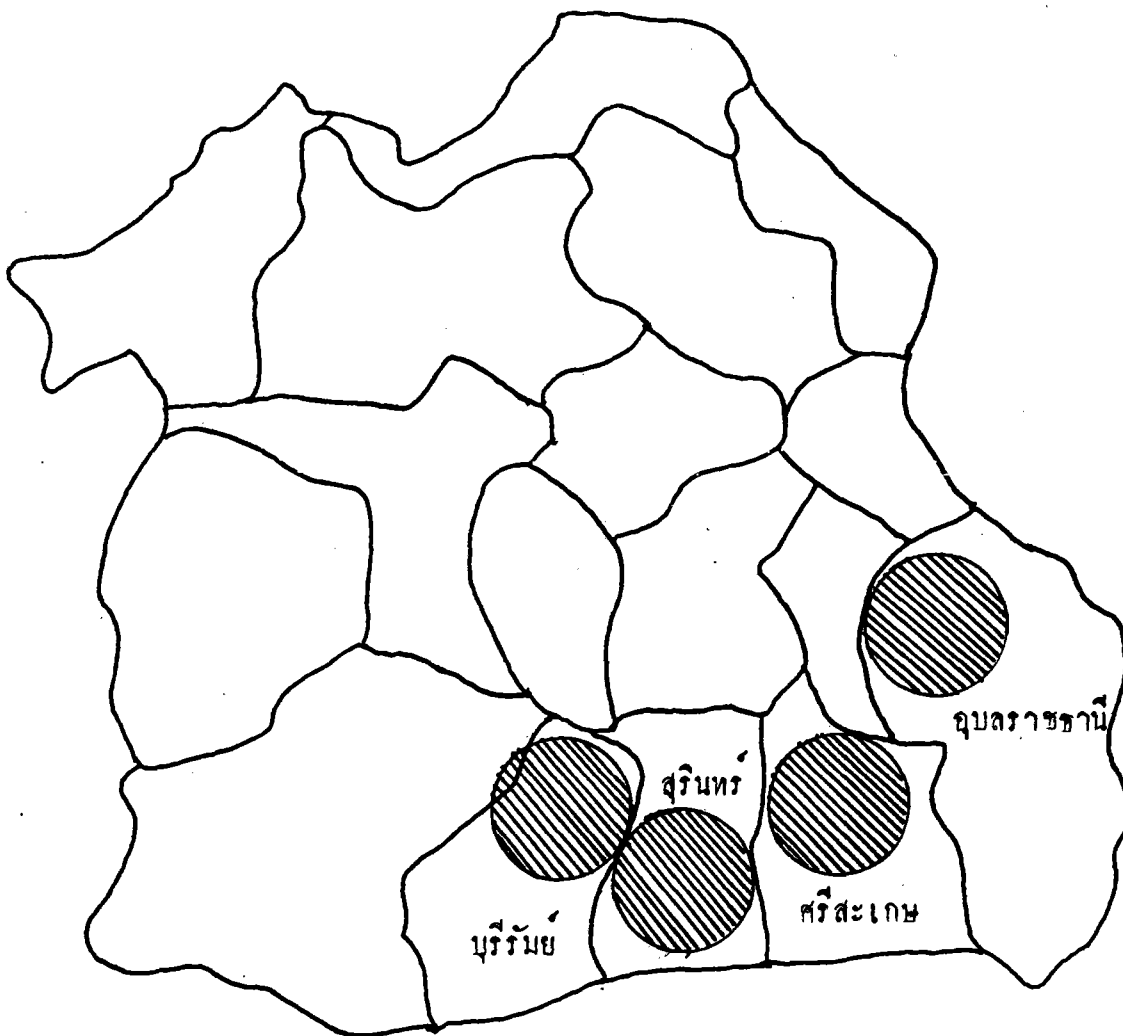
ตำแหน่ง	ประชากร			
	บุรีรัมย์	สุรินทร์	ศรีสะเกษ	อุบลราชธานี
CAT ₁				
(N)	19	20	20	20
A ₁	0.500	0.375	0.400	0.450
A ₂	0.500	0.625	0.600	0.550
CAT ₂				
(N)	20	20	20	20
A ₁	0.500	0.875	0.750	0.650
A ₂	0.500	0.125	0.250	0.350
EST ₁				
(N)	20	20	20	20
A ₁	1.000	1.000	1.000	1.000
EST ₃				
(N)	20	20	20	20
A ₁	0.525	0.475	0.575	0.450
A ₂	0.475	0.525	0.425	0.550
EST ₅				
(N)	20	20	20	20
A ₁	1.000	1.000	1.000	1.000
LAP ₁				
(N)	20	16	20	20
A ₁	1.000	1.000	1.000	1.000

ตาราง 4 (ต่อ)

ตำแหน่ง	ประชากร			
	บุรีรัมย์	สุรินทร์	ศรีสะเกษ	อุบลราชธานี
LAP ₂				
(N)	20	20	20	20
A ₁	1.000	1.000	1.000	1.000
LAP ₃				
(N)	20	20	20	20
A ₁	1.000	1.000	1.000	1.000
MDH ₂				
(N)	16	18	18	18
A ₁	1.000	1.000	1.000	1.000
MDH ₃				
(N)	19	19	20	20
A ₁	1.000	1.000	1.000	1.000
ME				
(N)	19	20	19	20
A ₁	1.000	1.000	1.000	1.000
ODH ₁				
(N)	20	20	20	20
A ₁	0.675	0.525	0.475	0.600
A ₂	0.325	0.475	0.525	0.400
ODH ₂				
(N)	20	20	20	20
A ₁	1.000	1.000	1.000	1.000

ตาราง 4 (ต่อ)

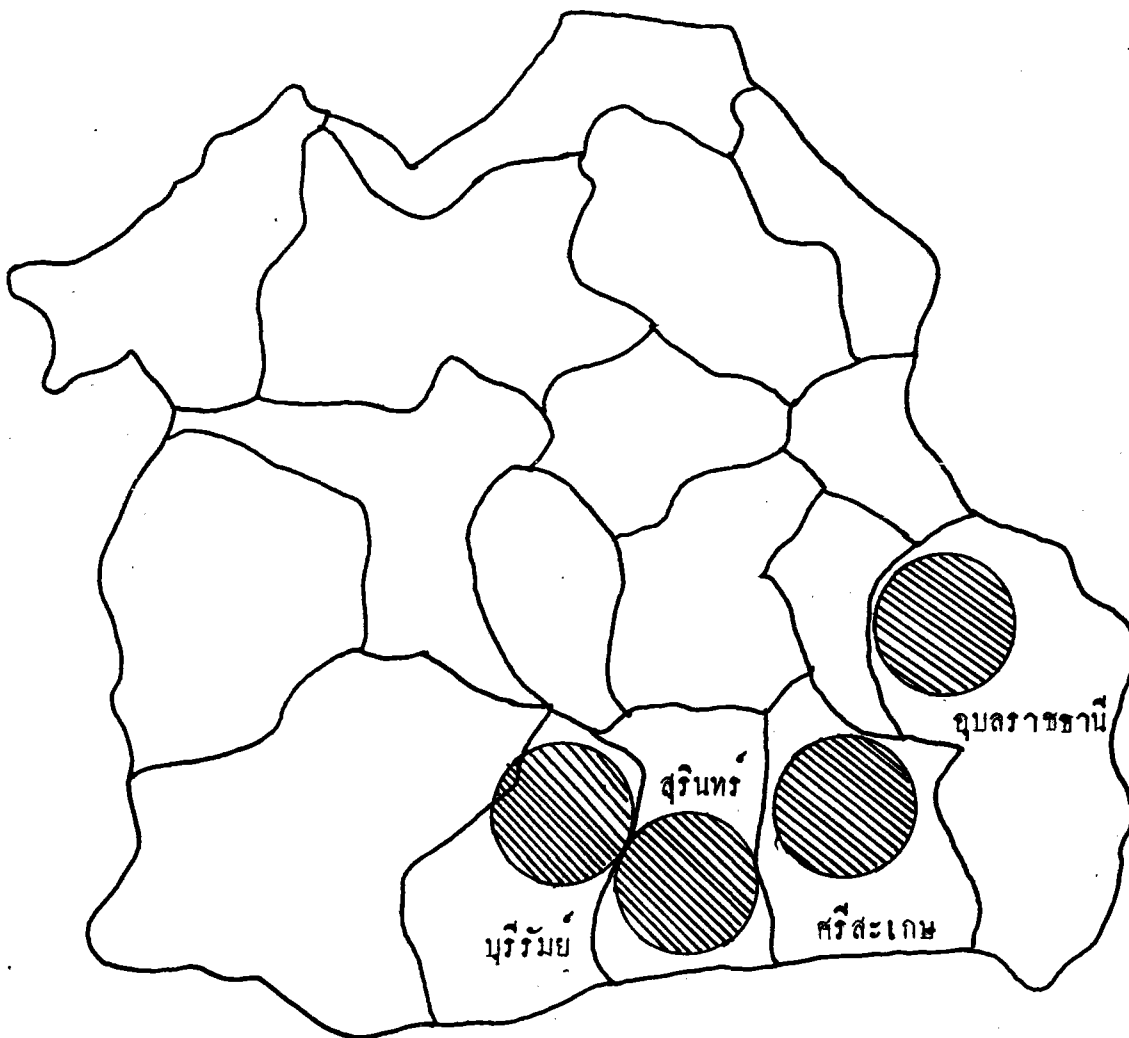
ตำแหน่ง	ประชากร			
	บุรีรัมย์	สุรินทร์	ศรีสะเกษ	อุบลราชธานี
6-PGD				
(N)	18	18	18	18
A ₁	1.000	1.000	1.000	1.000
PGM				
(N)	19	20	19	20
A ₁	1.000	1.000	1.000	1.000
SOD ₁				
(N)	20	20	20	20
A ₁	0.475	0.525	0.425	0.475
A ₂	0.525	0.475	0.575	0.525
SOD ₂				
(N)	20	20	20	20
A ₁	1.000	1.000	1.000	1.000
XDH ₁				
(N)	19	20	19	20
A ₁	1.000	1.000	1.000	1.000
XDH ₂				
(N)	20	20	20	20
A ₁	1.000	1.000	1.000	1.000



ภาพประกอบ 1 แสดงความถี่ของอัลลีลของเฮนไทป์ ACP₂

▨ = A₁

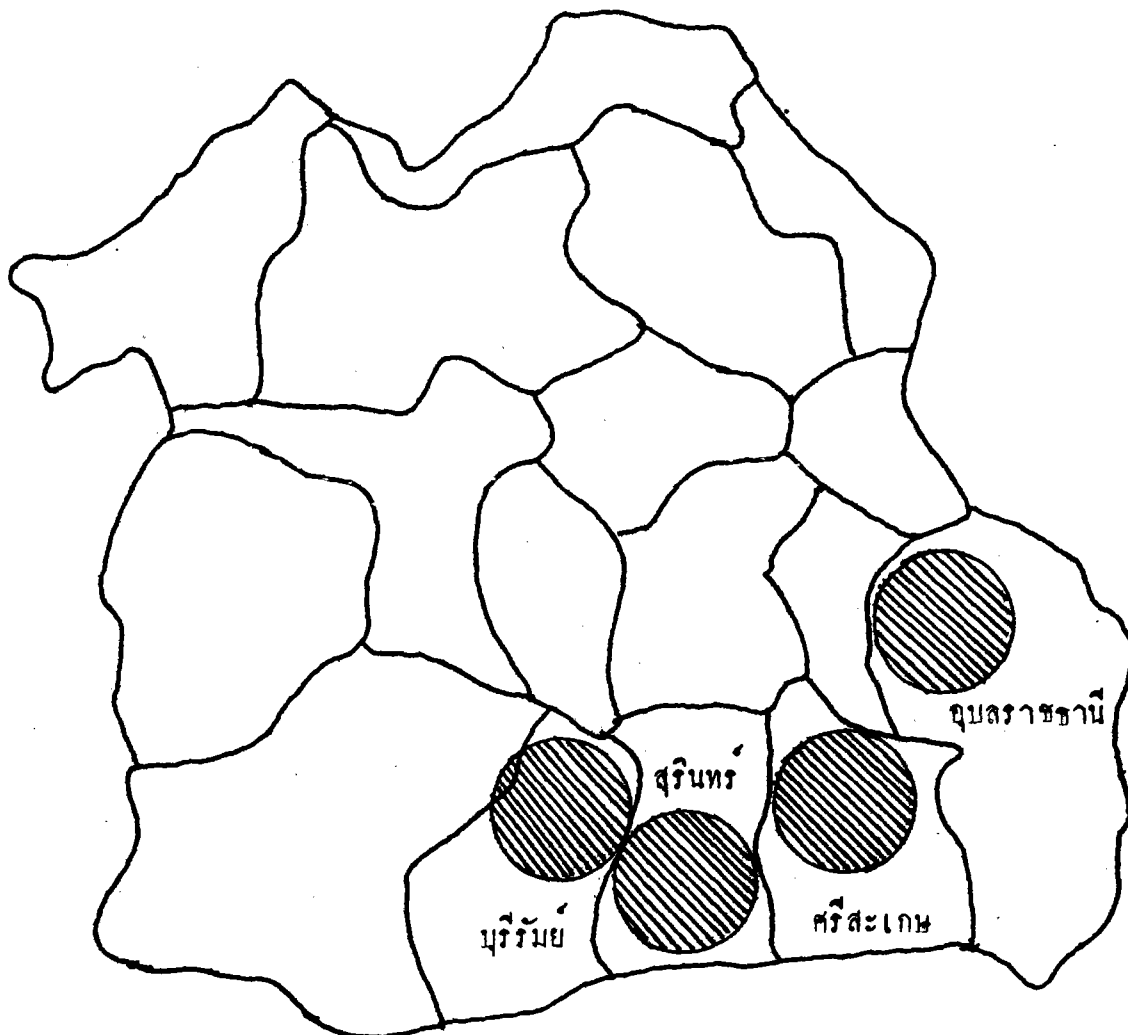
□ = A₂



ภาพประกอบ 2 แสดงความถี่ของอัลลีลของเอนไซม์ ACP₃

▨ = A₁

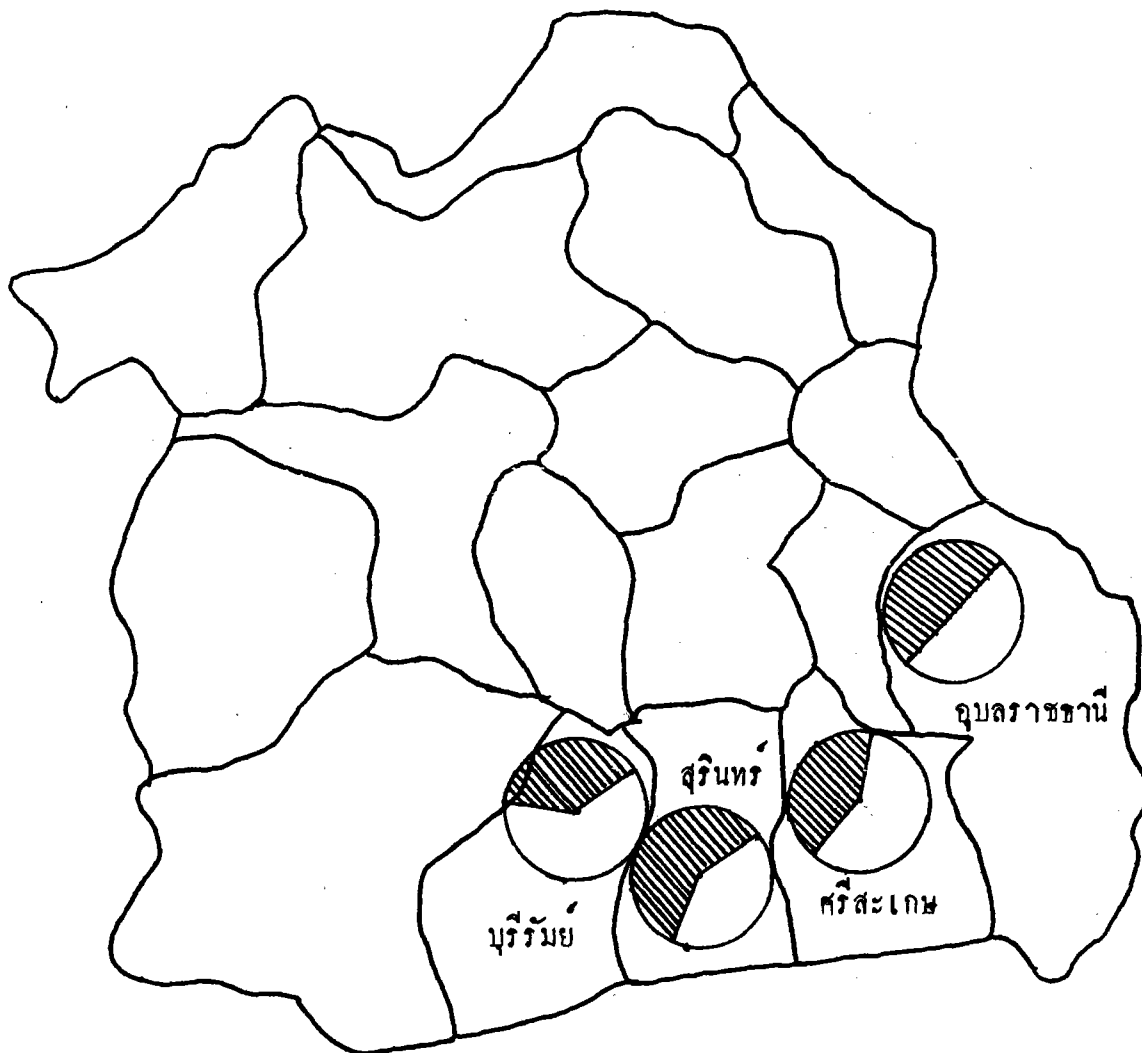
□ = A₂



ภาพประกอบ 3 แสดงความถี่ของอัลลีลของเอนไซม์ AKP_1

▨ = A_1

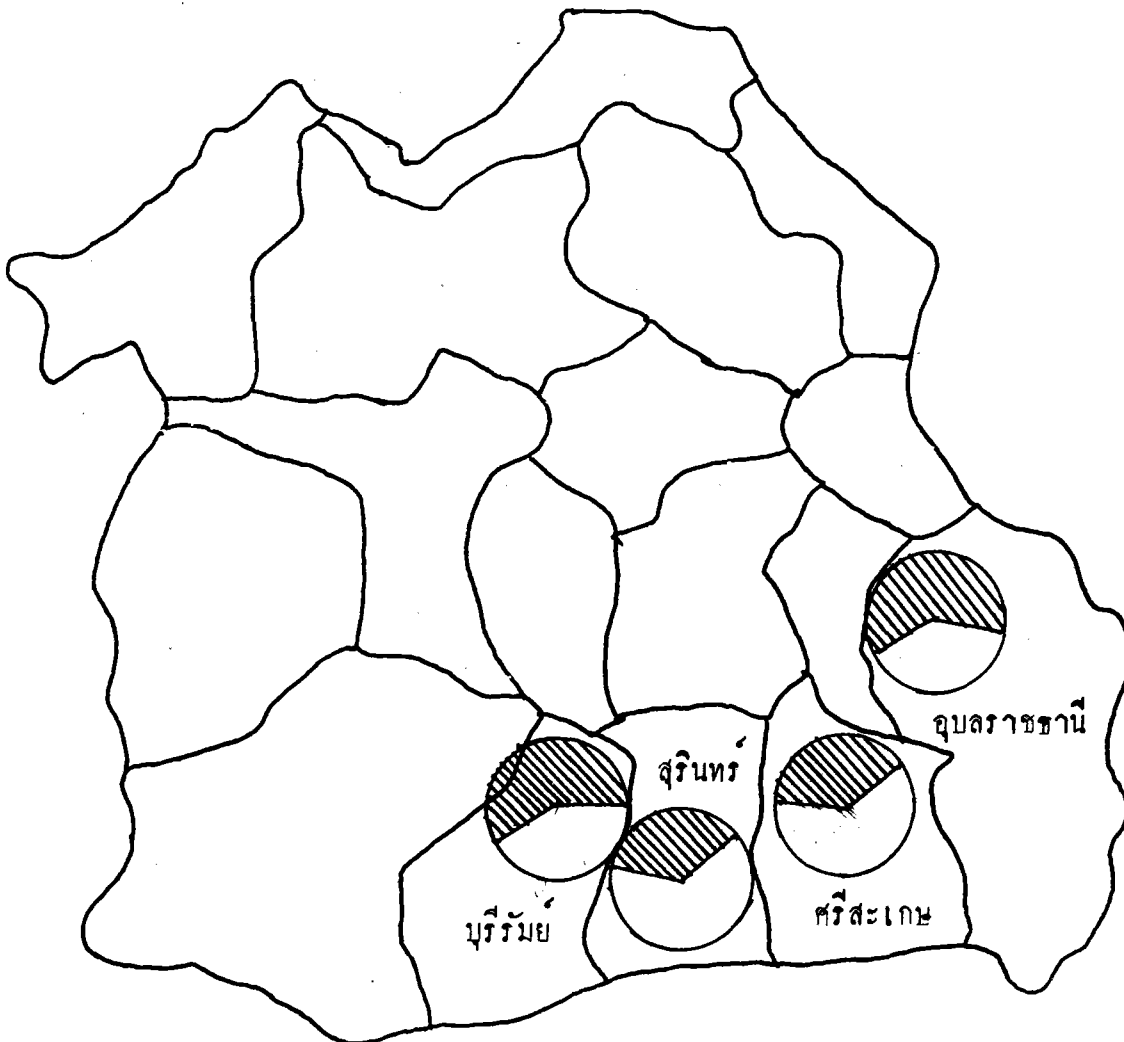
□ = A_2



ภาพประกอบ 4 แสดงความถี่ของอัลลีลของเอนไซม์ AKP_2

▨ = A_1

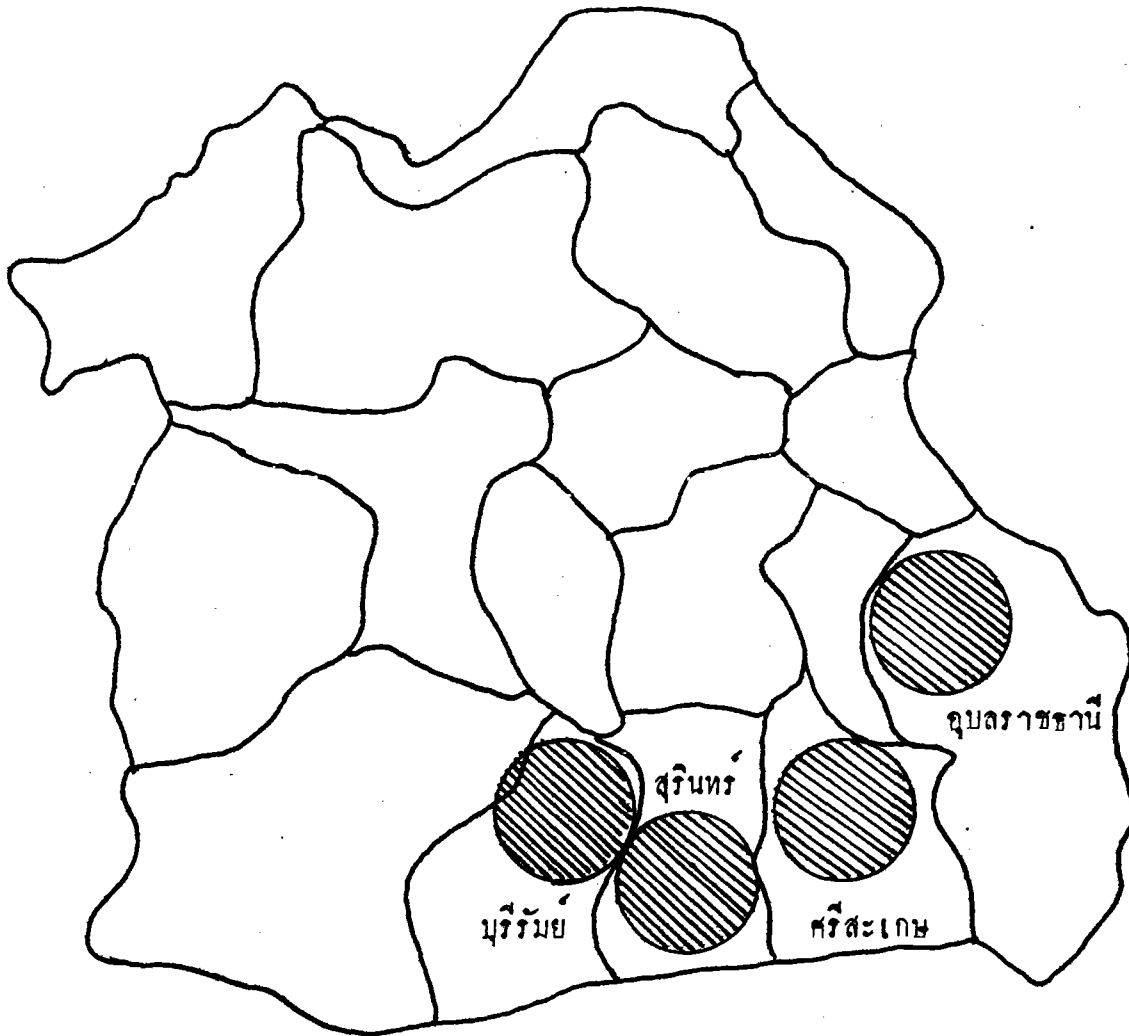
□ = A_2



ภาพประกอบ 5 แสดงความถี่ของอัลลีลของเอนไซม์ ALDOX₁

▨ = A_1

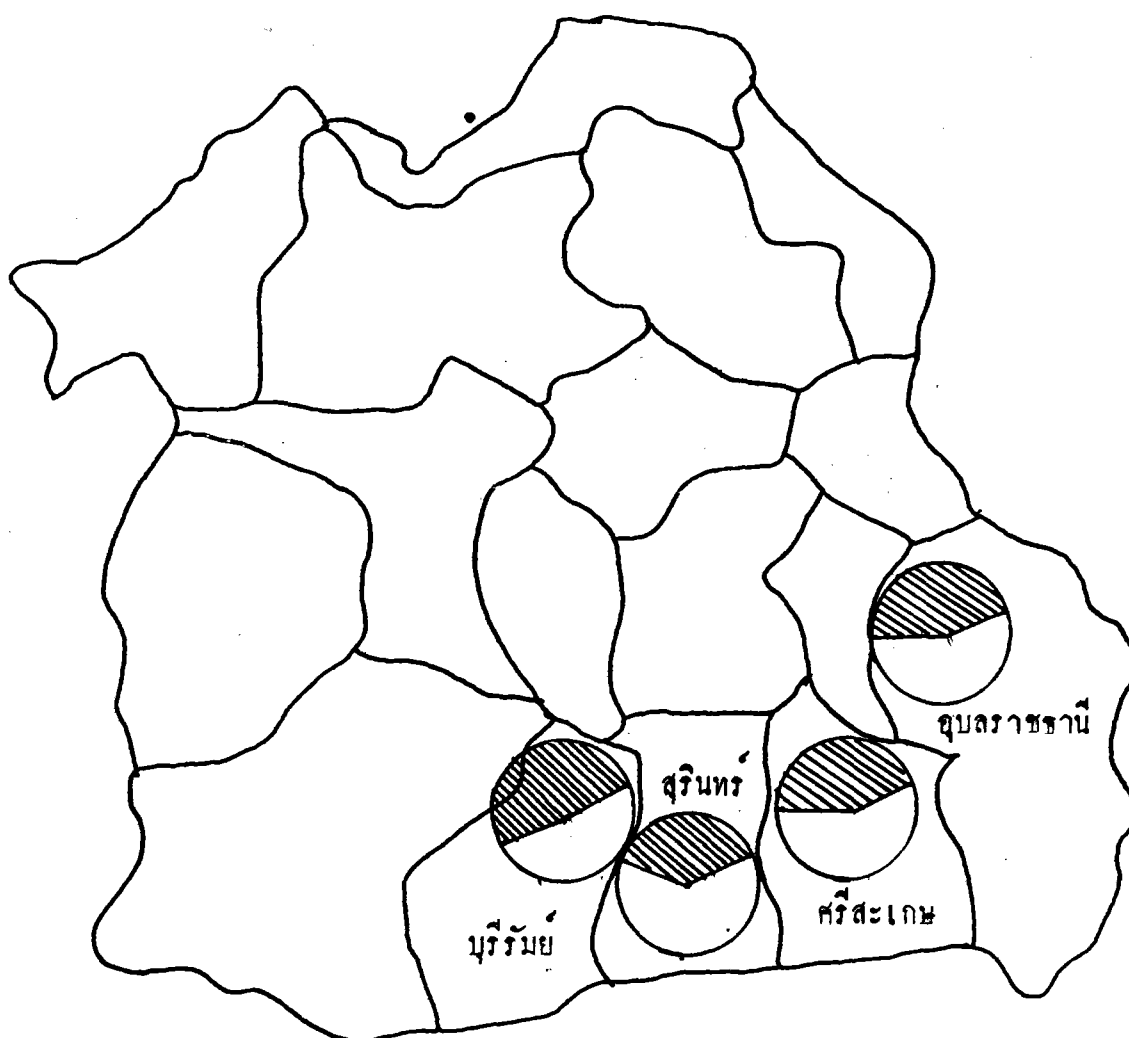
□ = A_2



ภาพประกอบ 6 แสดงความถี่ของยาลูกของเอนไซม์ ALDOX₂

■ = A₁

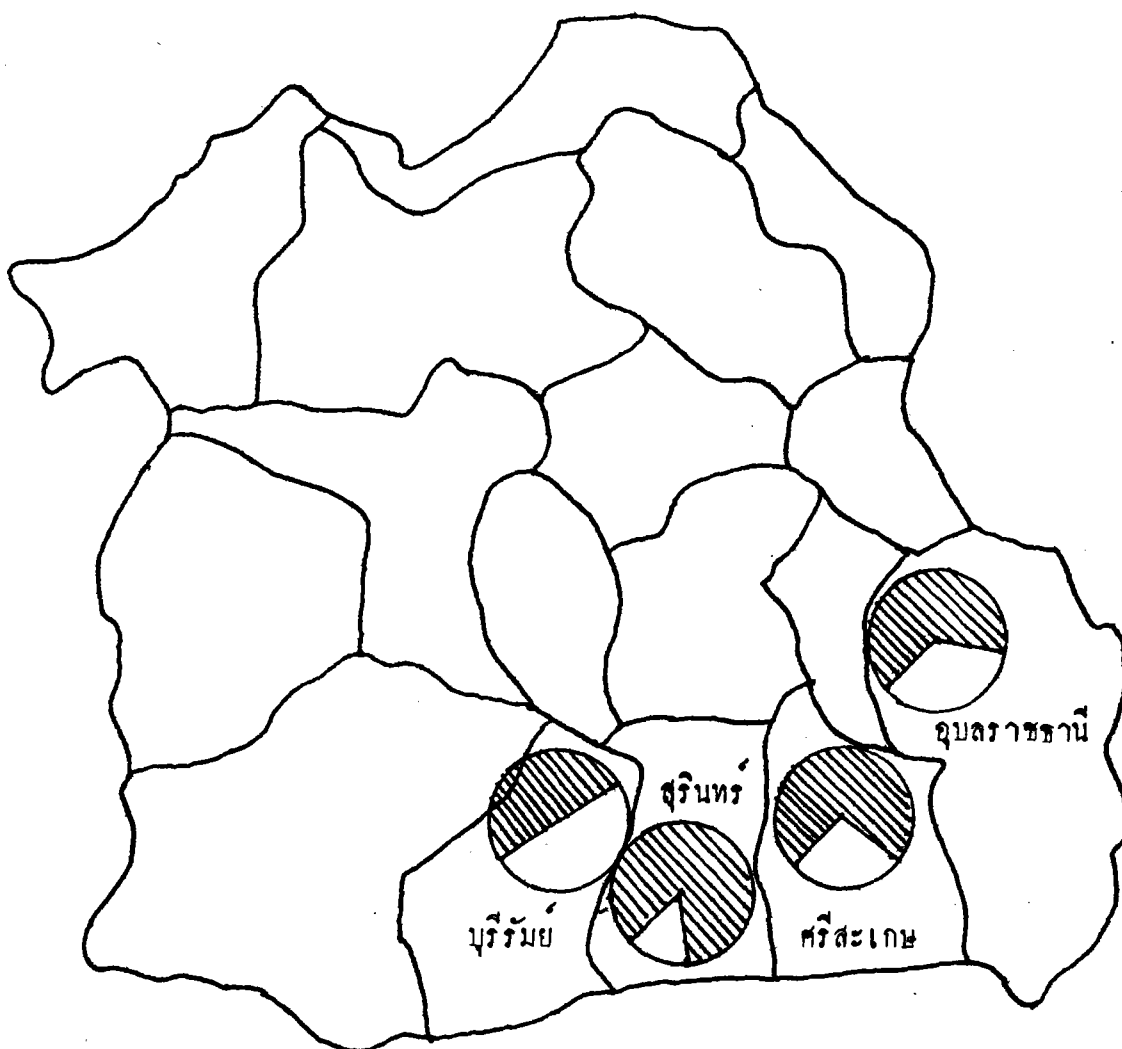
□ = A₂



ภาพประกอบ 7 แสดงความถี่ของชนิดพืชของเฮนไซม์ CAT₁

▨ = A₁

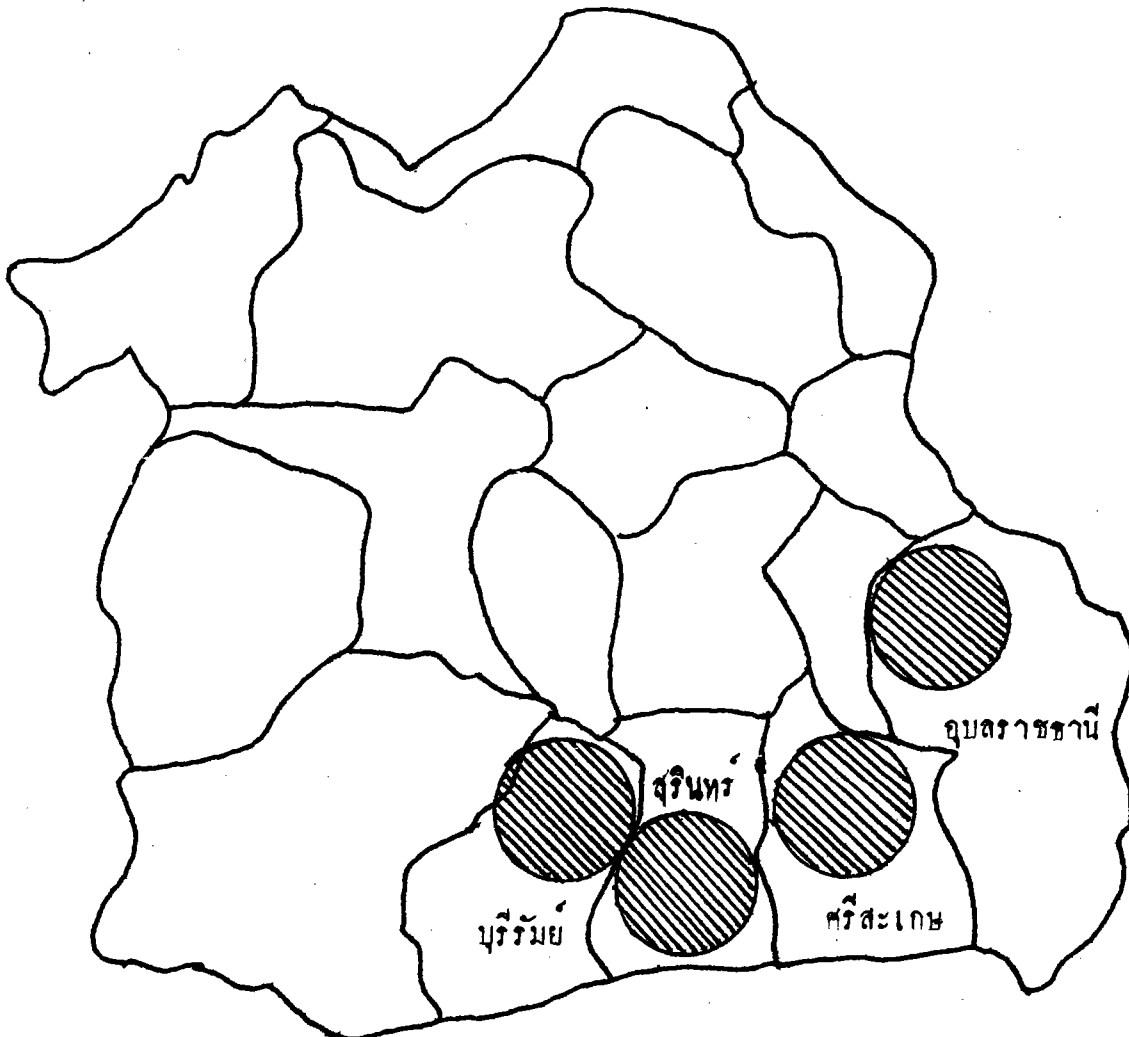
□ = A₂



ภาพประกอบ 8 แสดงความถี่ของยัฒติของเอนไซม์ CAT₂

▨ = A₁

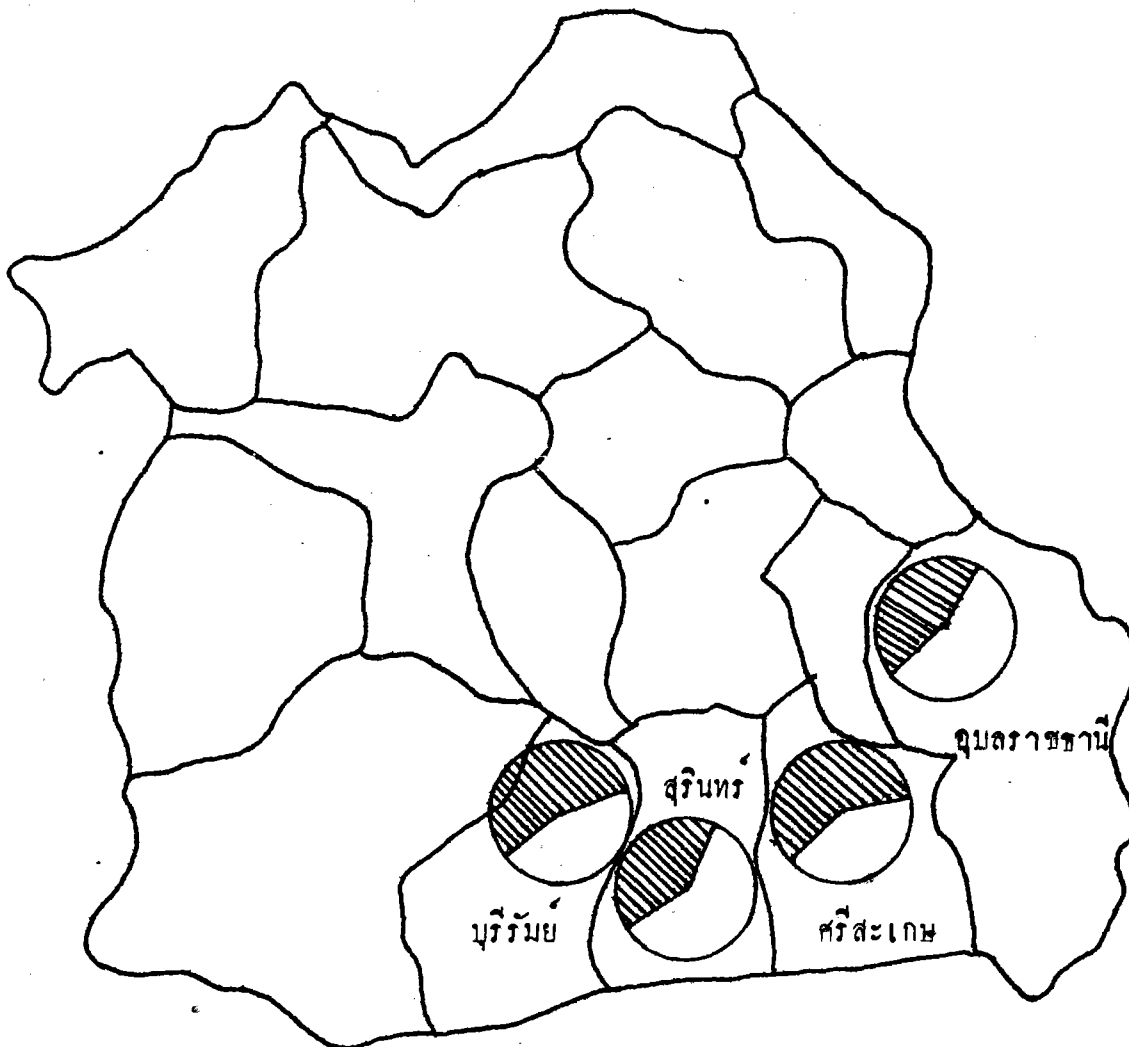
□ = A₂



ภาพประกอบ 9 แสดงความถี่ของอัลลีลของเอนไซม์ EST_1

▨ = A_1

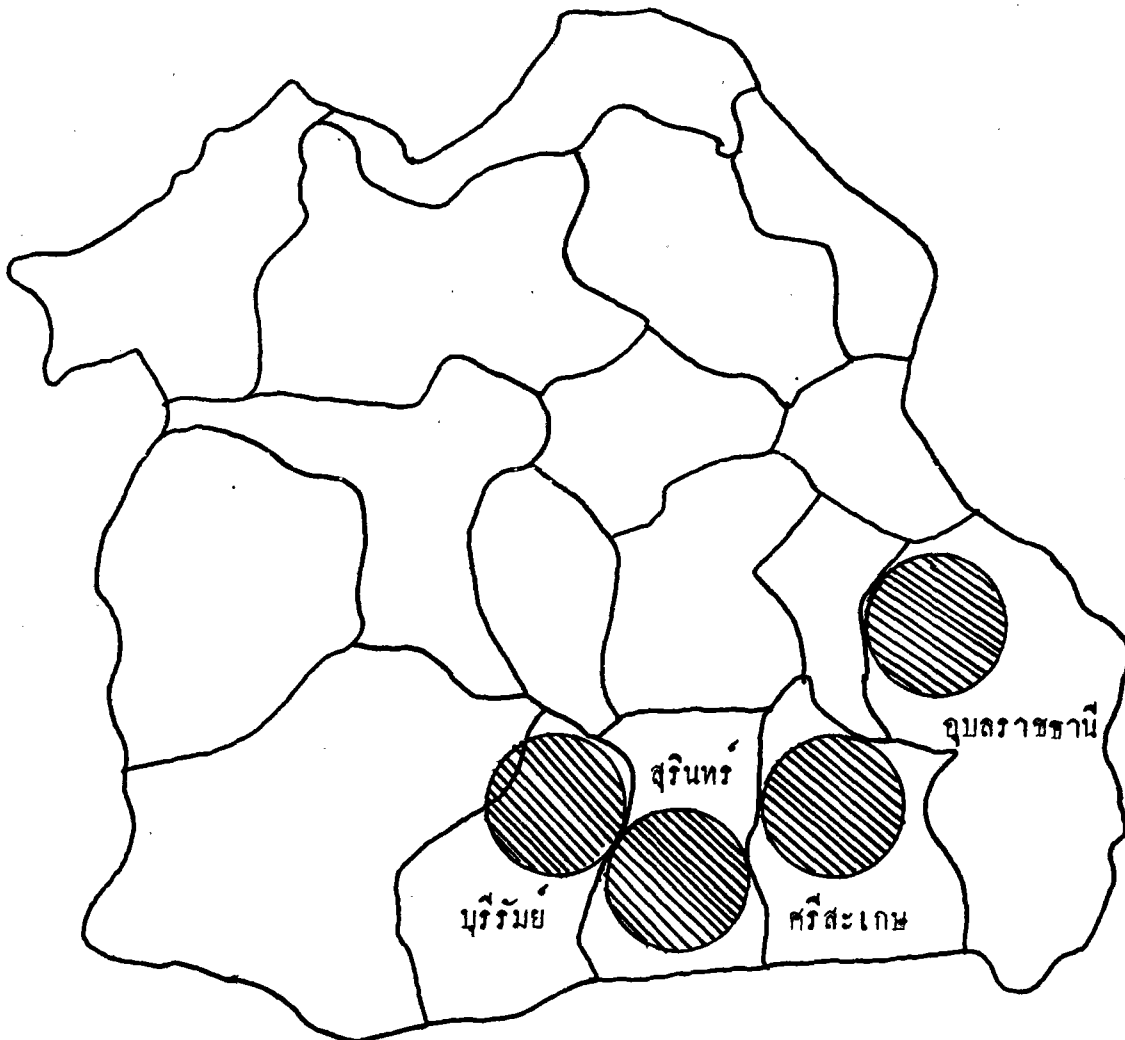
□ = A_2



ภาพประกอบ 10 แสดงความถี่ของผลลัพธ์ของเอนไซม์ EST_3

▨ = A_1

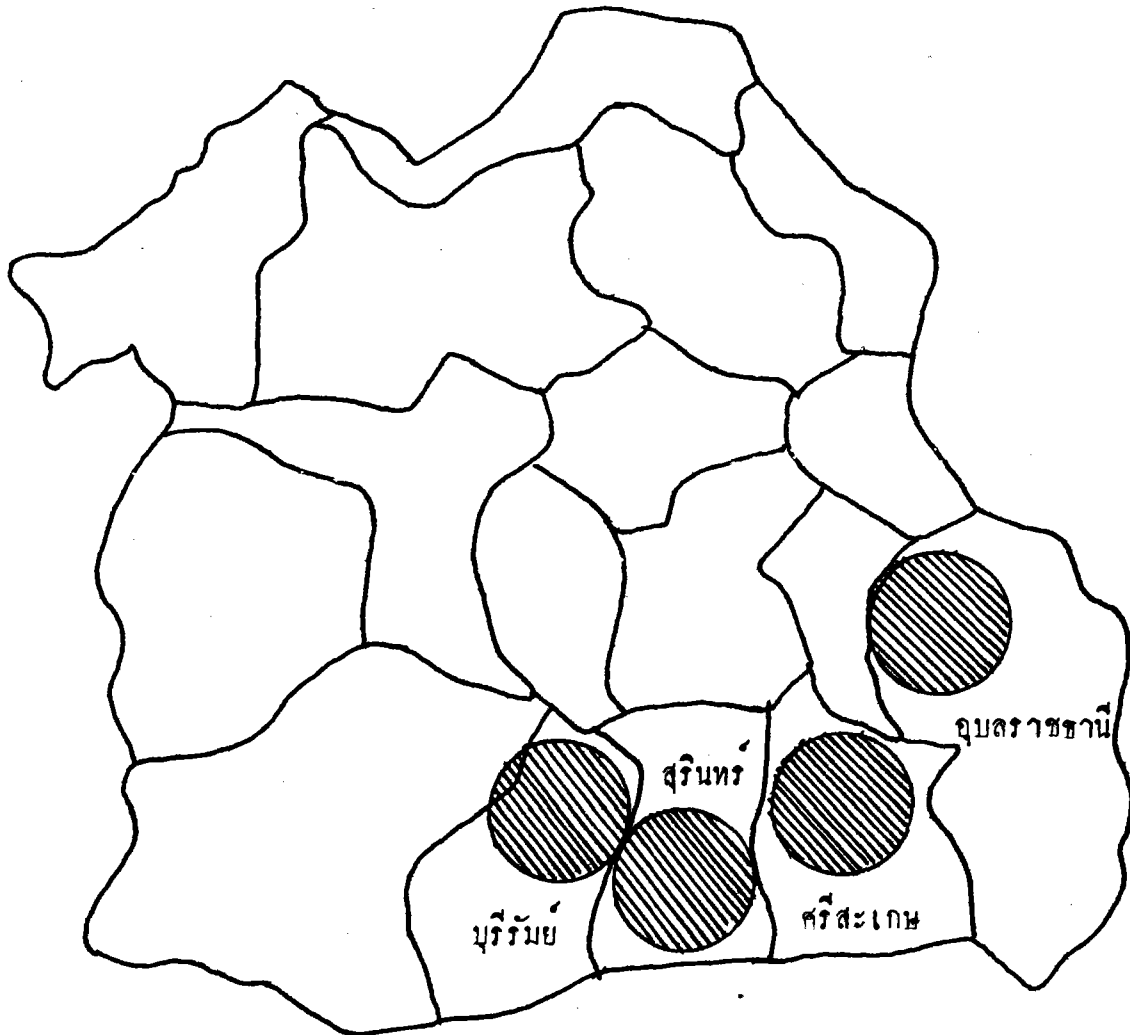
□ = A_2



ภาพประกอบ 11 แสดงความถี่ของอัลลีลของเอนไซม์ EST₅

▨ = A₁

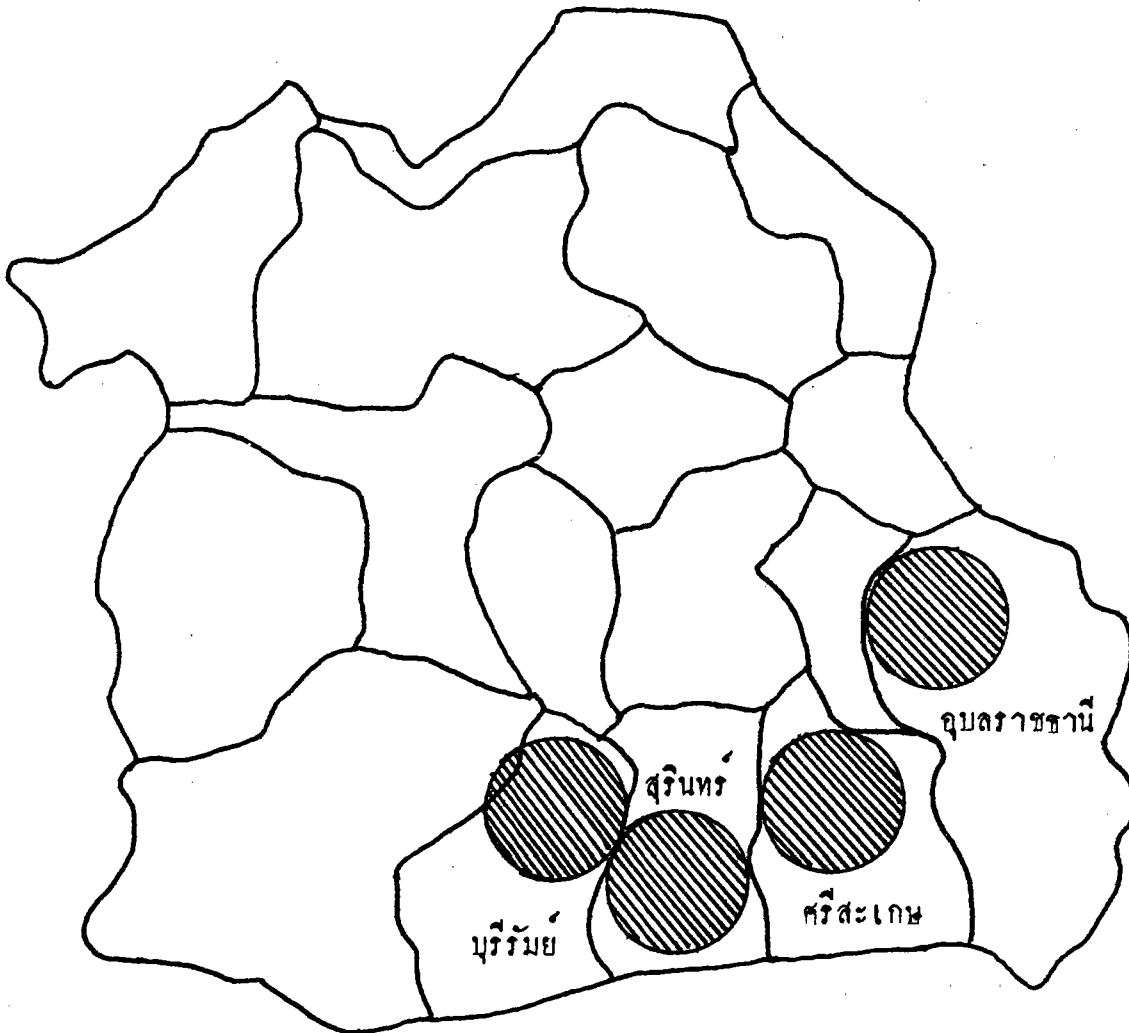
□ = A₂



ภาพประกอบ 12 แสดงความถี่ของอัลลีลของเอนไซม์ LAP₁

▨ = A₁

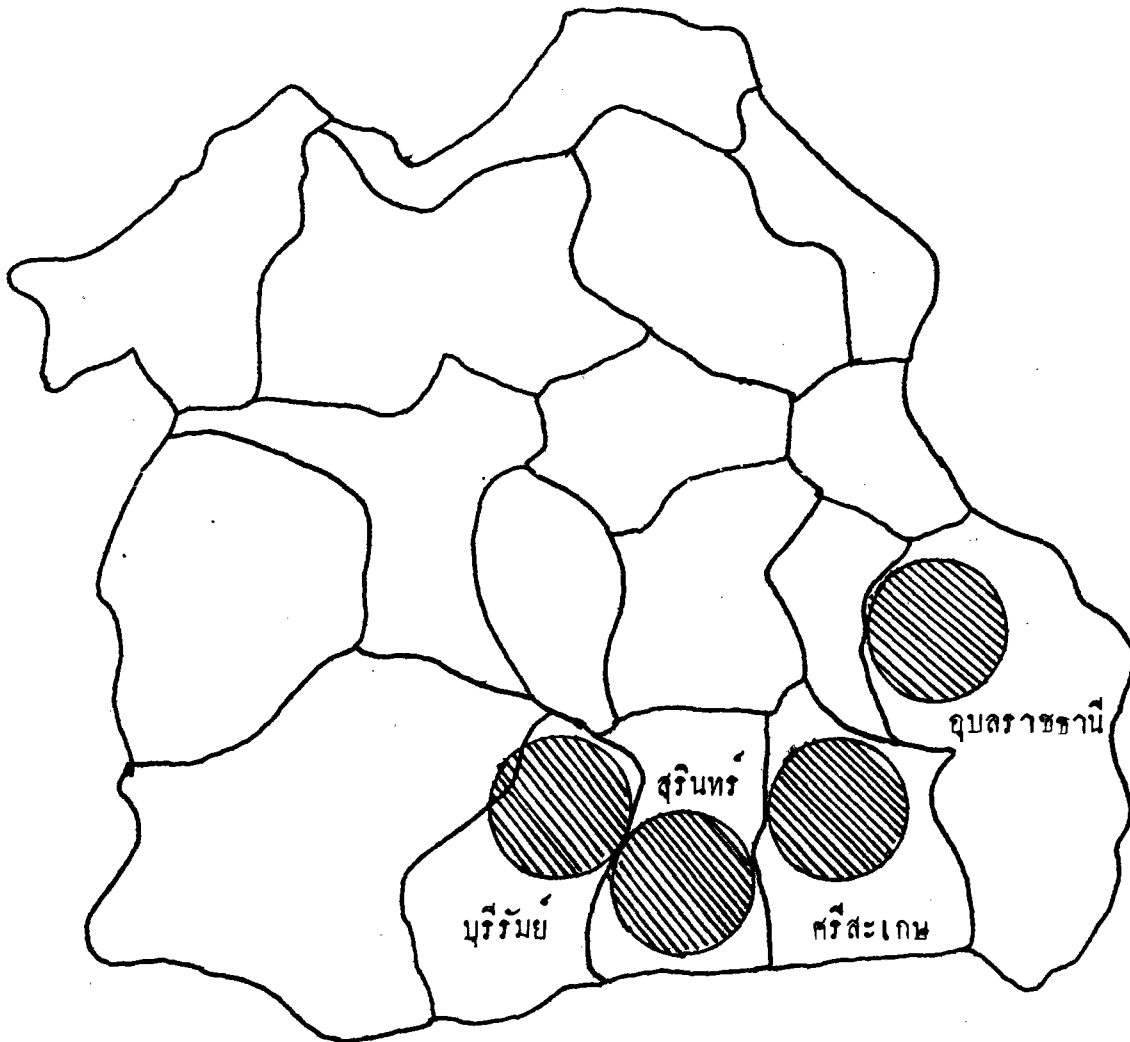
□ = A₂



ภาพประกอบ 13 แสดงความถี่ของอันดับของเอนไซม์ LAP₂

▨ = A₁

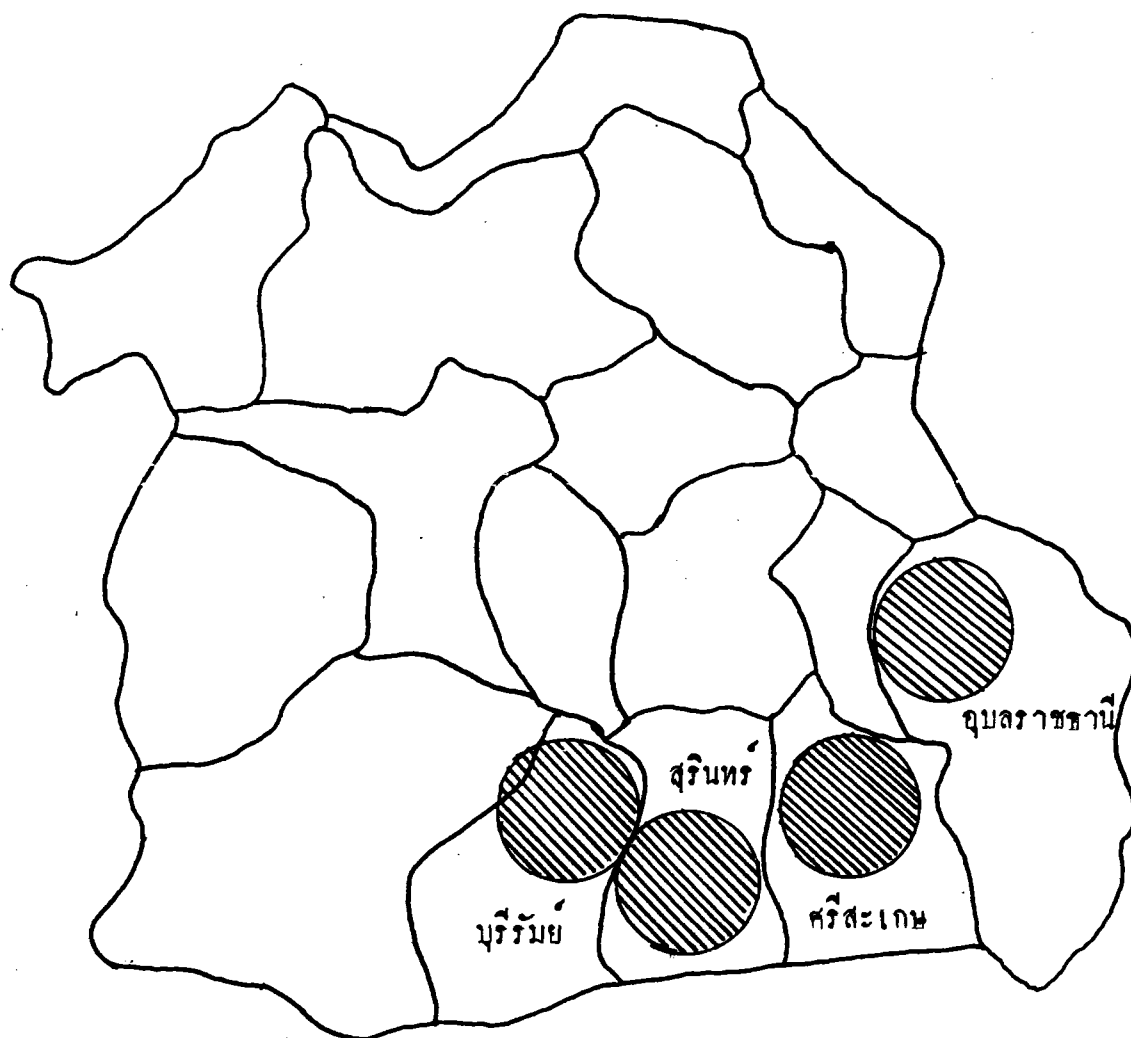
□ = A₂



ภาพประกอบ 14 แสดงความถี่ของอัลลีลของเอนไซม์ LAP₃

▨ = A₁

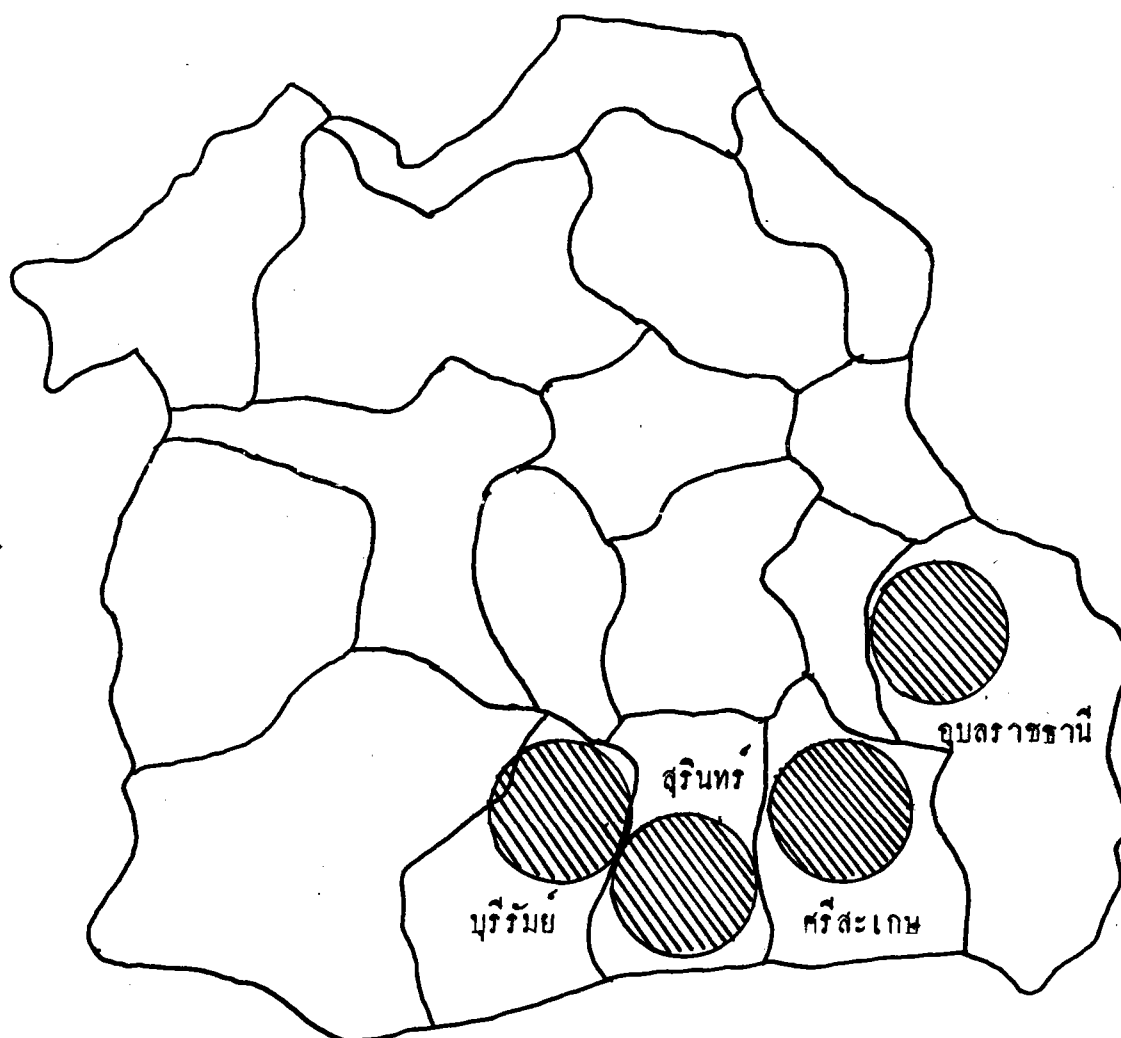
□ = A₂



ภาพประกอบ 15 แสดงความถี่ของอัลลีลของเอนไซม์ MDH₂

▨ = A₁

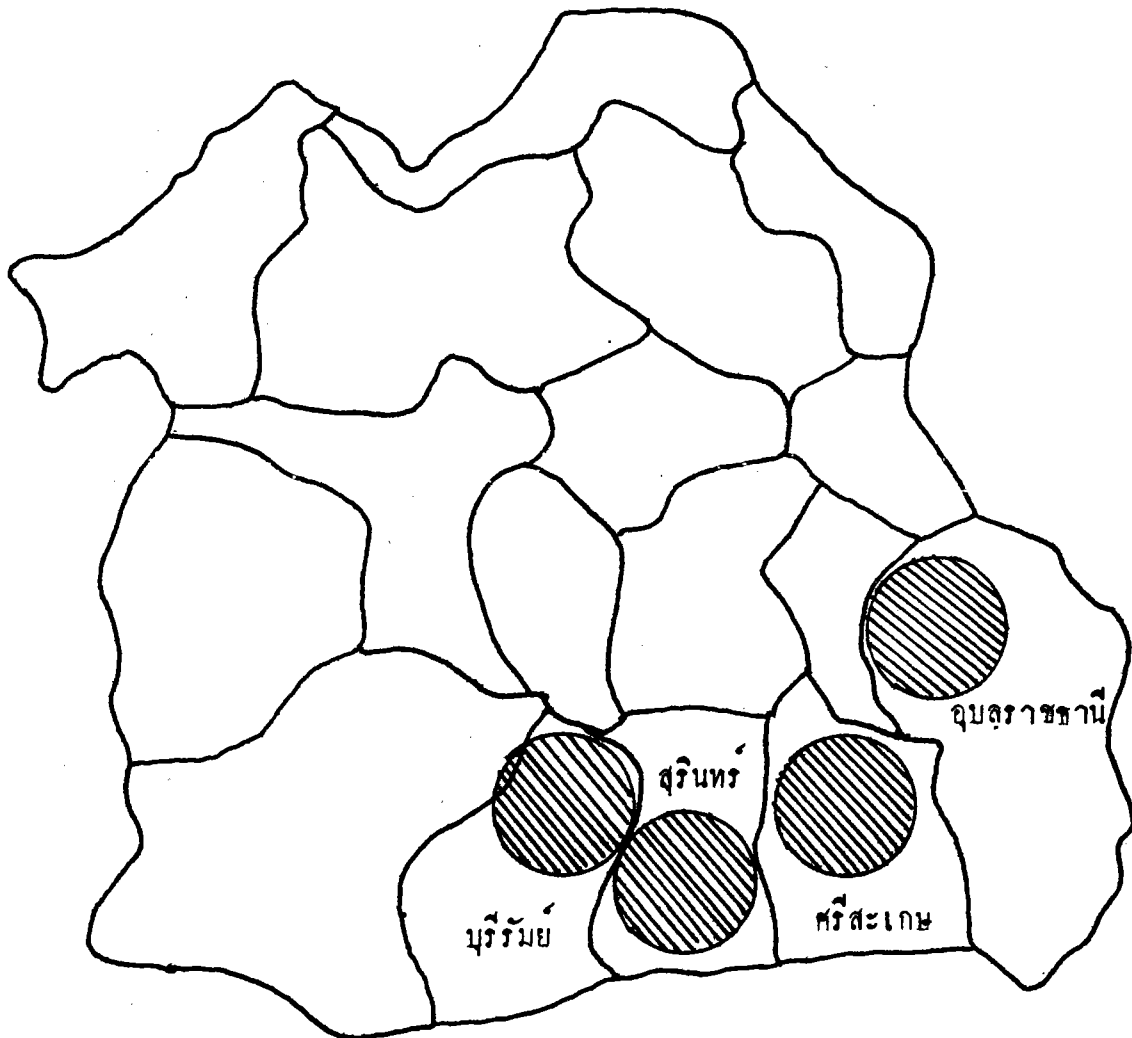
□ = A₂



ภาพประกอบ 16 แสดงความถี่ของอัลลีลของเอนไซม์ MDH₃

▨ = A₁

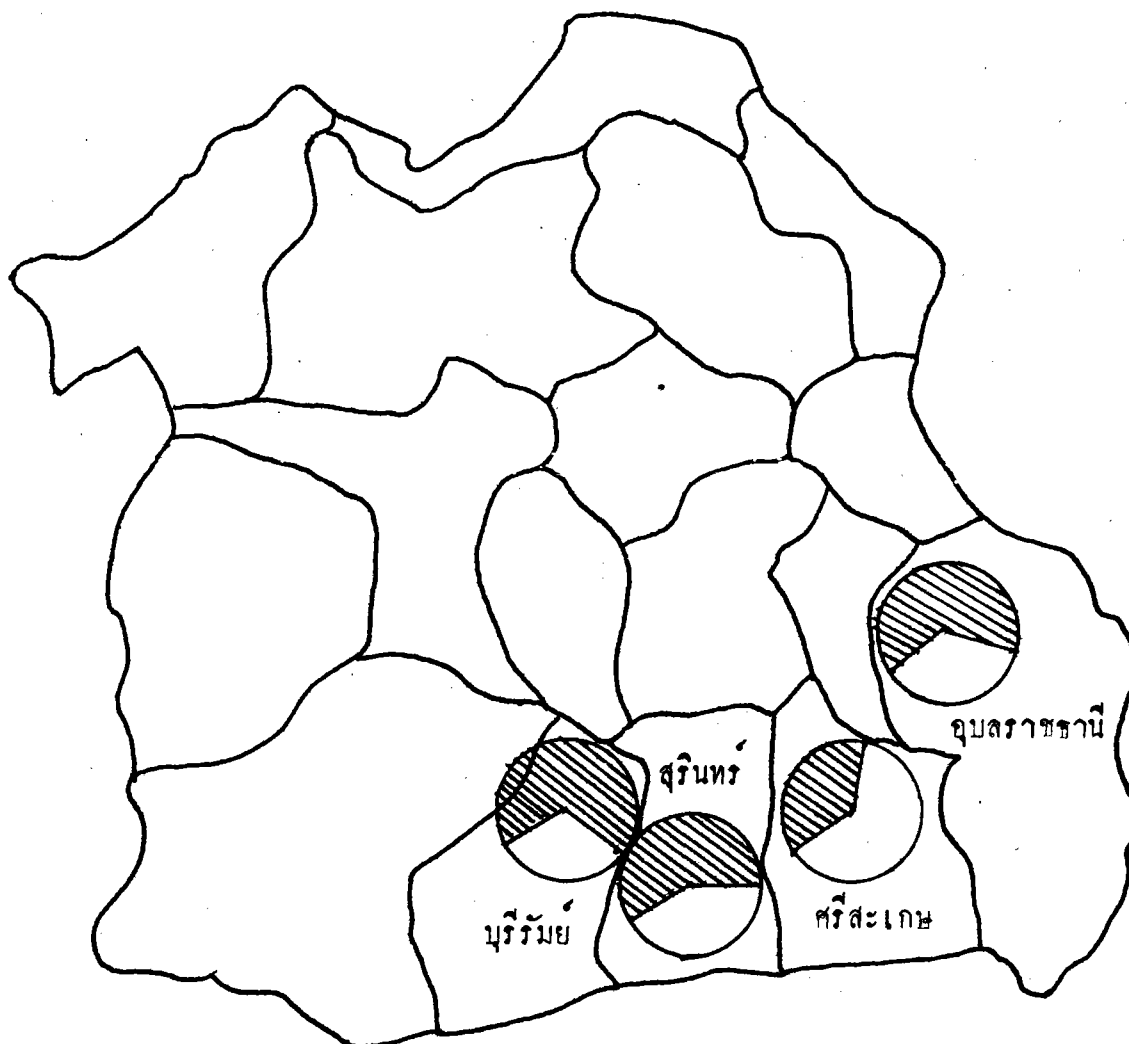
□ = A₂



ภาพประกอบ 17 แสดงความถี่ของอัลลีลของเอนไซม์ ME

▨ = A_1

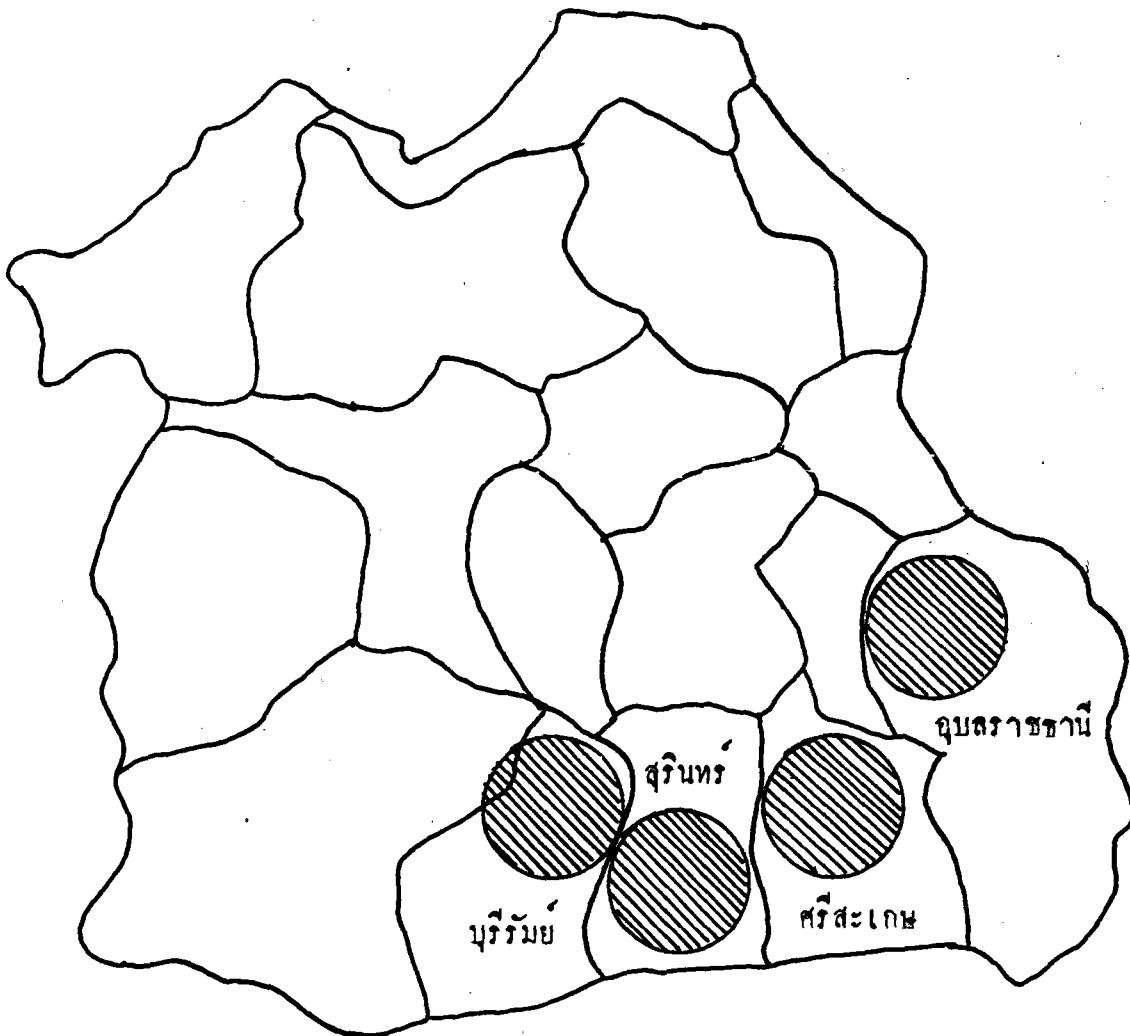
□ = A_2



ภาพประกอบ 18 แสดงความถี่ของอัลลีลของเอนไซม์ ODH_1

▨ = A_1

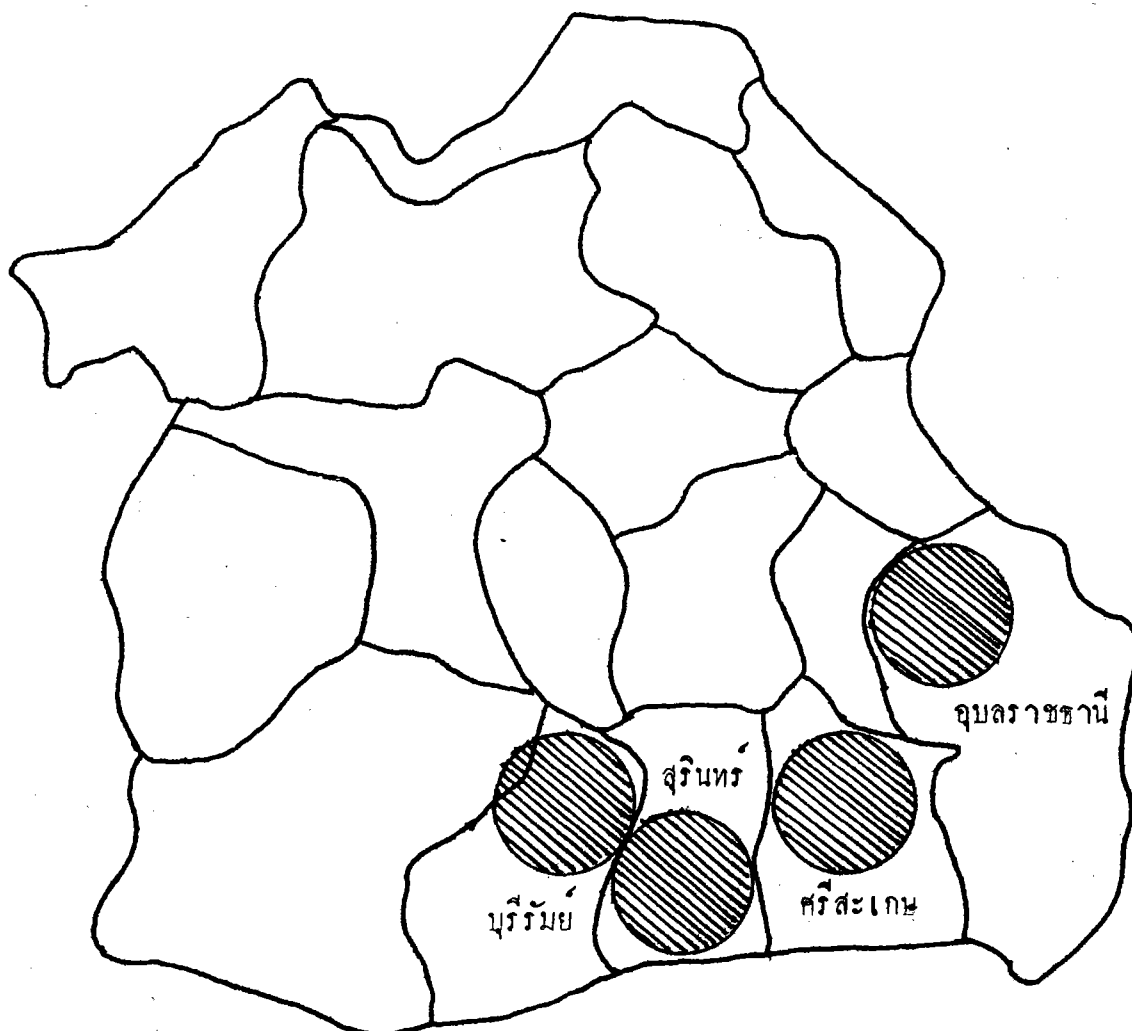
□ = A_2



ภาพประกอบ 19 แสดงความถี่ของยัคลิลของเฮนไซม์ ODH_2

▨ = A_1

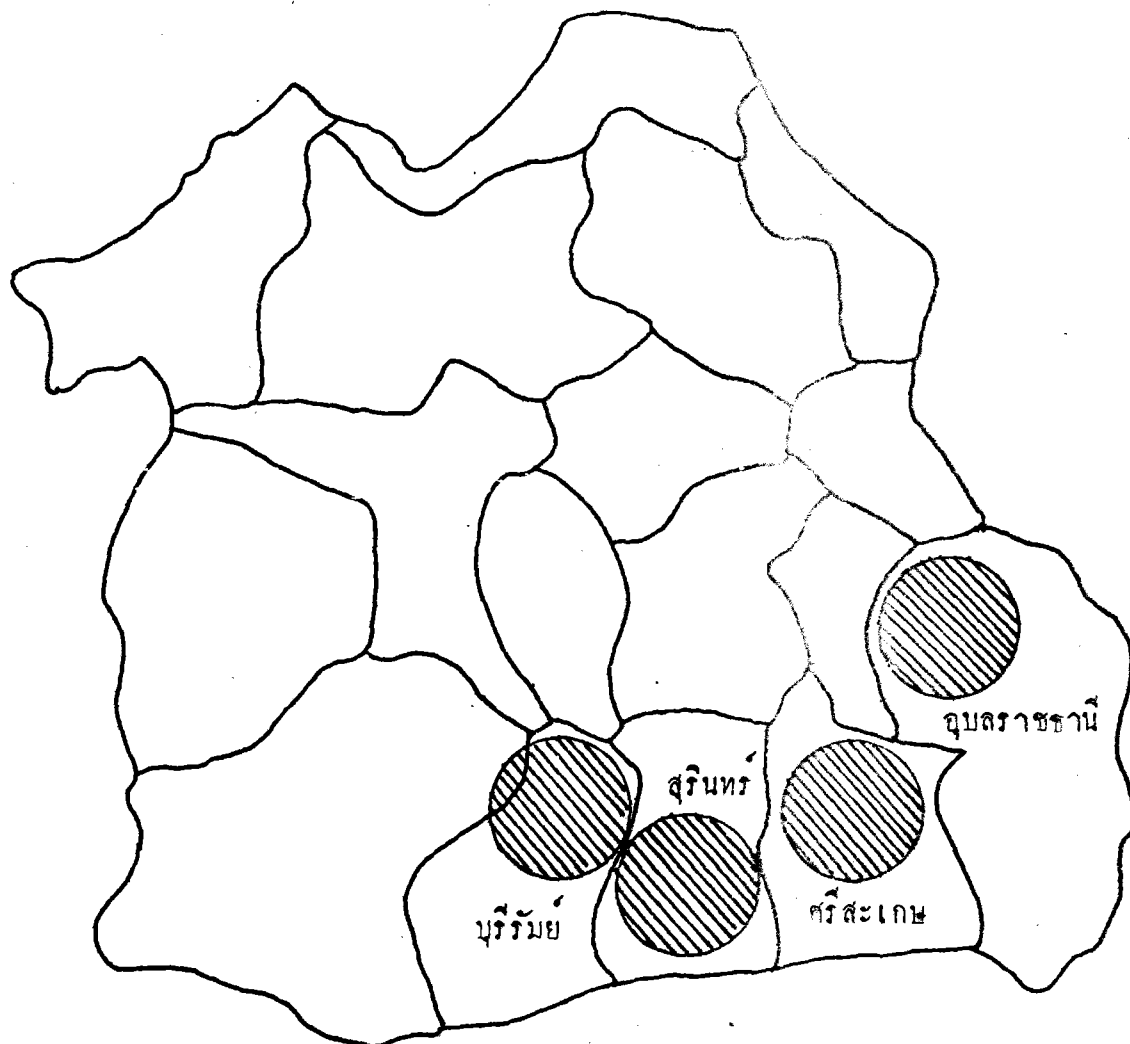
□ = A_2



ภาพประกอบ 20 แสดงความถี่ของอัลลีลของเอนไซม์ 6-PGD

▣ = A_1

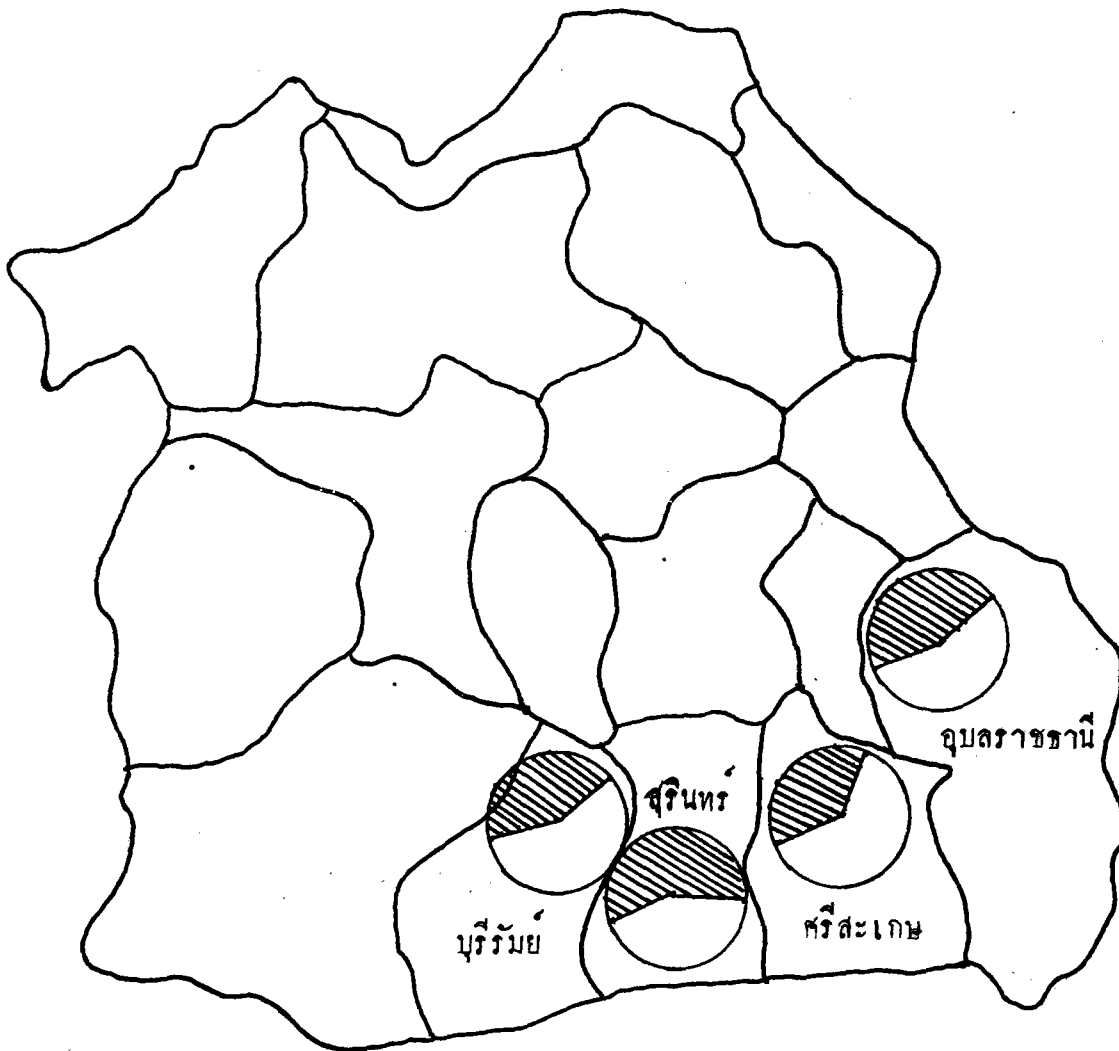
□ = A_2



ภาพประกอบ 21 แสดงความถี่ของแร่ดีบุกของเฮนไซม์ PGM

▨ = A₁

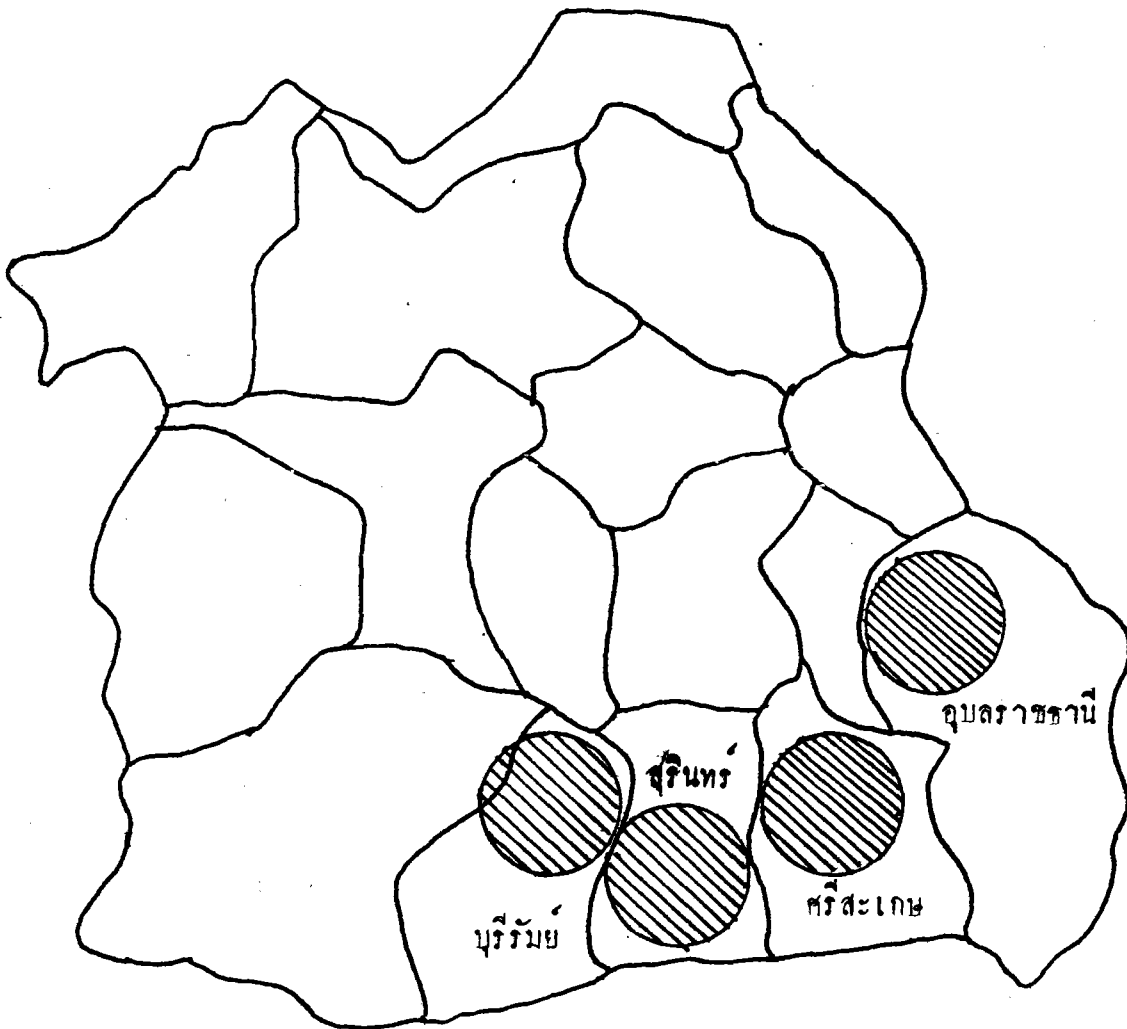
□ = A₂



ภาพประกอบ 22 แสดงความถี่ของชนิดมลพิษของเอนไซม์ SO_2

▨ = A₁

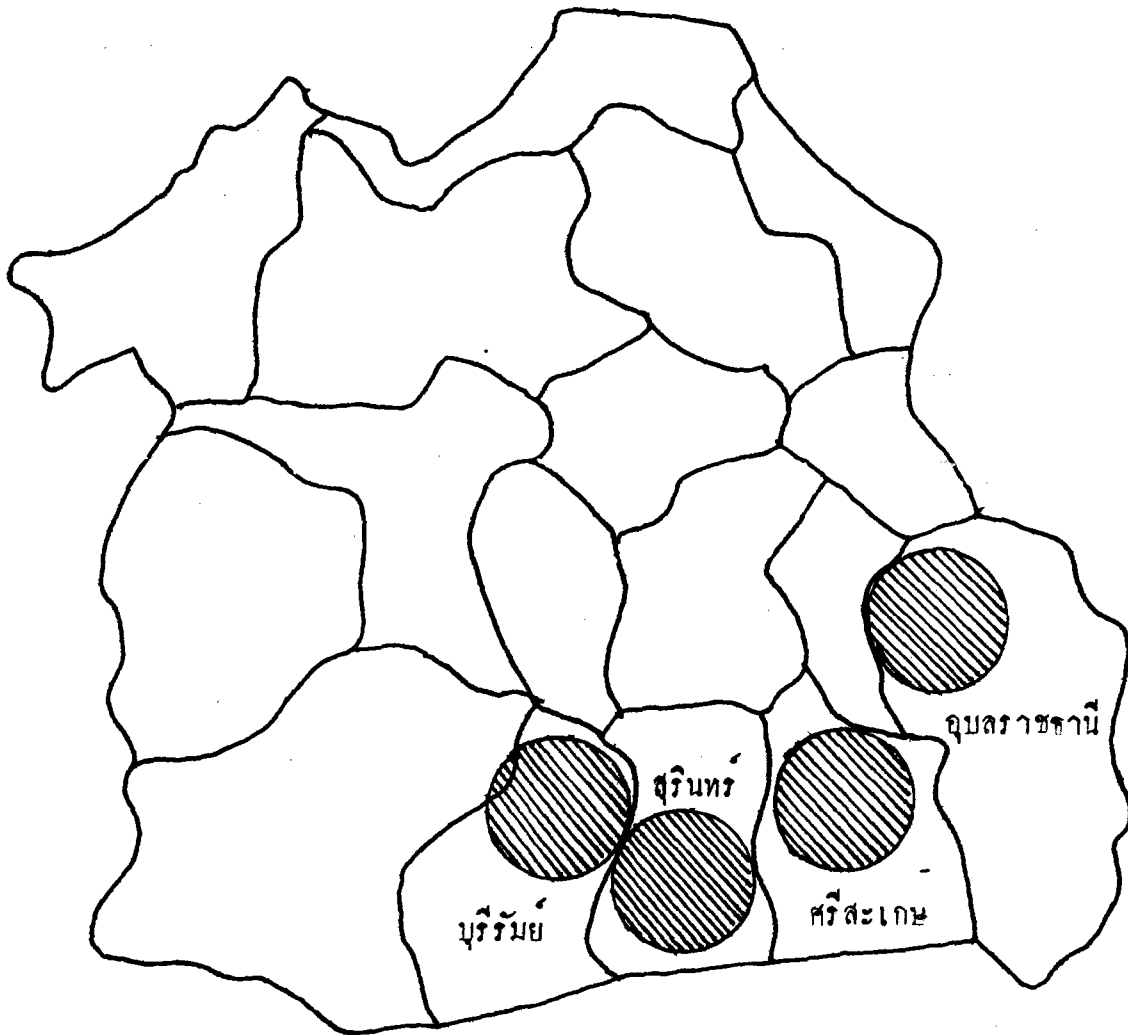
□ = A₂



ภาพประกอบ 23 แสดงความถี่ของอัลลีลของเอนไซม์ SOD_2

▨ = A_1

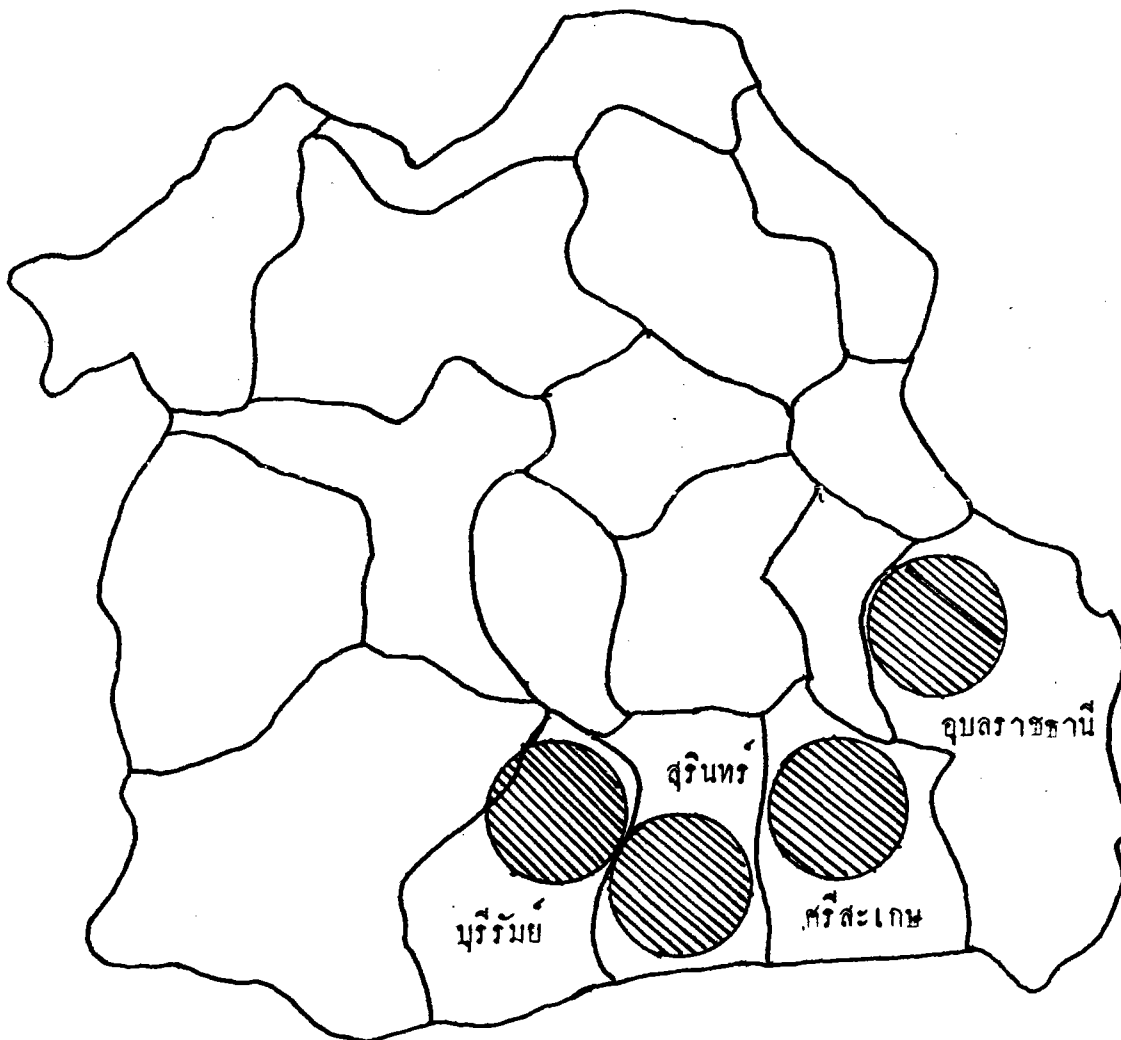
□ = A_2



ภาพประกอบ 24 แสดงความถี่ของอัลลีลของเอนไซม์ XDH_1

▨ = A_1

□ = A_2



ภาพประกอบ 25 แสดงความถี่ของอัลลีลของเอนไซม์ XDH_2

▨ = A_1

□ = A_2

2.3 อัตราส่วนโพลิมอร์ฟิกโลคัส (proportion of polymorphic locus)

ตาราง 5 อัตราส่วนโพลิมอร์ฟิกโลคัส

ประชากร	จำนวนโพลิมอร์ฟิก	จำนวนโลคัส	อัตราส่วนของโพลิมอร์ฟิก โลคัส
บุรีรัมย์	7	25	0.28
สุรินทร์	7	25	0.28
ศรีสะเกษ	7	25	0.28
อุบลราชธานี	7	25	0.28
อัตราส่วนโพลิมอร์ฟิกโลคัสเฉลี่ย			0.28

2.4 เฮเทอโรไซโกซิตีจากการสังเกต (observed heterozygosity)

• ตาราง 6 เฮเทอโรไซโกซิตีจากการสังเกต *

ตำแหน่ง ประชากร	จำนวนเฮเทอโรไซโกซิตี/จำนวนตัวอย่าง							เฉลี่ย/ โลคัส
	AKP ₂	ALDOX ₁	CAT ₁	CAT ₂	EST ₃	ODH ₁	SOD ₁	
บุรีรัมย์	5/20	17/20	9/19	14/20	5/20	13/20	17/20	0.166
สุรินทร์	3/20	12/20	9/20	5/20	11/20	15/20	13/20	0.120
ศรีสะเกษ	14/20	11/20	8/20	10/20	11/20	15/20	15/20	0.154
อุบลราชธานี	12/20	12/20	10/20	10/20	8/20	12/20	17/20	0.147
เฉลี่ยทั้ง 4 จังหวัด								
แต่ละโลคัส	0.425	0.650	0.456	0.488	0.438	0.688	0.775	
ค่าเฮเทอโรไซโกซิตีเฉลี่ยทั้งหมด								0.146

* โลคัสอื่นๆ มีเฮเทอโรไซโกซิตีเป็น 0

2.5 เฮเทอโรไซโกซิตีจากความคาดหวัง (expected heterozygosity)

ตาราง 7 เฮเทอโรไซโกซิตีจากความคาดหวัง *

ตำแหน่ง ประชากร	ค่าเฮเทอโรไซโกซิตีจากความคาดหวัง							เฉลี่ย/ โลคัส
	AKP ₂	ALDOX ₁	CAT ₁	CAT ₂	EST ₃	ODH ₁	SOD ₁	
บุรีรัมย์	0.469	0.499	0.500	0.500	0.499	0.439	0.499	0.136
สุรินทร์	0.489	0.480	0.469	0.219	0.499	0.499	0.499	0.126
ศรีสะเกษ	0.480	0.489	0.480	0.375	0.499	0.499	0.489	0.132
อุบลราชธานี	0.500	0.495	0.495	0.455	0.495	0.480	0.499	0.137
เฉลี่ยทั้ง 4 จังหวัด								
แต่ละโลคัส (H_S)	0.485	0.491	0.486	0.387	0.498	0.479	0.497	
ค่าเฮเทอโรไซโกซิตีเฉลี่ยทั้งหมด								0.133

* แสดงเฉพาะโลคัสที่เฮเทอโรไซโกซิตีไม่เท่ากับ 0

2.6 ความแตกต่างทางพันธุกรรม (genetic differentiation ; G_{ST})ตาราง 8 ความแตกต่างทางพันธุกรรม (G_{ST})

ตำแหน่ง	H_T	$\bar{H}_S$	G_{ST}
ACP ₂	0	0	0
ACP ₃	0	0	0
AKP ₁	0	0	0
AKP ₂	0.497	0.485	0.024
ALDOX ₁	0.499	0.491	0.016
ALDOX ₂	0	0	0
CAT ₁	0.491	0.486	0.010
CAT ₂	0.424	0.387	0.086
EST ₁	0	0	0
EST ₃	0.500	0.498	0.004
EST ₅	0	0	0
LAP ₁	0	0	0
LAP ₂	0	0	0
LAP ₃	0	0	0
MDH ₂	0	0	0
MDH ₃	0	0	0
ME	0	0	0
ODH ₁	0.491	0.479	0.024
ODH ₂	0	0	0
6-PGD	0	0	0
PGM	0	0	0

ตาราง 8 (ต่อ)

ตำแหน่ง	H_T	$\bar{H}_S$	G_{ST}
SOD ₁	0.499	0.497	0.004
SOD ₂	0	0	0
XDH ₁	0	0	0
XDH ₂	0	0	0
ค่า G_{ST} เฉลี่ย			0.0067

2.7 ความคล้ายทางพันธุกรรม (genetic similarity , I)

ค่า I สามารถหาได้จากวิธีของเนอี (Nei, M. 1975) ได้ดังตาราง 9

2.8 ระยะห่างทางพันธุกรรม (genetic distance , D)

จากค่า I สามารถนำมาหาค่า D ได้ดังตาราง 9

ตาราง 9 ค่าความคล้ายทางพันธุกรรมและระยะห่างทางพันธุกรรม

I	บุรีรัมย์ <u>S.spII</u>	สุรินทร์ <u>S.spII</u>	ศรีสะเกษ <u>S.spIII</u>	อุบลราชธานี <u>S.spIII</u>
D				
บุรีรัมย์ <u>S.spII</u>	-	0.9890	0.9941	0.9976
สุรินทร์ <u>S.spII</u>	0.0111	-	0.9967	0.9957
ศรีสะเกษ <u>S.spIII</u>	0.0059	0.0033	-	0.9967
อุบลราชธานี <u>S.spIII</u>	0.0024	0.0043	0.0033	-

บทที่ 4

อภิปรายผลและข้อเสนอแนะ

จากการศึกษาแถบเอนไซม์ 13 ชนิด จากส่วนตับ(hepatopancreas) ของปูนากลุ่ม *Somanniathelphusa dugasti* ที่เก็บตัวอย่างจากจังหวัดบุรีรัมย์ สุรินทร์ ศรีสะเกษ และอุบลราชธานี พบว่ามีเอนไซม์ 7 ชนิดที่เป็นไฮโดรไลติก แสดงว่าไม่มีความหลากหลายทางพันธุกรรม ซึ่งได้แก่ เอนไซม์ ACP , LAP , MDH , ME , 6-PGD , PGM และ XDH ยีนทั้ง 25 โคลัสมียีนที่เป็นไฮโดรไลติกโมโนเมอริกอยู่ 18 โคลัส ได้แก่ ACP₂ , ACP₃ , AKP₁ , ALDOX₂ , EST₁ , EST₅ , LAP₁ , LAP₂ , LAP₃ , MDH₂ , MDH₃ , ME , ODH₂ , 6-PGD , PGM , SOD₂ , XDH₁ และ XDH₂ 5 โคลัสเป็นไฮโดรไลติกโมโนเมอริก ได้แก่ AKP₂ , ALDOX₁ , CAT₁ , CAT₂ และ EST₃ อีก 2 โคลัสเป็นไฮโดรไลติกไดเมอริก ได้แก่ ODH₁ และ SOD₁ โคลัสที่มีความแปรผันทางพันธุกรรมแตกต่างกันมากที่สุดในระหว่าง 4 จังหวัด คือ AKP₂ ซึ่งมีค่าไฮโดรไลติกซิติเท่ากับ 0.25 , 0.15 , 0.70 และ 0.60 ในจังหวัดบุรีรัมย์ สุรินทร์ ศรีสะเกษ และอุบลราชธานี ตามลำดับ ค่าไฮโดรไลติกซิติจาก จังหวัดบุรีรัมย์ สุรินทร์ ศรีสะเกษ และอุบลราชธานีมีค่าเท่ากับ 0.166 , 0.120 , 0.154 และ 0.147 ตามลำดับ แสดงว่าจังหวัดบุรีรัมย์มีความแปรผันทางพันธุกรรมมากกว่าจังหวัดศรีสะเกษ อุบลราชธานี และสุรินทร์ตามลำดับ

นอกจากนี้ทั้ง 4 จังหวัดที่ศึกษายังมีค่าไฮโดรไลติกซิติจากการสังเคราะห์และค่าโพลิมอร์ฟิซึมเฉลี่ย อยู่ในระดับสูง คือมีค่าเท่ากับ 0.146 และ 0.280 ตามลำดับ แสดงว่าปูนา กลุ่ม *Somanniathelphusa dugasti* จากภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนล่างของประเทศไทย 4 จังหวัด คือบุรีรัมย์ สุรินทร์ ศรีสะเกษ และอุบลราชธานี มีความแปรผันทางพันธุกรรมมาก และแปรผันมากกว่าสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังอีกหลายชนิด กล่าวคือ จากการรวบรวมข้อมูลของ สัตว์ไม่มีกระดูกสันหลัง 361-371 ชนิด พบว่ามีค่าไฮโดรไลติกซิติเฉลี่ยเพียง 0.010 เท่านั้น (Kijviriya.1990) อย่างไรก็ตามปูนากลุ่ม *Somanniathelphusa dugasti* ที่ศึกษา นี้มีความแปรผันทางพันธุกรรมน้อยกว่าปูชนิดเดียวกัน จากภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนบนของ ประเทศไทย 4 จังหวัด คือ สกลนคร ขอนแก่น ชัยภูมิ และอุดรธานี ซึ่งสุธี อันเจ็ก (2534) ได้รายงานค่าโพลิมอร์ฟิซึมเฉลี่ย และค่าไฮโดรไลติกซิติเฉลี่ยเท่ากับ 0.404 และ 0.223 ตามลำดับ

เมื่อเปรียบเทียบค่า เทอไรโซโกซิติคจากการสังเกตกับค่า เฮ เทอไรโซโกซิติคจาก ความคาดหวัง พบว่ามีค่าใกล้เคียงกัน คือมีค่าเท่ากับ 0.146 และ 0.133 ตามลำดับ ดังนั้น ค่าที่ได้จึง เป็นไปตามหลักการของฮาร์ดี-ไวน์เบิร์ก ซึ่งทฤษฎีนี้มีเงื่อนไขดังนี้

1. ประชากรมีขนาดใหญ่มาก
2. ประชากรมีการผสมพันธุ์กันโดยวิธีสุ่ม
3. ไม่มีการมิวเตชันของยีน
4. ไม่มีการย้ายถิ่นระหว่างประชากร
5. ไม่มีการคัดเลือกพันธุ์

และกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ศึกษาเป็นตัวแทนที่ดีของกลุ่มประชากรที่ศึกษา

ค่าความแตกต่างทางพันธุกรรม (G_{ST}) เฉลี่ยของยีนที่ศึกษา 25 โลคัส มีค่าเท่ากับ 0.0067 หมายความว่ากลุ่มตัวอย่างทั้ง 4 จังหวัดนี้ มีความแตกต่างของประชากรในระหว่าง จังหวัดมีค่าเท่ากับ 0.67 เปอร์เซ็นต์ และอีก 99.33 เปอร์เซ็นต์ เป็นความแตกต่างของประชากร ภายในในแต่ละจังหวัด

ในการศึกษาความคล้ายกันทางพันธุกรรม(I) ของปูทั้ง 4 จังหวัดนี้มีค่าใกล้เคียงกันมากคือ อยู่ในช่วง 0.9890-0.9976 และค่าระยะห่างทางพันธุกรรม(D)ของปูทั้ง 4 จังหวัด มีความแตกต่างกันน้อยมากคืออยู่ในช่วง 0.0024-0.0111 และเมื่อเปรียบเทียบกับปูในกลุ่ม *Somanniathelphusa dugasti* ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนบนของประเทศไทย 4 จังหวัด คือ สกลนคร ชัยภูมิ ขอนแก่น และอุดรธานี ซึ่งค่า I และ D อยู่ในช่วง 0.971-0.994 และ 0.006-0.029(สุธี อันเจ็ก.2534) ปูในกลุ่ม *Somanniathelphusa dugasti* ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนล่างมีความคล้ายกันทางพันธุกรรมมากกว่าหรือมีระยะห่างทาง พันธุกรรมน้อยกว่า

ถวิล ประมวล (2533) ได้ศึกษาลักษณะภายนอก และใช้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน แบบส่องกราด ศึกษาโกโนพอด และโอมาติเดียมของปูในกลุ่ม *Somanniathelphusa dugasti* พบว่าปูมาจากจังหวัดบุรีรัมย์ และสุรินทร์ เป็นชนิดเดียวกันคือ *Somanniathelphusa* sp.II และปูมาจากจังหวัดศรีสะเกษและอุบลราชธานีเป็นปูนาชนิด *Somanniathelphusa* sp.III แต่จากการศึกษาทางพันธุกรรม ปูนาจากจังหวัดบุรีรัมย์กับอุบลราชธานีมีค่าความคล้ายทางพันธุกรรม มากที่สุดคือมีค่าเท่ากับ 0.9976 และปูนาจากจังหวัดอุบลราชธานีกับศรีสะเกษมีค่าความคล้าย ทางพันธุกรรม เท่ากับปูนาจากจังหวัดบุรีรัมย์กับศรีสะเกษคือมีค่า เท่ากับ 0.9967 โดยมีปูนาจาก

จังหวัดบุรีรัมย์กับสุรินทร์มีค่าความคล้ายกันทางพันธุกรรมน้อยที่สุด คือมีค่าเท่ากับ 0.9890 ซึ่งแสดงว่า ความแปรผันทางพันธุกรรมในระดับ เอนไซม์ ยังไม่สอดคล้องกับความแตกต่างของ ลักษณะภายนอก อาจเป็นเพราะสถานการณ์ในการเก็บตัวอย่างต่างอาเภอกัน ดังนั้นจึงจำเป็นต้อง ทำการศึกษาซ้ำ และเพิ่มชนิดของ เอนไซม์ ตลอดจนกลุ่มตัวอย่าง เพื่อให้ข้อสรุปนี้เชื่อถือได้มากยิ่งขึ้น เพราะหากข้อสรุปนี้ถูกต้องย่อมหมายถึงว่าการจัดจำแนกปูโดยคุณลักษณะภายนอกอย่างเดียว ไม่เป็นการเพียงพอ

ข้อเสนอแนะ

หลักการของการศึกษาความแปรผันทางพันธุกรรมจาก เอนไซม์โดยวิธีอี เลคโตรโฟรีซิส ขึ้นอยู่กับจำนวนโลคัสที่ศึกษาควรมีปริมาณมากพอ โดยปกติไม่ควรน้อยกว่า 20 โลคัส จำนวนตัวอย่างที่ศึกษาควรมีขนาดใหญ่มากพออย่างน้อยไม่ต่ำกว่า 20 ตัวอย่าง และแหล่งที่เก็บปู ในแต่ละจังหวัดควรมีมากกว่า 1 แห่ง ข้อมูลที่ได้จะทำการวิเคราะห์ผลการทดลองเชื่อถือได้มากยิ่งขึ้น ดังนั้นจึงควรที่จะทำการวิจัยเพิ่มเติมต่อไปอีกโดยศึกษาจากปูต่างชนิดกัน ปูที่มีรูปร่าง ลักษณะภายนอกแตกต่างกันสภาพภูมิศาสตร์ต่างกัน เพื่อเป็นข้อมูลสำหรับการศึกษาวิวัฒนาการของปูนา และในการศึกษา เอนไซม์ในแถบ เอนไซม์ที่ปรากฏจะชัดเจนเมื่ออยู่ใน อุณหภูมิ และ pH ที่เหมาะสม สำหรับ เอนไซม์แต่ละชนิด ดังนั้นในการ เปรียบ เทียบข้อมูล จำเป็นต้องคำนึงถึงปัจจัยเหล่านี้ด้วย

บรรณานุกรม

บรรณานุกรม

ถวิล ประมวล. อนุกรมวิธานของปูนาและลักษณะของโกโนเทอค , โอมมาติเคียม โดย
กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด. วิทยานิพนธ์ วท.ม. กรุงเทพฯ:
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย , 2533. ถ่ายเอกสาร.

ปราณี อานเป็เรือง. เอนไซม์ในอาหาร ตอนที่ 1. กรุงเทพฯ: ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย , ตุลาคม. 2533

ไพฑูริย์ นัยเนตร. "ปูน้ำจืดในประเทศไทย", อนุสรณ์งานพระราชทานเพลิงศพ
รศ. เหน. ประพันธ์ จิตจำนงค์. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์ศิลปการพิมพ์ , 2531

สุธี อันเจ็ก. การศึกษาความแปรผันทางพันธุกรรมของปูน้ำจืดชนิด Somanniathelphusa
dugasti ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทยโดยวิธีอิเล็กโตรโฟรีซิส.
วิทยานิพนธ์ วท.ม. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร,
2534. ถ่ายเอกสาร

สุนันดา ภูษารักษ์. ปฏิบัติการชีวเคมี 1. กรุงเทพฯ : คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล,
2527

Agatsuma, T. and others. "Electrophoretic analysis of a natural
Population of the thai Paragonimus heterotremus and its
phylogenetic relationships with three Japanese species,
P.miyazaki , P.ohirai and P.westermani," Journal of
Parasitology. 77,1991

Aust, S.D., D.L. Roering and T.C. Pederson. "Evidence for superoxide,
Generation by NADH-Cytochrome C Reductase of Rat Liver
Microsomes," Biochemical and Biophysical Research
Communications. 47(5):1133-1137;1972

Ayala, F.J. Population and Evolution Genetics. A Primer London:
Benjamin/Cummings Publishing Co. 1982

Balasubramanian, R. and M.S. Manocha. "Neutral Proteinases from Two
Mucoraceous fungi : a comparative study," Canadian Journal
of Microbiology. 33:281-285;1986

Ferguson, A. Biochemical Systematics and Evolution. Glasgow and London.
1980

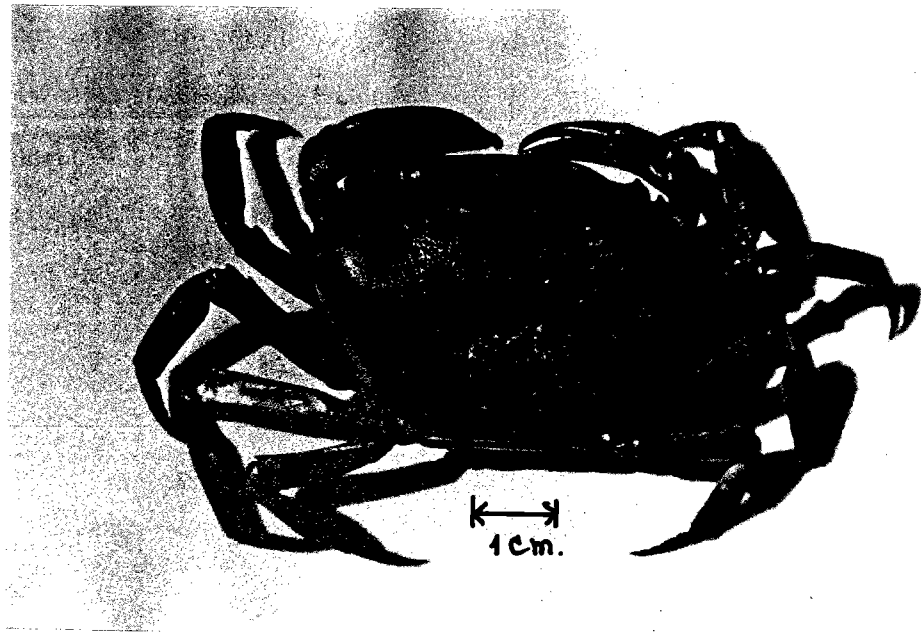
Guyomard, R. and F. Krieng. "Electrophoretic Variation in six Population
of Brown Trout (Salmo trutta)," Canadian Journal of Genetics and
Cytology. 25:403-413;1982

- Horecker, B.L. and P.Z. Symrniotis. "Phosphogluconic Acid Dehydrogenase From yeast," Journal of Biological Chemistry. 193:371-381;1951
- 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
- Krishnakantha, T.P. and C.K. Ramakrishna. "Increase in Hepatic Catalase and Glycerol Phosphate Dehydrogenase Activities on Administration of Clofibrate and Clofenapate to the Rat," Biochemical Journal. 130:167-175;1972
- Lowry, O.H. and J.V. Passonneau. "Phosphoglucomustase Kinetics with the Phosphates of Fructose, Glucose, Manose, Ribose and Galatose," Journal of Biological Chemistry. 244(4):910-916;1969
- Lyerla, T.A. and P.C. Fournier. "Xanthine dehydrogenase activity in the Clawed Frog, Xenopus laevis," Communication of Biological and Physiology. 76 B:497-502;1983
- Milne-Edwards, A. "Revision du Genre Thelphuse et description de quelques espèces nouvelles, faisant parties de la Collection de musée," Nouv. Arch. Mus. Nat. 5:161-191;1869
- Mulley, J.C. and B.D.H. Latter. "Genetic Variation and Evolution Relationships within a group of Thirteen species of Panaeid Prawns," Evolution. 34(5):904-916;1980
- Nakagawa, A., T. Tsujita and H. Okuda. "Purification and Some Properties of Intracellular Esterase from Pseudomonas fluorescens," Journal of Biochemistry. 95:1047-1054;1984
- Nei, M. "The Theory Estimation of Genetic distance," Population Genetic Monographs. 3, 1973
- Pasteur, H. and others. Practical Isozyme Genetics. English Edition Horwood limited 215pp. 1988
- Pfeiffer, D.R. and T.T. Tchen. "The role of Ca^{2+} in Control of Malic Enzyme Activity in Bovine Adrenal Cortex Mitochondria," Biochemical and Biophysical Research Communication. 50:807-813; 1973
- Probert, A.J. and T. Lwin. "Fasciola hepatica: The Subcellular Distribution and kinetic and Electrophoretic Properties of Malate dehydrogenase," Experimental Parasitology. 41:89-94; 1977
- Rathbun, B. "Potmon (Parathelphusa) dugasti," Museo Nacional de Historia Natural Boletín. 3:105;1902
- Richarson, B.J., P.R. Baverstock and M. Adams. Allozyme Electrophoresis: A Handbook for Animal Systematics and Population Studies Academic Press. 1986

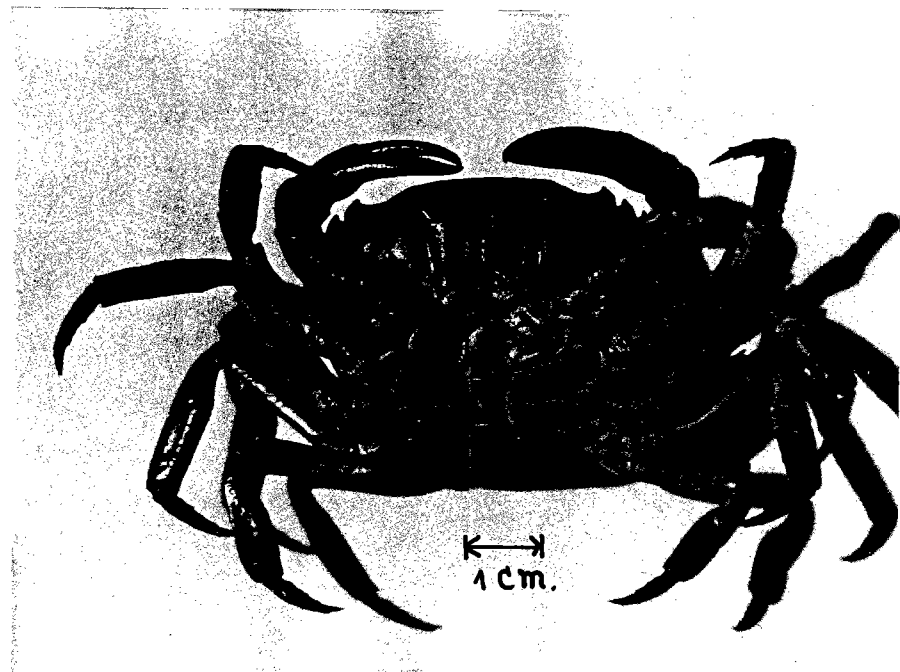
- Romeo, J. and others. "Absence of Coenzyme Q₁₀ as An Intrinsic Component of Aldehyde Oxidase," Biochemical and Biophysical Research Communications. 59(4): 1286-1291;1974
- Sabath, D. "Geographical Pattern of Genetic Variability in Introduced Astralian Population of the Marine Todod, Bufo marine: Sorbital dehydrogenase, Sdh," Biochemical Genetics. 19:347-354; 1981
- Shaw, R.C. and D.J. Prasad. "Starch gel electrophoresis of enzyme- A compilation of recipes," Biochemical Genetics. 4:297-320;1979
- Sieber, F., D.J. FOX and H. Ursprung. "Properties of Octanol Dehydrogenas from Drosophila," FEBS LATTERS. 26(1):274-276; October 1972
- Sovcek, D.A. and J.C. VARY. "Some Properties of Acid and Alkaline Phosphatase from Boar Sperm Plasma Membranes," Biology of Reproductions. 31:687-693;1984
- Steiner, W.W.M. and D.J. Oslyn. "Electrophoretic Techniques Use for the Genetic Study of MOSquitoes," Mosquito News. 39:35-52;1979
- Ward, R.D., B.J. McAndrew and G.P. Wallis. "Enzyme Variation in the Brook Lamprey, Lampetre Planeri(Bloch), aMember of the Vertebrate Group Agnatha," Genetica. 53:67-74;1981

ה תרומות

ภาคผนวก ก



ด้านบน

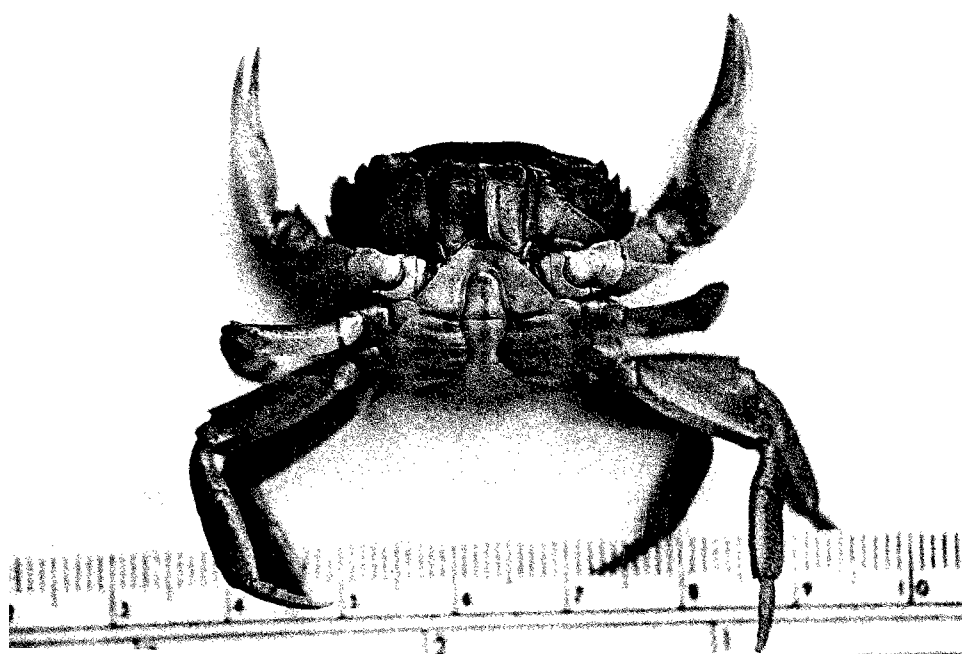


ด้านล่าง

ภาพประกอบ 26 ด้านบนและด้านล่างของปูนา Somanniathelphusa dugasti
(Rathbun.1902)



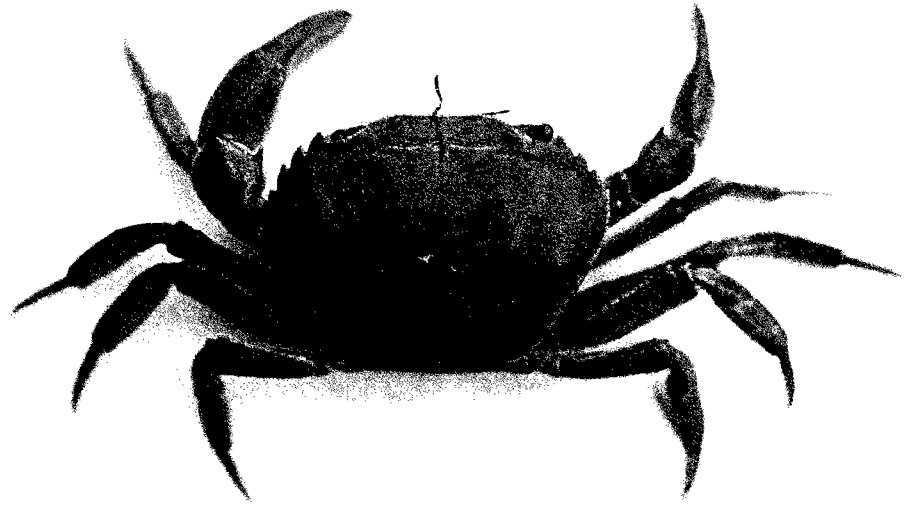
ด้านบน



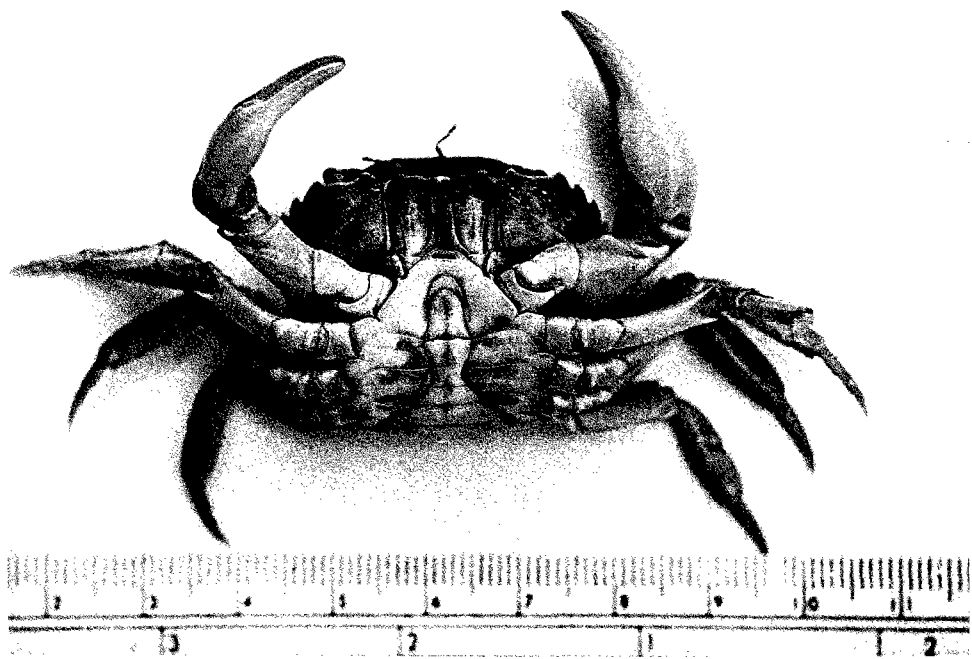
ด้านล่าง

ภาพประกอบที่ 27 ด้านบนและด้านล่างของปูนา Somanniathelphusa sp.II

(ถวัล ประมวล, 2533)



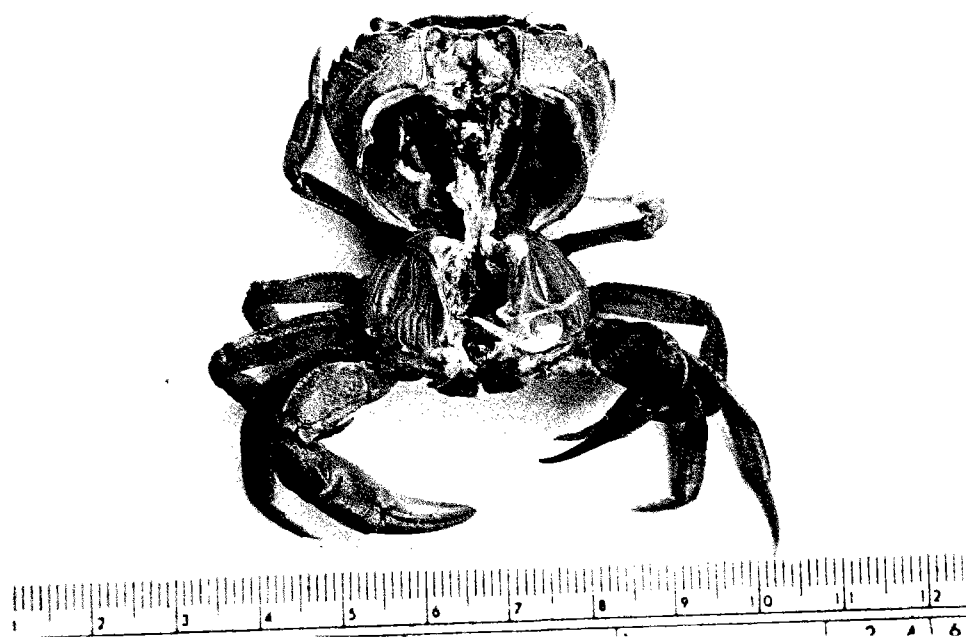
ด้านบน



ด้านล่าง

ภาพประกอบที่ 28 ด้านบนและด้านล่างของปูนา Somanniathelphusa sp.III

(ถวิล ประมวล.2533)



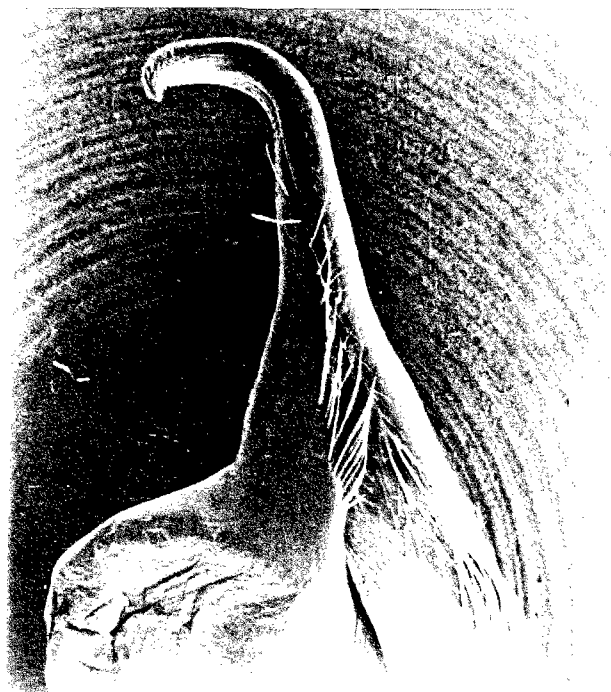
ภาพประกอบ 29 แสดงตับ (hepatopancreas) ของปูนา Somanniathelphusa spp.



ภาพประกอบ 30 โทนีพอดของปูนา Somanniathelphusa dugasti
(Rathbun.1902)



ภาพประกอบ 31 โคนโพดของปูนา Somanniathelphusa sp.II
(ถวิล ประมวล.2533)



ภาพประกอบ 32 โทโฆอดของปูนา Somanniathelphusa sp.III
(ถวิล ประมวล.2533)

ตาราง 10 จินไทป์ของเลนส์ ACP

สถานที่ ตัวอย่าง	บุริรัมส์		สุรินทร์		ศรีสะเกษ		อุบลราชธานี	
	ACP _๒	ACP _๓	ACP _๒	ACP _๓	ACP _๒	ACP _๓	ACP _๒	ACP _๓
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
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
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	34	40	40	40	40	40	40	40
A _๒	0	0	0	0	0	0	0	0

ตาราง 11 จีโนไทป์ของเอนไซม์ AKP

สถานที่ ด้านหนึ่ง	บูรีรัมย์		สุรินทร์		ศรีสะเกษ		อุบลราชธานี	
	AKP ₁	AKP ₂	AKP ₁	AKP ₂	AKP ₁	AKP ₂	AKP ₁	AKP ₂
1	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 A ₂
2	A ₁ A ₁	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 ₁ A ₂
3	A ₁ A ₁	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 ₁ A ₂
4	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	A ₁ A ₁
5	-	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 ₂
6	A ₁ A ₁	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
7	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
8	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 ₂
9	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 A ₂
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 ₂ A ₂
11	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	A ₁ A ₂
12	-	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
13	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	A ₁ A ₁
14	A ₁ A ₁	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 ₂ A ₂
15	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 A ₂
16	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	A ₁ A ₂
17	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 A ₁
18	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	A ₁ A ₂
19	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	A ₂ A ₂
20	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	A ₂ A ₂
A ₁	36	15	40	23	40	16	38	20
A ₂	0	25	0	17	0	24	0	20

ตาราง 12 จีโนไทป์ของเอนไซม์ ALDOX

สถานที่ ตำแหน่ง	บุรีรัมย์		สุรินทร์		ศรีสะเกษ		อุบลราชธานี	
	ALDOX ₁	ALDOX _e	ALDOX ₁	ALDOX _e	ALDOX ₁	ALDOX _e	ALDOX ₁	ALDOX _e
1	A ₁ A _e	A ₁ A ₁	A ₁ A _e	A ₁ A ₁	A ₁ A _e	A ₁ A ₁	A _e A _e	A ₁ A ₁
2	A ₁ A _e	A ₁ A ₁	A _e A _e	A ₁ A ₁	A ₁ A _e	A ₁ A ₁	A ₁ A _e	A ₁ A ₁
3	A ₁ A _e	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₁ A _e	A ₁ A ₁
4	A ₁ A _e	A ₁ A ₁	A ₁ A _e	A ₁ A ₁	A _e A _e	A ₁ A ₁	A ₁ A _e	A ₁ A ₁
5	A ₁ A _e	A ₁ A ₁	A ₁ A _e	A ₁ A ₁	A ₁ A _e	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁
6	A ₁ A _e	A ₁ A ₁	A ₁ A _e	A ₁ A ₁	A ₁ A _e	A ₁ A ₁	A _e A _e	A ₁ A ₁
7	A ₁ A _e	A ₁ A ₁	A ₁ A _e	A ₁ A ₁	A _e A _e	A ₁ A ₁	A ₁ A _e	A ₁ A ₁
8	A ₁ A _e	A ₁ A ₁	A ₁ A _e	A ₁ A ₁	A _e A _e	A ₁ A ₁	A ₁ A _e	A ₁ A ₁
9	A ₁ A _e	A ₁ A ₁	A ₁ A _e	A ₁ A ₁	A ₁ A _e	A ₁ A ₁	A ₁ A _e	A ₁ A ₁
10	A _e A _e	A ₁ A ₁	A ₁ A _e	A ₁ A ₁	A _e A _e	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁
11	A ₁ A _e	A ₁ A ₁	A ₁ A _e	A ₁ A ₁	A _e A _e	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁
12	A ₁ A _e	A ₁ A ₁	A _e A _e	A ₁ A ₁	A ₁ A _e	A ₁ A ₁	A ₁ A _e	A ₁ A ₁
13	A ₁ A _e	A ₁ A ₁	A ₁ A _e	A ₁ A ₁	A ₁ A _e	A ₁ A ₁	A _e A _e	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 _e	A ₁ A ₁
15	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A _e A _e	A ₁ A ₁	A ₁ A _e	A ₁ A ₁	A ₁ A _e	A ₁ A ₁
16	A ₁ A _e	A ₁ A ₁	A _e A _e	A ₁ A ₁	A ₁ A _e	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁
17	A ₁ A _e	A ₁ A ₁	A ₁ A _e	A ₁ A ₁	A ₁ A _e	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁
18	A ₁ A _e	A ₁ A ₁	A _e A _e	A ₁ A ₁	A _e A _e	A ₁ A ₁	A ₁ A _e	A ₁ A ₁
19	A ₁ A _e	A ₁ A ₁	A _e A _e	A ₁ A ₁	A ₁ A _e	A ₁ A ₁	A ₁ A _e	A ₁ A ₁
20	A ₁ A _e	A ₁ A ₁	A ₁ A _e	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₁ A _e	A ₁ A ₁
A ₁	21	40	16	40	17	40	22	40
A _e	19	0	24	0	23	0	18	0

ตาราง 13 จำนวนของเลนส์ CAT

สถานที่	ปริมาตร		สูตร		วิธีสังเกต		อุปสรรค	
ตำแหน่ง	CAT ₁	CAT ₂	CAT ₁	CAT ₂	CAT ₁	CAT ₂	CAT ₁	CAT ₂
1	A ₁ A ₁	A ₂ A ₂	A ₁ A ₂	A ₁ A ₁	A ₂ A ₂	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁
2	A ₁ A ₁	A ₁ A ₂	A ₂ A ₂	A ₁ A ₂	A ₂ A ₂	A ₁ A ₁	A ₁ A ₂	A ₁ A ₁
3	A ₁ A ₂	A ₁ A ₂	A ₂ A ₂	A ₁ A ₁	A ₂ A ₂	A ₁ A ₂	A ₁ A ₂	A ₁ A ₂
4	A ₂ A ₂	A ₁ A ₂	A ₂ A ₂	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₁ A ₂	A ₁ A ₂	A ₁ A ₁
5	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 ₂ A ₂	A ₁ A ₁
6	-	A ₁ A ₁	A ₁ A ₂	A ₁ A ₂	A ₁ A ₂	A ₁ A ₂	A ₂ A ₂	A ₁ A ₁
7	A ₁ A ₂	A ₁ A ₂	A ₁ A ₂	A ₁ A ₁	A ₂ A ₂	A ₁ A ₁	A ₁ A ₂	A ₁ A ₂
8	A ₁ A ₂	A ₁ A ₂	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₁ A ₂	A ₁ A ₂	A ₁ A ₂	A ₁ A ₂
9	A ₁ A ₂	A ₁ A ₂	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₂ A ₂	A ₁ A ₂	A ₁ A ₂	A ₁ A ₂
10	A ₁ A ₁	A ₂ 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 ₁
11	A ₁ A ₂	A ₁ A ₁	A ₁ A ₂	A ₁ A ₂	A ₂ A ₂	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₁ A ₂
12	A ₁ A ₂	A ₁ A ₂	A ₁ A ₂	A ₁ A ₁	A ₂ A ₂	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁
13	A ₁ A ₂	A ₁ A 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
14	A ₂ A ₂	A ₁ A ₂	A ₁ A ₂	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₁ A ₂	A ₂ A ₂	A ₂ A ₂
15	A ₁ A ₂	A ₁ A ₂	A ₁ A ₂	A ₁ A ₁	A ₁ A ₂	A ₁ A ₁	A ₁ A ₂	A ₁ A ₂
16	A ₁ A ₂	A ₂ A ₂	A ₂ A ₂	A ₁ A ₁	A ₁ A ₂	A ₁ A ₁	A ₂ A ₂	A ₁ A ₂
17	A ₂ 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 ₂
18	A ₂ A ₂	A ₁ A ₁	A ₂ A ₂	A ₁ A ₁	A ₂ A ₂	A ₁ A ₂	A ₂ A ₂	A ₁ A ₂
19	A ₂ A ₂	A ₁ A ₂	A ₂ A ₂	A ₁ A ₂	A ₁ A ₁	A ₁ A ₂	A ₁ A ₂	A ₁ A ₂
20	A ₁ A ₁	A ₁ A ₂	A ₂ A ₂	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₁ A ₂	A ₂ A ₂
A ₁	19	20	15	35	16	30	18	26
A ₂	19	20	25	5	24	10	22	14

ตาราง 14 จี้นไทป์ของเลนโซ่ EST

สถานที่	บุริรัมย์			สุรินทร์			ศรีสะเกษ			อุบลราชธานี		
ตำแหน่ง	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 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 ₂ A ₂	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₂ A ₂	A ₁ A ₁
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 ₁ A 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 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
4	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	A ₁ A ₂	A ₁ A ₁
5	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	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₂ A ₂	A ₁ A ₁
6	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	A ₁ A ₂	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₂ A ₂	A ₁ A ₁
7	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	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₂ A ₂	A ₁ A ₁
8	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	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁
9	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 A ₂	A ₁ A ₁
10	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	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 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	A ₂ 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 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
13	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	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁
14	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 ₁	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₂ A ₂	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 ₁ A ₁	A ₁ A ₂	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₂ A ₂	A ₁ A ₁
16	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 ₁	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₁ A ₂	A ₁ A ₁
17	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	A ₁ A ₂	A ₁ A ₁
18	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	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₁ A ₂	A ₁ A ₁
19	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	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁
20	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 A ₂	A ₁ A ₁
A ₁	40	21	40	40	19	40	40	23	40	40	18	40
A ₂	0	19	0	0	21	0	0	17	0	0	22	0

ตาราง 16 จีโนไทป์ของเอนไซม์ MDH

สถานที่ ตำแหน่ง	บุรีรัมย์		สุรินทร์		ศรีสะเกษ		อุบลราชธานี	
	MDH _e	MDH _s	MDH _e	MDH _s	MDH _e	MDH _s	MDH _e	MDH _s
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
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
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
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
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
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
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
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
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	32	38	36	38	36	40	36	40
A _e	0	0	0	0	0	0	0	0

ตาราง 17 จีโนไทป์ของเอนไซม์ ME

สถานที่ ตำแหน่ง	ปรีมัย	สุรินทร์	ศรีสะเกษ	อุบลราชธานี
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	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	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	38	40
A _c	0	0	0	0

ตาราง 18 จีโนไทป์ของเอนไซม์ ODH

สถานที่	บุรีรัมย์		สุรินทร์		ศรีสะเกษ		อุบลราชธานี	
	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 ₁ A ₂	A ₁ A ₁	A ₂ A ₂	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁
2	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
3	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
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 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
6	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
7	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
8	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
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 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
11	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
12	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
13	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₂ A ₂	A ₁ A ₁	A ₁ A ₂	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁
14	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
15	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
16	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
17	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
18	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
19	A ₁ 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
20	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
A ₁	27	40	21	40	19	40	24	40
A ₂	13	0	19	0	21	0	16	0

ตาราง 19 จีโนไทป์ของเอนไซม์ 6-PGD

สถานที่ ตำแหน่ง	บุรีรัมย์	สุรินทร์	ศรีสะเกษ	อุบลราชธานี
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	-
4	-	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
11	A_1A_2	A_1A_2	A_1A_2	A_1A_2
12	A_1A_2	A_1A_2	A_1A_2	A_1A_2
13	A_1A_1	A_1A_1	A_2A_2	A_2A_2
14	A_1A_1	A_1A_1	A_1A_2	A_1A_2
15	A_1A_1	-	A_1A_2	A_1A_2
16	A_1A_1	A_1A_1	A_1A_2	-
17	A_1A_1	A_1A_1	A_1A_2	A_1A_2
18	-	A_1A_2	A_1A_2	A_1A_2
19	A_2A_2	A_1A_2	A_1A_2	A_1A_2
20	A_1A_2	-	A_1A_2	A_1A_2
A_1	36	36	36	36
A_2	0	0	0	0

ตาราง 20 จีโนไทป์ของเลนโซม PGM

สถานที่ ตำแหน่ง	บูรีรัมย์	สุรินทร์	ศรีสะเกษ	อุบลราชธานี
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	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
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	38	40	38	40
A_2	0	0	0	0

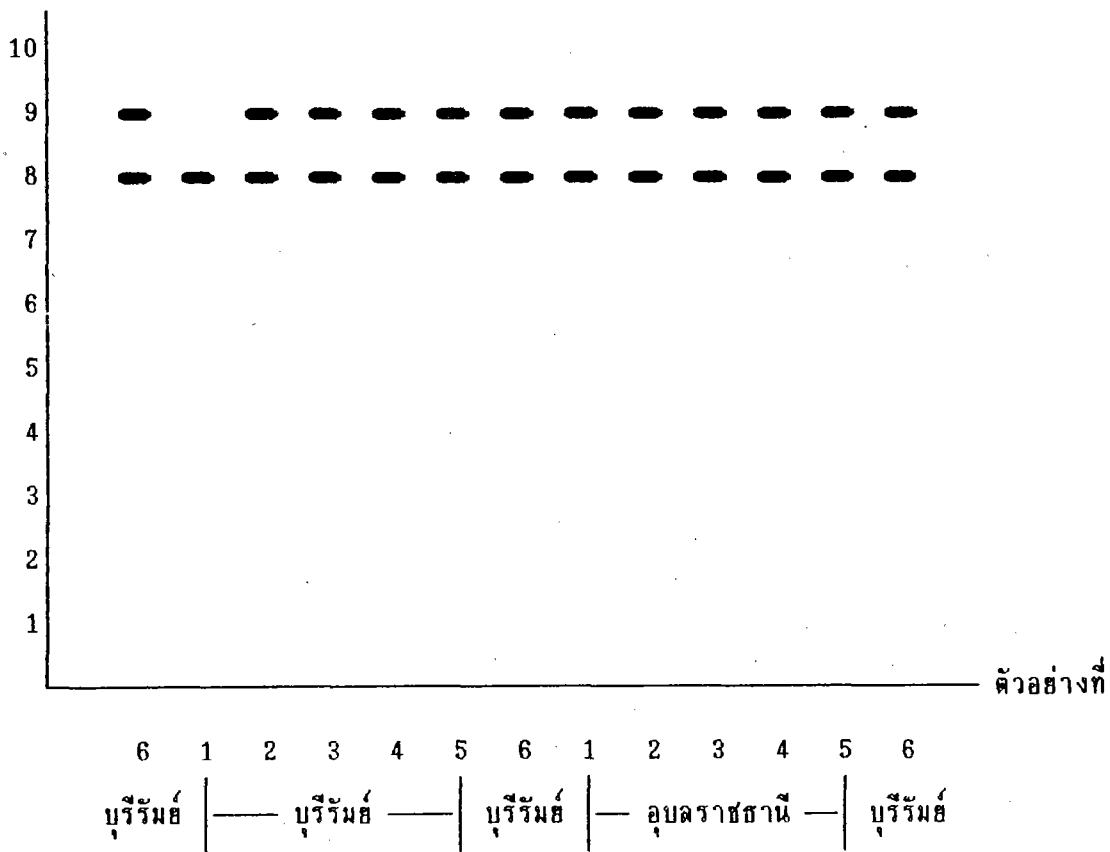
ตาราง 21 จีโนไทป์ของเอนไซม์ SOD

สถานที่ ตำแหน่ง	บุรีรัมย์		สุรินทร์		ศรีสะเกษ		อุบลราชธานี	
	SOD ₁	SOD _e	SOD ₁	SOD _e	SOD ₁	SOD _e	SOD ₁	SOD _e
1	A ₁ A _e	A ₁ A ₁	A ₁ A _e	A ₁ A ₁	A ₁ A _e	A ₁ A ₁	A _e A _e	A ₁ A ₁
2	A ₁ A _e	A ₁ A ₁	A ₁ A _e	A ₁ A ₁	A ₁ A _e	A ₁ A ₁	A ₁ A _e	A ₁ A ₁
3	A ₁ A _e	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₁ A _e	A ₁ A ₁	A ₁ A _e	A ₁ A ₁
4	A ₁ A _e	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A _e A _e	A ₁ A ₁	A _e A _e	A ₁ A ₁
5	A ₁ A _e	A ₁ A ₁	A ₁ A _e	A ₁ A ₁	A ₁ A _e	A ₁ A ₁	A ₁ A _e	A ₁ A ₁
6	A _e A _e	A ₁ A ₁	A ₁ A _e	A ₁ A ₁	A ₁ A _e	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁
7	A ₁ A _e	A ₁ A ₁	A _e A _e	A ₁ A ₁	A _e A _e	A ₁ A ₁	A ₁ A _e	A ₁ A ₁
8	A ₁ A _e	A ₁ A ₁	A ₁ A _e	A ₁ A ₁	A ₁ A _e	A ₁ A ₁	A ₁ A _e	A ₁ A ₁
9	A ₁ A _e	A ₁ A ₁	A ₁ A _e	A ₁ A ₁	A ₁ A _e	A ₁ A ₁	A ₁ A _e	A ₁ A ₁
10	A ₁ A _e	A ₁ A ₁	A ₁ A _e	A ₁ A ₁	A _e A _e	A ₁ A ₁	A ₁ A _e	A ₁ A ₁
11	A ₁ A _e	A ₁ A ₁	A ₁ A _e	A ₁ A ₁	A _e A _e	A ₁ A ₁	A ₁ A _e	A ₁ A ₁
12	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A _e A _e	A ₁ A ₁	A ₁ A _e	A ₁ A ₁	A ₁ A _e	A ₁ A ₁
13	A ₁ A _e	A ₁ A ₁	A ₁ A _e	A ₁ A ₁	A ₁ A _e	A ₁ A ₁	A ₁ A _e	A ₁ A ₁
14	A ₁ A _e	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₁ A _e	A ₁ A ₁
15	A ₁ A _e	A ₁ A ₁	A _e A _e	A ₁ A ₁	A ₁ A _e	A ₁ A ₁	A ₁ A _e	A ₁ A ₁
16	A _e A _e	A ₁ A ₁	A ₁ A _e	A ₁ A ₁	A ₁ A _e	A ₁ A ₁	A ₁ A _e	A ₁ A ₁
17	A ₁ A _e	A ₁ A ₁	A ₁ A _e	A ₁ A ₁	A ₁ A _e	A ₁ A ₁	A ₁ A _e	A ₁ A ₁
18	A ₁ A _e	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₁ A _e	A ₁ A ₁	A ₁ A _e	A ₁ A ₁
19	A ₁ A _e	A ₁ A ₁	A ₁ A _e	A ₁ A ₁	A ₁ A _e	A ₁ A ₁	A ₁ A _e	A ₁ A ₁
20	A ₁ A _e	A ₁ A ₁	A ₁ A _e	A ₁ A ₁	A ₁ A _e	A ₁ A ₁	A ₁ A _e	A ₁ A ₁
A ₁	19	40	21	40	17	40	19	40
A _e	21	0	19	0	23	0	21	0

ตาราง 22 จีโนไทป์ของเอนไซม์ XDH

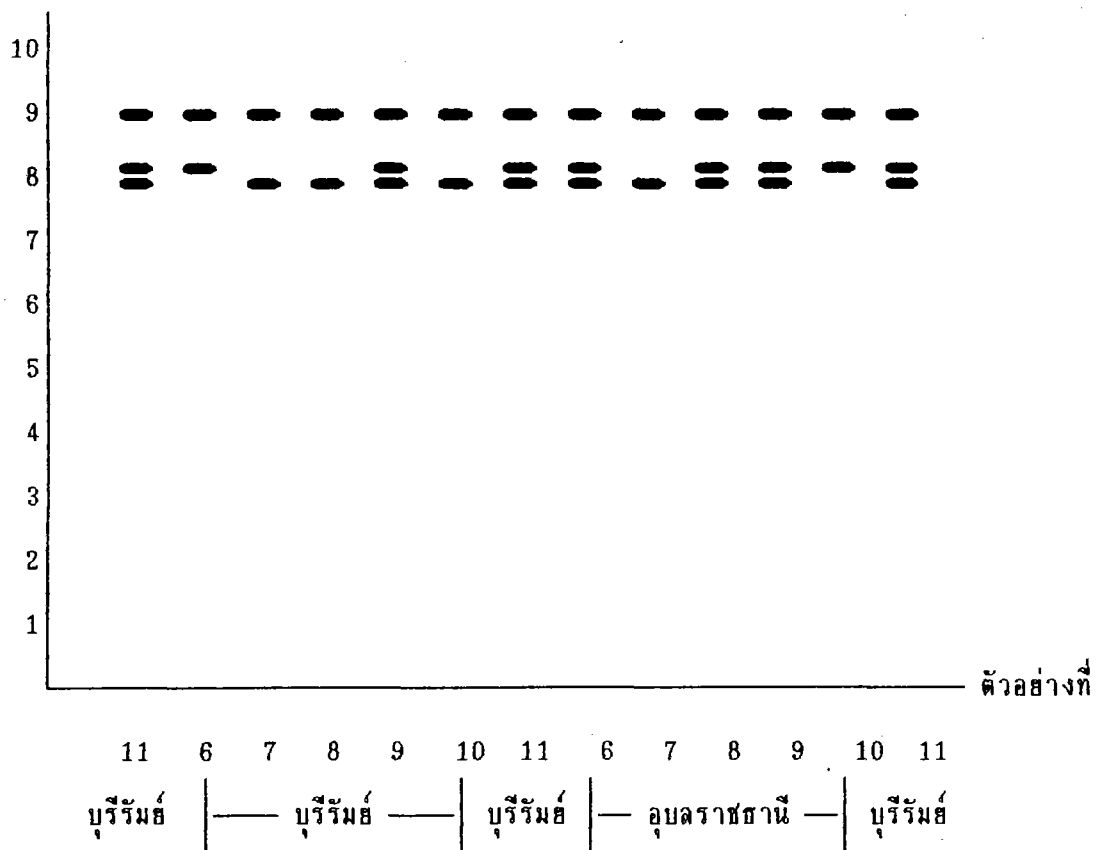
สถานที่ ตำแหน่ง	ปฏิกิริยา		สูตร		สรีรวิทยา		อุปสรรค	
	XDH ₁	XDH ₂	XDH ₁	XDH ₂	XDH ₁	XDH ₂	XDH ₁	XDH ₂
1	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁
2	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁
3	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁	A ₁ A ₁
4	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
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
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	38	40	40	40	38	40	40	40
A ₂	0	0	0	0	0	0	0	0

ระยะการเคลื่อนที่(ซม.)

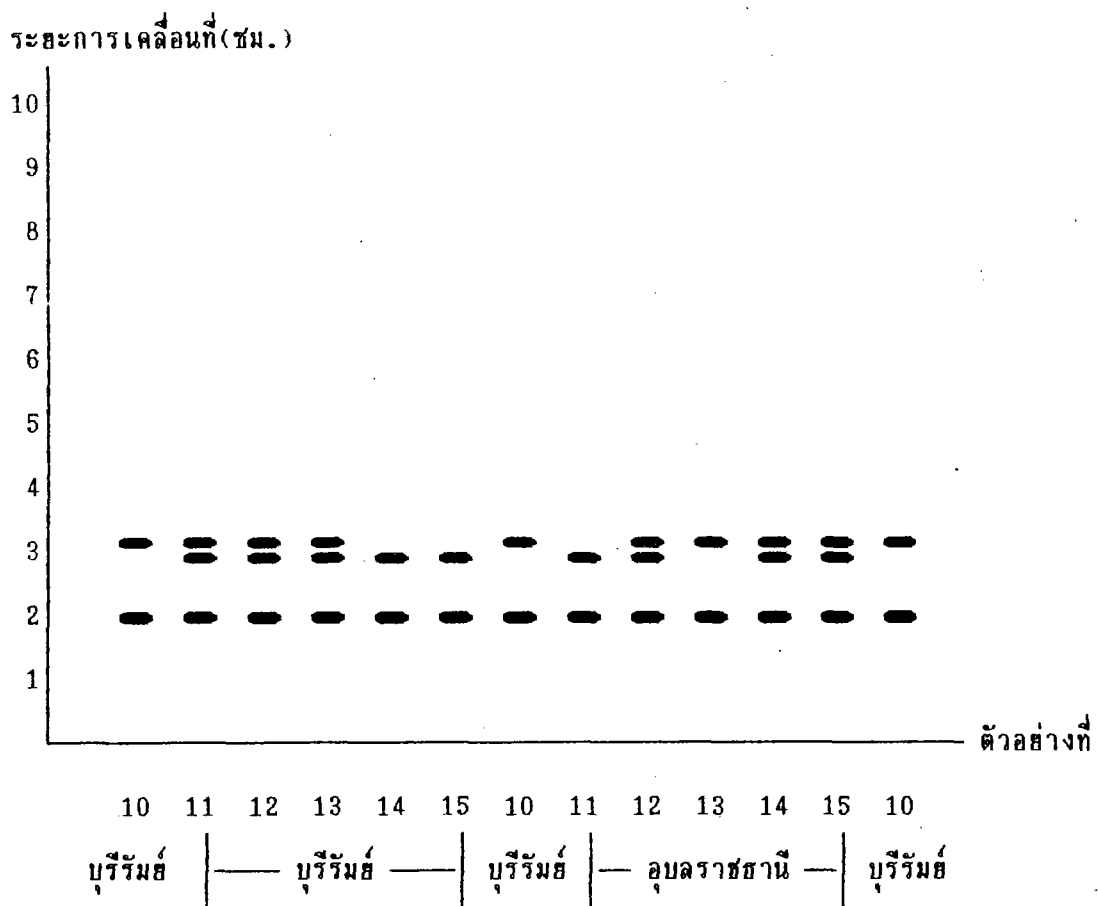


ภาพประกอบ 33 แสดงการเคลื่อนที่ของแถบเอนไซม์ ACP

ระยะการเคลื่อนที่ (ซม.)

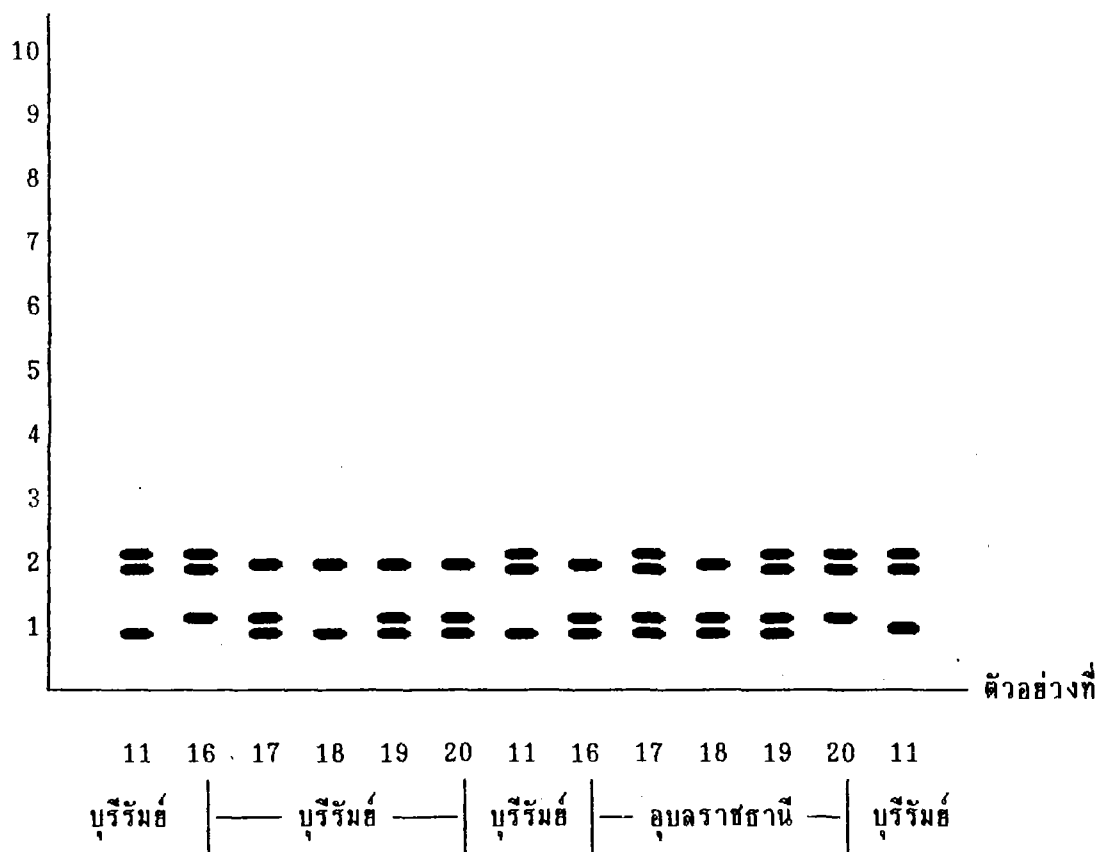


ภาพประกอบ 34 แสดงการเคลื่อนที่ของแถบเอนไซม์ AKP

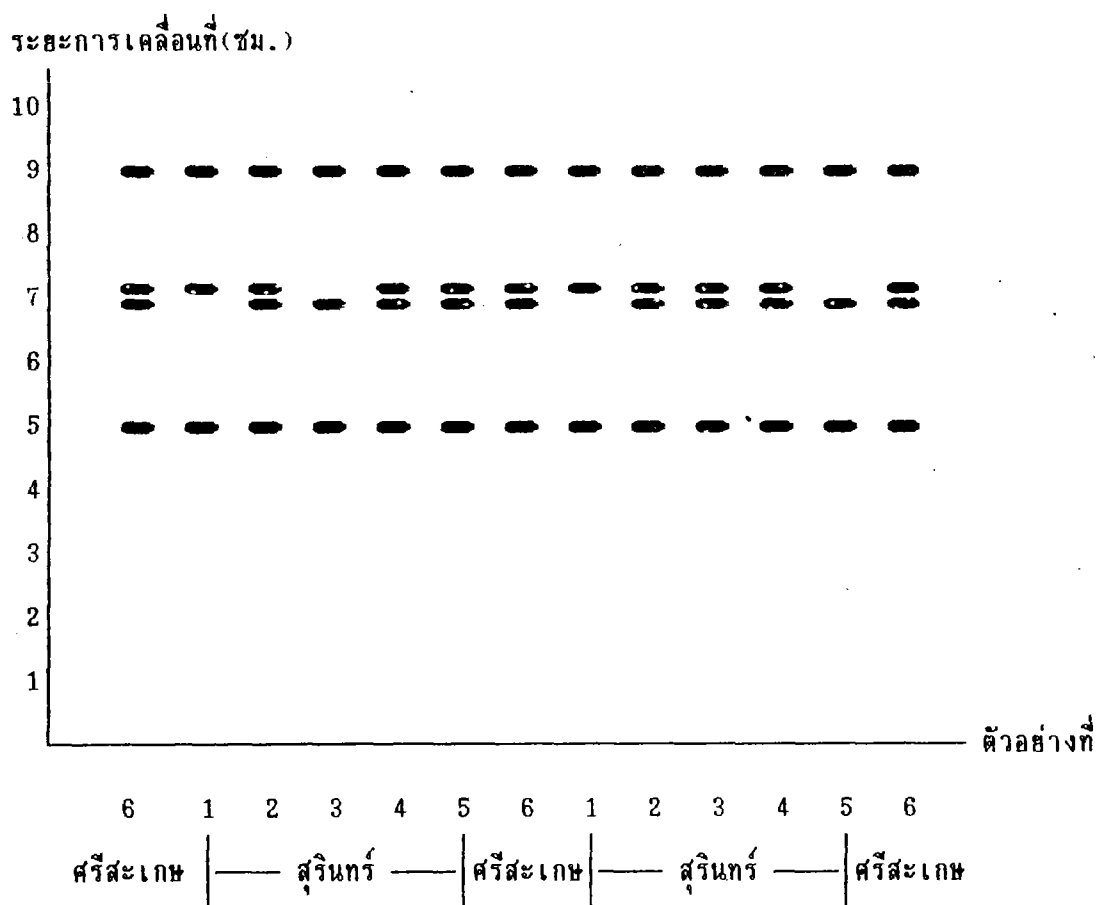


ภาพประกอบ 35 แสดงการเคลื่อนที่ของแถบเอนไซม์ ALDOX

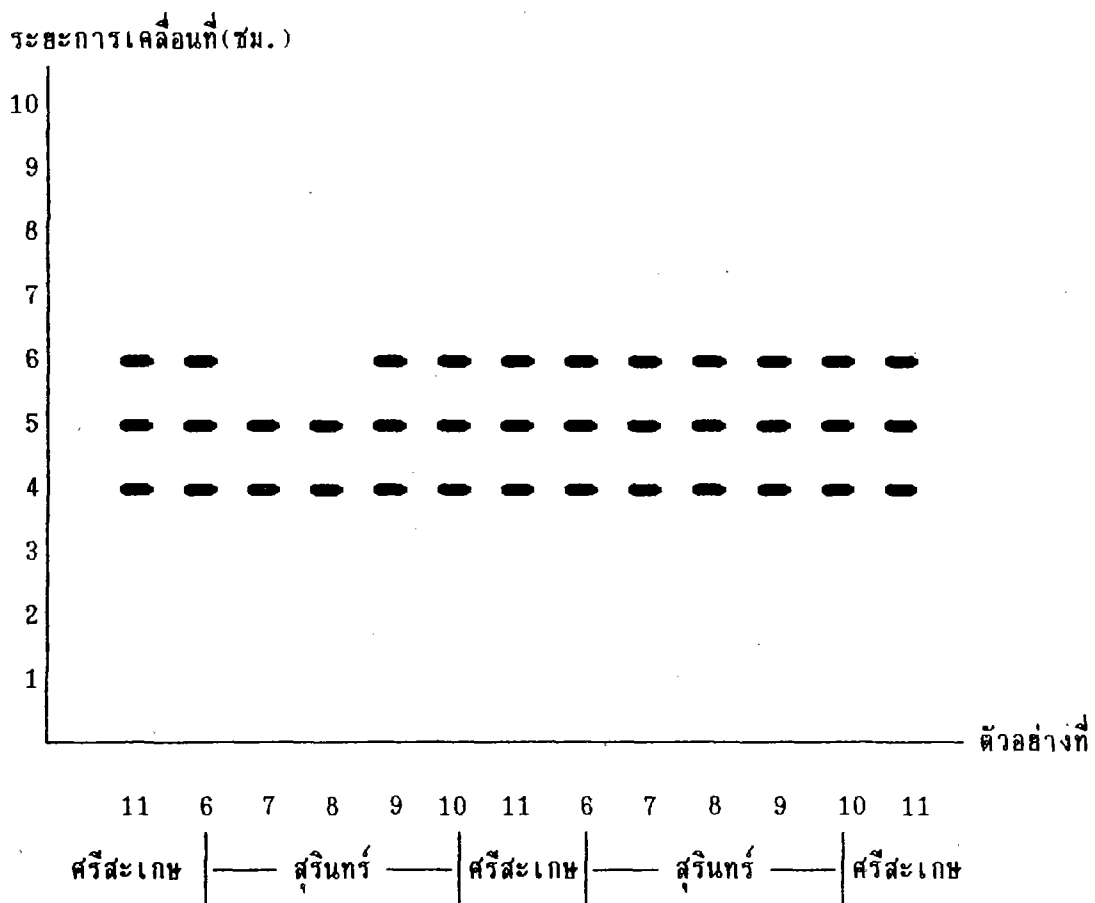
ระยะการเคลื่อนที่ (ซม.)



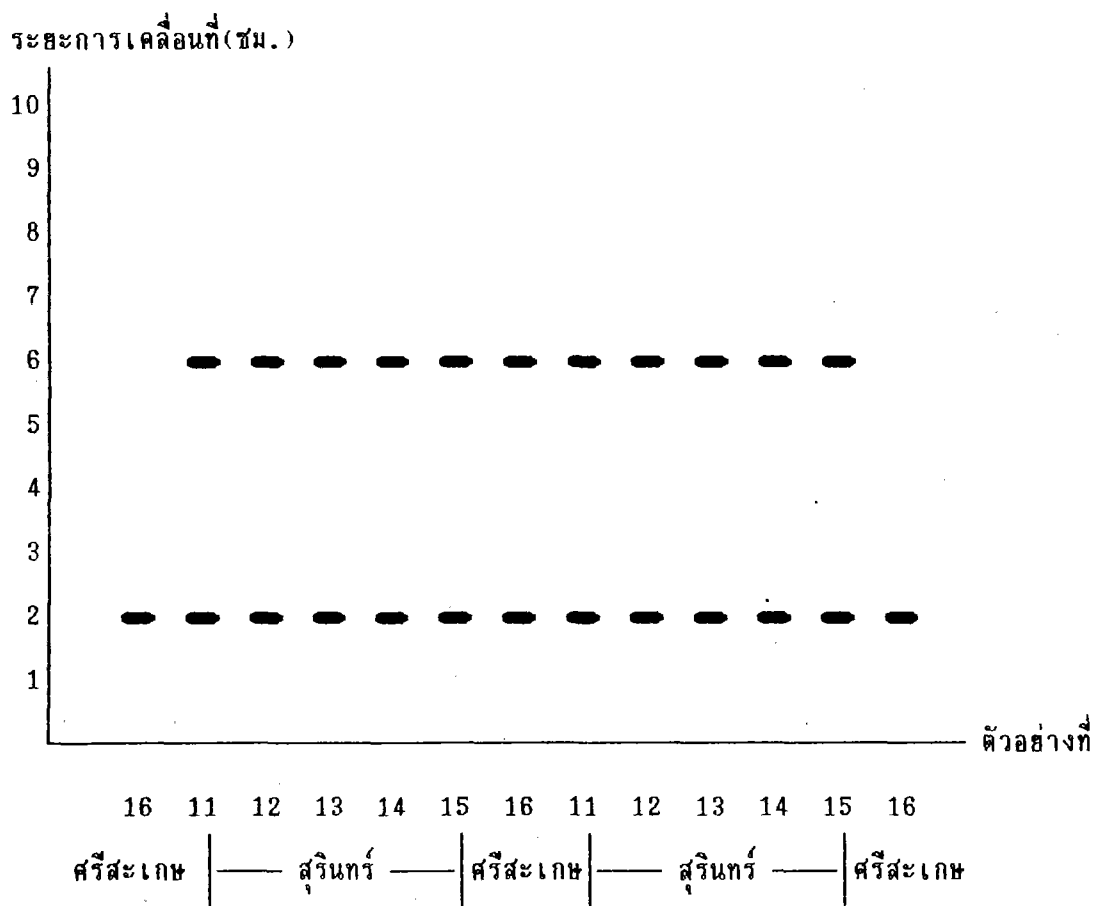
ภาพประกอบ 36 แสดงการเคลื่อนที่ของแถบเอนไซม์ CAT



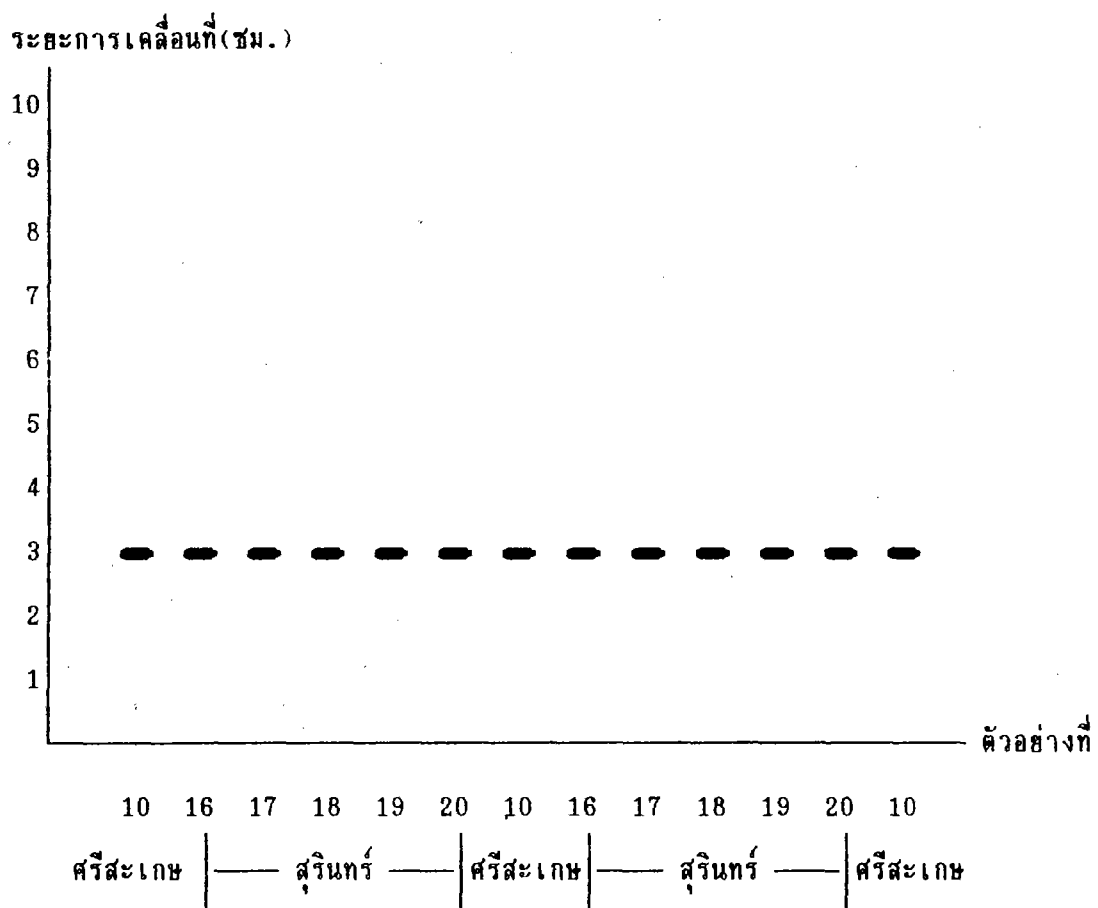
ภาพประกอบ 37 แสดงการเคลื่อนที่ของแถบแอนไซม์ EST



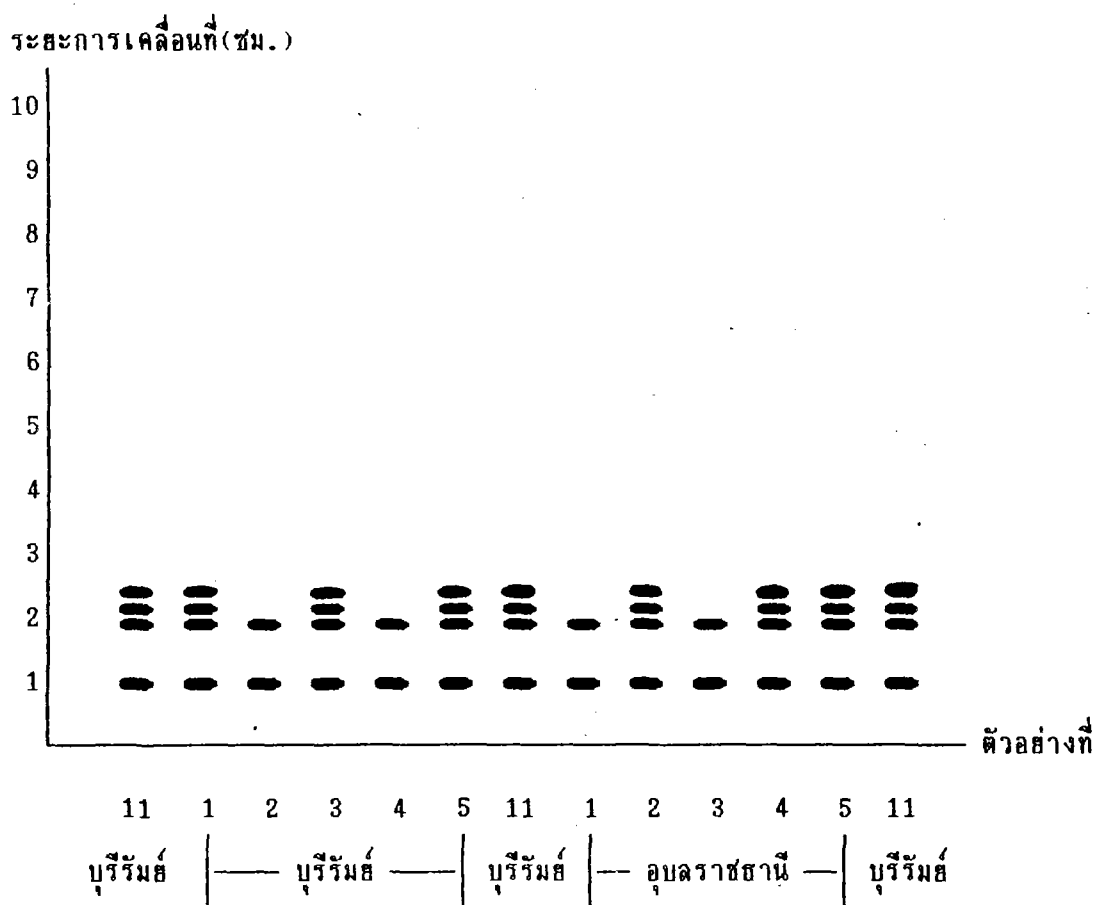
ภาพประกอบ 38 แสดงการเคลื่อนที่ของแถบเอนไซม์ LAP



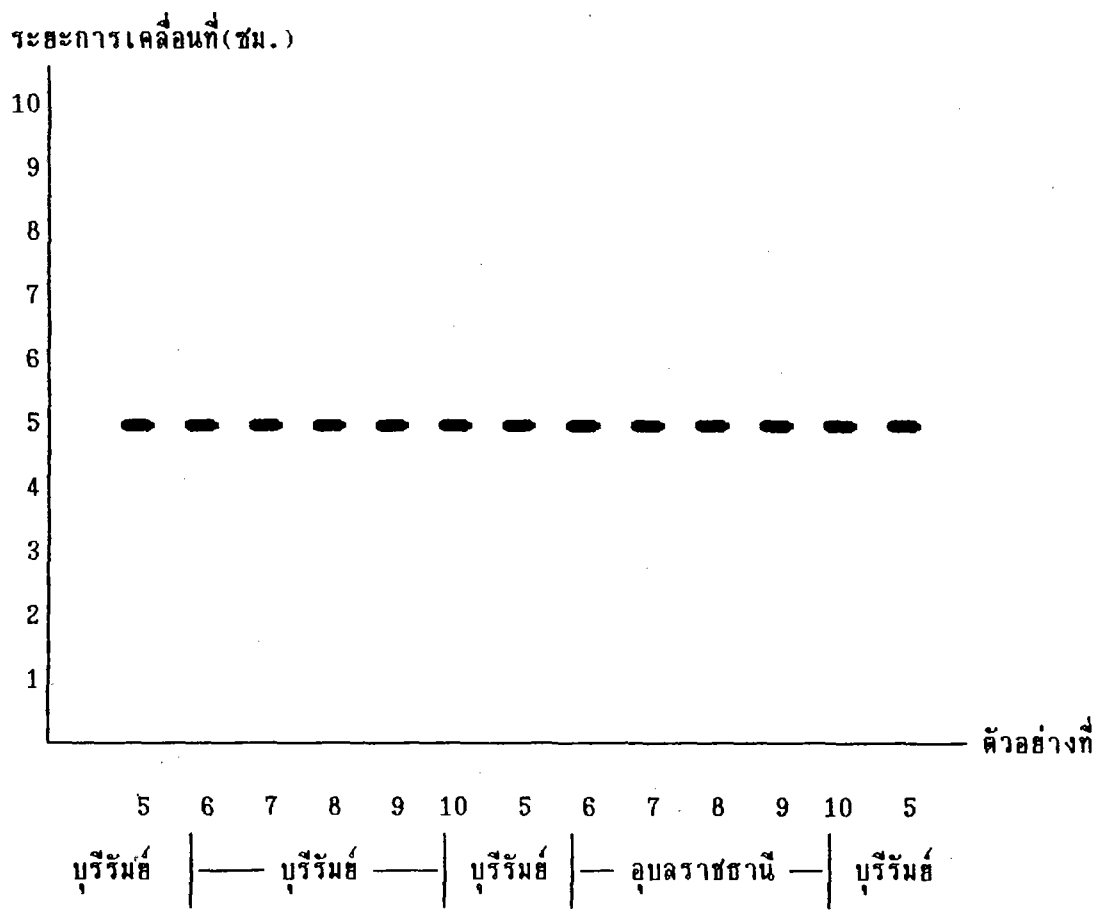
ภาพประกอบ 39 แสดงการเคลื่อนที่ของแถบเอนไซม์ MDH



ภาพประกอบ 40° แสดงการเคลื่อนที่ของแถบเอนไซม์ ME

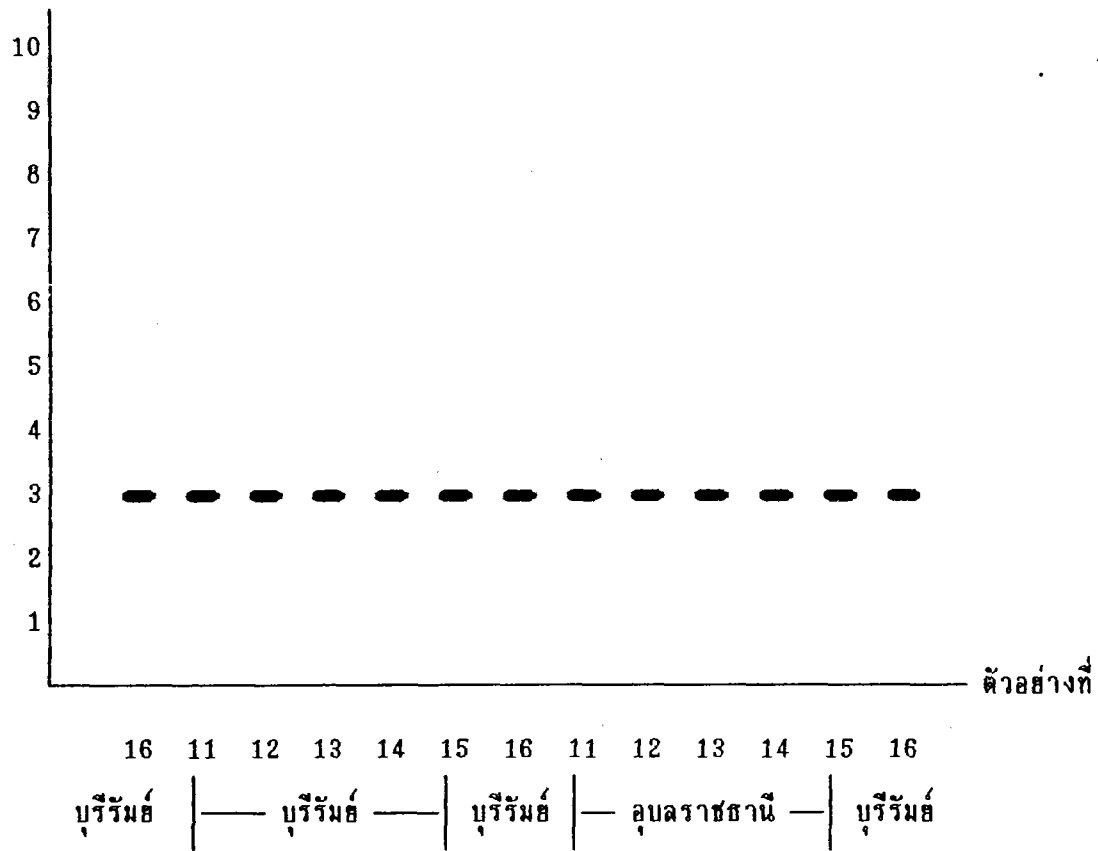


ภาพประกอบ 41 แสดงการเคลื่อนที่ของแถบเอนไซม์ ODH

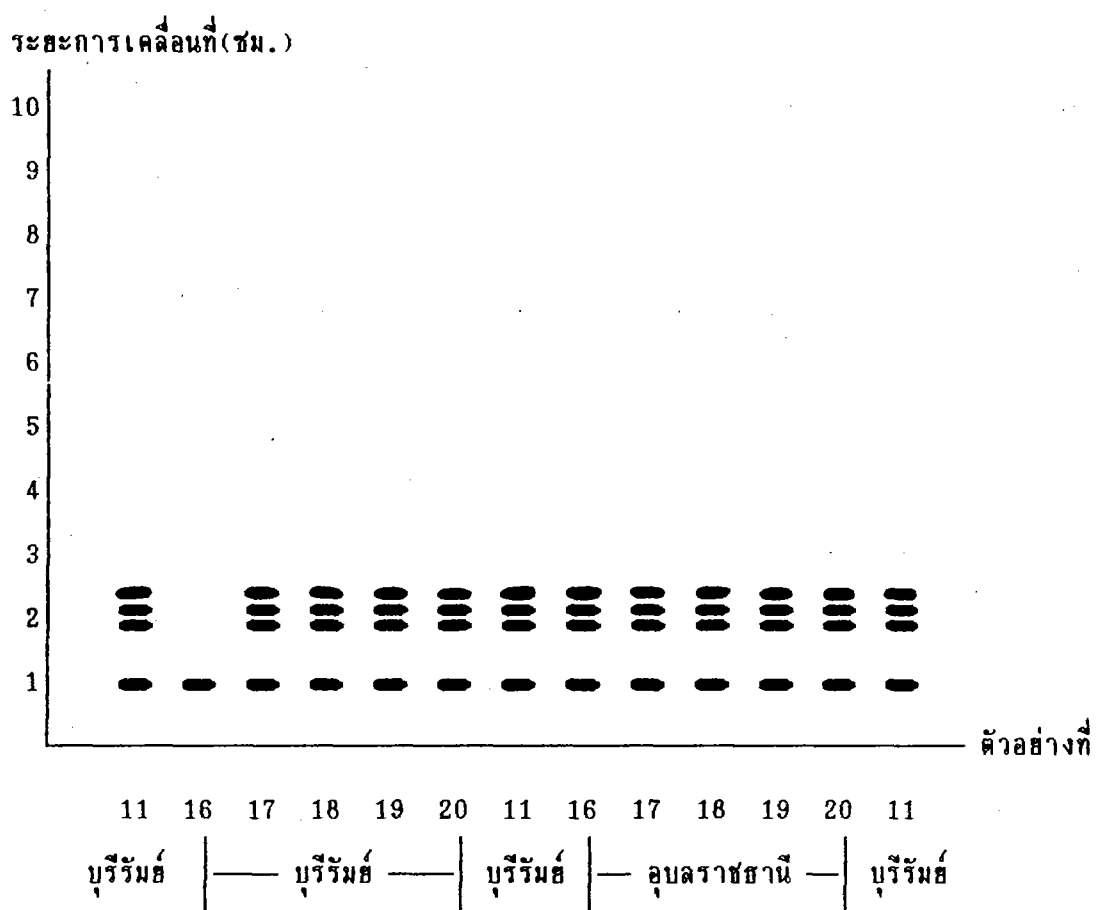


ภาพประกอบ 42 แสดงการเคลื่อนที่ของแถบเอนไซม์ 6-PGD

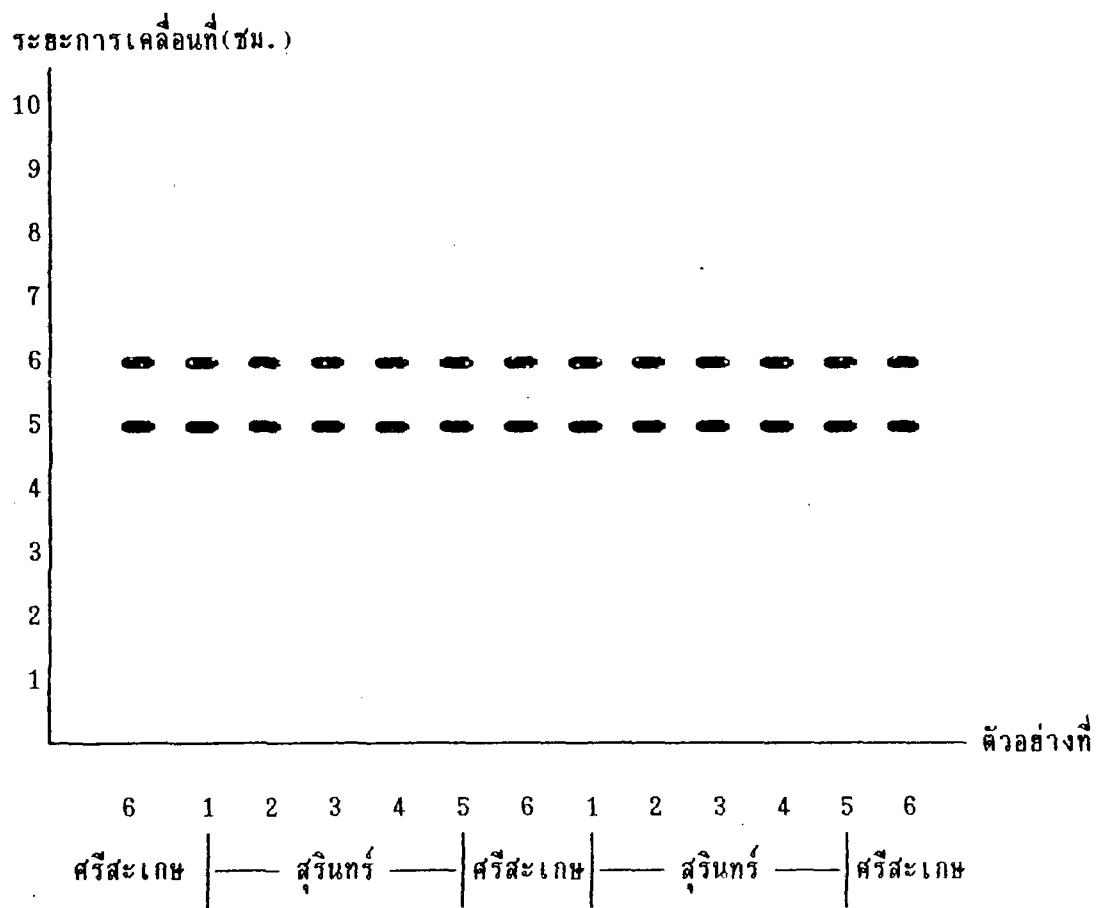
ระยะการเคลื่อนที่(ซม.)



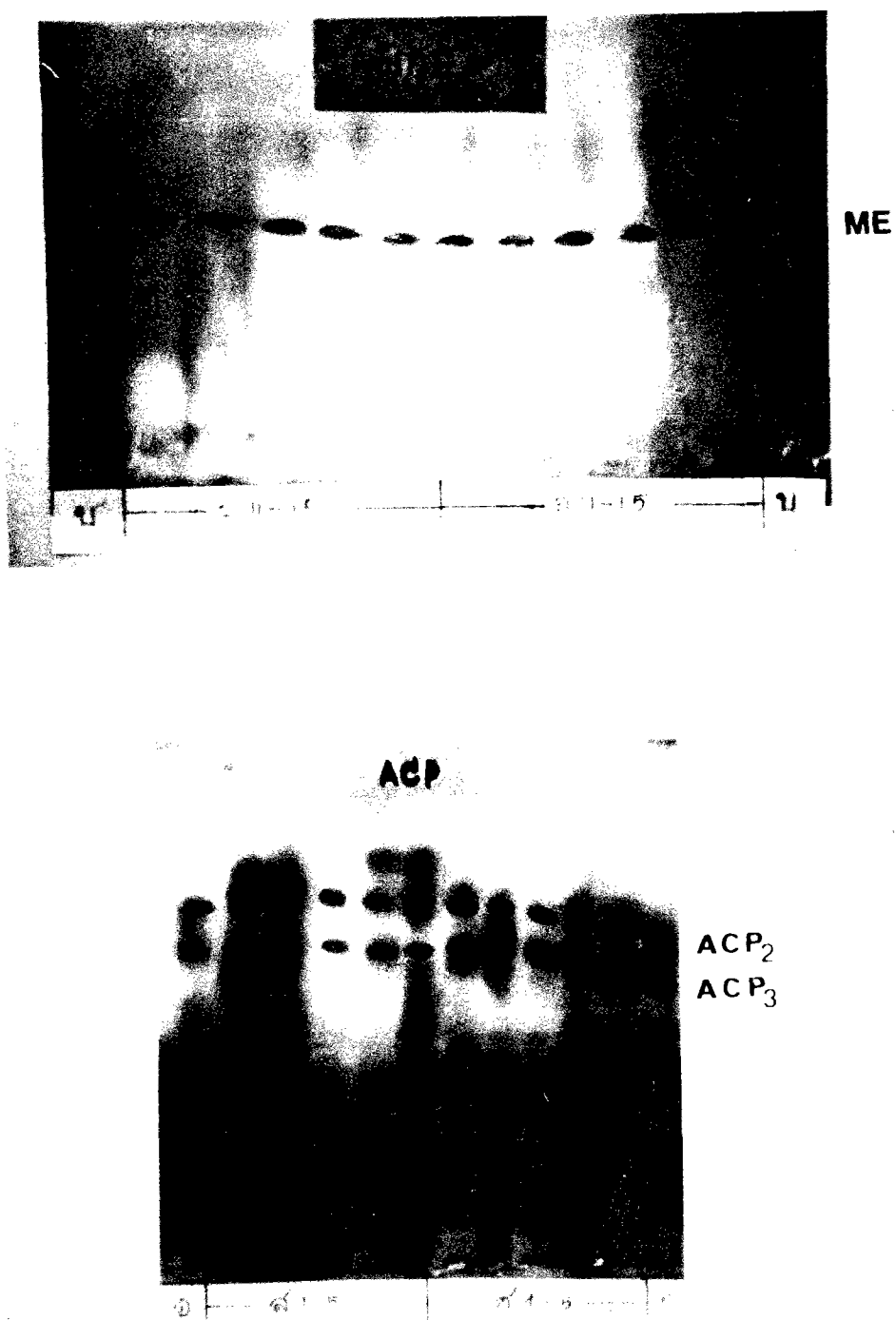
ภาพประกอบ 43 แสดงการเคลื่อนที่ของแถบเอนไซม์ PGM



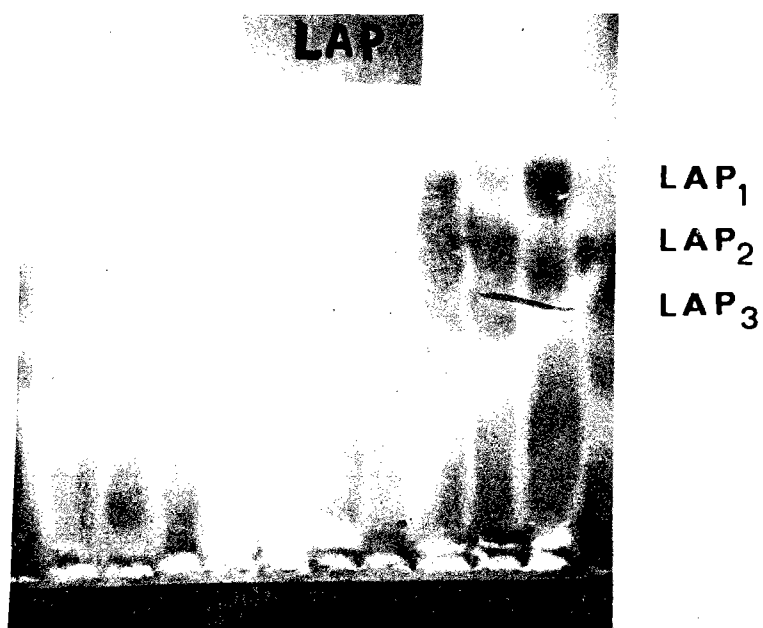
ภาพประกอบ 44 แสดงการเคลื่อนที่ของแถบเอนไซม์ SOD



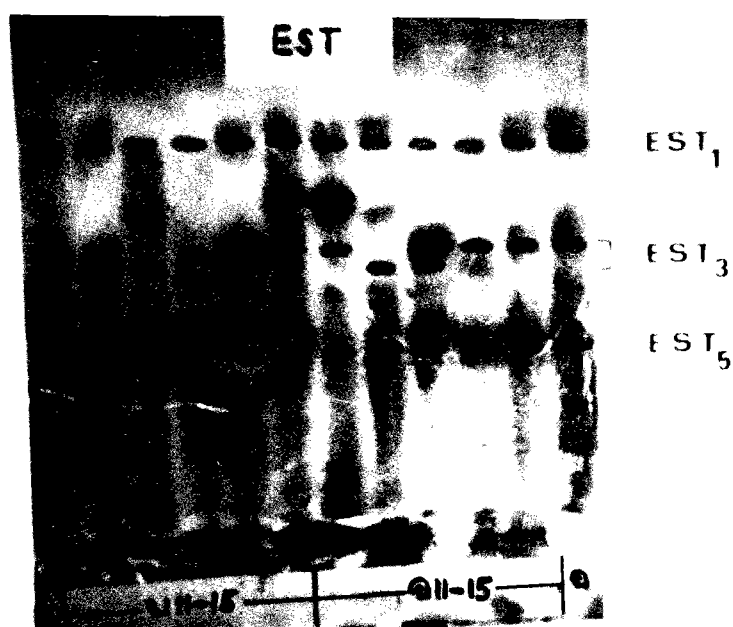
ภาพประกอบ 45 แสดงการเคลื่อนที่ของแถบเอนไซม์ XDH



ภาพประกอบ 46 แสดงการเคลื่อนที่ของแถบ เอนไซม์แบบไฮโมไซโกติโมนี เมอริค

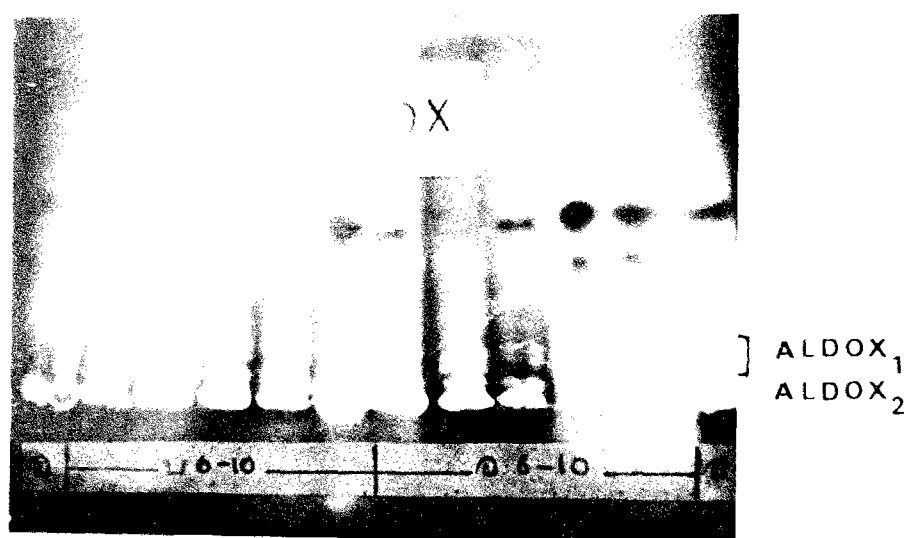
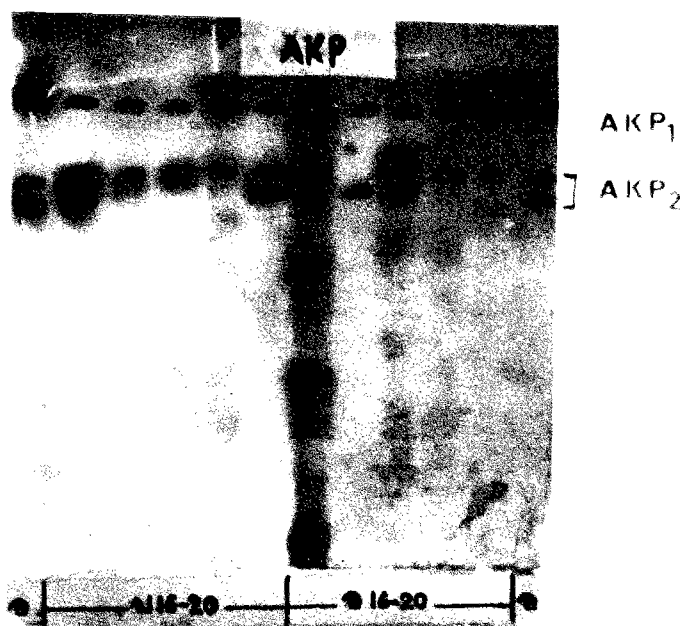


การเคลื่อนที่ของแถบ เอนไซม์แบบไฮมาโทโกดิมโนเมอริค



การเคลื่อนที่ของแถบ เอนไซม์แบบ เฮ เทอโรไฮโกดิมโนเมอริค

ภาพประกอบ 47 แสดงการเคลื่อนที่ของแถบ เอนไซม์แบบไฮมาโทโกดิมโนเมอริค
และ เฮ เทอโรไฮโกดิมโนเมอริค



ภาพประกอบ 48 แสดงการเคลื่อนที่ของแถบ เอนไซม์แบบ เฮ เทอโรไซโกตโมโนเมอร์



ภาพประกอบ 49 แสดงการเคลื่อนที่ของแถบ เอนไซม์แบบ เฮ เทอโรไซโทติก ได เมอริค

ט ורזומהארט

ภาคผนวก ข

1. สารละลายบัฟเฟอร์

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

1.1.1 สารละลายบัฟเฟอร์สำหรับ เจล

ทริสมา เบส	2.7697	กรัม
กรดซีติก	1.1186	กรัม
เติมน้ำกลั่นจนได้ปริมาตรรวม	1,000	มิลลิลิตร
ปรับ pH จนได้ 8.0		

1.1.2 สารละลายบัฟเฟอร์สำหรับอิเล็กโตรด

ทริสมา เบส	82.038	กรัม
กรดซีติก	34.1145	กรัม
เติมน้ำกลั่นจนได้ปริมาตรรวม	1,000	มิลลิลิตร
ปรับ pH จนได้ 8.0		

1.2 ระบบบัฟเฟอร์ลิเทียมไฮดรอกไซด์-โบริก (LiOH-Boric)

1.2.1 สารละลายบัฟเฟอร์สำหรับ เจล

สารละลาย A : ลิเทียมไฮดรอกไซด์	0.72	กรัม
กรดโบริก	11.90	กรัม
เติมน้ำกลั่นจนได้ปริมาตร	1,000	มิลลิลิตร
ปรับ pH จนได้ 8.1		
สารละลาย B : ทริสมา เบส	6.05	กรัม
กรดซีติก	1.7143	กรัม
เติมน้ำกลั่นจนได้ปริมาตร	1,000	มิลลิลิตร
ปรับ pH จนได้ 8.4		

ใช้สารละลาย A 10 % และ B 90 %

1.2.2 สารละลายบัฟเฟอร์สำหรับอิเล็กโตรด

ใช้สารละลาย A

1.3 สารละลายบัฟเฟอร์ทริส-ไฮโดรคลอริก 0.2 โมล/ลิตร pH 8.0

ทริสมา เบส	24.2	กรัม
------------	------	------

เติมน้ำจนได้ปริมาตร	1,000	มิลลิลิตร
ปรับด้วยการด่างไฮโดรคลอริก เข้มข้นให้ได้ pH 8.0		
1.4 สารละลายบัฟเฟอร์ทริส-ไฮโดรคลอริก 0.1 โมล/ลิตร pH 7.0		
ทริสมาเบส	12.1	กรัม
เติมน้ำจนได้ปริมาตร	1,000	มิลลิลิตร
ปรับด้วยการด่างไฮโดรคลอริก เข้มข้นให้ได้ pH 7.0		
1.5 สารละลายฟอสเฟตบัฟเฟอร์ 0.1 โมล/ลิตร pH 7.0		
โพแทสเซียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟต	13.6	กรัม
โซเดียมไฮดรอกไซด์	2.36	กรัม
เติมน้ำให้ปริมาตร	1,000	มิลลิลิตร
ปรับด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ให้ได้ pH 7.0		
1.6 สารละลายบัฟเฟอร์ทริส-ไฮโดรคลอริก 0.5 โมล/ลิตร pH 7.1		
ทริสมาเบส	60.5	กรัม
เติมน้ำให้ปริมาตร	1,000	มิลลิลิตร
ปรับด้วยการด่างไฮโดรคลอริก เข้มข้นให้ได้ pH 7.1		
1.7 สารละลายบัฟเฟอร์ทริส-มาลิเกต pH 5.2		
ทริสมาเบส	24.2	กรัม
กรดมาลิอิก	23.2	กรัม
เติมน้ำให้ปริมาตร	1,000	มิลลิลิตร
ปรับด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ให้ได้ pH 5.2		
1.8 สารละลายอะซิเตรตบัฟเฟอร์ 0.06 โมล/ลิตร pH 5.0		
โซเดียมอะซิเตรต	6.8	กรัม
กรดไฮโดรคลอริก เข้มข้น 1 โมล/ลิตร	14.8	มิลลิลิตร
เติมน้ำให้ปริมาตร	1,000	มิลลิลิตร
ปรับ pH ให้ได้ 5.0 ด้วยการด่างไฮโดรคลอริก 1 โมล/ลิตร		

2. สารละลายที่ใช้ในการย้อมสี เอ็นไซม์

2.1 สารละลาย เบอร์ 1

แอลฟา-แนพทิลอะซิเตต(α -naphthyl acetate)	1.0	กรัม
เบตา-แนพทิลอะซิเตต(β -naphthyl acetate)	1.0	กรัม
อะซิโตน	50.0	มิลลิลิตร
น้ำกลั่น	50.0	มิลลิลิตร

2.2 สารละลาย เบอร์ 2

เอ็นบีที (Nitro blue tetrazolium)	1.0	กรัม
น้ำกลั่น	100.0	มิลลิลิตร

2.3 สารละลาย เบอร์ 3

เอ็มทีที (MTT tetrezolium)	1.0	กรัม
น้ำกลั่น	100.0	มิลลิลิตร

2.4 สารละลาย เบอร์ 4

ไตรฟอสฟาไพริดีน นิวคลีโอไทด์ (Triphosphopyridine neucleotide)	1.0	กรัม
น้ำกลั่น	100.0	มิลลิลิตร

2.5 สารละลาย เบอร์ 5

ไดฟอสฟาไพริดีน นิวคลีโอไทด์ (Diphosphopyridine neucleotide)	1.0	กรัม
น้ำกลั่น	100.0	มิลลิลิตร

2.6 สารละลาย เบอร์ 6

แมกนีเซียมคลอไรด์	2.03	กรัม
น้ำกลั่น	100.0	มิลลิลิตร

2.7 สารละลาย เบอร์ 7

แมกนีเซียมคลอไรด์	10.15	กรัม
น้ำกลั่น	100.0	มิลลิลิตร

2.8 สารละลาย เบอร์ 8

ฟีนาซีน เมทอซัลเฟต (phenazine methosulfate)	1.0	กรัม
น้ำกลั่น	100.0	มิลลิลิตร

2.9 สารละลาย เบอร์ 9

กลูโคส-6-ฟอสเฟตดีไฮโดรจีเนส (glucose-6-phosphat dehydrogenase)

1000.0 หนึ่ง

น้ำกลั่น

100.0 มิลลิลิตร

2.10 สารละลาย เบอร์ 10

กลูโคส-1,6-ไดฟอสเฟต (glucose-1,6-diphosphate)

0.022 กรัม

น้ำกลั่น

100.0 มิลลิลิตร

2.11 สารละลาย เบอร์ 11

กลูโคส-1-ฟอสเฟต (glucose-1-phosphate)

1.70 กรัม

น้ำกลั่น

100.0 มิลลิลิตร

2.12 สารละลาย เบอร์ 12

กรดมาลิก (DL-malic acid)

268.20 กรัม

โซเดียมไฮดรอกไซด์

150.0 กรัม

เติมน้ำกลั่นจนมีปริมาตร

1000.0 มิลลิลิตร

ปรับ pH ให้ได้เท่ากับ 7.0 ด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์

2.13 สารละลาย เบอร์ 13

กรดมาลิก (DL-malic acid)

13.4 กรัม

โซเดียมคาร์บอเนต

0.1215 กรัม

เติมน้ำกลั่นจนมีปริมาตร

100.0 มิลลิลิตร

ปรับ pH ให้ได้เท่ากับ 7.0 ด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์

2.14 สารละลาย เบอร์ 14

ไฮโครเจนเปอร์ออกไซด์ 3 %

5.0 มิลลิลิตร

ฟอสเฟตบัฟเฟอร์ 0.1 โมล/ลิตร pH 7.0

10.0 มิลลิลิตร

โซเดียมไธโอซัลเฟต 0.6 โมล/ลิตร

7.0 มิลลิลิตร

น้ำกลั่น

78.0 มิลลิลิตร

2.15 สารละลาย เบอร์ 15

โพแทสเซียมไอโอไดด์ 0.09 โมล/ลิตร

50.0 มิลลิลิตร

น้ำกลั่น

50.0 มิลลิลิตร

2.16 สารละลาย เบอร์ 16

✓ น้ำกลั่น	5.0	ส่วน
เมทานอล	4.0	ส่วน
กรดอะซิติก	1.0	ส่วน

2.17 สารละลาย เบอร์ 17

แอล-ลูซิล-เบตา-แนพทิลลามิด (L-lucyl- β -naphthylamide)	1.0	กรัม
น้ำกลั่น	40.0	มิลลิลิตร

2.18 สารละลาย เบอร์ 18

แบล็ค เค ซอลท์ (Black K salt)	1.0	กรัม
น้ำกลั่น	25.0	มิลลิลิตร

3. สีย้อมเฮนไซม์

3.1 สีย้อมเฮนไซม์แอซิคฟอสฟาเตส (ACP)

อะซิเตรคัปเพอร์ pH 5.0	100.0	มิลลิลิตร
แช่เจลไว้ 30 นาที		
โซเดียม-แอลฟา-แนพทิลแอซิคฟอสเฟต (Na- α -naphthyl acid phosphate)	150.0	มิลลิกรัม
ฟาสต์ บลู อาร์อาร์ ซอลท์ (Fast blue RR salt)	100.0	มิลลิกรัม
ทิ้งไว้จนแถบเฮนไซม์ปรากฏบนแผ่นเจลชัด เทลีย้อมทิ้ง เดิม		
สารละลาย เบอร์ 16 ทิ้งไว้ 5 นาที แล้วเทลีย้อมทิ้ง (Steiner, W.W.M. and Joslyn, D.J. 1979)		

3.2 สีย้อมเฮนไซม์อัลคาไลน์ฟอสฟาเตส (AKP)

โซเดียม-แอลฟา-แนพทิลแอซิคฟอสเฟต (Na- α -naphthyl acid phosphate)	100.0	มิลลิกรัม
ฟาสต์ บลู อาร์อาร์ ซอลท์	100.0	มิลลิกรัม
แมกนีเซียมซัลเฟต	123.0	มิลลิกรัม
น้ำกลั่น	100.0	มิลลิลิตร

ผสมน้ำเข้ากันเทให้ท่วมเจล ทิ้งไว้จนแถบเอนไซม์ปรากฏบนแผ่นเจลชัด เทลีย้อมทิ้ง
เติมสารละลายเบอร์ 16 ทิ้งไว้ 5 นาที แล้วเทสารละลายทิ้ง (Shaw,C.R. and
Prasad,R. 1970)

3.3 ลีซียมเอนไซม์อัลดีไฮด์ออกซิเดส (ALDOX)

ทริส-ไฮโดรคลอริก 0.2 โมล/ลิตร pH 8.0	100.0	มิลลิลิตร
เบนซอลดีไฮด์	2.5	มิลลิลิตร
สารละลายเบอร์ 2	2.5	มิลลิลิตร

ผสมน้ำเข้ากันเทให้ท่วมเจล ทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง 15 นาที

เติมสารละลาย เบอร์ 8	1.5	มิลลิลิตร
----------------------	-----	-----------

ทิ้งไว้จนแถบเอนไซม์ปรากฏบนเจลชัด เทลีย้อมทิ้ง

เติมสารละลายเบอร์ 16 ทิ้งไว้ 5 นาที แล้วเทสารละลายทิ้ง(Pasteur,N.and
others. 1988)

3.4 ลีซียมเอนไซม์แคตะเลส (CAT)

สารละลายเบอร์ 14	100.0	มิลลิลิตร
------------------	-------	-----------

แช่เจลไว้ 15 นาที แล้วเทลีย้อมออก

ล้างเจลด้วยน้ำกลั่นแล้วเติม

สารละลายเบอร์ 15	100.0	มิลลิลิตร
------------------	-------	-----------

ทิ้งไว้จนแถบเอนไซม์ปรากฏบนเจล เทลีย้อมทิ้งแล้วบันทึกผลทันที (Shaw,C.R. and
Prasad,R. 1970)

3.5 ลีซียมเอนไซม์เอสเทอร์เอส (EST)

สารละลายบัฟเฟอร์ทริส-ไฮโดรคลอริก 0.5 โมล/ลิตร pH 7.1

10.0	มิลลิลิตร
------	-----------

น้ำกลั่น	87.0	มิลลิลิตร
----------	------	-----------

ฟอสฟอรัส บลู อาร์อาร์	100.0	มิลลิลิตร
-----------------------	-------	-----------

สารละลายเบอร์ 1	3.0	มิลลิลิตร
-----------------	-----	-----------

ทิ้งไว้ประมาณ 2 ชั่วโมง เทลีย้อมทิ้ง

เติมสารละลายเบอร์ 16 ทิ้งไว้ 15 นาที แล้วเทสารละลายทิ้ง (Shaw,C.R.and
Prasad,R. 1970)

3.6 สีย้อมเอนไซม์ลูซีนอะมิโนเปปติเคส (LAP)

สารละลายบัฟเฟอร์ทริส-มาลิเอต 0.1 โมล/ลิตร pH 5.2	100.0	มิลลิลิตร
แช่เจลไว้ 15 นาที		
เติมสารละลายเบอร์ 17	2.0	มิลลิลิตร
ทิ้งไว้ 15 นาที		
เติมสารละลายเบอร์ 18	1.5	มิลลิลิตร
ทิ้งไว้ 2 ชั่วโมง เกลี่ย้อมทิ้ง		
เติมสารละลายเบอร์ 16 ทิ้งไว้ 15 นาที แล้วเทสารละลายทิ้ง (Steiner, W.W.M. and Joslyn, D.J. 1979)		

3.7 สีย้อมเอนไซม์มาเลคัลไฮโดรจีเนส (MDH)

สารละลายบัฟเฟอร์ทริส-ไฮโดรคลอริก 0.2 โมล/ลิตร pH 8.0	90.0	มิลลิลิตร
สารละลายเบอร์ 12	15.0	มิลลิลิตร
สารละลายเบอร์ 5	6.0	มิลลิลิตร
สารละลายเบอร์ 2	6.0	มิลลิลิตร
สารละลายเบอร์ 13	10.0	มิลลิลิตร
ผสมให้เข้ากัน เทในแท่งเจล ทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง 30 นาที		
เติมสารละลายเบอร์ 8	1.5	มิลลิลิตร
ทิ้งไว้จนแถบเอนไซม์ปรากฏบนเจล เกลี่ย้อมทิ้ง		
เติมสารละลายเบอร์ 16 ทิ้งไว้ 15 นาที แล้วเทสารละลายทิ้ง (Shaw, C.R. and Prasad, R. 1970)		

3.8 สีย้อมเอนไซม์มาลิคเอนไซม์ (ME)

สารละลายบัฟเฟอร์ทริส-ไฮโดรคลอริก 0.2 โมล/ลิตร pH 8.0	80.0	มิลลิลิตร
สารละลายเบอร์ 12	8.0	มิลลิลิตร
สารละลายเบอร์ 7	12.0	มิลลิลิตร
สารละลายเบอร์ 4	0.8	มิลลิลิตร
สารละลายเบอร์ 2	1.6	มิลลิลิตร

สารละลายเบอร์ 3 1.6 มิลลิลิตร

ผสมให้เข้ากันเทให้ท่วมเจล ทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง 30 นาที

เติมสารละลายเบอร์ 8 0.8 มิลลิลิตร

ทิ้งไว้จนแถบเอนไซม์ปรากฏบนเจล เทลีส้อมทิ้ง

เติมสารละลายเบอร์ 16 ทิ้งไว้ 5 นาที แล้วเทสารละลายทิ้ง (Pasteur, N. and others. 1988)

3.9 ลีซอมเอนไซม์ออกทานอลคิไฮโครจีเนส (ODH)

สารละลายบัฟเฟอร์ทริส-ไฮโดรคลอริก 0.2 โมล/ลิตร pH 8.0

80.0 มิลลิลิตร

สารละลายออกทานอล 2.5 มิลลิลิตร

สารละลายเบอร์ 2 2.5 มิลลิลิตร

สารละลายเบอร์ 5 2.5 มิลลิลิตร

ผสมให้เข้ากันเทให้ท่วมเจลทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง 30 นาที

เติมสารละลายเบอร์ 8 1.5 มิลลิลิตร

ทิ้งไว้จนแถบเอนไซม์ปรากฏบนเจลชัด เทลีส้อมทิ้ง

เติมสารละลายเบอร์ 16 ทิ้งไว้ 5 นาที แล้วเทสารละลายทิ้ง (Pasteur, N. and others. 1988)

3.10 ลีซอมเอนไซม์ 6-ฟอสโฟกลูโคเนตคิไฮโครจีเนส (6-PGD)

สารละลายบัฟเฟอร์ทริส-ไฮโดรคลอริก 0.2 โมล/ลิตร pH 8.0

100.0 มิลลิลิตร

สารละลายเบอร์ 7 12.0 มิลลิลิตร

สารละลายเบอร์ 4 0.8 มิลลิลิตร

สารละลายเบอร์ 2 1.6 มิลลิลิตร

สารละลายเบอร์ 3 1.6 มิลลิลิตร

6-ฟอสโฟกลูโคนิค แอซิด 160.0 มิลลิกรัม

ผสมให้เข้ากันเทให้ท่วมแผ่นเจลทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง 30 นาที

เติมสารละลายเบอร์ 8 0.8 มิลลิลิตร

ทิ้งไว้จนแถบเอนไซม์ปรากฏบนเจลชัด เทลีส้อมทิ้ง

เติมสารละลายเบอร์ 16 ที่ 1 ชั่วโมง 5 นาที แล้วเทสารละลายทิ้ง (Pasteur, N. and others. 1988)

3.11 สีย้อมเอนไซม์ฟอสโฟทโมล (PGM)

สารละลายบัฟเฟอร์ทริส-ไฮโดรคลอริก 0.2 โมล/ลิตร pH 8.0

	10.0	มิลลิลิตร
น้ำกลั่น	50.0	มิลลิลิตร
สารละลายเบอร์ 10	10.0	มิลลิลิตร
สารละลายเบอร์ 11	10.0	มิลลิลิตร
สารละลายเบอร์ 6	10.0	มิลลิลิตร
สารละลายเบอร์ 9	8.0	มิลลิลิตร
สารละลายเบอร์ 4	2.0	มิลลิลิตร
สารละลายเบอร์ 3	2.0	มิลลิลิตร

ผสมให้เข้ากันเทให้ท่วมเจลที่วางไว้ที่อุณหภูมิห้อง 30 นาที

เติมสารละลายเบอร์ 8 1.5 มิลลิลิตร

ทิ้งเจลไว้จนแถบเอนไซม์ปรากฏบนเจลชัด เทสีย้อมทิ้ง

เติมสารละลายเบอร์ 16 ที่ 1 ชั่วโมง 5 นาที เทสารละลายทิ้ง (Pasteur, N. and others. 1988)

3.12 สีย้อมเอนไซม์ซูเปอร์ออกไซด์คิสมัล (SOD)

สารละลายบัฟเฟอร์ทริส-ไฮโดรคลอริก 0.2 โมล/ลิตร pH 8.0

	100.0	มิลลิลิตร
สารละลายเบอร์ 7	0.5	มิลลิลิตร
สารละลายเบอร์ 5	2.5	มิลลิลิตร
สารละลายเบอร์ 2	2.5	มิลลิลิตร

ผสมให้เข้ากันเทให้ท่วมเจลที่วางไว้ที่อุณหภูมิห้อง 30 นาที

เติมสารละลายเบอร์ 8 1.5 มิลลิลิตร

ทิ้งเจลไว้จนแถบเอนไซม์ปรากฏชัด เทสีย้อมทิ้ง

เติมสารละลายเบอร์ 16 ที่ 1 ชั่วโมง 5 นาที แล้วเทสารละลายทิ้ง (Pasteur, N. and others. 1988)

3.13 สีย้อมเอนไซม์แซนทีนดีไฮโดรจีเนส (XDH)

สารละลายบัฟเฟอร์ทริส-ไฮโดรคลอริก 0.2 โมล/ลิตร pH 8.0

100.0

มิลลิลิตร

ไฮโปแซนทีน

300.0

มิลลิกรัม

ให้ความร้อนจนไฮโปแซนทีนละลายหมด ปลอกยาให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง

เติมสารละลาย เบอร์ 2

2.5

มิลลิลิตร

สารละลาย เบอร์ 5

2.5

มิลลิลิตร

ผสมให้เข้ากัน เติมน้ำให้เต็ม เจลทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง 30 นาที

เติมสารละลาย เบอร์ 8

1.5

มิลลิลิตร

ทิ้งไว้จนแถบเอนไซม์ปรากฏชัด เทสีย้อมทิ้ง

เติมสารละลาย เบอร์ 16 ทิ้งไว้ 5 นาที แล้วเทสารละลายทิ้ง

ภาคผนวก ก

ภาคผนวก ค

เอนไซม์เป็น globulin protein ซึ่งมีคุณสมบัติในการเร่งปฏิกิริยาเคมีหรือเรียกว่าเป็นตัวเร่งชีวภาพ (biological catalyst) โดยมีคุณสมบัติที่สำคัญ คือมีความจำเพาะต่อสับสเตรทสูงมาก สภาวะที่เหมาะสมในการทำงานของเอนไซม์นั้นขึ้นอยู่กับสับสเตรท โคเอนไซม์ ความเป็นกรด-ด่าง และอุณหภูมิ สภาวะที่เหมาะสมของเอนไซม์แต่ละชนิดนี้จะแตกต่างกันไป

เอนไซม์แบ่งออกเป็น 6 ประเภท โดยอาศัยหลักของปฏิกิริยาได้ดังนี้

1. ออกซิโครีดักเทส (Oxidoreductase) เร่งปฏิกิริยาการออกซิโดสับสเตรทหนึ่ง และรีดิวซ์อีกสับสเตรทหนึ่ง

1.1 กลุ่มแอลกอฮอล์ (CH-OH group) เป็นตัวให้อิเลคตรอน

1.1.1 NAD หรือ NADP เป็นตัวรับอิเลคตรอน

1.1.2 cytochrome เป็นตัวรับอิเลคตรอน

1.1.3 O_2 เป็นตัวรับอิเลคตรอน

1.1.99 ใช้ตัวรับอิเลคตรอนอื่นๆ

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

1.2.1 NAD หรือ NADP เป็นตัวรับอิเลคตรอน

1.2.2 cytochrome เป็นตัวรับอิเลคตรอน

1.2.3 O_2 เป็นตัวรับอิเลคตรอน

1.2.4 lipoate เป็นตัวรับอิเลคตรอน

1.2.99 ใช้ตัวรับอิเลคตรอนอื่นๆ

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

1.3.1 NAD หรือ NADP เป็นตัวรับอิเลคตรอน

1.3.2 cytochrome เป็นตัวรับอิเลคตรอน

1.3.3 O_2 เป็นตัวรับอิเลคตรอน

1.3.99 ใช้ตัวรับอิเลคตรอนอื่นๆ

1.4 กลุ่มไพรมารีอะมิโน ($CH-NH_2$) เป็นตัวให้อิเลคตรอน

- 1.4.1 NAD หรือ NADP เป็นตัวรับอิเล็กตรอน
- 1.4.3 O_2 เป็นตัวรับอิเล็กตรอน
- 1.5 กลุ่มเซตกันดาร์ริอะมิโน (CH-NH) เป็นตัวให้อิเล็กตรอน
 - 1.5.1 NAD หรือ NADP เป็นตัวรับอิเล็กตรอน
 - 1.5.3 O_2 เป็นตัวรับอิเล็กตรอน
- 1.6 NAD หรือ NADP เป็นตัวรีดิวซ์ (เป็นตัวให้อิเล็กตรอน)
 - 1.6.1 NAD หรือ NADP เป็นตัวรับอิเล็กตรอน
 - 1.6.2 cytochrome เป็นตัวรับอิเล็กตรอน
 - 1.6.4 สารประกอบโคซัลไฟด์เป็นตัวรับอิเล็กตรอน
 - 1.6.5 สารประกอบควิโนนหรืออูบิโนล เป็นตัวรับอิเล็กตรอน
 - 1.6.6 สารประกอบไนโตรเจนเป็นตัวรับอิเล็กตรอน
 - 1.6.99 วัสดุตัวรับอิเล็กตรอนอื่นๆ
- 1.7 สารประกอบไนโตรเจนเป็นตัวให้อิเล็กตรอน
 - 1.7.3 O_2 เป็นตัวรับอิเล็กตรอน
 - 1.7.99 วัสดุตัวรับอิเล็กตรอนอื่นๆ
- 1.8 กลุ่มซัลเฟอร์เป็นตัวให้อิเล็กตรอน
 - 1.8.1 NAD หรือ NADP เป็นตัวรับอิเล็กตรอน
 - 1.8.3 O_2 เป็นตัวรับอิเล็กตรอน
 - 1.8.4 สารประกอบโคซัลไฟด์เป็นตัวรับอิเล็กตรอน
 - 1.8.5 สารประกอบควิโนนหรืออูบิโนล เป็นตัวรับอิเล็กตรอน
 - 1.8.6 สารประกอบไนโตรเจนเป็นตัวรับอิเล็กตรอน
- 1.9 กลุ่มฮีม (heme group) เป็นตัวให้อิเล็กตรอน
 - 1.9.3 O_2 เป็นตัวรับอิเล็กตรอน
 - 1.9.6 สารประกอบไนโตรเจนเป็นตัวรับอิเล็กตรอน
- 1.10 โคพินอลและสารตั้งต้นที่เกี่ยวข้องเป็นตัวให้อิเล็กตรอน
 - 1.10.3 O_2 เป็นตัวรับอิเล็กตรอน
- 1.11 ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) เป็นตัวให้อิเล็กตรอน
- 1.12 ไฮโดรเจนเป็นตัวให้อิเล็กตรอน

1.13 เอนไซม์เป็นตัวให้อิเลคตรอนเดี่ยว และกระตุ้นการนำโมเลกุลของ O_2 เข้าไปป็นสารประกอบหรือธาตุอื่นๆ

1.14 เอนไซม์เป็นตัวให้อิเลคตรอนคู่ และกระตุ้นการนำโมเลกุลของออกซิเจน เข้าไป 1 อิเลคตรอน

1.14.1 NAD หรือ NADP เป็นตัวรับอิเลคตรอน 1 ตัว

1.14.2 ascorbate เป็นตัวรับอิเลคตรอน 1 ตัว

1.14.3 pyridine เป็นตัวรับอิเลคตรอน 1 ตัว

2. ทรานเฟอร์เรส (transferases) เอนไซม์เร่งปฏิกิริยาการโยกย้ายหมู่ต่างๆ จากสับสเตรทหนึ่งไปยังอีกสับสเตรทหนึ่ง

2.1 โยกย้ายคาร์บอน 1 กลุ่ม

2.1.1 โยกย้ายกลุ่มเมทิล (CH_3-)

2.1.2 โยกย้ายกลุ่มไฮดรอกซีเมทิล ($-CH_2-OH$) กลุ่มฟอสเฟตและอนุพันธ์

2.1.3 โยกย้ายกลุ่มคาร์บอกซิล ($-C-OH$) กลุ่มคาร์บอนิล

2.1.4 โยกย้ายกลุ่มอะมิโน ($C=N$)

2.2 โยกย้ายกลุ่มอัลดีไฮด์ ($R-C-OH$) หรือกลุ่มคีโตน ($R-C-R$)

2.3 โยกย้ายกลุ่มเอซิล

2.3.1 โยกย้ายกลุ่มเอซิล ($-C-R$)

2.3.2 โยกย้ายกลุ่มอะมิโนเอซิล (NH_2-C-R)

2.4 โยกย้ายกลุ่มไกลโคซิล ($-C_6H_{12}O_5$)

2.4.1 โยกย้ายกลุ่มเฮกโซอิล

2.4.2 โยกย้ายกลุ่มเพนโทอิล

2.5 โยกย้ายกลุ่มอัลคิลหรืออนุพันธ์

2.6 โยกย้ายกลุ่มสารประกอบไนโตรเจน

2.6.1 โยกย้ายกลุ่มอะมิโน

2.6.3 โยกย้ายกลุ่มออกซิมีโน

2.7 โยกย้ายกลุ่มฟอสโฟริล ($-PO_3H_2$)

2.7.1 กลุ่มแอลกอฮอล์เป็นตัวรับอิเลคตรอน

2.7.2 กลุ่มคาร์บอกซิลเป็นตัวรับอิเลคตรอน

- 2.7.3 กลุ่มไนโตรเจนเป็นตัวรับอิเล็กตรอน
- 2.7.4 กลุ่มฟอสเฟตเป็นตัวรับอิเล็กตรอน
- 2.7.5 แลกเปลี่ยนฟอสไฟริลระหว่างโมเลกุล
- 2.7.6 โยกย้ายฟอสไฟริล
- 2.7.7 โยกย้ายนิวคลีโอไทด์คิล
- 2.7.8 โยกย้ายฟอสไฟริลกับสารตัวอื่น ๆ
- 2.8 โยกย้ายกลุ่มซัลเฟอร์
 - 2.8.1 โยกย้ายกำมะถัน
 - 2.8.2 โยกย้ายซัลโฟ
 - 2.8.3 โยกย้าย Co A
- 3. ไฮโดรเลส (Hydrolases) เร่งปฏิกิริยาสลายตัวด้วยน้ำ

- 3.1 สลายพันธะเอสเทอร์ $\begin{array}{c} \text{O} \\ || \\ -\text{C}-\text{O}- \end{array}$
 - 3.1.1 สลายพันธะคาร์บอกซิลิกเอสเทอร์ $\begin{array}{c} \text{O} \\ || \\ -\text{C}-\text{O}-\text{H} \end{array}$
 - 3.1.2 สลายพันธะไฮโดรเอสเทอร์ $(-\text{S}-\text{O}-)$
 - 3.1.3 สลายพันธะฟอสโฟริกโมโนเอสเทอร์
 - 3.1.4 สลายพันธะฟอสโฟริกไดเอสเทอร์
 - 3.1.5 สลายพันธะไตรฟอสโฟริกโมโนเอสเทอร์
 - 3.1.6 สลายพันธะซัลฟูริกเอสเทอร์
- 3.2 สลายพันธะสารประกอบไกลโคซิด $(\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_5-\text{O}-\text{R})$
 - 3.2.1 สลายพันธะไกลโคไซด์
 - 3.2.2 สลายพันธะสารประกอบไนโตรเจนกับไกลโคซิด
 - 3.2.3 สลายพันธะสารประกอบซัลเฟอร์กับไกลโคซิด
- 3.3 สลายพันธะอีเทอร์ $(\text{R}-\text{O}-\text{R})$
 - 3.3.1 สลายพันธะไฮโดรอีเธอร์ $(\text{R}-\text{S}-\text{R})$
- 3.4 สลายพันธะเปปไทด์ $(-\text{CO}-\text{NH}-)$
 - 3.4.1 สลายพันธะแอลฟา-อะมิโน-เอซิด-เปปไทด์

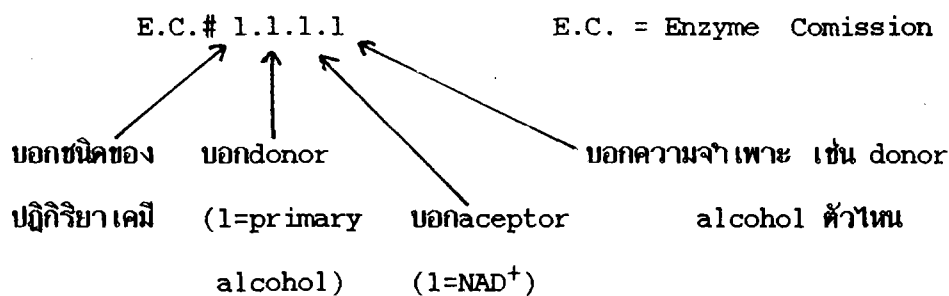
- 3.4.2 สลายพันธะ เปปติคิล-อะมิโน-แอซิด
- 3.4.3 สลายพันธะโค เปปไทด์
- 3.4.4 สลายพันธะ เปปติคิล- เปปไทด์
- 3.5 สลายพันธะคาร์บอน-ไนโตรเจน
 - 3.5.1 สลายพันธะลิเนียร์ เอมีด (linear amides)
 - 3.5.2 สลายพันธะวงของเอมีด (cyclic amides)
 - 3.5.3 สลายพันธะลิเนียร์ เอมีดิน (linear amidines)
 - 3.5.4 สลายพันธะวงของเอมีดิน (cyclic amidines)
 - 3.5.5 สลายพันธะไซยาไนด์ (cyanides)
 - 3.5.99 สลายพันธะในสารประกอบอื่นๆ
- 3.6 สลายพันธะ แอซิด แอนไฮไดรด์ ($=C-O-C=$)
 - 3.6.1 สลายพันธะฟอสไฟริลแอนไฮไดรด์
- 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 สลายพันธะคู่ของคาร์บอนกับคาร์บอนในอัลคิลไฮด์
 - 4.1.3 สลายพันธะคู่ของคาร์บอนกับคาร์บอนในคีโตน
 - 4.2 สลายคู่ระหว่างคาร์บอนกับออกซิเจน ($C=O$)
 - 4.2.1 สลายพันธะคู่ใน H_2O
 - 4.2.2 สลายพันธะคู่ในสารอื่นๆ
 - 4.3 สลายพันธะคู่ระหว่างคาร์บอนกับไนโตรเจน ($C=N$)
 - 4.3.1 สลายพันธะคู่ในแอมโมเนีย (NH_3)

- 4.3.2 สลายพันธะคู่ในเอมิดีน
- 4.4 สลายพันธะคู่ระหว่างคาร์บอนกับกำมะถัน (C=S)
- 4.5 สลายพันธะคู่ระหว่างคาร์บอนกับเฮไลด์
- 4.99 สลายพันธะคู่กับสารอื่นๆ
- 5. ไอโซเมอเรส (Isomerases) เร่งปฏิกิริยาการเปลี่ยนไอโซเมอร์
 - 5.1 เปลี่ยนจาก L-isomer $\rightleftharpoons$ D-isomer
 - 5.1.1 เปลี่ยนกรดอะมิโนและอนุพันธ์
 - 5.1.2 เปลี่ยนไฮดรอกซีแอซิดและอนุพันธ์
 - 5.1.3 เปลี่ยนคาร์โบไฮเดรตและอนุพันธ์
 - 5.1.99 เปลี่ยนสารประกอบตัวอื่นๆ
 - 5.2 เปลี่ยนจาก cis เป็น trans ไอโซเมอร์
 - 5.3 ำให้และรับอิเล็กตรอนระหว่างโมเลกุล
 - 5.3.1 เปลี่ยนภายในอัลโคสและคีโตส
 - 5.3.2 เปลี่ยนจากกลุ่มคีโตนและอินอล
 - 5.3.3 เปลี่ยนตำแหน่งพันธะคู่ระหว่างคาร์บอนกับคาร์บอน
 - 5.4 เปลี่ยนระหว่างโมเลกุล
 - 5.4.1 เปลี่ยนกลุ่มเอซิล
 - 5.4.2 เปลี่ยนกลุ่มฟอสโฟริล
 - 5.4.99 เปลี่ยนกลุ่มอื่นๆ
 - 5.5 เปลี่ยนพันธะคู่ระหว่างโมเลกุล
 - 5.99 เปลี่ยนไฮโซเมอร์ในสารอื่นๆ
- 6. ไลเกส (Ligases) เร่งปฏิกิริยาการสร้างพันธะระหว่างสาร 2 ชนิดโดยการ
 - 1. ใช้ ATP
 - 6.1 สร้างพันธะระหว่างคาร์บอนกับออกซิเจน
 - 6.1.1 อะมิโน-แอซิด อาร์เอนเอไลเกส (C-O)
 - 6.2 สร้างพันธะระหว่างคาร์บอนกับซัลเฟอร์
 - 6.2.1 อะมิโน-ไฮโอไลเกส (C-S)
 - 6.3 สร้างพันธะระหว่างคาร์บอนกับไฮโดรเจน

- 6.3.1 สร้างพันธะแอซิดกับแอมโมเนีย เกิด เป็น เอไมด์
- 6.3.2 สร้างพันธะแอซิดกับอะมิโน เกิด เป็น เปปไทด์
- 6.3.3 สร้างสาร เกิด เป็น วง (cyclo-ligases)
- 6.3.4 สร้างพันธะของคาร์บอนกับไนโตรเจนในสารอื่นๆ
- 6.4 สร้างพันธะระหว่างคาร์บอนกับคาร์บอน

(สุนันทา วิทยารัตน์. 2527)

การเรียกชื่อตามระบบตัวเลขนี้ตัวเลขแต่ละตัวมีความหมายดังนี้

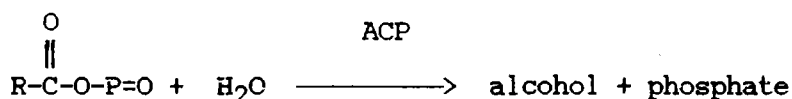


(ปราณี อ่านเปรื่อง. 2533)

เอนไซม์แต่ละชนิดจะมีหน้าที่แตกต่างกันไปดังนี้

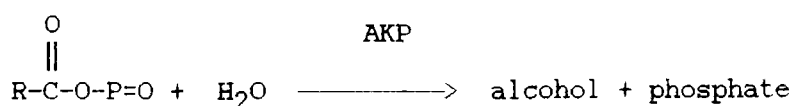
1. เอนไซม์แอซิดฟอสฟาเตส (ACP)

เป็นเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องในการเร่งปฏิกิริยาการไฮโดรไลซิสด้วยน้ำ เพื่อสลายฟอสโฟริกโมโนเอสเทอร์ให้เป็นแอลกอฮอล์กับฟอสเฟตในสภาวะกรด



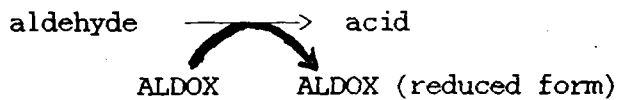
2. เอนไซม์อัลคาลีนฟอสฟาเตส (AKP)

เป็นเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องในการเร่งปฏิกิริยาการไฮโดรไลซิสด้วยน้ำ เพื่อสลายฟอสโฟริกโมโนเอสเทอร์ให้เป็นแอลกอฮอล์กับฟอสเฟตในสภาวะด่าง



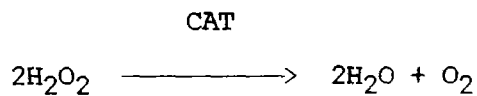
3. เอนไซม์อัลดีไฮด์ออกซิเดส (ALDOX)

เป็นเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับขบวนการออกซิเดชันสารประกอบอัลดีไฮด์ให้เป็นกรด



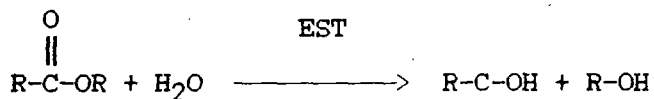
4. เอนไซม์คะตาเลส (CAT)

เป็นเอนไซม์ที่มีหน้าที่ทำลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์โดยการรีดิวซ์ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ให้เป็นน้ำ



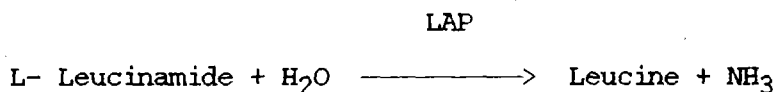
5. เอนไซม์เอสเทอเรส (EST)

เป็นเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องในการเร่งปฏิกิริยาไฮโดรไลซิส เพื่อสลายเอสเทอร์ให้เป็นแอลกอฮอล์และกรด



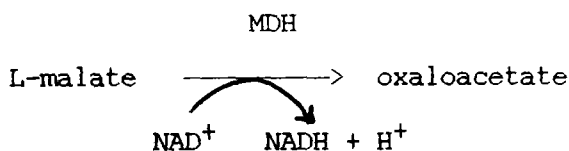
6. เอนไซม์ลูซีนอะมิโนเปปติเดส (LAP)

เป็นเอนไซม์ที่เร่งปฏิกิริยาการไฮโดรไลซิส เพื่อดึงแอมโมเนียออกมา



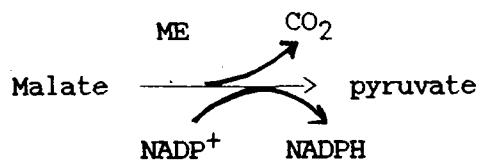
7. เอนไซม์มาเลตดีไฮโดรจีเนส (MDH)

เป็นเอนไซม์ที่เร่งปฏิกิริยาการออกซิเดชัน แอล-มาเลต ไปเป็นออกซิโลอะซิเตรต



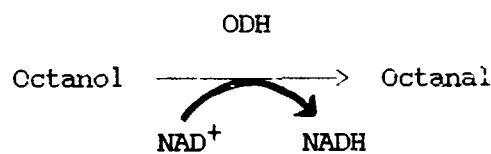
8. เอนไซม์มาลิกเอนไซม์ (ME)

เป็นเอนไซม์ที่มีหน้าที่นำ acetyl Co A ออกจากไมโทคอนเดรีย คือเปลี่ยน มาเลตไปเป็นไพรูเวต



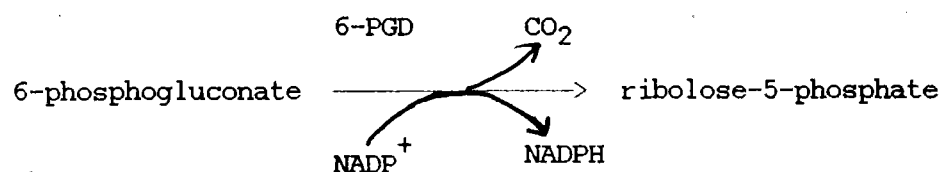
9. เอนไซม์ออกทานอลดีไฮโดรจีเนส (ODH)

เป็นปฏิกิริยาที่เร่งการออกซิไดส์แอลกอฮอล์ให้เป็นอัลดีไฮด์



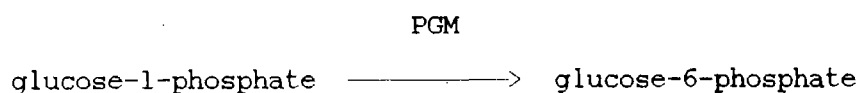
10. เอนไซม์ 6-ฟอสโฟกลูโคเนตดีไฮโดรจีเนส (6-PGD)

เป็นเอนไซม์ในวิถีเพนโตสฟอสเฟต มีหน้าที่ออกซิไดส์ 6-ฟอสโฟกลูโคเนต เป็น ไรโบส-5-ฟอสเฟต



11. เอนไซม์ฟอสโฟกลูโคมิสเทส (PGM)

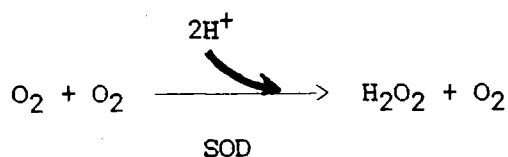
เป็นเอนไซม์ที่มีหน้าที่ในการสลายแป้ง คือเปลี่ยน กลูโคส-1-ฟอสเฟต ให้เป็น กลูโคส-6-ฟอสเฟต



12. เอนไซม์ซูเปอร์ออกไซด์ดิสมัลเทส (SOD)

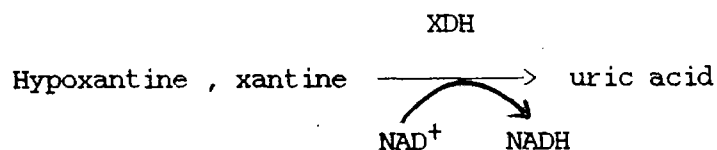
เป็นเอนไซม์ที่มีหน้าที่กำจัดอนุมูลอิสระ ซูเปอร์ออกไซด์ที่ได้จากกระบวนการออกซิเดชัน

โดยการเติมไฮโดรเจนอีออนให้ เป็นไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์และก๊าซออกซิเจน



13. เอนไซม์แซนทีนดีไฮโดรจีเนส (XDH)

เป็นเอนไซม์ที่กระตุ้นขบวนการออกซิเดชันของ purine , hypoxanthine , xantine ให้กลายเป็น uric acid



คุณสมบัติของ เอนไซม์แต่ละชนิดที่ใช้ในการทดลองนี้

สภาวะที่เหมาะสมของ เอนไซม์

เอนไซม์	แหล่งเอนไซม์	ค่าสเปกโทรแอคทิวิตี	ความเป็นกรด-ด่าง	อุณหภูมิ	อ้างอิง
ACP	สเปิร์มจากหนู ป่า	0.005	5.1	37°C	Soucek, D.A. and Vary, J.C. 1984
AKP	สเปิร์มจากหนู ป่า	0.060	9.9	37°C	Soucek, D.A. and Vary, J.C. 1984
ALDOX	ตับกระต่าย	0.110	7.8	25°C	Romeo, J. et al. 1974
CAT	ตับหนู	0.400	7.0	30°C	Krishnakantha , T.P. et al. 1972

สภาวะที่เหมาะสมของ เอนไซม์ (ต่อ)

เอนไซม์	แหล่ง เอนไซม์	ค่าสเปกตัมแอคทีวี่	ความเป็นกรด-ด่าง	อุณหภูมิ	อ้างอิง
EST	<i>Pseudomonas fluorescens</i>	0.327	8.0	37 °C	Nakagawa, A. et al. 1984
LAP	สาหร่าย <i>mucoraceous</i>	0.706	7.0	40 °C	Balasubramanian, R. and Manocha, M.S. 1986
MDH	พญาอินทรี, ควาย	0.075	7.0	25 °C	Probert, A.J. and Lwin, T. 1977
ME	คอมมอดอร์ เท็กซัสจากวัว	0.005	7.4	25 °C	Preiffer, D.R. and Tchen, T.T. 1973
ODH	แมลงหวี่	0.008	10.2	25 °C	Seiber, F. et al. 1972
6-PGD	ยีสต์	0.300	7.5	25 °C	Horecker, B.L. and Smyrniotis, P.Z. 1951
PGM	Mannheim	0.480	7.0	25 °C	Lowry, O.H. and Passonneau, J.V. 1969
SOD	โครโมโซมของ ตับหนู	0.070	8.5	22 °C	Aust, S.D. et al. 1972
XDH	ตับอ่อนนก	0.011	8.5	25 °C	Lyerla, T.A. and Fournier, P.C. 1983

ประวัติย่อของผู้วิจัย

ชื่อ นายมานะ ชาวเมฆ

วัน เดือน ปีเกิด 10 กรกฎาคม 2506

สถานที่เกิด อำเภอเมือง จังหวัดพทุมธานี

ประวัติการศึกษา

วุฒิ	ชื่อสถาบัน	ปีการศึกษาที่จบ
ม.ศ.5	โรงเรียนพทุมวิไล	2523
กศ.บ.	มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ปทุมวัน (วิชาเอกเคมี - วิชาโทคณิตศาสตร์)	2527
ท.ม. (เคมีชีวภาพ)	มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร	2535

ตำแหน่งและสถานี่ทำงาน

อาจารย์ 1 ระดับ 4 โรงเรียนบ้านแก้วเกษร

อำเภอลาดหลุมแก้ว จังหวัดพทุมธานี 12140 โทร 5991547

การศึกษาความแปรผันทางพันธุกรรมของงูนากลุ่ม Somanniathelphusa dugasti

ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนล่างของประเทศไทย โดยวิธีอิเล็กโตรโฟรีซิส

บทคัดย่อ

ของ

มานะ ขาวเมฆ

เสนอต่อมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร

ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต วิชาเอกเคมีชีวภาพ

มีนาคม 2536

บทคัดย่อ

ปูนา Somanniathelphusa dugasti ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนล่างของประเทศไทย 4 จังหวัด คือบุรีรัมย์ สุรินทร์ ศรีสะเกษ และอุบลราชธานี จังหวัดละ 20 ตัวอย่าง นำมาศึกษาแถบเอ็นไทม์ 13 ชนิด คือ ACP , AKP , ALDOX , CAT , EST , LAP , MDH , ME , ODH , 6-PGD , PGM , SOD และ XDH เพื่อหาความแปรผันทางพันธุกรรม พบว่ามีความแปรผันทางพันธุกรรมอยู่ในระดับสูง คือมีค่าเฮเทอโรไซโกซิตีและค่าโพลิมอร์ฟิซึมเท่ากับ 0.146 และ 0.280 ตามลำดับ ค่าความแตกต่างทางพันธุกรรมเท่ากับ 0.0067 ในส่วนของความคล้ายและระยะห่างทางพันธุกรรมพบว่าประชากรปูที่ศึกษา มีความคล้ายทางพันธุกรรมสูงและมีระยะห่างทางพันธุกรรมต่ำ คือมีค่าความคล้ายทางพันธุกรรมอยู่ในช่วง 0.9890 - 0.9976 และระยะห่างทางพันธุกรรมอยู่ในช่วง 0.0024 - 0.0111 จากข้อมูลทางพันธุกรรมพบว่ามีความคล้ายทางพันธุกรรมของประชากรปูทั้ง 4 จังหวัดใกล้เคียงกันมาก เมื่อนำเปรียบเทียบกับข้อมูลจากลักษณะภายนอก โกลิโอพอด และโฮมมาติเดียม ยังไม่สอดคล้องกัน โดยจากลักษณะภายนอก โกลิโอพอด โฮมมาติเดียม ปูนาจากจังหวัดบุรีรัมย์ และสุรินทร์เป็น S.spII ปูนาจากจังหวัดศรีสะเกษ และอุบลราชธานีเป็น S.spIII แต่จากการศึกษาทางพันธุกรรมพบว่า ปูนาจาก 4 จังหวัดนี้ มีความคล้ายกันทางพันธุกรรมมาก โดยปูนาจากจังหวัดอุบลราชธานีกับบุรีรัมย์มีความคล้ายกันทางพันธุกรรมมากที่สุด คือมีค่าเท่ากับ 0.9976 ในขณะที่ข้อมูลจากการศึกษา ลักษณะภายนอกระบุว่าเป็นต่างชนิดกัน

A STUDY ON GENETIC VARIATION OF RICE - FIELD CRAB,
Somanniathelphusa ducasti, IN THE LOWER PART OF
THE NORTHEASTERN THAILAND USING
ELECTROPHORETIC TECHNIQUE.

AN ABTRACT

BY

MANA KAOMEK

Presented in partial fulfillment of the requirements for the

Master of Sciences degree in Biological Chemistry

at Srinakarinwirot University

March 1993

ABSTRACT

Fresh water crabs, Somanniathelphusa dugasti, collected from Burirum , Surin , Sri Sa Ket and Ubolratchathani, 20 samples from each location, were studied. Their thirteen metabolic enzymes (ACP , AKP , ALDOX , CAT , EST , LAP , MDH , ME , ODH , 6-PGD , PGM , SOD and XDH) were analyzed by starch-gel electrophoretic technique. Genetic variation among crabs from the four localities was inferred from the variation of those enzymes, and it was found that the average proportion of observed heterozygosity and polymorphism were 0.146 and 0.280 respectively, whereas the average genetic differentiation(G_{st}) value was 0.0067. The calculated genetic similarity (I) and the genetic distance (D) ranged from 0.9890 to 0.9976 and from 0.0024 to 0.0111 respectively.

The calculated genetic similarity and genetic distance values showed that S.dugasti from the four localities were quite similar genetically. Comparing the previous Scanning Electron Microscope(SEM) study with this electrophoretic study, the results were not consistent with each other. In the SEM study, the crabs from Surin and Burirum were classified as belonging to the same group (S.spII), and those from Sri Sa Ket and Ubolratchathani were in the S.spIII group , while the electrophoretic study showed that crabs from the four localities were very close genetically. The closest was between Burirum and Ubolratchathani ($I = 0.9976$), whereas in the SEM study the two belonged to different species.